สมบัติของคอนกรีตมวลรวมหินทรายเกาะยอผสมเถ้าแกลบสังข์หยด

Properties of Koh Yor Sandstone Aggregate Concrete Blended with Song Yod Rice Husk Ash

ดนุพล ตันนโยภาส ชลายุทธ สุวรรณะ
ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

บทคัดย่อ

ศึกษาเชิงทดลองดำเนินการประเมินประสิทธิผลของเถ้าแกลบสังข์หยดที่มีต่อสมบัติคอนกรีตสดและแข็งตัวที่ใส่มวลรวมจากหินทรายเกาะยอ เถ้าแกลบสังข์หยดบดละเอียดแทนที่ปูนซีเมนต์ 15 20 และ 25% โดยน้ำหนัก อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานคงไว้ 0.55 ทุกส่วนผสม หล่อคอนกรีตขนาด 10×10×10 ซม. บ่มแบบความชื้นเป็นเวลา 7 วัน 28 วัน และไม่บ่ม สมบัติที่ตรวจสอบประกอบด้วย ความหนาแน่นรวม การดูดซึมน้ำ ความแข็งแบบชอร์ และกำลังอัด พบว่าค่าคอนกรีตที่กำลังอัดสูงสุดวัดจากส่วนผสมประกอบด้วยเถ้าแกลบสังข์หยด 15% บ่ม 28 วัน ในขณะที่สังเกตว่ากำลังอัดต่ำสุดอยู่ในส่วนผสมเถ้าแกลบสังข์หยด 25% ที่ไม่บ่ม บ่งได้ว่าเถ้าแกลบสังข์หยดสามารถใช้เป็นวัสดุสารปอซโซลานแทนปูนซีเมนต์ที่มีหินทรายเกาะยอเป็นมวลรวมหยาบทำเป็นคอนกรีตกำลังสูงได้

คำสำคัญ : เถ้าแกลบสังข์หยด, มวลรวมหินทราย, ปฏิกิริยาปอซโซลาน, อุณหภูมิไฮเดรชัน

Abstract

The experimental investigation was carried out to evaluate the effectiveness of Song Yod rice husk ash (SYRHA) on the properties of fresh and hardened concrete containing Koh Yor sandstone coarse aggregates (KYSCA). The SYRHA was ground and partially replaced the ordinary Portland cement with the proportion of 15, 20 and 25% by weight. The water to cementitious material ratio is maintained at 0.55 for all mixtures. The KYSCA concrete samples cast in the mould of 10×10×10 cm and cured in water for 7 and 28 days and uncured. The examined properties include the bulk density, water absorption, Shore hardness and compressive strength. The highest compressive strength value was measured in the mixture containing 15% SYRHA cured 28 days while the lowest compressive strength value was noted in 25%SYRHA uncured. It is indicated that the SYRHA can be used as a pozzolanic material, replacing cement containing KYSCA as high strength concrete.

Keywords : Song Yod rice husk ash, Sandstone aggregate, Pozzolanic reaction, Hydration temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

