ผลกระทบของผงแคลเซียมคาร์บอเนตต่อกำลังอัดของซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มอร์ต้าร์ผสมเถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้า

Effect of Calcium Carbonate Powder upon Compressive Strength of Portland Cement Mortar Mixed with Rice Husk Ash from Electric Power Plant

บุรฉัตร ฉัตรวีระ[1] และ ณัฏฐ์ มากุล[2]

Burachat Chatveera[1] and Natt Makul[2]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต)

อ. คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12121โทรศัพท์ : (+662) 564-3001-9 ต่อ 3105 โทรสาร: (+662) 564-3010

[2] สาขาเทคโนโลยีการก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

เลขที่ 9 แจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน จังหวัดกรุงเทพฯ 10220 โทร. (+662) 544-8000

E-mail: [1]cburacha@engr.tu.ac.th, [2]shinomomo7@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนากำลังอัดของมอร์ต้าร์ซึ่งทำการแทนที่ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ด้วยเถ้าแกลบ (RHA) จากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าและผงแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ที่มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย (D[4,3]) เท่ากับ 29.30, 3.80 และ 4.50 ไมโครเมตร ตามลำดับ ที่ร้อยละ 0, 20 และ 40 โดยน้ำหนักของวัสดุผง อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุผงที่ใช้เป็นไปตามปริมาณน้ำซึ่งทำให้มอร์ต้าร์มีค่าการไหลแผ่ร้อยละ 110 ± 5 ผลทดสอบพบว่า ผงแคลเซียมคาร์บอเนตสามารถช่วยลดความต้องการน้ำของมอร์ต้าร์ที่ผสมเถ้าแกลบได้ มอร์ต้าร์ที่ผสมเถ้าแกลบและผงแคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 5 และ 15 ตามลำดับ มีค่ากำลังอัดในช่วง 28 วัน สูงที่สุด ในขณะที่มอร์ต้าร์ที่อายุ 150 วัน มอร์ต้าร์ผสมเถ้าแกลบและผงแคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 10 และ 10 ตามลำดับ มีค่ากำลังอัดสูงที่สุดและใกล้เคียงกับมอร์ต้าร์ควบคุมด้วย

Abstract

This paper presented the development of the compressive strengths of mortars consisting of Portland cement Type 1 of which was replaced by rice husk ash (RHA) from electric power plant and calcium carbonate ($CaCO_3$) that having averaged particle sizes (D[4,3]) of 29.30, 3.80 and 4.50 μm, respectively with the replacement levels at 0%, 20% and 40% by weight of powder materials. The water-to-powder materials ratios equal to the water requirement conforming to flow value at 110% ± 5%. From the test results, it was found that $CaCO_3$ can reduce the water requirements of mortars. At 28 days, mortar containing 5% RHA and 15% $CaCO_3$ had the highest compressive strength. Whereas, at the age of 150 days, the 10% RHA and 10% $CaCO_3$ mortar is the highest development in strength and also similar to the control mortar.

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการส่งออกข้าวเป็นอันดับหนึ่งของโลกจึง ทำให้ในแต่ละปีมีแกลบเหลือทิ้งปริมาณมากจึงทำให้เกิดอุตสาหกรรมต่อเนื่อง นอกเหนือจากการนำกลับไปใช้ในการเกษตรที่มีอยู่เดิมคือ ใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานความร้อน การนำแกลบไปเผาจะได้เถ้าแกลบ (Rice Husk Ash) ออกมาในปริมาณร้อยละ 20 ถึง 25 โดยน้ำหนักแกลบดิบ ซึ่งจากการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีพบว่า เถ้าแกลบมีซิลิคอนไดออกไซด์สูงมากกว่าร้อยละ 90 และจากการศึกษาทำให้ทราบว่า การเผาแกลบที่อุณหภูมิในช่วง 550 – 850 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลามากกว่า 6 ชั่วโมง [1] ทำให้เถ้าแกลบมีความว่องไวต่อการทำปฏิกิริยาร่วมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ดี

RECEIVED 22 June, 2011

ACCEPTED 15 March, 2012

นอกจากเถ้าแกลบจากโรงไฟฟ้าแล้ว วัตถุดิบที่เกี่ยวข้องกับงานปูนซีเมนต์และคอนกรีตคือ แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate, $CaCO_3$) ซึ่งได้จากการผลิตหินปูน สีขาว ไม่เป็นพิษ ดังนั้นในปัจจุบันวัตถุดิบชนิดนี้จึงถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายในอุตสาหกรรมสี กระดาษ และพลาสติก ใช้เป็นส่วนประกอบของยาสีฟัน ผงซักฟอกและเวชภัณฑ์ยาต่างๆ เป็นต้น

