

สมบัติมวลรวมของหินฮอร์นเฟลส์ในคอนกรีตผสมกับเถ้าขานอ้อย Aggregate Properties of Hornfels in Concrete Blended with Sugar Cane Bagasse Ash

دننطن دننننننن^{1*}, ٱٱٱٱٱٱٱٱ ٱٱٱٱٱٱٱٱ² และٱٱٱٱٱ ٱٱٱٱٱ³
Danupon Tonnayopas^{1*} Pathompong Tongkamkaew² and Chitpon Aidpan³

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ดำเนินการประเมินมวลรวมหยาบหินฮอร์นเฟลส์ที่มีต่อพฤติกรรมของคอนกรีตผสมเถ้าขานอ้อย ได้ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของหินฮอร์นเฟลส์เป็นอันดับแรก เถ้าขานอ้อยแทนที่ในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภท 1 ในอัตราส่วนร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนัก และใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานคงที่ 0.4 ทุกสูตรผสมหล่อก้อนตัวอย่างลูกบาศก์ขนาด 10×10×10 ซม. และบ่มแบบชื้น 7 และ 28 วัน ผลทดสอบคอนกรีต ได้แก่ การหดตัวแบบแห้ง ความหนาแน่นรวม การดูดซึมน้ำ ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ความแข็งแรงกระดอน ความคงทนต่อโซเดียมซัลเฟต วิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของก้อนที่เค้นด้วยการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์และถ่ายภาพจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด คอนกรีตมีค่ากำลังอัดสูงสุด 47 เมกะปาสคัล บ่ม 28 วัน ผสมเถ้าขานอ้อยร้อยละ 20 บ่งว่าเถ้าขานอ้อยสามารถยับยั้งปฏิกิริยาแอลคาไลได้

คำสำคัญ : มวลรวมหินฮอร์นเฟลส์ เถ้าขานอ้อย ปฏิกิริยาแอลคาไล วัสดุปอซโซลาน ความคงทน

Abstracts

This experimental investigation was conducted to assess the hornfels coarse aggregate on the behavior of concrete incorporated with sugar cane bagasse ash (SCBA). Physico-mechanical properties of hornfels specimen were first order performed. SCBA was instead of ordinary Portland cement, Type I in the proportion of 10%, 20% and 30% by weight. Fixed water to cementitious material ratio of 0.4 was utilized for all mixes. Cube specimens were cast in size of 10×10×10 cm and cured in water at 7 days and 28 days. Test results of concrete in drying shrinkage, bulk density, electrical resistivity, rebound hardness, compressive

¹ รศ.ดร., ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ 90112

² นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ 90112

³ ช่างเทคนิค, ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ 90112

* Corresponding author: E-mail: danupon.t@psu.ac.th Tel. 074-211885 ext. 2226

strength and durability in sodium sulfate solution. Microstructure of dominant concrete was analysed using X-ray Diffraction and Scanning Electron Microscope. The highest compressive strength is 47 MPa at 28 days with 20%SCBA. It indicated that the SCBA could be suppressed alkali silica reaction.

Keywords : Alkali silica reaction, Sugar cane bagasse ash, Hornfels aggregate, Pozzolanic materials, Durability

