

ผลของการใช้เถ้าลอยจากกระบวนการรีดักชันโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นวัสดุผสมเพิ่มต่อสมบัติของซีเมนต์เพสต์ผสมเถ้าลอย EFFECT OF FLY ASH FROM SELECTIVE CATALYTIC REDUCTION SYSTEM ON MECHANICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF BLENDED CEMENT PASTE

ธีรภัทร์ จงวิจักขณ์¹, ธีรรา สุวรรณ^{1,*}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่.

*Corresponding author address: teewara.s@cmu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินผลของเถ้าลอยจากกระบวนการรีดักชันโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Selective Catalytic Reduction, SCR) จากโรงไฟฟ้าทดแทนโรงไฟฟ้าแม่เมาะเครื่องที่ 4-7 ต่อคุณสมบัติทางกลของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เมื่อถูกแทนที่ในปริมาณที่ต่างกัน โดยพิจารณาผลเปรียบเทียบกับเถ้าลอยแคลเซียมสูง (H.Ca.) ที่มาจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าแบบเดิมของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จ.ลำปาง ซึ่งในการผสมตัวอย่างใช้อัตราส่วนของน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.35 และผสมเถ้าลอยในอัตราส่วน 0% (ตัวอย่างควบคุม), 20%, 40%, และ 60% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ การทดสอบประกอบไปด้วย การทดสอบการไหลแผ่, ระยะเวลาก่อตัว, การหาปริมาณความเข้มข้นแอมโมเนียของตัวอย่างและการทดสอบกำลังรับแรงอัดและหน่วยน้ำหนักที่อายุ 3, 28 และ 90 วัน นอกจากนี้ยังได้ทำการหาค่าประกอบทางเคมี และลักษณะของโครงสร้างทางจุลภาคของตัวอย่างประกอบด้วย จากการทดสอบพบว่า ซีเมนต์เพสต์ที่ผสมกับเถ้าลอยจากกระบวนการรีดักชันโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (SCR) มีหน่วยน้ำหนักที่เบากว่า เนื่องจาก อนุภาคของเถ้าลอยมีขนาดใหญ่กว่าและมีความหนาแน่นต่ำกว่า ในส่วนของการทดสอบกำลังอัด พบว่าตัวอย่างที่ผสมด้วยเถ้าลอยจากกระบวนการรีดักชันโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (SCR) มีค่าต่ำกว่าเถ้าลอยแคลเซียมสูงเล็กน้อย เนื่องจากผลของอนุภาคเถ้าลอยที่ใหญ่กว่า ทำให้ช่องว่างในตัวอย่างมากกว่า รวมถึงมีแนวโน้มความเป็นผลึกจากการทำปฏิกิริยาทางเคมีขององค์ประกอบทางเคมีเช่น แคลเซียมซิลิเกต-ไฮดรอกไซด์ ทำให้ได้กำลังที่น้อยกว่า โดยซีเมนต์เพสต์ที่ผสมเถ้าลอยจากกระบวนการรีดักชันโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา SCR ที่อัตราการแทนที่ 20 % ที่อายุ 28 วัน มีค่ากำลังอัดสูงสุดเมื่อเทียบกับ 40% และ 60% โดยน้ำหนัก

คำสำคัญ: ซีเมนต์เพสต์, เถ้าลอยจากกระบวนการรีดักชันโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (selective catalytic reduction), คุณสมบัติทางกล

Abstract

This research aims to investigate the mechanical properties of fly ash from the Selective Catalytic Reduction (SCR) process as a replacement in Portland cement binder. Fly ash was collected from the new installation Mae Moh power plants unit 4-7. The SCR fly ash was used to replace Portland cement by 0%, 20%, 40% and 60% by weight respectively. The overall water/binder (w/b) ratio of 0.35 was used in all mixtures. High calcium fly ash (H.Ca.) the typical fly ash type, from Mae Moh power plant was used as a control mix for comparison in this research. X-ray fluorescence analysis X-ray diffraction analysis and Scanning electron microscope were also carried out in this study. The results showed that cement paste with SCR fly ash had less compressive strength and less density than that of cement paste with typical high-calcium fly ash. The cement paste with SCR fly ash replacement of 20% achieved the highest compressive strength, followed by 40% and 60% of the total binder, respectively.

Keywords: Cement paste, Fly ash, Selective Catalytic Reduction process, Mechanical properties

1. บทนำ

เถ้าลอย เป็นวัสดุพลอยได้ (By product) จากการผลิตไฟฟ้าซึ่งเกิดจากการเผาถ่านหิน ในปัจจุบันเถ้าลอยถูกนำมาใช้เป็นสารผสมเพิ่มในคอนกรีต เนื่องจากเถ้าลอยสามารถเกิดปฏิกิริยาปอซโซลาน ซึ่งหมายถึงวัสดุที่มีซิลิกา และอะลูมินา เป็นองค์ประกอบหลักและให้ผลดีต่อคอนกรีต ทั้งคุณสมบัติคอนกรีตสดและคอนกรีตที่แข็งตัว นอกจากนี้ในเชิงเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมการใช้เถ้าลอยที่เป็นวัสดุ

เหลือทิ้งผสมกับปูนซีเมนต์ทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิตคอนกรีตได้และยังส่งผลทำให้ลดการผลิตซีเมนต์จึงทำให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นต้นเหตุของภาวะโลกร้อน [1] ปัจจุบันโรงงานผลิตคอนกรีตในประเทศไทยมีการใช้เถ้าลอยผสมคอนกรีตซึ่งเถ้าลอยที่นำมาผสมนั้นส่วนใหญ่ นำมาจากโรงไฟฟ้า เช่น โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จ.ลำปาง ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดเถ้าลอยจำนวนมากต่อปี

โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จ.ลำปาง เป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าขนาดใหญ่ในประเทศไทย ซึ่งการผลิตไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะนั้นใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิง โดยจะได้ของเสียเป็นเถ้าลอยประมาณ 6,000 ตันต่อวัน [2] ซึ่งเถ้าลอยที่ได้จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะจะนำไปจำหน่ายให้แก่ผู้ผลิตคอนกรีต เนื่องจากเถ้าลอยมีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลานดั่งที่กล่าวมาข้างต้น เริ่มแรกโรงไฟฟ้าแม่เมาะได้สร้างโรงไฟฟ้าทั้งหมด 13 โรงไฟฟ้า และได้ปลดออกจากระบบ ไปแล้วคือเครื่องที่ 1-3 และเมื่อปี 2562 ที่ผ่านมาได้เปิดใช้งาน โรงไฟฟ้าทดแทนโรงไฟฟ้าแม่เมาะเครื่องที่ 4 – 7 โดยสร้างขึ้นเพื่อใช้งานแทนโรงไฟฟ้าเครื่องที่ 4 – 7 ที่จะถูกปลดออกเมื่อหมดอายุการใช้งาน ซึ่งโรงไฟฟ้าทดแทนโรงไฟฟ้าแม่เมาะเครื่องที่ 4 – 7 ได้ติดตั้งระบบกำจัดก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนจากไอเสียแบบ Selective Catalytic Reduction (SCR) โดยหลักการคือจะใช้ การใส่แอมโมเนียเข้าไปทำปฏิกิริยาเคมีกับก๊าซไนโตรเจน โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา เพื่อกำจัดก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมเป็นน้ำและไนโตรเจนแทน [3]

จากงานวิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเถ้าลอยที่ได้จากโรงไฟฟ้าที่มีระบบกำจัดก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน แบบ Selective Catalytic Reduction (SCR) และ Selective Non-Catalytic Reduction (SNCR) พบว่าเถ้าลอยมีการปนเปื้อนแอมโมเนียปริมาณหนึ่ง และเมื่อทำการทดสอบโดยการนำไปผสมปูนซีเมนต์พบว่าคุณสมบัติทางด้านกำลังที่ได้นั้นไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงแบบมีนัยสำคัญ [4]

บทความนี้จะกล่าวถึงการนำเถ้าลอยที่ได้จากโรงไฟฟ้าที่มีระบบกำจัดก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน แบบ Selective Catalytic Reduction (SCR) ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มาใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่มในปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ เพื่อประเมินผลกระทบของเถ้าลอยในปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ด้านกำลังโดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ผสมเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าแบบเดิม(H.Ca.)

2. ระเบียบวิธีวิจัย

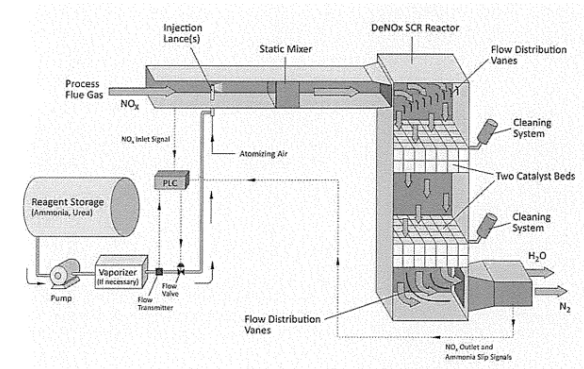
2.1. วัสดุ

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เถ้าลอยแคลเซียมสูง (High Calcium Fly ash) Class C จากโรงไฟฟ้าทดแทนโรงไฟฟ้าแม่เมาะเครื่องที่ 4 – 7 จังหวัดลำปาง ที่มีระบบกำจัดก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนจากไอเสีย (SCR) โดยหลักการทำงานคือ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนที่เกิดจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าจะเข้ามาในระบบ SCR และจะถูกทำปฏิกิริยาโดยแอมโมเนียดังแสดงดังรูปที่ 1

เถ้าลอยแคลเซียมสูง (High Calcium Fly ash) Class C จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัด ลำปาง ที่ไม่มีระบบ SCR ถูกใช้เพื่อเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบในการศึกษานี้

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ใช้เป็นปูนประเภทที่ 1 ที่มีระยะเวลา

ก่อตัวขึ้นต้นเมื่อมีความชื้นเหลือปกติที่ 85 นาที



รูปที่ 1 รูปแสดงการทำงานของระบบ SCR [3]

2.2. การทดสอบ

การทดสอบทั้งหมดดำเนินการโดยเปรียบเทียบระหว่างเถ้าลอยแบบมีระบบ กำจัดก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนจากไอเสียแบบ Selective Catalytic Reduction (SCR) และแบบที่เดิม (H.Ca.) ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

การทดสอบเถ้าลอยประกอบด้วยการทดสอบหาความเข้มข้นของแอมโมเนียโดยใช้ วิธีการสกัดด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCL EXTRACTION) เถ้าลอยที่นำมาทดสอบถูกเก็บในถังและปิดฝาไว้ โดยวันที่เริ่มนำมาทดสอบห่างจากวันที่เก็บเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้า ประมาณ 200 วัน