ด้วยเหตุที่ผงแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ซึ่งเป็นวัสดุเฉื่อย (Inert) จึงไม่สามารถเปลี่ยนรูปแบบองค์ประกอบทางเคมีได้อีกตลอดอายุการใช้งานของคอนกรีต นอกจากนี้แคลเซียมคาร์บอเนตที่ใช้เป็นสารผสมเพิ่มในคอนกรีตนั้นควรต้องมีอนุภาคขนาดที่เหมาะสมที่ถูกออกแบบโดยเฉพาะเพื่อให้สามารถเข้าผสมและแทรกกระจายได้ดีระหว่างอนุภาคของปูนซีเมนต์ในส่วนผสมคอนกรีตและสามารถช่วยลดปริมาณน้ำที่อยู่ระหว่างช่องว่างของอนุภาคปูนซีเมนต์ลงทำให้มีสัดส่วนของน้ำที่เหมาะสมในส่วนผสมคอนกรีต ซึ่งความสามารถแยกกระจายอนุภาคปูนซีเมนต์ออกจากกันรวมทั้งปริมาณน้ำที่เหมาะสมนี้จะช่วยทำให้ปูนซีเมนต์ทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับน้ำในส่วนผสมได้อย่างทั่วถึงและรวดเร็วยิ่งขึ้น ทำให้มอร์ต้าร์แข็งตัวและมีกำลังอัดในช่วงต้นเร็วขึ้นในขณะที่ค่ากำลังอัดที่ 28 วัน หรือในระยะยาวยังคงสูงใกล้เคียงกับค่ากำลังอัดในส่วนผสมมอต้าร์ที่ใช้ซีเมนต์เพสต์ด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เพียงอย่างเดียว ในขณะที่โดยปกติแล้วผงแคลเซียมคาร์บอเนตเหล่านี้ จะถูกกองไว้กับแหล่งย่อยหินนั้น และผงแคลเซียมคาร์บอเนตนั้นสามารถก่อให้เกิดปัญหาฟุ้งกระจายกับบริเวณชุมชนที่อยู่อาศัยที่ใกล้เคียงได้ จึงเป็นประโยชน์อย่างมากหากมีการใช้ผงแคลเซียมคาร์บอเนตและเถ้าแกลบโดยใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อลดต้นทุนผลิตคอนกรีต ถึงแม้เถ้าแกลบจะเป็นวัสดุที่ทดแทนที่ดีแต่มีข้อด้อยได้แก่ อนุภาคของ เถ้าแกลบมีลักษณะความพรุนทำให้เกิดช่องว่างในคอนกรีต ในขณะที่ผงแคลเซียมคาร์บอเนตนั้นมีขนาดเล็กกว่าเถ้าแกลบจึงเหมาะเป็นวัสดุเติมเต็ม (Filler) เพื่อช่วยลดข้อด้อยของเถ้าแกลบ ซึ่งผงแคลเซียมคาร์บอเนตเมื่อเติมเข้าไปในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะช่วยกระจายความคละของวัสดุผง ทำให้ปูนซีเมนต์และเถ้าแกลบทำปฏิกิริยาได้ดีขึ้น ซึ่งหากทราบถึงสมดุลย์ระหว่างปูนซีเมนต์วัสดุปอซโซลานกับผงแคลเซียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตดีขึ้น ก็จะสามารถนำเถ้าแกลบและผงแคลเซียมคาร์บอเนตมาใช้ในงานคอนกรีตได้เป็นปริมาณมากขึ้นหรือเนื่องจากเถ้าแกลบและผงแคลเซียมคาร์บอเนต ที่มีราคาต่ำกว่าปูนซีเมนต์ในการวิจัยอันจะนำไปสู่การพัฒนาการใช้วัสดุสำหรับงานคอนกรีต ดังนั้นงานวิจัยนี้ศึกษาคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของซีเมนต์มอร์ต้าร์จากการใช้เถ้าแกลบดำผสมผงแคลเซียมคาร์บอเนตแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

2. ขอบเขตการศึกษา

2.1 ผงแคลเซียมคาร์บอเนตที่ใช้ในการวิจัยเป็นผงแคลเซียมคาร์บอเนตจากจังหวัดลพบุรี แบ่งเป็นชนิด LS1 และ LS2 มีขนาดเฉลี่ย 3.82 และ 4.45 ไมครอน ตามลำดับ

2.2 เถ้าแกลบที่ใช้ในการวิจัยเป็นเถ้าแกลบดำจากโรงไฟฟ้าปทุมไรซมิล แอนด์ แกรนารี จำกัด (มหาชน) จังหวัดปทุมธานี โดยเถ้าแกลบที่ใช้ในการศึกษา คือ เถ้าแกลบที่ผ่านการบดด้วยเครื่องบด [2] เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

2.3 ปูนซีเมนต์ที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

2.4 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผงแคลเซียมคาร์บอเนตและเถ้าแกลบประกอบด้วย ความถ่วงจำเพาะ องค์ประกอบทางเคมี พื้นที่ผิวโดยความละเอียดแบบเบลน ปริมาณความชื้น ลักษณะรูปทรงและพื้นผิวของอนุภาคด้วยเทคนิค การกระจายขนาดคละของอนุภาค ความเป็นผลึกด้วยเทคนิค X-Ray Diffraction (XRD)