บทนำ

มวลรวมที่ใช้กันอยู่ทั่วไปและส่วนมากในประเทศไทยคือ หินปูน หินแกรนิตและหินทราย ซึ่งแหล่งวัสดุเหล่านี้วันก็หมดไปเรื่อยและมีการทดแทนมวลรวมหายา เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติอันเป็นสิ่งจำเป็นแก่ประเทศพัฒนาในปัจจุบัน เนื่องจากมวลรวมและราคาของการผลิตคอนกรีตมีความสัมพันธ์กับระยะทางขนส่ง ดังนั้นนักวิจัยหลายคนจึงทุ่มเททำงานนำวัสดุชนิดต่างๆ [1-8] ใช้ทดแทนเป็นมวลรวมหายาและหาวิธีแก้ไขวัสดุเหมาะกับการผลิตคอนกรีตในหลายด้าน โดยทั่วไปสิ่งสำคัญมวลรวมหายาต้องมีกำลังความคงทนและกันน้ำ ผิวปลอดสิ่งเจือปน เช่น ดิน ทรายแป้ง และสสารอินทรีย์ อนุภาคคงทน ปลอดจากสารเคมีดูดซับในปริมาณไม่มีผลต่อไฮดรชันของปูนซีเมนต์และน้ำ และแรงยึดหน่วงของซีเมนต์เพสต์ มวลรวมสามารถจำแนกด้วยน้ำหนัก ชนิดหิน และรูปทรง ซึ่งถือว่าเป็นรายการอันดับแรกและสำคัญในการเลือกมวลรวมสำหรับงานคอนกรีต การก่อสร้างคอนกรีตมักใช้มวลรวมที่หาได้และอยู่ใกล้สถานที่ก่อสร้าง ในอำเภอหาดใหญ่ได้ขุดหินสอร์นเฟลส์ สีเทาถึงดำที่หลังศาลเจ้านาจา ตรงกันข้ามตลาดเกาะหมี่ อ.หาดใหญ่ ซึ่งมีปริมาณมากพอสมควร หินสอร์นเฟลส์เป็นหินแปรสภาพแบบสัมผัสมาจากหินทรายสลับหินดินดานกับหินแกรนิตเกาะหมี่ ยุคครีเทเชียส-เทอร์เชียรี ด้วยไอน้ำร้อนทำให้หินแปรมีลายและแนวแตก จึงทำให้มวลรวมแตกออกผิวเรียบขอบแหลมคม ซึ่งมีการลองนำหินสอร์นเฟลส์มาใช้แทนมวลรวมหายาหินชนิดอื่นในงานคอนกรีต แต่เนื่องจากขาดแคลนข้อมูลของมวลรวมหินสอร์นเฟลส์ ดังนั้นงานวิจัยนำร่องนี้หากคุณลักษณะสมบัติมวลรวมหินสอร์นเฟลส์ถึงความเหมาะสมเป็นมวลรวมหายาสำหรับคอนกรีตชนิดโครงสร้าง และด้วยหินสอร์นเฟลส์มีองค์ประกอบซิลิกาค่อนข้างสูง ซึ่งส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาแอลคาไลซิลิกาในคอนกรีต (alkali silica reaction) ดังนั้นจึงได้นำเอาเถ้าขานอ้อยของเสียจากการใช้เป็นเชื้อเพลิงในผลิตน้ำตาล ซึ่งมีสมบัติเข้าย่ำวัสดุพอซโซลาน [9] มาทดลองยับยั้งปฏิกิริยาแอลคาไลซิลิกาในการผสมคอนกรีตหินสอร์นเฟลส์ที่จะศึกษาครั้งนี้ด้วย

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษามวลรวมหินสอร์นเฟลส์ทั้งสมบัติทางกายภาพและทางธรณีเทคนิค ทำการหล่อตัวอย่างเพสต์และคอนกรีต ทดสอบตัวอย่าง ได้แก่ การก่อตัวของเพสต์ ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ การหดตัวแบบแห้ง ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ ความแข็งแรงกระดอน กำลังอัด และความคงทนต่อแมกนีเซียมซัลเฟต ทำการวิเคราะห์แร่ประกอบ (XRD) และโครงสร้างจุลภาค (SEM)

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

วัตถุดิบที่ใช้

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทหนึ่ง หินฮอร์นเฟลส์นำมาจากบ้านเกาะหมี่ อ.หาดใหญ่ (ภาพที่ 1 ก) เถ้าขานอ้อยจากโรงงานผลิตน้ำตาล จ.นครราชสีมา สีดำขนาดละเอียดถึงหยาบ (ภาพที่ 1 ข และ ค) และทรายหยาบนำจัดก่อสร้างทั่วไป



ก)



ข)

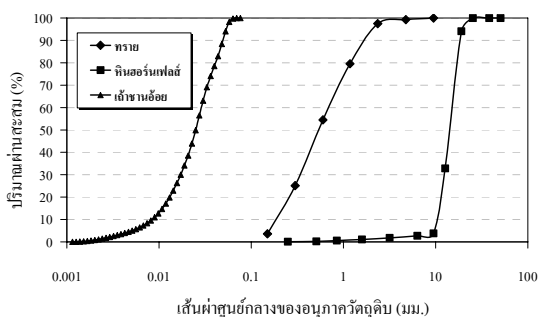


ค)

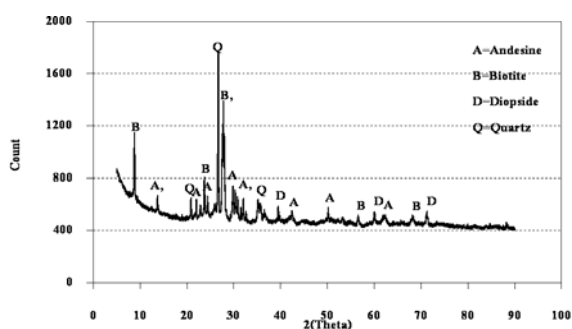
ภาพที่ 1 วัสดุหลักใช้ในการหล่อคอนกรีตศึกษาครั้งนี้ ก) หินฮอร์นเฟลส์ ข) เถ้าขานอ้อย และ ค) เถ้าขานอ้อยบดและคัดขนาด

