



โครงการ

การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การเตรียมกระเบื้องที่มีส่วนผสมของเศษคอนกรีตเหลือทิ้ง

Preparation of ceramic tile with concrete waste

ชื่อนิสิต นางสาวชนกานต์ สกุลสัมพันธ์ศรี

เลขประจำตัว 5833212323

ภาควิชา วัสดุศาสตร์

ปีการศึกษา 2563

โครงการวิจัยระดับปริญญาตรี

เรื่อง

การเตรียมกระเบื้องที่มีส่วนผสมของเศษคอนกรีตเหลือทิ้ง

Preparation of ceramic tile with concrete waste

เสนอ

ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตามระเบียบการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวัสดุศาสตร์

น.ส. ชนกานต์ สุกุลสัมพันธ์ศรี เลขประจำตัว 5833212323

อนุมัติโดย

.....อุไรวรรณ ลีลาอติศร.....

(อ.ดร. อุไรวรรณ ลีลาอติศร)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

ปีการศึกษา 2563

หัวข้องานวิจัย	การเตรียมกระเบื้องที่มีส่วนผสมของเศษคอนกรีตเหลือทิ้ง
โดย	นางสาวชนกานต์ สุกุลสัมพันธ์ศรี
สาขาวิชา	วัสดุศาสตร์
แขนงวิชา	เซรามิกและวัสดุศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.ดร. อุไรวรรณ ลีลาอดิศร
ปีการศึกษา	2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาผลของการเติมขยะคอนกรีตลงในเนื้อกระเบื้อง เพื่อหาทางใช้ประโยชน์จากขยะคอนกรีตที่เกิดจากการทุบสิ่งก่อสร้าง มีการเติมผงขยะคอนกรีตลงในส่วนผสมกระเบื้องที่ได้จากอุตสาหกรรมที่ปริมาณ 0%, 2%, 4% และ 8% โดยน้ำหนัก หลังจากขึ้นรูปเป็นแผ่นกระเบื้องนำชิ้นงานไปเผาที่ 1100°C และ 1150°C เป็นเวลา 30 นาที พบว่าที่อุณหภูมิ 1100°C และ 1150°C กระเบื้องที่มีขยะคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก มีการหดตัวสูงที่สุด แต่มีค่าน้อยกว่า 1% ค่าความแข็งแรงของกระเบื้องหลังเผาที่ 1100°C พบว่ากระเบื้องที่มีขยะคอนกรีต 2% โดยน้ำหนัก มีค่าความแข็งแรงสูงที่สุดคือ 89 kg/cm² และค่าความแข็งแรงของกระเบื้องหลังเผาที่ 1150°C กระเบื้องที่มีขยะคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก มีค่าความแข็งแรงสูงที่สุดคือ 81 kg/cm² การดูดซึมน้ำของกระเบื้องหลังเผาที่ 1100°C และ 1150°C กระเบื้องที่มีขยะคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก มีค่าการดูดซึมน้ำสูงที่สุด คือประมาณ 17%

Title	Preparation of ceramic tile with concrete waste
Author	Miss Chanakarn Sakulsampansri
Department	Materials Science
Field	Ceramics and Materials Science
Advisor	Dr. Uraiwan Leela-adisorn
Academic Year	2020

Abstract

The aim of this work is to utilize the concrete waste from demolition by study the effect of waste from concrete demolition on ceramic tile properties. The concrete waste was added in the ceramic tile mixture for 0%, 2%, 4% and 8%wt. The tiles were fired at 1100°C and 1150°C for 30 min. The tile with 8%wt waste shows the highest firing shrinkage (less than 1%) after firing at 1100°C and 1150°C. The tile with 2%wt waste gives the highest MOR after firing at 1100°C (89 kg/cm²) and the tile with 8%wt gives the highest MOR after firing at 1150°C (81 kg/cm²). The tile with 8%wt waste shows the highest water absorption (about 17%) after firing at 1100°C and 1150°C.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงลงได้เนื่องจากได้รับการสนับสนุน และความช่วยเหลือทางด้านวิชาการ และการดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือ รวมทั้งงบประมาณสนับสนุนในการดำเนินการวิจัย

ขอขอบพระคุณ อ.ดร. อุไรวรรณ สีสอาดิศร เป็นอย่างสูงสำหรับความรู้และคำแนะนำต่างๆ ตลอดการดำเนินการวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณปณศพ เหมพันธ์พิรุฬห์ และคุณวิรพงษ์ ครพนม สำหรับความช่วยเหลือเรื่องเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย

และขอขอบพระคุณทางบริษัท ไทยอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา จำกัด ที่ได้ให้การอนุเคราะห์แกรนูลกระเบื้อง เพื่อใช้ทำงานวิจัย ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ชนกานต์ สกุลสัมพันธ์ศรี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้พื้นฐาน.....	3
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับปูนซีเมนต์และคอนกรีต.....	3
ปัญหาและแนวทางการจัดการเศษสิ่งก่อสร้างในประเทศไทย.....	5
การใช้ประโยชน์จากเศษสิ่งก่อสร้าง.....	5
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	8
3.1.1 สารเคมี.....	8
3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	8
3.2 ขั้นตอนการทดลอง.....	8
3.3 แผนการดำเนินงาน.....	11
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	
4.1 สีของชิ้นงานกระเบื้องก่อนเผาและหลังเผา.....	12

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.2 การหดตัวของชิ้นงานกระเบื้องหลังอบแห้ง (Drying shrinkage).....	15
4.3 การหดตัวของกระเบื้องหลังเผา (Firing shrinkage).....	17
4.4 ค่าความแข็งแรงของชิ้นงานกระเบื้องหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1100°C และ 1150°C.....	19
4.5 ค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานกระเบื้องหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1100°C และ 1150°C.....	21
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	23
เอกสารอ้างอิง.....	25

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของคอนกรีต.....	4

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 แสดงชิ้นงานกระเบื้องที่ไม่ผสมขยະคอนกรีต (ก่อนเผา).....	12
รูปที่ 2 แสดงชิ้นงานกระเบื้องที่ผสมขยະคอนกรีต 2% โดยน้ำหนัก (ก่อนเผา).....	12
รูปที่ 3 แสดงชิ้นงานกระเบื้องที่ผสมขยະคอนกรีต 4% โดยน้ำหนัก (ก่อนเผา).....	13
รูปที่ 4 แสดงชิ้นงานกระเบื้องที่ผสมขยະคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก (ก่อนเผา).....	13
รูปที่ 5 แสดงชิ้นงานกระเบื้องที่ไม่ผสมขยະคอนกรีต (หลังเผา).....	13
รูปที่ 6 แสดงชิ้นงานกระเบื้องที่ผสมขยະคอนกรีต 2% โดยน้ำหนัก (หลังเผา).....	14
รูปที่ 7 แสดงชิ้นงานกระเบื้องที่ผสมขยະคอนกรีต 4% โดยน้ำหนัก (หลังเผา).....	14
รูปที่ 8 แสดงชิ้นงานกระเบื้องที่ผสมขยະคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก (หลังเผา).....	14
รูปที่ 9 แสดงเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังอบแห้ง ของชิ้นงานกระเบื้อง ก่อนเผาที่อุณหภูมิ 1100°C.....	15
รูปที่ 10 แสดงเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังอบแห้ง ของชิ้นงานกระเบื้องก่อนเผาที่อุณหภูมิ 1150°C.....	16
รูปที่ 11 แสดงเปอร์เซ็นต์การหดตัวของชิ้นงานกระเบื้องหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1100°C เป็นเวลา 30 นาที ด้วย heating rate 5°C/min.....	17
รูปที่ 12 แสดงเปอร์เซ็นต์การหดตัวของชิ้นงานกระเบื้องหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1150°C เป็นเวลา 30 นาที ด้วย heating rate 5°C/min.....	18
รูปที่ 13 แสดงค่าความแข็งแรงหลังเผาของชิ้นงานกระเบื้องหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100°C เป็นเวลา 30 นาที ด้วย heating rate 5°C/min.....	19
รูปที่ 14 แสดงค่าความแข็งแรงหลังเผาของชิ้นงานกระเบื้องหลังเผาที่อุณหภูมิ 1150°C เป็นเวลา 30 นาที ด้วย heating rate 5°C/min.....	20
รูปที่ 15 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของชิ้นงานกระเบื้องหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100°C เป็นเวลา 30 นาที ด้วย heating rate 5°C/min.....	21
รูปที่ 16 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของชิ้นงานกระเบื้องหลังเผาที่อุณหภูมิ 1150°C เป็นเวลา 30 นาที ด้วย heating rate 5°C/min.....	22

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของงานวิจัย

เนื่องจากในปัจจุบัน มีการรื้อถอนอาคารเก่าเป็นจำนวนมาก เพื่อนำพื้นที่ไปก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้เกิดขยะจากการรื้อถอนปริมาณมาก การกำจัดซากอาคารที่ถูกรื้อถอน มีทั้งนำไปถมพื้นที่สำหรับก่อสร้างอาคารใหม่ หรือหาพื้นที่ถมทิ้งเพื่อกำจัดขยะเหล่านั้นซึ่งโดยมากเป็นซากคอนกรีต แต่องค์ประกอบหลักของคอนกรีตเป็นสารประกอบจำพวกแคลเซียมซิลิเกต ซึ่งมีสมบัติเป็นด่าง ส่งผลให้พื้นที่บริเวณที่มีการถมด้วยซากคอนกรีตนั้นมีสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก และระบบนิเวศในบริเวณพื้นที่ที่ใช้ถมขยะก่อสร้างมีการเปลี่ยนแปลงในทางที่แย่ลง และเกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ตามมา

