



การพัฒนาวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงให้ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร

The development of construction materials from laterite scrap
to meet the industrial product standard
that is the identity of Kamphaeng Phet Province

เอกสิทธิ์ เทียนมาศ

สุรเชษฐ์ ตุ่มมี

ประภัสสรฯ ห่อทอง

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2565

มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงให้ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร โดยเศษศิลาแลงที่ใช้เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการตัดตกแต่งศิลาแลง มีค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 3.01 มีองค์ประกอบของธาตุเหล็ก (Fe) และซิลิกอน (Si) เป็นหลัก ซึ่งเหมาะสำหรับใช้เป็นวัสดุปอซโซลาน โดยผู้วิจัยได้นำเศษศิลาแลงมาบดและทำการร่อนผ่านตะแกรงเพื่อทำการคัดแยกขนาด แล้วนำไปทำการขึ้นรูปร่วมกับปูนซีเมนต์และมวลรวมละเอียด กำหนดสัดส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อมวลรวมละเอียด เท่ากับ 1 ต่อ 3 จากนั้นใช้เศษศิลาแลงแทนที่มวลรวมละเอียดในสัดส่วนต่าง ๆ ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกล ได้แก่ ลักษณะทั่วไป ความหนาแน่น ร้อยละการดูดซึมน้ำ และความต้านทานแรงอัด จากนั้นนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลง

จากผลการทดสอบ พบว่า ปริมาณเศษศิลาแลงที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ตัวอย่างทดสอบมีสีส้มอมน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยปริมาณเศษศิลาแลงในสัดส่วนร้อยละ 50 จะส่งผลให้ตัวอย่างทดสอบมีค่าความหนาแน่น และความต้านทานแรงอัดที่ดีกว่าสัดส่วนผสมอื่น เมื่อนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลง จำนวน 3 ประเภท ได้แก่ กระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง บล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง และบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง พบว่า ผลิตภัณฑ์กระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลงเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีความสวยงาม สามารถผลิตและใช้งานได้อย่างสะดวก อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์หินทราย มผช. 194/2546 และจากผลการสำรวจความพึงพอใจของกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร พบว่า มีค่าความพึงพอใจ เท่ากับ 4.39 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

Abstract

In this study, the researchers studied the development out of laterite fractions the unique building material of Kamphaeng Phet province certified with Thai Industrial Standard. The used fractions which are leftovers of laterite modification have specific gravity equal 3.01 and contain Fe and Si as main components, thus being suitable for use as Pozzolan material. For the method, the laterite fractions were grounded and graded for size before being molded with cement and Fine Aggregate with mixing ratio of cement and Aggregate equal 1 per 3. The laterite fractions were then used as replacement of Fine Aggregate in mixing with cement at different ratios, tested for physical and mechanical properties including general appearance, density, water absorption percentage, and compression strength, and molded for use as laterite building materials.

The results showed that the more laterite fractions added, the darker brownish orange colour the material has and that the material containing 50% laterite fractions has the greatest density and compression strength of all. After being molded into 3 types of building materials including artificial sandstone tile, ventilation block, and paving block, the fractions in a form of artificial sandstone tile prove to be the most suitable material due to the fine appearance, convenience in production and use, and qualification in response to the Thai Community Product standard of sandstone products TISI No. 194/2546. In addition, for the satisfaction survey of unique laterite fraction building material of Kamphaeng Phet, the tile was placed in the very good satisfactory level at the score of 4.55.

Keywords: Laterite, Kamphaeng Phet, Building Materials, Artificial Sandstone Tiles, Thai Community Product standard

คำนำ

จังหวัดกำแพงเพชรมีคำขวัญว่า “กรุพระเครื่อง เมืองคนแกร่ง ศิลาแลงใหญ่ ถั่วไข่หวาน น้ำมันลานกระบือ เลื่องลือมรดกโลก” จากคำขวัญจะพบว่า ศิลาแลง คือวัสดุที่เป็นอัตลักษณ์สำคัญของจังหวัด ในปัจจุบันวัสดุศิลาแลงยังเป็นวัสดุก่อสร้างที่หาได้ในปัจจุบัน และยังเป็นวัสดุที่ประชาชนชาวกำแพงเพชรนิยมนำมาใช้เพื่อตกแต่งอาคารบ้านเรือน โดยในกระบวนการตัดแต่งศิลาแลงเพื่อนำมาใช้งานจะทำให้เกิดเศษศิลาแลงขึ้นเป็นจำนวนมาก มีทั้งเศษขนาดใหญ่และที่เป็นฝุ่นผง ซึ่งเศษศิลาแลงส่วนใหญ่จะนำไปทิ้ง ไม่ได้นำมาใช้ในเกิดประโยชน์

งานวิจัยนี้ได้นำเศษศิลาแลงเหลือทิ้ง มาขึ้นรูปร่วมกับปูนซีเมนต์เพื่อพัฒนาวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาสมบัติทางวิศวกรรมของเศษศิลาแลงเหลือทิ้งจังหวัดกำแพงเพชร 2) เพื่อนำเศษศิลาแลงมาประยุกต์เป็นวัสดุก่อสร้างที่ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และเป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร และ 3) เพื่อสำรวจความพึงพอใจต่อวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร

ผลการดำเนินงาน พบว่า ปริมาณเศษศิลาแลงที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ตัวอย่างทดสอบมีสีส้มอมน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยปริมาณเศษศิลาแลงในสัดส่วนร้อยละ 50 จะส่งผลให้ตัวอย่างทดสอบมีค่าความหนาแน่น และความต้านทานแรงอัดที่ดีกว่าสัดส่วนผสมอื่น เมื่อนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลง จำนวน 3 ประเภท ได้แก่ กระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง บล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง และบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง พบว่า ผลิตภัณฑ์กระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลงเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีความสวยงาม สามารถผลิตและใช้งานได้สะดวก อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์หินทราย มผช. 194/2546 และจากผลการสำรวจความพึงพอใจของกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร พบว่า มีค่าความพึงพอใจ เท่ากับ 4.39 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

ดังนั้น ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นอีกแนวทางหนึ่ง ในการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งจากท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ต้องขอขอบคุณ ความช่วยเหลือทั้งในด้านวิชาการ และการดำเนินการวิจัย จากบุคคลและหน่วยงานต่าง ๆ ดังนี้

ขอขอบคุณโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์การทดสอบ เครื่องมือมือทดสอบ และสถานที่ทำการทดสอบตลอดระยะเวลาของการทำการวิจัย

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่สนับสนุนด้านทุนวิจัยประเภททุนสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund ; FF) ปี 2565

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาวัสดุก่อสร้างต่อไป

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 กรอบแนวคิดการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 นิยามศัพท์	3
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 จังหวัดกำแพงเพชร	2
2.2 ศิลาแลง.....	7
2.3 การใช้งานศิลาแลง	9
2.4 เศษศิลาแลง	11
2.5 แนวทางลดขยะให้เป็นศูนย์.....	12
2.6 หินทราย.....	13
2.7 กระเบื้องหินทราย.....	17
2.8 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลิตภัณฑ์หินทราย.....	19
2.9 บล็อกปูพื้น หรือ บล็อกคอนกรีต.....	22
2.10 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น.....	23
2.11 บล็อกช่องลม.....	31
2.12 การทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล.....	33
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	37
3.1 วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	37
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย.....	38
3.3 การขึ้นรูปวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลง.....	44
3.4 วิธีการทดสอบ	47
3.5 การทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลิตภัณฑ์หินทราย.....	51
3.6 แบบสำรวจความพึงพอใจวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ ของจังหวัดกำแพงเพชร.....	52
บทที่ 4 ผลการวิจัย	54
4.1 สมบัติทางวิศวกรรมของเศษศิลาแลงเหลือทิ้งจังหวัดกำแพงเพชร.....	54
4.2 ผลการทดสอบกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง.....	62
4.3 ผลการทดสอบบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง.....	72
4.4 ผลการทดสอบบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง.....	79
4.5 ผลสำรวจความพึงพอใจวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ ของจังหวัดกำแพงเพชร.....	85
บทที่ 5 สรุปการวิจัย และข้อเสนอแนะ	88
5.1 สมบัติทางวิศวกรรมของเศษศิลาแลงเหลือทิ้ง จังหวัดกำแพงเพชร	88
5.2 การนำเศษศิลาแลงมาประยุกต์เป็นวัสดุก่อสร้าง.....	88
5.3 ความพึงพอใจต่อวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ ของจังหวัดกำแพงเพชร.....	89
5.4 ข้อเสนอแนะ	89
บรรณานุกรม	90

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	94
ภาคผนวก ก ผลการทดสอบเศษศิลาแลงเหลือทิ้ง จังหวัดกำแพงเพชร.....	95
ภาคผนวก ข กระบวนการบดเศษศิลาแลง และคัดแยกขนาด.....	100
ภาคผนวก ค ตัวอย่างวัตถุบิที่นำมาใช้ในการทดลอง.....	101
ภาคผนวก ง กระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง.....	104
ภาคผนวก จ บล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง.....	107
ภาคผนวก ฉ บล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง.....	109
ภาคผนวก ช การประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ชุมชน.....	111
ภาคผนวก ซ ความพึงพอใจต่อวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ ของจังหวัดกำแพงเพชร.....	113
ประวัติผู้วิจัย	118

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	สมบัติทางกายภาพของหินทรายธรรมชาติ.....	14
ตารางที่ 2.2	สมบัติทางกายภาพของหินทรายลวดลาย.....	14
ตารางที่ 2.3	สมบัติทางเคมีของหินทรายธรรมชาติ.....	15
ตารางที่ 2.4	กระเบื้องหินทรายติดผนังที่มีขายทั่วไป.....	18
ตารางที่ 2.5	หลักเกณฑ์การให้คะแนน.....	21
ตารางที่ 2.6	มิติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของบล็อก.....	24
ตารางที่ 2.7	แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบขนาด.....	27
ตารางที่ 2.8	ตัวประกอบปรับค่าความต้านแรงอัด.....	31
ตารางที่ 3.1	แสดงสัดส่วนผสมของวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลง.....	39
ตารางที่ 3.2	หลักเกณฑ์การให้คะแนน.....	51
ตารางที่ 4.1	แสดงลักษณะโครงสร้างทางเคมีของเศษศิลาแลงที่ศึกษาด้วยด้วยเทคนิค Energy Dispersive X-ray Fluorescence (EDXRD).....	58
ตารางที่ 4.2	ลักษณะพื้นผิวของกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ.....	63
ตารางที่ 4.3	หลักเกณฑ์การให้คะแนน อ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์หินทราย มผช. 194/2546.....	70
ตารางที่ 4.4	ต้นทุนการผลิตกระเบื้องหินทรายเทียมผสมเศษศิลาแลง ต่อ 1 ตร.ม.....	71
ตารางที่ 4.5	ผลการทดสอบการวัดขนาดมิติและความคลาดเคลื่อนของ บล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง.....	74
ตารางที่ 4.6	ต้นทุนการผลิตบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง ต่อ 1 ตร.ม.....	78
ตารางที่ 4.7	ผลการทดสอบการวัดขนาดมิติและความคลาดเคลื่อนของ บล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง.....	81
ตารางที่ 4.8	ต้นทุนการผลิตบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง ต่อ 1 ตร.ม.....	84
ตารางที่ 4.9	แสดงร้อยละของสถานภาพผู้ตอบแบบสอบถาม.....	85
ตารางที่ 4.10	ผลสำรวจความพึงพอใจของกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง ที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร.....	86

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	2
ภาพที่ 2.1 แผนที่จังหวัดกำแพงเพชร.....	4
ภาพที่ 2.2 คำขวัญจังหวัดกำแพงเพชร.....	6
ภาพที่ 2.3 ลักษณะของศิลาแลง.....	8
ภาพที่ 2.4 ศิลาแลง	9
ภาพที่ 2.5 ส่วนผสมในก่ออิฐศิลาแลง.....	10
ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างเศษศิลาแลงที่เหลือจากการตัดแต่ง.....	11
ภาพที่ 2.7 แนวคิดการจัดการขยะในรูปแบบ 1A3R.....	12
ภาพที่ 2.8 หินทราย.....	14
ภาพที่ 2.9 ปราสาท Palazzo Vecchio.....	16
ภาพที่ 2.10 ปราสาทหินพนมรุ้งและปราสาทหินพิมายจังหวัดนครราชสีมา.....	16
ภาพที่ 2.11 กระเบื้องหินทราย.....	17
ภาพที่ 2.12 บล็อกปูพื้นรูปทรงต่าง ๆ.....	22
ภาพที่ 2.13 วิธีติดตั้งบล็อกปูพื้น.....	23
ภาพที่ 2.14 การลบบวม.....	24
ภาพที่ 2.15 ตัวอย่างแผนกวัสดุช่วยกดและวัสดุรองกดและตำแหน่งทดสอบ.....	29
ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างการใช้งานบล็อกช่องลม.....	31
ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างอิฐบล็อกช่องลมขนาดมาตรฐาน 19×19 ซม. ความลึก 9 ซม.....	32
ภาพที่ 3.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย	37
ภาพที่ 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ.....	38
ภาพที่ 3.3 สำรวจ จัดหาเศษศิลาแลงเหลือทิ้งในจังหวัดกำแพงเพชร.....	40
ภาพที่ 3.4 กระบวนการนำเศษศิลาแลงเหลือทิ้งมาทำการบด.....	41
ภาพที่ 3.5 กระบวนการร่อนเศษศิลาแลงผ่านตะแกรงเพื่อทำการคัดแยกขนาด.....	41
ภาพที่ 3.6 ตัวอย่างเศษศิลาแลงที่ทำการคัดแยกขนาดแล้ว.....	42
ภาพที่ 3.7 การหล่อแม่พิมพ์กระเบื้องหินทรายจากยางซิลิโคน.....	42

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 3.8 แบบหล่อกระเบื้องหินทรายแบบสำเร็จรูป ขนาด 6 x 22.5 x 5 ซม.....	43
ภาพที่ 3.9 แบบหล่อบล็อกปูพื้นทางเท้าจัตุรัส ขนาด 20 x 20 x 6 ซม.....	43
ภาพที่ 3.10 แบบหล่อบล็อกช่องลม ขนาด 19 x 19 x 9 ซม.....	43
ภาพที่ 3.11 กระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง.....	44
ภาพที่ 3.12 กระบวนการขึ้นรูปบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง.....	45
ภาพที่ 3.13 กระบวนการขึ้นรูปบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง.....	46
ภาพที่ 3.14 ตัวอย่างการทดสอบความหนาแน่น.....	48
ภาพที่ 3.15 ตัวอย่างการทดสอบร้อยละการดูดซึมน้ำ.....	48
ภาพที่ 3.16 ตัวอย่างการทดสอบกำลังรับแรงอัด (Compressive strength).....	49
ภาพที่ 3.17 ตัวอย่างการทดสอบกำลังรับแรงอัด (Compressive strength).....	49
ภาพที่ 3.18 ตัวอย่างการทดสอบกำลังรับแรงดัด (Flexural strength).....	50
ภาพที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของเศษศิลาแลง จังหวัดกำแพงเพชร.....	54
ภาพที่ 4.2 ภาพถ่าย SEM ของเศษศิลาแลงแบบผง.....	55
ภาพที่ 4.3 ภาพถ่าย SEM ของเศษศิลาแลงขนาดเล็ก.....	56
ภาพที่ 4.4 การกระจายตัวของอนุภาควัสดุเศษศิลาแลง.....	57
ภาพที่ 4.5 ผลการทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของเศษศิลาแลง ด้วยเครื่อง XRD.....	58
ภาพที่ 4.6 ผลการทดสอบเศษศิลาแลงผสมกับปูนซีเมนต์ด้วยเทคนิค SEM-EDS ที่ กำลังขยาย 3,000.....	61
ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ.....	62
ภาพที่ 4.8 ความหนาแน่นของกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ.....	65
ภาพที่ 4.9 ร้อยละการดูดซึมน้ำของกระเบื้องหินทรายเทียมผสมเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ.....	66
ภาพที่ 4.10 กำลังรับแรงอัดของกระเบื้องหินทรายเทียมผสมเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ.....	67
ภาพที่ 4.11 กำลังรับแรงดัดของกระเบื้องหินทรายเทียมผสมเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ.....	68
ภาพที่ 4.12 ลักษณะพื้นผิวของบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ.....	72
ภาพที่ 4.13 ภาพขยายลักษณะพื้นผิวของบล็อกทางเท้าจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ.....	73

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 4.14 ความหนาแน่นของบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ.....	75
ภาพที่ 4.15 ร้อยละการดูดซึมน้ำของบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ.....	76
ภาพที่ 4.16 กำลังรับแรงอัดแต่ละก้อนของบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง ในสัดส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.827-2531.....	77
ภาพที่ 4.17 กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง ในสัดส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.827-2531.....	77
ภาพที่ 4.18 ลักษณะทั่วไปของบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ.....	79
ภาพที่ 4.19 ภาพขยายลักษณะพื้นผิวของบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ.....	80
ภาพที่ 4.20 ร้อยละการดูดซึมน้ำของบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ.....	82
ภาพที่ 4.21 กำลังรับแรงอัดแต่ละก้อนของบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง ในสัดส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 58-2533.....	83
ภาพที่ 4.22 กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง ในสัดส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 58-2533.....	83

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จังหวัดกำแพงเพชรมีคำขวัญว่า “กรุพระเครื่อง เมืองคนแกร่ง ศิลาแล่งใหญ่ กล้วยไข่หวาน น้ำมันลานกระบือ เลื่องลือมรดกโลก” จากคำขวัญจะพบว่า ศิลาแล่ง คือวัสดุที่เป็นอัตลักษณ์สำคัญของจังหวัดนี้ ทั้งนี้เนื่องจากโบราณสถานในเมืองมรดกโลกพื้นที่ของจังหวัดกำแพงเพชร มีสิ่งทีก่อสร้างที่ทำด้วยศิลาแล่งจำนวนมากหลายร้อยอาคาร อีกทั้งในปัจจุบันวัสดุศิลาแล่งยังเป็นวัสดุก่อสร้างที่หาได้ในปัจจุบัน และยังเป็นวัสดุที่ประชาชนชาวกำแพงเพชรนิยมนำมาใช้เพื่อตกแต่งอาคารบ้านเรือนอีกด้วย

ศิลาแล่งเป็นวัสดุธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการผุพังมาเป็นระยะเวลายาวนาน พบได้มากในเขตจังหวัดกำแพงเพชร สุโขทัย และอีกหลายจังหวัด โดยเฉพาะในภาคใต้ ทั้งนี้เนื่องจากมีอุณหภูมิและความชื้นสูงทำให้เกิดการละลายและการชะล้างของแร่ธาตุต่าง ๆ ออกไปจากดินสิ่งที่ยังคงเหลืออยู่จะเป็นพวกสารประกอบของแร่เหล็ก แมงกานีสและอะลูมิเนียมสะสมอยู่ในเนื้อดินค่อนข้างสูง แร่เหล่านี้จะสะสมกันหนาแน่นบริเวณเหนือระดับ น้ำใต้ดิน การจับตัวของแร่ทั้ง 3 ชนิดกับดินมีความแน่นมาก ซึ่งเรียกว่า “ดินแล่ง” ลักษณะของดินแล่งมีสีแดงสลับขาว เมื่อขุดดินนี้ขึ้นมาอาจใช้เครื่องมือตัดตกแต่ง เป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้ง่าย ภายหลังเมื่อทิ้งก้อนดินแล่งใหม่สัมผัสกับอากาศนาน ๆ จะมีความแข็งแกร่งเกิดขึ้น เรียกว่า “ศิลาแล่ง” โดยในกระบวนการตัดแต่งศิลาแล่งจะทำให้เกิดเศษศิลาแล่งขึ้นเป็นจำนวนมาก มีทั้งเศษขนาดใหญ่และที่เป็นฝุ่นผง ซึ่งเศษศิลาแล่งส่วนใหญ่จะนำไปทิ้ง ไม่ได้นำมาใช้ในเกิดประโยชน์

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำเศษศิลาแล่งเหลือทิ้งมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนำมาเป็นวัสดุตั้งต้นร่วมกับปูนซีเมนต์เพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแล่ง หลังจากนั้นทำการทดสอบสมบัติทางวิศวกรรมเพื่อให้ได้วัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแล่งที่ได้มาตรฐาน สามารถนำมาใช้งานได้จริง และเป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร

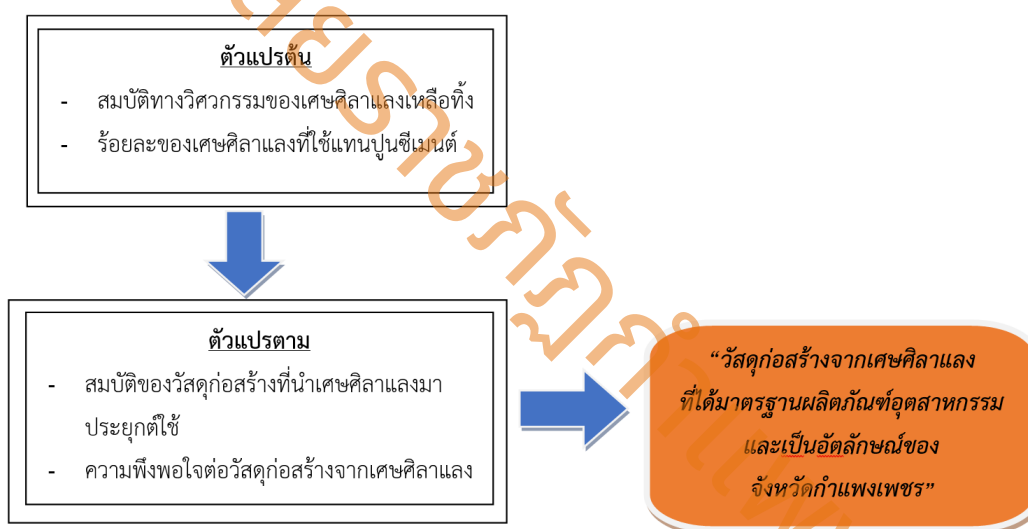
1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาสมบัติทางวิศวกรรมของเศษศิลาแลงเหลือทิ้งจังหวัดกำแพงเพชร
- 1.2.2 เพื่อนำเศษศิลาแลงมาประยุกต์เป็นวัสดุก่อสร้างที่ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และเป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร
- 1.2.3 เพื่อสำรวจความพึงพอใจต่อวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร

1.3 ขอบเขตการศึกษา

เศษศิลาแลงเหลือทิ้งในเขตจังหวัดกำแพงเพชร

1.4 กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้ทราบสมบัติทางวิศวกรรมของเศษศิลาแลงเหลือทิ้งจังหวัดกำแพงเพชร
- 1.5.2 ได้นำเศษศิลาแลงมาประยุกต์เป็นวัสดุก่อสร้างที่ได้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และเป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร
- 1.5.3 ได้ความพึงพอใจต่อวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร
- 1.5.4 ได้เพิ่มมูลค่าของเศษศิลาแลง และเป็นการยกระดับอุตสาหกรรมการก่อสร้าง

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 เศษศิลาแลง หมายถึง เศษที่เกิดจากการตัดตกแต่งของอิฐศิลาแลง ไม่มีรูปร่าง และขนาดที่แน่นอน โดยนำมาทำการบด และร่อนผ่านตะแกรง NO. 30#

1.6.2 วัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลง หมายถึง วัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างที่มีส่วนผสมของเศษศิลาแลง ปูนซีเมนต์ ทราย และน้ำมาขึ้นรูปในอัตราส่วนที่เหมาะสม

1.6.3 วัสดุก่อสร้างที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร หมายถึง วัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลง ประกอบด้วยกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง บล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง และบล็อกทางเท้าจากเศษศิลาแลง

1.6.4 กระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง หมายถึง กระเบื้องหินทรายที่มีส่วนผสมของเศษศิลาแลง ปูนซีเมนต์ ทราย และน้ำ นำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นกระเบื้องหินทรายที่มีขนาด 5x20 ซม.

1.6.5 บล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง หมายถึง อิฐบล็อกที่มีส่วนผสมของเศษศิลาแลง ปูนซีเมนต์ ทราย และน้ำ นำมาขึ้นรูปเป็นบล็อกช่องลมที่มีขนาด 20x20x9 ซม.

1.6.6 บล็อกทางเท้าจากเศษศิลาแลง หมายถึง วัสดุปูพื้นที่มีส่วนผสมของเศษศิลาแลง ปูนซีเมนต์ ทราย และน้ำ นำมาขึ้นรูปเป็นบล็อกทางเท้าที่มีขนาด 20x20x6 ซม.

ทิศเหนือ ติดต่อกับอำเภอเมืองตาก อำเภอวังเจ้า จังหวัดตาก อำเภอบ้านด่านลานหอย อำเภอศรีมาศ จังหวัดสุโขทัย และอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก

ทิศตะวันออก ติดต่อกับอำเภอโพธิ์ประทับช้าง และอำเภอลือชัยบุรีรัมย์ จังหวัดพิจิตร

ทิศใต้ ติดต่อกับอำเภอบรรพตพิสัย อำเภอลาดยาว และอำเภอแม่วงก์ จังหวัดนครสวรรค์

ทิศตะวันตก ติดต่อกับอำเภอพบพระ และอำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก

สภาพภูมิศาสตร์

จังหวัดกำแพงเพชรมีแม่น้ำปิงไหลผ่านเป็นระยะทางยาวประมาณ 104 กิโลเมตร มีลักษณะภูมิประเทศ แบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ

ลักษณะที่ 1 เป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำปิงตอนล่างแบบตะพักลุ่มน้ำ (Alluvial Terrace) มีระดับความสูงประมาณ 43-107 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง อยู่บริเวณทางด้านทิศตะวันออกและใต้ของจังหวัด

ลักษณะที่ 2 เป็นเนินเขาเตี้ยๆ สลับที่ราบพบเห็นบริเวณด้านเหนือและตอนกลางของจังหวัด

ลักษณะที่ 3 เป็นภูเขาสลับซับซ้อน เป็นแหล่งแร่ธาตุและต้นน้ำลำธารต่าง ๆ ที่สำคัญ เช่น คลองวังเจ้า คลองสวนหมาก คลองขลุง และคลองวังไทร ไหลลงสู่แม่น้ำปิง

สภาพภูมิอากาศ

ลักษณะอากาศของจังหวัดกำแพงเพชร ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของมรสุมที่พัดประจำฤดูกาล 2 ชนิด คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งจะพัดพามวลอากาศเย็นและแห้งจากประเทศจีนปกคลุม ประเทศไทยในช่วงฤดูหนาว ทำให้จังหวัดกำแพงเพชรมีอากาศหนาวเย็นและแห้งทั่วไป กับมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งพัดพามวลอากาศชื้นจากทะเลและมหาสมุทรปกคลุมประเทศไทยในช่วงฤดูฝนทำให้มีฝนตกทั่วไป สามารถแบ่งฤดูกาลออกเป็น 3 ฤดู

1) ฤดูร้อน เริ่มประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคมมีอากาศร้อนอบอ้าวทั่วไป โดยเฉพาะในเดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนอบอ้าวมากที่สุดในรอบปี

2) ฤดูฝน เริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นระยะที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดเข้าสู่ประเทศไทย อากาศจะเริ่มชุ่มชื้นและมีฝนตกชุกตั้งแต่ประมาณกลางเดือนพฤษภาคม เป็นต้นไป เดือนที่มีฝนตกมากที่สุดคือเดือนกันยายน

3) ฤดูหนาว เริ่มประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงที่มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทย อากาศโดยทั่วไปจะหนาวเย็นและแห้ง เดือนที่มีอากาศหนาวที่สุดคือ เดือนธันวาคมและมกราคม

2.1.3 คำขวัญประจำจังหวัดกำแพงเพชร



ภาพที่ 2.2 คำขวัญจังหวัดกำแพงเพชร

กรุพระเครื่อง หมายถึง จังหวัดกำแพงเพชร เป็นจังหวัดที่มีกรุพระเครื่องมากที่สุดแห่งหนึ่งในประเทศไทย มีพระเครื่องหรือพระพิมพ์นับพันพิมพ์ พระที่มีชื่อเสียงมากที่สุดของจังหวัดกำแพงเพชร คือ พระซุ้มกอ พระเครื่องที่ศักดิ์สิทธิ์หนึ่งในเบญจภาคีของประเทศไทย

เมืองคนแกร่ง หมายถึง จังหวัดกำแพงเพชรเป็นเมืองแห่งนักรบ นักสู้ เป็นเมืองที่ยิ่งใหญ่ในการสงคราม ประชาชนทำสงครามอย่างเข้มแข็ง เจ้าเมืองกำแพงเพชรทุกคนได้รับพระนามว่า พระยารามณรงค์สงคราม ซึ่งหมายความว่า มีความกล้าหาญในสนามรบในสงครามราวกับพระราม

พระแสงฯ ล้ำค่า หมายถึง พระแสงราชศัสตราประจำจังหวัดกำแพงเพชร (ดาบและฝักทองคำ) ซึ่งมีเพียงองค์เดียวในประเทศไทย เป็นสิ่งล้ำค่าและมีความสำคัญต่อประวัติศาสตร์จังหวัดกำแพงเพชร จึงขอเสนอเพิ่มคำขวัญจังหวัดกำแพงเพชร โดยเพิ่มคำว่า “พระแสงฯ ล้ำค่า” ลงในคำขวัญโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อให้เป็นประวัติศาสตร์

ศิลาแลงใหญ่ หมายถึง จังหวัดกำแพงเพชร มีเสาศิลาแลงใหญ่ที่สุดในโลก ในวิหารพระนอน มีลักษณะเป็นเสาขนาดใหญ่ กว้างด้านละหนึ่งเมตร สูงขึ้นไปกว่า 8 เมตร หน้าประมาณต้นละ 30 ต้น มีถึง 12 ต้น

กล้วยไข่หวาน หมายถึง จังหวัดกำแพงเพชรมีกล้วยไข่เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดของจังหวัด ทำให้คนทั่วไปเรียกจังหวัดกำแพงเพชรว่า เมืองกล้วยไข่ เป็นกล้วยไข่ที่มีรสชาติที่สุดในประเทศไทย ทำรายได้ให้จังหวัดกำแพงเพชรมากและทำให้เกิดประเพณีสารทไทยกล้วยไข่เมืองกำแพงเพชร

น้ำมันลานกระบือ หมายถึง จังหวัดกำแพงเพชรเป็นแหล่งผลิตน้ำมันที่สำคัญแห่งหนึ่งในประเทศไทยในเขตอำเภอลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร มีอาณาเขตของบ่อน้ำมันในพื้นที่กว่า 25 ตารางกิโลเมตร มีกำลังผลิตเพียงพอกับต้นทุน น้ำมันลานกระบือ ทำชื่อเสียงให้จังหวัดกำแพงเพชรเป็นอย่างมาก ในฐานะเมืองที่มีเศรษฐกิจที่ดี เมืองหนึ่งของประเทศไทย

2.2 ศิลาล้าง

ศิลาล้างเป็นวัสดุในธรรมชาติอย่างหนึ่ง มีลักษณะคล้ายคลึงกับหิน แดง ส้ม หรือน้ำตาลเข้ม มีรูพรุนทั่วไป นับเป็นวัสดุที่มีความสำคัญในการก่อสร้างในสมัยก่อน เนื่องจากมีความอ่อนนุ่ม และมีความแข็งแรงพอสมควร ศิลาล้างเป็นวัสดุที่ผ่านกระบวนการผุพังมาเป็นชวงเวลายาวนาน มีลักษณะเป็นรูพรุนทั่วไป มีสีสนิมเหล็ก หรือสีอิฐ ส่วนประกอบสำคัญทางเคมีของศิลาล้าง คือ ออกไซด์ของเหล็ก หรืออะลูมิเนียม โดยอาจมีแร่ควอตซ์และแคลไซต์ปนอยู่ด้วย ส่วนธาตุที่เป็นต่าง และซิลิเกตนั้นมีน้อยมาก หากมีสารประกอบเหล็กอยู่มากพอ ก็อาจนำไปใช้เป็นวัตถุติดลู่เอาเหล็กได้ หรือหากมีสารประกอบอะลูมิเนียมมากพอ ก็อาจนำไปกลู้งเอาโลหะอะลูมิเนียมได้ ศิลาล้างเกิดขึ้นได้ในสภาพอากาศร้อนชื้น ฝนตกมาก แต่แล้งนานด้วย ในฤดูฝนน้ำใต้ดินมีระดับที่สูง ทำให้ท่วมตอนบนของชั้นดิน ซึ่งต่อไปกลายเป็นศิลาล้าง ระหว่างนั้น น้ำฝนจะละลายเอาสารอะลูมิเนียมออกไซด์เอาไว้ เมื่อถึงฤดูแล้ง น้ำใต้ดินลดต่ำ ลง ก็พาเอาสารประกอบอะลูมิเนียมลงสู่ที่ต่ำ เวลานานเข้าวัสดุบริเวณด้านบนจึงมีสารประกอบเหล็กออกไซด์มากขึ้น และมักรวมกันเป็นกลุ่ม จึงทำให้เกิดเป็นโพรงว่าง เป็นทางน้ำใต้ดินซึมขึ้นลงได้ง่ายมากขึ้น พร้อมทั้งชะสารประกอบอะลูมิเนียมออกไซด์ออกไปด้วย