การทดสอบการกระจายตัวของขนาดอนุภาคเถ้าลอยถูกทดสอบโดยใช้เครื่อง Particle size Analyzer Laser, diffraction รุ่น Mastersizer S,

การทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยทดสอบโดยใช้ เครื่องมือ X-ray Fluorescence (XRF)

ชนิดสารประกอบและโครงสร้างผลึกของสารประกอบในเถ้าลอยทดสอบโดยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (XRD)

โครงสร้างจุลภาคเถ้าลอยทดสอบโดยใช้เทคนิค Scanning Electron Microscope (SEM)

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของเถ้าลอยอ้างอิงตามมาตรฐาน ASTM C 188

การทดสอบเถ้าลอยในตัวอย่างซีเมนต์ใช้การผสมตัวอย่างโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน (w/b) เท่ากับ 0.35 และผสมปูนซีเมนต์ต่อเถ้าลอยในอัตราส่วนเท่ากับ 100:0, 80:20, 60:40, และ 40:60 ตามลำดับโดยการทดสอบในซีเมนต์เพสต์ประกอบด้วย

การทดสอบกำลังทดสอบตามมาตรฐาน BS EN 196-1 โดยใช้ตัวอย่างทดสอบขนาด 4 x 4 x 16 เซนติเมตรและทดสอบตัวอย่างที่อายุ 3, 28, และ 90 วัน พร้อมทั้งหาความหนาแน่นของตัวอย่างก่อน

ทดสอบกำลัง โดยหลังจากเทลงแบบ 24 ชั่วโมงแล้วจะถูกรับด้วย
พลาสติกที่อุณหภูมิกักตุน (จนถึงวันที่ทำการทดสอบ)

การทดสอบการไหลและระยะเวลาก่อตัวอ้างอิงตามมาตรฐาน
ASTM C 187,C 191

ชนิดสารประกอบและโครงสร้างผลึกของสารประกอบทดสอบ
โดยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (XRD)

โครงสร้างจุลภาคทดสอบโดยใช้เทคนิค Scanning Electron
Microscope (SEM)

3. ผลการทดสอบ

3.1. การทดสอบเถ้าลอย

3.1.1. ปริมาณแอมโมเนียในเถ้าลอย

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียในเถ้าลอยทั้งสองชนิด
(High Calcium และ SCR) แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบแอมโมเนียในเถ้าลอย

ตัวอย่าง	แอมโมเนีย(mg./kg.)
SCR	2.17
High Calcium	Not detect

จากผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าเถ้าลอย high calcium นั้นไม่มี
แอมโมเนียตกค้างเนื่องจากไม่มีการใส่แอมโมเนีย ในส่วนของเถ้า
ลอย SCR นั้น ส่งผลให้ตัวเถ้าลอยมีแอมโมเนียตกค้างอยู่ ซึ่ง ณ
เวลา 200 วัน นั้น แอมโมเนียที่ตกค้างอยู่ มีประมาณ 2.17 mg./kg.

3.1.2. การทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอย

องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยทั้งสองชนิดทดสอบโดยใช้
เทคนิค X-ray fluorescence (XRF) แสดงดังตารางที่ 2

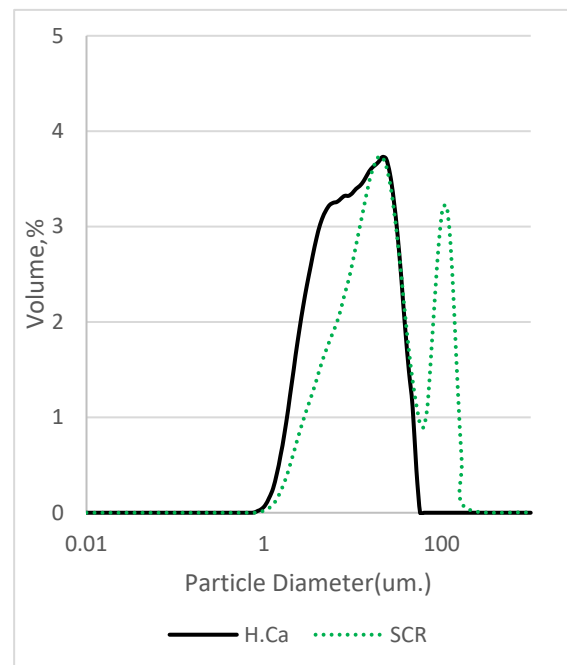
ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยทั้งสองชนิด

องค์ประกอบ	H.Ca	SCR
Al ₂ O ₃	8.61	10.67
SiO ₂	17.99	22.75
SO ₃	7.71	6.09
K ₂ O	2.55	2.72
CaO	31.73	29.23
TiO ₂	0.49	0.71
MnO	0.22	0.23
Fe ₂ O ₃	30.31	27.17
As ₂ O ₃	0.06	0.07
Rb ₂ O	0.04	0.04
SrO	0.29	0.26
ZrO ₂	-	0.06

จากตารางที่ 2 พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยสองชนิด
ใกล้เคียง องค์ประกอบที่แตกต่างกันมากที่สุดคือ SiO₂ เป็นปริมาณ
ร้อยละ 5