องค์ประกอบหลักของคอนกรีต ประกอบด้วยออกไซด์หลัก ได้แก่ แคลเซียมออกไซด์ ซิลิกา อะลูมินา และเฟอร์ริกออกไซด์ และออกไซด์รอง ได้แก่ แมกนีเซียมออกไซด์ และออกไซด์ของโลหะหมู่หนึ่ง ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมจำพวกฟลักซ์ เพื่อช่วยลดจุดหลอมตัวในเนื้อดินเซรามิกได้ จึงน่าจะนำมาใช้เป็นส่วนผสมจำพวกฟลักซ์ในการผลิตเซรามิก ช่วยลดการใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติ การนำวัสดุที่เป็นขยะก่อสร้างกลับมาใช้ใหม่ยังเป็นการลดขยะและช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมด้วย

ในงานวิจัยฉบับนี้ จะนำขยะคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคารมาใช้เป็นวัตถุดิบผสมลงไปในส่วนผสมเนื้อกระเบื้องเซรามิก และทดสอบหาปริมาณที่เหมาะสมในการผสมเนื้อดิน โดยที่เนื้อดินยังคงมีสมบัติของความเป็นเซรามิกที่ดี สามารถนำไปใช้งานได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อกำจัดขยะคอนกรีตจากการรื้อถอนอาคาร เป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ โดยการใช้ประโยชน์จากขยะคอนกรีต
2. เพื่อหาปริมาณของขยะคอนกรีตที่เหมาะสมในการผสมในเนื้อดินเซรามิก

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาองค์ประกอบเคมีของขยะคอนกรีตและศึกษาการเตรียมผงจากขยะคอนกรีต
2. เตรียมชิ้นงานกระเบื้องเซรามิกโดยใช้แกรนูล จากโรงงานกระเบื้องเป็นสูตรอ้างอิง และเตรียมส่วนผสมของเนื้อดินเซรามิก โดยเติมผงขยะคอนกรีตในอัตราส่วนต่าง ๆ ลงในแกรนูลที่เป็นสูตรอ้างอิง เผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ และทดสอบ และเปรียบเทียบสมบัติต่าง ๆ ดังนี้
 - สีของกระเบื้อง ก่อนและหลังเผา
 - การหดตัว หลังอบแห้งและหลังเผา
 - ความแข็งแรงของกระเบื้องหลังเผา
 - การดูดซึมน้ำของกระเบื้อง
3. ศึกษาเฟสที่มีในส่วนผสมเนื้อดินสูตรอ้างอิง และสูตรที่ผสมผงขยะคอนกรีต ก่อนและหลังเผาด้วย XRD
4. รวบรวมผลการทดลอง อภิปรายผล สรุปผลการทดลอง และเขียนเล่มรายงาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. กำจัดขยะคอนกรีต โดยการนำมาใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินเซรามิก
2. ลดการใช้วัตถุดิบประเภทฟลักซ์จากวัตถุดิบธรรมชาติ
3. นิสิตมีประสบการณ์ในการทำวิจัย และสามารถออกแบบการทำงานวิจัยเบื้องต้นได้

บทที่ 2

ความรู้พื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้พื้นฐาน

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับปูนซีเมนต์และคอนกรีต

ปูนซีเมนต์หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ คือ ปูนซีเมนต์ประเภทหนึ่งที่นิยมใช้แพร่หลายทั่วโลกในงานก่อสร้างปัจจุบัน เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตคอนกรีต ปูนมอร์ตาร์ และปูนสูตรพิเศษประเภทต่าง ๆ มีส่วนผสมหลัก คือ หินปูน หินดินดาน ดินลูกรัง และทราย รวมถึงการเพิ่มสารอื่น ๆ เพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของปูนซีเมนต์ เช่น ยิปซัม สารปอซโซลาน สารลดน้ำ เป็นต้น การผลิตเริ่มต้นด้วยการบดวัตถุดิบให้เป็นผงละเอียดและนำไปเผาที่อุณหภูมิสูงจนได้เม็ดปูนซีเมนต์ซึ่งจะถูกนำไปบดเป็นปูนซีเมนต์ผง เพื่อบรรจุในถุงหรือขนส่งทางยานพาหนะต่อไป

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ คิดค้นและผลิตโดย Joseph Aspdin สาเหตุที่เรียกชื่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เพราะสีของปูนซีเมนต์ที่ได้เหมือนกับสีของหินปูนบนเกาะปอร์ตแลนด์ มาตรฐานของไทยได้มีการกำหนดแบ่งประเภทปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์โดยอ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ หรือ มอก.15 เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ โดยแบ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

ประเภท 1 (Type 1) : ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (Ordinary Portland Cement)

ประเภท 2 (Type 2) : ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ดัดแปลง (Modified Portland Cement)

ประเภท 3 (Type 3) : ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ให้กำลังอัดสูงเร็ว
(High Early Strength Portland Cement)

ประเภท 4 (Type 4) : ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่เกิดความร้อนต่ำ (Low Heat Portland Cement)

ประเภท 5 (Type 5) : ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ทนซัลเฟตสูง
(Sulfate Resistance Portland Cement)

คอนกรีต คือ ส่วนผสมของปูนซีเมนต์ ทราย และหิน หรือกรวด ตามสัดส่วนแล้วเติมน้ำลงไป เพื่อทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ซึ่งเป็นตัวประสานที่จะยึดทรายกับหิน หรือกรวดเข้าด้วยกันให้เป็นก้อนแข็ง สัดส่วนที่ใช้โดยทั่วไปคือ

- 1 : 2 : 4 ใช้ผสมทำคอนกรีตสามัญทุกชนิด ประกอบด้วยปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ทราย 2 ส่วน และหิน หรือกรวด 4 ส่วน
- 1 : 1.5 : 3 สำหรับคอนกรีตที่ต้องการรับแรงสูงเป็นพิเศษ เช่น ตอม่อใต้น้ำ
- 1 : 3 : 6 เป็นคอนกรีตหยาบ ใช้เทเหนือเสาเข็มเพื่อรองรับฐานราก สัดส่วนนี้เป็นสัดส่วนโดยน้ำหนัก แต่ในทางปฏิบัติทั่วไปแล้วสะดวกที่จะใช้สัดส่วนโดยปริมาตร

องค์ประกอบทางเคมี	สัญลักษณ์	ร้อยละโดยน้ำหนัก
CaO	C	60-67
SiO ₂	S	17-25
Al ₂ O ₃	A	3-8
Fe ₂ O ₃	F	0.5-6.0
MgO	M	0.1-4.0
Na ₂ O	N	0.1-1.8
K ₂ O	k	0.1-1.8
SO ₃	S ⁻	0.5-3.0
สารประกอบอื่น ๆ	-	0.5-3.0
การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (loss on ignition)	LOI	0.1-3.0
ส่วนที่ไม่ละลายในกรดและต่าง (insoluble residue)	-	0.20-0.75

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของคอนกรีต

ปัญหาและแนวทางการจัดการเศษสิ่งก่อสร้างในประเทศไทย

ปัญหาจากเศษสิ่งก่อสร้าง โดยส่วนมากสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่ เช่น โรงแรม ห้างสรรพสินค้า และ คอนโดมิเนียม จะต้องมีการจัดทำรายงานวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA – Environmental Impact Assessment) เพื่อคาดการณ์ผลกระทบทั้งในทางบวกและทางลบจากการพัฒนาโครงการ มีการกำหนด มาตรการป้องกัน และแก้ไขผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และใช้ประกอบการตัดสินใจพัฒนาโครงการก่อสร้าง ฉะนั้นโครงการเหล่านี้จะต้องมีการจัดการเศษวัสดุก่อสร้าง เริ่มตั้งแต่การทุบสิ่งก่อสร้างเดิม การจัดเก็บเศษ วัสดุก่อสร้างที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้าง แต่สำหรับโครงการขนาดย่อย เช่น การก่อสร้างบ้านเรือนของ ประชาชนทั่วไป (ตึกแถว) จะมีการนำเศษวัสดุก่อสร้างเหล่านั้นไปใช้ในการถมที่ตามพื้นที่โล่งต่าง ๆ แต่ยังไม่มื การจัดการให้เป็นระเบียบแบบแผนตามที่กฎหมายกำหนด ปัญหาที่ต้องแก้ไขคือการลักลอบทิ้ง ถมที่โดยที่ไม่มื การแยกเศษวัสดุที่เป็นอันตรายออก หรือนำเศษวัสดุเหล่านั้นไปรีไซเคิลอย่างไม่คุ้มค่า รวมไปถึงการนำไปฝัง กลบรวมกับขยะมูลฝอยในชุมชน ซึ่งปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้อายุของหลุมฝัง กลบนั้นสั้นลงด้วย

แนวทางในการกำจัดเศษสิ่งก่อสร้างเหล่านี้ สิ่งแรกคือการจัดการ มีการวางแผนทางในการกำจัดอย่าง ถูกต้อง และครบวงจร โดยจัดทำในพื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้เป็นศูนย์กลางในการรีไซเคิล ทั้งนี้ต้องมีเป้าหมายถึงเปอร์เซ็นต์ในการรีไซเคิลด้วย เพื่อให้เกิดการลงมือทำ มีการติดตามประเมินผลและพัฒนาต่อไป สิ่งถัด มาคือมีการลงทุน และส่งเสริมกิจการรีไซเคิลทั้งศูนย์ของรัฐและเอกชนพร้อมทั้งประเมินความเป็นไปได้ในการ รีไซเคิลของขยะชนิดต่าง ๆ รวมถึงคาดการณ์ปริมาณและความเหมาะสมทางเศรษฐกิจด้วย นอกจากนี้ยังต้อง อาศัยข้อบังคับทางกฎหมาย เพื่อกำหนดแนวทางของการจัดการขยะที่ถูกต้องและเหมาะสม และที่สำคัญที่สุด คือการสนับสนุนจากทุกหน่วยงาน ใหัววัสดุที่มาจากกรรีไซเคิลต่างๆ มีมูลค่ามากขึ้น รวมไปถึงการถ่ายทอด ความรู้ในการรีไซเคิล การสนับสนุนงานวิจัยที่มีการนำขยะของเสียมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และเผยแพร่ข้อมูล และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้บุคคลทั่วไปได้เข้าถึงข้อมูลเกี่ยวกับการรีไซเคิลเพิ่มมากขึ้น