2.5 อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุผง (w/b) ได้จากการทดสอบค่าการไหลแผ่ (Flow Test) โดยใช้ค่าอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ในการผสมมอร์ต้าร์ได้จากการทดสอบการไหลแผ่ ที่ทำให้ค่าการไหลแผ่มีค่าเท่ากับร้อยละ 110 ± 5

2.6 ปริมาณอากาศของมอร์ต้าร์ตามมาตรฐาน BS EN 423-2 [3] และกำลังอัดของมอร์ต้าร์ตามมาตรฐาน ASTM C109 [4]

2.7 สัดส่วนที่ใช้ในการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สัดส่วนผสมของมอร์ต้าร์ผสมเถ้าแกลบและผงแคลเซียมคาร์บอเนตแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแมนต์ประเภทที่ 1

ส่วนผสมของมอร์ต้าร์	สัดส่วนที่ใช้ (ร้อยละ)		
	ปูนซีเมนต์	เถ้าแกลบ	ผงแคลเซียมคาร์บอเนต
100C	100	0	0
80C20RHA	80	20	0
60C40RHA	60	40	0
80C5RHA15LS	80	5	15
80C10RHA10LS	80	10	10
80C15RHA5LS	80	15	5
60C25RHA15LS	60	25	15
60C30RHA10LS	60	30	10
60C35RHA5LS	60	35	5

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ C, RHA และ LS คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เถ้าแกลบ และผงแคลเซียมคาร์บอเนต ตามลำดับ

4. ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

4.1 องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เถ้าแกลบดำและผงแคลเซียมคาร์บอเนต

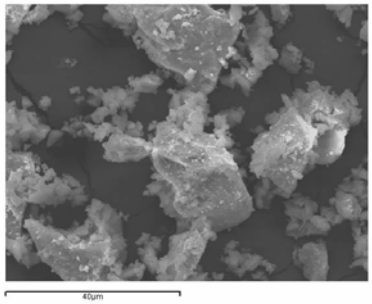
ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของเถ้าแกลบบด กับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ในตารางที่ 2 พบว่าเถ้าแกลบมีองค์ประกอบทางเคมีหลักเป็นซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) มีค่าร้อยละ 85.77 เปรียบเทียบกับปริมาณซิลิกอนไดออกไซด์ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 มีค่าร้อยละ 20.58 และผงแคลเซียมคาร์บอเนตชนิด LS1 และ LS2 มีค่า ร้อยละ 0.41 และ 0.98 ตามลำดับ พบว่าซิลิกอนไดออกไซด์ในเถ้าแกลบมีค่าสูงที่สุด เมื่อพิจารณาปริมาณแคลเซียมออกไซด์พบว่าปริมาณ แคลเซียมออกไซด์ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีค่ามากที่สุด

ในส่วนของผงแคลเซียมคาร์บอเนต LS1 และ LS2 นั้น มีองค์ประกอบทางเคมีส่วนมากเป็นแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ร้อยละ 55.12 และ 54.39 ตามลำดับ เนื่องจากผงแคลเซียมคาร์บอเนตมีแคลเซียมออกไซด์สูง ซึ่งแคลเซียมออกไซด์สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำได้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH_2)$) ซึ่งแคลเซียมไฮดรอกไซด์นี้สามารถทำปฏิกิริยาปอซโซลานได้สารประกอบแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตที่เพิ่มขึ้น

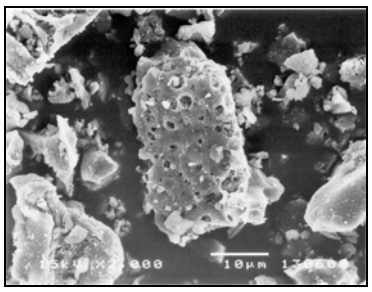
ตารางที่ 2 องค์ประกอบเคมีและกายภาพของวัสดุผง

องค์ประกอบเคมี (ร้อยละ)	C	RHA	LS1	LS2
SiO_2	20.58	85.77	0.41	0.98
Al_2O_3	5.30	0.85	0.12	0.31
Fe_2O_3	3.41	1.07	0.08	0.15
CaO	65.30	0.44	55.12	54.39
MgO	1.39	0.07	0.38	0.39
K_2O	0.35	1.74	0.01	0.02
Na_2O	0.02	0.05	0.01	0.01
SO_3	2.28	0.02	0.00	0.05
คุณสมบัติทางกายภาพ	C	RHA	LS1	LS2
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	0.19	0.26	0.15	0.17
พื้นที่ผิวจำเพาะ วิธีเบลน (ซม.^{2}/ก.)	3,130	4900	8820	7940
ความถ่วงจำเพาะ	3.13	2.12	2.76	2.76
ร้อยละค้างตะแกรงร่อน				
- 75 ไมโครเมตร	0.98	13.00	0.00	0.00
- 45 ไมโครเมตร	7.34	30.34	0.00	0.20
- 36 ไมโครเมตร	10.94	39.00	1.00	2.30
ดัชนีกำลัง (ร้อยละ)				
อายุ 7 วัน	100	82	91	91
อายุ 28 วัน	100	86	92	91