การเตรียมตัวอย่าง

คัดขนาดหินฮอร์นเฟลส์เหมาะสมกับทดสอบกำลังแรงกดจุด ไม่เป็นมวลรวมหยาบ (ภาพที่ 2 ก) หล่อคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด $10 \times 10 \times 10$ ซม. อัตราส่วนปูนซีเมนต์ : ทราย : มวลรวมหยาบ เท่ากับ 1:2:3 อัตราส่วนวัสดุประสานต่อน้ำ = 0.4 บ่มตัวอย่างแบบความชื้น 2 อายุ คือ 7 วัน และ 28 วัน ตามส่วนผสมในตารางที่ 1 วิเคราะห์แร่ประกอบฮอร์นเฟลส์ (ภาพที่ 2 ข)



ก)



ข)

ภาพที่ 2 ก) ขนาดละเอียดของวัสดุผสมคอนกรีต และ ข) ลายพิมพ์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของหินฮอร์นเฟลส์

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมคอนกรีตที่ศึกษา

รายการวัสดุ	อัตราส่วนผสม			
	ปริมาณส่วนผสม (กก./ม. ³)			
	0	10	20	30
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์	350	315	280	245
เถ้าขานอ้อย	0	35	70	105
หินสอร์นเฟลส์	1,080	1,080	1,080	1,080
ทราย	830	830	830	830
น้ำ	140	140	140	140

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การลดขนาด

มวลรวมหินสอร์นเฟลส์ มีความถ่วงจำเพาะปรากฏ 2.70 การดูดซึมน้ำร้อยละ 0.50 ขนาดคละที่ใช้ในการผสมคอนกรีต อยู่ในช่วง 9.5 ถึง 12.5 มิลลิเมตร มีค่าโมดูลัสความละเอียด (F.M.) = 6.63 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Cu) = 1.47 และสัมประสิทธิ์ขนาดคละ (Cc) = 0.94 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ทำคอนกรีตได้ (ภาพที่ 2 ก) และขนาดคละของทรายที่ใช้ 9.5 ถึง 0.15 มิลลิเมตร และ ค่า F.M. = 3.41 อยู่ในช่วงกำหนดตาม ASTM C 33 (ภาพที่ 2 ก) **ดัชนีความยาวและความแบนของมวลรวมสอร์นเฟลส์**

มวลรวมหินสอร์นเฟลส์ที่ย่อยมีรูปร่างแบนเรียบและขอบคม เกิดจากการแตกออกตามแนวแตก จึงทำให้มีขนาดไม่แน่นอนและรูปร่างบางครั้งเป็นหัวขวาน ซึ่งค่าดัชนีความแบนและดัชนีความยาวได้ร้อยละ 42.45 และ 34.41 ตามลำดับ เกณฑ์งานคอนกรีตทั่วไปของประเทศไทย กำหนดค่าดัชนีความแบนไม่เกิน 40 และดัชนีความยาวไม่เกิน 35 [10] ดังนั้นมวลรวมหินสอร์นเฟลส์ที่บดเองอยู่ในเกณฑ์กำหนดไม่ส่งผลต่อค่ายุบตัวและความสามารถในการเทได้ของคอนกรีต