การใช้ประโยชน์จากเศษสิ่งก่อสร้าง

จากการศึกษาข้อมูลจากแหล่งต่างๆ พบว่ามีการใช้เศษสิ่งก่อสร้างในการถมที่เป็นส่วนใหญ่ และใน งานวิจัยของต่างประเทศ จะนำไปใช้ในการทำปูนซีเมนต์ใหม่ หรือใช้เป็น aggregate ผสมกับปูนซีเมนต์เพื่อใช้ ในงานก่อสร้าง ซึ่งการถมที่นั้นไม่ใช่วิธีที่ดี เพราะจะมีปัญหาเรื่องการก่อสร้าง ทำให้มีปัญหามาตามภายหลัง

เช่น พื้นที่บริเวณนั้นจะไม่สามารถปลูกต้นไม้ได้ และถ้ามีการบดเศษสิ่งก่อสร้างไม่ละเอียดพอ อาจเกิดการยุบตัวขึ้นได้ หรือในการก่อสร้างอาจส่งผลให้การตอกเสาเข็มยากขึ้นด้วย

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ilker Bekir Topçu และ Nedim Firat Günçan (1995) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการนำขยะคอนกรีตมาเป็นส่วนผสม มีการตรวจสอบคุณสมบัติเชิงกลต่างๆ ของคอนกรีต ซึ่งได้ทำการเติมด้วย C16 (ภายใต้แรงอัด 16 MPa เป็นเวลา 28 วัน) โดยใส่ในส่วนผสม 0, 30, 50, 70 และ 100% โดยน้ำหนัก จาก $\sigma - \epsilon$ diagrams ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น ความเหนียว ความเป็นพลาสติก และความสามารถในการรับพลังงาน ความยืดหยุ่น พบว่าเมื่อปริมาณของขยะคอนกรีตเพิ่มขึ้น ความหนาแน่น ความสามารถในการรับแรงอัด โมดูลัสของความยืดหยุ่น และค่าความเหนียวลดลง

Pacheo-Torgal และ Jalali (2010) ได้ศึกษาการนำขยะก่อสร้างมาผสมในคอนกรีต เลือกเฉพาะส่วนที่เป็นเซรามิก โดยแบ่งกลุ่มของเสียที่นำมาใช้ในงานวิจัยเป็นของเสียที่มาจากอิฐ กระเบื้องมุงหลังคา และของเสียที่มาจากกระเบื้องและสุขภัณฑ์ มีการใส่ของเสียในคอนกรีตเพื่อแทนที่ aggregate พบว่าถึงแม้คอนกรีตที่มี ceramic waste จะมีค่าความแข็งแรงลดลงเล็กน้อย แต่เมื่อเวลาผ่านไป ความแข็งแรงจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น เนื่องจาก ceramic waste มีสมบัติ pozzolanic คอนกรีตที่ได้มีความคงทนดีขึ้น

Kazuhiya Yoda และ Akira Shintani (2014) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการนำคอนกรีตรีไซเคิล มาใช้ในการฉาบผิวด้านนอกของโครงสร้างอาคาร โดยเป็นการใช้ผงเศษสิ่งก่อสร้างแบบละเอียดแทนการใช้ aggregate แบบหยาบ ทำการทดสอบกับตัวอาคารจริง ได้แก่ ต้นเสา พื้น และผนัง ซึ่งผลการทดสอบความแข็งแรง การเกิดคาร์บอนขึ้นในสภาวะเร่ง และการกัดกร่อนโดยสภาวะธรรมชาติ พบว่าไม่มีร่องรอยของการเสื่อมสภาพเกิดขึ้น แสดงว่าการนำส่วนผสมคอนกรีตมารีไซเคิล แล้วนำมาใช้กับการสร้างอาคารของจริงนั้นทำได้จริง และสามารถพัฒนาให้มีคุณภาพที่สูงขึ้นได้

Senaratne และคณะ (2017) ได้รวบรวมงานวิจัยจำนวนมากที่มีการนำเศษวัสดุก่อสร้างจากการทำลายอาคารมาใช้ประโยชน์ และได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการทดลอง พบว่า recycled aggregate สามารถนำมาใช้ผสมในคอนกรีตเพื่อแทน natural aggregate บางส่วน แล้วใช้ในการทำทางเดิน หรือถนน แต่สำหรับสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่ คอนกรีตที่ใส่ recycled aggregate ยังให้ความแข็งแรงต่ำกว่าคอนกรีตที่ใช้ natural aggregate

จากงานวิจัยดังกล่าวจะเห็นว่ามีการนำเศษวัสดุก่อสร้างไปรีไซเคิลในการผลิตปูนซีเมนต์ หรือใช้เป็น aggregate ในงานก่อสร้าง แต่ยังไม่พบบางงานวิจัยที่นำเศษวัสดุก่อสร้างไปใช้ในงานเซรามิก จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ จะนำเศษวัสดุก่อสร้างไปผสมในเนื้อดินปั้นเซรามิก เพื่อกำจัดของเสียจากการก่อสร้าง และศึกษาความเป็นไปได้ในการทดแทนการใช้วัตถุดิบในการผลิตเซรามิก โดยในงานวิจัยนี้จะทดลองใช้เศษวัสดุก่อสร้าง ผสมกับเนื้อดินกระเบื้องที่ได้รับความอนุเคราะห์จากอุตสาหกรรม

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 สารเคมี

1. ขยะคอนกรีต
2. แกรนูลกระเบื้อง ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ไทยอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา จำกัด
3. เอทานอล สำหรับทำความสะอาดเครื่องบด

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Vibratory disc mill (Fritsch GmbH) สำหรับบดขยะคอนกรีตให้เป็นผงละเอียด
2. Ball mill สำหรับผสมผงขยะคอนกรีตเข้ากับแกรนูล
3. ตะแกรงร่อน 200 mesh และ 30 mesh
4. เครื่องชั่ง เตาทอบ และเตาเผา
5. ถังพลาสติก ถาด spatula เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
6. เครื่องทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงาน แบบ 3-point bending
7. เครื่อง X-ray diffractometer (XRD)

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

3.2.1 เตรียมผงขยะคอนกรีต นำก้อนขยะคอนกรีตมาทุบให้มีขนาดเล็กลง จากนั้นบดขยะคอนกรีตด้วยเครื่อง vibratory disc mill จากนั้นผ่านตะแกรงร่อน 200 mesh ส่วนที่ค้างตะแกรง นำไปบดซ้ำอีกครั้ง ทำจนร่อนผ่านตะแกรงทั้งหมด

3.2.2 การเตรียมส่วนผสมกระเบื้อง

1. อบผงแกรนูลที่ได้จากโรงงาน ที่อุณหภูมิ 110°C เป็นเวลา 24 ชม. เพื่อให้แกรนูลแห้งสนิท

2. ผสมผงขยะคอนกรีตจาก 3.2.1 กับแกรนูล เพื่อเตรียมเป็นส่วนผสมกระเบื้อง โดยเติมผงขยะคอนกรีตลงในแกรนูลด้วยอัตราส่วน 0%, 2%, 4% และ 8% โดยน้ำหนัก ผสมแห้งด้วย ball mill เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
3. ปรับความชื้นของส่วนผสมกระเบื้อง ให้มีค่าประมาณ 6-7% โดยใช้สเปรย์พ่นน้ำกลั่นลงบนแกรนูล และใช้ spatula คลุกเคล้าแกรนูลให้ทั่ว ให้น้ำหนักแกรนูลเพิ่มตามเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ต้องการ แล้วร่อนผ่านตะแกรง 30 mesh คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดย

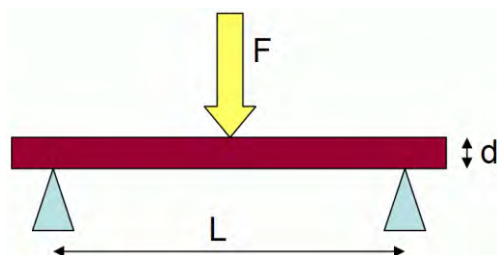
$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักหลังปรับความชื้น} - \text{น้ำหนักก่อนปรับความชื้น})}{\text{น้ำหนักก่อนปรับความชื้น}} \times 100$$

4. เก็บส่วนผสมกระเบื้องที่ปรับความชื้นเรียบร้อยแล้วในถุงพลาสติก ปิดปากถุงให้สนิท หมักทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
5. นำส่วนผสมที่ผ่านการหมักแล้ว มาอัดขึ้นรูปเป็นกระเบื้อง ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกใช้แรงอัด 150 bar โดยอัดส่วนผสมละ 6 แผ่น สำหรับเผาที่ค่าอุณหภูมิละ 3 แผ่น
6. นำชิ้นงานที่ขึ้นรูปแล้วไปอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
7. ชั่งน้ำหนัก และวัดขนาด ความกว้าง ความยาว และความหนาของกระเบื้อง ทั้งก่อนและหลังอบแห้ง
8. นำกระเบื้องไปเผาที่อุณหภูมิ 1100 °C และ 1150 °C เป็นเวลา 30 นาที ด้วย heating rate 5°C/min
9. ชั่งน้ำหนัก และวัดขนาด ความกว้าง ความยาว และความหนาของกระเบื้องหลังเผา
10. ทดสอบสมบัติของชิ้นงาน ดังนี้
 - เปรียบเทียบสีของกระเบื้องก่อนและหลังเผา
 - การหดตัวหลังอบแห้งและหลังเผา