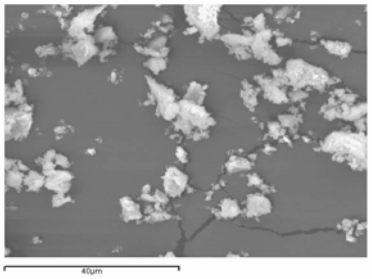
จากภาพที่ 1 พบว่า เถ้าแกลบมีอนุภาคเป็นเหลี่ยมมุม และอนุภาคของเถ้าแกลบมีความพรุนของอนุภาคมาก ส่วนผงแคลเซียมคาร์บอเนต LS1 และ LS2 มีอนุภาคเป็นเหลี่ยมมุมและมีความพรุนต่ำเนื่องจากช่องว่างภายในน้อย สำหรับปูนซีเมนต์นั้นมีช่องว่างภายในน้อยและมีพื้นที่ผิวที่เรียบกว่าเถ้าแกลบ สาเหตุนี้จึงทำให้เถ้าแกลบมีความสามารถเก็บกักน้ำได้มากกว่าอนุภาคปูนซีเมนต์และผงแคลเซียมคาร์บอเนต เพราะว่าอนุภาคที่เป็นเหลี่ยมมุมและมีพื้นที่ผิวขรุขระทำให้มีการดูดซับน้ำที่ดีกว่าผิวเรียบ ส่วนผงแคลเซียมคาร์บอเนตแม้ผิวจะมีลักษณะขรุขระแต่ขนาดอนุภาคเล็กมากจึงทำให้มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงทำให้ช่องระหว่างอนุภาคน้อยและแทบไม่มีช่องว่างภายในอนุภาค จึงทำให้มีความต้องการน้ำต่ำเมื่อเทียบกับเถ้าแกลบ



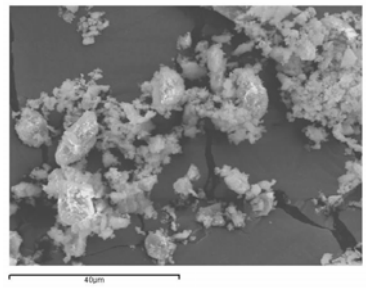
ก) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1



ข) เถ้าแกลบบด 4 ชั่วโมง



(ค) ผงแคลเซียมคาร์บอเนต LS1



(ง) ผงแคลเซียมคาร์บอเนต LS2

รูปที่ 1 ภาพขยาย 1500 เท่า ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เถ้าแกลบบด 4 ชั่วโมง และผงแคลเซียมคาร์บอเนต LS1 และ LS2

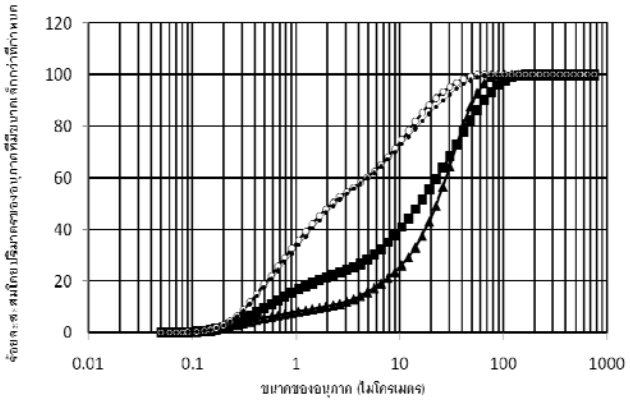
4.2 การกระจายขนาดคละของวัสดุผง

ผลการทดสอบการกระจายขนาดคละของอนุภาคของปูนซีเมนต์เถ้าแกลบบดในรูปที่ 2 และผงแคลเซียมคาร์บอเนต LS1 และ LS2 พบว่ามีขนาดการกระจายตัวของอนุภาคอยู่ที่ 0.1 ถึง 100 ไมโครเมตร โดยเถ้าแกลบบดที่ 4 ชั่วโมงมีขนาดเฉลี่ย 29.30 ส่วนปูนซีเมนต์และผงแคลเซียมคาร์บอเนต LS1 และ LS2 มีขนาดเฉลี่ย 13.95, 3.82, 4.48 ไมโครเมตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าขนาดเถ้าแกลบมีขนาดใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ส่วนผงแคลเซียมคาร์บอเนต