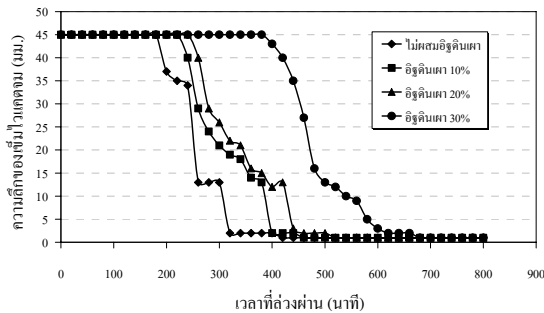
สมบัติมวลรวมหินสอร์นเฟลส์

ค่าการสึกหรอบแบบลอสมองเจลิซของมวลรวมหินสอร์นเฟลส์เท่ากับร้อยละ 16.88 ซึ่งค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีค่าการสึกหรอไม่เกินร้อยละ 35 สำหรับหล่อคอนกรีต ซึ่งใกล้เคียงกับค่ามวลรวมหินควอร์ตไซต์ ร้อยละ 16.20 [11] ค่ากระแทกของมวลรวมหินสอร์นเฟลส์มีค่าร้อยละ 9.78 ซึ่งจัดเป็นหินที่มีความแข็งแรงสูง เมื่อเทียบกับเกณฑ์การจำแนกการใช้งาน [12] กำลังแรงกดจุดของหินสอร์นเฟลส์มีค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.97 3.14 และ 5.04 เมกะพาสคัล ตามลำดับ ซึ่งจำแนกตามเกณฑ์ ISRM [13] หินสอร์นเฟลส์จัดเป็นหินอยู่ในชั้นมีกำลังอัดสูงมาก ผลการทดสอบการอยู่ตัวโดยใช้สารโซเดียมซัลเฟตนั้น ได้ค่าน้ำหนักที่หายไปของหินสอร์นเฟลส์เท่ากับ 9.24% ซึ่งตามมาตรฐาน ASTM C88 กำหนดให้มวลรวมคอนกรีตมีค่าการสูญหายอยู่ที่ 9-19% ดังนั้นหินสอร์นเฟลส์จึงมีค่าอยู่ในเกณฑ์

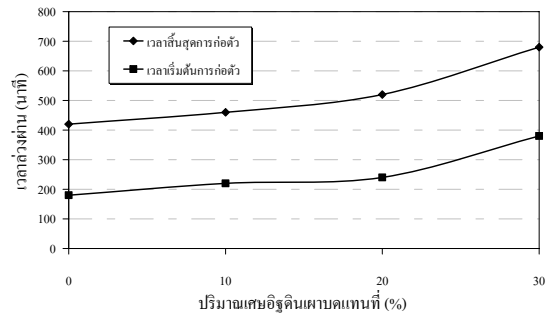
สมบัติของน้ำปูนข้นและคอนกรีต

ระยะเวลาการก่อตัวของเพสต์พบว่าเมื่อเติมเถ้าขานอ้อยลงในส่วนผสมทำให้อัตราการแข็งตัวของตัวอย่างเพสต์มีการแข็งตัวช้าลง (ภาพที่ 3 ก) และและระยะเวลาการก่อตัวนานขึ้น (ภาพที่ 3 ข)

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555



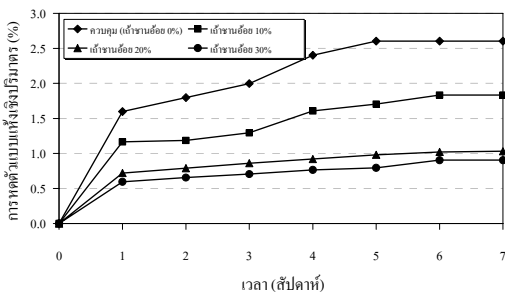
ก)



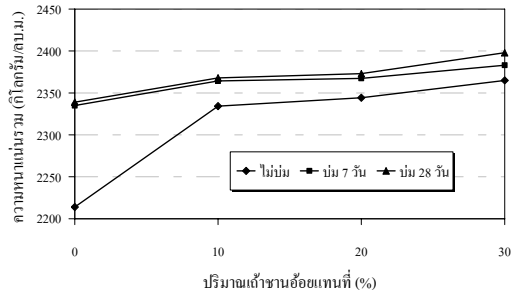
ข)