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังอบแห้ง} = \frac{(\text{ความยาวก่อนอบแห้ง} - \text{ความยาวหลังอบแห้ง})}{\text{ความยาวก่อนอบแห้ง}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผา} = \frac{(\text{ความยาวก่อนเผา} - \text{ความยาวหลังเผา})}{\text{ความยาวก่อนเผา}} \times 100$$

— ความแข็งแรงของกระเบื้องหลังเผา



$$\text{MOR} = 3WL / 2bd^2$$

โดยที่ W – load ที่กดจนขึ้นทดสอบหัก

L – ความยาวของจุดที่ support ขึ้นทดสอบ

B – ความกว้างของขึ้นทดสอบ

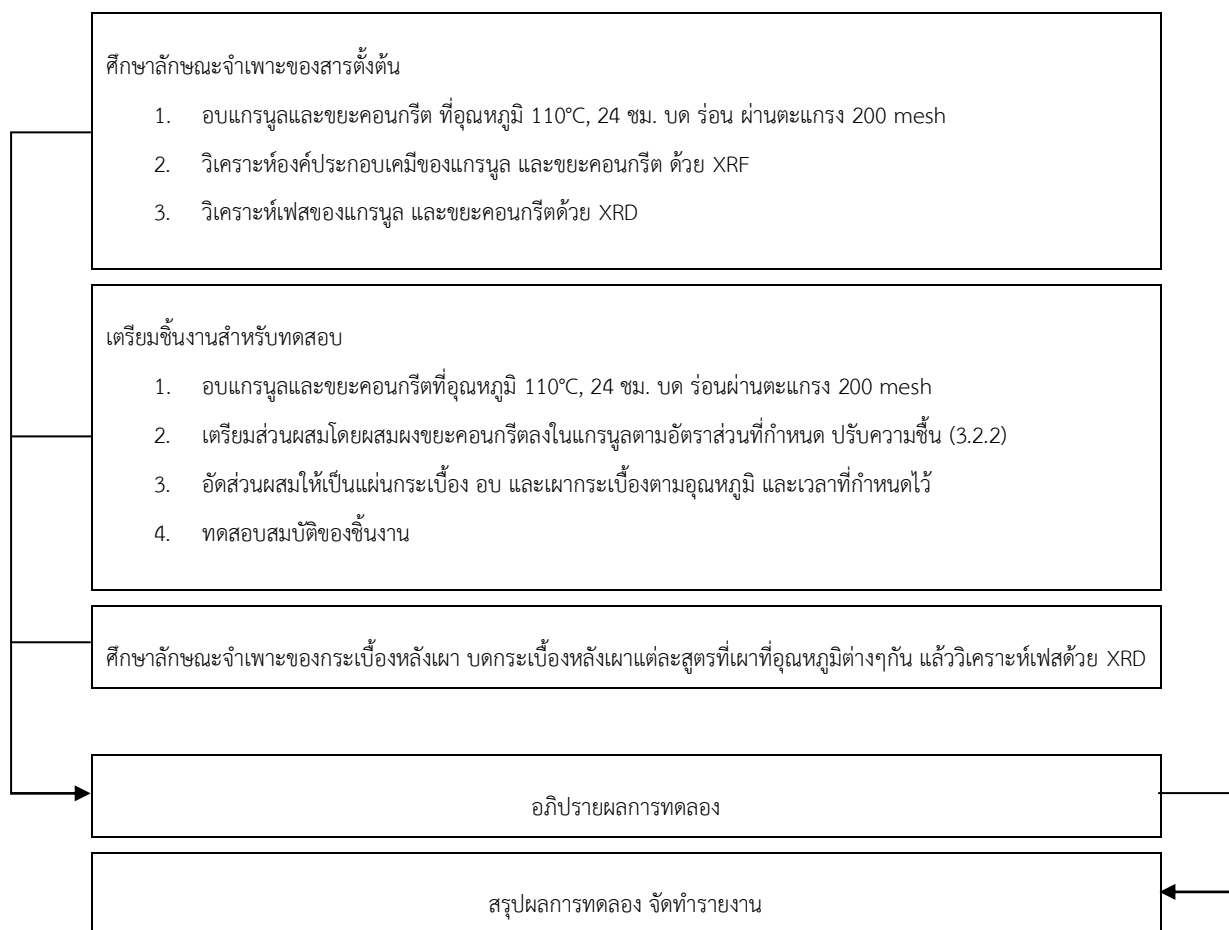
d – ความหนาของขึ้นทดสอบ

— การดูดซึมน้ำของกระเบื้องหลังเผา

$$\text{เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ} = \frac{(\text{น้ำหนักกระเบื้องหลังต้มในน้ำ} - \text{น้ำหนักกระเบื้องแห้ง})}{\text{น้ำหนักกระเบื้องแห้ง}} \times 100$$

11. อภิปรายผลการทดลอง สรุปผลการทดลอง และจัดทำรายงาน

3.3 แผนการดำเนินงาน



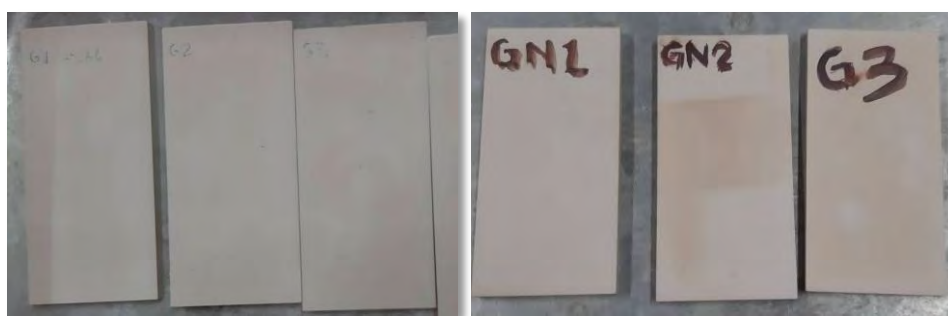
ในช่วงแรกของโครงการวิจัย ได้มีการวางแผนที่จะศึกษาลักษณะจำเพาะของสารตั้งต้น คือ แกรนูล และผงขยະคองกริต และวางแผนที่จะศึกษาผลของขยະคองกริตจากแหล่งต่าง ๆ รวมทั้งหมด 4 แหล่ง ดังแผนภาพที่แสดง แต่เนื่องจากสถานการณ์โควิด-19 นิสิตไม่สามารถเข้ามาทำการทดลองได้ในช่วงที่มีการปิดมหาวิทยาลัย จึงจำเป็นต้องตัดทอนงานให้สามารถทำได้ภายในเวลาอันจำกัด ต้องลดจำนวนแหล่งของขยະคองกริตเหลือเพียงแหล่งเดียว และทำการทดลองได้เพียงการเตรียมชิ้นงาน เผา และทดสอบสมบัติของกระเบื้อง การที่ไม่ได้มีผลวิเคราะห์ลักษณะจำเพาะของสารตั้งต้น และกระเบื้องหลังเผา จึงไม่สามารถอธิบายผลการทดลองได้เต็มที่ ที่ได้เพียงคาดคะเนจากงานวิจัยที่ผ่านมา และสรุปผลการทดลองเท่านั้น

บทที่ 4

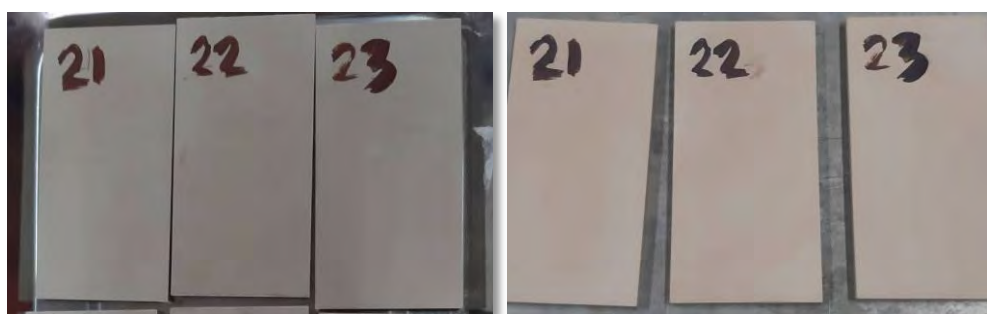
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 สีของชิ้นงานกระเบื้องก่อนเผาและหลังเผา

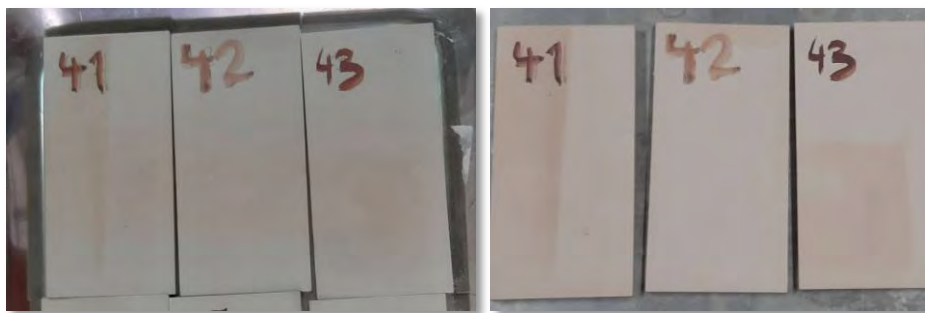
4.1.1 สีของชิ้นงานกระเบื้องก่อนและหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1100°C เป็นเวลา 30 นาที ด้วย heating rate 5°C/min เมื่อเติมขี้เถ้าคอนกรีตในปริมาณต่าง ๆ กัน แสดงในรูปที่ 1 – 4