2.2.1 ลักษณะทางกายภาพ

ความแข็ง (Hardness) ศิลาล้างธรรมชาติเมื่ออยู่ใต้ผิวดินจะมีความแข็งน้อยสามารถตัดให้ เป็นก้อนเป็นบล็อกได้ โดยใช้เครื่องมือที่ทำด้วยเหล็กแต่เมื่อสัมผัสกับอากาศจะมีความแข็งเพิ่มขึ้น เนื่องจากการสูญเสียความชื้นในดินเหนียวที่เป็นส่วนประกอบของศิลาล้าง นอกจากนั้นการสัมผัส กับอากาศและการเปลี่ยนแปลงของอากาศระหว่างฝนตกกับแดดออกทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีส่วนมากเป็นการออกซิไดส์มีการเพิ่มปริมาณของเหล็กออกไซด์แทรกซึมเข้าไปตามช่องว่างของตะกอน ดังนั้นศิลาล้างจึงเป็นวัสดุที่สามารถแข็งตัวในระดับพื้นที่ต่างกันและมีศักยภาพที่จะเป็นของแข็ง

สี (Color) สีลาแลงจะมีโทนสีแดง แดงปนเหลือง แดงอมส้ม น้ำตาลแดง และสีอิฐ เป็นต้น สีของสีลาแลงส่วนมากจะขึ้นอยู่กับปริมาณของเหล็กและแมงกานีสตามระยะเวลาที่เกิดการผุพัง ทางเคมีรวมทั้งปริมาณของธาตุอื่นที่ประกอบอยู่ในสีลาแลง เช่น อะลูมิเนียมปกติจะมีสีขาวแต่จะเปลี่ยนเป็นสีแดงคล้ำเมื่อผสมกับเหล็กซิลิกาจะมีสีแดงแบบสนิมเหล็กเมื่อผสมกับไฮดรอกไซด์ของเหล็กดินคาโอลินเมื่อถูกเคลือบด้วยเหล็กก็จะมีสีแดงวัสดุหลายชนิดเหล่านี้เมื่อรวมกันเป็นสีลาแลง จึงทำให้สีลาแลงมีสีแดงหลากหลายและสีของสีลาแลงอาจเปลี่ยนไปตามระยะเวลาที่เกิดขึ้นด้วย

โครงสร้าง (Structure) ของสีลาแลง หมายถึงรูปแบบหรือรูปร่างของส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ จับตัวกันเป็นสีลาแลงและบ่งถึงกระบวนการกำเนิดของสีลาแลง ณ บริเวณนั้น ๆ ด้วย โครงสร้างที่เป็นเนื้อเดียวกันจับตัวกันแน่นเป็นแผ่นแข็งเป็นลักษณะของสีลาแลงที่เนื้อหินเดิมถูกแทนที่ด้วย ออกไซด์ของเหล็ก อะลูมิเนียมและแมงกานีสที่เกิดจากการผุพังจึงเรียกว่าออกไซด์ทุติยภูมิ โครงสร้างที่ไม่ต่อเนื่องกันมีเศษหินหรือกรวดปะปนอยู่ในชั้นสีลาแลง อาจจับตัวกันแน่นเป็นแผ่น หรือจับตัวกันหลวม ๆ มีลักษณะร่วน



ภาพที่ 2.3 ลักษณะของสีลาแลง

2.2.2 ลักษณะทางเคมี

เหล็กแร่เหล็กออกไซด์ที่เป็นส่วนประกอบหลักของสีลาแลงได้แก่แร่ฮีมาไทต์ (Fe_2O_3) นอกนั้นอาจมีแร่เหล็กชนิดอื่นบ้าง เช่น ฮิลเมไนต์ (FeTiO_2) เกอไทต์หรือไลโมนไนต์ ($\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$) เป็นต้นแร่เหล็กในสีลาแลงส่วนมากเป็นแร่ทุติยภูมิ คือแร่เหล็กที่เปลี่ยนสภาพมาจากแร่ต้นกำเนิด โดยอยู่ในสภาพของสารละลายเหล็กออกไซด์ที่แทรกซึมเข้าไปตามรอยแตกและตามช่องว่างของ เม็ดตะกอน อะลูมิเนียมเป็นธาตุอีกชนิดหนึ่งที่เป็นส่วนประกอบหลักของสีลาแลงโดยจะอยู่ในรูปของ สารประกอบอะลูมิเนียมออกไซด์ที่เกิดจากการสลายตัวผุพังของแร่ดินพวกอะลูมิเนียม

ซิลิเกต ส่วนมากเป็นแร่บอกไซต์ ($Al_2O_3 \cdot nH_2O$) และอาจมีแร่กิบไซต์ ($Al_2O_3 \cdot H_2O$) เกิดร่วมด้วย อลูมิเนียม ในศิลาแลงเกิดจากการสลายตัวฟุ้งของอลูมิเนียมที่มีอยู่ในหินหรือในตะกอนแล้วถูกชะล้าง ออกไปในรูปสารละลายที่ตกตะกอนสะสมตัวเป็นชั้นอยู่ใต้ผิวดินแมงกานีสในศิลาแลงส่วนมากจะมีลักษณะเป็นเม็ดเป็นแท่งสั้น ๆ เป็นสาย หรืออาจเป็น ก้อนก็ได้โดยเป็นสารละลายที่ถูกชะล้างลงมา ตกตะกอนทับถมกัน เช่นเดียวกับเหล็ก และอลูมิเนียม ในบางพื้นที่แมงกานีสอาจตกผลึกเป็นชั้นหนามีปริมาณสำรองพอเพียงในการทำเหมืองได้ (วงศ์พัทธ์ พิบูลศุภประดิษฐ์, 2557)

2.3 การใช้งานศิลาแลง

ศิลาแลง หรือเรียกอีกชื่อว่าแม่แรง เป็นดินชั้นกลาง ที่พื้นผิวมีผลจากกระบวนการฟุ้งทางธรณีวิทยา มีส่วนประกอบสำคัญทางเคมี คือ ออกไซด์ของเหล็ก และอะลูมินา สามารถพบได้ในเขตประเทศร้อนชื้น ลักษณะเด่นคือมีรูพรุน และมีสีน้ำตาล หรือแดง แตกต่างกันไปแล้วแต่พื้นที่ เมื่อยังอยู่ในชั้นดินจะมีความอ่อนตัว แต่เมื่อขุดขึ้นมาแล้วต้องรีบใช้เครื่องมือตัดแต่งให้เร็วที่สุด เพราะศิลาแลงจะแข็งตัวขึ้นกว่าเดิม การใช้งานศิลาแลงสามารถพบได้ในโบราณสถานสมัยสุโขทัยเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งปัจจุบันนิยมนำมาใช้ตกแต่งสวน เป็นหินปูพื้น ปูทางเดิน ก่อกำแพง



ภาพที่ 2.4 ศิลาแลง

(ที่มา : อิฐแดง 2009, 2563)

วิธีก่อ และการดูแลรักษาศิลาแลง

- 1) ฉีดน้ำลงบนศิลาแลง เพื่อซัดฝุ่นออกก่อนนำไปก่อ
- 2) นำไปก่อ โดยสามารถใช้ปูนก่อฉาบทั่วไป ผสมกับผงจากการตัดศิลาแลง ก็จะได้ปูนก่อที่เป็นสีน้ำตาล
- 3) วิธีก่อไม่มีอะไรแตกต่างกับการก่ออิฐแดงเลย ถ้าพีซังมีประสบการณ์ในการก่อผนังอิฐแดง ก็สามารถก่อผนังศิลาแลงได้ครับ ข้อสำคัญคือควรมีเสาเอ็นคอนกรีตเสริมเหล็ก และ ทับหลังคอนกรีตเสริมเหล็กช่วยเสริมให้ผนังมีความแข็งแรง เพราะศิลาแลงมีน้ำหนักค่อนข้างมาก
- 4) หลังจากก่อเสร็จ ใช้ผ้าชุบน้ำเช็ดตัวผนังอีกครั้ง หากมีรูสามารถใช้ปูนยาแนวสีน้ำตาลหรือปูนก่อผสมผงจากการตัดศิลาแลง เป็นตัวอุดเพื่อความเรียบเนียนได้
- 5) ทาน้ำยาเคลือบเงาหิน ซึ่งช่วยป้องกันเชื้อรา น้ำซึม ป้องกันสิ่งสกปรกซึมเข้าเนื้อศิลาแลง แล้วยังทำความสะอาดง่ายเพียงฉีดน้ำ หรือเช็ดด้วยผ้าสะอาด



อุปกรณ์การก่อ



ผงจากการตัดศิลาแลง



ปูนยาแนวสีน้ำตาล



น้ำยาเคลือบหิน

ภาพที่ 2.5 ส่วนผสมในก่ออิฐศิลาแลง

(ที่มา : อิฐแดง 2009, 2563)

2.4 เศษศิลาแลง

เศษศิลาแลง คือ เศษที่เหลือจากการตัดแต่งศิลาแลงให้เข้ารูปตามต้องการ ในกระบวนการตัดแต่งศิลาแลง จะทำให้เกิดเศษศิลาแลงขึ้นเป็นจำนวนมากมีทั้งเศษขนาดใหญ่และที่เป็นฝุ่นผง และมีรูปร่างที่แตกต่างกันออกไปซึ่งเศษศิลาแลงส่วนใหญ่จะนำไปทิ้ง ไม่ได้นำมาใช้ในเกิดประโยชน์



ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างเศษศิลาแลงที่เหลือจากการตัดแต่ง
(ที่มา : นวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้, 2563)

2.5 แนวทางลดขยะให้เป็นศูนย์

แนวทางการลดขยะให้เป็นศูนย์ หรือ Zero Waste คือ แนวคิดที่ต้องการลดปริมาณขยะให้เหลือน้อยที่สุดหรือไม่สร้างขยะเลย หัวใจหลักคือการกำจัดขยะตั้งแต่ต้นทาง โดยเน้นที่การลดปริมาณการใช้ทรัพยากรที่ไม่จำเป็น การใช้ซ้ำ และการคัดแยกเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ ก่อนที่จะนำขยะเหล่านั้นไปกำจัด เพื่อให้ของเหลือใช้หรือขยะเหล่านั้นเกิดประโยชน์สูงสุด



ภาพที่ 2.7 แนวคิดการจัดการขยะในรูปแบบ 1A3R

(ที่มา : summerteas, 2564)

แนวคิดการจัดการขยะในรูปแบบ 1A 3R

Avoid คือ หลีกเลี่ยงการใช้งานของที่ทำให้เกิดขยะ

Reduce คือ ลดการใช้ ทั้งลดปริมาณการใช้ ลดจำนวนครั้งที่ใช้ ใช้ให้น้อยลง หรือใช้ไม่บ่อยจนเกินไป เช่น การลดใช้ของแบบใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง

Reuse คือ ใช้ซ้ำ ทั้งการเลือกใช้สิ่งของหรือวัสดุที่มีอยู่แล้ว นำกลับมาใช้ซ้ำได้ เช่น ถังพลาสติก แก้วน้ำพลาสติก หรือเลือกใช้ถุงผ้า แก้วน้ำส่วนตัวที่สามารถใช้ซ้ำได้หลายครั้ง รวมไปถึงการส่งต่อสิ่งของที่ไม่ได้ใช้ให้กับผู้อื่น ๆ ที่สร้างประโยชน์ต่อได้

Recycle คือ การนำกลับมาใช้ใหม่ หรือ การแปรสภาพโดยการนำขยะมาคัดแยก เช่น แก้ว กระดาษ พลาสติก โลหะ อโลหะ ออกจากขยะประเภทอื่น ผ่านขั้นตอนและกระบวนการเพื่อออกมา กลายเป็นผลิตภัณฑ์ชิ้นใหม่ รวมถึงการนำขยะอินทรีย์มาใช้ประโยชน์ เช่น ทำน้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยหมัก ผลิตแก๊สชีวภาพ

2.6 หินทราย

หินทราย (Sand Stone) คือหินที่ประกอบด้วยเม็ดทราย เกิดขึ้นในสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ กัน ประกอบด้วยเม็ดแร่ที่มีขนาดต่างส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ อาจมีแร่อื่นเศษหิน เศษดินปนอยู่ด้วย มีสารประกอบเป็นวัตถุเชื่อมประสาน เช่นแคลเซียมคาร์บอเนต เหล็กออกไซด์ หรือซิลิกา ทำให้เนื้อแน่นติดกันและเนื้อหินเนียนละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน อาจมีสีเดียวหรือมีลวดลายเป็นสีต่าง ๆ กัน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน 194/2546) หินทรายมีลักษณะ เนื้อหยาบ จับดูระคายมือ เพราะประกอบด้วยเม็ดทรายขนาดแตกต่างกัน (1/16-2 มม.) ส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ แมกเนไทต์ ไมกา วัตถุประสานส่วนมากเป็นพวกซิลิกา ควอตซ์หรือเซิร์ต แคลไซต์ โดโลไมต์ เหล็กออกไซด์ มีแร่อื่นปนสามารถขูดเหล็กเป็นรอยได้ มีสีต่างๆเช่น แดง น้ำตาล เขียว เหลืองอ่อน (ทศวีร์ ศรีวัฒนปิยัง, 2559)

2.6.1 สมบัติทางกายภาพ

โดยปกติแล้วหินทรายตามธรรมชาติจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ หินทรายตามธรรมชาติ (Sandstone) และหินทรายธรรมชาติมีลวดลาย (Teakwood and Rainbow Sandstone) ซึ่งทั้ง 2 แบบ มีความแข็ง เนื้อละเอียด เม็ดละเอียด และความเป็นเนื้อเดียวกันคล้าย ๆ หินตามธรรมชาติทั่วไป จะแตกต่างกันที่สมบัติทางกายภาพของหินทราย แสดงดังตารางที่ 2.1 และ 2.2



1) หินทรายตามธรรมชาติ



2) หินทรายธรรมชาติที่มีลวดลาย

ภาพที่ 2.8 หินทราย (ที่มา : ดาราศาสตร์และอวกาศ, 2557)

ตารางที่ 2.1 สมบัติทางกายภาพของหินทรายธรรมชาติ (ที่มา : พศวีร์ ศรีวัฒน์ปิยัง, 2559)

Physical	Description
Color	Minor color tonal variations exist but within the tolerance limit.
Hardness	6.5 to 7 on Moh's Scale
Density	2.3 to 2.4 Kg/cm ³
Compressive Strength	90 to 140 N/mm ²
Modulus of Rupture	16-40 N/mm ²
Water Absorption	1.0 -1.2 %
Porosity	Low to very low.
Weather Impact	Resistant

ตารางที่ 2.2 สมบัติทางกายภาพของหินทรายลวดลาย (ที่มา : พศวีร์ ศรีวัฒน์ปิยัง, 2559)

Physical	Description
Color	Minor color tonal variations exist but within the tolerance limit.
Hardness	6 to 6.5 on Moh's Scale
Density	2.07 to 2.11 Kg/cm ³
Compressive Strength	41 to 63 N/mm ²
Modulus of Rupture	7-11 N/mm ²
Water Absorption	8.0 -11 %
Porosity	Comparatively Porous
Weather Impact	Resistant

2.6.2 สมบัติทางเคมี

สารประกอบหลักจะเป็นซิลิกา (SiO_2) องค์ประกอบทางเคมีย่อยอื่น ๆ จะแตกต่างจากต้นกำเนิดสู่ต้นกำเนิดคุณสมบัติทางเคมีของหินทรายธรรมชาติ แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สมบัติทางเคมีของหินทรายธรรมชาติ (ที่มา : พศวีร์ ศรีวัฒนปิยัง, 2559)

Chemical Composition	(wt %)
SiO_2	95-97%
Iron (Fe_2O_3)	0.5%-1.5%
Alumina (Al_2O_3)	1 to 1.5%
Soda (Na_2O) & Potash (Kro)	Less then 1%
Lime (CaO)	Less then 0.5%
Magnesia (MgO)	Less then 0.5%
Loss On Ignition (LOI)	Less then 0.5%

2.6.3 คุณสมบัติของหินทรายธรรมชาติ

หินทราย (Sandstone) เกิดจากทรายธรรมชาติทั่ว ๆ ไปทับถมกันเป็นเวลานานร้อยล้านปี และเมื่อมีวัสดุสมาน อันเกิดจากธรรมชาติทำให้เกิดการรวมตัวกันเป็นก้อนหิน จึงเรียกว่า “หินทราย” โดยเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จากนั้นมนุษย์เป็นผู้กระทำขึ้นมีก็แต่เพียงตกแต่ง, ตัดเพื่อให้อู มีคุณค่า และสวยงามยิ่งขึ้นเป็นเนื้อหินมีลักษณะ เนื้อ เนื้อหยาบ จับดูระคายมือ ส่วนใหญ่ เป็นแร่ควอตซ์ มีสีต่าง ๆ เช่น แดง น้ำตาล เทา เขียว เหลืองอ่อนสมัยโบราณมักนำมาใช้เป็น เครื่องมือ วัสดุในการก่อสร้าง ในยุคที่ยังไม่มีคอนกรีตนำมาก่อสร้างเป็นอาคาร โบสถ์ วิหาร โรงเรียน หลักฐานส่วนใหญ่มักพบได้ในสถาบันการศึกษาเก่าแก่ในต่างประเทศหลายแห่งทั่วโลก และมักจะตกแต่งด้วยหินทราย เช่น วังของขุนนางชั้นสูงในเมืองฟลอเรนซ์ ของราชอาณาจักรอิตาลี ฟลอเรนซ์ตั้งอยู่บนฝั่งแม่น้ำอาร์โน เช่นเดียวกันกับโบราณสถานหลายแห่งในประเทศไทยสร้างด้วยหินทรายด้วยลักษณะเด่น ของหินทรายธรรมชาติที่มีลักษณะสีสันทหลายสี มีความแข็งแรงทนทานเหมาะสำหรับเป็นส่วนประกอบในการก่อสร้าง ใช้ทำแผ่นอิฐ ปูพื้น บุนนัง ตกแต่งอาคาร สำนักงาน บ้านเรือนต่าง ๆ ให้เกิดความสวยงามรูปแบบแปลกใหม่ และยังให้คุณค่า มีความคงทน เพราะเป็นหินที่เกิดจากธรรมชาติ พร้อมทั้งยังแกะสลักเป็นรูปต่าง ๆ ได้ อาทิ ปราสาทหินพนมรุ้ง ปราสาทหินพิมาย เป็นต้น



ภาพที่ 2.9 ปราสาท Palazzo Vecchio
(ที่มา : Palanla, 2563)



ภาพที่ 2.10 ปราสาทหินพนมรุ้งและปราสาทหินพิมายจังหวัดนครราชสีมา
(ที่มา : Mgr Online, 2562)

2.6.4 ประโยชน์ของหินทราย

- 1) ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นกระจก, แก้วและเครื่องแก้วประดับ
- 2) บดผสมในคอนกรีต งานซ่อมแซมเขื่อน ทำเทียบเรือ และในยางมะตอย
- 3) ใช้เป็นหินตกแต่ง หินทรายผิวหยาบถูกใช้เป็นเตาผิง งานผนังและพื้นทางเดิน
- 4) ใช้เป็นที่เป็นกัน, นาฬิกา, ทัช, และรองพื้นทางรถไฟ ฯลฯ
- 5) ใช้รองรับผนังอิฐก่อแบกภาคระฐานรากและกำแพงหินประดับ
- 6) ทำแผ่นหินทราย และกระเบื้องหินทรายที่ใช้ในการหุ้ม
- 7) งานแกะสลักเสาซุ้ม สวนน้ำพุ ผลิตภักดิ์ สวนหิน งานศิลปะ และงานฝีมือ

2.7 กระเบื้องหินทราย

กระเบื้องหินทราย ได้มาจากการรวมตัวของหินที่อัดแน่นจากเม็ดทราย ที่ประกอบด้วยแร่แมกเนไทต์ และไมก้า ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของทราย โดยมีเนื้อซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน และสีของกระเบื้องหินทรายแตกต่างกันตามแร่ธาตุอื่น ๆ ที่พบในเนื้อทราย อย่าง แคลไซต์ ที่ทำให้ออกสีเหลือง หรือ เหล็ก ทำให้หินออกสีแดง กระเบื้องหินทรายมักถูกนำมาเป็นกระเบื้องติดผนัง เนื่องจากมีน้ำหนักเบา หรือนำมาใช้ตกแต่งห้องน้ำ เพื่อป้องกันการลื่น และทำความสะอาดง่าย



ภาพที่ 2.11 กระเบื้องหินทราย (ที่มา : เดอะตรีทัช , 2556)

ตารางที่ 2.4 กระเบื้องหินทรายติดผนังที่มีขายทั่วไป (ที่มา : ตราช่างศรีเจริญ, ม.ป.ป.)

กระเบื้องหินทรายติดผนัง	ขนาด	จำนวน การใช้งาน (แผ่น/ตร.ม.)	ลาย/สี	ราคา (บาท/ตร.ม.)
	5 x 20 ซม.	100	สีขาวลาย สกัดหน้า	240
	5 x 30 ซม.	66.6	สีขาวลาย สกัดหน้า	240
	10 x 30 ซม.	33.33	สีขาว ลายสกัด หน้า	240
	5 x 20 ซม.	100	สีเหลือง ลายสกัด หน้า	240
	5 x 30 ซม.	66.66	สีเหลือง ลายสกัด หน้า	240
	10 x 30 ซม.	33.33	สีเหลือง ลายสกัด หน้า	240
	5 x 20 ซม.	100	สีแดง ลายสกัด หน้า	240
	5 x 30 ซม.	50	สีแดง ลายสกัด หน้า	240
	10 x 30 ซม.	33.33	สีแดง ลายสกัด หน้า	240

2.8 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลิตภัณฑ์หินทราย

1. ขอบข่าย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะผลิตภัณฑ์หินทรายที่ประดิษฐ์ขึ้นโดยใช้หินทรายธรรมชาติและหินทรายเทียมเป็นวัสดุหลัก ไม่ครอบคลุมถึงวัสดุก่อสร้างที่ต้องรับน้ำหนักที่ทำจากหินทราย เช่น เสาหินทราย

2. ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

หินทรายธรรมชาติ หมายถึง หินชั้นที่ประกอบด้วยเม็ดทราย เกิดในสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ กันประกอบด้วยเม็ดแร่ที่มีขนาดต่าง ๆ ส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ อาจมีแร่อื่นเศษหินและดินปะปนอยู่ด้วย มีสารประกอบเป็นวัตถุเชื่อมประสาน เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต เหล็กออกไซด์ หรือซิลิกา ทำให้เนื้อหินแน่นติดกันและเนื้อหินเนียนละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน อาจมีสีเดียวหรือมีลวดลายในเนื้อหินเป็นสีต่าง ๆ กัน

หินทรายเทียม หมายถึง หินทรายที่ประดิษฐ์ขึ้นให้มีลักษณะผิวคล้ายหินทรายธรรมชาติโดยการหล่อ เช่นการใช้ทรายและปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสม อาจมีการพันทรายเคลือบผิวบนวัสดุหรือชิ้นงานอื่น เช่นไฟเบอร์ ดินเผา หรือกรรมวิธีอื่น ๆ

ผลิตภัณฑ์หินทราย หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นโดยหินธรรมชาติหรือหินทรายนำมาแกะสลัก หล่อให้เป็นรูปทรงต่าง ๆ ตามต้องการ อาจพันบนชิ้นงานหรือกรรมวิธีอื่นและอาจประกอบด้วยวัสดุอื่นตามความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์เพื่อความสวยงาม คงทน และอาจทำสีต่าง ๆ ใช้สำหรับตกแต่งอาคาร บ้านและสวน และใช้เป็นของใช้ทั่วไป เช่น พระพุทธรูปหินทราย ชุดโต๊ะหินทราย ปะติมากรรมสำหรับตกแต่ง

3. ลักษณะทั่วไป

3.1 ต้องมีรูปแบบ รูปทรงและสัดส่วนที่เหมาะสม ประณีต สวยงาม ไม่มีรอยแตกร้าว หรือรอยตำหนิที่มีผลต่อการใช้งาน กรณีที่เป็นผลิตภัณฑ์หินทราย ลักษณะผิวต้องคล้ายหินทรายธรรมชาติและไม่ปรากฏรอยพิมพ์หรือรอยต่อให้เห็นอย่างชัดเจน เนื้อทรายที่ผิวต้องติดแน่นไม่หลุดออกง่าย

3.2 การประกอบ ต้องประณีต ติดแน่น คงทน และบริเวณรอยต่อต้องไม่มีรอยเปราะ เปื้อนของสารที่ใช้ยึดติดชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน

3.3 การประกอบด้วยวัสดุอื่น ต้องประณีต เรียบร้อย ติดแน่น คงทน กลมกลืน และเหมาะสมกับชิ้นงาน

4. เครื่องหมายและฉลาก

ที่ฉลากหรือภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์หินทรายทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น ไก่หินทราย กระถางหินทราย กรอบรูปหินทราย

4.2 ชนิด

4.3 ขนาดหรือมิติ

4.4 เดือน ปีที่ทำ

4.5 ข้อแนะนำในการใช้งานและการดูแลรักษา

4.6 ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

5. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินใจ

รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ผลิตภัณฑ์หินทรายชนิดเดียวกัน ที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายใน ระยะเวลาเดียวกัน การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

5.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบใช้งาน การบรรจุและ เครื่องหมายและฉลากให้ ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 ตัวอย่าง เมื่อ ตรวจสอบแล้วตัวอย่างเป็นไปตามข้อกำหนดจึงถือว่าผลิตภัณฑ์หินทรายรุ่นนั้นเป็นไปตาม เกณฑ์กำหนด

5.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป การประกอบ และการประกอบด้วยวัสดุอื่น ให้เป็นไปตามข้อกำหนดจึงจะถือว่าผลิตภัณฑ์หินทรายรุ่นนั้น เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

6. การทดสอบลักษณะทั่วไป

การประกอบและการประกอบด้วยวัสดุอื่นให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วย ผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์หินทราย อย่างน้อย 5 คน แต่ละคนจะแยกกัน ตรวจสอบและให้คะแนนโดยอิสระ หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ 2.5

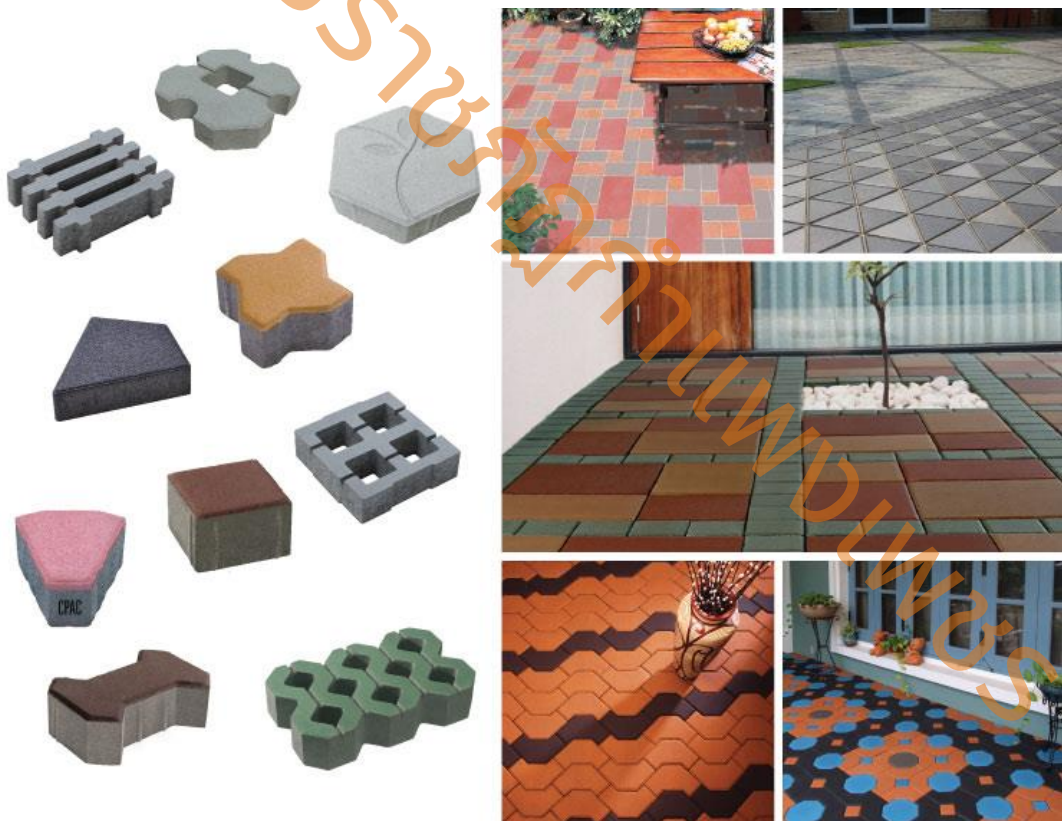
ตารางที่ 2.5 หลักเกณฑ์การให้คะแนน

ลักษณะที่ ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	คะแนน			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องมีรูปแบบ รูปทรงและสัดส่วน ที่เหมาะสม ประณีต สวยงาม ไม่มีรอยแตก ร้าวหรือรอยตำหนิ ที่มีผลต่อการใช้งาน กรณีที่ ผลิตภัณฑ์หินทรายเทียม ลักษณะผิวต้องคล้ายหินทราย ธรรมชาติและไม่ปรากฏรอยพิมพ์ หรือรอยต่อให้เห็นอย่างชัดเจน เนื้อทรายที่ผิวต้องแน่นไม่หลุด ออกง่าย	4	3	2	1
การประกอบ	ต้องประณีต ติดแน่น คงทน และ บริเวณรอยต่อต้องไม่มีรอย เปราะเป็อนของสารที่ใช้ยึดติด ชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน	4	3	2	1
การประกอบ ด้วยวัสดุอื่น	ต้องประณีต ติดแน่น คงทน กลมกลืน และเหมาะสมกับ ชิ้นงาน	4	3	2	1

2.9 บล็อกปูพื้น หรือ บล็อกคอนกรีต

บล็อกปูพื้นเป็นวัสดุที่ผลิตจากเนื้อคอนกรีตจึงแข็งแรง มีพื้นผิวหยาบและไม่ลื่น ในสมัยก่อนนิยมใช้ปูพื้นทางเท้าหรือลานหน้าบ้าน มีรูปทรงหลายแบบเหมาะจะใช้ปูพื้นภายนอก เพื่อทำทางเดิน หรือพื้นที่เอนกประสงค์สำหรับวางโต๊ะเก้าอี้นั่งเล่นพักผ่อนหย่อนใจ โดยส่วนใหญ่ บล็อกปูพื้นจะหนา 6 ซม. มีรูปทรงสี่เหลี่ยมให้เลือกมากและเล่นรูปแบบได้หลากหลาย มีตั้งแต่ก้อนขนาดเล็ก 8 x 8 ซม. ไปจนถึงแผ่นใหญ่ขนาด 60 x 30 ซม. และ 50 x 50 ซม. ทั้งยังมีรุ่นพิเศษให้เลือกใช้ เช่น บล็อกสนามหญ้า (ปลูกหญ้าแซมได้) บล็อกรูพรุน Porous Block (มีเนื้อพรุนจึงน้ำระบายได้เร็ว ช่วยลดปัญหาน้ำขัง) บล็อกรูปลูกพลัส (ช่วยลดความร้อน) เป็นต้น

บล็อกปูพื้นสามารถติดตั้งบนพื้นดินได้โดยไม่ต้องมีพื้นคอนกรีตรองรับ เพียงแค่เตรียมพื้นที่ตามขั้นตอนที่ถูกต้อง หลังติดตั้งเสร็จควรลงน้ำยาประสานทรายเพื่อให้ทรายคงรูป ลดปัญหาทรายไหลซึ่งจะทำให้บล็อกหลุดตัว รวมถึงลงน้ำยาเคลือบเงาผิวคอนกรีต เพื่อลดปัญหาคราบซึมเปื้อน เชื้อรา ตะไคร่

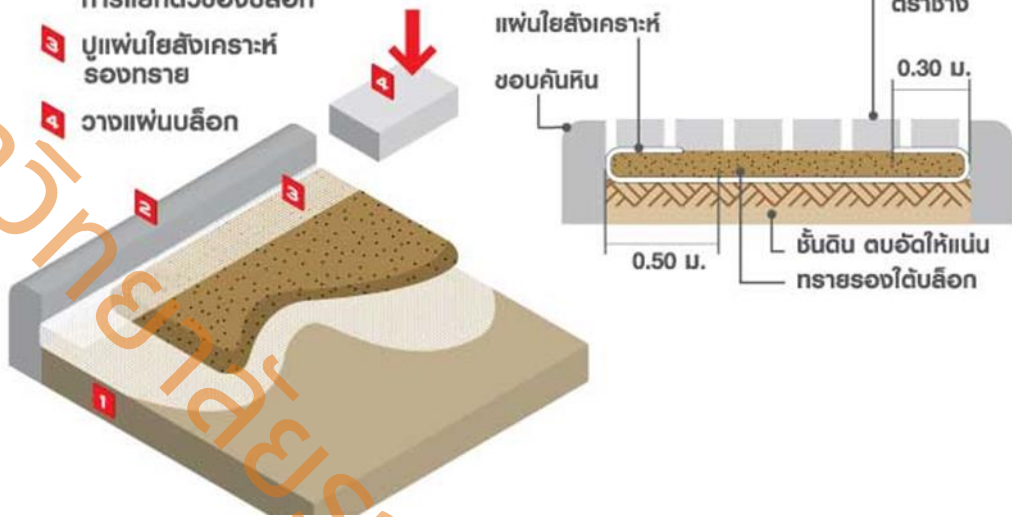


ภาพที่ 2.12 บล็อกปูพื้นรูปทรงต่าง ๆ

(ที่มา : เอสซีจี, ม.ป.ป.)