ประชากรที่เพิ่มขึ้น การเติบโตทางเศรษฐกิจ และการรวมตัวเป็นประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economics Community) จึงทำให้แนวโน้มการก่อสร้างในจังหวัดสงขลาเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีความต้องการในการใช้คอนกรีตในปริมาณเพิ่มมากขึ้น ราคาและต้นทุนของคอนกรีตจึงเพิ่มขึ้นไปด้วย ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการนำหินทรายเกาะยอที่มีการผลิตหลายแห่ง ซึ่งนำไปใช้ทำเป็นหินกันคลื่นและก่อสร้าง และจากข้อมูลที่ได้จะมีการผลิตหินทรายเกาะยอประมาณ 6,000-8,000 ตัน/เดือน ส่วนประกอบในหินทรายแปรผันได้ง่ายด้วยเหตุนี้เมื่อนำมาใช้ในคอนกรีตเป็นมวลรวมอาจเป็นสาเหตุทำให้กำลังของคอนกรีตแตกต่างกันได้ นอกจากนี้ข้อมูลเกี่ยวกับสหสัมพันธ์ถึงผลกระทบของคอนกรีตมวลรวมหินทรายต่างชนิดกันยังมีน้อย ดังนั้นจึงมีความคิดที่จะศึกษามวลรวมหินทรายเกาะยอทำเป็นมวลรวมในคอนกรีต [1] ได้ใช้หินทรายยุคต่างๆ (ออร์โดวิเชียน ดีโวเนียน คาร์บอนิเฟอรัส เพอร์โม-ไทรแอสซิก) ทำเป็นมวลรวมหยาบในคอนกรีตมาเปรียบเทียบกัน พบว่าให้คอนกรีตกำลังต่ำโดยเฉพาะหินทรายยุคออร์โดวิเชียน นอกจากนี้ยังพบว่าหินทรายชนิดกึ่งอาร์โคสถึงอาร์โคส (subarkose and arkose) ให้คอนกรีตกำลังต่ำเช่นเดียวกัน [2] หินทรายในรัฐเซาร์เปาโล ประเทศบราซิล มีการทดสอบเป็นมวลรวมในคอนกรีตโครงสร้างพบว่าหินทรายสีเหลืองและแดงสามารถนำมาใช้ได้ [3] ยังพบว่าคอนกรีตที่ใส่มวลรวมหินทรายชนิดเกรย์แวกมีการหดตัวแบบแห้งสูง [4] ขณะที่มวลรวมหิน 5 ชนิด คือ แกบโบร บะซอลต์ ควอร์ตไซต์ หินปูนและหินทราย ผสมกับเขม่าซิลิกาบ่มสามเดือน พบว่ากำลังคอนกรีตมวลรวมหินทรายเพิ่มขึ้นจนใกล้เคียงกับกำลังของหินทรายเอง [5] หากบดเถ้าแกลบเป็นเวลา 1.30 ชม. จนขนาดละเอียดมัชฌิม 9.52 ไมครอน ผสมในคอนกรีตให้กำลังอัดและดัชนีกำลัง (strength activity index) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ [6] ข้าวพันธุ์สังข์หยดปลูกกันมากในท้องถิ่นภาคใต้ เช่น จังหวัดพัทลุง สงขลา มีพื้นที่ปลูกประมาณ 12,886 ไร่ ทั้งภาคใต้ผลิตได้ประมาณ 7113 ตัน/ปี [7] จากวรรณกรรมปริทัศน์ที่กล่าวมา จึงมีความคิดเอาเถ้าแกลบพันธุ์ดังกล่าวนำมาใช้แทนปูนซีเมนต์บางส่วน เพื่อเสริมกำลังคอนกรีตหินทรายเกาะยอและลดต้นทุนในการผลิต โดยกำหนดให้ได้สมบัติทางด้านวิศวกรรมของคอนกรีตดีกว่าหรือไม่ด้อยไปกว่าคอนกรีตโครงสร้างทั่วไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1. หินทรายหัวเขาแดง เกาะยอ จังหวัดสงขลา สีเหลืองปนขาว เนื้อขนาดเม็ดเล็กถึงปานกลาง เนื้อพื้นเป็นควอตซ์ส่วนใหญ่ เป็นชนิดลิทิกอารีไนต์ (lithic arenite) ถึงกึ่งลิทิกอารีไนต์ (sublithic arenite) มวลรวมมีรูปร่างเป็นเหลี่ยมดังในรูปที่ 1 (ก) ถึง 1 (ค) ค่อนข้างแบน

2. เถ้าแกลบสังข์หยด (รูปที่ 1 (ง)) ที่นำมาใช้นั้นได้นำมาจากแกลบสังข์หยดที่ถูกเผาแล้ว เพื่อไล่ความชื้นของข้าวที่สีและเก็บไว้ในโรงสีข้าวในวิสาหกิจชุมชน จังหวัดพัทลุง ซึ่งเป็นของเสียที่เกิดขึ้นภายหลังใช้เป็นเชื้อเพลิง

3. ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 และ

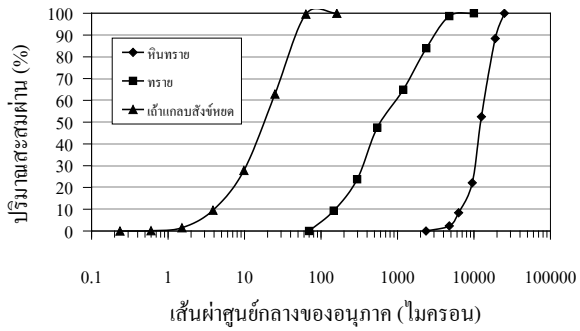
4. น้ำประปาสะอาด

รูปที่ 1: วัตถุดิบที่ใช้ (ก) หินทรายขนาด 19 มม. (ข) หินทรายขนาด 12.5 มม. (ค) หินทรายขนาด 9.5 มม. และ (ง) เถ้าแกลบสังข์หยด

2.2 การเตรียมและหล่อตัวอย่าง

หินทรายเกาะยอนำมาบดด้วยเครื่องบดปากงับ (jaw crusher) และคัดขนาดโดยใช้ตะแกรงขนาด 19 12.5 และ 9.5 มม. ตามลำดับ มีการกระจายตัวดังรูปที่ 1 (ก) (ข) และ (ค) ซึ่งการคละขนาดไม่ดี (รูปที่ 2) มีค่าความถ่วงจำเพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2: การกระจายขนาดของวัสดุที่ใช้หล่อคอนกรีต

เท่ากับ 2.2 มีค่าโมดูลัสความละเอียด (modulus of fineness-F.M.) เท่ากับ 2.5 แต่ละขนาดมีน้ำหนัก 300 600 และ 300 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักมวลรวมหยาบหล่อเป็นคอนกรีตทดลองครั้งนี้เท่ากับ 1,200 กรัม (ตารางที่ 1)

ส่วนเถ้าแกลบสังข์หยดนำไปบดด้วยเครื่องคัดขนาดให้ผ่านตะแกรงขนาด 325 เมช (45 ไมครอน) มีสีเทาเข้ม เป็นการเผาแบบไม่ควบคุม จึงทำให้เถ้าไม่ระอุเปลี่ยนเป็นเถ้าสีขาวหมด ดังในรูปที่ 1 (ง) มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.89 เถ้าแกลบและทรายที่ใช้มีการกระจายตัวพอใช้ ดังในรูปที่ 2 สูตรผสมแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบ 3 อัตราส่วนคือ 15%, 20% และ 25% โดยน้ำหนัก (ตารางที่ 1) เบ้าโลหะหล่อทรงลูกบาศก์ขนาด 10×10×10 ซม. อัตราส่วนปูนซีเมนต์: ทราย: มวลรวม เท่ากับ 1:2:4 อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานคงที่ตลอดเท่ากับ 0.55 ตัวอย่างคอนกรีตทั้งหมดแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือบ่มในน้ำ 7 วัน 28 วัน และไม่บ่ม

ตารางที่ 1: การออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตที่ศึกษา

แทนปูนซีเมนต์ / วัสดุผสม	ปริมาณเถ้าแกลบ (กิโลกรัม/ม.^{3})			
	0%	15%	20%	25%
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	400	340	320	300
ทรายหยาบ	750	750	750	750
กรวด	1200	1200	1200	1200
เถ้าแกลบ	-	60	80	100
น้ำ (w)	220	220	220	220