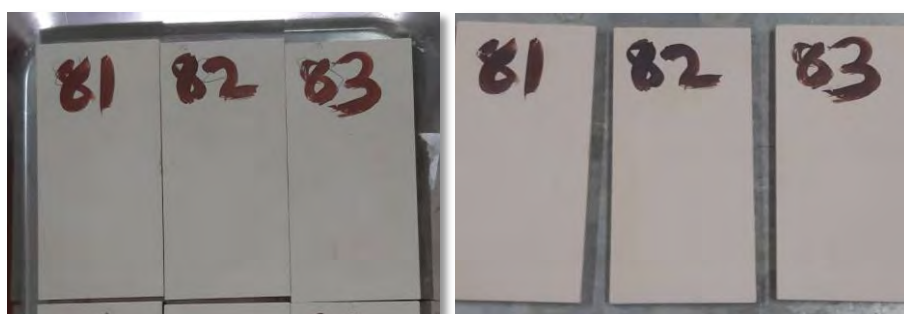
รูปที่ 1 ชิ้นงานกระเบื้องที่ไม่ผสมขี้เถ้าคอนกรีต (waste 0%) (รูปซ้ายก่อนเผา รูปขวาหลังเผา)



รูปที่ 2 ชิ้นงานกระเบื้องที่ผสมขี้เถ้าคอนกรีต 2% โดยน้ำหนัก (รูปซ้ายก่อนเผา รูปขวาหลังเผา)



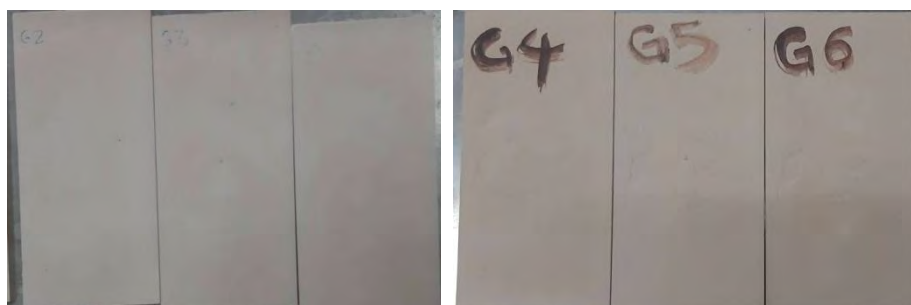
รูปที่ 3 ชิ้นงานกระเบื้องที่ผสมขยะคอนกรีต 4% โดยน้ำหนัก (รูปซ้ายก่อนเผา รูปขวาหลังเผา)



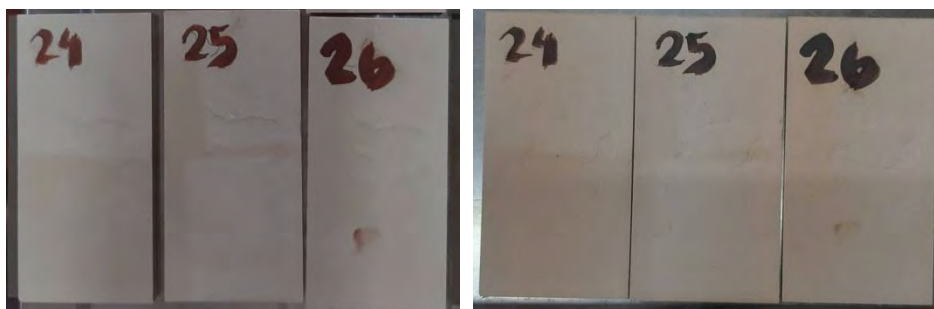
รูปที่ 4 ชิ้นงานกระเบื้องที่ผสมขยะคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก (รูปซ้ายก่อนเผา รูปขวาหลังเผา)

จากรูปที่ 1 - 4 สังเกตได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบสีของกระเบื้องก่อนเผาและหลังเผา สูตรที่ไม่ผสมขยะคอนกรีต และสูตรที่ผสมขยะคอนกรีต พบว่าสีของกระเบื้องหลังเผานั้นจะมีสีที่อ่อนกว่ากระเบื้องก่อนเผาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

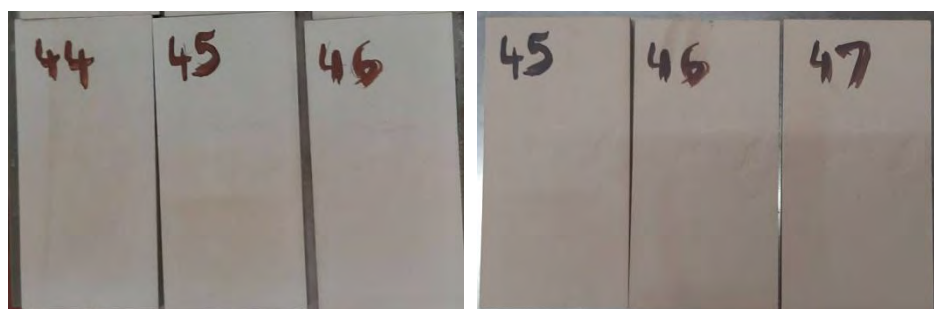
4.1.2 สีของชิ้นงานกระเบื้องก่อนและหลังเผา อุณหภูมิ 1150°C เป็นเวลา 30 นาที ด้วย heating rate 5°C/min เมื่อเติมขยะคอนกรีตในปริมาณต่าง ๆ กัน แสดงในรูปที่ 5 - 8



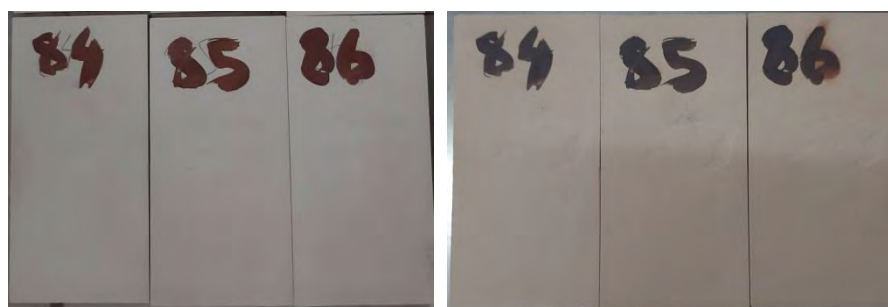
รูปที่ 5 ชิ้นงานกระเบื้องที่ไม่ผสมขยะคอนกรีต (waste 0%) (รูปซ้ายก่อนเผา รูปขวาหลังเผา)



รูปที่ 6 ชิ้นงานกระเบื้องที่ผสมขยอะคอนกรีต 2% โดยน้ำหนัก (รูปซ้ายก่อนเผา รูปขวาหลังเผา)



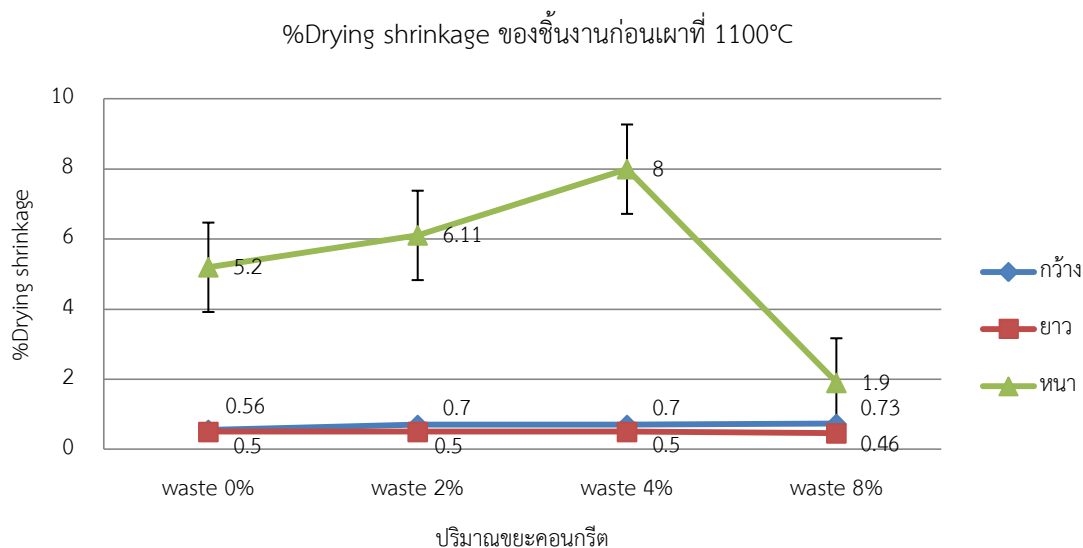
รูปที่ 7 ชิ้นงานกระเบื้องที่ผสมขยอะคอนกรีต 4% โดยน้ำหนัก (รูปซ้ายก่อนเผา รูปขวาหลังเผา)



รูปที่ 8 ชิ้นงานกระเบื้องที่ผสมขยอะคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก (รูปซ้ายก่อนเผา รูปขวาหลังเผา)

