

ผลกระทบของสารลดน้ำพิเศษต่อสมบัติทางกายภาพ ของเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตา

The Effect of Superplasticizer on the Physical Properties of Cellular Concrete Containing Bottom Ash

อภิวัฒน์ ศรีภูมัย^{1*} เรืองรุชต์ ชีระโรจน์² และกริสน์ ชัยมูล³

^{1*} สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

โทรศัพท์ 081-5559481 โทรสาร 043-754316 E-mail: raungrut@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของสารลดน้ำพิเศษต่อเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตา ซึ่งทำจากปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ต่อทรายในอัตราส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนักและใช้ปริมาณโฟมร้อยละ 50 โดยปริมาตร จากนั้นแทนที่ทรายด้วยเถ้าก้นเตาในอัตราส่วนร้อยละ 0 50 75 และ 100 โดยน้ำหนัก ทรายและผสมสารลดน้ำพิเศษในอัตราส่วนร้อยละ 0 0.5 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ จากผลการทดสอบพบว่าเซลลูล่าคอนกรีตที่แทนที่ทรายด้วยเถ้าก้นเตาในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นมีค่ากำลังรับแรงอัด หน่วยน้ำหนักและการหดตัวแห้งลดลง แต่การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น ส่วนการใช้สารลดน้ำพิเศษในเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาพบว่ากำลังรับแรงอัดและหน่วยน้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ดูดซึมน้ำ และการหดตัวแห้งลดลงตามปริมาณสารลดน้ำพิเศษที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : เซลลูล่าคอนกรีต, เถ้าก้นเตา, สารลดน้ำพิเศษ, คอนกรีตมวลเบา

Abstract

This research studied the effects of superplasticizer on bottom ash cellular concrete made from Portland cement and sand mixed at a ratio of 1:1 by weight and with a foam content of 50% by volume. Sand was replaced by bottom ash at mixtures of 0 50 75 and 100% by weight of sand and superplasticizer was used at 0 0.5 1.0 and 1.5% by weight of cement. The experimental results showed that increasing the amount of bottom ash in cellular concrete decreased its compressive strength, density and drying shrinkage but increased water absorption. The use of superplasticizer increased compressive strength and density while water absorption and drying shrinkage decreased with increasing quantities of superplasticizer.

Keywords : Cellular concrete, Bottom ash, Superplasticizer, Lightweight concrete

1. บทนำ

เซลลูล่าคอนกรีต (Cellular Concrete) คือคอนกรีตมวลเบา (Lightweight Concrete) ที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย น้ำ และสารที่ทำให้เกิดฟองอากาศที่มีลักษณะเป็นเม็ดกลมขนาดเล็กมาก เมื่อคอนกรีตก่อตัวจึงเกิดโพรงอากาศขนาดเล็กภายในแบบปิดไม่ต่อเนื่อง ส่งผลให้เซลลูล่าคอนกรีตมีน้ำหนักเบา สามารถป้องกันความร้อนและเสียง อีกทั้งทนไฟได้ดีกว่าคอนกรีตทั่วไป

ดังนั้น เซลลูโลสคอนกรีตจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างอย่างแพร่หลาย เซลลูโลสคอนกรีตมีข้อดีอยู่ในการลดน้ำหนักที่สูงและกำลังที่ต่ำ อันเป็นผลจากการการขาดมวลรวมหยาบและการใช้ฟองโฟมในอัตราส่วนผสม (ธนา จิตวัฒนกุล, 2548) อย่างไรก็ตามสามารถแก้ไขปัญหาลดน้ำหนักของเซลลูโลสคอนกรีตโดยใช้มวลรวมน้ำหนักเบาเป็นส่วนผสมซึ่งสามารถช่วยลดการหดตัวแห้งได้ แต่ในทางกลับกันกำลังรับแรงอัดของเซลลูโลสคอนกรีตกลับลดลง

ถั่วลอยและถั่วกันเตาเป็นผลพลอยได้จากการเผาไหม้ถ่านหินในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า ในปัจจุบันพบว่ามีการศึกษาวิจัยเพื่อนำถั่วลอยไปใช้ในประโยชน์ที่หลากหลาย (อนิรุทธ์ ธงไชย, 2553, สกวรรณ ทานจิตสุวรรณ และคณะ, 2556) แต่สำหรับถั่วกันเตานั้นนำมาใช้ประโยชน์ที่ค่อนข้างน้อย จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าถั่วกันเตาสามารถใช้แทนทรายได้บางส่วนในส่วนผสมของคอนกรีตได้ (Andrade et al, 2009; Kaewmanee et al, 2006) แต่ส่งผลให้คอนกรีตมีความต้องการน้ำในส่วนผสมเพิ่มขึ้น คอนกรีตสดมีความเหลวลดลงและมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำโดยการเยิ้มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตลดลง เนื่องจากถั่วกันเตามีรูพรุนและมีโพรงจำนวนมาก ดังนั้นทำให้ความสามารถในการทำงานได้ลดลง แต่ช่วยให้ความหนาแน่นของคอนกรีตลดลง (สิทธาฤทธิ ปรีดานนท์ และคณะ, 2547; เอกภพ ทองอินตะ และคณะ, 2547) จากปัญหาที่ได้กล่าวมาทำให้มีการนำถั่วกันเตามาใช้งานในปริมาณน้อยมากและต้องนำส่วนที่เหลือไปทิ้ง ซึ่งถ้าไม่นำมาใช้ประโยชน์ ถั่วกันเตาจะกลายเป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการกำจัดทิ้ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำสารลดน้ำพิเศษ (Superplasticizer) ซึ่งเป็นสารผสมเพิ่มชนิดหนึ่งที่ใช้เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานได้ในคอนกรีต มาปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลลูโลสคอนกรีตผสมถั่วกันเตา เพราะสารลดน้ำพิเศษสามารถช่วยลดปริมาณการใช้น้ำให้น้อยลง ทำให้มีความสามารถในการทำงานดีขึ้น อีกทั้งส่งผลให้กำลังอัดดีขึ้น อย่างไรก็ตามหากใช้สารลดน้ำพิเศษที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของฟองโฟมได้ ส่งผลให้ความหนาแน่นของคอนกรีตเพิ่มขึ้น ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อคอนกรีตมวลเบา ดังนั้นการเลือกใช้ปริมาณสารลดน้ำพิเศษและปริมาณถั่วกันเตาที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ได้เซลลูโลสคอนกรีตที่เหมาะสมและสอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2601 (2556) ซึ่งเป็นมาตรฐานเกี่ยวกับคอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ