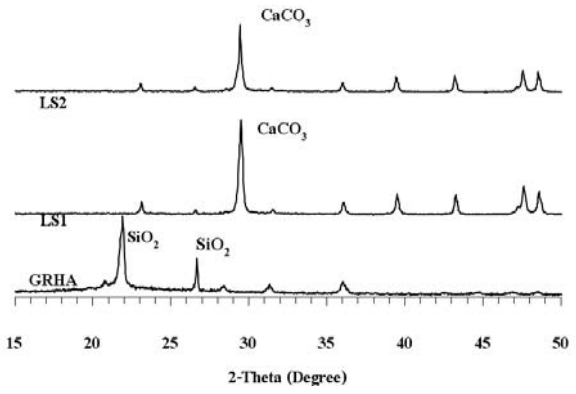
4.3 ความเป็นผลึกของอนุภาค

จากผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องเทคนิค X-ray Diffraction ดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่า เถ้าแกลบอยู่ในสถานะผลึก (Critobalite) ซึ่งสามารถนับจำนวนของอิเล็คตรอนได้ (Count)

1500 ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าแกลบที่นำมาใช้ทดลองนั้นเป็นเถ้าแกลบที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส สถานะของเถ้าแกลบจึงอยู่ในรูปของผลึก ส่วนผงแคลเซียมคาร์บอเนต LS1 และ LS2 ดังแสดงในรูปมีสถานะเป็นผลึก Calcite ($CaCO_3$) สามารถนับจำนวนของอิเล็คตรอนได้ (Count) 5000 และ 6500 ตามลำดับ



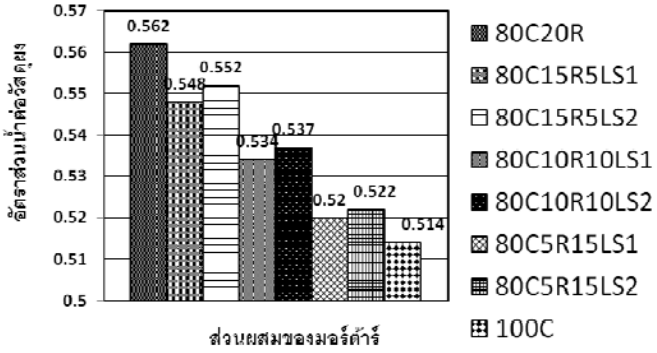
รูปที่ 2 การกระจายขนาดคละสะสมของวัสดุผงเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1



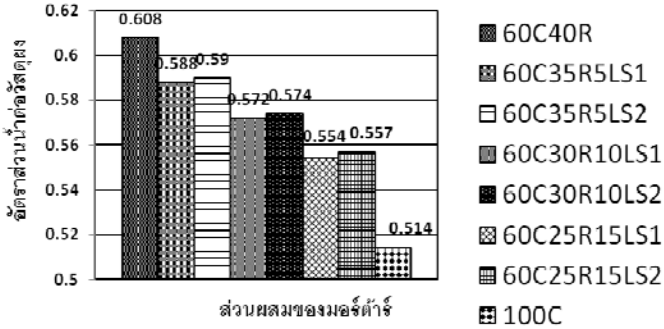
รูปที่ 3 ผลการตรวจนับอิเล็คตรอนในเทคนิค X ray Diffraction

4.4 ค่าการไหลแผ่

จากผลการทดสอบค่าปริมาณน้ำที่ทำให้เกิดการไหลแผ่ 110 ± 5 ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ผสมเถ้าแกลบบดผสมผงแคลเซียมคาร์บอเนต LS1 และเถ้าแกลบบดผสมผงแคลเซียมคาร์บอเนต LS2 ที่อัตราส่วนการแทนที่ร้อยละ 0,20 และ 40 โดยน้ำหนัก ในรูปที่ 4 และ 5 พบว่า อัตราส่วนการแทนที่ด้วยเถ้าแกลบบดในปูนซีเมนต์เพิ่มขึ้นมีผล ทำให้ความต้องการน้ำเพิ่มขึ้นเนื่องจากเถ้าแกลบมีลักษณะอนุภาคเป็นเหลี่ยมและเป็นโพรง จึงสามารถเก็บกักน้ำได้ดีกว่าในขณะที่เมื่อผสมผงแคลเซียมคาร์บอเนตเข้าไปผงแคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งมีขนาดเล็กจะไปแทรกตัวอยู่ระหว่างปูนซีเมนต์และเถ้าแกลบส่งผลให้การกระจายตัวของวัสดุผงดีขึ้น อีกทั้งผงแคลเซียมคาร์บอเนตมีความทึบน้ำจึงส่งผลให้ความต้องการน้ำลดลงเมื่อผสมผงแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณมากขึ้น ในส่วนอัตราส่วนผสมเดียวกันพบว่าผงแคลเซียมคาร์บอเนต LS1 มีความต้องการน้ำน้อยกว่า LS2 เล็กน้อยเนื่องจากผงแคลเซียมคาร์บอเนต LS1 มีขนาดที่เล็กกว่าผงแคลเซียมคาร์บอเนต LS2 เล็กน้อย