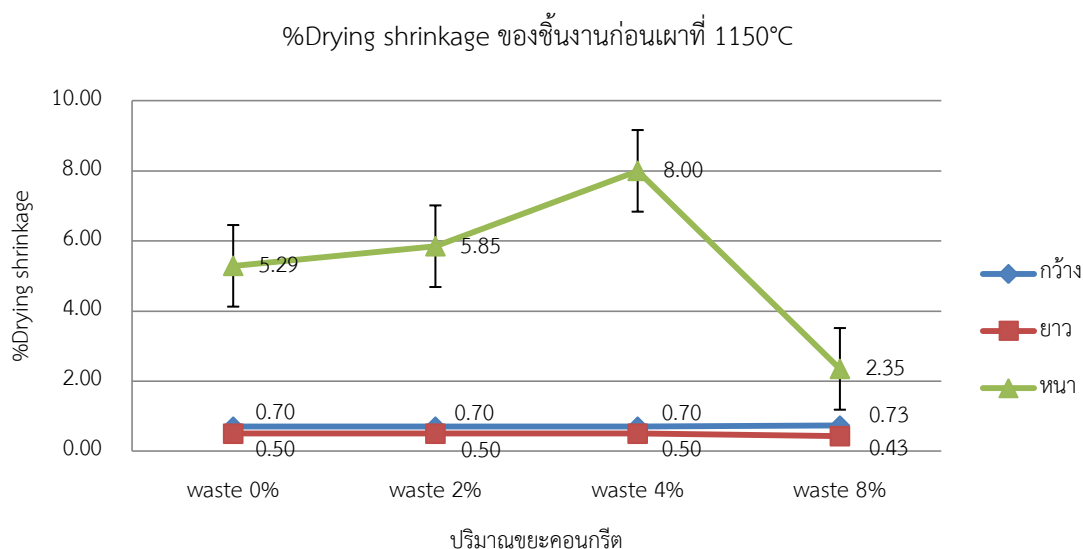
จากรูปที่ 5 - 8 สังเกตได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบสีของกระเบื้องก่อนเผาและหลังเผา สูตรที่ไม่ผสมขยอะคอนกรีต และสูตรที่ผสมขยอะคอนกรีต พบว่าสีของกระเบื้องหลังเผาจะมีสีที่เข้มกว่ากระเบื้องก่อนเผาลเล็กน้อย โดยสีจะออกไปทางสีแดงอิฐอ่อนๆ

4.2 การหดตัวของชิ้นงานกระเบื้องหลังอบแห้ง (Drying shrinkage)



รูปที่ 9 เปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังอบแห้ง ของชิ้นงานกระเบื้อง ก่อนเผาที่อุณหภูมิ 1100°C

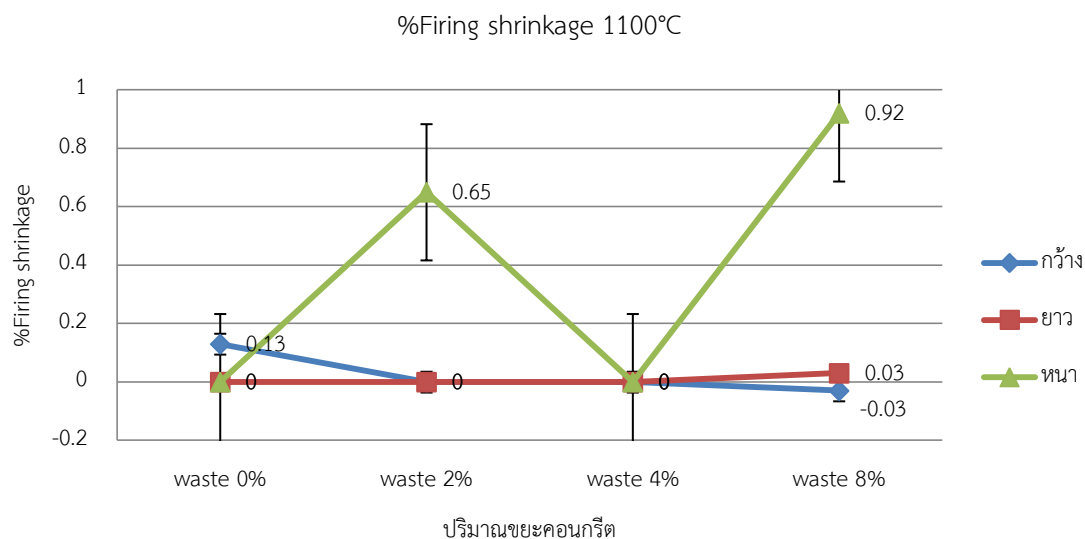
จากรูปที่ 9 สังเกตได้ว่าการหดตัวของชิ้นงานกระเบื้องหลังอบแห้ง ก่อนเผาที่อุณหภูมิ 1100°C ด้านความกว้างของชิ้นงานที่ไม่ใส่ขยะคอนกรีตมีค่าการหดตัวต่ำที่สุด ค่าคือ 0.56% และการหดตัวสูงที่สุดคือชิ้นงานที่ผสมขยะคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก คือ 0.73% ด้านความยาวของชิ้นงานที่มีค่าการหดตัวน้อยที่สุดคือชิ้นงานที่ผสมขยะคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก คือ 0.46% ส่วนชิ้นงานที่ผสมขยะคอนกรีต 0%, 2% และ 4% โดยน้ำหนัก มีค่าน้อยที่สุด คือ 0.5% และความหนาของชิ้นงานที่ผสมขยะคอนกรีต 8% มีค่าน้อยที่สุดคือ 1.90% และชิ้นงานที่ผสมขยะคอนกรีต 4% โดยน้ำหนัก มีค่าการหดตัวมากที่สุดคือ 8%



รูปที่ 10 เปรี่เซ็นต์การหดตัวหลังอบแห้ง ของชิ้นงานกระเบื้องก่อนเผาที่อุณหภูมิ 1150°C

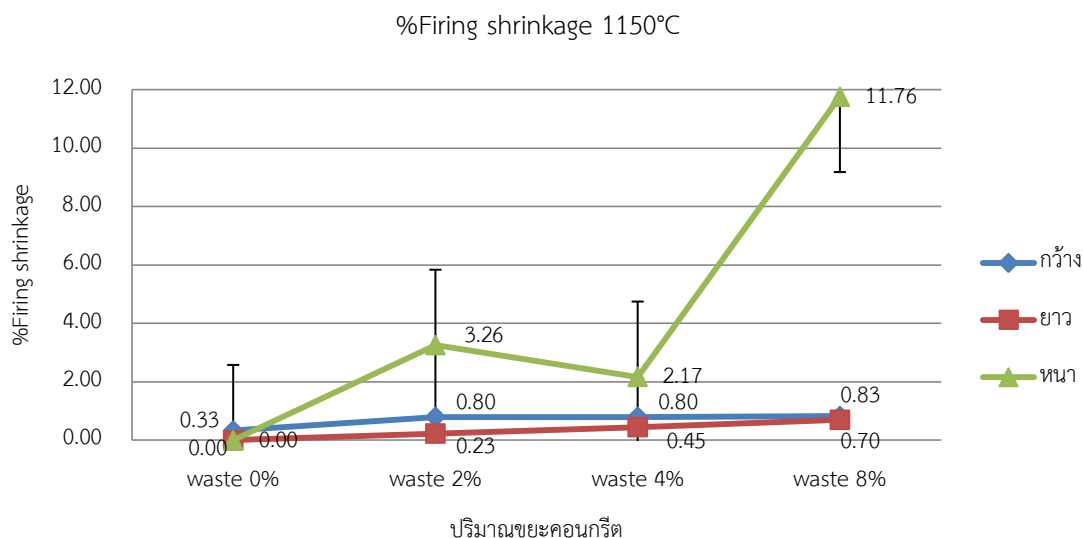
จากรูปที่ 10 สังเกตได้ว่าการหดตัวของชิ้นงานกระเบื้องหลังอบแห้ง ก่อนเผาที่อุณหภูมิ 1150 °C ด้านความกว้างของชิ้นงานที่ผสมขยะคอนกรีต 0%, 2% และ 4% โดยน้ำหนัก มีค่าต่ำที่สุดคือ 0.70% การหดตัวมากที่สุดคือชิ้นงานที่ผสมขยะคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก มีค่ามากที่สุดคือ 0.73% ด้านความยาวของชิ้นงาน การหดตัวต่ำที่สุดคือในชิ้นงานที่ผสมขยะคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก คือ 0.43% และมากที่สุดคือชิ้นงานที่ผสมขยะคอนกรีต 0%, 2% และ 4% โดยน้ำหนัก ค่าคือ 0.50% และด้านความหนา ชิ้นงานที่หดตัวต่ำที่สุดคือชิ้นงานที่ผสมขยะคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก คือ 2.35% และมากที่สุดคือชิ้นงานที่ผสมขยะคอนกรีต 4% โดยน้ำหนัก คือ 8.00%

4.3 การหดตัวของกระเบื้องหลังเผา (Firing shrinkage)



รูปที่ 11 เปอร์เซ็นต์การหดตัวของชิ้นงานกระเบื้องหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1100°C เป็นเวลา 30 นาที ด้วย heating rate 5°C/min