2.3 การทดสอบตัวอย่าง

วัดการกระจายขนาดของเถ้าแกลบด้วยเครื่องวัดอนุภาคด้วยแสงเลเซอร์ และทดสอบความหนาแน่นรวม [8] และการดูดซึมน้ำ [9] ทดสอบความแข็งแบบชอร์ (Shore hardness) ด้วยเครื่อง Hardness Tester (EQUO TIP) รุ่น CA 6525 ทดสอบกำลังอัดปรับแก้ขนาดและทดสอบตาม ASTM C109 [10] วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีรังสีเอกซ์ฟลูออเรสเซนต์ (X-ray Fluorescence-XRF)วิเคราะห์แร่ประกอบด้วยวิธีการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction) และโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope)

2.4 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบสังข์หยดด้วย XRF แบบกึ่งปริมาณ (ตารางที่ 2) มีผลรวมของปริมาณ SiO_2, Al_2O_3 และ Fe_2O_3 เท่ากับ 74.93% มีปริมาณของ SO_3 0.92% และน้ำหนักสูญหายหลังเผา (Loss on Ignition-LOI) เท่ากับ 2.51% เมื่อรวมปริมาณ SiO_2, Al_2O_3 และ Fe_2O_3 มากกว่า 70% มีปริมาณ SO_3 น้อยกว่า 5% และมีปริมาณ LOI น้อยกว่า 10% ดังนั้นเถ้าแกลบข้าวสังข์หยดจึงจัดอยู่ในข่ายเป็นวัสดุปอซโซลาน เทียบเคียงได้กับเถ้าลอยชั้น Class F ตามเกณฑ์กำหนดใน ASTM D5370 [11] และ ASTM C618 [12]

ตารางที่ 2: องค์ประกอบสำคัญทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และเถ้าแกลบสังข์หยด

องค์ประกอบทางเคมี	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	SO_3	CaO
SYRHA	66.13	5.48	3.32	8.35	0.92	1.94
OPC	21.30	4.96	3.10	0.50	2.72	66.61

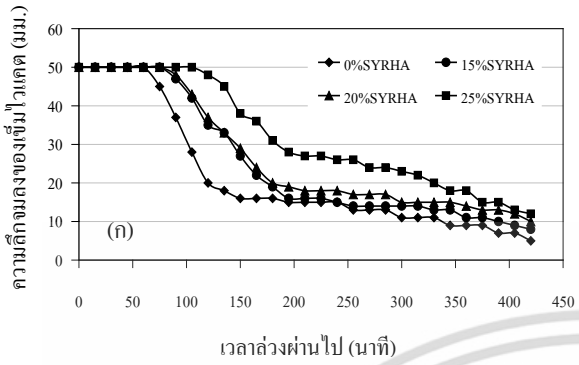
3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

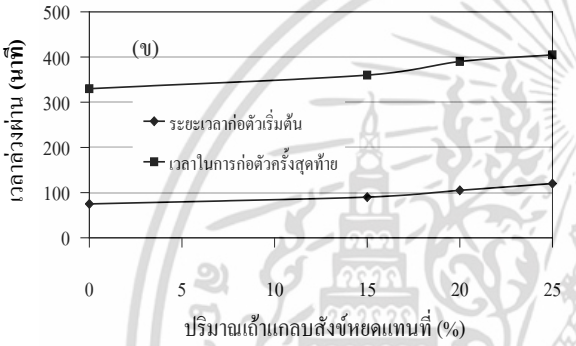
3.1 การก่อตัวของเพสต์

ผลการก่อตัวของเพสต์ พบว่าการก่อตัวของซีเมนต์เพสต์ใช้เวลาก่อตัวเร็วสุด 75 นาที เมื่อเติมเถ้าแกลบ 25% เวลาในการก่อตัวช้าที่สุดคือ 120 นาที (รูปที่ 3 (ก)) เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบ่งถึงว่า เวลาก่อตัวของเพสต์แปรผกผันกับปริมาณเถ้าแกลบที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3 (ข) ซึ่งชะลอเวลาการก่อตัวนานขึ้นเพียงเล็กน้อย