รูปที่ 4 อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุผงของเถ้าแกลบบดผสมผงแคลเซียมคาร์บอเนตแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 20

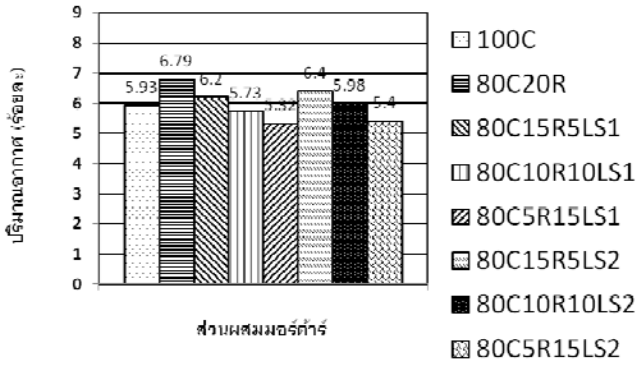


รูปที่ 5 อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุผงของเถ้าแกลบบดผสมผงแคลเซียมคาร์บอเนตแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 40

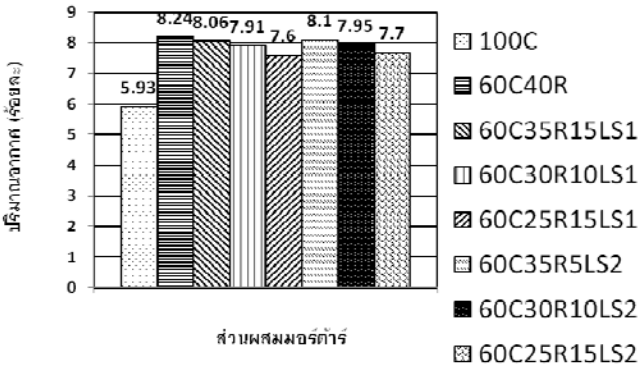
4.5 ปริมาณอากาศ

ในภาพที่ 6 และ 7 เมื่อแทนที่ด้วยปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบร้อยละ 20 ทำให้ปูนซีเมนต์ ทำให้ชุด 80C20RHA มีค่าปริมาณอากาศมากกว่าชุด 100C ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าแกลบมีลักษณะอนุภาคเป็นเหลี่ยมพื้นที่ผิวขรุขระ และมีโพรงและรูพรุนจึงสามารถกักเก็บอากาศได้มากกว่าแต่เมื่อแทนที่เถ้าแกลบด้วยร้อยละผงแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณร้อยละ 5,10 และ 15 พบว่า ชุด 80C5RHA15LS1 มีค่าปริมาณอากาศร้อยละ 5.32 ซึ่งถือว่าน้อยกว่าชุด 100C ทั้งนี้เป็นเพราะว่าผงแคลเซียมคาร์บอเนตมีอนุภาคขนาดเล็กกว่าเถ้าแกลบและปูนซีเมนต์ รวมถึงผงแคลเซียมคาร์บอเนตมีอนุภาคทึบกว่าเถ้าแกลบจึงสามารถแทรกกระจายตามโพรงต่างของเถ้าแกลบได้

เมื่อพิจารณาการแทนที่เถ้าแกลบในปูนซีเมนต์ร้อยละ 40 พบว่า ค่าปริมาณอากาศยิ่งสูงขึ้นกว่าชุดทดลองที่แทนที่เถ้าแกลบร้อยละ 20 เนื่องจากอนุภาคเถ้าแกลบที่เป็นโพรงมีปริมาณมากขึ้นอนุภาคปูนซีเมนต์ที่ทึบมีปริมาณลดลง ซึ่งการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบที่อัตราส่วนร้อยละ 50 ทำให้ค่าปริมาณอากาศมีค่ามากที่สุดมีซึ่งมีค่าปริมาณอากาศร้อยละ 8.7



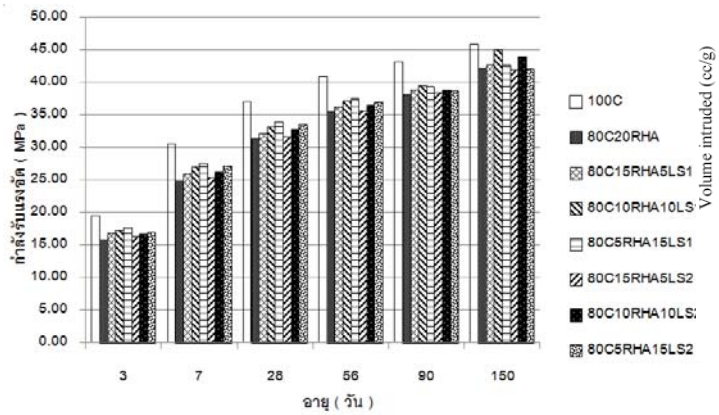
รูปที่ 6 ปริมาณอากาศเถ้าแกลบบดผสมผงแคลเซียมคาร์บอเนตแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 20