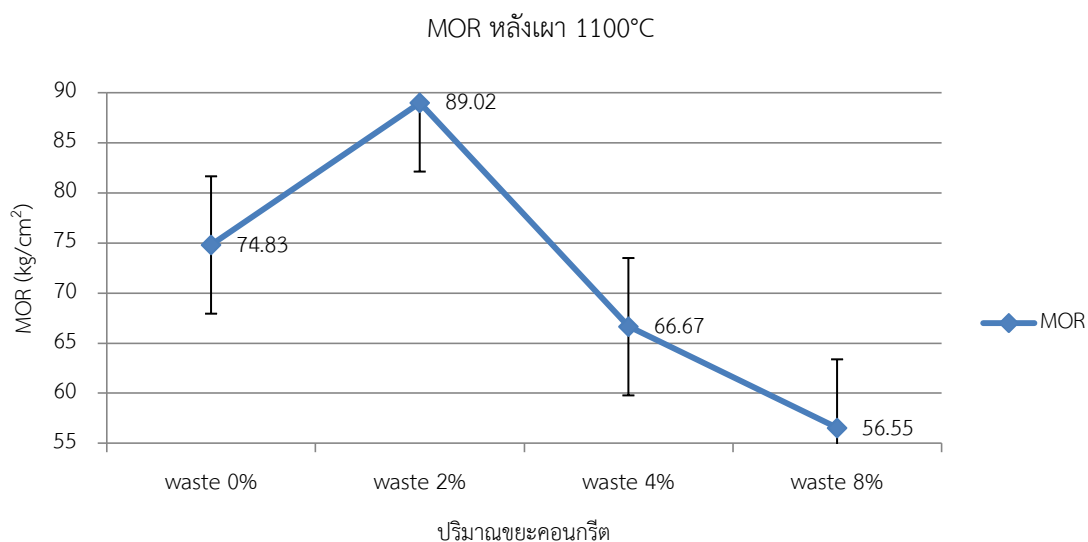
จากรูปที่ 11 สังเกตได้ว่า การหดตัวของด้านความกว้างและความยาวของชิ้นงานกระเบื้องที่ผสมขยะคอนกรีต 0%, 2% และ 4% โดยน้ำหนัก ไม่มีการหดตัว ส่วนชิ้นงานกระเบื้องที่ผสมขยะคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก ด้านความกว้างมีค่า -0.03% เนื่องจากชิ้นงานมีการขยายตัวเล็กน้อย ในด้านความยาวค่าการหดตัวอยู่ที่ 0.03% ซึ่งเป็นค่ามากที่สุด สำหรับความหนา ชิ้นงานกระเบื้องที่หดตัวต่ำที่สุดและสูงที่สุดคือ ชิ้นงานกระเบื้องที่ผสมขยะคอนกรีต 4% และ 8% โดยน้ำหนัก ค่าคือ 0.00% และ 0.92% ตามลำดับ



รูปที่ 12 เปอร์เซ็นต์การหดตัวของชิ้นงานกระเบื้องหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1150°C เป็นเวลา 30 นาที
ด้วย heating rate 5°C/min

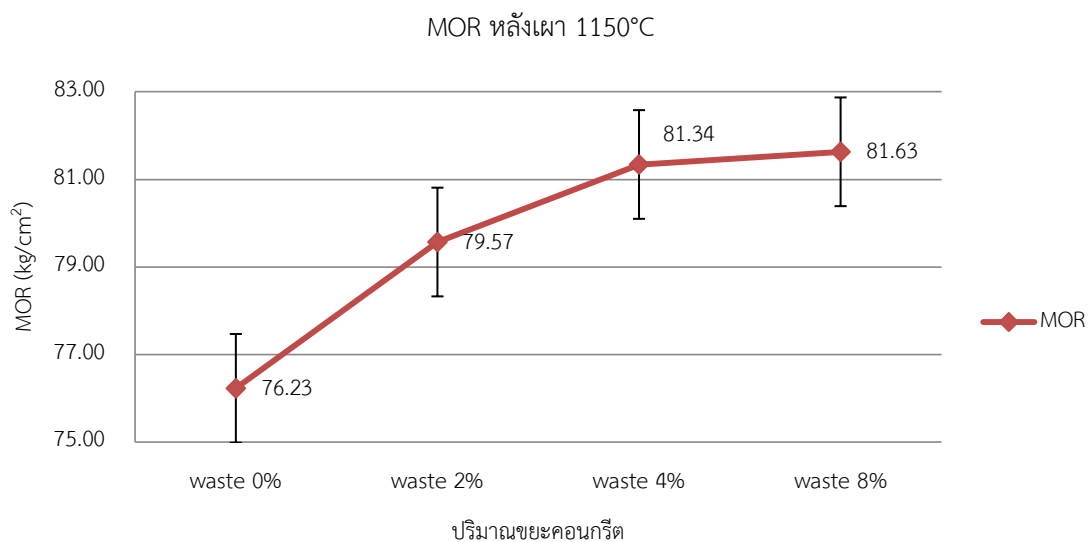
จากรูปที่ 12 การหดตัวของชิ้นงานกระเบื้องหลังเผาที่อุณหภูมิ 1150°C ด้านความกว้าง ชิ้นงานที่มีค่าการหดตัวน้อยที่สุดคือชิ้นที่ไม่ใส่ขยะคอนกรีต คือ 0.33% และชิ้นงานกระเบื้องที่มีค่าหดตัวมากที่สุด คือ ชิ้นงานที่ผสมขยะคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก คือ 0.83% ด้านความยาว ชิ้นงานกระเบื้องที่มีค่าการหดตัวต่ำที่สุดคือชิ้นงานไม่ผสมขยะคอนกรีต คือ 0.00% และชิ้นงานที่มีค่าการหดตัวมากที่สุดคือชิ้นงานที่ใส่ขยะคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก คือ 0.83% และด้านความหนา ชิ้นงานกระเบื้องที่ไม่ผสมขยะคอนกรีต ไม่มีการหดตัว และชิ้นงานที่มีการหดตัวสูงที่สุดคือชิ้นงานที่ผสมขยะคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก คือ 11.76%

4.4 ค่าความแข็งแรงของชิ้นงานกระเบื้องหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1100°C และ 1150°C



รูปที่ 13 ค่าความแข็งแรงหลังเผาของชิ้นงานกระเบื้องหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1100°C เป็นเวลา 30 นาที ด้วย heating rate 5°C/min

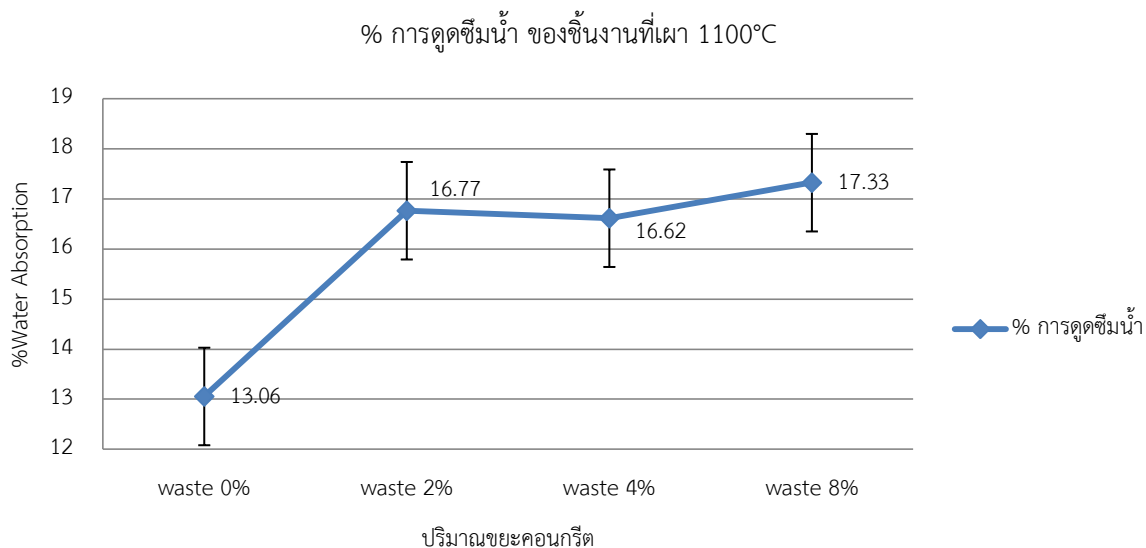
รูปที่ 13 แสดงค่าความแข็งแรงหลังเผาของชิ้นงานกระเบื้องที่อุณหภูมิ 1100°C ชิ้นงานกระเบื้องที่มีค่า MOR น้อยที่สุดคือ ชิ้นงานกระเบื้องที่ผสมขยะคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก คือ 56.55 kg/cm² และชิ้นงานกระเบื้องที่มีค่า MOR มากที่สุด คือชิ้นงานที่ผสมขยะคอนกรีต 2% โดยน้ำหนัก คือ 89.02 kg/cm² ซึ่งมีค่าสูงกว่าชิ้นงานกระเบื้องที่ไม่ได้เติมขยะคอนกรีต (สูตรอ้างอิง)



รูปที่ 14 ค่าความแข็งแรงหลังเผาของชิ้นงานกระเบื้องหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1150°C เป็นเวลา 30 นาที ด้วย heating rate 5°C/min