2. วัตถุประสงค์งานวิจัย

ศึกษาผลกระทบของสารลดน้ำพิเศษที่อัตราส่วนต่างๆต่อสมบัติทางกายภาพของเซลลูโลสคอนกรีตผสมถั่วกันเตา

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุ

มวลรวมละเอียดประกอบด้วยทรายแม่น้ำและถั่วกันเตาจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จ.ลำปาง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 สารผสมเพิ่มที่ใช้ผลิตเซลลูโลสคอนกรีต คือ สารเพิ่มฟองโฟม (Foaming Agent) และสารลดน้ำพิเศษชนิด F (Naphthalene Base)

3.2 การเตรียมตัวอย่าง

เซลล์ลาคอนกรีตที่ใช้ในงานวิจัยมีอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อทรายเท่ากับ 1 : 1 ปริมาณโฟมร้อยละ 50 โดยปริมาตร จากนั้นแทนที่ทรายด้วยเถ้าก้นเตาในอัตราส่วนร้อยละ 0 50 75 และ 100 โดยน้ำหนักทรายและผสมสารลดน้ำพิเศษในอัตราส่วนร้อยละ 0 0.5 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ ทุกอัตราส่วนผสมควบคุมการไหลแม่ในช่วง 45 ± 2.25 (Hsu et al, 1999; Nambiar and Ramamurthy, 2006) สำหรับส่วนผสมของเซลล์ลาคอนกรีตทั้งหมด ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของเซลล์ลาคอนกรีต

Type of Cellular Concrete	Mix Proportion (By Volume, m ³)					Superplasticizer (SP) %*
	Cement (OPC)	Sand (SA)	Bottom Ash (BA)	Foam Content	Water	
0.0SP00BA	0.127	0.155	0.000	0.500	0.218	0.000
0.0SP50BA	0.115	0.077	0.077	0.500	0.231	0.000
0.0SP75BA	0.110	0.040	0.117	0.500	0.233	0.000
0.0SP100BA	0.104	0.000	0.155	0.500	0.241	0.000
0.5SP00BA	0.150	0.184	0.000	0.500	0.167	0.500
0.5SP50BA	0.131	0.088	0.089	0.500	0.192	0.500
0.5SP75BA	0.127	0.046	0.134	0.500	0.193	0.500
0.5SP100BA	0.123	0.000	0.184	0.500	0.194	0.500
1.0SP00BA	0.153	0.188	0.000	0.500	0.159	1.000
1.0SP50BA	0.134	0.090	0.090	0.500	0.186	1.000
1.0SP75BA	0.130	0.047	0.137	0.500	0.186	1.000
1.0SP100BA	0.125	0.000	0.188	0.500	0.187	1.000
1.5SP00BA	0.165	0.203	0.000	0.500	0.132	1.500
1.5SP50BA	0.138	0.093	0.093	0.500	0.176	1.500
1.5SP75BA	0.124	0.048	0.151	0.500	0.177	1.500
1.5SP100BA	0.113	0.000	0.203	0.500	0.184	1.500

* By weight of cement

ขั้นตอนการเตรียมเซลล์ลาคอนกรีต ผสมสารเพิ่มฟองโฟมกับน้ำในอัตราส่วน 1 : 25 ผสมให้เข้ากันใส่ลงในถังผลิตโฟมเหลว ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับน้ำให้เข้ากันเป็นเวลา 1.5 นาที เติมทรายและสารลดน้ำพิเศษผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันเป็นเวลา 1.5 นาที ผิดโฟมเหลวผสมในส่วนผสมคลุกเคล้าให้มอร์ตาร์และโฟมเข้ากัน หลังจากกระบวนการผสม เทลงแบบหล่อขนาด 50×50×50 มิลลิเมตร และขนาด 25×25×285 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C 109 และ ASTM C409 ตั้งตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงทำการถอดแบบ นำตัวอย่างขนาด 50×50×50 มิลลิเมตร

บ่มอากาศในอุณหภูมิปกติ และนำตัวอย่างขนาด 25×25×285 มิลลิเมตร เก็บในห้องควบคุมความชื้น ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จนครบอายุการทดสอบ