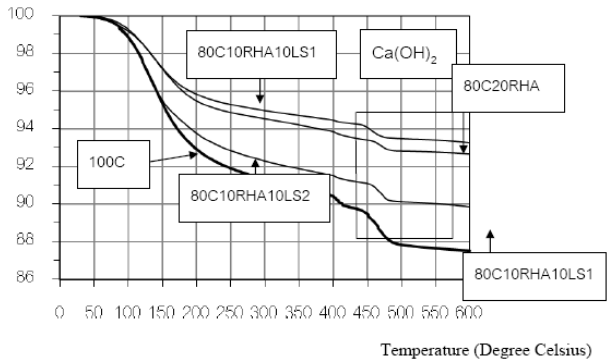
รูปที่ 7 ปริมาณอากาศเถ้าแกลบบดผสมผงแคลเซียมคาร์บอเนตแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 40

4.6 กำลังอัด

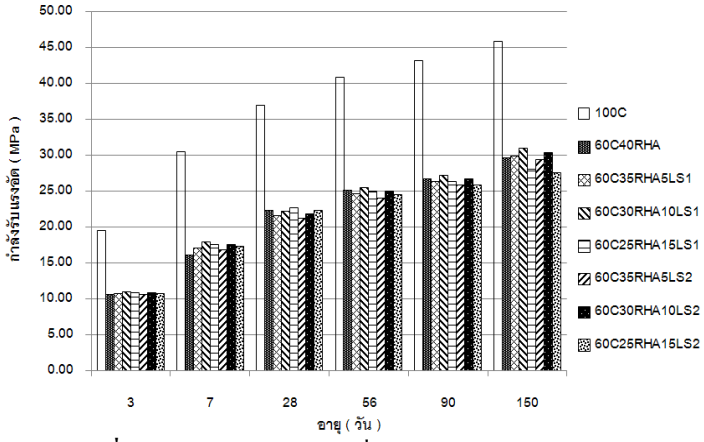
ในรูปที่ 8 และ 9 ในช่วง 3 -7 วัน เมื่อพิจารณากำลังอัดที่มอร์ต้าร์อายุ 7 วันกำลังอัดที่มีส่วนผสมของผงแคลเซียมคาร์บอเนต LS1 ร้อยละ 15 มีกำลังอัดสูง ได้แก่ชุดทดลองที่ 80C5RHA15LS1 มีค่ากำลังอัดร้อยละ 90.56 ซึ่งสูงกว่าชุดทดลองที่80C20RHA, 80C10RHA10LS1, 80C15RHA5LS1 ซึ่งมีค่ากำลังอัด ร้อยละ 81.5, 88.56, 86.5 ตามลำดับ และผงแคลเซียมคาร์บอเนต LS2 มีค่ากำลังอัด ร้อยละ 86.92 ซึ่งสูงกว่าชุดทดลองที่ 80C20RHA, 80C10RHA10LS2, 80C15RHA5LS2 ซึ่งมีค่ากำลังอัดร้อยละ 81.5, 85.85, 83.9 ตามลำดับ เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของ LS1 เหมือนกับ LS2 แต่แตกต่างเพียงแต่ขนาดอนุภาคเล็กน้อยทั้งนี้เนื่องจากเมื่อผสมผงแคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 15 ลงไปมีผลทำให้การกระจายขนาดคละของวัสดุผงดีขึ้น น้ำจึงสามารถกระจายเคลือบผิวอนุภาคของปูนซีเมนต์และเถ้าแกลบได้ดีขึ้น [5] จึงทำให้ปูนซีเมนต์ทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นได้ดียิ่งขึ้นจึงทำให้กำลังอัดในช่วงต้นมีค่าสูง



รูปที่ 8 ค่าดัชนีกำลังของการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบผสมผงแคลเซียมคาร์บอเนต ร้อยละ 20



รูปที่ 10 แสดงปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ของมอร์ต้าร์ด้วยวิธีทดสอบ Thermogravimetric Analysis (TGA)



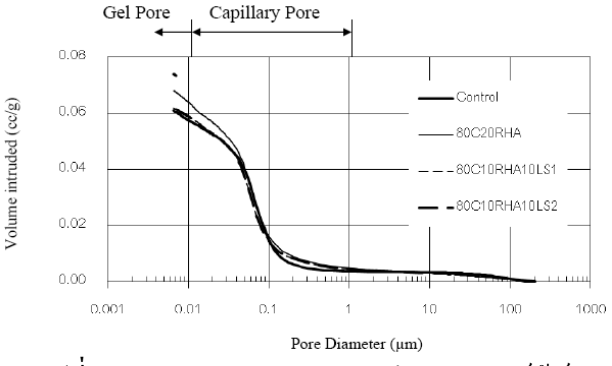
รูปที่ 9 กำลังอัดของการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบผสมผงแคลเซียมคาร์บอเนต ร้อยละ 40