ภาพที่ 3 ก) พฤติกรรมการก่อตัวของเพสต์ และ ข) ระยะเวลาการก่อตัวของเพสต์

จากการวัดปริมาตรของก้อนคอนกรีตในห้องอุณหภูมิ (25 ช.) และความชื้นสัมพัทธ์ (80%) พบว่าการหดตัวของตัวอย่างคอนกรีตควบคุม (ไม่ผสมเถ้าขาน้อย) มีค่าการหดตัวมากกว่าคอนกรีตที่เติมเถ้า (ภาพที่ 4 ก) เริ่มมีค่าทรงตัวเมื่อปล่อยไว้นาน 6 สัปดาห์ ซึ่งค่าการหดตัวของคอนกรีตผสมเถ้าขาน้อยที่ร้อยละ 10 20 และ 30 สัปดาห์ที่ 7 เทียบกับคอนกรีตควบคุมได้ถึงร้อยละ 0.27 0.55 และ 0.63 ตามลำดับ อันบ่งถึงเถ้าขาน้อยสามารถยับยั้งการหดตัวแบบแห้งได้ดีความหนาแน่นรวมของตัวอย่างที่บ่ม 28 วัน มีค่ามากที่สุดของแต่ละอายุบ่มคือ คอนกรีตที่ผสมเถ้าขาน้อยร้อยละ 30 ค่าความหนาแน่นลดลงเมื่ออัตราส่วนของเถ้าขาน้อยลดลงด้วย ซึ่งพบว่าผสมเถ้าขาน้อยเพิ่มขึ้นและอายุบ่มมากขึ้นทำให้ค่าความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ (ภาพที่ 4 ข) ซึ่งสอดคล้องกับการหดตัวอย่างรุนแรงของคอนกรีต (ภาพที่ 4 ก) ที่อัตราส่วนมากการหดตัวสูงและอายุบ่มมากการหดตัวสูงเช่นกัน ก็ส่งผลให้ความหนาแน่นรวมสูงตามขึ้นไปด้วย ซึ่งความหนาแน่นเมื่อเทียบกับก้อนคอนกรีตควบคุมที่ไม่บ่มมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.2 5.6 และ 6.3 ส่วนที่ 7 วัน ค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.2 1.4 และ 2.0 และอายุบ่ม 28 วัน มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.2 1.4 และ 2.4 ที่เถ้าขาน้อยร้อยละ 10 20 และ 30 ตามลำดับ พบว่าค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตหินฮอว์นเฟลส์ผสมเถ้าขาน้อยร้อยละ 30 มากที่สุด ดังภาพที่ 4 ก) คอนกรีตอายุบ่ม 7 วัน และ 28 วัน มีค่าการดูดซึมน้ำสูงกว่าคอนกรีตไม่ผสมเถ้าร้อยละ 28 45 และ 61 และเทียบตามอายุบ่ม



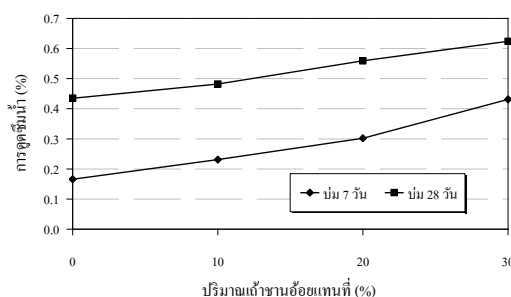
ก)



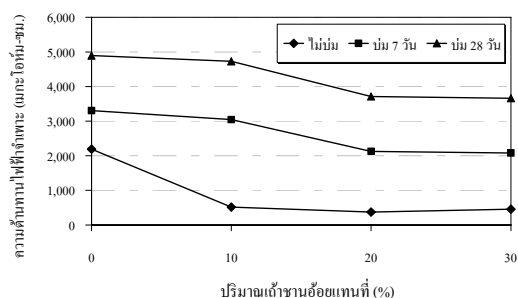
ข)

ภาพที่ 4 คอนกรีตมวลรวมหินฮอว์นเฟลส์ผสมเถ้าขาน้อย ก) การหดตัวแบบแห้งเชิงปริมาตร และ ข) ความหนาแน่นรวม

สูงกว่าร้อยละ 10 22 และ 30 โดยเติมเถ้าขานอ้อยที่ร้อยละ 10 20 และ 30 ตามลำดับ ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของคอนกรีตผสมเถ้าขานอ้อยแปรผกผันกับปริมาณเถ้าขานอ้อยแทนที่ (ภาพที่ 5) พบว่าคอนกรีตมวลรวมหินสอร์นเฟลส์ไม่ผสมเถ้าขานอ้อย บ่ม 28 วัน มีค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะมากที่สุด และคอนกรีตดังกล่าวยังแปรผันตามระยะเวลาบ่ม ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของอายุบ่ม 28 วัน มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.4 24 และ 25 ส่วนที่อายุบ่ม 7 วัน มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.9 35.7 และ 37.1 และที่ไม่บ่มมีค่าลดลงร้อยละ 76.5 82.9 และ 79.2 ที่คอนกรีตใส่เถ้าขานอ้อยร้อยละ 10 20 และ 30 ตามลำดับ โดยเทียบกับคอนกรีตควบคุม



ก)



ข)

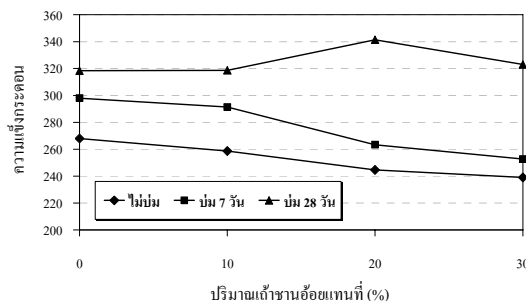
ภาพที่ 5 คอนกรีตมวลรวมหินสอร์นเฟลส์ผสมเถ้าขานอ้อย ก) การดูดซึมน้ำ และ ข) ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