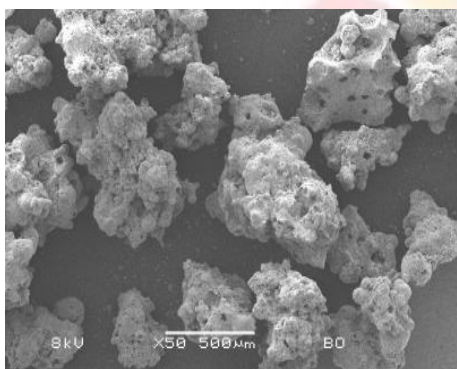
3.3 การทดสอบ

- 1) ทดสอบกำลังรับแรงอัดของเซลล์ลู่คอนกรีตขนาด 50×50×50 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C 109 ที่อายุ 28 วัน โดยผลการทดสอบใช้ค่าเฉลี่ยจาก 3 ตัวอย่าง
- 2) ทดสอบหน่วยน้ำหนักของเซลล์ลู่คอนกรีตขนาด 50×50×50 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C 567 ที่อายุ 28 วัน โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากการชั่งน้ำหนักเฉลี่ย 3 ตัวอย่าง
- 3) การทดสอบการดูดซึมน้ำของเซลล์ลู่คอนกรีตขนาด 50×50×50 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C 642 ที่อายุ 28 วัน โดยผลการทดสอบใช้ค่าเฉลี่ยจาก 3 ตัวอย่าง
- 4) การทดสอบการหดตัวแห้งของเซลล์ลู่คอนกรีตขนาด 25×25×285 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C 490 ที่อายุ 1 3 7 14 28 60 และ 90 วัน โดยวัดค่าเฉลี่ยจาก 3 ตัวอย่าง

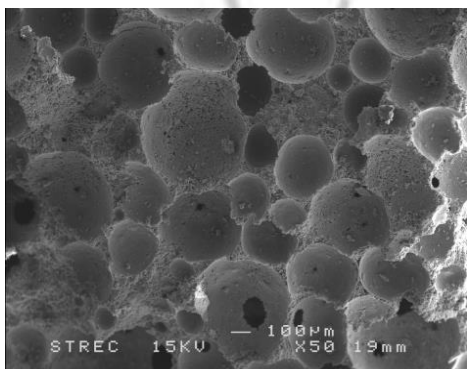
4. ผลการวิจัย

4.1 สมบัติของวัสดุ

สมบัติทางกายภาพของเถ้าก้นเตา ทราายและปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 แสดงในตารางที่ 2 โดยลักษณะทางกายภาพของเถ้าก้นเตามีพื้นผิวส่วนใหญ่ขรุขระ มีรูพรุนและมีขนาดที่ไม่แน่นอน ดังแสดงในภาพที่ 1 ส่วนเซลล์ลู่คอนกรีตภายในประกอบไปด้วยโพรงอากาศแบบปิดขนาดเล็กจำนวนมากกระจายอยู่ภายใน ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ภาพถ่ายขยายของเถ้าก้นเตาที่กำลังขยาย 50 เท่า



ภาพที่ 2 ภาพถ่ายขยายของเซลล์ลู่คอนกรีตที่กำลังขยาย 50 เท่า

4.2 ความต้องการน้ำของเซลลูโลสคอนกรีต

จากตารางที่ 1 พบว่าเซลลูโลสคอนกรีตที่ใช้เถ้าก้นเตาแทนทรายที่ในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความต้องการน้ำในส่วนผสมของเซลลูโลสคอนกรีตเพิ่มขึ้น โดยการแทนที่ทรายด้วยเถ้าก้นเตาทั้งหมดนั้น จะส่งผลให้ส่วนผสมของเซลลูโลสคอนกรีตมีความต้องการน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 10.55 ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาด้านความต้องการน้ำที่เพิ่มมากขึ้นของการใช้เถ้าก้นเตาเป็นมวลรวม จึงเลือกใช้สารลดน้ำพิเศษเพื่อลดปริมาณน้ำในส่วนผสมของเซลลูโลสคอนกรีต โดยพบว่าการใช้สารลดน้ำพิเศษที่อัตราส่วนร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ สามารถช่วยลดปริมาณน้ำในส่วนผสมของเซลลูโลสคอนกรีตได้ประมาณร้อยละ 16.88 – 23.39 ส่วนการใช้สารลดน้ำพิเศษที่อัตราส่วนร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ สามารถช่วยลดปริมาณน้ำได้ประมาณร้อยละ 19.48 – 27.06 และการใช้สารลดน้ำพิเศษที่อัตราส่วนร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ สามารถช่วยลดปริมาณน้ำได้ประมาณร้อยละ 23.65 – 39.45

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพของวัสดุ

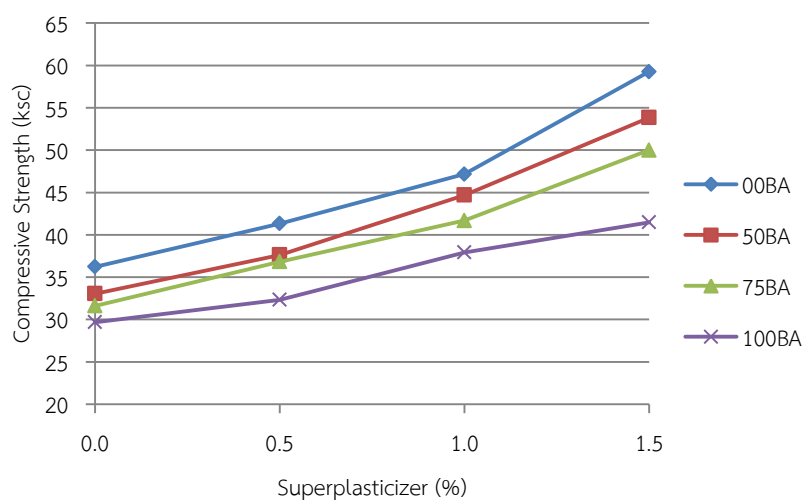
Physical Test	Ordinary Portland Cement (OPC)	Sand (SA)	Bottom Ash (BA)
1. Specific Gravity	3.14	2.56	2.00
2. Blaine Fineness (cm^2/g)	3,270	-	-
3. Median Particle Size (micron)	13.00	-	-
4. Absorption (%)	-	1.21	6.18
5. Moisture content (%)	-	0.47	0.43
6. Voids (%)	-	34.6	46.6
7. Fineness modulus	-	1.76	2.10