3.1.3. การกระจายของขนาดเถ้าลอยและขนาดของผง เถ้าลอย

รูปที่ 2 แสดงการกระจายของขนาดเถ้าลอยทั้งสองชนิด โดย
จากรูปจะเห็นได้ว่าขนาดอนุภาคของเถ้าลอยโดยในช่วงอนุภาค 1-
50 ไมครอน นั้นลักษณะของกราฟมีลักษณะที่คล้ายกันซึ่งเป็นขนาด
อนุภาคของเถ้าลอยแม่เถ้า ซึ่งทั่วไปแล้วเถ้าลอยแม่เถ้าจะมีขนาด
อนุภาคประมาณ 15-30 ไมครอน [5] แต่ในช่วงอนุภาค 50-200
ไมครอนนั้น เถ้าลอย SCR จะแตกต่างกับเถ้าลอย H.Ca. โดยเถ้า
ลอย SCR จะมีอนุภาคขนาด 50-200 ไมครอนอยู่ แสดงให้เห็นว่า
เถ้าลอย SCR มีอนุภาคที่ขนาดใหญ่กว่าเถ้าลอย H.Ca.



รูปที่ 2 การกระจายของขนาดเถ้าลอย

ตารางที่ 3 ขนาดและพื้นที่ผิวจำเพาะของเถ้าลอย

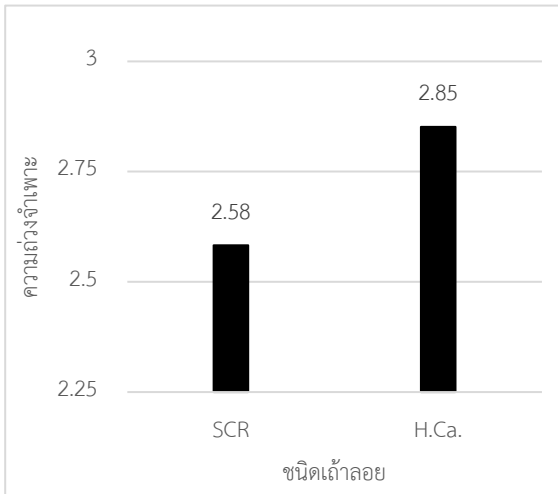
ชนิด	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย, ไมครอน				พื้นที่ผิวจำเพาะ sq.m/g
	D10	D50	D90	D[4,3]	
SCR	4.68	20.72	112.96	39.05	0.5165
H.Ca	2.95	10.63	32.03	14.46	0.8793

ตารางที่ 3 แสดงขนาดและพื้นที่ผิวจำเพาะของเถ้าลอยจาก
ตารางแสดงให้เห็นว่าขนาดของอนุภาคเฉลี่ยเถ้าลอย H.Ca. และเถ้า
ลอย SCR มีขนาด 14.46 และ 39.05 ไมครอน ตามลำดับ และพื้นที่
ผิวจำเพาะ เถ้าลอย H.Ca. มีพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 0.8793 ตาราง
เมตรต่อกรัมซึ่งมากกว่าเถ้าลอย SCR. ที่มีเท่ากับ 0.5165 ตาราง

เมตรต่อกรัม จากผลที่ได้จะเห็นได้ว่าเถ้าลอย H.Ca. มีขนาดเล็กกว่า

3.1.4. ความถ่วงจำเพาะ

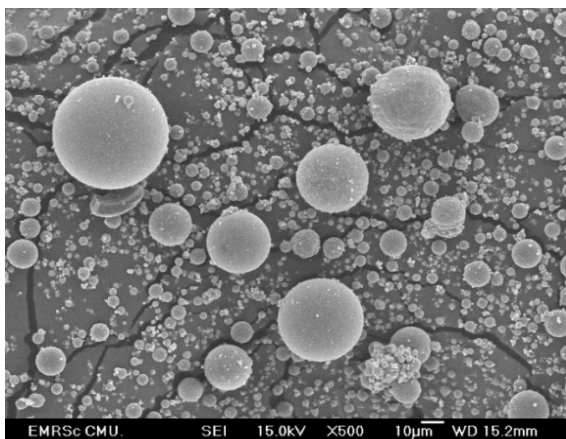
รูปที่ 3 แสดงความถ่วงจำเพาะของเถ้าลอย จะเห็นได้ว่าเถ้าลอย SCR มี ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.58 โดยน้อยกว่าเถ้าลอย H.Ca. ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 2.85 แสดงให้เห็นว่าเถ้าลอย SCR มีความหนาแน่นน้อยกว่าเถ้าลอย H.Ca.



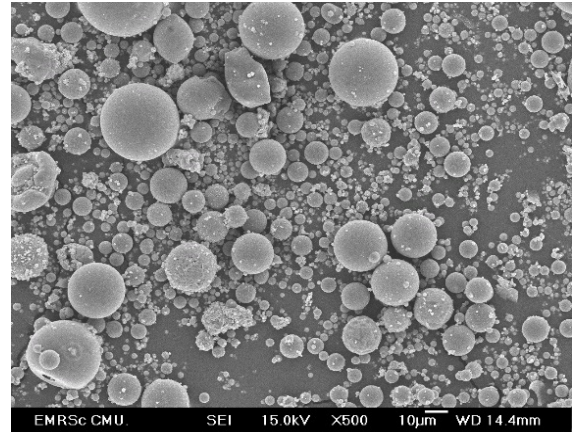
รูปที่ 3 ความถ่วงจำเพาะของเถ้าลอยทั้งสองชนิด

3.1.5. ลักษณะและรูปร่างของเถ้าลอย

รูปที่ 4-5 แสดงลักษณะและรูปร่างของเถ้าลอยทั้งสองชนิดที่ กำลังขยาย 500 จะเห็นได้ว่าทั้งสองมีรูปร่างคล้ายๆกันคือเป็นทรงกลม ซึ่งเป็นรูปร่างที่พบทั่วไปของเถ้าลอย[5]