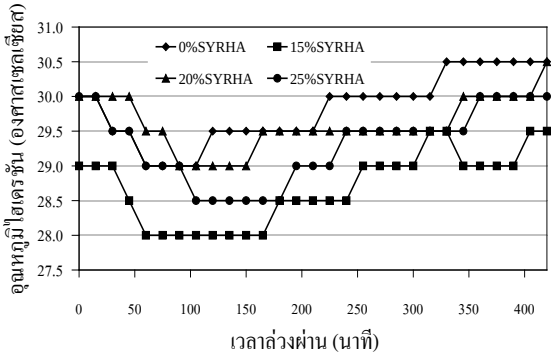


รูปที่ 3: เพสต์ (ก) พฤติกรรม และ (ข) ระยะเวลาก่อตัว

อุณหภูมิไฮเดรชันของการก่อตัวของเพสต์ (รูปที่ 4) โดยทดลองที่อุณหภูมิห้อง 29 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 41% พบว่าอุณหภูมิได้ลดลงจนถึงนาทีที่ 150 โดยประมาณ อุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นแสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันและคายความร้อนออกมา ขณะเดียวกันเพสต์เริ่มแข็งตัวขึ้นเป็นลำดับ เห็นได้ว่าเพสต์ผสมเถ้าแกลบเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันที่อุณหภูมิต่ำกว่าซีเมนต์เพสต์ ซึ่งมีข้อดีทำให้การหล่อคอนกรีตหลา (mass concrete) ได้เนื้อคอนกรีตแน่นมีรูพรุนน้อย

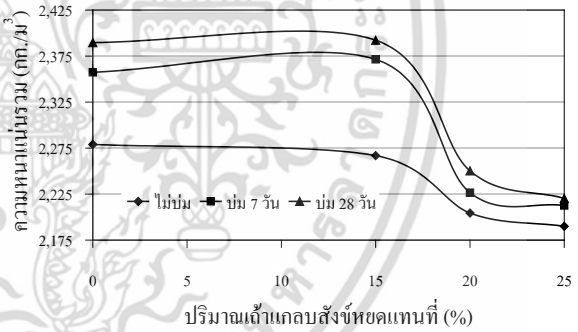
3.2 ความหนาแน่นรวม

ความหนาแน่นรวมเฉลี่ยของคอนกรีตมวลรวมหินทรายหัวเขาแดงอายุบ่มที่ 28 วัน ที่เติมเถ้าแกลบสังข์หยด 15% มีค่ามากที่สุดประมาณ 2,392 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (รูปที่ 5) ทั้งนี้อาจเกิดจากการแทนที่ของน้ำในช่องว่างหรือโพรงอากาศหรืออาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในเนื้อคอนกรีต อันเนื่องมาจากปฏิกิริยา



รูปที่ 4: อุณหภูมิไฮเดรชันในช่วงก่อตัวของเพสต์

ค่าเพิ่มขึ้น ส่วนคอนกรีตที่มีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุดคือ ประมาณ 2,190 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ที่ผสมเถ้าแกลบ 25% ไม่บ่ม ซึ่งพบว่าเมื่อปริมาณเถ้าแกลบเพิ่มขึ้นค่าความหนาแน่นรวมของคอนกรีตมีค่าลดลงตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความถ่วงจำเพาะของเถ้าแกลบสังข์หยด (1.89) น้อยกว่าของปูนซีเมนต์ (3.15) จึงเป็นสาเหตุให้คอนกรีตที่ถูกแทนที่ด้วยเถ้าแกลบมีค่าความหนาแน่นลดลง