เตรียมพื้นที่และติดตั้งให้ถูกวิธี เพื่อป้องกัน ปัญหาพื้นทรุด ดินไหล

- 1 ควบคุมดินให้แน่น
- 2 วางขอบคั่นหินป้องกันการแยกตัวของบล็อก
- 3 ปูแผ่นใยสังเคราะห์รองทราย
- 4 วางแผ่นบล็อก



ภาพที่ 2.13 วิธีติดตั้งบล็อกปูพื้น
(ที่มา : เอสซีจี, ม.ป.ป.)

2.10 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ส่วนประกอบและการทำคุณลักษณะที่ต้องการเครื่องหมายและฉลากการชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้มี ดังต่อไปนี้

2.1 คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “บล็อก” หมายถึง ก้อนคอนกรีตตันที่สามารถนำมาวางเรียงประสานกันได้อย่างต่อเนื่อง (ตั้งตัวอย่างใน ภาคผนวก ก.) มีสีตามธรรมชาติหรืออาจมีผงสีเจือปนอยู่ทั้งบล็อกหรือเฉพาะที่ชั้นผิวหน้าและจะมีรูปร่างแบบใดก็ได้ที่เหมาะสมสำหรับใช้ปูพื้นเช่น ถนน ทางเท้า ลานจอดรถ และลานกองเก็บวัสดุ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรออกแบบโครงสร้างในพื้นที่และชั้นรองพื้นให้สอดคล้องกับสภาพการใช้งาน

2.2 ชั้นผิวหน้าหมายถึงชั้นผิวของบล็อกส่วนที่รับการเสียดสีและอาจมีการลบมุมด้วยก็ได้

2.3 ความได้ฉาก (squareness) หมายถึงความได้ฉากของด้านข้างโดยรอบกับพื้นผิวล่างของบล็อกและการขนานกันของพื้นผิวหน้ากับพื้นผิวล่าง

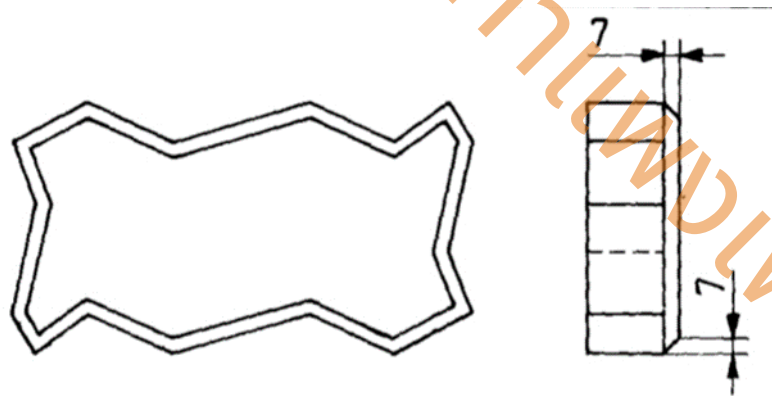
3. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

3.1 มีติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของบล็อกให้เป็นไปตามตารางที่ 2.6 การทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 8.1

3.2 การลบมุม (ถ้ามี) ต้องไม่เกิน 7 มิลลิเมตร (ภาพที่ 2.14) การวัดให้ปฏิบัติตามข้อ 8.2

ตารางที่ 2.6 มีติและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของบล็อก (ข้อ 3.1) หน่วยเป็นมิลลิเมตร

มีติ	เกณฑ์ที่กำหนด	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
ความกว้างและความยาว	ไม่เกิน 295	± 2
ความหนา	60	± 2
	80	
	100	± 3
	120	
ความหนาของชั้นผิวหน้า (เฉพาะชั้นผิวหน้าที่ทำเป็นสี)	ต่ำสุด 3	



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ภาพที่ 2.14 การลบมุม (ข้อ 3.2)

4. ส่วนประกอบและการทำ

4.1 ส่วนประกอบ

4.1.1 ปูนซีเมนต์ให้ใช้ปูนซีเมนต์อย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

4.1.1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่เป็นไปตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก. 15 เล่ม 1

4.1.1.2 ปูนซีเมนต์ผสมที่เป็นไปตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ผสมมาตรฐานเลขที่ มอก. 80

4.1.2 มวลผสม ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลผสม คอนกรีตมาตรฐานเลขที่ มอก. 556

4.1.3 ผงสี (ถ้ามี) ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผงสี (ในกรณีที่ยังไม่มีการประกาศกำหนดมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นไปตาม BS 1014)

4.1.4 สีซีเมนต์ (ถ้ามี) ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสีซีเมนต์มาตรฐานเลขที่ มอก. 463

4.1.5 น้ำ น้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำสะอาด

4.1.6 ส่วนผสมอื่น ๆ (ถ้ามี) ต้องไม่มีผลเสียหายต่อการใช้งานของบล็อก

4.2 การทำ

ใช้เครื่องอัดและ / หรือเขย่าส่วนประกอบต่าง ๆ ตามข้อ 4. 1 ให้เป็นแผ่น ถ้าชั้นผิวหน้าทำเป็นสีน้ำหนักรวมของผงสีที่ผสมต้องไม่เป็นร้อยละ 10 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ที่ใช้ในส่วนผสมของชั้นผิวหน้านั้นในกระบวนการผลิตต้องทำให้ชั้นผิวหน้าติดกับตัวก้อนในเวลาต่อเนื่องกัน เมื่อลอกออกจากแม่พิมพ์แล้วให้ไปด้วยกรรมวิธีที่เหมาะสม

5. คุณลักษณะที่ต้องการ

5. 1 ลักษณะทั่วไป

บล็อกต้องมีเนื้อแน่นไม่ร้าวและสีของชั้นผิวหน้าต้องสม่ำเสมอการทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

5.2 ความได้ฉาก

5.2.1 บล็อกที่มีเกณฑ์ที่กำหนดของความหนาไม่เกิน 80 มิลลิเมตรจะมีความเบี่ยงเบนของความได้ฉากได้ไม่เกิน 2 มิลลิเมตร

5.2.2 บล็อกที่มีเกณฑ์ที่กำหนดของความหนาเกิน 80 มิลลิเมตรจะมีความเบี่ยงเบนของความได้ฉากได้ไม่เกิน 3 มิลลิเมตรการทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 8.3

5.3 ความต้านแรงอัด

ความต้านแรงอัดของบล็อกแต่ละก้อนต้องไม่น้อยกว่า 35 เมกะพาสคัลและค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 40 เมกะพาสคัลการทดสอบให้ปฏิบัติตามข้อ 8.4

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ให้ทำเครื่องหมายและฉลากตามข้อ 6.1.1 หรือข้อ 6.1.2 ดังต่อไปนี้

6.1.1 ที่บล็อกทุกก้อนอย่างน้อยต้องมีเลขอักษรหรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายชัดเจน (1) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำหรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

6.1.2 ที่แถบวัสดุที่ใช้ผูกมัดบล็อกเข้าด้วยกันเป็นหน่วยทุกหน่วยอย่างน้อยต้องมีเลขอักษรหรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่ายชัดเจน

(1) ความกว้าง x ความยาว x ความหนาเป็นมิลลิเมตร

(2) จำนวน

(3) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำหรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

หมายเหตุ การผูกมัดบล็อกเข้าด้วยกันเป็นหน่วยแต่ละหน่วยต้องขนย้ายได้ทั้งหน่วยโดยไม่แยกจากกัน

6.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่นในที่นี้หมายถึงบล็อกที่มีขนาดรูปร่างและสีเดียวกันทำขึ้นโดยกรรมวิธีเดียวกันที่ทำหรือส่งมอบหรือซื้อขายในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้อาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

7.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบขนาด (ยกเว้นความหนาของชั้นผิวหน้า) ลักษณะทั่วไปและความได้ฉาก

7.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันตามจำนวนที่กำหนดในตารางที่ 2

7.2.1.2 จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 3. (ยกเว้นความหนาของชั้นผิวหน้า) ข้อ 5.1 และข้อ 5.2 ในแต่ละรายการต้องไม่เป็นเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดในตารางที่ 2.7 จึงจะถือว่าบล็อกรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบขนาด (เฉพาะความหนาของชั้นผิวหน้า) และความต้านแรงอัด

7.2.2.1 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากตัวอย่างที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในเรื่องขนาด (ยกเว้นความหนาของชั้นผิวหน้า) ลักษณะทั่วไปและความได้จากแล้วจำนวน 5 ก้อนแล้วนำไปทดสอบความต้านแรงอัดและขนาด (เฉพาะความหนาของชั้นผิวหน้า) ตามลำดับ

7.2.2.2 ตัวอย่างทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3. (เฉพาะจึงจะถือว่าความหนาของชั้นผิวหน้า) และข้อ 5. 3 บล็อกรูนนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตารางที่ 2.7 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบขนาด (ยกเว้นความหนาของชั้นผิวหน้า) ลักษณะทั่วไปและความได้จาก (ข้อ 7.2.1)

ขนาดรูนก้อน	ขนาดตัวอย่างก้อน	เลขจำนวนที่ยอมรับ
ไม่เกิน 10 000	5	0
10 001 ถึง 35 000	20	1
35 000 ถึง 150 000	32	2
ตั้งแต่ 150 001 ขึ้นไป	50	3

7.3 เกณฑ์ตัดสินตัวอย่างบล็อกต้องเป็นไปตามข้อ 7.2.1.2 และข้อ 7.2.2.2 ทุกข้อจึงจะถือว่าบล็อกรูนนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

8. การทดสอบ

บล็อกที่นำมาทดสอบต้องมีอายุไม่น้อยกว่า 7 วัน

8.1 มิติ

8.1.1 ความกว้างและความยาวใช้เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1.0 มิลลิเมตร วัดความกว้างและความยาวของบล็อกตัวอย่างบริเวณที่กว้างและยาวมากที่สุด

8.1.2 ความหนา

8.1.2.1 ความหนาของบล็อกใช้เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1.0 มิลลิเมตร วัดความหนาของบล็อกตัวอย่าง(รวมชั้นผิวหน้า) 4 แห่งแล้วรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย

8.1.2.2 ความหนาของชั้นผิวหน้าหักบล็อกตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบความต้านแรงอัดแล้วออกเป็น 2 ชั้นแล้ววัดความหนาของชั้นผิวหน้าของชิ้นตัวอย่างด้วยเครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 0.5 มิลลิเมตรโดยวัดอย่างน้อย 4 แห่ง

หมายเหตุ ชิ้นตัวอย่างที่นำมาวัดความหนาของชั้นผิวหน้าอย่างน้อยต้องมีพื้นที่ 1 ใน 4 ของชิ้นตัวอย่างเต็มร้อนและตำแหน่งที่วัดแต่ละตำแหน่งควรเป็นบริเวณที่มีความหนาของในผิวหน้าสม่ำเสมอและไม่เป็นบริเวณที่มีการเชื่อม

8.2 การลบมุม (ถ้ามี)

ใช้เครื่องวัดที่วัดได้ละเอียดถึง 1.0 มิลลิเมตร

8.3 ความได้ฉาก

8.3.1 ความได้ฉากของด้านข้างโดยรอบกับพื้นผิวล่างของบล็อก

8.3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- (1) พื้นเรียบสม่ำเสมอและได้ระดับ
- (2) เครื่องวัดแบบสอด
- (3) เหล็กฉาก

8.3.1.2 วิธีวัด

วัดความเบี่ยงเบนของความได้ฉากของด้านข้างกับพื้นผิวล่างของบล็อกตัวอย่างทุก ๆ ด้าน ด้านละ 1 แห่ง

8.3.2 ความได้ฉากของพื้นผิวหน้ากับพื้นผิวล่างของบล็อก

8.3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- (1) พื้นเรียบสม่ำเสมอและได้ระดับ
- (2) เครื่องวัดแบบมีหน้าปิดพร้อมขาตั้ง

8.3.2.2 วิธีวัด

วางบล็อกตัวอย่างด้านที่เรียบและสม่ำเสมอบนพื้นเรียบสม่ำเสมอและได้ระดับแล้วใช้เครื่องวัดแบบมีหน้าปิดวัดความเบี่ยงเบนของความได้ฉากของพื้นผิวหน้ากับพื้นผิวล่าง

8.4 ความต้านแรงอัด

8.4.1 เครื่องมือ

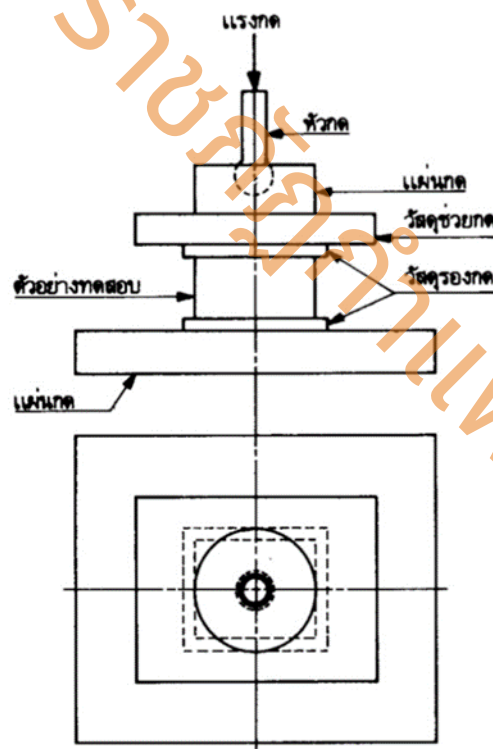
8.4.1.1 เครื่องทดสอบแรงกดที่ให้แรงกดได้ไม่น้อยกว่า 1000 กิโลนิวตันและสามารถปรับความเร็วในการเพิ่มแรงกดได้

8.4.1.2 แผ่นกด (ดังตัวอย่างในภาพที่ 2.15)

แผ่นกดแต่ละแผ่นต้องหนาไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตรทำด้วยวัสดุที่มีความแข็งไม่น้อยกว่า 60 HRC สำหรับแผ่นกดแผ่นบนสามารถปรับหมุนได้ทุกทิศทางและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร

8.4.1.3 วัสดุช่วยกด (ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.8)

ในกรณีที่พื้นที่ของแผ่นกดแผ่นบนไม่ครอบคลุมพื้นที่ของบล็อกตัวอย่างได้ทั้งหมดให้ใช้วัสดุช่วยกดที่หนาไม่น้อยกว่า 12 มิลลิเมตรและความแข็งไม่น้อยกว่า 60 HRC ช่วยกด



ภาพที่ 2.15 ตัวอย่างแผ่นกดวัสดุช่วยกดและวัสดุรองกดและตำแหน่งทดสอบ

(ข้อ 8.4.1.2 ข้อ 8.4.1.3 ข้อ 8.4.1.4 และข้อ 8.4.2.1)

8.4.1.4 วัสดุรองกอด (ดังตัวอย่างในภาพที่ 2.15)

วัสดุรองกอดที่ใช้ต้องเป็นกระดาษแข็งหรือไม้อัดหรืออัดหรือไม้เนื้ออ่อนหรือแผ่นยางหนาไม่น้อยกว่า 4 มิลลิเมตรและต้องมีพื้นที่ครอบคลุมพื้นที่ของบล็อกตัวอย่าง

8.4.2 วิธีทดสอบ

8.4.2.1 จัดแนวศูนย์กลางของบล็อกตัวอย่าง (ในกรณีที่มีรูปทรงอสมมาตรศูนย์กลางของบล็อกตัวอย่างคือจุดรวมมวล) หัวกอดแผ่นกอดและวัสดุช่วยกอด (ถ้ามี) ให้อยู่ในแนวเดียวกัน (ภาพที่ 2.15)

8.4.2.2 กดบล็อกตัวอย่างโดยเพิ่มแรงกอดในอัตราที่สม่ำเสมอจนได้แรงกอดประมาณครึ่งหนึ่งของแรงกอดสูงสุดที่คาดว่าบล็อกตัวอย่างจะรับได้ เพิ่มแรงกอดในอัตราที่สม่ำเสมอจนถึงแรงกอดสูงสุดที่บล็อกตัวอย่างรับได้ ภายในเวลา 1 ถึง 2 นาทีบันทึกค่าแรงกอดสูงสุดที่บล็อกตัวอย่างรับ

8.4.3 วิธีคำนวณ

คำนวณหาค่าความต้านแรงอัดของบล็อกเป็นเมกะพาสคัลจากสูตร

$$P = \frac{F \times C}{A}$$

เมื่อ P คือ ความต้านแรงอัดเป็นเมกะพาสคัล

F คือ แรงกอดสูงสุดที่บล็อกตัวอย่างรับได้เป็นนิวตัน

C คือ ตัวประกอบปรับค่าความต้านแรงอัด 4 คือพื้นที่ผิวหน้าที่รับแรงกอดของบล็อกตัวอย่างเป็นตารางมิลลิเมตร

หมายเหตุ

1. ในกรณีที่คำนวณพื้นที่ผิวหน้าที่รับแรงกอดของบล็อกตัวอย่างได้ยากอาจใช้วิธีหาพื้นที่ดั่งนี้วางแผ่นพลาสติกใส หาบหน้าผิวหน้าบล็อกตัวอย่างใช้ปากกาเขียนพลาสติกปิดตามเส้นรอบรูปของผิวหน้าแล้วนำแผ่นพลาสติกใสไปลอกลงบนกระดาษการ์ดขนาดกว้าง 100 มิลลิเมตรยาว 200 มิลลิเมตรด้วยกระดาษคาร์บอนหลังจากนั้นใช้กรรไกรตัดตามเส้นที่ขีดไว้อย่างประณีตแล้วนำแผ่นกระดาษการ์ดที่ได้ไปชั่งและอ่านค่าให้ละเอียดถึง 0.01 กรัมแล้วคำนวณหาพื้นที่จากสูตร

$$A = 20,000 M/M_1$$

เมื่อ A คือ พื้นที่ผิวหน้าที่รับแรงกอดของบล็อกตัวอย่างเป็นตารางมิลลิเมตร

M คือ มวลของกระดาษการ์ดที่แสดงพื้นที่ผิวหน้าแบบเดียวกับบล็อกตัวอย่างเป็นกรัม

M_1 คือ มวลของกระดาษการ์ดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเป็นกรัม

2. ตัวประกอบปรับค่าความต้านแรงอัดให้เป็นไปตามตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.8 ตัวประกอบปรับค่าความต้านแรงอัด (หมายเหตุ 2. ท้ายข้อ 8.4.3)

ความหนาบล็อก มิลลิเมตร	ตัวประกอบปรับค่าความต้านแรงอัด	
	ไม่มีการลบมุม	มีการลบมุม
60	1.00	1.03
80	1.12	1.18
100	1.18	1.24
120	1.20	1.27

2.11 บล็อกช่องลม

อิฐบล็อกช่องลม (Ventilation Block) มีช่องกลางรูปร่างที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการออกแบบ แต่มักเป็นรูปทรงเลขาคณิตเรียบง่าย อิฐบล็อกช่องลมมีผิวค่อนข้างหยาบ เนื่องจากผลิตจากปูนซีเมนต์ มีคุณสมบัติใช้ก่อเป็นช่องรับลม และรับแสง เดิมทีนิยมในการก่อตกแต่งเป็นช่องระบายอากาศในห้องน้ำ แต่ปัจจุบันอิฐบล็อกช่องลม มีรูปทรง และลวดลายต่าง ๆ ให้เลือกมากมาย ไม่ว่าจะเป็นลายสเปซ ลายเมล็ดข้าว ลายทวิน ลายฉุนาร์ ลายลิลลี่ ลายวินัส ลายเอ็กซ์ และลวดลายอื่น ๆ กว่า 70 ลวดลาย จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้กับงานตกแต่งเพื่อความสวยงาม เช่น การก่อกำแพง ฟาซาด ภายนอก การก่อผนังกันด้านใน ในสไตล์ต่าง ๆ โดยเฉพาะสไตล์โมเดิร์น และสไตล์มินิมอล ด้วยรูปลักษณ์ และสีโทนสว่าง



ภาพที่ 2.16 ตัวอย่างการใช้งานบล็อกช่องลม

(ที่มา : อิฐแดง 2009, 2565)

การนำอิฐบล็อกช่องลมไปใช้งาน

ปัจจุบันอิฐบล็อกช่องลมถูกนำไปใช้ในงานตกแต่งมากมาย ไม่ว่าจะเป็นการก่อกำแพง ฟาซาด การก่อผนังในบางจุด หรือผนังกันสาดส่วน การทำช่องระบายอากาศ รวมถึงการนำไปปูพื้นภายนอก การนำไปตกแต่งสวน เหมาะกับการตกแต่งสไตล์โมเดิร์น สไตล์มินิมอล ที่เน้นความทันสมัย และการใช้โทนสีอ่อน ๆ ในการตกแต่ง ซึ่งจะช่วยทำให้ผนังดูมีมิติและโดดเด่นขึ้น

คุณสมบัติเด่นของอิฐบล็อกช่องลม ดังนี้

- วัสดุพื้นฐานเป็นซีเมนต์แข็งแรงทนทาน
- มีพื้นผิวสัมผัสเรียบหยาบ
- สีเทารูปแบบลายสีเหลี่ยม
- สามารถติดตั้งทั้งภายใน และงานภายนอก
- สร้างทางเลือกใหม่ที่น่าสนใจให้กับงานออกแบบสถาปัตยกรรมทั้งงานภายใน และ

ภายนอก

- ระบบการก่อสร้างที่สะดวก และรวดเร็ว
- ขนาด 19 x 19 x 9 ซม.



ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างอิฐบล็อกช่องลมขนาดมาตรฐาน 19×19 ซม. ความลึก 9 ซม.

(ที่มา : Mflex, ม.ป.ป.)

2.12 การทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกล

2.12.1 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

1) ความหนาแน่น (Density)

การทดสอบหาความหนาแน่น สามารถหาได้จากการนำตัวอย่างทดสอบมาทำการ วัดขนาด และชั่งหามวล ค่าความหนาแน่นคำนวณได้จากสมการ

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของตัวอย่างทดสอบ, กก./ลบ.ม.
 m คือ มวลของตัวอย่างทดสอบ, กก.
 V คือ ปริมาตรที่ได้จากการวัดตัวอย่างทดสอบ, ลบ.ม.

2) การดูดซึมน้ำ (Absorption)

การดูดซึมน้ำสามารถบอกถึงความคงทนของตัวอย่างทดสอบ การทดสอบการดูดซึมน้ำ ปกติให้แช่ตัวอย่างทดสอบในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยค่าการดูดซึมน้ำ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำที่มีอยู่ในตัวอย่างทดสอบ หลังจากนำไปแช่น้ำต่อน้ำหนักที่อบแห้ง

$$\text{ร้อยละการดูดซึมน้ำ} = \frac{W_w - W_s}{W_s} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ W_w คือ น้ำหนักหลังแช่น้ำ, กก.
 W_s คือ น้ำหนักที่อบแห้ง, กก.

2.12.2 การทดสอบสมบัติเชิงกล

1) กำลังรับแรงอัด (Compressive strength)

กำลังรับแรงอัด หมายถึง อัตราส่วนระหว่างแรงอัดต่อพื้นที่รับแรง มีหน่วยเป็น กก./ตร.ซม. สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3)$$

เมื่อ σ คือ กำลังรับแรงอัด, กก./ตร.ซม.
 P คือ แรงอัดสูงสุด, กก.
 A คือ พื้นที่รับแรงอัดของตัวอย่างทดสอบ, ตร.ซม.

2) กำลังรับแรงดัด (Flexural strength)

กำลังรับแรงดัด หมายถึง ความต้านทานการโก่งเมื่อมีแรงกระทำเป็นจุด การทดสอบกำลังรับแรงดัดเป็นการทดสอบเพื่อหาค่าโมดูลัสของการแตกร้าว (modulus of rupture) ของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$F_b = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (4)$$

เมื่อ	F_b	คือ กำลังรับแรงดัด, กก./ตร.ซม
	P	คือ แรงกดสูงสุด, กก.
	L	คือ ความยาวของตัวอย่างทดสอบ, ซม.
	b	คือ ความกว้างของตัวอย่างทดสอบ, ซม.
	d	คือ ความหนาของตัวอย่างทดสอบ, ซม.

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุวัฒน์ชัย ปลื้มฤทัย (2555) การศึกษาพัฒนาคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.58-2530 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในด้านการลดการนำความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร ทำการทดสอบคุณสมบัติเปรียบเทียบหาสูตรที่มีคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์ในการนำความร้อนต่ำที่สุด และมีคุณสมบัติในด้านความต้านแรงอัดและปริมาณความชื้นผ่านมาตรฐาน มอก.58-2530 ผลการทดสอบพบว่า คอนกรีตบล็อกสูตร D3 โดยมีอัตราส่วนผสมระหว่าง ปูน : ทราย : หิน : ผักตบเท่ายก 1 : 3 : 4.925 : 0.075 ให้ผลค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K Value) ต่ำสุด 0.111 W/m.K ต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกต้นแบบที่ไม่ได้ใส่ผักตบชวาที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป ผลการทดสอบความต้านแรงอัดและปริมาณความชื้นตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 58-2530 พบว่า มีค่าความต้านแรงอัด 3.06 เมกะพาสคัล และมีค่าปริมาณความชื้นโดยการหัดตัวทางยาวร้อยละ 0.05 และการดูดกลืนน้ำร้อยละ 11.3 ผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.58-2530 ทั้งในด้านความต้านแรงอัดและปริมาณความชื้นจัดอยู่คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักในประเภทที่ 1 คือ ประเภทควบคุมความชื้น โดยคอนกรีตบล็อกจากผักตบชวานั้น สามารถที่จะลดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนและน้ำหนักได้อีก โดยเพิ่มปริมาณผักตบชวาเข้าไป เนื่องจากค่าความต้านแรงอัดยังสูงกว่าที่ มอก.58-2530 กำหนดไว้ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มปริมาณการใช้วัสดุให้มากขึ้นไปในตัว เพื่อเป็นแนวทางในการนำผักตบชวาซึ่งเป็นวัสดุพืชที่อยู่ตามแม่น้ำลำคลองและคอยสร้างปัญหาให้แก่การระบายน้ำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อีกวิธีหนึ่ง

อาปีติน ดะแซสาเมาะ และคณะ (2555) ได้ศึกษาเรื่อง การเร่งปฏิกิริยาปอซโซลานของ ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าไม้ยางพาราด้วยวิธีการทางเคมี เพื่อศึกษาการเร่งปฏิกิริยาปอซโซลานในอิฐที่มีเถ้า ไม้ยางพาราเป็นส่วนผสมและปรับปรุงคุณภาพของอิฐในด้านกำลังอัดและความทนทานด้วยการ ปรับปรุงเถ้าไม้ยางพาราด้วยสารเคมี ผลวิจัย พบว่า การปรับปรุงเถ้าไม้ยางพาราด้วยสารเคมีกลุ่ม อัลคาไลน์ โดยเฉพาะ NaOH ที่ความเข้มข้น 8 10 และ 12 โมล มีค่ากำลังอัดสูงกว่ามาตรฐาน มอก. 1505-2541 และที่ความเข้มข้นของ NaOH 10 และ 12 โมล ช่วยเร่งปฏิกิริยาปอซโซลานทำให้มีค่า กำลังอัดสูงกว่า อิฐที่ไม่ได้การปรับปรุงเถ้าไม้ยางพารา

วงศ์พัทธ์ พิจุลศุภประดิษฐ์ (2557) ได้ศึกษาเรื่อง หน่วยน้ำหนัก กำลังอัด และการดูดซึมน้ำ ของบล็อกศิลาแลงเทียมที่ใช้เศษศิลาแลงเป็นมวลรวมหยาบ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้จะพัฒนาบล็อก หินศิลาแลง เทียมต้นทุนต่ำที่มีคุณสมบัติเชิงกลใกล้เคียงกับบล็อกศิลาแลงธรรมชาติ โดยใช้เศษศิลา แลงที่เหลือ ผลวิจัยพบว่า สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ช่วยกระตุ้นปฏิกิริยาทางเคมีและช่วยเพิ่ม กำลังอัดให้แก่บล็อกศิลาแลงเทียม โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อัตราส่วนของเหลวต่อปูนซีเมนต์สูง บล็อก ศิลาแลงเทียมมีหน่วยน้ำหนักใกล้เคียงกับบล็อกศิลาแลงธรรมชาติ โดยแทบไม่แปรผันตามปริมาณ การแทนที่เถ้ากลบในปูนซีเมนต์ ขณะที่ การดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อปริมาณการ แทนที่เถ้ากลบในปูนซีเมนต์เพิ่มขึ้น ส่วนผสมที่เหมาะสมคืออัตราส่วนระหว่างเถ้ากลบกับ ปูนซีเมนต์เท่ากับ 80:20 และอัตราส่วนระหว่างน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 1.0 ต้นทุนการผลิต บล็อก ศิลาแลงเทียมต่อหน่วยที่ใช้ส่วนผสมดังกล่าวต่ำกว่าราคาของศิลาแลงธรรมชาติถึง 3.56 บาท ต่อ หน่วย

พศวีร์ ศรีวัฒนปิฎกร (2559) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาหินทรายที่ใช้เถ้าลอย เพื่อพัฒนา คุณสมบัติพื้นฐานของหินทรายเทียมให้มีคุณสมบัติเทียบเท่าหินทรายธรรมชาติ และเพื่อศึกษาการ ทดลองหาอัตราส่วนผสมควบคุมที่เหมาะสม ผลการวิจัย พบว่า อัตราส่วนที่ดีที่สุดของหินทรายเทียม เท่ากับอัตราส่วน 1 : 3 (อัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ขาวต่อทรายละเอียด) อัตราส่วนน้ำต่อสาร ซีเมนต์ที่เหมาะสม (w/c) เท่ากับ 1.20 ผสมรวมเถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 15 และ 30 โดยมีค่า กำลังอัดระหว่าง 157.5 ถึง 163.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความทนทานต่อการสึกกร่อนระหว่าง ร้อยละ 22.1 ถึง 39.3 ซึ่งเป็นค่าการสึกกร่อนที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติ กับหินทรายธรรมชาติ หินทรายเทียมจากงานวิจัยมีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกัน และสามารถนำไปใช้งาน ในทางปฏิบัติได้