หมายเหตุ : รายการที่ 2 และ 3 เหมาะสำหรับทดสอบวัสดุประสาน ส่วนรายการที่ 4 ถึง 7 เหมาะสำหรับทดสอบมวลรวม

4.3 กำลังรับแรงอัดของเซลลูโลสคอนกรีต

ผลของกำลังรับแรงอัดของเซลลูโลสคอนกรีตแสดงในภาพที่ 3 พบว่าการใช้เถ้าก้นเตาแทนที่ทรายในเซลลูโลสคอนกรีตมีกำลังรับแรงอัดลดลงตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นของการแทนที่ทรายด้วยเถ้าก้นเตา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวันชัย ยอดสุดใจ และทรงศักดิ์ จันทร์แสนต่อ (2549) เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของเถ้าก้นเตาที่มีผิวขรุขระและมีรูพรุน ส่งผลให้เซลลูโลสคอนกรีตมีความต้องการน้ำเพิ่มขึ้น มีผลให้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เพิ่มขึ้น เป็นผลให้กำลังรับแรงอัดลดลง จากผลการทดสอบพบว่า การแทนที่ทรายด้วยเถ้าก้นเตาในเซลลูโลสคอนกรีตอัตราส่วนร้อยละ 100 ให้ค่ากำลังรับแรงอัดต่ำสุดเท่ากับ 30 กก./ cm^2 หรือลดลงร้อยละ 30 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างเซลลูโลสคอนกรีตที่ใช้ทรายเป็นมวลรวมเพียงอย่างเดียว ส่วนการใช้สารลดน้ำพิเศษส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดของเซลลูโลสคอนกรีตเพิ่มขึ้นตามปริมาณร้อยละของสารลดน้ำพิเศษที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนผสม เนื่องจากสารลดน้ำพิเศษช่วยให้อนุภาคของเม็ดปูนซีเมนต์กระจายตัวกันได้ดีขึ้น

มีผลช่วยทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์เกิดได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดมีการพัฒนาที่ดีขึ้นด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chandra and Bjomstrom (2002) โดยเซลล์ูล่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าก้นเตาและใช้สารลดน้ำพิเศษในอัตราส่วนร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ มีค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นร้อยละ 39 เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์ูล่าคอนกรีตที่ไม่ผสมทั้งเถ้าก้นเตาและสารลดน้ำพิเศษ ในขณะที่การใช้สารลดน้ำพิเศษในเซลล์ูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตา ส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นตามปริมาณร้อยละของสารลดน้ำพิเศษ โดยการใช้สารลดน้ำพิเศษร้อยละ 1.5 ในเซลล์ูล่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าก้นเตาให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงเท่ากับ 60 กก./ซม.²