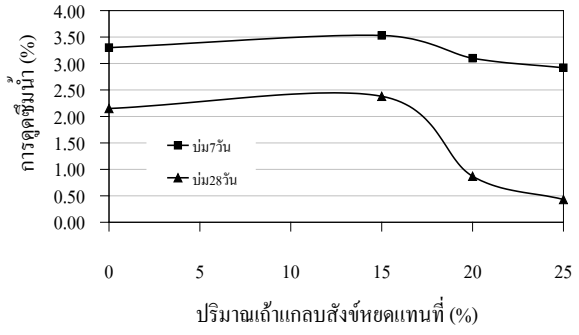


รูปที่ 5: ความหนาแน่นรวมของคอนกรีตมวลรวมหินทรายผสมเถ้าแกลบสังข์หยด

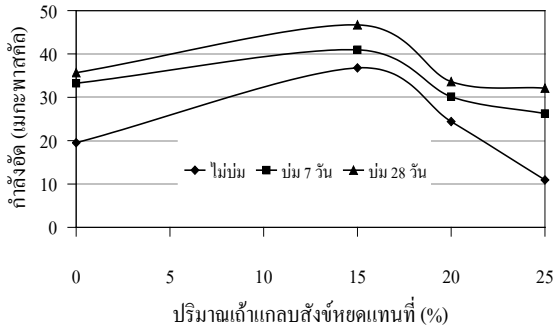
3.3 การดูดซึมน้ำ

พบว่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตที่อายุบ่ม 7 วัน ที่เติมเถ้าแกลบสังข์หยด 15% มีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุดคือ 3.53% และที่อายุบ่ม 28 วัน ที่ปริมาณเถ้าแกลบ 25% พบว่ามีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุดคือ 0.43% พบว่าปริมาณเถ้าแกลบเพิ่มขึ้นแนวโน้มการดูดซึมน้ำของคอนกรีตลดลง (รูปที่ 6) ซึ่งเป็นการบ่งชี้ว่าเนื้อคอนกรีตเติมเถ้าแกลบมากนั้นมีความพรุนลดลง สันนิษฐานว่าน่าเป็นผลจากการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานขึ้นภายในทำให้เนื้อทึบมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



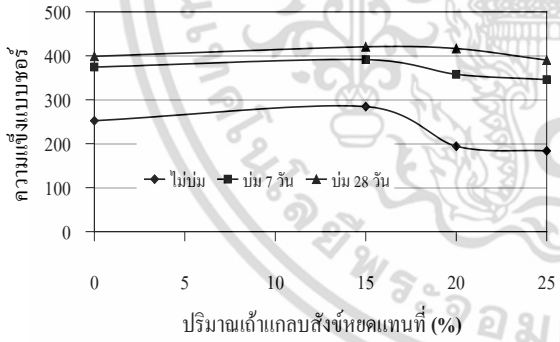
รูปที่ 6: การดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลรวมหินทรายผสมเถ้าแกลบสังข์หยด



รูปที่ 8: กำลังอัดของคอนกรีตมวลรวมหินทรายผสมเถ้าแกลบสังข์หยด

3.4 ความแข็งแบบชอร์

ค่าความแข็งแบบชอร์ของคอนกรีตแปรผันตามอายุบ่ม (รูปที่ 7) ค่าสูงสุดคือ 420 สำหรับคอนกรีตเติมเถ้าแกลบ 15% บ่ม 28 วัน และค่าต่ำสุดประมาณ 183 สำหรับคอนกรีตผสมเถ้าแกลบ 25% ไม่บ่ม ค่านี้แปรผกผันกับปริมาณเถ้าแกลบสังข์หยดแทนที่ปูนซีเมนต์หลังจากอัตราส่วนที่ 15% เป็นต้นไป ซึ่งแนวโน้มการแปรปรวนนี้เป็นในลักษณะเดียวกันกับค่าความหนาแน่นรวม (รูปที่ 5) และการดูดซึมน้ำ (รูปที่ 6)