สฤกษ์ พรหมสายใจ (2559) ได้ศึกษาเรื่อง การทดลองหาอัตราส่วนผสมระหว่าง ทราย ผงหินอ่อน ปูนซีเมนต์ เพื่อทำผลิตภัณฑ์กระเบื้องหินทรายเทียม สำหรับตกแต่งบ้าน เพื่อศึกษาคุณสมบัติ ทดลองใช้ส่วนผสมที่นำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์กระเบื้องหินทรายเทียม และศึกษาความพึงพอใจผู้ใช้ ผลิตภัณฑ์ ผลการวิจัย พบว่า สูตรที่มีความเหมาะสมแก่การนำไปใช้งานมากที่สุด คือ สูตรที่มีอัตรา ส่วนผสม ระหว่าง ทรายละเอียดร้อยละ 20 ผงหินอ่อนพรานกระต่ายร้อยละ 40 และปูนซีเมนต์ ร้อยละ 40 มีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 6.66 และมีค่าความแข็งแรง เท่ากับ 71.62 กิโลกรัมต่อ ตารางเซนติเมตร

ภัทรพล เรืองศรี และคณะ (2561) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จาก วัสดุเหลือใช้ประเภทกระเบื้องเซรามิกซ์เพื่อประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน เพื่อศึกษา กระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ประเภทกระเบื้องเซรามิกซ์และพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก ประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้เซรามิกซ์สามารถช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือใช้ ประเภทเศษกระเบื้องแกรนิตโต้ (หลังเผา) ได้อย่าง เหมาะสมและมีแนวโน้มที่ดีขึ้น คือ จากปริมาณ 57.25 ตัน (ต่อเดือน) ให้คงเหลือประมาณ 48.60 ตัน (ต่อเดือน) สามารถลดได้ ประมาณ 8.65 ตัน (ต่อเดือน) และสามารถช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกซ์โดยรวม จากมี ปริมาณ 158.25 ตัน (ต่อเดือน) ให้คงเหลือประมาณ 149.60 ตัน (ต่อเดือน) เพราะฉะนั้นกระบวนการ ใช้ประโยชน์กระบวนการที่ 3 ที่มี เศษกระเบื้องแกรนิตโต้ (หลังเผา) เป็นวัสดุหลัก สามารถช่วยลด ปริมาณวัสดุเหลือใช้ประเภทกระเบื้องเซรามิกซ์ได้รวมถึงสามารถ นำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนา ผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นให้มีคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติ เชิงกลที่ดีขึ้นได้เป็นอย่างดี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

งานวิจัย เรื่อง การพัฒนาวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงให้ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเพื่อให้การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่กำหนดไว้ โดยผู้วิจัยจึงได้กำหนดวิธีการในการดำเนินการ ดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ขาวประเภทที่ 1 เศษศิลาแลง ททราย และน้ำสะอาด



1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ขาวประเภทที่ 1



2) เศษศิลาแลง



3) ททรายละเอียด



4) น้ำสะอาด

ภาพที่ 3.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่



1) เครื่องทดสอบบดเศษซิลิกาแลง



2) ตู้อบแห้ง



3) เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด



4) เครื่องทดสอบกำลังแรงดัด

ภาพที่ 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการในการดำเนินงานวิจัย ในครั้งนี้ประกอบด้วย

1. ทบทวนเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. วิเคราะห์ สังเคราะห์ และสรุปข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมและการศึกษา
3. สำรวจ จัดหาเศษซิลิกาแลงเหลือทิ้งในจังหวัดกำแพงเพชร
4. นำเศษซิลิกาแลงเหลือทิ้งมาทำการบด โดยเครื่องทดสอบการสึกกร่อนจากการเสียดสี (Los Angeles Abrasion) จากนั้นนำเศษซิลิกาแลงที่ได้มาทำการร่อนผ่านตะแกรงเพื่อทำการคัดแยกขนาด
5. ศึกษาสมบัติทางวิศวกรรมของเศษซิลิกาแลง ได้แก่ สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และสมบัติทางเคมี

6. วิเคราะห์ วางแผนการนำเศษศิลาแลงมาขึ้นรูปเป็นวัสดุก่อสร้าง
7. ออกแบบส่วนผสมสำหรับการขึ้นรูปตัวอย่างทดสอบ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงสัดส่วนผสมของวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลง

ตัวอย่างทดสอบ	ปูนซีเมนต์ (ต่อ 4 ส่วน)	ทราย (ต่อ 4 ส่วน)	เศษศิลาแลง (ต่อ 4 ส่วน)
A1	1	3.0	-
A2	1	2.5	0.5
A3	1	2.0	1.0
A4	1	1.5	1.5
A5	1	1.0	2.0

8. จัดหาแบบหล่อสำหรับขึ้นรูปวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลง
9. ขึ้นรูปตัวอย่างทดสอบวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลง ประกอบด้วย กระเบื้องหินทรายเทียม บล็อกปูพื้นทางเท้า และบล็อกช่องลม
10. ทดสอบสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลง ได้แก่ ความหนาแน่น ร้อยละการดูดซึมน้ำ และกำลังรับแรง
11. สำนวจความพึงพอใจต่อวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร
12. สรุปผลการดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ 3.3 สํารวจ จัดหาเศษศิลาแลงเหลือทิ้งในจังหวัดกำแพงเพชร



ภาพที่ 3.4 กระบวนการนำเศษศิลาแลงเหลือทิ้งมาทำการบด



ภาพที่ 3.5 กระบวนการร่อนเศษศิลาแลงผ่านตะแกรงเพื่อทำการคัดแยกขนาด

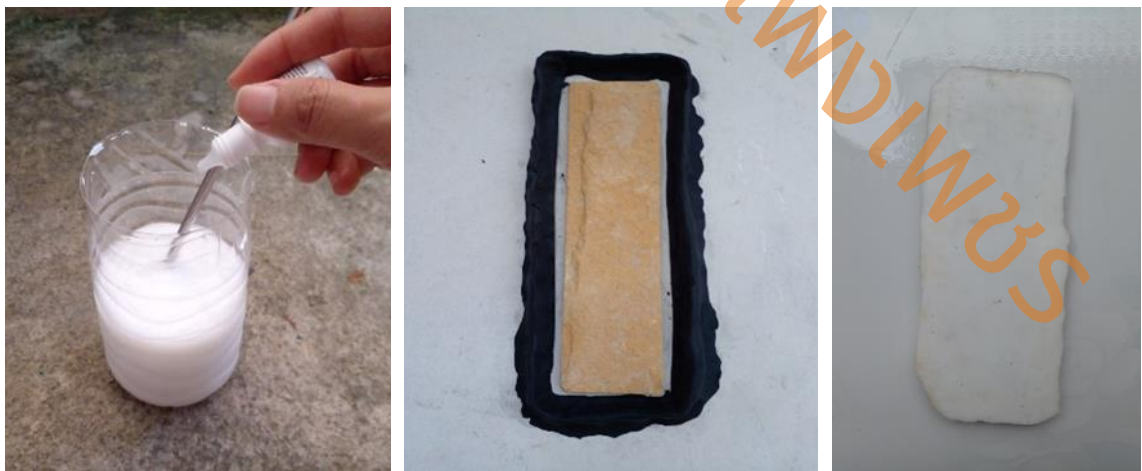


ภาพที่ 3.6 ตัวอย่างเศษศิลาแลงที่ทำการคัดแยกขนาดแล้ว

กระบวนการจัดหาแบบหล่อสำหรับขึ้นรูปวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลง ประกอบด้วย กระเบื้องหินทรายเทียม บล็อกปูพื้นทางเท้า และบล็อกช่องลม มีกระบวนการ ดังนี้

1) แบบหล่อกระเบื้องหินทราย

แบบหล่อกระเบื้องหินทรายใช้วิธีการหล่อแบบ โดยนำยางซิลิโคนมาคนประมาณ 4-5 นาทีและผสมตัวเร่งกับยางซิลิโคน 2-3% คนให้เข้ากันประมาณ 5-6 นาทีและนำไปเทลงบนแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้จากนั้นปล่อยให้เนื้อยางเริ่มเซตตัวเป็นของแข็งประมาณ 4-5 ชม. ขึ้น ๆ ไปงานจึงจะแห้งพร้อมถอดแบบ จะได้แบบหล่อขนาด 5 x 20 ซม.



ภาพที่ 3.7 การหล่อแม่พิมพ์กระเบื้องหินทรายจากยางซิลิโคน



ภาพที่ 3.8 แบบหล่อกระเบื้องหินทรายแบบสำเร็จรูป ขนาด 6 x 22.5 x 5 ซม.

2) แบบหล่อบล็อกปูพื้นทางเท้า

แบบหล่อบล็อกปูพื้นทางเท้า ใช้แบบหล่อทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 20 x 20 ซม.
ความหนา 6 ซม.



ภาพที่ 3.9 แบบหล่อบล็อกปูพื้นทางเท้าจัตุรัส ขนาด 20 x 20 x 6 ซม.

3) แบบหล่อบล็อกช่องลม

แบบหล่อบล็อกช่องลม ใช้แบบหล่อทรงสี่เหลี่ยม ขนาด 19 x 19 ซม. ความหนา 9 ซม.



ภาพที่ 3.10 แบบหล่อบล็อกช่องลม ขนาด 19 x 19 x 9 ซม.

3.3 การขึ้นรูปวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลง

3.3.1 กระเบื้องหินทรายเทียมผสมเศษศิลาแลง

การขึ้นรูปตัวอย่างทดสอบกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง ใช้สัดส่วนผสมตามตารางที่ 3.1 โดยเศษศิลาแลงที่ใช้เป็นเศษศิลาแลงแบบละเอียดที่ร่อนผ่านตะแกรง No.100#



1) ตัวอย่างส่วนผสมที่ใช้



2) ตัวอย่างการขึ้นรูป



3) ตัวอย่างกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง

ภาพที่ 3.11 กระบวนการขึ้นรูปกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง

3.3.2 บล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง

การขึ้นรูปตัวอย่างทดสอบบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลงใช้สัดส่วนผสมตามตารางที่ 3.1 โดยเศษศิลาแลงที่ใช้เป็นเศษศิลาแลงที่ร่อนผ่านตะแกรง No.16# และค้างอยู่บนตะแกรง No.100# ทำการขึ้นรูปบล็อกช่องลม ขนาด 20 x 20 ซม. ความหนา 9 ซม.



1) ตัวอย่างการขึ้นรูป



2) ตัวอย่างบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง
ภาพที่ 3.12 กระบวนการขึ้นรูปบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง

3.3.3 บล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง

การขึ้นรูปตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลงใช้สัดส่วนผสมตามตารางที่ 3.1 โดยเศษศิลาแลงที่ใช้เป็นเศษศิลาแลงที่ร่อนผ่านตะแกรง No.8# และค้างอยู่บนตะแกรง No.100# ทำการขึ้นรูปบล็อกปูพื้นทางเท้า ขนาด 20 x 20 ซม. ความหนา 6 ซม.



1) ตัวอย่างการขึ้นรูป



2) ตัวอย่างบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง

ภาพที่ 3.13 กระบวนการขึ้นรูปบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง

3.4 วิธีการทดสอบ

3.4.1 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

1) มิติ

- ความกว้างและความยาว วัดความกว้างและความยาวของตัวอย่างทดสอบบริเวณที่กว้างและยาวมากที่สุด
- ความหนา วัดความหนาของตัวอย่างทดสอบ (รวมชั้นผิวหน้า) 4 แห่งแล้วรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย

2) ความหนาแน่น (Density)

การทดสอบหาความหนาแน่น สามารถทำได้จากการนำตัวอย่างทดสอบมาทำการวัดขนาด และชั่งหามวล ค่าความหนาแน่นคำนวณได้จากสมการ

$$\rho = \frac{m}{V}$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของตัวอย่างทดสอบ, กก./ลบ.ม.

m คือ มวลของตัวอย่างทดสอบ, กก.

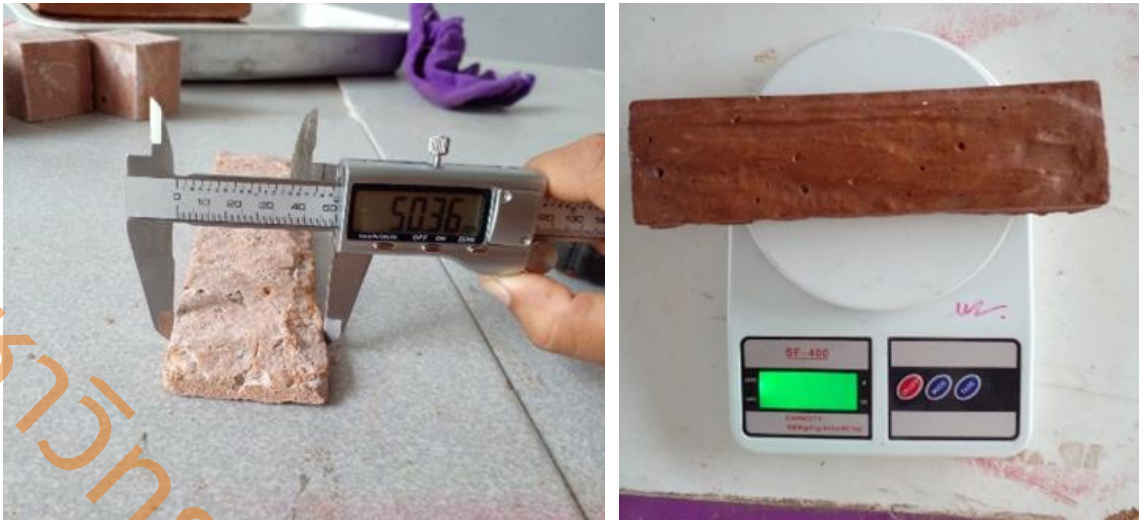
V คือ ปริมาตรที่ได้จากการวัดตัวอย่างทดสอบ, ลบ.ม.

- ##### 3) การดูดซึมน้ำ (Absorption) สามารถบอกถึงความคงทนของตัวอย่างทดสอบ นำตัวอย่างทดสอบที่ได้มาแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักเปียกแล้วนำไปอบแห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนักหลังอบแห้ง ทำการคำนวณหาร้อยลพการดูดซึมน้ำ อ้างอิงตามมาตรฐาน มอก.109-2517 และ ASTM C 140-70

$$\text{ร้อยละการดูดซึมน้ำ} = \frac{W_w - W_s}{W_s} \times 100$$

เมื่อ W_w คือ น้ำหนักหลังแช่น้ำ, กก.

W_s คือ น้ำหนักที่อบแห้ง, กก.



ภาพที่ 3.14 ตัวอย่างการทดสอบความหนาแน่น



ภาพที่ 3.15 ตัวอย่างการทดสอบร้อยละการดูดซึมน้ำ

3.4.2 การทดสอบสมบัติทางกล

1) กำลังรับแรงอัด (Compressive strength)

กำลังรับแรงอัด หมายถึง อัตราส่วนระหว่างแรงอัดต่อพื้นที่รับแรง มีหน่วยเป็น กก./ตร.ซม. สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

เมื่อ	σ	คือ กำลังรับแรงอัด, กก./ตร.ซม
	P	คือ แรงอัดสูงสุด, กก.
	A	คือ พื้นที่รับแรงอัดของตัวอย่างทดสอบ, ตร.ซม.



1) การทดสอบกำลังรับแรงอัดของบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง



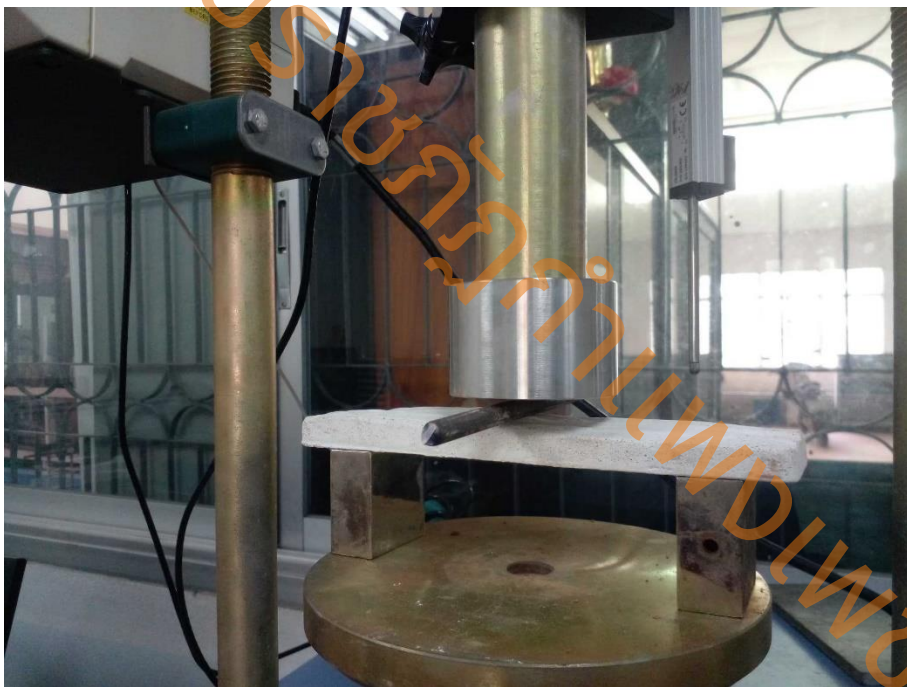
2) การทดสอบกำลังรับแรงอัดของบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง
ภาพที่ 3.16 ตัวอย่างการทดสอบกำลังรับแรงอัด (Compressive strength)

2) กำลังรับแรงดัด (Flexural strength)

กำลังรับแรงดัด หมายถึง ความต้านทานการโก่งเมื่อมีแรงกระทำเป็นจุด การทดสอบกำลังรับแรงดัดเป็นการทดสอบเพื่อหาค่าโมดูลัสของการแตกร้าว (modulus of rupture) ของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$F_b = \frac{3PL}{2bd^2}$$

เมื่อ	F_b	คือ กำลังรับแรงดัด, กก./ตร.ซม
	P	คือ แรงกดสูงสุด, กก.
	L	คือ ความยาวของตัวอย่างทดสอบ, ซม.
	b	คือ ความกว้างของตัวอย่างทดสอบ, ซม.
	d	คือ ความหนาของตัวอย่างทดสอบ, ซม.



ภาพที่ 3.17 ตัวอย่างการทดสอบกำลังรับแรงดัด (Flexural strength)

3.5 การทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลิตภัณฑ์หินทราย

จากตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลิตภัณฑ์หินทราย มผช. 194/2546 ครอบคลุมเฉพาะผลิตภัณฑ์หินทรายที่ประดิษฐ์ขึ้นโดยใช้หินทรายธรรมชาติ และหินทรายเทียมเป็นวัสดุหลัก ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์หินทราย อย่างน้อย 5 คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ หลักเกณฑ์การให้คะแนน อ้างอิงตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 หลักเกณฑ์การให้คะแนน

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	คะแนน			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
		4	3	2	1
ลักษณะทั่วไป	มีรูปแบบ รูปทรงและสัดส่วนที่เหมาะสม				
	ประณีต สวยงาม ไม่มีรอยแตกร้าว				
	ลักษณะผิวต้องคล้ายหินทรายธรรมชาติ				
	ไม่ปรากฏรอยพิมพ์หรือรอยต่อ				
	เนื้อทรายที่ผิวต้องแน่นไม่หลุดออกง่าย				
การประกอบ	ต้องประณีต ติดแน่น คงทน				
	บริเวณรอยต่อไม่เปราะเปื้อนสารยึดติด				
การประกอบด้วยวัสดุอื่น	ติดแน่น คงทน กลมกลืน และเหมาะสมกับชิ้นงาน				

3.6 แบบสำรวจความพึงพอใจวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร

การสำรวจความพึงพอใจวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร มีวิธีการประเมินผล ดังต่อไปนี้

1. ประเด็นการประเมิน

เพื่อสำรวจความพึงพอใจวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร

2. เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผล

แบบสังเคราะห์ข้อมูล - แบบสำรวจความพึงพอใจ 5 ระดับ

3. การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลแบบสอบถามเพื่อสำรวจความพึงพอใจต่อวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร ทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ กระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง บล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง และบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลของแบบสำรวจความพึงพอใจ

- 1) วิเคราะห์ค่าความถี่ และร้อยละของแบบประเมินความพึงพอใจ
- 2) วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของแบบประเมิน โดยกำหนด เกณฑ์ในการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	ความหมาย	ระดับคะแนน
4.50 - 5.00	หมายถึง ความพึงพอใจระดับดีมาก	5
3.50 - 4.49	หมายถึง ความพึงพอใจระดับดี	4
2.50 - 3.49	หมายถึง ความพึงพอใจระดับปานกลาง	3
1.50 - 2.49	หมายถึง มีความพึงพอใจระดับพอใจ	2
1.00 - 1.49	หมายถึง มีความพึงพอใจระดับควรปรับปรุง	1

4.2 ส่วนคำถามปลายเปิด วิเคราะห์เนื้อหารวบรวมนำเสนอเป็นรายชื่อ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ ชาย หญิง
2. อายุ ต่ำกว่า 30 ปี 31 – 40 ปี
- 41 – 50 ปี 51 ปีขึ้นไป
3. การศึกษา ต่ำกว่า ม.3 หรือเทียบเท่า
- ม.6 หรือเทียบเท่า
- ปริญญาตรี หรือ สูงกว่า
4. ประสบการณ์ในการตกแต่งบ้าน ต่ำกว่า 5 ปี 5 ปีขึ้นไป

ส่วนที่ 2 แบบสำรวจความพึงพอใจวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร กรุณาขีดเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ท่านเห็นว่าตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุดเพียงช่องเดียว

ความพึงพอใจวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลง ที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. ผลิตภัณฑ์มีสี ความสวยงาม และความดึงดูดใจ					
2. ผลิตภัณฑ์มีความประณีต ไม่มีรอยแตกกร้าว					
3. ความยากง่ายในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์					
4. ระยะเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์					
5. น้ำหนักมีความเหมาะสมกับรูปทรงผลิตภัณฑ์					
6. ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์					
7. ความสะดวกในการติดตั้งเมื่อเทียบกับวัสดุประเภทเดียวกัน					
8. ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีราคาเหมาะสม					
9. ประโยชน์ใช้สอยตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ					
10. ความพึงพอใจวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลง ที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร					

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

บทที่ 4 ผลการวิจัย

จากการวิจัย เรื่อง การพัฒนาวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงให้ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร พบว่า

4.1 สมบัติทางวิศวกรรมของเศษศิลาแลงเหลือทิ้งจังหวัดกำแพงเพชร

4.1.1 ลักษณะทั่วไป

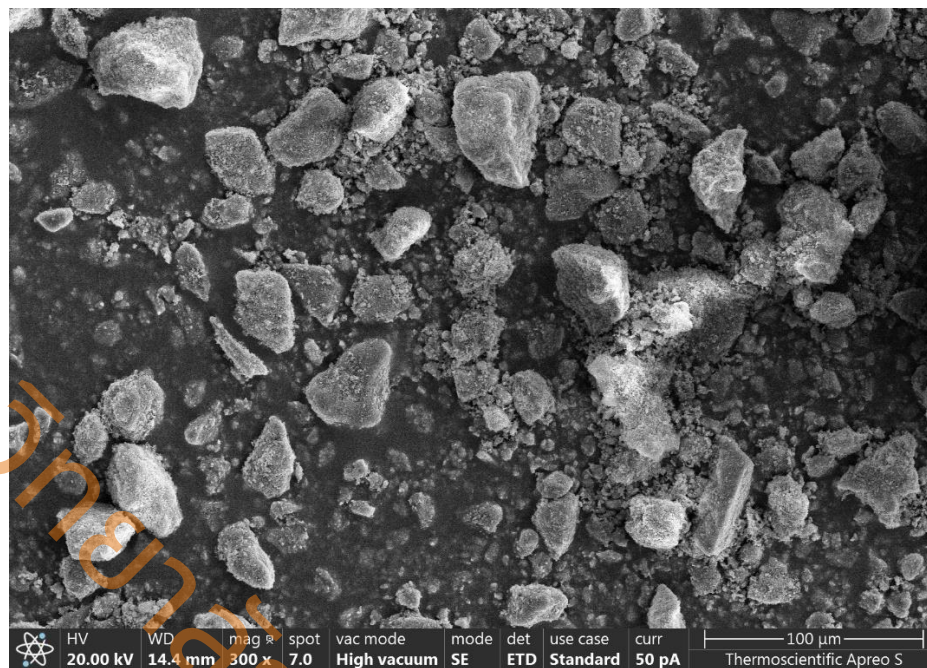
ลักษณะทั่วไปของเศษศิลาแลง จังหวัดกำแพงเพชร ที่ใช้ในงานวิจัย เมื่อทำการตรวจสอบด้วยวิธีการสังเกต พบว่า เศษศิลาแลงที่นำมาใช้ในงานวิจัยมีสีส้มแดง มีทั้งที่เป็นแบบผงและแบบเศษขนาดเล็ก แสดงดังภาพที่ 4.1 เมื่อทำการทดสอบด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) จะเห็นว่า อนุภาคของเศษศิลาแลงแบบผงมีขนาดตั้งแต่เล็กกว่า 1 ไมครอนจนถึง 100 ไมครอน โดยมีขนาดเฉลี่ยประมาณ 30 – 50 ไมครอน ในขณะที่เศษศิลาแลงขนาดเล็กจะมีขนาด 2.00 – 10.00 มิลลิเมตร แสดงดังภาพที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ



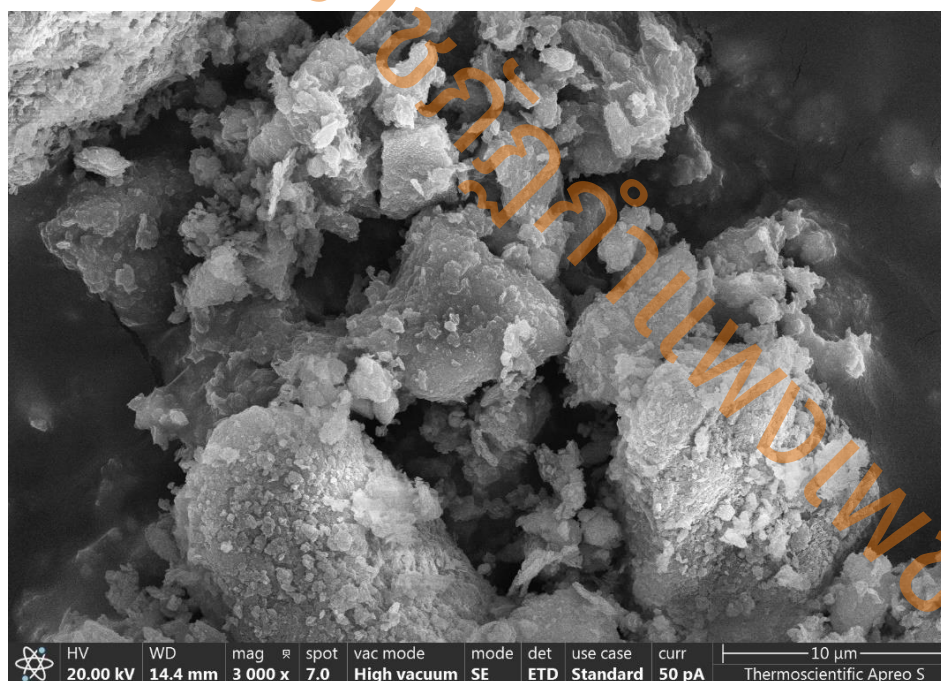
1) ศิลาแลงแบบผง

2) เศษศิลาแลงขนาดเล็ก

ภาพที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของเศษศิลาแลง จังหวัดกำแพงเพชร

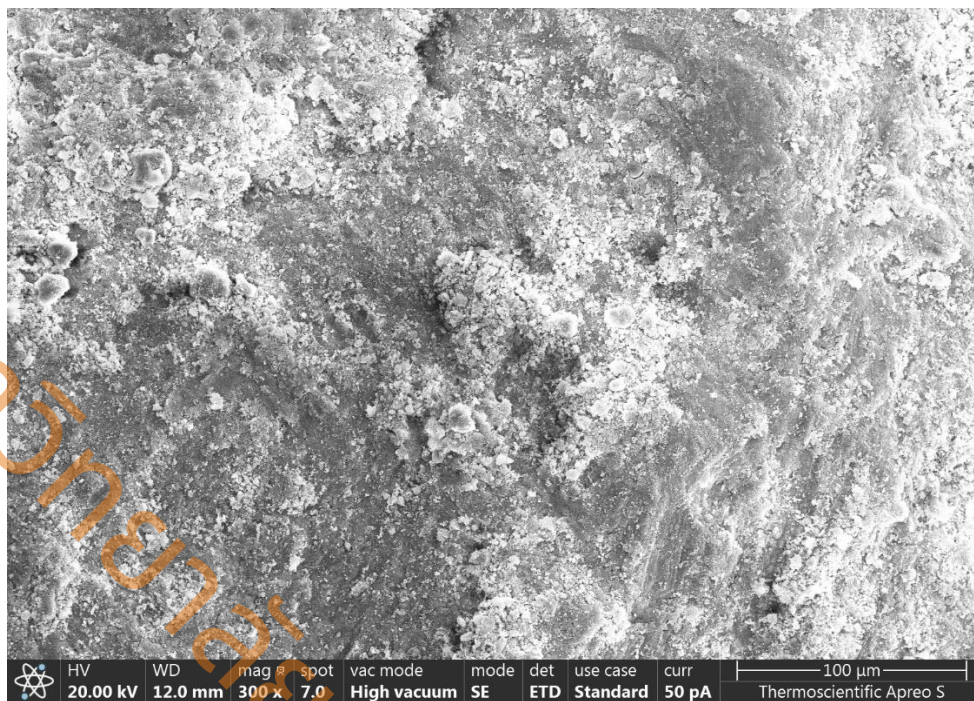


1) กำลังขยาย 300 เท่า

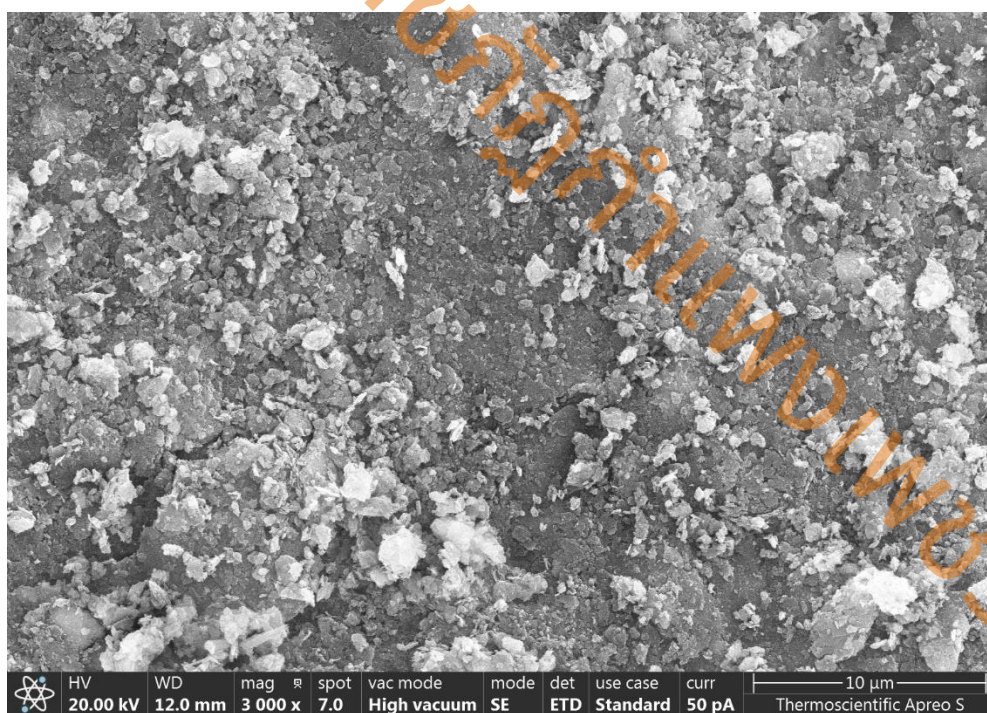


2) กำลังขยาย 3,000 เท่า

ภาพที่ 4.2 ภาพถ่าย SEM ของเศษศิลาแลงแบบผง



1) กำลังขยาย 300 เท่า



2) กำลังขยาย 3,000 เท่า

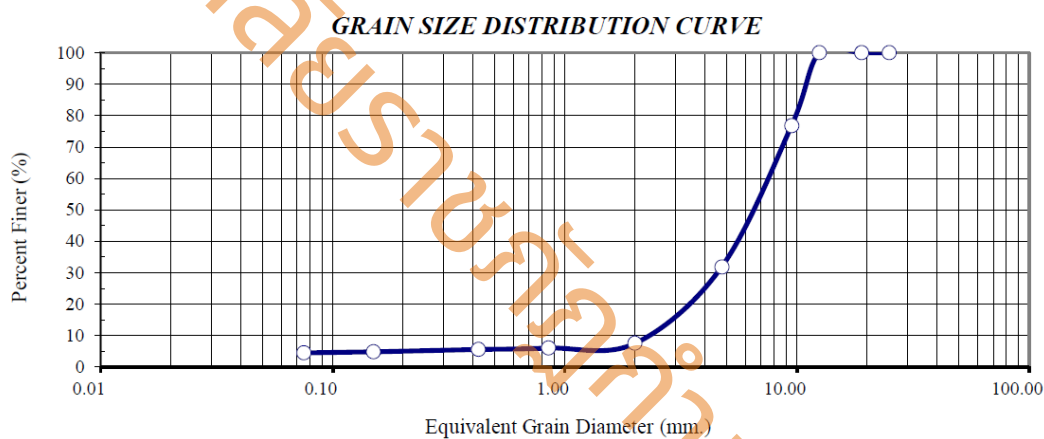
ภาพที่ 4.3 ภาพถ่าย SEM ของเศษศิลาแลงขนาดเล็ก