ส่วนความแข็งแรงกระดอนของคอนกรีตสอร์นเฟลส์แปรผกผันกับปริมาณเถ้าขานอ้อยแทนที่ (ภาพที่ 6 ก) ได้คอนกรีตมวลรวมหินสอร์นเฟลส์ที่ผสมเถ้าขานอ้อยร้อยละ 20 บ่ม 28 วัน มีความแข็งแรงกระดอนมากที่สุด (340) ซึ่งความแข็งแรงกระดอนของคอนกรีตผสมเถ้าขานอ้อยร้อยละ 10 20 และ 30 ที่อายุบ่มไม่ถึง 28 วัน ค่าลดลงจากคอนกรีตไม่ผสมเถ้าขานอ้อยทุกส่วนผสมแต่คอนกรีตอายุบ่ม 28 วัน มีค่ามากขึ้นร้อยละ 0.1 6.7 และ 1.4 ตามลำดับ อันเป็นผลจากปฏิกิริยาปอซโซลานที่ต้องใช้เวลากาลังอัดของคอนกรีตสอร์นเฟลส์ผสมเถ้าขานอ้อยอัตราส่วนต่างๆ ได้แปรผันตามเวลาบ่ม (ภาพที่ 6 ข) เห็นได้ว่าคอนกรีตมวลรวมสอร์นเฟลส์ที่ใส่เถ้าขานอ้อย 20% มีค่าสูงสุด เช่นเดียวกับค่าวี (2550) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นและความแข็งแรงกระดอน เมื่อเทียบกับค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่ไม่เติมเถ้าขานอ้อยที่อายุบ่ม 7 วัน และ 28 วัน มีค่าเท่ากับ 97.9 97.9 70.9 และ 97.9 104.5 และ 94.6 ของเถ้าร้อยละ 10 20 และ 30 ตามลำดับ ที่ 28 วัน คอนกรีตมีกำลังอัดเกิน 40 เมกะพาสคัล จัดเป็นคอนกรีตกำลังสูง (ASTM C387) การพัฒนากำลังมีค่าเกินร้อยละ 75 ทุกสูตร

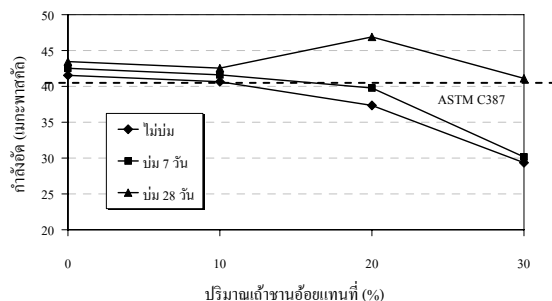
ความคงทนของคอนกรีต

ผลคอนกรีตแช่ในสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตเป็นเวลา 5 สัปดาห์ เพื่อตรวจสอบความคงทนต่อปฏิกิริยาแอคไลโซลิกที่ใส่เถ้าขานอ้อยในอัตราส่วนต่างกัน โดยการขยายตัวมีค่ามากขึ้นเรื่อยๆตามระยะเวลาการแช่ในสารดังกล่าว และเริ่มชลอการขยายตัวเมื่อถึงสัปดาห์ที่ 4 และ 5 และคงที่ตลอด (ภาพที่ 7) ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการหดตัวแบบแห้ง (ภาพที่ 4 ก)

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

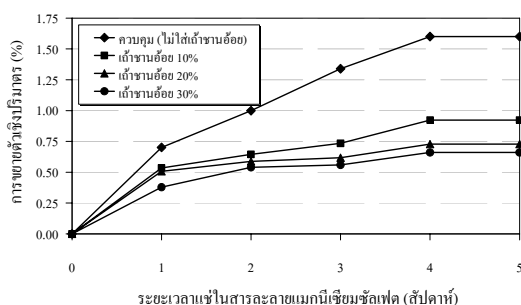


ก)



ข)

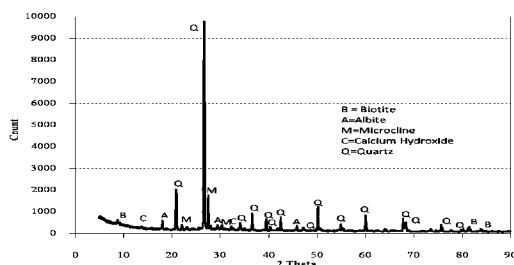
ภาพที่ 6 คอนกรีตมวลรวมหินฮอร์นเฟลส์ผสมเถ้าขานอ้อย ก) ความแข็งแรงกด และ ข) การดูด