4.7 ปริมาณแคลเซี่ยมไฮดรอกไซด์

จากรูปที่ 10 แสดงผลการทดสอบ TGA ของมอร์ต้าร์ผสมเถ้าแกลบบดและผงแคลเซียมคาร์บอเนตแทนที่ในปูนซีเมนต์ พบว่าที่อายุ 180 วัน พบว่า ปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) ของมอร์ต้าร์ปูนซีเมนต์ล้วนมีน้ำหนัก ร้อยละ 2.76 โดยน้ำหนักของมอร์ต้าร์และมอร์ต้าร์แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบล้วน ร้อยละ 20 มีน้ำหนักเหลือร้อยละ 1.076 โดยน้ำหนักของ มอร์ต้าร์ ส่วนมอร์ต้าร์ชุด 80C10RHA10LS1 และ 80C10RHA10LS2 มีปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) น้ำหนักร้อยละ 1.40 และ 1.057 โดยน้ำหนัก

4.8 ปริมาตรและการกระจายตัวของโพรง

จากรูปที่ 11 แสดงปริมาตรสะสมของมอร์ต้าร์ผสมเถ้าแกลบและผงแคลเซียมคาร์บอเนตทดแทนปูนซีเมนต์ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ที่อายุ 28 วัน พบว่า เมื่อใส่เถ้าแกลบล้วนร้อยละ 20 ในช่วงโพรงเจล (Gel pore) ปริมาตรของโพรงมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าชุดควบคุมมากแต่เมื่อใส่เถ้าแกลบร้อยละ 10 ผสมผงแคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 10 พบว่า ช่วยลดขนาดโพรงในช่วงโพรงเจล (Gel pore) ได้มาก ในส่วนของโพรงคาปิลลารี (Capillary Pore) พบว่า เมื่อใส่เถ้าแกลบร้อยละ 10 ผสมผงแคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 10 สามารถลดขนาดของโพรงได้มากในขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโพรงช่วง 0.01 – 0.1 ไมโครเมตร และลดขนาดส่วนขนาดของโพรงได้เล็กน้อยในขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางช่วง 0.1 – 1 ไมโครเมตร โดยผงหินปูน LS1 สามารถช่วยลดขนาดของโพรงได้มากกว่าผงแคลเซียมคาร์บอเนต LS2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบร้อยละ20 ขนาดของโพรงมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่เมื่อลดปริมาณของเถ้าแกลบร้อยละ 10



รูปที่ 11 ปริมาตรและการกระจายตัวโพรงของมอร์ต้าร์ที่อายุ 28 วัน

5. สรุปผล

5.1 ผงแคลเซียมคาร์บอเนตสามารถช่วยลดความต้องการน้ำของเถ้าแกลบได้ เนื่องจากผงแคลเซียมคาร์บอเนตมีอนุภาคขนาดเล็ก สามารถเข้าไปอุดอนุภาคโพรงของเถ้าแกลบได้

5.2 เมื่อใช้เถ้าแกลบร่วมกับผงแคลเซียมคาร์บอเนตแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 20 โดยชุด 80C5RHA15LS จะทำให้การพัฒนากำลังรับแรงอัดในช่วง 3-28 วัน เร็วที่สุดโดยเร็วกว่าชุด 80C20RHA แต่ในระยะ 150 วันพบว่า ชุด 80C10RHA10LS จะทำให้การพัฒนากำลังรับแรงอัดดีที่สุดโดยสูงกว่าชุด 80C20RHA และใกล้เคียงกับชุดควบคุม

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงลงด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอบคุณ บริษัท สุรินทร์ ออมย่า ที่ให้การสนันสนุนผงแคลเซียมคาร์บอเนต โรงไฟฟ้าปทุมไรซมิล แอนด์ แกรนารี จำกัด (มหาชน) ที่ให้การสนับสนุนเถ้าแกลบรวมถึง บริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด (มหาชน) ที่ได้อนุเคราะห์การทดสอบในการวิจัยครั้งนี้ และคุณวชิรวิทย์ สำราญรมย์ ที่ได้ช่วยเก็บรวบรวมข้อมูลผลการทดสอบจนงานวิจัยสำเร็จลงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] ปริญญา จินดาประเสริฐ และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2549, Cement Pozzolan and Concrete, สมาคมคอนกรีตไทย, กรุงเทพฯ.

[2] Columnna, V.B., “The Effect of Rice Husk Ash in Cement and Concrete Mixes”, Master’s Thesis No. 678, AIT, 1974.

[3] British-Adopted European standard, Masonry cement.test, England, 1995.

[4] American Society for Testing and Materials, “ASTM C109 Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)”, Annual Book of ASTM Standard, Section 4 Construction, Volume 04.02 Concrete and Aggregate, 2011.

[5] Ganesan K., Rajagopal K. and Thangavel K., 2008, “Rice husk ash blended cement: Assessment of optimal level of replacement for strength and permeability properties of concrete”, Construction and Building Materials: 22; pp. 1675-1683.