4.1.2 ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

ความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) ของเศษศิลาแลงทดสอบเช่นเดียวกับการหาความถ่วงจำเพาะของดิน ตามมาตรฐาน ASTM D 854-00 พบว่า เศษศิลาแลงที่ใช้ในการทดสอบมีค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 3.01 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

4.1.3 ขนาดคละ (Sieve Analysis)

การกระจายของขนาดคละของเศษศิลาแลง ทดสอบโดยนำเศษศิลาแลงที่ได้มาทำการบดด้วยเครื่อง Los Angeles Machine จากนั้นนำมาทำการวิเคราะห์หาส่วนขนาดคละด้วยการร่อนผ่านตะแกรง ตามมาตรฐาน ASTM C 136, C 33 เพื่อหาขนาดคละของเศษศิลา ได้ผลการทดสอบ ดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 การกระจายตัวของอนุภาควัสดุเศษศิลาแลง

จากผลการทดสอบขนาดคละ พบว่า เศษศิลาแลงที่ใช้ในการทดสอบ มีขนาดคละโดยเฉลี่ย อยู่ในช่วงประมาณ 2.00 – 10.00 มิลลิเมตร

นอกจากนี้ การทดสอบหาความละเอียดของเศษศิลาแลง โดยวิธีการร่อนเปียก (wet sieve) ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 ผลการทดสอบ พบว่า ปริมาณของเศษศิลาแลง ที่ค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 มีค่าเท่ากับ 25 อ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C 430 กำหนดให้วัสดุปอซโซลานมีน้ำหนักค้างบนตะแกรงเบอร์ 325 ไม่เกินร้อยละ 34 (ปริญา และชัย, 2553 ; สำเร็จ, 2552 ; จตุพล และคณะ, 2550) ดังนั้น เศษศิลาแลงที่ใช้อยู่ในเกณฑ์ที่เป็นวัสดุปอซโซลานอย่างไรก็ตามควรศึกษาปัจจัยอื่นเพิ่มเติมด้วย

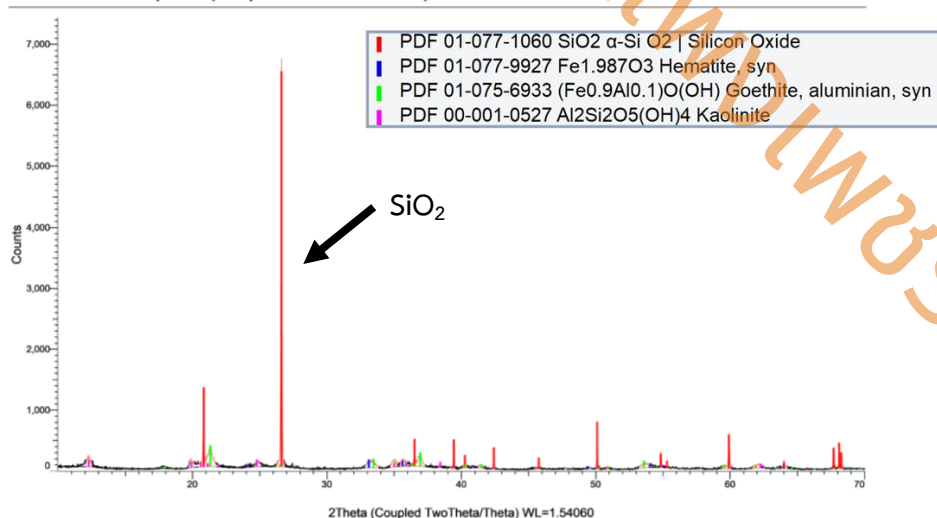
4.1.4 สมบัติเชิงเคมี

การวิเคราะห์สมบัติเชิงเคมีของตัวอย่างเศษศิลาแลง จังหวัดกำแพงเพชร ประกอบด้วย การวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของธาตุด้วยเทคนิค Energy Dispersive X-ray Fluorescence (EDXRF) และการวิเคราะห์ชนิดของสารประกอบด้วยเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD) มีผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.1 แสดงลักษณะโครงสร้างทางเคมีของเศษศิลาแลงที่ศึกษาด้วยด้วยเทคนิค Energy Dispersive X-ray Fluorescence (EDXRF)

ลำดับ	รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย
1	Al	8.4504	% w/w
2	Si	17.3235	% w/w
3	S	0.3553	% w/w
4	K	1.1017	% w/w
5	Ca	3.2923	% w/w
6	Ti	0.9420	% w/w
7	Mn	0.2190	% w/w
8	Fe	68.2184	% w/w
9	Zr	0.0973	% w/w

Commander Sample ID (Coupled TwoTheta/Theta)



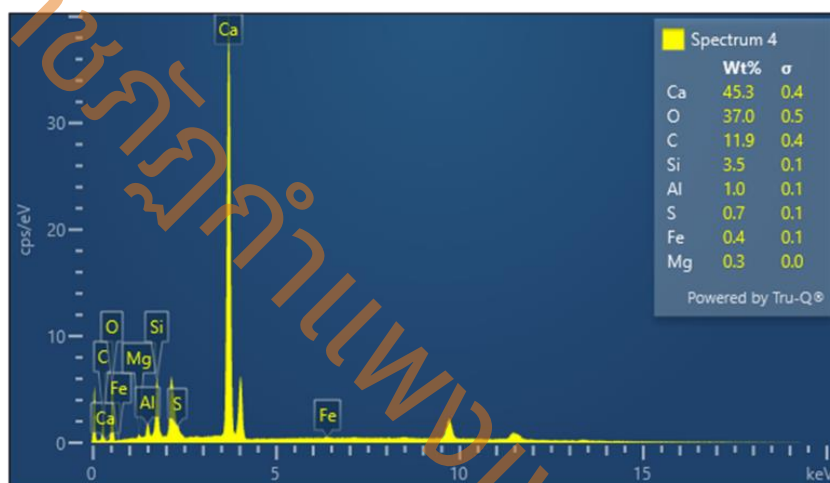
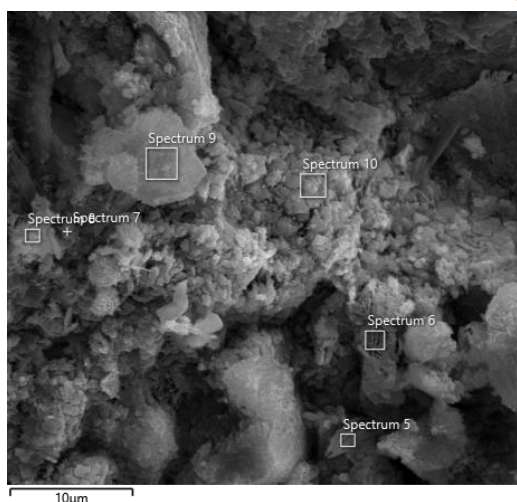
ภาพที่ 4.5 ผลการทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของเศษศิลาแลง ด้วยเครื่อง XRD

จากตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของธาตุด้วยเทคนิค EDXRF พบว่า เศษศิลาแลง จังหวัดกำแพงเพชร มีองค์ประกอบของธาตุ Fe สูงสุด = 68.22 % รองลงมา คือ Si = 17.32 % Al = 8.45 % และ Ca = 3.29 % ในขณะที่ธาตุอื่น ๆ มีค่าไม่เกิน 1 % โดยธาตุเหล่านี้ เมื่อผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำจะเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดคุณสมบัติในการช่วยเพิ่มการเชื่อมประสานทำให้ตัวอย่างทดสอบมีความแข็งแรงมากขึ้น

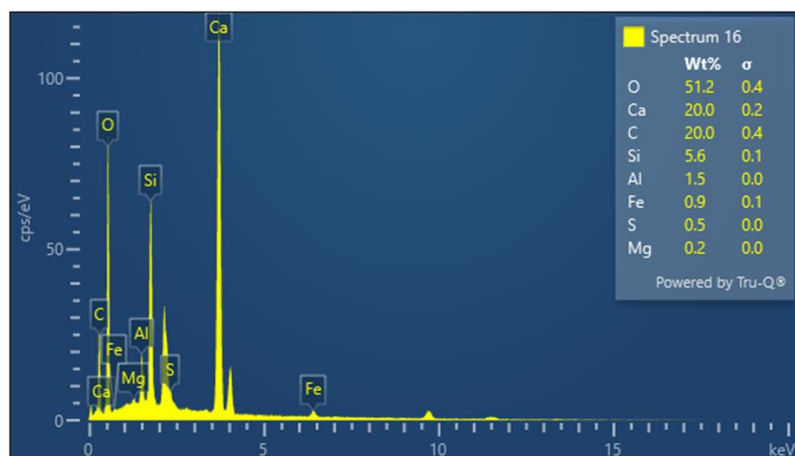
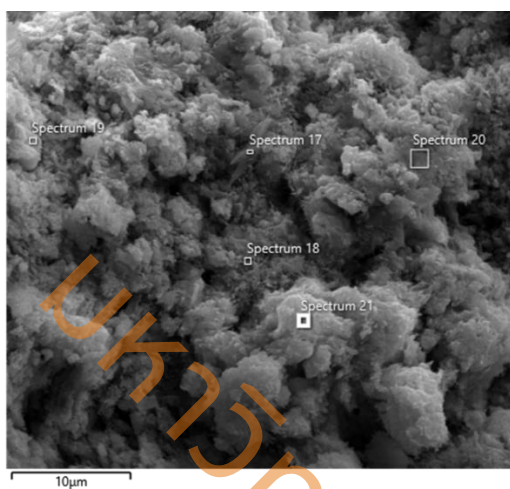
ในขณะที่เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ชนิดของสารประกอบด้วย เครื่อง XRD พบว่า เศษศิลาแลง จังหวัดกำแพงเพชร มีสารประกอบ SiO_2 มากที่สุด เหมาะสมต่อการนำมาใช้เป็นสารปอซโซลาน เพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ตัวอย่างทดสอบ

4.1.5 ลักษณะทางกายภาพของเศษศิลาแลงผสมกับปูนซีเมนต์

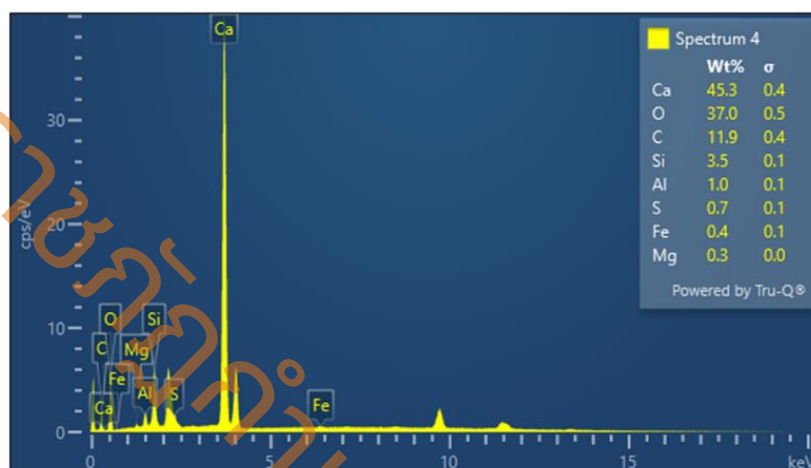
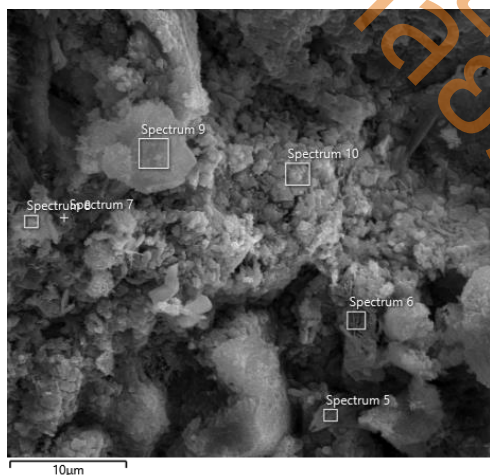
ลักษณะทางกายภาพของเศษศิลาแลงผสมกับปูนซีเมนต์ เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM-EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) ที่กำลังขยาย 3,000 ได้ผลการทดสอบ ดังภาพที่ 4.6



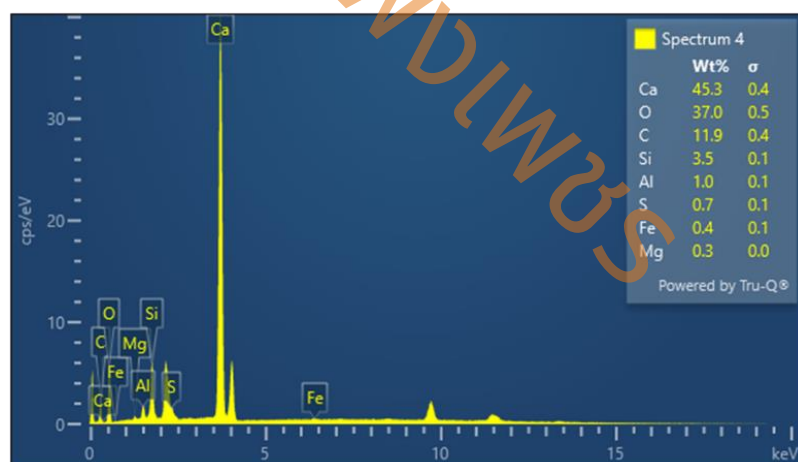
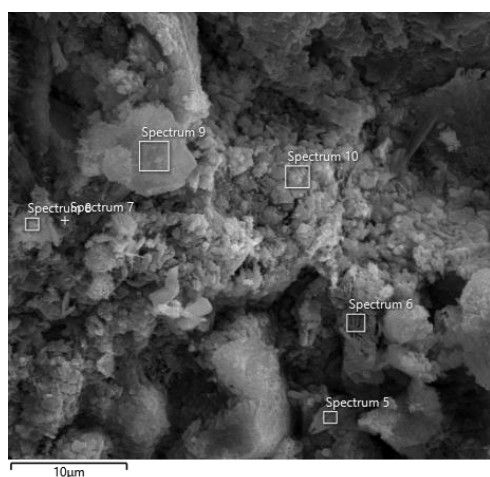
1) SEM-EDS ของตัวอย่างทดสอบ A – 1



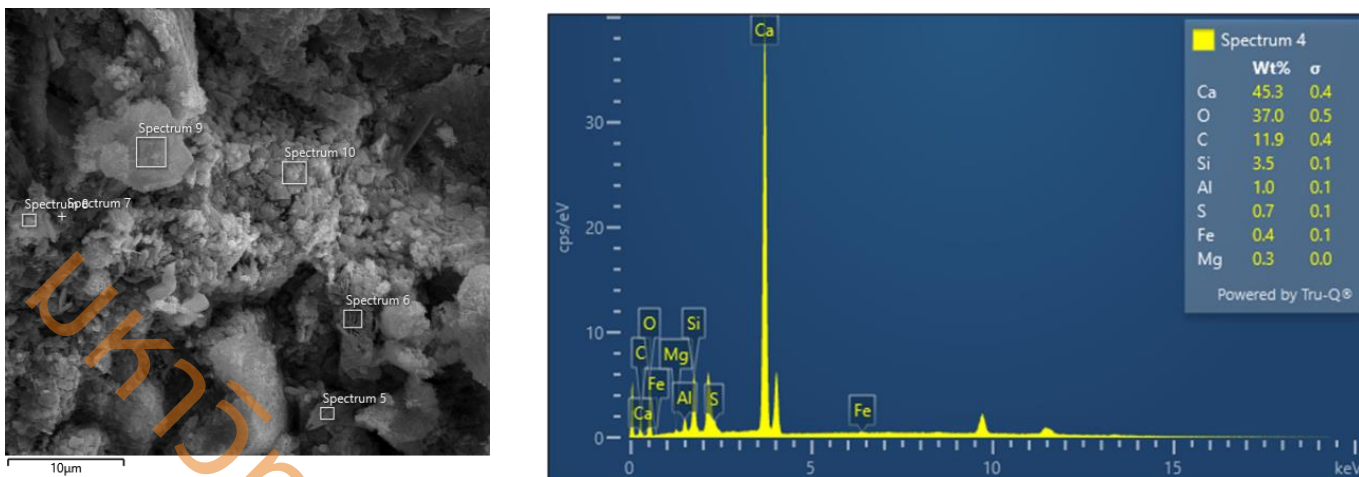
2) SEM-EDS ของตัวอย่างทดสอบ A - 2



3) SEM-EDS ของตัวอย่างทดสอบ A - 3



4) SEM-EDS ของตัวอย่างทดสอบ A - 4



5) SEM-EDS ของตัวอย่างทดสอบ A – 5

ภาพที่ 4.6 ผลการทดสอบเศษศิลาแลงผสมกับปูนซีเมนต์ด้วยเทคนิค SEM-EDS ที่กำลังขยาย 3,000

จากภาพที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบเศษศิลาแลงผสมกับปูนซีเมนต์ในสัดส่วนผสมต่าง ๆ ด้วยเทคนิค SEM-EDS พบว่า ตัวอย่างทดสอบทุกสัดส่วนผสมมีส่วนประกอบของธาตุ Ca และ O เป็นหลัก โดยธาตุเหล่านี้ถือเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในปฏิกิริยาไฮเดรชัน ที่ส่งผลให้ตัวอย่างทดสอบมีความแข็งแรงมากขึ้น

4.2 ผลการทดสอบกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง

4.2.1 สมบัติทางกายภาพของกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง


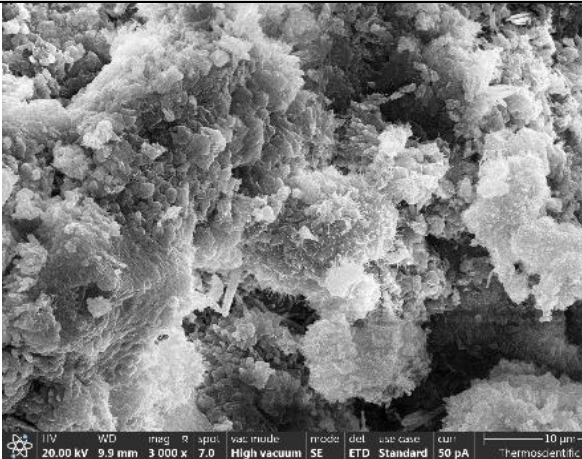

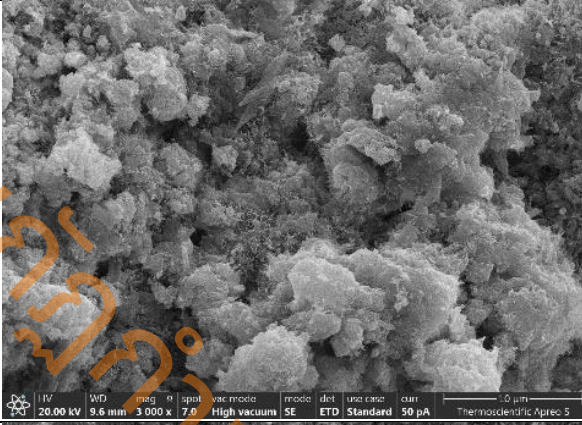

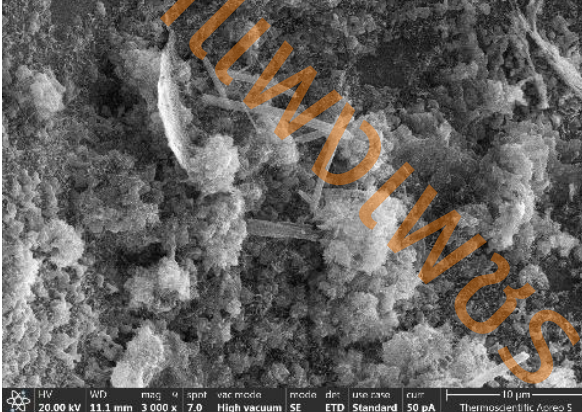
1) ลักษณะทั่วไป


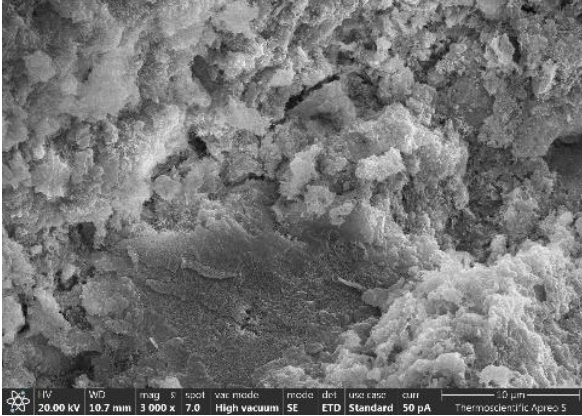

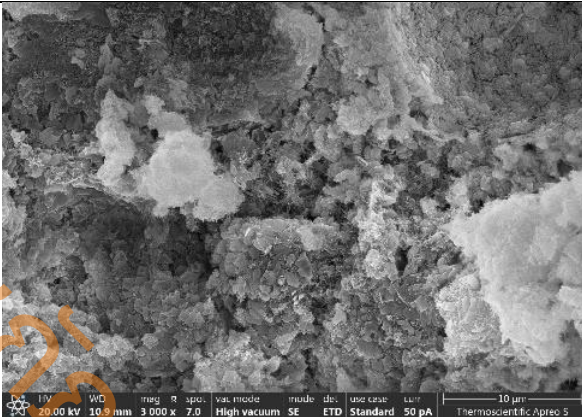
พิจารณาลักษณะทั่วไปของกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง โดย วิธีการสังเกต พบว่า ตัวอย่างทดสอบทุกสัดส่วนผสมจะมีลักษณะพื้นผิวที่เรียบ ไม่แตกร้าว มีสีส้มอมน้ำตาล พื้นผิวด้านหน้ามีลักษณะขรุขระซึ่งเป็นผลมาจากแม่พิมพ์ที่มีลวดลาย โดยตัวอย่างทดสอบที่มีปริมาณเศษศิลาแลงสูงขึ้น สีของชิ้นงานก็จะเข้มมากขึ้นตามไปด้วย แสดงดังภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 ตัวอย่างกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ

ตารางที่ 4.2 ลักษณะพื้นผิวของกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ

ตัวอย่าง	ลักษณะพื้นผิว	
	กล้องถ่ายภาพ	ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 3,000 เท่า
A - 1		 <small> HV 20.00 kV WD 9.9 mm mag 3 000 x spot 7.0 vac mode High vacuum mode SE det ETD size range Standard cur 50 pA 10 µm Thermoscientific Apreo 5 </small>
A - 2		 <small> HV 20.00 kV WD 9.6 mm mag 3 000 x spot 7.0 vac mode High vacuum mode SE det ETD size range Standard cur 50 pA 10 µm Thermoscientific Apreo 5 </small>
A - 3		 <small> HV 20.00 kV WD 11.1 mm mag 3 000 x spot 7.0 vac mode High vacuum mode SE det ETD size range Standard cur 50 pA 10 µm Thermoscientific Apreo 5 </small>

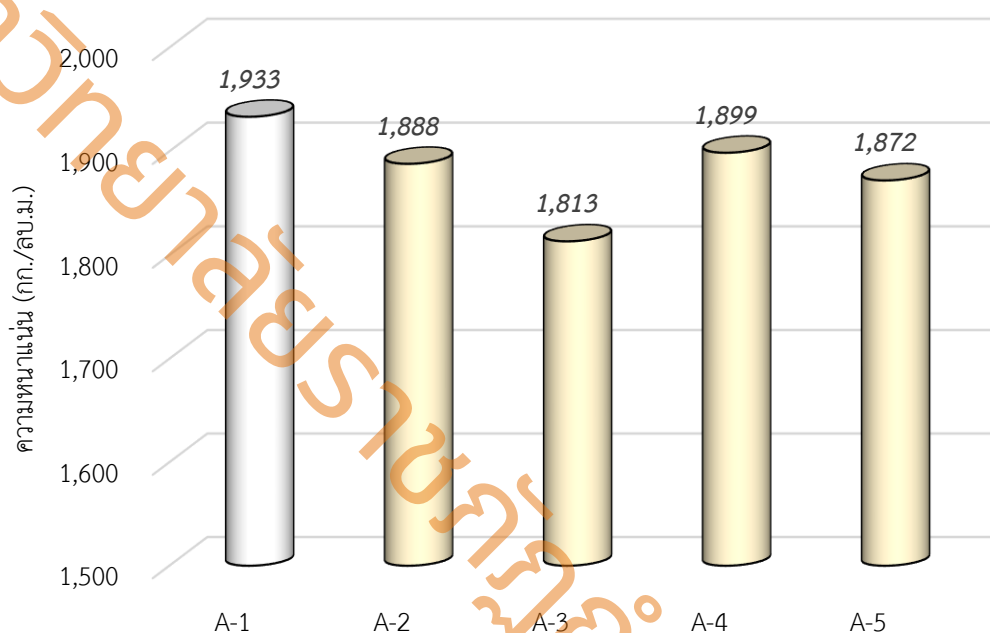
ตัวอย่าง	ลักษณะพื้นผิว	
	กล้องถ่ายภาพ	ภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 3,000 เท่า
A - 4		
A - 5		

การทดสอบลักษณะพื้นผิวของกระเบื้องหินทรายเทียมผสมเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ ด้วยวิธีการสังเกต พบว่า ตัวอย่างทดสอบที่มีเศษศิลาแลงผสมในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ตัวอย่างทดสอบมีสีส้มอมน้ำตาลเข้มขึ้น และมีเนื้อสัมผัสที่ละเอียดกว่า เนื่องจากเศษศิลาแลงที่ใช้มีลักษณะเป็นผง สีส้ม เนื้อละเอียด เมื่อนำใช้แทนที่ทรายทำให้ตัวอย่างทดสอบที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่ละเอียดกว่าตามไปด้วย

เมื่อนำตัวอย่างทดสอบไปทำการตรวจสอบด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ที่กำลังขยาย 3,000 เท่า พบว่า ตัวอย่างทดสอบที่ไม่ผสมเศษศิลาแลง (A-1) มีลักษณะพื้นผิวที่ค่อนข้างเรียบ แต่เมื่อมีการใส่เศษศิลาแลงเข้าไปในสัดส่วนผสมต่าง ๆ พบว่า จะมีอนุภาคของเศษศิลาแลงแทรกและกระจายตัวอยู่ระหว่างอนุภาคของตัวอย่างทดสอบ ส่งผลให้โครงสร้างมีความทึบเพิ่มขึ้น ซึ่งคาดว่ามาจากซิลิกาจะไปทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์เกิดเป็นแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (อติญา และคณะ, 2566 ; ปริญา และชัย, 2553) ทำให้โครงสร้างมีความหนาแน่นขึ้น และปริมาณรูพรุนลดลง

2) ความหนาแน่น

การหาความหนาแน่นสามารถหาได้จากการนำตัวอย่างทดสอบที่ได้มาทำการวัดขนาด และทำการชั่งน้ำหนัก ซึ่งค่าความหนาแน่นของตัวอย่างทดสอบกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง แสดงดังภาพที่ 4.8

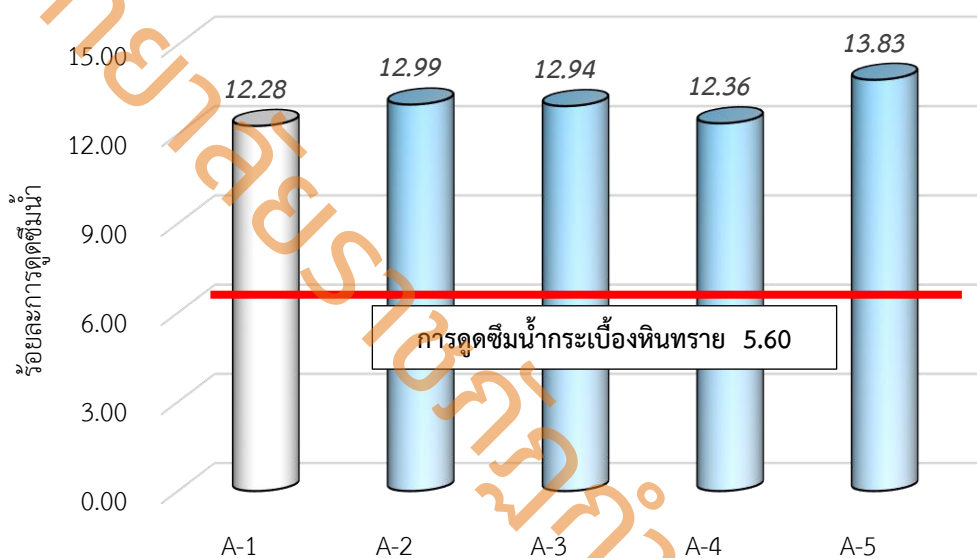


ภาพที่ 4.8 ความหนาแน่นของกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.8 พบว่า ค่าความหนาแน่นของกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง มีค่าอยู่ระหว่าง 1,813 ถึง 1,899 กก./ลบ.ม. ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบกับกระเบื้องหินทรายที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด (ความหนาแน่น เท่ากับ 2,160 กก./ลบ.ม.) พบว่า ค่าความหนาแน่นที่ได้มีค่าต่ำกว่า

3) ร้อยละการดูดซึมน้ำ

การหาค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง สามารถหาได้จากการนำตัวอย่างทดสอบที่ได้มาแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักเปียก แล้วนำไปอบแห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนักหลังอบแห้ง แล้วทำการคำนวณหาค่าร้อยละการดูดซึมน้ำ ซึ่งค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของตัวอย่างทดสอบกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง แสดงดังภาพที่ 4.9