ภาพที่ 7 การขยายตัวเชิงปริมาตรของคอนกรีตมวลรวมหินฮอร์นเฟลส์อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาแอลคาไลซิลิกา

การวิเคราะห์แร่ประกอบและโครงสร้างจุลภาคของคอนกรีต

ผลวิเคราะห์ด้วย XRD ของหินฮอร์นเฟลส์นั้นประกอบด้วยร้อยละของแร่แอนดิสซีน 35.7 แร่ไดออพไซด์ 29.9 แร่ไบโอไทต์ 21 แร่ควอตซ์ 12.9 และแร่ชนิดอื่นระบุไม่ได้ 0.35 (ภาพที่ 2 ข) ในขณะที่คอนกรีตหินฮอร์นเฟลส์ผสมเถ้าขานอ้อยร้อยละ 20 ตรวจพบวัฏภาคชนิดแร่และปริมาณจำนวนร้อยละของแร่ควอตซ์ 43.3 แร่ไบโอไทต์ 31.1 แร่เอลไบต์ 10 ไมโครไคลน์ 7 แคลเซียมไฮดรอกไซด์ 4.9 และระบุไม่ได้ 3.7 (ภาพที่ 8) ซึ่งตรวจพบวัฏภาคแร่ใหม่เพียงแคลเซียมไฮดรอกไซด์เท่านั้น

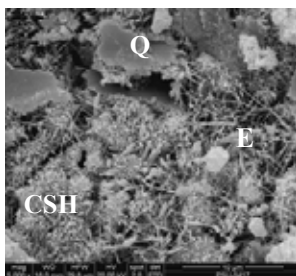


ภาพที่ 8 ลายเส้นการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของคอนกรีตหินฮอร์นเฟลส์ผสมเถ้าขานอ้อยร้อยละ 20

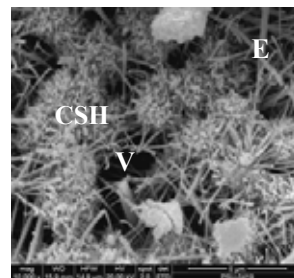
ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคด้วย SEM ของคอนกรีตที่ให้ค่ากำลังอัดสูงสุด (เถ้าขานอ้อยร้อยละ 20 บ่ม 28 วัน) พบว่ามีแอตริงไคต์ (E) แคลเซียมซิลิเกตไฮดรอกไซด์ (CSH) โพรง (V) ดังภาพที่ 9 อันเป็นข้อมูลเสริมจาก XRD ที่แร่บางชนิดไม่พบในเนื้อคอนกรีตเกิดวัฏภาคแร่และรูโพรงขึ้นจากปฏิกิริยาปอซโซลาน อันเป็นผลช่วยให้กำลังอัดพัฒนาขึ้นมา (ภาพที่ 6 ข)



ก)



ข)



ค)

ภาพที่ 9 ภาพถ่ายจุลภาคด้วยอิเล็กตรอนแบบส่องกราดของคอนกรีตผสมเถ้าขานอ้อยร้อยละ 20 บ่ม 28 วัน ด้วยกำลังขยาย ก) 2,500 เท่า ข) 5,000 เท่า และ ค) 10,000 เท่า

สรุปผลการวิจัย

สมบัติทางวิศวกรรมและขนาดผลของมวลรวมหินสอร์นเฟลส์คล้ายกับหินมวลรวมที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ดังนั้นจึงสามารถทดแทนมวลรวมที่ใช้กันอยู่ได้ อย่างไรก็ตามหินนี้มีข้อด้อยความแหลมคมเนื่องจากแนวแตกและความแบน

1. สมบัติทางกายภาพและเชิงกลของมวลรวมสอร์นเฟลส์ส่วนใหญ่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดสำหรับความเหมาะสมมวลรวมสำหรับคอนกรีตปกติ

2. กำลังอัดของคอนกรีตมวลรวมสอร์นเฟลส์กับอายุบ่มจัดเป็นคอนกรีตกำลังสูง (high strength concrete) นอกจากนี้อัตราการพัฒนากำลังของคอนกรีตดังกล่าวไม่ต่ำกว่าร้อยละ 75 เทียบได้ทำนองเดียวกับคอนกรีตเต็มเกลี้ยง

3. การเติมเถ้าขานอ้อยที่มีค่าน้ำหนักสูญหายหลังเผาสูง ช่วยลดการหดตัวแบบแห้งและเพิ่มความคงทนต่อปฏิกิริยาแอตคาไลซิลิกาแก่คอนกรีตสอร์นเฟลส์ได้ดี อันช่วยเพิ่มศักยภาพคอนกรีตดังกล่าวนำไปใช้งานได้หลายทาง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประเภทโครงการนักศึกษาปี พ.ศ. 2553 ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่วิเคราะห์ XRF, XRD และ SEM