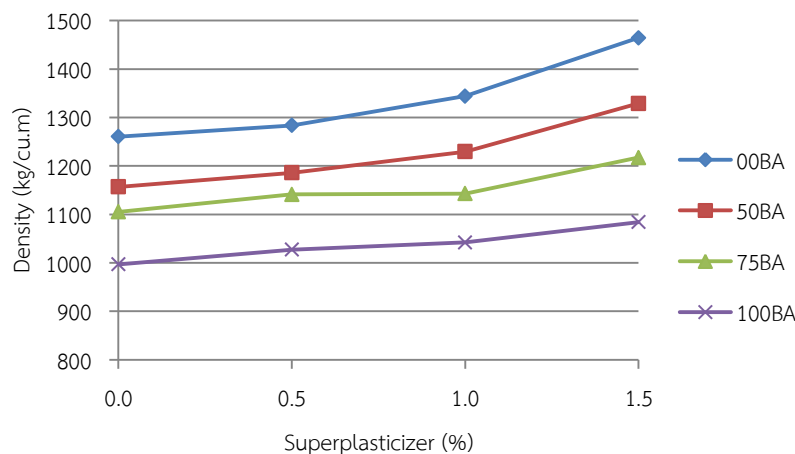


ภาพที่ 3 กำลังรับแรงอัดของเซลล์ูล่าคอนกรีต

4.4 หน่วยน้ำหนักของเซลล์ูล่าคอนกรีต

หน่วยน้ำหนักของเซลล์ูล่าคอนกรีตแสดงในภาพที่ 4 พบว่าเซลล์ูล่าคอนกรีตที่มีการแทนที่ทรายด้วยเถ้าก้นเตา ส่งผลให้ค่าหน่วยน้ำหนักลดลงตามปริมาณร้อยละของการแทนที่ด้วยเถ้าก้นเตาที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเถ้าก้นเตามีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าทราย จึงมีผลให้ค่าหน่วยน้ำหนักของเซลล์ูล่าคอนกรีตลดลงด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของพัชร อ่อนพรม และคณะ (2551) จากผลการทดสอบพบว่าเซลล์ูล่าคอนกรีตที่มีการแทนที่ทรายด้วยเถ้าก้นเตาร้อยละ 100 มีค่าหน่วยน้ำหนักต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 997 กก./ม.³ ส่วนการใช้สารลดน้ำพิเศษในตัวอย่างเซลล์ูล่าคอนกรีตที่ไม่มีการแทนที่ทรายด้วยเถ้าก้นเตา พบว่าค่าหน่วยน้ำหนักของเซลล์ูล่าคอนกรีตเพิ่มขึ้นตามปริมาณร้อยละของสารลดน้ำพิเศษที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนผสม เนื่องจากสารลดน้ำพิเศษมีผลในการเพิ่มความสามารถในการทำงานได้ของเซลล์ูล่าคอนกรีต (Kwan et al., 2013) มีผลให้ปริมาณน้ำในอัตราส่วนผสมลดลง ส่งผลให้หน่วยน้ำหนักของเซลล์ูล่าคอนกรีตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยตัวอย่างเซลล์ูล่าคอนกรีตที่ใช้สารลดน้ำพิเศษปริมาณร้อยละ 1.5 ในส่วนผสมที่ใช้ทรายเป็นมวลรวมเพียงอย่างเดียว พบว่าค่าหน่วยน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 16 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผสมสารลดน้ำพิเศษ ในขณะที่การใช้สารลดน้ำพิเศษในปริมาณที่เพิ่มขึ้นในเซลล์ูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตา ส่งผลให้หน่วยน้ำหนักของเซลล์ูล่าคอนกรีตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยเซลล์ูล่าคอนกรีตไม่ผสมเถ้าก้นเตาและใช้สาร

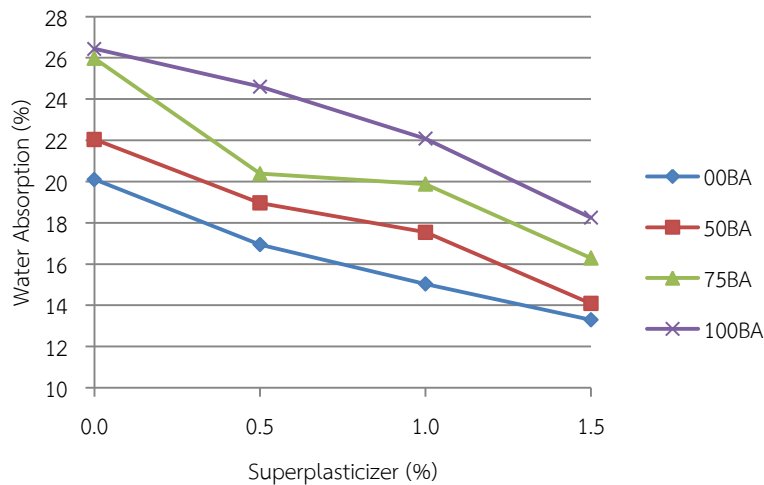
ลดน้ำพิเศษร้อยละ 1.5 ให้ค่าหน่วยน้ำหนักสูงสุดเท่ากับ 1464 กก./ม.³ สอดคล้องกับผลของค่ากำลังรับแรงอัด



ภาพที่ 4 หน่วยน้ำหนักของเซลลูโลสคอนกรีต

4.5 การดูดซึมน้ำของเซลลูโลสคอนกรีต

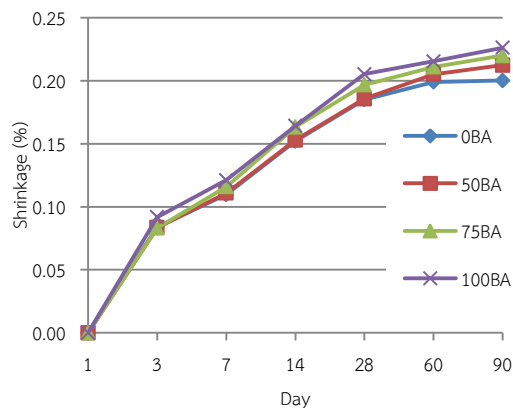
ผลของการดูดซึมน้ำของเซลลูโลสคอนกรีตแสดงในภาพที่ 5 พบว่าการใช้เถ้าก้นเตาแทนที่ทรายในเซลลูโลสคอนกรีต มีการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นตามปริมาณร้อยละการแทนที่ทรายด้วยเถ้าก้นเตา เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของเถ้าก้นเตาที่มีรูพรุน อีกทั้งยังมีค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำสูงกว่าทราย ส่งผลให้การดูดซึมน้ำของเซลลูโลสคอนกรีตเพิ่มตามปริมาณร้อยละของเถ้าก้นเตาที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนผสม (กฤษณ์ และ ปริญญา, 2553) จากผลการทดสอบเซลลูโลสคอนกรีตที่ไม่ผสมทรายมีค่าการดูดซึมน้ำสูงสุดเท่ากับร้อยละ 26 โดยที่ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 32 เมื่อเปรียบเทียบกับเซลลูโลสคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าก้นเตา ส่วนการใช้สารลดน้ำพิเศษในเซลลูโลสคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตา มีผลให้การดูดซึมน้ำลดลงตามปริมาณสารลดน้ำพิเศษที่เพิ่มขึ้นในส่วนผสม เนื่องจากคุณสมบัติของสารลดน้ำพิเศษที่มีผลให้น้ำส่วนเกินในอัตราส่วนผสมเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้การดูดซึมน้ำของเซลลูโลสคอนกรีตลดลงด้วย โดยที่การดูดซึมน้ำเป็นสัดส่วนผกผันกับค่าหน่วยน้ำหนักคอนกรีต ซึ่งสอดคล้องกับผลของการทดสอบกำลังรับแรงอัดและหน่วยน้ำหนัก การใช้สารลดน้ำพิเศษร้อยละ 1.5 ในเซลลูโลสคอนกรีตที่ใช้ทรายเป็นมวลรวมเพียงอย่างเดียวมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุดโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 13