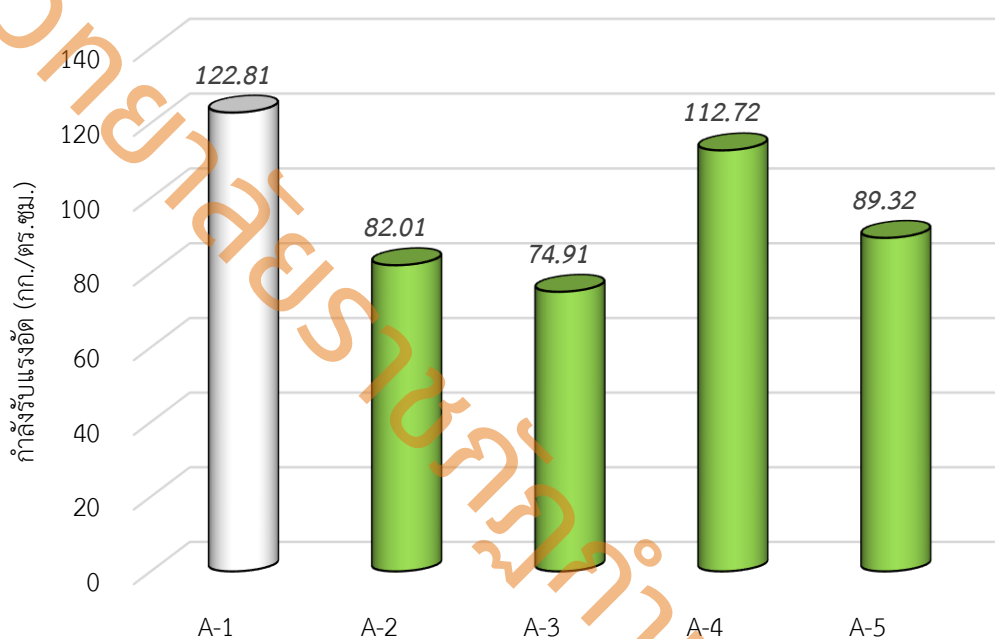
ภาพที่ 4.9 ร้อยละการดูดซึมน้ำของกระเบื้องหินทรายเทียมผสมเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ

จากภาพที่ 4.9 พบว่า ค่าร้อยละการดูดซึมน้ำของกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลงทุกสัดส่วนผสม มีค่าเท่ากับ 12.28, 12.99, 12.94, 12.336 และ 13.83 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบกับกระเบื้องหินทรายที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด (ร้อยละการดูดซึมน้ำ เท่ากับ 5.60) พบว่า กระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลงทุกสัดส่วนผสมมีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำที่สูงกว่ากระเบื้องหินทรายทั่วไปมาก

4.3.2 สมบัติทางกลของกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง

1) กำลังรับแรงอัด

ผลจากการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด (Compressive strength) ของกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง อ้างอิงการทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ASTM C109 (ASTM, 2006b) C1186-02 (ASTM, 2006d) ที่อายุ 28 วัน ใช้ตัวอย่างทดสอบขนาด $5 \times 5 \times 5$ ซม. ได้ผลการทดสอบ ดังภาพที่ 4.10

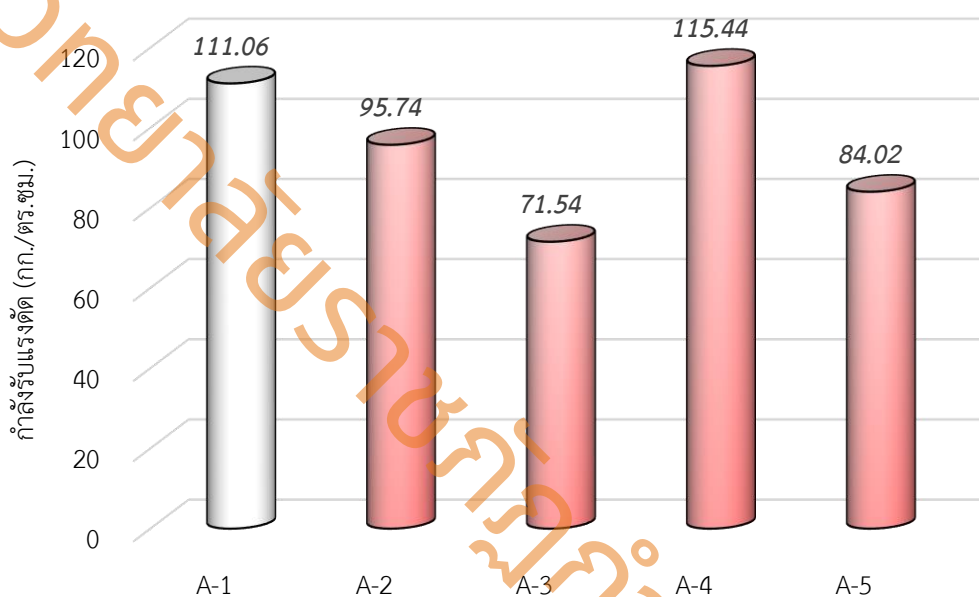


ภาพที่ 4.10 กำลังรับแรงอัดของกระเบื้องหินทรายเทียมผสมเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ

จากการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด พบว่า ตัวอย่างทดสอบกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง สูตร A-4 มีค่ากำลังรับแรงอัดสูงที่สุด เท่ากับ 112.72 กค./ตร.ซม. ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างทดสอบที่ไม่ได้ผสมเศษศิลาแลง (สูตร A-1) ในขณะที่สัดส่วนผสมอื่นมีค่ากำลังรับแรงอัดต่ำกว่ามาก

2) กำลังรับแรงดัด

ผลจากการทดสอบค่ากำลังรับแรงดัด (Flexural strength) ของกระเบื้องหินทราย เทียมจากศิลาแลง อ้างอิงการทดสอบกำลังรับแรงดัด ตามมาตรฐาน ASTM C1186-02 (ASTM, 2006d) ที่อายุ 28 วัน ด้วยวิธีการทดสอบแบบการกดหนึ่งจุดที่จุดกึ่งกลางคาน (Center-Point Loading) ใช้ตัวอย่างทดสอบกระเบื้องหินทราย ขนาด 6 x 22.5 x 5 ซม. ได้ผลการทดสอบ ดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 กำลังรับแรงดัดของกระเบื้องหินทรายเทียมผสมเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ

จากการทดสอบค่ากำลังรับแรงดัด พบว่า มีความสอดคล้องกับผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด โดยตัวอย่างทดสอบกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง สูตร A-4 มีค่ากำลังรับแรงดัดสูงที่สุด เท่ากับ 115.44 กค./ตร.ซม. และมีค่าสูงกว่าตัวอย่างทดสอบที่ไม่ได้ผสมเศษศิลาแลง (สูตร A-1) ในขณะที่สัดส่วนผสมอื่นมีค่ากำลังรับแรงดัดที่ต่ำกว่า

4.3.3 การทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์หินทราย

การทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์หินทราย มผช. 194/2546 ได้ทำการแต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบ ผลิตภัณฑ์หินทราย 10 คน มีรายนามผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์ผลวิจัย ได้แก่

- รองศาสตราจารย์ สฤกษ์ พรหมสายใจ ตำแหน่งรองศาสตราจารย์ ผู้เชี่ยวชาญทางด้าน การสอนอุตสาหกรรม และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
- อาจารย์มานพ ต้นเคน ตำแหน่งอาจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
- อาจารย์อำไพ แสงจันทร์ไทย ตำแหน่งอาจารย์ประจำตามสัญญาจ้าง ผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบเฟอร์นิเจอร์
- นางสาวติภาณต์ เรือศรีจันทร์ ตำแหน่งสถาปนิก หน่วยงานสำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
- นางสาวกชพรรณ พงษ์พยัคเลิศ ตำแหน่งสถาปนิกชำนาญการ หน่วยงานสำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
- นายนิเวศน์นิมตรง ผู้รับเหมา ห้างหุ้นส่วนจำกัด เพชรรวมโชค
- นายสุรเชษฐ์ จินตมโนกุล ฝ่ายการจัดซื้อวัสดุก่อสร้าง
- นายอนุสร รักพวง ช่างปูกระเบื้อง
- นางสาวจันทร์แรม อินสุข ช่างปูกระเบื้อง
- ร้านโจเซรามิกซ์ จำหน่ายกระเบื้องปูพื้น-ผนัง และวัสดุก่อสร้างทุกชนิด

จากผลการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลิตภัณฑ์หินทราย มผช. 194/2546 พบว่า ค่าเฉลี่ยในการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์หินทราย เทียมจากเศษศิลาแลง ($\bar{X} = 3.46$ S.D. = 0.49) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ การมีรูปแบบรูปทรงและสัดส่วนที่เหมาะสม ($\bar{X} = 4.00$ S.D. = 0.00) รองลงมาเป็นเนื้อทรายที่ผิวต้องแน่นไม่หลุดออกง่าย ($\bar{X} = 3.90$ S.D. = 0.30) การไม่ปรากฏรอยพิมพ์หรือรอยต่อ ($\bar{X} = 3.80$ S.D. = 0.40) บริเวณรอยต่อไม่เปรอะเป็นสารยึดติด ($\bar{X} = 3.50$ S.D. = 0.67) ความประณีต สวยงาม ไม่มีรอยแตกร้าว ($\bar{X} = 3.40$ S.D. = 0.66) การประกอบต้องประณีต ติดแน่น คงทน ($\bar{X} = 3.20$ S.D. = 0.75) ลักษณะผิวต้องคล้ายหินทรายธรรมชาติ ($\bar{X} = 3.10$ S.D. = 0.30) ค่าที่ต่ำที่สุด คือ การติดแน่น คงทน กลมกลืน และเหมาะสมกับชิ้นงาน ($\bar{X} = 2.80$ S.D. = 0.87) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องนำจุดนี้ไปพัฒนาต่อไป

ตารางที่ 4.3 หลักเกณฑ์การให้คะแนน อ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์หินทราย
มผช. 194/2546

ลักษณะที่ ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการแปลผล	
		ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)
ลักษณะทั่วไป	มีรูปแบบ รูปทรงและสัดส่วนที่เหมาะสม	4.00	-
	ประณีต สวยงาม ไม่มีรอยแตกร้าว	3.40	0.66
	ลักษณะผิวต้องคล้ายหินทรายธรรมชาติ	3.10	0.30
	ไม่ปรากฏรอยพิมพ์หรือรอยต่อ	3.80	0.40
	เนื้อทรายที่ผิวต้องแน่นไม่หลุดออกง่าย	3.90	0.30
การประกอบ	ต้องประณีต ติดแน่น คงทน	3.20	0.75
	บริเวณรอยต่อไม่เปราะเปื้อนสารยึดติด	3.50	0.67
การประกอบ ด้วยวัสดุอื่น	ติดแน่น คงทน กลมกลืน และเหมาะสม กับชิ้นงาน	2.80	0.87
สรุปโดยภาพรวม		3.46	0.49

4.3.4 การวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตของกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง ขนาด 5 x 20 ซม. ซึ่งราคาขึ้นกับค่าวัสดุและค่าแรง โดยกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง จำนวน 1 ตร.ม. มีต้นทุนการผลิตดังตารางที่ 4.4

เมื่อทำการวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์แล้ว พบว่า กระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลงมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าราคาที่ขายทั่วไปตามท้องตลาดถึงร้อยละ 30 ขึ้นไป โดยมีสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

ตารางที่ 4.4 ต้นทุนการผลิตกระเบื้องหินทรายเทียมผสมเศษศิลาแลง ต่อ 1 ตร.ม.

ตัวอย่างทดสอบ	ราคา (บาท)/ตารางเมตร						
	ปูนซีเมนต์ พอร์ตแลนด์ขาว ประเภทที่ 1	ทราย ละเอียด	เศษ ศิลาแลง	อื่น ๆ	รวมค่าวัสดุ	ค่าแรง	ต้นทุน การผลิต
A - 1	60	30	-	20	110	33	143
A - 2	60	20	10	20	110	33	143
A - 3	60	16	20	20	116	35	151
A - 4	60	12	30	20	122	37	159
A - 5	60	8	40	20	128	38	166

- หมายเหตุ :
- 1) ราคาค่าแรงเท่ากับร้อยละ 30 ของราคาวัสดุ
 - 2) ราคากระเบื้องหินทรายตามท้องตลาด เท่ากับ 240 บาท/ตร.ม.
(ที่มา : ตราช่างศรีเจริญ)
 - 3) อื่น ๆ ในที่นี้ หมายถึง ราคาแบบหล่อ ค่าน้ำ เป็นต้น

4.3 ผลการทดสอบบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง

4.4.1 สมบัติทางกายภาพของบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง

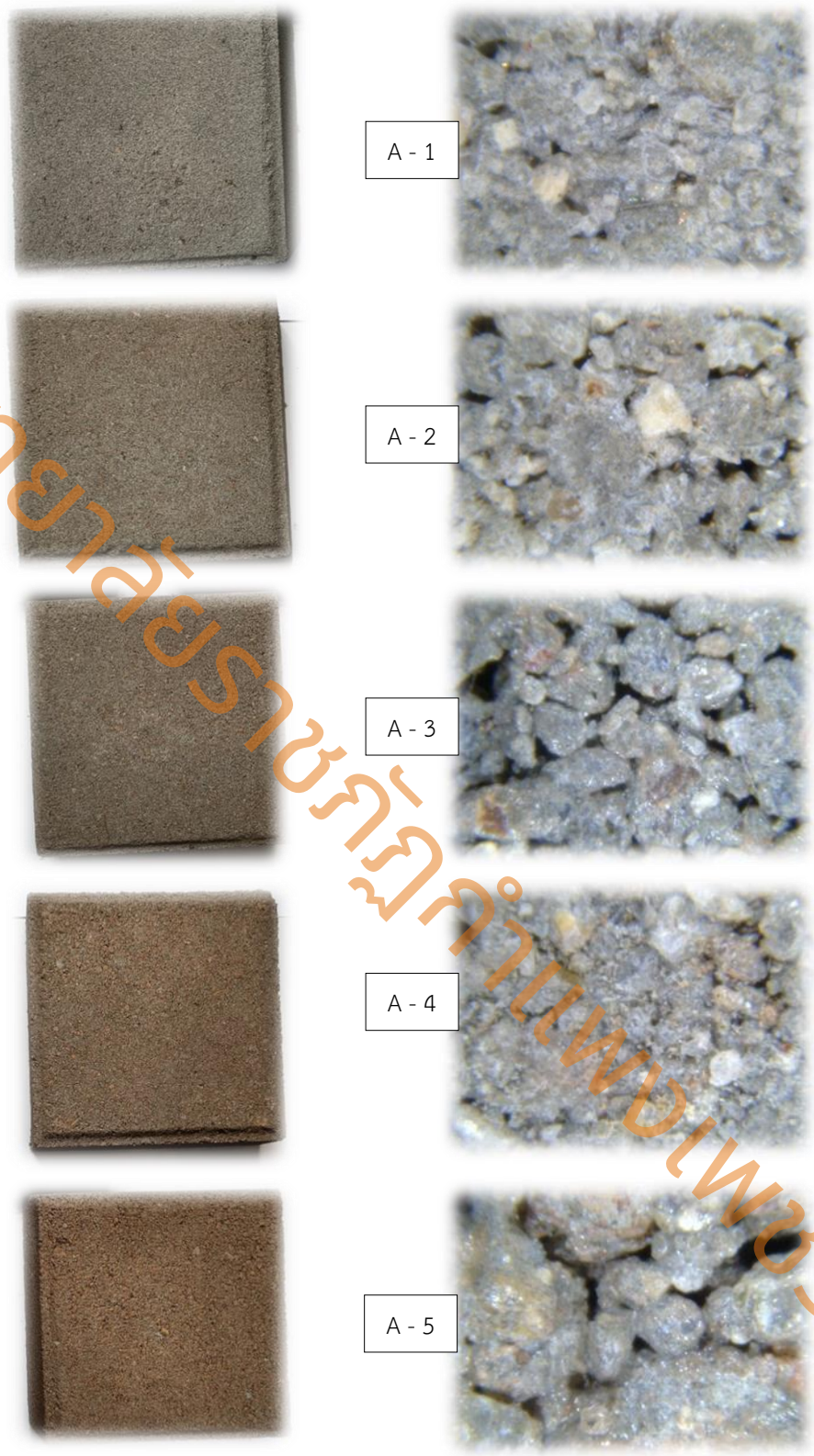
1) ลักษณะทั่วไป

ผลของการทดสอบลักษณะทั่วไปของบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง ขนาด $20 \times 20 \times 6$ ซม. เมื่อพิจารณาลักษณะทั่วไป โดยวิธีการสังเกต พบว่า ตัวอย่างทดสอบทุก สัดส่วนผสมจะมีลักษณะเนื้อแน่น ไม่แตกร้าว พื้นผิวทุกด้านเรียบ โดยตัวอย่างทดสอบที่มี ปริมาณเศษศิลาแลงสูงขึ้น สีของชิ้นงานจะมีสีเข้มเข้มมากขึ้นตามไปด้วย แสดงดังภาพที่ 4.12 และภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.12 ลักษณะพื้นผิวของบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร



1) กล้องถ่ายภาพรูป

2) กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50 เท่า

ภาพที่ 4.13 ภาพขยายลักษณะพื้นผิวของบล็อกทางเท้าจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ

2) มิติและความคลาดเคลื่อน

การวัดขนาดมิติและความคลาดเคลื่อนของของบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลงตามมาตรฐาน มอก.827-2531 บล็อกสี่เหลี่ยมขนาด 200 x 200 x 60 มม. ทำการวัดให้ละเอียดถึง 1.0 มม. ค่าความคลาดเคลื่อนต้องไม่เกิน ± 2 มม. แล้วรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย

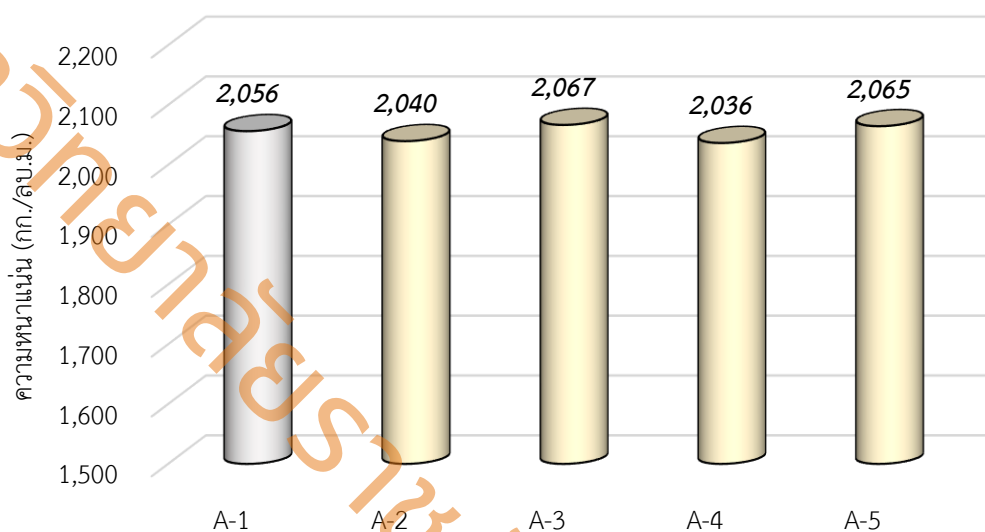
ผลการทดสอบ พบว่า ทุกสัดส่วนผสมมีขนาดมิติและความคลาดเคลื่อนผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 2 มม. แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบการวัดขนาดมิติและความคลาดเคลื่อนของบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง

อัตราส่วน	ขนาดมิติ (มม.)	ความคลาดเคลื่อน (มม.)		
		ยาว	กว้าง	หนา
มอก. 827-2531	กำหนด 200 x 200 x 60	ต้องไม่เกิน ± 2		
A - 1	เฉลี่ย 200.6 x 200.8 x 61.2	+0.6	+0.8	-1.2
A - 2	เฉลี่ย 201.2 x 201.8 x 60.8	+1.2	+1.8	+0.8
A - 3	เฉลี่ย 198.8 x 199.4 x 60.2	-1.2	-0.6	+0.2
A - 4	เฉลี่ย 199.6 x 201.2 x 60.6	-0.4	+1.2	+0.6
A - 5	เฉลี่ย 200.2 x 200.6 x 61.4	+0.2	+0.6	+1.4

3) ค่าความหนาแน่น

การหาค่าความหนาแน่นสามารถหาได้จากการนำตัวอย่างทดสอบที่ได้มาทำการวัดขนาด และทำการชั่งน้ำหนัก ซึ่งค่าความหนาแน่นของตัวอย่างทดสอบบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง แสดงดังภาพที่ 4.14

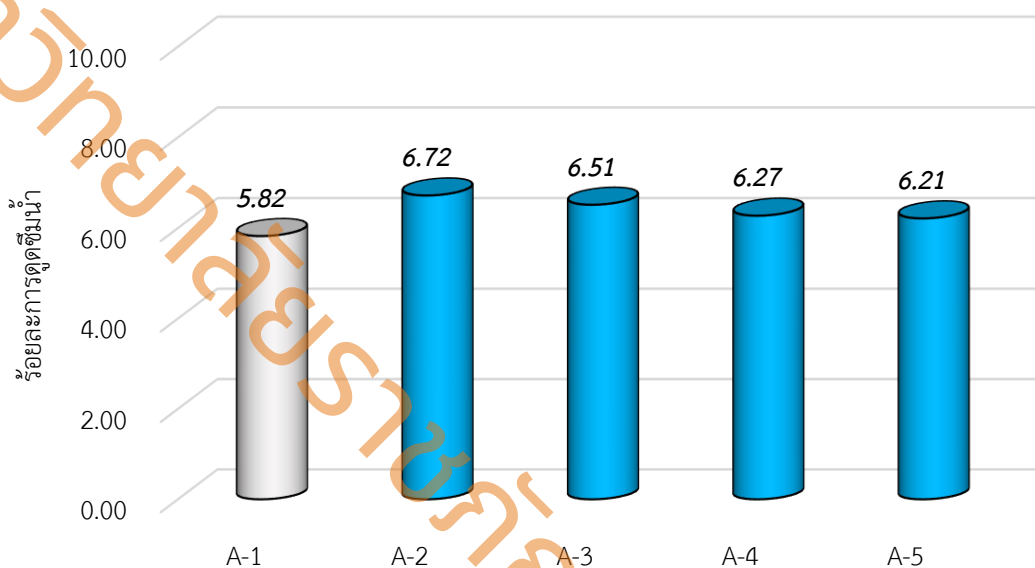


ภาพที่ 4.14 ความหนาแน่นของบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.14 ค่าความหนาแน่นของบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลงมีค่าอยู่ ระหว่าง 2,036 ถึง 2,067 กก./ลบ.ม. ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบกับบล็อกซีเมนต์ปูพื้นทางเท้าขนาดเดียวกันที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาดซึ่งมีน้ำหนัก 5.76 กก./ก้อน ซึ่งมีค่าความหนาแน่น เท่ากับ 2,400 กก./ลบ.ม. พบว่า ค่าความหนาแน่นของบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลงที่ได้มีค่าต่ำกว่า ส่งผลให้มีน้ำหนักที่เบากว่าตามไปด้วย

4) ร้อยละการดูดซึมน้ำ

จากภาพที่ 4.15 ผลการทดสอบค่าร้อยละการดูดซึมน้ำ พบว่า ตัวอย่างทดสอบ A-1, A-2, A-3, A-4 และ A-5 มีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำเท่ากับ 5.82, 6.72, 6.51, 6.27 และ 6.21 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยทุกสัดส่วนผสมมีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำต่ำกว่าร้อยละ 10 แสดงถึงความคงทนของวัสดุ

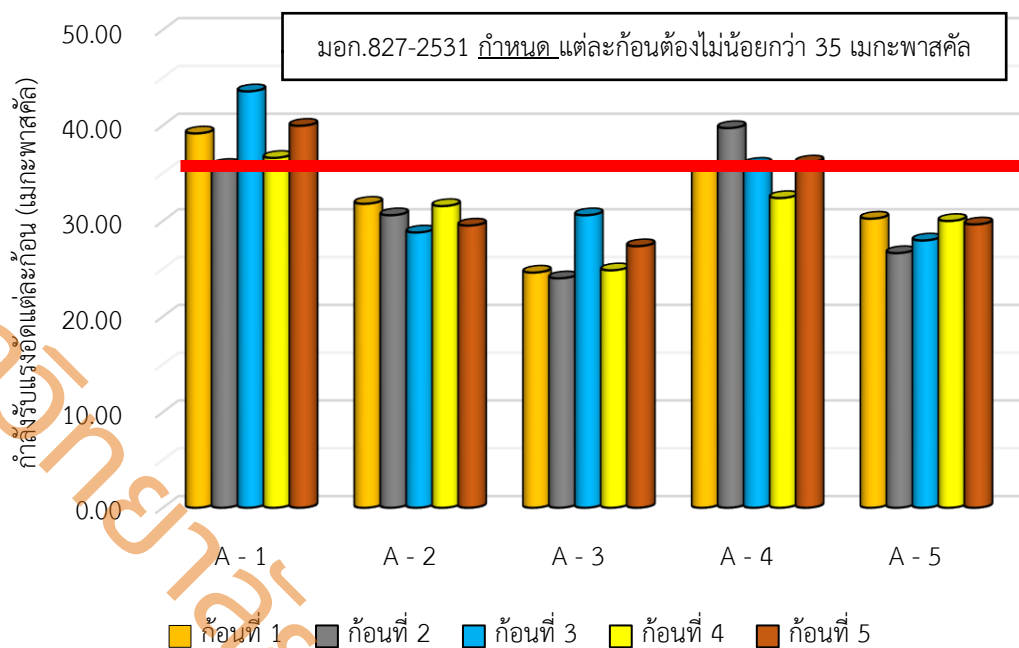


ภาพที่ 4.15 ร้อยละการดูดซึมน้ำของบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ

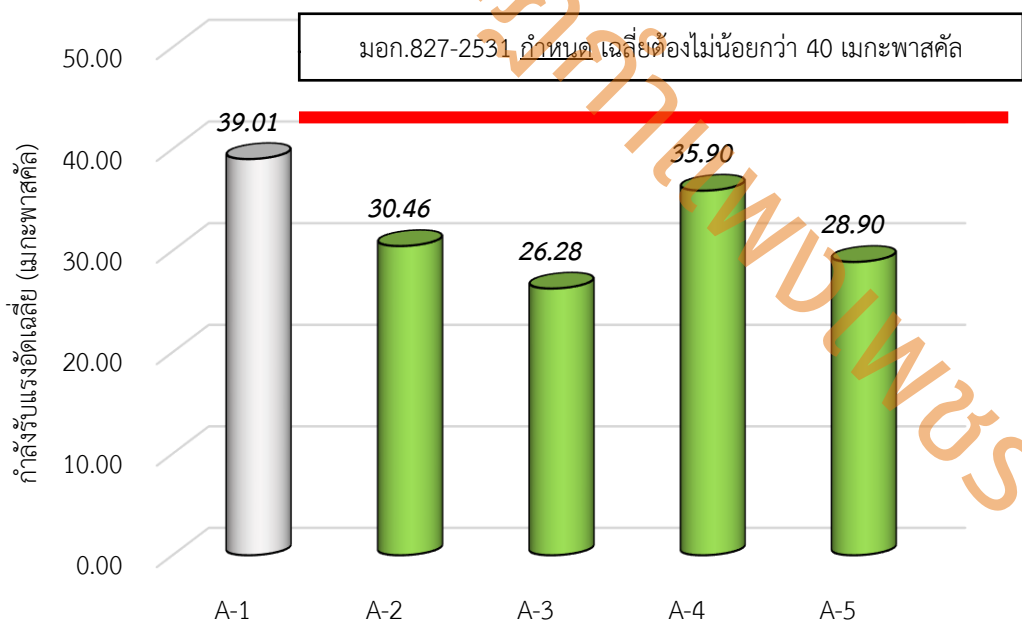
4.4.2 สมบัติทางกลของบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง

การทดสอบสมบัติทางกลของบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบสมบัติทางกล ได้แก่ กำลังรับแรงอัดอ้างอิงวิธีการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 827-2531

จากผลการทดสอบ พบว่า บล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง มีค่ากำลังแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 39.01, 30.46, 26.28, 35.90 และ 28.90 เมกะพาสคัล เมื่ออ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พบว่า กำลังรับแรงอัดแต่ละก้อน และกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากกระบวนการขึ้นรูปในทางอุตสาหกรรมจะใช้วิธีการอัดด้วยเครื่องจักรซึ่งต่างจากกระบวนการวิจัยที่ใช้วิธีการขึ้นรูปด้วยการทำมือ จึงทำให้ค่าความต้านทานแรงอัดที่ได้มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน (เอกสิทธิ์ และเตชินี, 2565) แสดงดังภาพที่ 4.16 และ 4.17



ภาพที่ 4.16 กำลังรับแรงอัดแต่ละก้อนของบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง
ในสัดส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.827-2531



ภาพที่ 4.17 กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง
ในสัดส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก.827-2531

4.4.3 การวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลงทรงสี่เหลี่ยม ขนาด $20 \times 20 \times 6$ ซม. ซึ่งราคาขึ้นอยู่กับค่าวัสดุและค่าแรง โดยบล็อกปูพื้นทางเท้า 1 ตร.ม. มีต้นทุนการผลิต ดังตารางที่ 4.6

เมื่อทำการการวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์แล้ว พบว่า บล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลงทรงสี่เหลี่ยม ขนาด $20 \times 20 \times 6$ ซม. มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าราคาขายทั่วไป ตามท้องตลาดไม่น้อยกว่าร้อยละ 25

ตารางที่ 4.6 ต้นทุนการผลิตบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง ต่อ 1 ตร.ม.