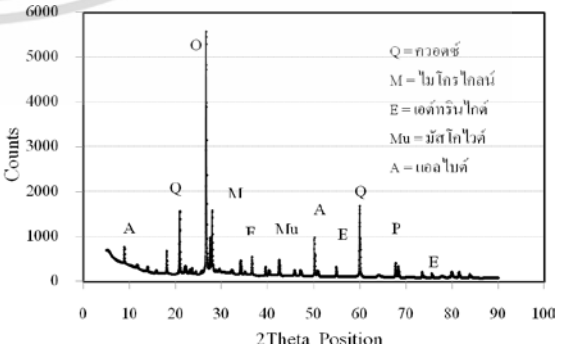
รูปที่ 7: ความแข็งแบบชอร์ของคอนกรีตมวลรวมหินทรายผสมเถ้าแกลบสังข์หยด

3.5 กำลังอัด

ผลทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตแทนที่เถ้าแกลบสังข์หยดที่ 15% 20% และ 25% อายุบ่มต่างกันพบว่าที่ 15% มีค่ากำลังอัดสูงสุดที่ 46.71 เมกะพาสคัล บ่ม 28 วัน ส่วนค่าที่มีกำลังอัดต่ำสุดอยู่ที่ 10.95 เมกะพาสคัล ซึ่งผสมเถ้าแกลบสังข์หยด 25% และไม่บ่ม (รูปที่ 8) ซึ่งแนวโน้มของกำลังอัดมีค่าสูงสุดที่ 15% ของการแทนที่เถ้าแกลบข้าวสังข์หยด และหากเติมเถ้าแกลบสูงกว่านี้ค่ากำลังมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ โดยเฉพาะคอนกรีตไม่บ่มใส่เถ้าแกลบ 25% มีค่ากำลังอัดลดลงอย่างมาก สันนิษฐานว่าเถ้าแกลบยังไม่เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานขึ้น จึงกลับกลายเป็นผลเสียแก่พัฒนากำลังคอนกรีตในช่วงระยะต้น

3.6 วัฏภาคแร่ประกอบขึ้นใหม่

ผลวิเคราะห์แร่ประกอบขึ้นในตัวอย่างคอนกรีตเติมเถ้าแกลบ 15% บ่ม 28 วัน พบว่ามีแร่ 6 ชนิด (รูปที่ 9) และผลคำนวณปริมาณแร่ของแต่ละชนิดจากพื้นที่ใต้กราฟ XRD ได้ ควอตซ์ (quartz-Q) 29.18% ไมโครไคลน์ (microcline-M) 23.17% มัสโคไวต์ (muscovite-Mu) 22.21% แอลไบต์ (albite-A) 11.87% เอต์ทรินไกต์ (ettringite-E) 8.88% พอร์ตแลนไดต์ (portlandite-P) 4.69% แร่ที่เกิดขึ้นใหม่ได้แก่ แร่เอต์ทรินไกต์และพอร์ตแลนไดต์ที่ได้รับอิทธิพลมาจากปูนซีเมนต์ อันเนื่องจากมีปริมาณสารประกอบ CaO สูงทำปฏิกิริยากับน้ำได้เป็นแร่ทั้งสองดังกล่าว

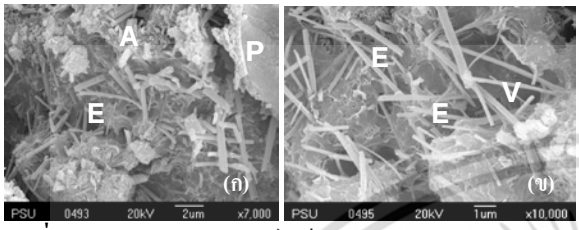


รูปที่ 9: ลายพิมพ์ของการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของคอนกรีตมวลรวมหินทรายผสมเถ้าแกลบ 15% บ่ม 28 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 โครงสร้างจุลภาค