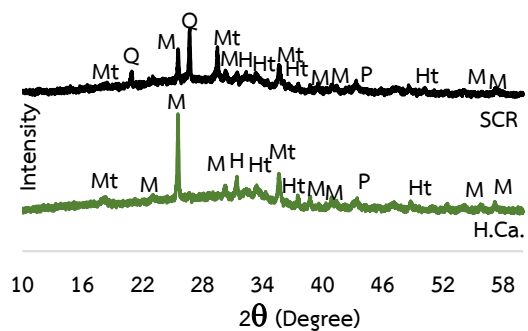
รูปที่ 4 รูป SEM ของเถ้าลอย H.Ca. กำลังขยาย 500 เท่า



รูปที่ 5 รูป SEM ของเถ้าลอย SCR. กำลังขยาย 500 เท่า

3.1.6. ชนิดสารประกอบของเถ้าลอยโดยเทคนิค XRD

รูปที่ 6 แสดงผลึกองค์ประกอบของเถ้าลอย โดยเทคนิค XRD จากรูปจะเห็นได้ว่า ทั้งสองชนิดมีผลึกองค์ประกอบที่คล้ายกัน ต่างกันที่ผลึก Q, Quartz โดยเถ้าลอย SCR จะมีผลึกของ Quartz แต่ H.Ca. ไม่พบ

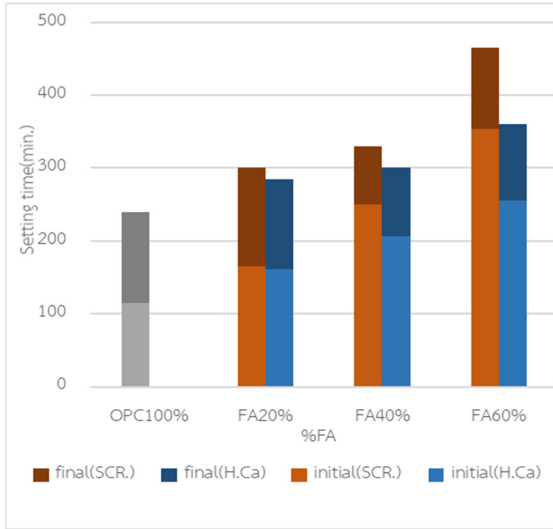


รูปที่ 6 ผล XRD ของเถ้าลอยทั้งสองชนิด Q, Quartz M, Mullite H, Hercynite Mt, Magnetite Ht, Hematite P, Periclase

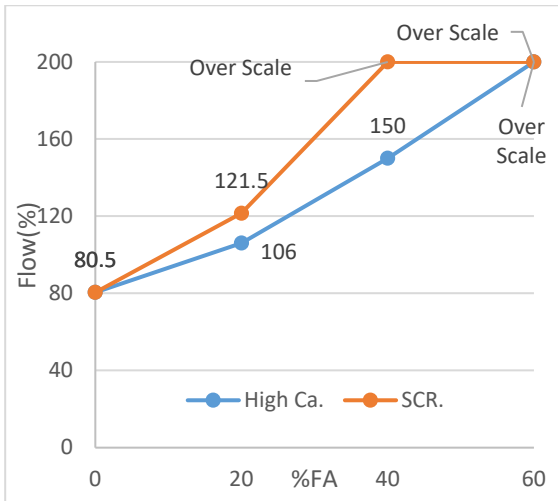
3.2. การทดสอบเถ้าลอยในซีเมนต์

3.2.1. คุณสมบัติทางกายภาพ

จากรูปที่ 7 และรูปที่ 8 แสดงค่าเวลาก่อตัวและการไหลของซีเมนต์เพสต์ผสมเถ้าลอยที่อัตราส่วนต่างๆตามลำดับ จะเห็นได้ว่าซีเมนต์ผสมเถ้าลอย SCR มีระยะเวลาก่อตัวที่นานกว่าและมีความต้องการน้ำที่น้อยกว่าเพื่อให้ได้การไหลที่เท่ากัน



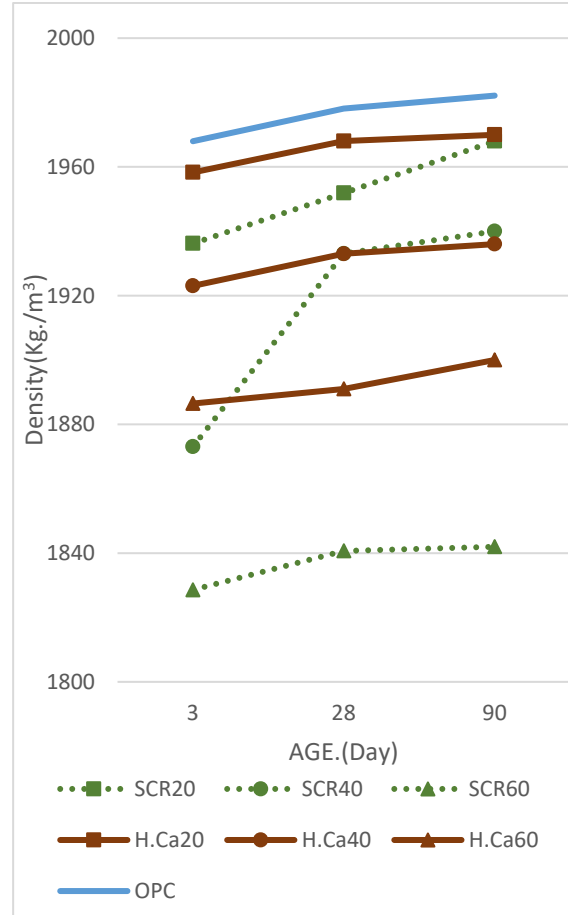
รูปที่ 7 ระยะเวลาก่อตัวของซีเมนต์ผสมเถ้าลอย