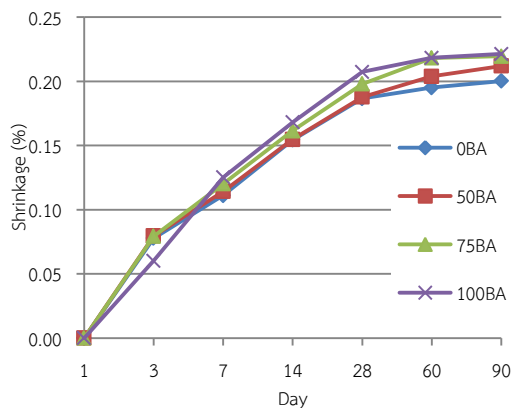
ภาพที่ 5 การดูดซึมน้ำของเซลลูโลสคอนกรีต

4.6 การหดตัวแห้งของเซลลูโลสคอนกรีต

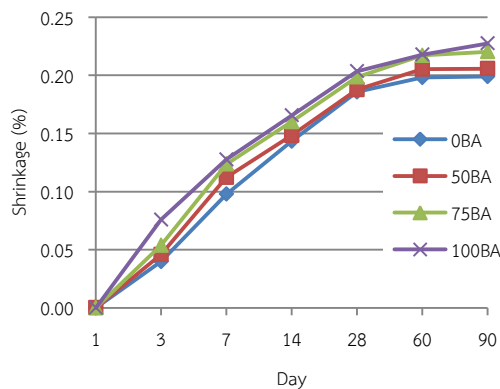
การหดตัวแห้งของเซลลูโลสคอนกรีตเป็นการหดตัวที่เกิดจากการสูญเสียน้ำอิสระและน้ำที่อยู่ในโครงสร้างของแคลเซียมซิลิเกตไฮดรอกไซด์ที่อยู่ในสภาวะอากาศที่ไม่อิ่มตัว โดยที่การหดตัวแห้งของเซลลูโลสคอนกรีตจะแปรผกผันกับหน่วยน้ำหนัก เมื่อหน่วยน้ำหนักเพิ่มค่าการหดตัวแห้งจะลดลง (ปริญญญา จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2553) อัตราการหดตัวแห้งแสดงในภาพที่ 6 พบว่าตัวอย่างทดสอบที่แทนที่ทรายด้วยเถ้าก้นเตาในเซลลูโลสคอนกรีตอัตราส่วนร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 100 มีค่าการหดตัวแห้งเพิ่มขึ้นตามปริมาณร้อยละของการแทนที่ด้วยเถ้าก้นเตา เนื่องจากการใช้เถ้าก้นเตาเป็นมวลรวมในส่วนผสมของเซลลูโลสคอนกรีตในปริมาณที่เพิ่มขึ้น มีผลให้ความต้องการน้ำในอัตราส่วนผสมเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้อัตราการการหดตัวแห้งเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยในช่วง 28 วันแรกเซลลูโลสคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตามีค่าการหดตัวแห้งเพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากปริมาณน้ำอิสระในเซลลูโลสคอนกรีตซึ่งมีปริมาณมากสามารถเคลื่อนที่ออกสู่ภายนอกโดยผ่านทางโพรงคาปิลารีได้ง่าย ขณะที่เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำอิสระลดลง อัตราการหดตัวแห้งจึงลดลงด้วยจนกระทั่งค่าการหดตัวแห้งมีแนวโน้มคงที่ที่อายุการทดสอบมากกว่า 60 วัน จากตัวอย่างเซลลูโลสคอนกรีตที่มีการแทนที่ทรายด้วยเถ้าก้นเตาในอัตราส่วนร้อยละ 100 ที่อายุการทดสอบ 90 วัน มีค่าการหดตัวแห้งสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.226 ส่วนการใช้สารลดน้ำพิเศษในเซลลูโลสคอนกรีตที่ใช้ทรายเป็นมวลรวมเพียงอย่างเดียว พบว่าค่าการหดตัวแห้งลดลงตามปริมาณร้อยละของสารลดน้ำพิเศษที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติของสารลดน้ำพิเศษ สามารถลดปริมาณน้ำอิสระในอัตราส่วนผสมของเซลลูโลสคอนกรีต อีกทั้งสารลดน้ำพิเศษยังมีผลทำให้ขนาดโพรงและปริมาณโพรงรวมของเซลลูโลสคอนกรีตลดลงด้วย (Khatib and Mangat, 1999) ส่งผลให้อัตราการหดตัวแห้งลดลงด้วย ในขณะที่การใช้สารลดน้ำพิเศษในเซลลูโลสคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตา มีผลให้อัตราการหดตัวแห้งลดลง สอดคล้องกับผลที่ได้จากการทดสอบค่าหน่วยน้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบอัตราการหดตัวแห้งของตัวอย่างทดสอบที่ใช้สารลดน้ำพิเศษร้อยละ 1.5 ในเซลลูโลสคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาร้อยละ 100 กับตัวอย่างเซลลูโลสไม่ผสมเถ้าก้นเตาที่อายุการทดสอบที่ 90 วัน พบว่าอัตราการหดตัวแห้งเพิ่มขึ้นร้อยละ 17