ผลถ่ายภาพจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเนื้อคอนกรีตมวลรวมหินทรายผสมเถ้าแกลบสังข์หยดแทนที่ 15% บ่ม 28 วัน พบว่ามีโพรงน้อย (V) เอต์ทรินไกต์เป็นรูปผลึกแท่งยาว แผ่นแบนหนาของมัสโคไวต์และควอตซ์ปลายขอบคมปริมาณมาก ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10: ภาพถ่ายจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของคอนกรีตผสมเถ้าแกลบสังข์หยดแทนที่ 15% บ่ม 28 วัน ด้วยกำลังขยาย (ก) 8,000 เท่า และ (ข) 10,000 เท่า

4. สรุป

1. ความละเอียดและองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าแกลบสังข์หยดจัดอยู่ในเกณฑ์สารปอซโซลานชนิด F [11,12]

2. ปริมาณเถ้าแกลบเพิ่มขึ้นทำให้ระยะเวลาการก่อตัวของเพสต์ผสมเถ้าแกลบเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิไฮเดรชันของเพสต์ผสมเถ้าแกลบลดลง

3. ความหนาแน่น มีค่าอยู่ในช่วง 2190-2392 กก./ม^3 การดูดซึมน้ำในช่วง 0.43-3.53% ขึ้นกับปริมาณเถ้าแกลบผสมลงไปและอายุบ่ม ซึ่งเถ้าแกลบเพิ่มขึ้นและอายุบ่มนานขึ้นค่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและการดูดซึมน้ำลดลง

4. ความแข็งแบบชอร์สอดคล้องกับกำลังอัดของคอนกรีตมวลรวมหินทรายเกาะยอผสมเถ้าแกลบสังข์หยด 15% บ่ม 28 วัน มีค่าความแข็งแบบชอร์และกำลังอัดสูงสุดที่ 420 และ 46.71 เมกะพาสคัล ตามลำดับ

5. แร่ประกอบขึ้นใหม่ภายหลังปฏิกิริยาปอซโซลานได้แก่ เอต์ทรินไกต์และพอร์ตแลนไดต์ และยืนยันจากโครงสร้างจุลภาคด้วย XRD ที่พบแร่ทั้งสองฝังในเนื้อ

5. เอกสารอ้างอิง

[1] A. Tugrul and M. Yılmaz, “Assessing the Quality of Sandstones for Use as Aggregate in Concrete,” Magazine of Concrete Research, Vol.64, No.12, pp. 1067-1078, Dec., 2012.

[2] M. Yılmaz and A. Tugrul, “The Effects of Different Sandstone Aggregates on Concrete Strength,” Construction and Building Materials, Vol.35, pp. 294-303, Oct., 2012.

[3] P. S. P. Fontanini, L. L Pimentel, A. E. Jacintho and C. L. Migliato, “Brazilian Geological Sandstone Characterization and Its Utilization as Aggregate in Structural Concrete,” Applied Mechanics and Materials, Vol.271-272, pp.141-146, 2012.

[4] J. R. Mackechnie, “Shrinkage of Concrete Containing Greywacke Sandstone Aggregate,” Materials Journal, Vol.103, Issue5, pp.390-396, 2006.

[5] A. Kılıç, C. D. AtiŞ, A. Teymen, O. Karahan, F. Özcan, C. Bilim and M. Özdemir, “The Influence of Aggregate Type on The Strength and Abrasion Resistance of High Strength Concrete,” Cement and Concrete Composites, Vol.30, Issue4, pp.290-296, April, 2008.

[6] B. H. Abu Bakar, P. J. Ramadhansyah and M. J. Megat Azmi, “Effect of Rice husk Ash Fineness on the Chemical and Physical Properties of Concrete,” Magazine of Concrete Research, Vol.63, Issue5, pp.313–320, 2011.

[7] www.ricethailand.go.th Retrieved 21 March 2013

[8] ASTM C138/C138M-13 “Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete,” 2013.

[9] ASTM C1585-13 “Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes,” 2013.

[10] ASTM C109/C109M-12. “Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens),” 2012.

[11] ASTM D5370-14. “Standard Specification for Pozzolanic Blended Materials in Construction Application,” 2014.

[12] ASTM C618-12a. “Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete,” 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้