รูปที่ 8 การไหลของซีเมนต์ผสมเถ้าลอย

3.2.2. ความหนาแน่นของตัวอย่าง

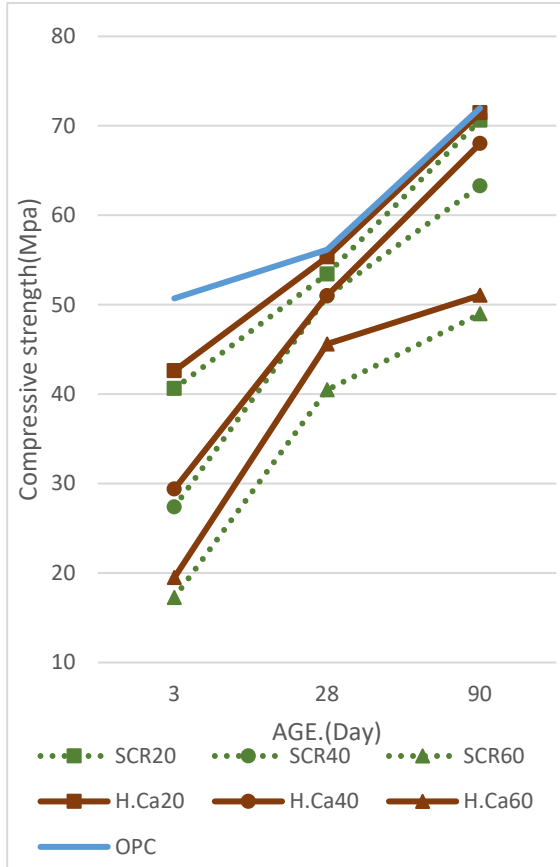
รูปที่ 9 แสดงผลการทดสอบหน่วยน้ำหนัก 3, 28 และ 90 วัน ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าซีเมนต์ผสมเถ้าลอย H.Ca. จะมีหน่วยน้ำหนักที่มากกว่า โดยเมื่อตัวอย่างอายุมากขึ้นตัวอย่างจะมีความหนาแน่นขึ้นเล็กน้อย



รูปที่ 9 ความหนาแน่นของตัวอย่างเถ้าลอยผสมซีเมนต์

3.2.3. กำลังอัดของตัวอย่าง

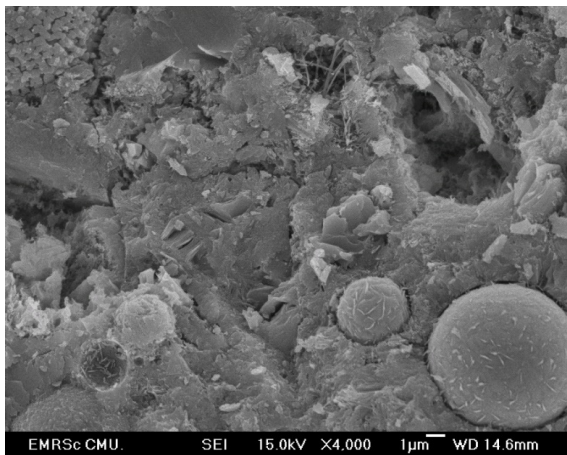
ผลการทดสอบกำลังต้านแรงอัดของก้อนตัวอย่างซีเมนต์เพสต์ 3, 28, และ 90 วัน แสดงดังรูปที่ 10 ตามลำดับ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าก้อนตัวอย่างที่ผสมเถ้าลอยมีกำลังที่ต่ำกว่าตัวอย่างที่ใช้ปูนซีเมนต์ล้วน และเมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าลอย ทำให้กำลังของตัวอย่างลดลง ในส่วนของการเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างซีเมนต์ผสมเถ้าลอย H.Ca. และตัวอย่างที่ผสมเถ้าลอย SCR พบว่าตัวอย่างที่ผสมเถ้าลอย H.Ca. มีกำลังมากกว่า SCR และเมื่อเวลาผ่านไปกำลังของตัวอย่างเพิ่มขึ้นตามปฏิกิริยาไฮเดรชันที่เกิดขึ้น ซึ่งกำลังของตัวอย่างทั้งสองชนิดมีแนวโน้มในทางเดียวกันคือกำลังของตัวอย่างที่ผสมเถ้าลอย H.Ca. มีกำลังมากกว่าผสมเถ้าลอย SCR



รูปที่ 10 กำลังอัดของตัวอย่างผสมเถ้าลอย

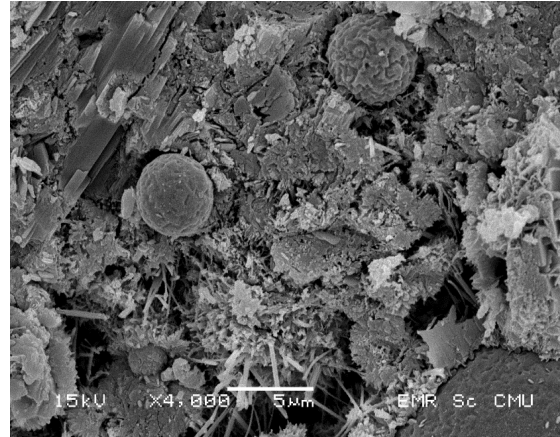
3.2.4. ภาพโครงสร้างจุลภาคของตัวอย่างเถ้าลอยผสมซีเมนต์