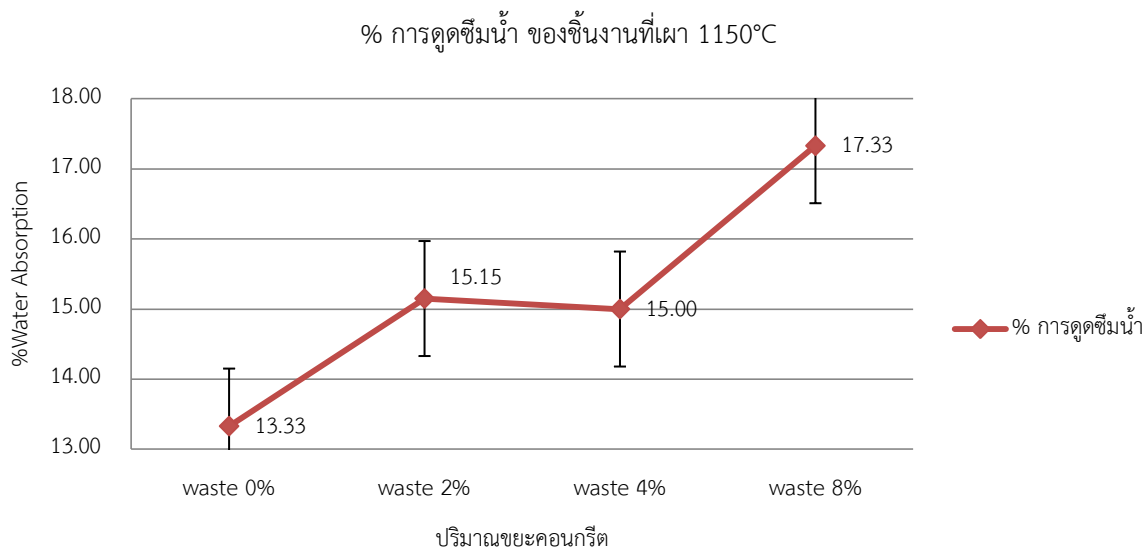
จากรูปที่ 14 ด้วยอุณหภูมิการเผาที่สูงขึ้น พบว่าความแตกต่างของค่าความแข็งแรงต่างจากชิ้นงานกระเบื้องที่เผาที่อุณหภูมิ 1100°C คือมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยชิ้นงานกระเบื้องที่มีค่า MOR ต่ำที่สุดคือชิ้นงานที่ไม่ได้ใส่ขยะคอนกรีต (สูตรอ้างอิง) คือ 76.23 kg/cm² และชิ้นงานที่มีค่า MOR สูงที่สุด คือชิ้นงานกระเบื้องที่ผสมขยะคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก คือ 81.86 kg/cm²

4.5 ค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานกระเบื้องหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100°C และ 1150°C



รูปที่ 15 ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของชิ้นงานกระเบื้องหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1100°C เป็นเวลา 30 นาที ด้วย heating rate 5°C/min

จากรูปที่ 15 ค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานกระเบื้องหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1100°C โดยชิ้นงานที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำต่ำที่สุด คือ ชิ้นงานที่ไม่ได้ผสมขยะคอนกรีต (สูตรอ้างอิง) คือ 13.06% และชิ้นงานที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำมากที่สุด คือ ชิ้นงานที่ผสมขยะคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก คือ 17.33% ส่วนชิ้นงานที่ผสมขยะคอนกรีต 2% และ 4% โดยน้ำหนัก มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 16.77% และ 16.62% ตามลำดับ



รูปที่ 16 ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของชิ้นงานกระเบื้องหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1150°C เป็นเวลา 30 นาที ด้วย heating rate 5°C/min

จากรูปที่ 16 ค่าการดูดซึมน้ำของชิ้นงานกระเบื้องหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1150°C ชิ้นงานที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำต่ำที่สุด คือ ชิ้นงานที่ไม่ได้ผสมขยะคอนกรีต (สูตรอ้างอิง) คือ 13.33% และชิ้นงานที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำสูงที่สุด คือ ชิ้นงานที่ผสมขยะคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก ค่าคือ 17.33% ส่วนชิ้นงานที่ผสมขยะคอนกรีต 2% และ 4% โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำมีค่าใกล้เคียงกันมาก คือ 15.15% และ 15.00% ตามลำดับ

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการเปรียบเทียบลักษณะภายนอกของชิ้นงานกระเบื้องที่ผสมขยะคอนกรีต 0%, 2%, 4% และ 8% โดยน้ำหนัก พบว่าสีของชิ้นงานกระเบื้องก่อนและหลังเผา ค่อนข้างใกล้เคียงกัน เนื่องจากขยะคอนกรีตที่ผสมลงไปในการนวลกระเบื้อง ไม่ได้ส่งผลต่อสีโดยรวมของเนื้อแกรนูลกระเบื้อง ต่างจากส่วนผสมที่เป็นสารอินทรีย์ เช่น ดิน ที่จะทำให้สีของส่วนผสมเข้มขึ้น และเมื่อเผาแล้วสารอินทรีย์เหล่านั้นถูกกำจัดออกไป ทำให้สีของกระเบื้องอ่อนลง

การหดตัวของชิ้นงานก่อนและหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1100°C และ 1150°C เป็นเวลา 30 นาที ด้วย heating rate 5°C/min เมื่อเทียบในส่วนของชิ้นงานก่อนอบแห้ง และหลังอบแห้ง(ก่อนเผา) พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเติมขยะคอนกรีตจนถึง 4% โดยน้ำหนัก จากนั้นค่าการหดตัวจะลดลงในสูตรที่เติมขยะคอนกรีต 8% โดยน้ำหนัก ซึ่งเปอร์เซ็นต์การหดตัวก่อนเผา ไม่ได้แสดงความสัมพันธ์กับค่าความแข็งแรงของชิ้นงาน ส่วนเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผา พบว่าเมื่อผสมขยะคอนกรีตเพิ่มขึ้น ค่าการหดตัวจะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อผสมขยะคอนกรีตในปริมาณที่มากขึ้น ชิ้นงานกระเบื้องนั้นอาจมีการขยายตัวเกิดขึ้นได้ ทำให้ค่าการหดตัวลดลง

เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรง (MOR) พบว่าเมื่อเผากระเบื้องที่ 1100°C กระเบื้องที่เติมขยะคอนกรีต 2% โดยน้ำหนัก จะให้ค่าความแข็งแรงสูงที่สุด จากนั้นค่าความแข็งแรงจะลดต่ำลงจนต่ำกว่าสูตรที่ไม่ได้เติมขยะคอนกรีต และกระเบื้องหลังเผาที่ 1150°C ค่าความแข็งแรงของกระเบื้องจะเพิ่มตามปริมาณของขยะคอนกรีต แต่ยังต่ำกว่าค่าความแข็งแรงของกระเบื้องที่เติมขยะคอนกรีต 2% โดยน้ำหนัก เมื่อเผากระเบื้องที่ 1100°C

สำหรับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ พบว่า กระเบื้องหลังเผาที่อุณหภูมิ 1100°C และ 1150°C จะมีค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นตามปริมาณขยะคอนกรีตที่เติม ซึ่งไม่สอดคล้องกับค่าความแข็งแรง เพราะกระเบื้องที่มีค่าการดูดซึมน้ำที่สูงขึ้น แสดงว่ามีความพรุนตัวเพิ่มขึ้น จึงน่าจะมีค่าความแข็งแรงลดลง

จากงานวิจัยนี้ กระเบื้องที่ให้สมบัติที่ดีที่สุดคือ กระเบื้องที่เติมขยะคอนกรีต 2% โดยน้ำหนัก เผาที่ 1100°C ให้ค่าความแข็งแรงสูงที่สุดโดยที่มีค่าการดูดซึมน้ำใกล้เคียงกับกระเบื้องที่เติมขยะคอนกรีตทุกสูตร

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมีของขยะคอนกรีต และของแกรนูลกระเบื้อง รวมทั้งตรวจสอบเฟสของขยะคอนกรีต และกระเบื้องหลังเผา เพื่อให้ทราบปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อสมบัติต่าง ๆ ของชิ้นงานกระเบื้อง
2. ควรเพิ่มจำนวนชิ้นงานในการทดลอง เพื่อลดค่าการเบี่ยงเบนของชุดข้อมูล และให้ได้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่แม่นยำมากขึ้น
3. ในขั้นตอนการบดผสม ควรปรับวิธีการผสม เพื่อให้ได้ส่วนผสมที่มีความเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น เช่น เพิ่มเวลาในการผสม หรือ เปลี่ยนเป็นวิธีการผสมเปียกแทนการผสมแห้ง

เอกสารอ้างอิง

- SCG Experience. ศัพท์คนสร้างบ้าน ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ (Portland Cement). [ออนไลน์]. 2559.
แหล่งที่มา : <http://www.scgbuildingmaterials.com/th/LivingIdea/NewBuild/Portland-Cement.aspx> [9 พฤษภาคม 2562]
- สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. ซีเมนต์และคอนกรีต. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=2&chap=5&page=t2-5-infodetail10.html> [9 พฤษภาคม 2562]
- สำนักวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม. โครงการที่ต้องจัดทำ EIA. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.onep.go.th/eia/index.php?option=com_content&view=article&id=32&Itemid=128 [9 พฤษภาคม 2562]
- ดร.อัจฉรา อัครวิจิตรกุลชัย, ผศ.ดร.รัชวีร์ ลีละวัฒน์ และ รศ.อุษณีย์ อุยะเสถียร. การศึกษาแนวทางการจัดการเศษสิ่งก่อสร้างสำหรับประเทศไทย. [ออนไลน์]. 2550. แหล่งที่มา : http://infofile.pcd.go.th/waste/Waste_distribution.pdf [10 พฤษภาคม 2562]
- Ilker Bekir Topçu, Nedim Firat Günçan, Using waste concrete as aggregate, Cement and Concrete Research 25 (1995) 1385-1390
- Kazuhisa Yoda, Akira Shintani, Building application of recycled aggregate concrete for upper-ground structural elements, Construction and Building Materials 67 (2014) 379-385
- F. Pacheco-Torgal, S. Jalali, Reusing ceramic wastes in concrete, Construction and Building Materials 24 (2010) 832 - 838.
- Sepani Senaratne, Gregory Lambrousis, Olivia Mirza, Vivian W. Y. Tam and Won-Hee Kang, Recycled concrete in structural applications for sustainable construction practices in Australia, Procedia Engineering 180 (2017) 751 – 758.