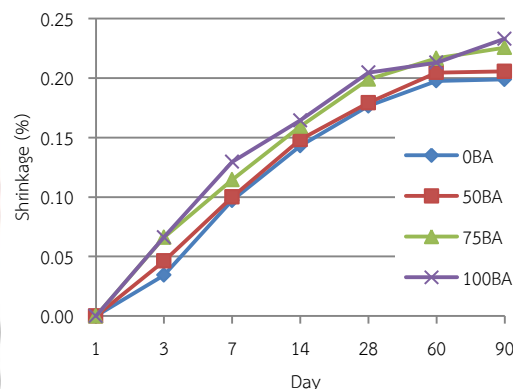
(ก) สารลดน้ำพิเศษร้อยละ 0.0



(ข) สารลดน้ำพิเศษร้อยละ 0.5



(ค) สารลดน้ำพิเศษร้อยละ 1.0



(ง) สารลดน้ำพิเศษร้อยละ 1.5

ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวแห้งและอายุของเซลล์ลาคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาและสารลดน้ำพิเศษ

4.7 ส่วนผสมที่เหมาะสมของเซลล์ลาคอนกรีต

จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ มอก. 2601-2556 ได้แบ่งชนิดของคอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบเติมฟองอากาศสำหรับผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักออกเป็น 8 ชนิด (C6 C7 C8 C9 C10 C12 C14 และ C16) ตามสมบัติทางกายภาพอันได้แก่ กำลังรับแรงอัด หน่วยน้ำหนัก อัตราการดูดซึมน้ำ จากผลการวิจัยสามารถจัดชนิดของส่วนผสมเซลล์ลาคอนกรีตได้ตามมาตรฐาน มอก. 2601 ดังต่อไปนี้ ชนิด C12 ได้แก่ ส่วนผสม 0.5SP50BA, 0.5SP75BA และ 1.0SP100BA มีกำลังรับแรงอัดอยู่ในช่วง 33.05 – 37.92 กก./ซม.² และหน่วยน้ำหนักอยู่ในช่วง 1041.97 – 1156.67 กก./ม.³ ส่วนอัตราการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 20.38 – 22.09 โดยเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 2601 กำหนดให้กำลังรับแรงอัดไม่ต่ำกว่า 25.5 กก./ซม.² หน่วยน้ำหนักอยู่ในช่วง 1001 – 1200 กก./ม.³ และอัตราการดูดซึมน้ำไม่มากกว่าร้อยละ 23 หากพิจารณาส่วนผสมที่เหมาะสมจากร้อยละการแทนที่ด้วยเถ้าก้นเตาสูงสุด พบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมตามมาตรฐาน มอก. 2601 ชนิด C12 คือ 1.0SP100BA สำหรับส่วนผสมที่สามารถจัดอยู่ในชนิด C14 ได้แก่ ส่วนผสม 1.5SP50BA และ 1.5SP75BA โดยมีกำลังรับแรงอัด, หน่วยน้ำหนัก และร้อยละการดูดซึมน้ำเท่ากับ 53.83 กก./ซม.², 1328.72 กก./ม.³, 14.09 และ 51 กก./ซม.²,

1217.25 กก./ม.³, 16.29 ตามลำดับ โดยเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 2601 กำหนดให้กำลังรับแรงอัดไม่ต่ำกว่า 51 กก./ซม.² หน่วยน้ำหนักอยู่ในช่วง 1201 – 1400 กก./ม.³ และอัตราการดูดซึมน้ำไม่มากกว่าร้อยละ 20 หากพิจารณาส่วนผสมที่เหมาะสมจากร้อยละการแทนที่ด้วยเถ้าก้นเตาสูงสุดพบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมตามมาตรฐาน มอก. 2601 ชนิด C14 คือ 1.5SP75BA ส่วนชนิด C16 มีเพียงส่วนผสมเดียวที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน คือส่วนผสม 1.5SP0BA โดยมีกำลังรับแรงอัด 60 กก./ซม.² และหน่วยน้ำหนัก 1464.24 กก./ม.³ ส่วนร้อยละการดูดซึมน้ำเท่ากับ 13.30 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 2601 กำหนดให้กำลังรับแรงอัดไม่ต่ำกว่า 51 กก./ซม.² หน่วยน้ำหนักอยู่ในช่วง 1401 – 1600 กก./ม.³ และอัตราการดูดซึมน้ำไม่มากกว่าร้อยละ 20 จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงเถ้าก้นเตาและสารลดน้ำพิเศษสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในเซลลูล่าคอนกรีตได้

5. สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาคุณสมบัติของเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาและสารลดน้ำพิเศษ พบว่าการใช้เถ้าก้นเตาเป็นมวลรวมละเอียดแทนที่ทรายมีผลให้อัตราส่วนผสมของเซลลูล่าคอนกรีตมีความต้องการน้ำเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดและหน่วยน้ำหนักของเซลลูล่าคอนกรีตลดลง ส่วนค่าการดูดซึมน้ำและอัตราการหดตัวแห้งเพิ่มขึ้น ในขณะที่การใช้สารลดน้ำพิเศษในเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตา ส่งผลให้คุณสมบัติของเซลลูล่าคอนกรีตมีแนวโน้มที่ดีขึ้น โดยค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น ส่วนค่าการดูดซึมน้ำและอัตราการหดตัวแห้งลดลง แต่หน่วยน้ำหนักเพิ่มขึ้น ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการใช้สารลดน้ำพิเศษสามารถปรับปรุงคุณสมบัติของเซลลูล่าคอนกรีตผสม เถ้าก้นเตาได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณห้องวิจัยคอนกรีตและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และโรงผลิตกระแสไฟฟ้าแม่เมาะ อำเภอมะเมาะ จังหวัดลำปาง ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- กฤษณ์ กิ่งไก่อ และปริญญา จินดาประเสริฐ. (2553). คุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าผสมสารซูเปอร์พลาสติไซเซอร์, การประชุมทางวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 11, มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น.
- ธนา จิตวัฒนกุล. (2548). คุณสมบัติของบล็อกมวลเบา, การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 1, หน้า 161-166.
- ปริญญา จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. (2553). ปูนซีเมนต์ ปอซโซลานและคอนกรีต. สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย (สคท.), กรุงเทพฯ. หน้า 105-107.
- พัชร อ่อนพรม, สมชาย อินทะตา, ฉัตรชัย ชูทอง และเรืองฤทธิ์ ชีระโรจน์. (2551). คอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเถ้าถ่านหินและเถ้าก้นเตา, การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปีครั้งที่ 4, หน้า 193-197.

- มอก 2601. (2556). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ, **ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม**, ฉบับที่ 4562, หน้า 1-9.
- วันชัย ยอดสุดใจ และทรงศักดิ์ จันทร์แสนต่อ. (2549). การศึกษาคุณสมบัติของซีเมนต์บล็อกมวลเบาที่ใช้เถ้าก้นเตาเป็นส่วนผสม, **การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปีครั้งที่ 2**, หน้า 145-148.
- สกลวรรณ ห่านจิตสุวรรณ, ธนากร ภูเงินคำ และปริญญา จินดาประเสริฐ. (2556). การศึกษาสมบัติทางกายภาพของเถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์เพสต์ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์. **วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2556**, หน้า 60-69.
- สิทธิฤทธิ์ ปรีดานนท์, ปิติวัฒน์ วัฒนชัย และเจษฎา เกษมเศรษฐ์. (2547). คอนกรีตซีเมนต์ผสมเถ้าลอยที่มีการยุบตัวเป็นศูนย์ที่ใช้เถ้าก้นเตาจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะเป็นมวลรวมละเอียด, **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 9**, หน้า 95-100.
- อนิรุทธิ์ ธงไชย และอรุณเดช บุญสูง. (2553). สมบัติการรับแรงของดินซีเมนต์ผสมเถ้าลอยสำหรับงานปรับปรุงสมบัติโดยวิธีผสมลึกในชั้นดินเชิงใหม่. **วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 ตุลาคม 2552 – มีนาคม 2553**, หน้า 20-29.
- เอกภพ ทองอินตะ, ปิติวัฒน์ วัฒนชัย และเจษฎา เกษมเศรษฐ์. (2547). การทดสอบความเข้ากันได้ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่หนึ่งทีผลิตในประเทศไทยกับสารลดน้ำอย่างแรง, **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 9**, หน้า 101-105.
- Andrade, L. B., Rocha, J. C. and Cheriaf, M. (2009). Influence of coal bottom ash as fine aggregate on fresh properties of concrete, **Construction and Building Materials**, vol. 23, pp. 609-614.
- Chandra, S. and Bjomstrom (2002). Influence of superplasticizer type and dosage on the Influence of superplasticizer type and dosage on the slump loss of Portland cement mortar. **Cement and Concrete Research**, vol. 32, pp. 1613-1619.
- Hsu, K. C., Chiu, J. J., Chen, S. D. and Tseng, Y. C. (1999). Effect of addition time of superplasticizer on cement adsorption and on concrete workability, **Cement & Concrete Composites**, vol. 21, pp. 425-430.
- Kaewmanee K. and Tangtermsirikul S. (2006). Use of bottom ash as a fine aggregate replacing material in concrete, **Annual Concrete Conference. 2nd**, pp. 104-108.
- Khatib, J. M. and Mangat, P. S. (1999). Influence of superplasticizer and curing on porosity and pore structure of cement paste, **Cement & Concrete Composites**, vol. 21, pp. 431-437.
- Kwan, A. K. H. and Fung, W. W. S. (2013). Effects of SP on flowability and cohesiveness of cement-sand mortar, **Construction and Building Materials**, vol. 48, pp. 1050-1057.

- Nambiar, E. K. K. and Ramamurthy, K. (2006). Influence of filler type on the properties of foam concrete, **Cement and Concrete Composites**, vol. 28, pp. 475-480.
- Nambiar, E. K. K. and Ramamurthy, K. (2007). Sorption characteristics of foam concrete. **Cement and Concrete Research**, vol. 37, pp. 1341-1347.
- Ramamurthy, K., Nambiar, E. K. K. and Ranjani, G. I. S. (2009). A classification of studies on properties of foam concrete, **Cement and Concrete Composites**, vol. 31, pp.388-396.

I-TECH JOURNAL LPRU



Industrial Technology
www.i-techjournal.com