รูปที่ 11 ถึงรูปที่ 14 แสดงภาพโครงสร้างจุลภาคของตัวอย่างซีเมนต์ล้วนที่ 28 วัน และซีเมนต์ผสมเถ้าลอยที่ 20%, 40% ตามลำดับ โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด(SEM) จากการเปรียบเทียบในเบื้องต้นระหว่างตัวอย่างผสมเถ้าลอย SCR และ H.Ca. พบว่าโครงสร้างจุลภาคของทั้งสองตัวอย่างไม่มีการเปลี่ยนแปลงแบบมีนัยสำคัญ

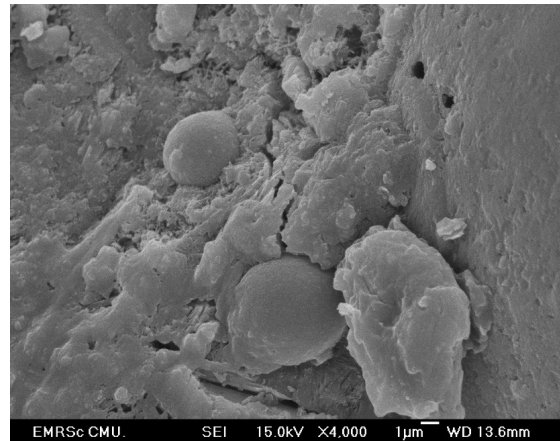


รูปที่ 11 โครงสร้างจุลภาคของตัวอย่างผสมเถ้าลอย SCR 20%

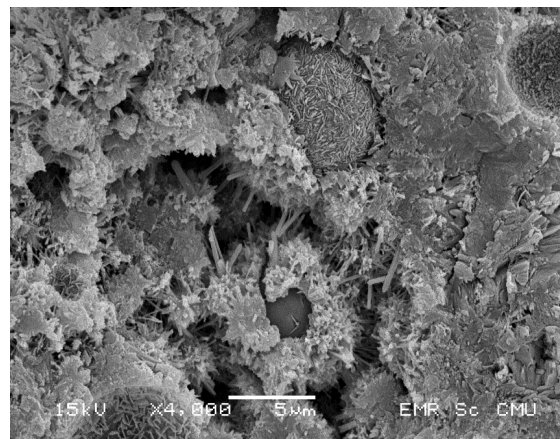
กำลังขยาย 4000



รูปที่ 12 โครงสร้างจุลภาคของตัวอย่างผสมเถ้าลอย H.Ca. 20% กำลังขยาย 4000



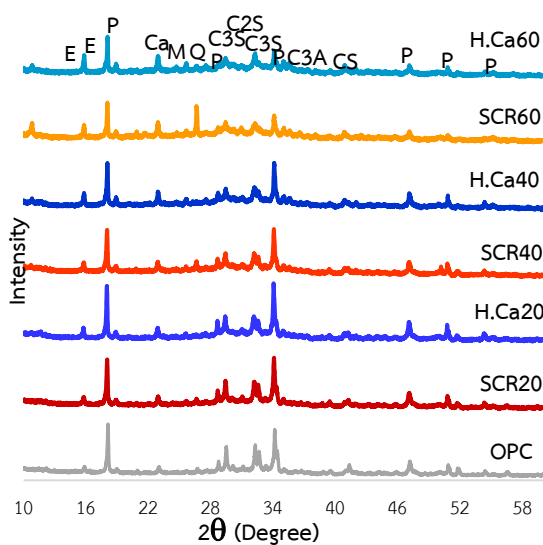
รูปที่ 13 โครงสร้างจุลภาคของตัวอย่างผสมเถ้าลอย SCR 40% กำลังขยาย 4000



รูปที่ 14 โครงสร้างจุลภาคของตัวอย่างผสมเถ้าลอย H.Ca. 40% กำลังขยาย 4000

3.2.5. ชนิดสารประกอบในซีเมนต์ผสมเถ้าลอย โดยเทคนิค XRD

รูปที่ 15 แสดงผลทดสอบ XRD ของซีเมนต์ผสมเถ้าลอยทั้งสองชนิด เมื่อพิจารณาจากรูปจะเห็นว่าเฟสของ C-S-H (C_3S C_2S C_3A) ซึ่งเป็นเฟสที่ให้ความแข็งแรงของซีเมนต์เป็นหลักมีแนวโน้มลดลงเมื่อผสมเถ้าลอยเพิ่มขึ้น สำหรับในส่วนของความแตกต่างของการผสมเถ้าลอยแต่ละชนิดนั้นพบว่าผลึก C-S-H (C_3S C_2S C_3A) นั้นคล้ายกัน แต่ผลึกของ Quartz นั้นแตกต่างโดยพบผลึก Quartz ในซีเมนต์ผสมเถ้าลอย SCR แต่ไม่พบในซีเมนต์ผสมเถ้าลอย H.Ca