ตัวอย่างทดสอบ	ราคา (บาท)/ตารางเมตร						
	ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1	ทราย ละเอียด	เศษ ศิลาแลง	อื่น ๆ	รวมค่าวัสดุ	ค่าแรง	ต้นทุน การผลิต
A - 1	113	169	-	20	302	91	393
A - 2	113	141	14	20	288	86	374
A - 3	113	113	28	20	274	82	356
A - 4	113	84	42	20	259	78	337
A - 5	113	56	56	20	245	74	319

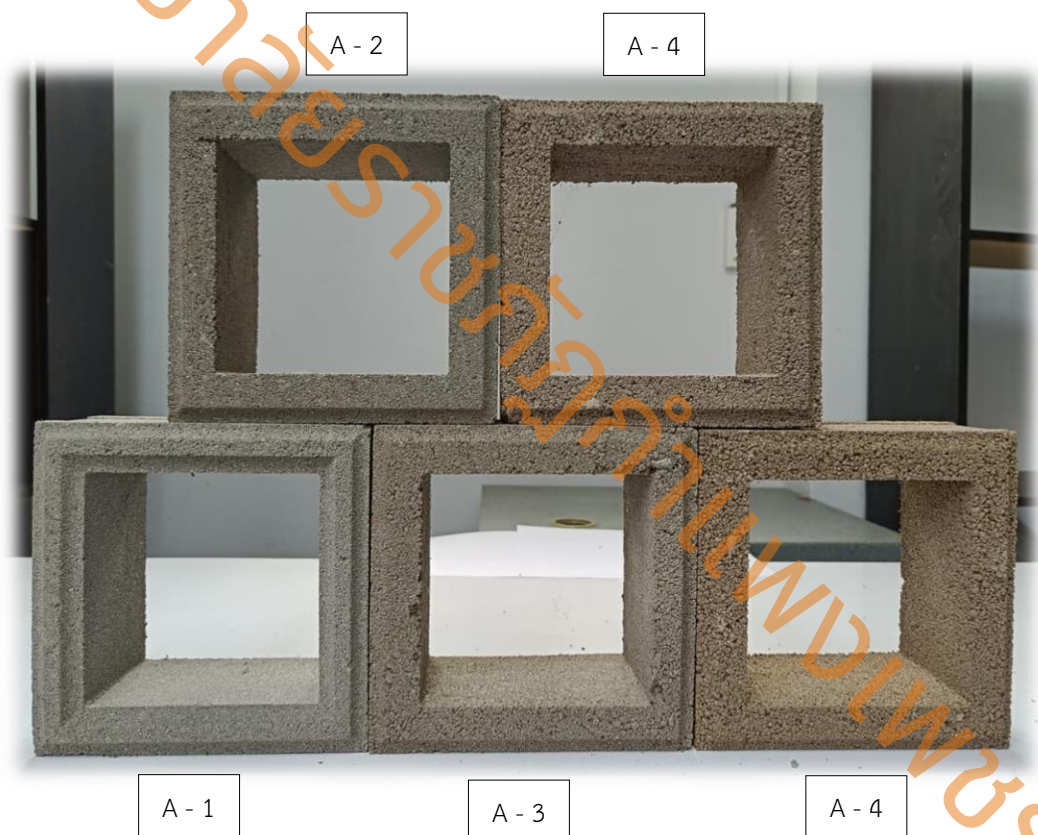
- หมายเหตุ :
- 1) ราคาค่าแรงเท่ากับร้อยละ 30 ของราคาวัสดุ
 - 2) ราคาบล็อกปูพื้นทางเท้า ขนาด $20 \times 20 \times 6$ ซม. เท่ากับ 20 บาท/แผ่น โดย 1 ตร.ม. ใช้ 25 แผ่น ราคา 500 บาท/ตร.ม. (ที่มา : ตราช่างศรีเจริญ)
 - 3) อื่น ๆ ในที่นี้ หมายถึง ราคาแบบหล่อ ค่าน้ำ เป็นต้น

4.4 ผลการทดสอบบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง

4.5.1 สมบัติทางกายภาพของบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง

1) ลักษณะทั่วไป

ผลของการทดสอบลักษณะทั่วไปของบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง เมื่อพิจารณา ลักษณะทั่วไป โดยวิธีการสังเกต พบว่า ตัวอย่างทดสอบทุกสัดส่วนผสมจะมีลักษณะเนื้อแน่น ปราศจากรอยแตกร้าว หรือมีร่องรอยชำรุดที่จะเป็นอุปสรรคต่อการก่อ มีผิวสัมผัสหยาบพอที่จะสามารถยึดจับปูนก่อ ฉาบ และปูนแต่งได้ และไม่พบรอยบิ่นที่ตัวอย่างทดสอบ โดยตัวอย่างทดสอบที่มีปริมาณเศษศิลาแลงสูงขึ้น สีของชิ้นงานจะมีสีส้มเข้มมากขึ้นตามไปด้วย ดังภาพที่ 4.18 และ 4.19



ภาพที่ 4.18 ลักษณะทั่วไปของบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ

2) มิติและความคลาดเคลื่อน

การวัดขนาดมิติและความคลาดเคลื่อนของของบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง ภายหลังหล่ยม ตามมาตรฐาน มอก. 58 – 2533 ขนาด 190 x 190 x 90 มม. ทุกขนาดสามารถคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มม. และความหนาของเปลือกต้องไม่น้อยกว่า 12 มม. วัดได้จากเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดเป็นหน่วยมิลลิเมตร

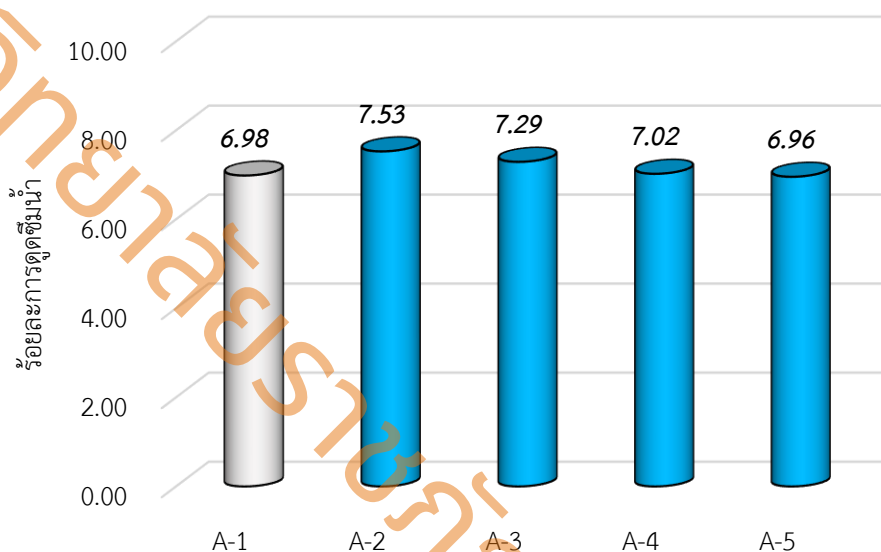
ผลการทดสอบ พบว่า ทุกสัดส่วนผสมมีขนาดมิติและความคลาดเคลื่อนผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 2 มม. และความหนาของเปลือกมีค่ามากกว่า 12 มม. แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบการวัดขนาดมิติและความคลาดเคลื่อนของบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง

อัตราส่วน	ขนาดมิติ (มม.)	ความคลาดเคลื่อน (มม.)			ความหนาของเปลือก (มม.)
		ยาว	กว้าง	หนา	
มอก. 58 - 2533	กำหนด 190 x 190 x 9	ต้องไม่เกิน ± 2			ต้องไม่น้อยกว่า 12
A - 1	เฉลี่ย 190.2 x 190.1 x 8.8	+0.2	+0.1	-0.2	12.2
A - 2	เฉลี่ย 190.3 x 190.2 x 8.8	+0.3	+0.2	-0.2	12.3
A - 3	เฉลี่ย 190.2 x 190.1 x 8.5	+0.2	+0.1	-0.5	12.2
A - 4	เฉลี่ย 190.5 x 190.2 x 8.6	+0.5	+0.2	-0.4	12.1
A - 5	เฉลี่ย 190.5 x 190.2 x 8.6	+0.5	+0.2	-0.4	12.2

3) ร้อยละการดูดซึมน้ำ

จากภาพที่ 4.20 ผลการทดสอบค่าร้อยละการดูดซึมน้ำ พบว่า ตัวอย่างทดสอบ A-1, A-2, A-3, A-4 และ A-5 มีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำเท่ากับ 6.98, 7.53, 7.29, 7.02 และ 6.96 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยทุกสัดส่วนผสมมีค่าร้อยละการดูดซึมน้ำต่ำกว่าร้อยละ 8 ซึ่งแสดงถึงคุณภาพ และความคงทนของวัสดุ

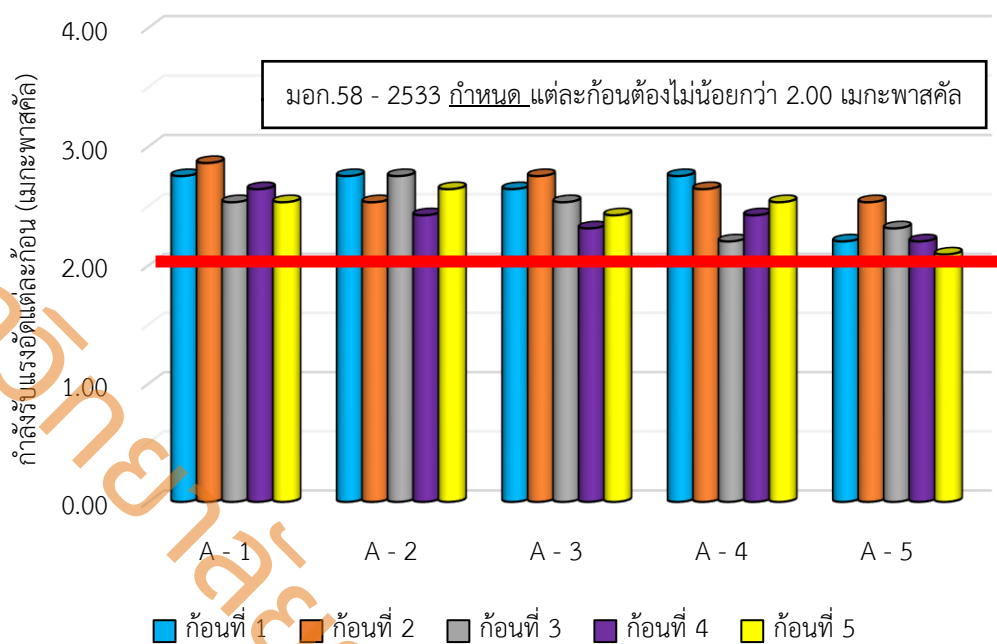


ภาพที่ 4.20 ร้อยละการดูดซึมน้ำของบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนต่าง ๆ

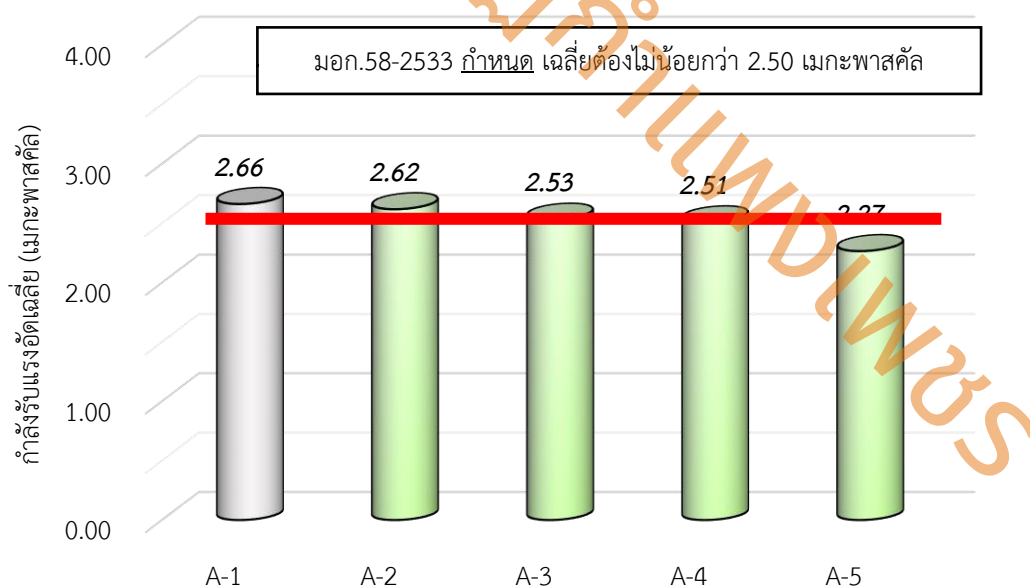
4.5.2 สมบัติทางกลของบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง

การทดสอบสมบัติทางกลของบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบสมบัติทางกล ได้แก่ ค่ากำลังรับแรงอัดอ้างอิงวิธีการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58 – 2533 (คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก)

จากผลการทดสอบ พบว่า บล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง มีค่ากำลังแรงอัด เฉลี่ยเท่ากับ 2.66, 2.62, 2.53, 2.51 และ 2.27 เมกะพาสคัล เมื่ออ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พบว่า กำลังรับแรงอัดแต่ละก้อน และกำลังรับแรงอัดเฉลี่ยทุกสัดส่วนผสมมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นสูตร A – 5 ที่ค่ากำลังอัดเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่ากำลังอัดแต่ละก้อนของสูตร A – 5 พบว่า ทุกก้อนมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (สูงกว่า 2.00 เมกะพาสคัล) โดยผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดแสดงดังภาพที่ 4.16 และ 4.17



ภาพที่ 4.21 กำลังรับแรงอัดแต่ละก้อนของบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง
ในสัดส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 58-2533



ภาพที่ 4.22 กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง
ในสัดส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับมาตรฐาน มอก. 58-2533

4.5.3 การวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลงทรงสี่เหลี่ยม ขนาด $19 \times 19 \times 9$ ซม. ซึ่งราคาขึ้นอยู่กับค่าวัสดุและค่าแรง โดยบล็อกปูพื้นช่องลม 1 ตร.ม. มีต้นทุนการผลิต ดังตารางที่ 4.8

เมื่อทำการการวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์แล้ว พบว่า บล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง ทรงสี่เหลี่ยม ขนาด $19 \times 19 \times 9$ ซม. มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าราคาขายทั่วไป ตามท้องตลาดไม่น้อยกว่าร้อยละ 35

ตารางที่ 4.8 ต้นทุนการผลิตบล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง ต่อ 1 ตร.ม.

ตัวอย่างทดสอบ	ราคา (บาท)/ตารางเมตร						ต้นทุนการผลิต
	ปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1	ทราย ละเอียด	เศษ ศิลาแลง	อื่น ๆ	รวมค่าวัสดุ	ค่าแรง	
A - 1	94	125	0	35	254	76	330
A - 2	94	78	12	35	219	66	284
A - 3	94	63	23	35	215	64	279
A - 4	94	47	35	35	211	63	274
A - 5	94	31	47	35	207	62	269

- หมายเหตุ :
- 1) ราคาค่าแรงเท่ากับร้อยละ 30 ของราคาวัสดุ
 - 2) ราคาบล็อกช่องลม ลายสี่เหลี่ยม ขนาด $19 \times 19 \times 9$ ซม. เท่ากับ 18 บาท/แผ่น โดย 1 ตร.ม. ใช้ 25 แผ่น ราคา 450 บาท/ตร.ม. (ที่มา : RCM88)
 - 3) อื่น ๆ ในที่นี้ หมายถึง ราคาแบบหล่อ ค่าน้ำ เป็นต้น

4.5 ผลสำรวจความพึงพอใจวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร

จากผลการสำรวจความพึงพอใจวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร พบว่า วัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่มีผู้ให้ความสนใจมากที่สุด คือ กระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง รองลงมา คือ บล็อกช่องลม และบล็อกปูพื้นทางเท้า ตามลำดับ

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำผลิตภัณฑ์กระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง มาทำการสำรวจความพึงพอใจของวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร โดยทำการสำรวจจากนักวิชาการ สถาปนิก ผู้รับเหมา ร้านวัสดุก่อสร้าง ช่างปูกระเบื้อง และบุคคลทั่วไป จำนวน 50 คน ได้ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 4.4 และ 4.5

ตารางที่ 4.9 แสดงร้อยละของสถานภาพผู้ตอบแบบสอบถาม

รายการ	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
<input type="checkbox"/> ชาย	37	74.00
<input type="checkbox"/> หญิง	13	26.00
2. อายุ		
<input type="checkbox"/> ต่ำกว่า 30 ปี	8	16.00
<input type="checkbox"/> 31 – 40 ปี	16	32.00
<input type="checkbox"/> 41 – 50 ปี	18	36.00
<input type="checkbox"/> 51 ปีขึ้นไป	8	16.00
3. การศึกษา		
<input type="checkbox"/> ต่ำกว่า ม.3 หรือเทียบเท่า	13	26.00
<input type="checkbox"/> ม.6 หรือเทียบเท่า	20	40.00
<input type="checkbox"/> ปริญญาตรี หรือ สูงกว่า	7	34.00
4. ประสบการณ์ในการตกแต่งบ้าน		
<input type="checkbox"/> ต่ำกว่า 5 ปี	6	12.00
<input type="checkbox"/> 5 ปีขึ้นไป	44	88.00

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามเพศชาย จำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 74.00 เพศหญิง จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 26.00 โดยส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 41 – 50 ปี จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 36.00 รองลงมามีอายุระหว่าง 31 – 40 ปี จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 32.00 อายุต่ำกว่า 30 ปี จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 16.00 และอายุ 51 ปีขึ้นไป จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 16.00 ส่วนการศึกษาส่วนใหญ่ มีวุฒิการศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หรือเทียบเท่า จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 รองลงมามีวุฒิมัธยมศึกษาในระดับปริญญาตรี หรือสูงกว่า จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 34.00 และมีวุฒิมัธยมศึกษาต่ำกว่า ม.3 หรือเทียบเท่า จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 26.00 โดยส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการตกแต่งบ้าน ตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไป จำนวน 44 คน คิดเป็นร้อยละ 88.00 และต่ำกว่า 5 ปี จำนวน จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 12.00

ตารางที่ 4.10 ผลสำรวจความพึงพอใจของกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร

รายการ	ระดับการแปลผล	
	\bar{X}	S.D.
1. ผลิตรถยนต์มีสี ความสวยงาม และความดึงดูดใจ	4.34	0.62
2. ผลิตรถยนต์มีความประณีต ไม่มีรอยแตกกร้าว	4.14	0.75
3. ความยากง่ายในการขึ้นรูปผลิตรถยนต์	4.16	0.50
4. ระยะเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตรถยนต์	4.32	0.51
5. น้ำหนักมีความเหมาะสมกับรูปทรงผลิตรถยนต์	4.48	0.61
6. ความแข็งแรงของผลิตรถยนต์	4.50	0.50
7. ความสะดวกในการติดตั้งเมื่อเทียบกับวัสดุประเภทเดียวกัน	4.46	0.57
8. ผลิตรถยนต์ที่ได้มีราคาเหมาะสม	4.60	0.53
9. ประโยชน์ใช้สอยตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ	4.44	0.57
10. ความพึงพอใจวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร	4.46	0.57
สรุปโดยภาพรวม	4.39	0.59

จากตารางที่ 4.5 ผลสำรวจความพึงพอใจของกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร พบว่า ความพึงพอใจของกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลงเป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชรมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.39 (S.D. เท่ากับ 0.59)

เมื่อพิจารณาในรายประเด็น พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีราคาเหมาะสม มีค่าความพึงพอใจสูงที่สุด เท่ากับ 4.60 (S.D. เท่ากับ 0.53) รองลงมา คือ ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ เท่ากับ 4.50 (S.D. เท่ากับ 0.50) น้ำหนักมีความเหมาะสมกับรูปทรงผลิตภัณฑ์ เท่ากับ 4.48 (S.D. เท่ากับ 0.61) ความสะดวกในการติดตั้งเมื่อเทียบกับวัสดุประเภทเดียวกัน เท่ากับ 4.46 (S.D. เท่ากับ 0.57) ความพึงพอใจวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร เท่ากับ 4.46 (S.D. เท่ากับ 0.57) ประโยชน์ใช้สอยตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เท่ากับ 4.44 (S.D. เท่ากับ 0.57) ผลิตภัณฑ์มีสี ความสวยงาม และความดึงดูดใจ เท่ากับ 4.34 (S.D. เท่ากับ 0.62) ระยะเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ เท่ากับ 4.32 (S.D. เท่ากับ 0.51) ความยากง่ายในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ เท่ากับ 4.16 (S.D. เท่ากับ 0.50) และผลิตภัณฑ์มีความประณีต ไม่มีรอยแตกร้าว มีค่าความพึงพอใจต่ำที่สุด เท่ากับ 4.14 (S.D. เท่ากับ 0.75) เนื่องจากผลิตภัณฑ์บางแผ่นยังมีฟองอากาศอยู่ แต่ถ้าแก้ไขในส่วนนี้ได้ ผลิตภัณฑ์จะมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงให้ได้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร ผู้วิจัยได้สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 สมบัติทางวิศวกรรมของเศษศิลาแลงเหลือทิ้ง จังหวัดกำแพงเพชร

ผลการศึกษาสมบัติทางวิศวกรรมของเศษศิลาแลงเหลือทิ้ง จังหวัดกำแพงเพชร โดยเศษศิลาแลงที่นำมาใช้ในงานวิจัยมีสีส้มแดง มีทั้งที่เป็นแบบผง และแบบเศษขนาดเล็ก มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 3.01 นำไปวิเคราะห์หาสมบัติทางเคมี พบว่า ประกอบด้วยธาตุเหล็ก (Fe) 68.22 เปอร์เซ็นต์ ธาตุซิลิกอน (Si) 17.32 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอลูมิเนียม (Al) 8.45 ธาตุแคลเซียม (Ca) 3.29 เปอร์เซ็นต์ และธาตุ ๆ อื่น 2.72 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสารประกอบของซิลิกอนออกไซด์ (SiO_2) และฮีมาไทต์ (Fe_2O_2) เป็นหลัก เมื่อทดสอบหาความละเอียดของเศษศิลาแลง โดยวิธีการร่อนผ่านเปียง พบว่า ปริมาณของเศษศิลาแลง ที่ค้ำบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 มีค่าเท่ากับ 25 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เป็นวัสดุปอซโซลาน ดังนั้น เศษศิลาแลงเหลือทิ้ง จังหวัดกำแพงเพชร จึงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัสดุปอซโซลาน

5.2 การนำเศษศิลาแลงมาประยุกต์เป็นวัสดุก่อสร้าง

ผลการศึกษานำเศษศิลาแลงมาประยุกต์เป็นวัสดุก่อสร้าง ผู้วิจัยได้นำเศษศิลาแลงมาบด และทำการร่อนผ่านตะแกรงเพื่อทำการคัดแยกขนาด แล้วนำไปทำการขึ้นรูปร่วมกับปูนซีเมนต์และมวลรวมละเอียด กำหนดสัดส่วนผสมปูนซีเมนต์ต่อมวลรวมละเอียด เท่ากับ 1 ต่อ 3 จากนั้นใช้เศษศิลาแลงแทนที่มวลรวมละเอียดในสัดส่วนต่าง ๆ ทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางกล ได้แก่ ลักษณะทั่วไป ความหนาแน่น ร้อยละการดูดซึมน้ำ และความต้านทานแรงอัด จากนั้นนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลง พบว่า ปริมาณเศษศิลาแลงที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ตัวอย่างทดสอบมีสีส้มอมน้ำตาลที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยปริมาณเศษศิลาแลงในสัดส่วนร้อยละ 50 จะส่งผลให้ตัวอย่างทดสอบมีค่าความหนาแน่น และความต้านทานแรงอัดที่ดีกว่าสัดส่วนผสมอื่น

เมื่อนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลง จำนวน 3 ประเภท ได้แก่ กระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง บล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง และบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง พบว่า ผลิตภัณฑ์กระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลงเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีความสวยงาม สามารถผลิต และใช้งานได้อย่างสะดวก อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์หินทราย มผช. 194/2546

5.3 ความพึงพอใจต่อวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร

ผลการสำรวจความพึงพอใจต่อวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร พบว่า วัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่มีผู้ให้ความสนใจมากที่สุด คือ กระเบื้องหินทราย เทียมจากเศษศิลาแลง

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำผลิตภัณฑ์กระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง มาทำการสำรวจความพึงพอใจของวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร โดยทำการสำรวจจากนักวิชาการ สถาปนิก ผู้รับเหมา ร้านวัสดุก่อสร้าง ช่างปูกระเบื้อง และบุคคลทั่วไป จำนวน 50 คน โดยร้อยละ 80 ขึ้นไป เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการตกแต่งบ้านตั้งแต่ 5 ปี ขึ้นไป

ผลสำรวจความพึงพอใจของกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร พบว่า มีค่าความพึงพอใจ เท่ากับ 4.39 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยประเด็นเรื่องผลิตภัณฑ์ที่ได้มีราคาเหมาะสม มีค่าความพึงพอใจสูงที่สุด เนื่องจากราคาที่ได้มีค่าต่ำกว่าราคาตามท้องตลาด ถึงร้อยละ 30 ในขณะที่ประเด็นเรื่องผลิตภัณฑ์มีความประณีต ไม่มีรอยแตกร้าว มีค่าความพึงพอใจต่ำที่สุด เท่ากับ 4.14 เนื่องจากผลิตภัณฑ์บางแผ่นยังมีฟองอากาศอยู่ อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริง

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการปรับอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อหาอัตราส่วนที่ดียิ่งขึ้น
2. ในการศึกษาในระดับขั้นต่อไป ควรศึกษาขนาดต่าง ๆ ของเศษศิลาแลง เพื่อเป็นแนวทางในการใช้เศษศิลาแลงเหลือทิ้งให้เป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้น
3. ควรทำพื้นที่ผิวสัมผัสในการยึดเกาะกับพื้นผิวหรือการเขาระ่องตามแนวยาว

บรรณานุกรม

กระทรวงอุตสาหกรรม. (2532). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น**.
มอก. 827-2531

กระทรวงอุตสาหกรรม. (2533). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก**.
มอก. 58 – 2533

กำแพงเพชร. (ม.ป.ป.). **ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดกำแพงเพชร**. [Online]. Available:

<http://www.kpcat.ac.th/PR/Kumpangphat.pdf>. [2565, มกราคม 27].

จตุพล ตั้งปกาศิต แสวง ทรงหมู่ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และไกรวุฒิ เกียรติโกมล. (2550).

การศึกษาผลกระทบของอนุภาคต่อค่าดัชนีกำลังของมอร์ตาร์ตามมาตรฐาน ASTM C 618
โดยใช้ทรายแม่น้ำบดละเอียด. **วารสารวิจัยและพัฒนา มจร**, ปีที่ 30 ฉบับที่ 1,
หน้า 141-151.

ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และปริญญา จินดาประเสริฐ. (2553). **ปูนซีเมนต์ ปอชโซลาน และคอนกรีต**.

สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย (ส.ค.ท.) : กรุงเทพฯ

ดาราศาสตร์และอวกาศ. (2557). **หินทรายธรรมชาติ**. [Online]. Available:

<https://www.scimath.org/image-earthscience/item/9717-2018-12-28-08-01-12>.
[2565, มกราคม 13].

ตราช่างศรีเจริญ. (ม.ป.ป.). **บล็อกหกเหลี่ยม**. [Online]. Available:

<https://www.thaihardscape.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=2147542027&Ntype=1>. [2565, มกราคม 20]

ตราช่างศรีเจริญ. (ม.ป.ป.). **หินธรรมชาติ**. [Online]. Available:

<https://www.thaihardscape.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538778818&Ntype=7>. [2565, มกราคม 20].

นวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้. (2563). **ลักษณะของศิลาแลง**. [Online]. Available:

<https://www.scimath.org/image-earthscience/item/11255-2020-01-03-01-34-26>.
[2565, มกราคม 12].

ปริญญา จินดาประเสริฐ. (2553). **เถ้าลอยในงานคอนกรีต (ฉบับปรับปรุง)**. สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย (ส.ค.ท.) : กรุงเทพฯ

- พศวีร์ ศรีวัฒนปิยภัทร. (2559). **การพัฒนาหินทรายที่ใช้เถ้าถอย**. (วิทยานิพนธ์
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)
[http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/7076/1/
Fulltext-watermark.pdf](http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/7076/1/Fulltext-watermark.pdf)
- ภัทรพล เรืองศรี จตุรงค์ เลาะห์เพ็ญแสง และทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา. (2561). การศึกษากระบวนการใช้
ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ประเภทกระเบื้องเซรามิกส์เพื่อประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์
ชุมชน. วารสารวิชาการศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
ปีที่ 9 (ฉบับที่ 2), หน้า 101-117
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (2546). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผลิตภัณฑ์หินทราย
(มผช.194/2546)**. [Online]. Available: http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps194_46.
[2565, มกราคม 27].
- วงศ์พัทธ์ พิบูลศุภประดิษฐ์. (2557). **หน่วยน้ำหนัก กำลังอัดและการดูดซึมน้ำของบล็อกศิลาแลง
เทียมที่ใช้เศษศิลาแลงเป็นมวลรวมหยาบ**. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี)
<http://sutir.sut.ac.th:8080/jsptui/bitstream/123456789/5608/2/fulltext.pdf>
- สฤกษ์ พรหมสายใจ. (2559). **การทดลองหาอัตราส่วนผสมระหว่าง ทราย ผงหินอ่อน ปูนซีเมนต์
เพื่อทำผลิตภัณฑ์กระเบื้องหินทราย สำหรับตกแต่งบ้าน**. (รายงานการวิจัย). กำแพงเพชร ;
มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.
- สุวัฒน์ชัย ปลื้มฤทัย และโยธิน อึ้งกุล. (2555). **การพัฒนาคอนกรีตบล็อกจากผักตบชวา**.
รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาศิลปากรระดับชาติ/นานาชาติ ระดับชาติ
มหาวิทยาลัยศิลปากร ครั้งที่ 2 (หน้า 149-166).
- สำเร็จ รักซ้อน. (2552). **ทฤษฎีและการทดสอบคอนกรีตเทคโนโลยี**. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย : กรุงเทพฯ
- อติญา ตันเจริญ จรุง จันท์สมบูรณ์ และดวงฤดี ฉายสุวรรณ. (2566). **ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
ปอซโซลานจากปอซโซลานชนิดวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมกระดาษ**.
รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการสาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53 (หน้า 264-571).

อาปีติน ตะแซสาเมาะ ยูวารีเยาะ กาแบ และอาตีเกะ นืออาลี. (2555). **การเร่งปฏิบัติการปอชโซลานของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าไม้ยางพาราด้วยวิธีการทางเคมี.** (รายงานการวิจัย). ยะลา ; มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. <http://202.29.32.238/medias/การเร่งปฏิบัติการปอชโซลานของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าไม้ยางพาราด้วยวิธีการทางเคมี%20%20อาปีติน%20ตะแซสาเมาะ.pdf>.

อิฐแดง 2009. (2565). **อิฐช่องลมแบบไหนที่โดนใจคุณ?** [Online]. Available: <https://itdang2009.com/อิฐช่องลมแบบไหนที่โดนใจ/>. [2566, มกราคม 27].

อิฐแดง 2009. (2563). **อิฐบล็อกและมอก.อิฐบล็อก.** [Online]. Available: <https://itdang2009.com/product-category/อิฐบล็อก/อิฐบล็อก-มอก./> [2566, มกราคม 27].

อิฐแดง 2009. (2563). **ศิลาแลง ก็สามารถใช้สร้างบ้านได้.** [Online]. Available: <https://itdang2009.com/ศิลาแลง-ก็-สามารถใช้-สร้าง/>. [2565, มกราคม 27].

อุบลลักษณ์ รัตนศักดิ์ และปริญญา จินดาประเสริฐ. (2552). **เถ้าแกลบในงานคอนกรีต.** สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย (ส.ค.ท.) : กรุงเทพฯ

เอกสิทธิ์ เทียนมาศ และเตชินี ต่ำแปง. (2565). **การพัฒนาบล็อกซีเมนต์ปูพื้นทางเท้าผสมผักตบชวา.** รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ครั้งที่ 4 (หน้า 565-572).

เอกสิทธิ์ เทียนมาศ และสุรเชษฐ์ ตุ่มมี. (2562). **การศึกษาสมบัติของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าผสมผงหินอ่อน.** วารสารสักทอง : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-มิถุนายน 2562. หน้า 73 – 82.

เอสซีจี. (ม.ป.ป.). **กระเบื้องปูพื้นเอสซีจี.** [Online]. Available: <https://www.scgbuildingmaterials.com/media/default/2020/download/catalog/paving%20tile-catalog.pdf>. [2565, มกราคม 15]

เอสซีจี. (ม.ป.ป.). **ปูพื้นรอบบ้านด้วยบล็อกปูพื้นหรือกระเบื้องคอนกรีตปูพื้น แบบไหนดี?** [Online]. Available: <https://www.scghome.com/living-ideas/articles/ปูพื้นรอบบ้านด้วยบล็อกปูพื้นและกระเบื้องคอนกรีต>. [2565, มกราคม 18]

American Society for Testing and Material. **Annual Book of ASTM Standard**, V 04.02, Easton, Md., USA., 1996

Mflex factory. (ม.ป.ป.). **อิฐบล็อกช่องลม (Ventilation Block)**. [Online]. Available: <https://dsignsomething.com/2018/05/09/ventilation-block-มิติที่แตกต่างของอิฐ/> [2565, มกราคม 20]

Mgr Online. (2562). **พนมรุ้ง-เมืองต่ำ-พิมาย” มหัศจรรย์ 3 ปราสาทหินถิ่นอีสาน**. [Online]. Available: <https://mgronline.com/travel/detail/9620000096666>. [2565, มกราคม 27].

Palanla. (2563). **เปียชชาเตลลาซิญญูเรีย เมืองฟลอเรนซ์ ประเทศอิตาลี**. [Online]. Available: <https://palanla.com/th/abroadLocation/detail/1008>. [2565, มกราคม 27].

RCM88. (ม.ป.ป.). **บล็อกช่องลม**. [Online]. Available: <https://www.rcm-88.com/category/155808>. [2566, มกราคม 30].

Summerteas. (2564). **Zero Waste คืออะไร ช่วยโลกลดขยะได้อย่างไรบ้าง**. [Online]. Available: <https://summerteas.com/what-is-zero-waste/>. [2565, มกราคม 15].

มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการทดสอบเศษศิลาแลงเหลือทิ้ง จังหวัดกำแพงเพชร

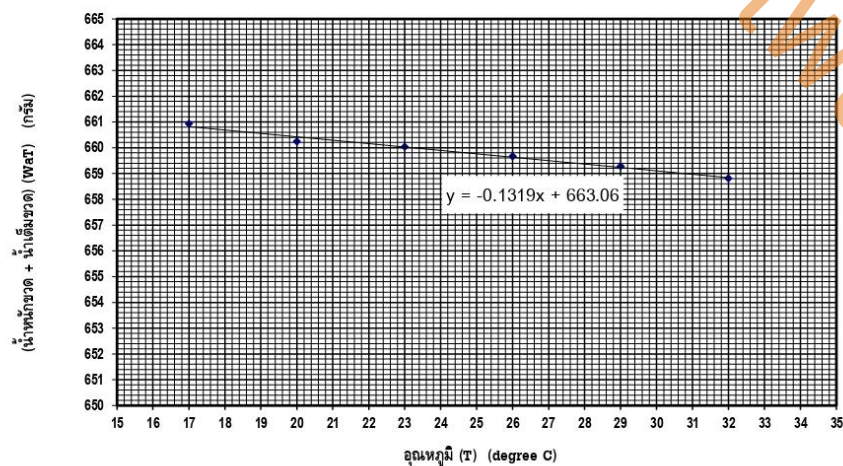
1. ผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะ

GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING CHIANG MAI UNIVERSITY		SPECIFIC GRAVITY TEST	
Client :	นาย เอกสิทธิ์ เทียนมาศ	Job No:	349/66
Project :	งานวิจัย	Date:	7/7/2023
Location :	-	Sample No:	S-2
Sample Description :	ศิลาแลง สีนํ้าตาล	Depth (m.) :	-
		Tested by:	สพ, สพ
		Checked by:	ผศ.ดร.สุริยช

ทดสอบครั้งที่	Pycnometer Calibration						
	หมายเลขขวด ถ.พ.	1	2	3	น้ำหนัก (W _n)	กรัม	
อุณหภูมิ (degree C)		32	29	26	23	20	17
น้ำหนักขวด + น้ำเต็มขวด; (W _{at}) (กรัม)		658.81	659.28	659.67	660.04	660.24	660.93

ทดสอบครั้งที่	SPECIFIC GRAVITY DETERMINATION				
	1	2	3	4	5
น้ำหนักขวด + น้ำ + ตัวอย่างดิน; (W _{wt}) (กรัม)	691.78	692.39	693.07	693.46	693.93
อุณหภูมิ; (T) (degree C)	31	28	24	21	18
น้ำหนักขวด + น้ำเต็มขวด; (W _{at}) (กรัม)	658.97	659.37	659.89	660.29	660.69
เครื่องหมายภาควัดตัวอย่างน้ำดิน	S-2				
น้ำหนักภาควัด + ดินแห้ง (กรัม)	288.19				
น้ำหนักภาควัด (กรัม)	238.75				
น้ำหนักดินแห้งที่ใช้ทดสอบ; (W _d) (กรัม)	49.44				
ค่าปรับแก้ K ที่อุณหภูมิ T	0.9954	0.9963	0.9973	0.9980	0.9986
SPECIFIC GRAVITY; (G _s)	2.96	3.00	3.03	3.03	3.05

Pycnometer Calibration Chart	เฉลี่ยค่า SPECIFIC GRAVITY
	3.01



2. ผลการทดสอบขนาดคละ

GEOTECHNICAL ENGINEERING LABORATORY DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING CHIANG MAI UNIVERSITY				Sieve Analysis				
Client: นาย เอกสิทธิ์ เทียนมาศ Project: งานวิจัย Location: - Sample Description: ที่ลาดเลง (มวลรวมคละขนาด)				Job No: 349/66 Date: 6/7/2023 Sample No: S-5 Depth (m.): - Tested by: สท, สท Checked by: ผศ.ดร.สุวิยะ				
SAMPLE DATA				Before Washing	After Washing	Remarks :		
Container No				S-5	S-5			
Wt. Container + Dry Aggregate (g)				1272.25	1227.11			
Wt. Container (g)				253.77	253.77			
Wt. Dry Aggregate in Test (g)				1018.48	973.34			
Wt. Passed Through Sieve #200 By Washing (g)					45.14			
Sieve No.	Sieve Opening (mm)	Wt. Sieve (g)	Wt. Sieve + Dry Soil (g)	Wt. Soil Retained (g)	Percent Retained (%)	Cum. Percent Retained (%)	Percent Finer (%)	
1"	25.00			0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.00			0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.50			0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	477.33	713.61	236.28	23.16	23.16	76.84	
4	4.75	456.72	915.49	458.77	44.96	68.12	31.88	
10	2.00	474.77	723.40	248.63	24.37	92.49	7.51	
20	0.850	390.38	405.04	14.66	1.44	93.93	6.07	
40	0.425	344.34	349.78	5.44	0.53	94.46	5.54	
100	0.150	311.82	318.57	6.75	0.66	95.12	4.88	
200	0.075	320.45	324.70	4.25	0.42	95.54	4.46	
Pan	-	353.69	354.07	0.38	4.46	100.00	0.00	
Total Weight of Aggregate Retained (g):				975.16	Loss (g):	-1.8	Error (%):	-0.19
GRAIN SIZE DISTRIBUTION CURVE								
<p>The graph plots Percent Finer (%) on the y-axis (0 to 100) against Equivalent Grain Diameter (mm.) on the x-axis (0.01 to 100.00). The curve starts at 0% finer for diameters up to 0.075 mm, then rises sharply, reaching 100% finer at approximately 0.25 mm. Key data points from the table are plotted: (0.075, 4.46), (0.150, 4.88), (0.425, 5.54), (0.850, 6.07), (2.00, 7.51), (4.75, 31.88), (9.50, 76.84), (19.00, 100.00), and (25.00, 100.00).</p>								

Remarks :

3. ผลการทดสอบสมบัติทางเคมี EDXRF



ห้องปฏิบัติการทดสอบศูนย์บริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ศวท-มช.)
239 ซามะหัตถ์แก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
Tel : (053) 943397 ต่อ 13 (053) 941971, (053) 941973, (053) 941974
Email : STSCCMU@gmail.com

ใบรายงานผลการทดสอบ

เลขที่รายงานผล TR 66/0757

รหัสตัวอย่าง STSC-CMU 66/0320(3)

ชื่อ/หน่วยงานผู้ขอรับ นายเอกสิทธิ์ เทียนมาศ

ที่อยู่เลขที่ 212/40 หมู่ 3 ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร 62000

วันที่รับตัวอย่าง 15 มิถุนายน พ.ศ. 2566 ช่วงเวลาที่ทดสอบ 19 มิถุนายน พ.ศ.2566

วันที่ออกรายงานผลทดสอบ 22 มิถุนายน พ.ศ. 2566

รายละเอียดตัวอย่าง ศิลาแลงปัจจุบัน

ลักษณะตัวอย่างและสภาพตัวอย่าง ประเภทตัวอย่าง : ผงศิลาแลงสีส้มอิฐ

ภาชนะบรรจุ : ถุงพลาสติก น้ำหนักประมาณ 50 กรัม

อุณหภูมิขณะรับตัวอย่าง : อุณหภูมิห้อง , สภาพตัวอย่างปกติ

ผลการทดสอบตัวอย่าง

ลำดับที่	รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOQ	LOD	วิธีทดสอบ
1	Al	8.4504	%w/w	-	-	EDXRF
2	Si	17.3235	%w/w	-	-	EDXRF
3	S	0.3553	%w/w	-	-	EDXRF
4	K	1.1017	%w/w	-	-	EDXRF
5	Ca	3.2923	%w/w	-	-	EDXRF
6	Ti	0.9420	%w/w	-	-	EDXRF
7	Mn	0.2190	%w/w	-	-	EDXRF

หมายเหตุ :

(a) ND = Not Detected (b) LOQ = Limit of Quantitation (c) LOD = Limit of Detection

ผลการทดสอบตามเอกสารข้างต้นนี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบเท่านั้น และห้ามใช้
รายงานฉบับนี้ในการย่อ-คัดทอน โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร



ห้องปฏิบัติการทดสอบศูนย์บริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ศวท-มช.)
239 ถนนคุ้มแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
Tel : (053) 943397 ต่อ 13 (053) 941971, (053) 941973, (053) 941974
Email : STSCCMU@gmail.com

ใบรายงานผลการทดสอบ

เลขที่รายงานผล TR 66/0757

รหัสตัวอย่าง STSC-CMU 66/0320(3)

ผลการทดสอบตัวอย่าง

ลำดับที่	รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ	หน่วย	LOQ	LOD	วิธีทดสอบ
8	Fe	68.2184	%w/w	-	-	EDXRF
9	Zr	0.0973	%w/w	-	-	EDXRF

หมายเหตุ :

(a) ND = Not Detected (b) LOQ = Limit of Quantitation (c) LOD = Limit of Detection

ผลการทดสอบตามเอกสารข้างต้นนี้ รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบเท่านั้น และห้ามใช้รายงานฉบับนี้ในการย่อ-คัดทอน โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นพกาญจน์ จันทร์เดช)

ผู้จัดการวิชาการด้าน จุลชีววิทยา

ลงชื่อ.....

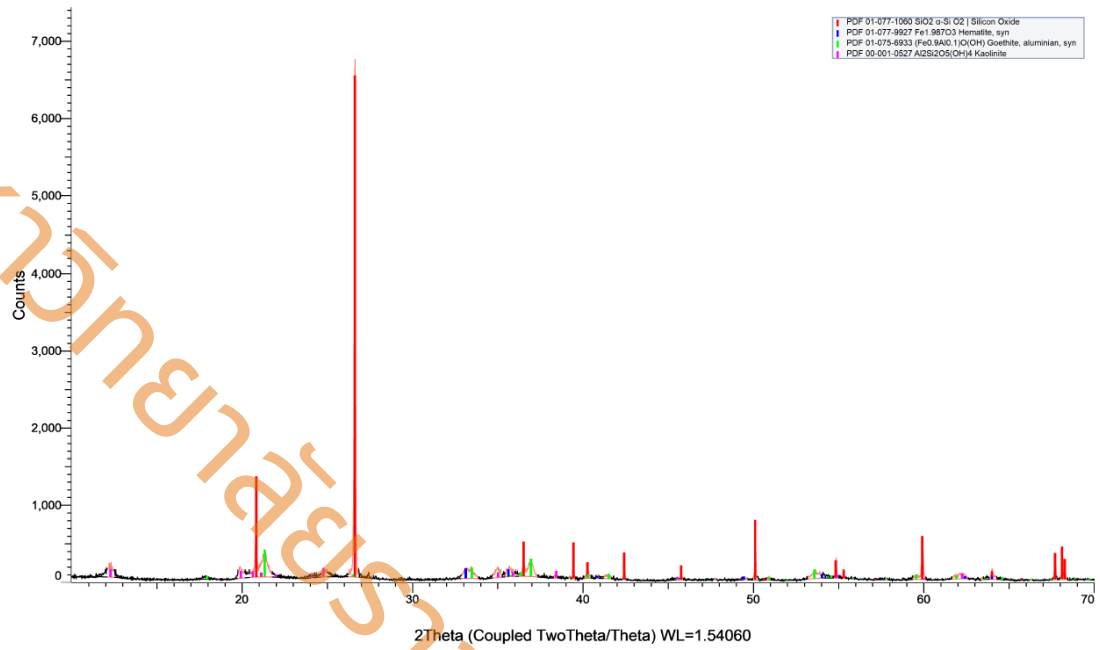
(อาจารย์ ดร. มาโนช นาคสาขา)

ผู้อำนวยการ ศวท-มช.

“ End of report”

4. ผลการทดสอบสมบัติทางเคมี XRD

Commander Sample ID (Coupled TwoTheta/Theta)



ภาคผนวก ข

กระบวนการบดเศษศิลาแลง และคัดแยกขนาด



การทุบเศษศิลาแลง



นำเศษศิลาแลงเข้าเครื่องบด



นำเศษศิลาแลงที่บดแล้วเข้าเครื่องร่อน



ขนาดต่าง ๆ ของเศษศิลาแลงที่ผ่านการร่อน

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการทดลอง

สูตร A - 1 วัตถุดิบที่นำมาใช้ในการทดลอง ได้แก่

1. ปูนซีเมนต์	1	ส่วน
2. ทรายละเอียด	3	ส่วน
3. เศษศิลาแลง	-	ส่วน
4. น้ำ	1.5	ส่วน



สูตร A - 2 วัตถุดิบที่นำมาใช้ในการทดลอง ได้แก่

- | | | |
|----------------|-----|------|
| 1. ปูนซีเมนต์ | 1 | ส่วน |
| 2. ทรายละเอียด | 2.5 | ส่วน |
| 3. เศษศิลาแลง | 0.5 | ส่วน |
| 4. น้ำ | 1.5 | ส่วน |



สูตร A - 3 วัตถุดิบที่นำมาใช้ในการทดลอง ได้แก่

- | | | |
|----------------|-----|------|
| 1. ปูนซีเมนต์ | 1 | ส่วน |
| 2. ทรายละเอียด | 2 | ส่วน |
| 3. เศษศิลาแลง | 1 | ส่วน |
| 4. น้ำ | 1.5 | ส่วน |



สูตร A - 4 วัสดุดิบที่นำมาใช้ในการทดลอง ได้แก่

- | | | |
|----------------|-----|------|
| 1. ปูนซีเมนต์ | 1 | ส่วน |
| 2. ทรายละเอียด | 1.5 | ส่วน |
| 3. เศษศิลาแลง | 1.5 | ส่วน |
| 4. น้ำ | 1.5 | ส่วน |



สูตร A - 5 วัสดุดิบที่นำมาใช้ในการทดลอง ได้แก่

- | | | |
|----------------|-----|------|
| 1. ปูนซีเมนต์ | 1 | ส่วน |
| 2. ทรายละเอียด | 1 | ส่วน |
| 3. เศษศิลาแลง | 2 | ส่วน |
| 4. น้ำ | 1.5 | ส่วน |



ภาคผนวก ง

กระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลง



ตัวอย่างกระเบื้องหินทรายเทียมจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนผสมต่าง ๆ



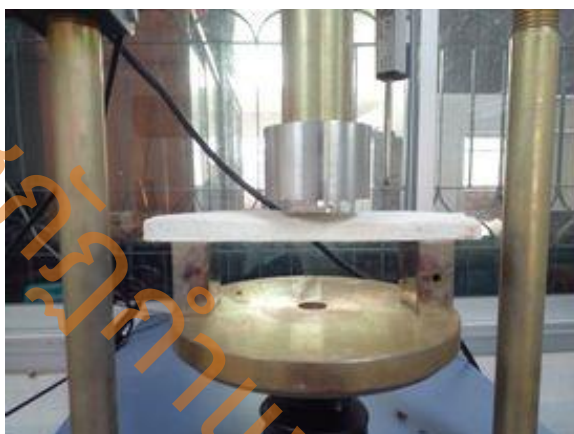
การวัดขนาด และชั่งน้ำหนักตัวอย่างทดสอบ



ทดสอบการดูดซึมน้ำ



ตัวอย่างการทดสอบกำลังรับแรงอัด



ตัวอย่างการทดสอบกำลังรับแรงดัด

ภาคผนวก จ

บล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลง



ตัวอย่างบล็อกปูพื้นทางเท้าจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนผสมต่าง ๆ



การทดสอบกำลังรับแรงอัด

มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
S.M.A.D.M.T.A.P.W.D.P.E.S

ภาคผนวก ฉ
บล็อกช่องลมจากเศษศิลาแลง



ตัวอย่างบล็อกปูช่องลมจากเศษศิลาแลงในสัดส่วนผสมต่าง ๆ



การทดสอบกำลังรับแรงอัด

มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ภาคผนวก ข

การประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน



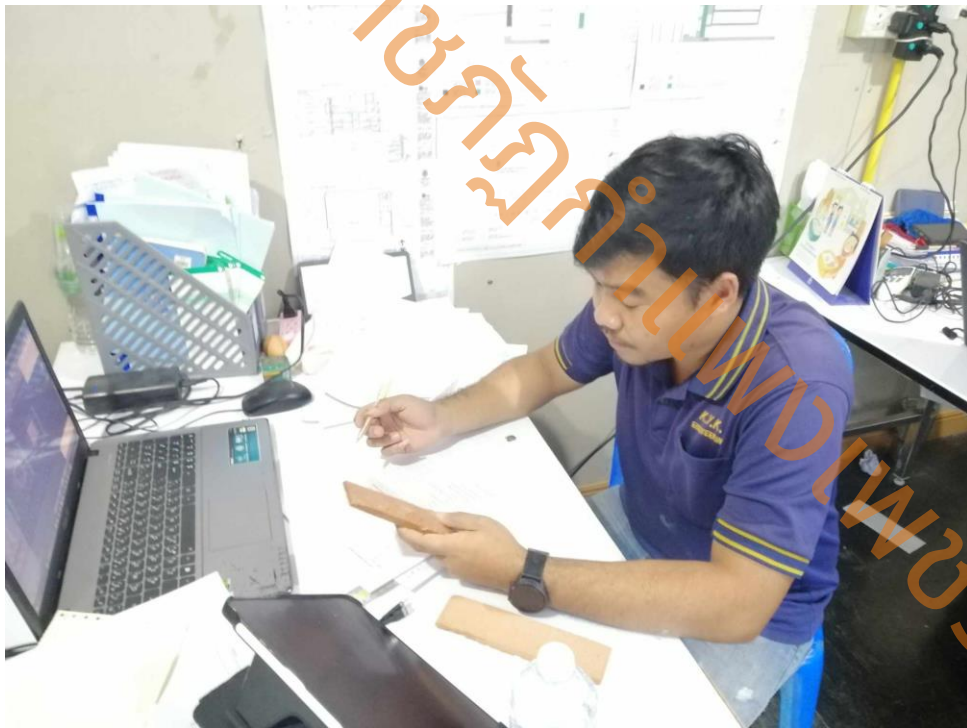


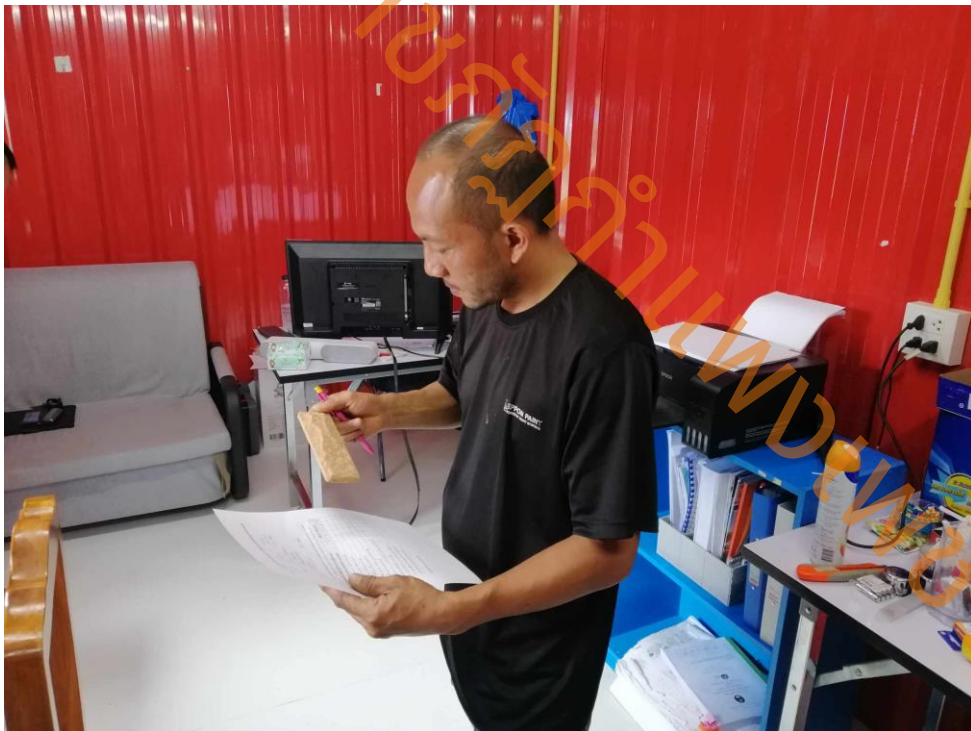
SMMPD/MS/S

ภาคผนวก ซ

ความพึงพอใจต่อวัสดุก่อสร้างจากเศษศิลาแลงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร











ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายเอกสิทธิ์ เทียนมาศ

ที่อยู่ 212/40 หมู่ 3 บ้านปากคลองใต้ ต.นครชุม อ.เมือง จ.กำแพงเพชร 62000

หมายเลขโทรศัพท์ 082-192-2375

E-mail : muznui33@gmail.com

<u>วุฒิการศึกษา</u>	<u>สาขาวิชาเอก</u>	<u>สถานศึกษา</u>	<u>ปี พ.ศ.</u>
วศ.ม.	วิศวกรรมโยธา	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2557
วศ.บ.	วิศวกรรมโยธา	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2553

ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย (สายวิชาการ)

สถานที่ทำงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

สาขาที่เชี่ยวชาญ วัสดุคอนกรีต (Concrete Materials) วัสดุก่อสร้าง (Construction Materials)

บทความทางวิชาการ

1. การศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับซีเมนต์เพสต์ผสมเส้นใยอ้อยเพื่อนำไปใช้ในงานก่อสร้าง. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 4 วันที่ 12-13 กรกฎาคม 2561. หน้า 469-473.
2. การศึกษาสภาพปัจจุบัน และอนาคตที่คาดหวัง และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. สักทอง : มนุษยศาสตร์และ สังคมศาสตร์ ปีที่ 24 ฉบับที่ 3 เดือน กันยายน - ธันวาคม 2561.
3. การศึกษาสมบัติของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าผสมผงหินอ่อน. สักทอง : วารสารวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2562. หน้า 73-82.
4. เอกสิทธิ์ เทียนมาศ และสุรเชษฐ์ ตุ่มมี. (2563). **คุณสมบัติของแผ่นซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติ.** ในการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 4 (น. 92-100). พระนครศรีอยุธยา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
5. ธราดล แสงอ่วม เอกสิทธิ์ เทียนมาศ และปริญญา ประเสริฐสังข์. (2564). **การศึกษาคุณสมบัติของแผ่นพื้นทางเท้าผสมเศษกระดาษหนังสือพิมพ์.** ในการประชุมวิชาการระดับชาติสำหรับนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 1 (น.1061-1068). กำแพงเพชร : มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

6. เอกสิทธิ์ เทียนมาศ มาณพ ต้นเคน ชนะชัย เขียวสด และปฎิภาณ ชัยพิทักษ์. (2564). **การปรับปรุงสมบัติของอิฐดินดิบโดยใช้ปูนซีเมนต์และใยมะพร้าว**. ในการประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติเครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ (GNRU) ครั้งที่ 21 (น.). กำแพงเพชร : มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
7. เรืองวิทย์ ลาธิ พชรรัตน์ ทารไชย และเอกสิทธิ์ เทียนมาศ. (2565). **บ้านเพื่อทุกคนในศตวรรษที่ 21 กรณีศึกษาจังหวัดกำแพงเพชร**. การประชุมวิชาการระดับชาติสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 2 วันที่ 15 มีนาคม 2565, หน้า 874 – 887.
8. เมธา โคแก้ว ฉัตรชัย ไชยศิริ พชรรัตน์ ทารไชย และเอกสิทธิ์ เทียนมาศ. (2565). **การศึกษาเทคนิคในการก่อสร้าง และวัสดุใช้ประกอบศาลาไม้ไผ่ จังหวัดกำแพงเพชร**. การประชุมวิชาการระดับชาติสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 2 วันที่ 15 มีนาคม 2565, หน้า 888- 900.
9. ธราดล แสงอ่วม เอกสิทธิ์ เทียนมาศ และพชรรัตน์ ทารไชย. (2565). **การศึกษาสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเศษข้าวโพด**. การประชุมวิชาการระดับชาติสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 2 วันที่ 15 มีนาคม 2565, หน้า 840 – 849.
10. พูนวิทย์ ปืดป่วน เอกสิทธิ์ เทียนมาศ และมาณพ ต้นเคน. (2565). **สมบัติทางวิศวกรรมของศิลาแลง จังหวัดกำแพงเพชร**. การประชุมวิชาการระดับชาติสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 2 วันที่ 15 มีนาคม 2565, หน้า 832 – 839.
11. เอกสิทธิ์ เทียนมาศ และเตชินี ต่ำแปง. (2565). **การพัฒนาบล็อกซีเมนต์ปูพื้นผสมเศษผักตบชวา**. การประชุมวิชาการระดับชาติ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ครั้งที่ 4 วันที่ 27 พฤษภาคม 2565, หน้า 565 – 572.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายสุรเชษฐ์ ตุ่มมี

ที่อยู่ 60 หมู่ 4 ต.น้ำโมง อ.ท่าบ่อ จ.หนองคาย 43110

หมายเลขโทรศัพท์ 086-773-0220

E-mail : s.toommee@gmail.com

<u>วุฒิการศึกษา</u>	<u>สาขาวิชาเอก</u>	<u>สถานศึกษา</u>	<u>ปี พ.ศ.</u>
วท.ด.	วัสดุศาสตร์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2557
วท.ม.	เทคโนโลยีเซรามิก	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2551
วศ.บ.	วิศวกรรมเซรามิก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	2548

ตำแหน่งปัจจุบัน หัวหน้างานหลักสูตรและแผนการเรียน สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน

สถานที่ทำงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

สาขาที่เชี่ยวชาญ วัสดุเซรามิก (Ceramic Materials) วัสดุเชิงประกอบระดับนาโนเมตร (Nano Composite Materials) วัสดุฉลาด (Smart Materials)

บทความทางวิชาการ

1. Dispersion of titanium dioxide nanoparticles in silicone oil using polyethylene glycol-b-dimethylsiloxane-b-ethylene glycol triblock copolymers as dispersants : วารสารวิจัย มข. 13 (6) : กรกฎาคม 2551.
2. Enhancement on stability of nano-sized titanium dioxide in silicone suspension using diblock copolymer : Influence of dispersant structure : Advanced Materials Research Vol. 747 (2013) pp 599-602.
3. Improvement of dispersion and stability of fine titanium dioxides in silicone fluid using poly(ethylene oxide-b-dimethylsiloxane-b-ethylene oxide) triblock copolymer: Effects of dispersant structure and concentration : Journal of Ceramic Processing Research. Vol. 14, No. 3, pp. 315-321 (2013). Impact Factor = 0.349

4. High color stability and reversible thermochromism of polydiacetylene/zinc oxide nanocomposite in various organic solvents and polymer matrices : Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, pp. 252-261 (2015). Impact Factor = 2.354
5. Soft Template-Assisted Synthesis of Polyvinylpyrrolidone-Functionalized Nano-scale ZnO Particles : Russian Journal of Applied Chemistry. Vol. 89, No. 1, pp. 90-93. (2016). Impact Factor = 0.307
6. Utilization of Zinc Chloride for Surface Modification of Activated Carbon Derived from Jatropha Curcas L. for Absorbent Materials : Data in Brief. Vol. 9, pp. 970-975. (2016). Impact Factor = 0.06
7. PEG-template for surface modification of zeolite: A convenient material to the design of polypropylene based composite for packaging films : Results in Physics. Vol. 9, pp. 71-77. (2018)
8. การออกแบบและพัฒนาไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติเพื่อประยุกต์ใช้ในงานเฟอร์นิเจอร์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม-มิถุนายน 2559
9. การพัฒนาและคุณลักษณะของเส้นใยอิเล็กทรอนิกส์จากพอลิแลคติกแอซิดผสมพอลิบิวทิลีน ซักซิเนตกับอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์สำหรับประยุกต์ใช้เป็นวัสดุหน้ากากอนามัย. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : เทปสตรี I-TECH ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2561
10. การผลิตและวิเคราะห์ลักษณะของผสมระหว่างเม็ดพลาสติกบริสุทธิ์และเศษพลาสติกพอลิพรอพิลีนในการผลิตบรรจุภัณฑ์ผนังบางโดยกระบวนการฉีดขึ้นรูป. สักทอง : วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2562

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวประภัสสรฯ ห่อทอง

ที่อยู่ 212/40 หมู่ 3 บ้านปากคลองใต้ ต.นครชุม อ.เมือง จ.กำแพงเพชร 62000

หมายเลขโทรศัพท์ 081-287-6089

E-mail : full_nui32@hotmail.com

<u>วุฒิการศึกษา</u>	<u>สาขาวิชาเอก</u>	<u>สถานศึกษา</u>	<u>ปี พ.ศ.</u>
ศศ.ม.	ภาษาไทย	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2557
ศศ.บ.	ภาษาไทย	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2553

ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย (สายวิชาการ)

สถานที่ทำงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

สาขาที่เชี่ยวชาญ ภาษาศาสตร์, ภาษาศาสตร์สังคม, คติชนวิทยา

บทความทางวิชาการ

1. ปวีณธิดา ยิ้มแย้ม ประภัสสรฯ ห่อทอง และจิราพร ภูวรัตนาวิวิธ. (2564). ความขัดแย้งของตัวละครที่ปรากฏในวรรณกรรมเรื่อง *ถ้าวันหนึ่งนั้น...ฉันตาย*. ในการประชุมวิชาการระดับชาติสำหรับนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 1 (น.283-295). กำแพงเพชร : มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร



หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์จากผลงานวิจัยหรือสร้างสรรค์
มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ชื่อองค์กร/ชุมชน/ภาคธุรกิจที่นำไปใช้ประโยชน์.....โรงเรียนไทรงามพิทยาคม.....
สถานที่ตั้ง.....เลขที่ 39 หมู่ 3 ตำบลไทรงาม อำเภอไทรงาม จังหวัดกำแพงเพชร 62150.....
โทรศัพท์.....055-791165.....

ขอรับรองว่าได้นำผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร เรื่อง การนำเศษศิลาแลงเหลือทิ้งมา
ประยุกต์เป็นวัสดุก่อสร้างที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร ของ นายเอกสิทธิ์ เทียนมาศ สังกัด คณะเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยใช้ประโยชน์ในวันที่ 19 สิงหาคม 2565

โดยวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้มีดังนี้ (สามารถระบุได้มากกว่า 1 ประเด็น)

การใช้ประโยชน์เชิงวิชาการ...เป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้ ในการเศษศิลาแลงเหลือทิ้งมาประยุกต์ใช้เป็น
บล็อกซีเมนต์ปูพื้นทางเท้าให้แก่ผู้ที่สนใจ

การใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะ (โปรดระบุรายละเอียด)

การใช้ประโยชน์เชิงนโยบาย (โปรดระบุรายละเอียด)

การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ (โปรดระบุรายละเอียด) ...เป็นการเพิ่มมูลค่าของเศษศิลาแลงเหลือทิ้งจาก
อุตสาหกรรม

อื่น ๆ (โปรดระบุรายละเอียด)

ทั้งนี้ผลจากการที่องค์กร/หน่วยงาน/กลุ่ม ได้นำผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์/งานวิชาการ มาใช้ประโยชน์ พบว่า
ควรมีการต่อยอดในการพัฒนาเป็นวัสดุก่อสร้างประเภทอื่น เพื่อเป็นการสร้างมูลค่าให้เศษศิลาแลง

ข้าพเจ้าขอลงนามในหนังสือรับการนำไปใช้ประโยชน์ด้วยความจริงทุกประการ

ลงชื่อ (ผู้ใช้ประโยชน์) *ช.ม.ก.*

(*รศ.พ.ป.วิ.ร.ร. ลีธรรมวิภา*)

ตำแหน่ง *ผู้อำนวยการ*

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.ที่รับรอง

หมายเหตุ

๑. การใช้ประโยชน์ในเชิงสาธารณะ เช่น ผลงานวิจัยที่นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์แก่สาธารณชนในเรื่องต่างๆ ที่ทำให้คุณภาพชีวิตและเศรษฐกิจของประชาชนดีขึ้น ได้แก่ การใช้ประโยชน์ด้านสาธารณสุข ด้านการบริหารจัดการ สำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SME) ด้านวิถีชีวิตตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง ด้านศิลปะและวัฒนธรรม เป็นต้น

๒. การใช้ประโยชน์ในเชิงนโยบาย เช่น ใช้ประโยชน์จากผลงานวิจัยเชิงนโยบายในการนำไปประกอบเป็นข้อมูลการประกาศใช้กฎหมาย หรือกำหนดมาตรการ กฎเกณฑ์ต่างๆ โดยองค์กรหรือหน่วยงานภาครัฐและเอกชน เป็นต้น

๓. การใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ เช่น งานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ที่นำไปสู่การพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ หรือผลิตภัณฑ์ซึ่งก่อให้เกิดรายได้ หรือนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เป็นต้น

๔. การใช้ประโยชน์ทางอ้อมของงานสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นการสร้างคุณค่าทางจิตใจ ยกกระดับจิตใจ ก่อให้เกิดสุนทรียภาพ สร้างความสุข เช่น งานศิลปะที่นำไปใช้ในโรงพยาบาล ซึ่งได้มีการศึกษาและการประเมินไว้