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 22 ปี 2555

เอกสารอ้างอิง

- [1] دنفل دننโยگاس و لکمه و فنگف. (2550). **คอนกรีตมวลรวมกะลาปาล์มน้ำมันผสมเศษหินแกรนิต. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 12. วันที่ 2-4 พฤษภาคม 2550. รร.อัมรินทร์ ลาภ จ.พิษณุโลก. 6 หน้า**
- [2] เจริญพล อินชัน และ دنفل دننโยگاس. (2552). **อิทธิพลของเศษอิฐดินเผาที่มีต่อสมบัติของ คอนกรีตมวลรวมจากหินบะซอลต์เนื้อโพรงขาย. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14. วันที่ 13-15 พฤษภาคม 2552 สุรสัมมนาการ นครราชสีมา. 2213-2218.**
- [3] دنفل دننโยگاس و لکمه و ฤกษ์ไทย. (2552). **สมบัติของมอร์ตาร์มวลรวมหินชีสต์ผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน มีแคลเซียมสูง. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14. วันที่ 13-15 พฤษภาคม 2552 สุรสัมมนาการ นครราชสีมา. 1787-1792**
- [4] พรนราชนันท์ นุญราศรี และ دنفل دنนโยگاس. (2552). **ผลกระทบของสถานะน้ำที่มีต่อกำลังของคอนกรีตมวลเบา กะลาปาล์มน้ำมันผสมเถ้าแกลบ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14. วันที่ 13-15 พฤษภาคม 2552 สุรสัมมนาการ นครราชสีมา. 1693-1698.**
- [5] دنفل دننโยگاس و لکمه و ทัศนพนิจ สุวรรณชาติ. (2553). **คุณลักษณะคอนกรีตมวลรวมแอนไฮไดรต์ ที่เติมเถ้าปาล์มน้ำมันที่มีปูนมาก. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ครั้งที่ 8. วันที่ 22-23 เมษายน 2553 สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 859-863.**
- [6] กฤษดา แท้เที่ยง และ دنفل دنนโยگاس. (2554). **สมบัติของคอนกรีตมวลรวมเปลือกหอยแครง เติมเถ้าแกลบขาว. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 9. วันที่ 2-3 พฤษภาคม 2554 รร.บีพี สมิหลา บีช รีสอร์ท (หาดไทรตรังค์) จ.ภูเก็ต. 675-680.**
- [7] دنفل دنนโยگاس و لکمه و เอกภพ แก้วเอียด. (2554). **ผลกระทบของชนิดมวลรวมหินปูนในพัทลุงและ อายุบ่มต่อกำลังอัดของคอนกรีต. ในการประชุมวิชาการด้านเหมืองแร่โลหการและปิโตรเลียม ครั้งที่ 9. วันที่ 13-14 มกราคม 2554. รร.มณเฑียร ริเวอร์ไซด์ กทม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 107-112.**
- [8] دنفل دنนโยگاس و لکمه و นกแก้ว. 2551. **ผลกระทบของเพอร์ไลต์ดิบไทยที่มีต่อสมบัติของคอนกรีต มวลหนักใต้มวลรวมแบบไรต์. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 13. วันที่ 14-16 พฤษภาคม 2551 รร.จอมเทียนปาล์มบีช พัทยา จ.ชลบุรี. (MAT) Page 31-(MAT) Page 36.**
- [9] กาวิ มณฑการดิวงส์. (2548). **ผลกระทบของค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (LOI) ที่มีต่อกำลังอัดและ ความร้อนของคอนกรีตผสมเถ้าขานอ้อย. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี**
- [10] ชวัล เสธบุญตร (2537). **คอนกรีตเทคโนโลยี. คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้างจำกัด**
- [11] Kılıç, A., Atiş, C.D., Teymen, A., Karahan, O., Özcan, F., Bilim, C. and Özdemir, M. (2008). The influence of aggregate type on the strength and abrasion resistance of high strength concrete, **Cement and Concrete Composites**. 30(4), 290-296.
- [12] دنفل دننโยگاس. (2551). **คู่มือปฏิบัติการธรณีวิศวกรรม. (พิมพ์ครั้งที่ 2). สงขลา. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.**
- [13] ISRM (1981). Suggested methods for rock characterization, testing and monitoring. Brown, E.T.(ed), Pergamon Press.