รูปที่ 15 ผล XRD ของซีเมนต์ผสมเถ้าลอย E=ettringite C_3S =tricalcium silicate C_2S =dicalcium silicate C_3A =tricalcium aluminate P=portlandite Ca=calcite M=mullite Q=quartz

4. สรุป

การศึกษาเถ้าลอยที่ได้จากกระบวนการรีดักชันโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (SCR) ที่ได้จากโรงไฟฟ้าทดแทนโรงไฟฟ้าแม่เมาะเครื่องที่ 4-7 พบว่า เถ้าลอย SCR มีแอมโมเนียคงค้างอยู่ในเถ้าลอยปริมาณหนึ่ง ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้แอมโมเนียฉีดเข้าไปทำปฏิกิริยากับก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน โดยเมื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับเถ้าลอยแคลเซียมสูงที่ได้จากโรงไฟฟ้าแบบเดิม (H.Ca.) พบว่า เถ้าลอย SCR มีขนาดใหญ่กว่าและมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า รวมถึงมีพื้นที่ทำปฏิกิริยาน้อยกว่าเถ้าลอย H.Ca. แต่มีรูปทรงและลักษณะเหมือนกันคือเป็นทรงกลม ในส่วนของผล XRF และ XRD แสดงถึงองค์ประกอบทางเคมีที่เถ้าลอย SCR มี องค์ประกอบของ SiO_2 ที่มากกว่าซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างจากวัสดุตั้งต้นที่มีความไม่แน่นอนของเถ้าลอย นอกเหนือจากนี้ผลของ XRD แสดงให้เห็นว่า

เฟสองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยทั้งสองชนิดมีความคล้ายกัน ยกเว้นผลึก SiO_2 ทำให้สรุปได้ว่าผลึกองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอย ระบบ SCR ไม่ได้ถูกเปลี่ยนแปลงโดยแอมโมเนียที่ตกค้างในเถ้าลอย

การนำเถ้าลอย SCR มาใช้เป็นวัสดุผสมเพิ่มในซีเมนต์เมื่อเทียบกับ H.Ca. พบว่าซีเมนต์ที่ผสมเถ้าลอย SCR มีกำลังต่ำกว่าเพียงเล็กน้อย ภายใต้การควบคุม W/B=0.35 ซึ่งเป็นผลมาจากการทำปฏิกิริยาได้ดีกว่าจากผลของ XRD ที่แสดงพีค ของ C-S-H (C_3S C_2S C_3A) ที่สูงกว่าของเถ้าลอย H.Ca. อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพจะพบว่าซีเมนต์ผสมเถ้าลอย SCR จะมีความต้องการน้ำน้อยกว่าซีเมนต์ผสมเถ้าลอย H.Ca. ดังนั้นซีเมนต์ผสมเถ้าลอย SCR สามารถลดอัตรา W/B ได้เพื่อเพิ่มกำลังรับแรงอัด

โดยรวมแล้วเถ้าลอย SCR สามารถใช้ผสมเพิ่มในซีเมนต์ได้แต่ค่ากำลังจะต่ำกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับซีเมนต์ผสมเถ้าลอย H.Ca. ซึ่งเป็นผลมาจากขนาดพื้นที่ผิวทำปฏิกิริยา ความต้องการน้ำ และองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกันเนื่องจากความไม่แน่นอนของวัสดุเถ้าลอย โดยการผสมเถ้าลอยที่ 20% จะได้ค่ากำลังที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับ 40% และ 60% โดยน้ำหนัก

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปางที่ให้ความอนุเคราะห์เถ้าลอยจาก โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ เป็นอย่างสูง

6. การอ้างอิง

- [1] The American Concrete Institute. Use of Fly Ash in Concrete. (ACI 232R-96)
- [2] ฝ่ายสิ่งแวดล้อมโครงการโรงไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. มกราคม 2562. รายงานผลการปฏิบัติตามมาตรการป้องกันและแก้ไขผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมาตรการติดตามตรวจสอบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ระยะดำเนินการและโครงการโรงไฟฟ้าทดแทนโรงไฟฟ้าแม่เมาะเครื่องที่ 4-7 ระยะก่อสร้าง อำเภอแม่เมาะ จังหวัด ลำปาง ฉบับที่ 7(กรกฎาคม-ธันวาคม) 2561
- [3] บริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอนจิเนียริง แอนด์ แมเนจเม้นท์ จำกัด. พฤษภาคม 2559.การศึกษาและจัดทํารายงานการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับโครงการหรือกิจการที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อชุมชนอย่างรุนแรงทั้งด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรธรรมชาติ และสุขภาพ(EHIA)โครงการขยายกำลังผลิตโรงไฟฟ้าทดแทนโรงไฟฟ้าแม่เมาะเครื่องที่ 4 - 7.ใน การประชุมการรับฟังความคิดเห็นของประชาชนและผู้มี

ส่วนได้เสียในการกำหนดขอบเขตและแนวทางการประเมินผล
กระทบสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ(ค.1).ลำปาง:วิทยาลัย
เทคโนโลยีและการจัดการ กฟผ.แม่เมาะ

- [4] Michalik, A., Babinska, J., Chylinski, F., & Piekarczyk, A.
(2019). Ammonia in Fly Ashes from Flue Gas

Denitrification Process and its Impact on the
Properties of Cement Composites. Buildings, 9(11),
225. doi:10.3390/buildings9110225Patel V.I. (2013).

- [5] ปริญา จินดาประเสริฐ (2548) ถ้ำลอยในงานคอนกรีต
(ฉบับปรับปรุง), สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย