ผลกระทบของสารลดน้ำพิเศษต่อเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาและเถ้าลอย

Effect of Superplasticizer on Cellular Concrete Containing Bottom Ash and Fly Ash

อภิวัฒน์ ศรีภูมั่น[1], เรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์[2*] และ กริสน์ ชัยมูล[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของสารลดน้ำพิเศษต่อเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาเป็นมวลรวมละเอียดและเถ้าลอยเป็นวัสดุประสาน โดยใช้ส่วนผสมปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ต่อมวลรวมละเอียด (ทรายร้อยละ 25 และเถ้าก้นเตาร้อยละ 75 โดยน้ำหนัก) ในอัตราส่วน 1 : 1 และใช้ปริมาณโฟม ร้อยละ 50 โดยปริมาตร จากนั้นแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน และผสมสารลดน้ำพิเศษในอัตราส่วนร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ จากผลการทดสอบพบว่าเซลลูล่าคอนกรีตที่แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นมีค่ากำลังรับแรงอัดและหน่วยน้ำหนักลดลง แต่การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น ในขณะที่การหดตัวแห้งมีค่าใกล้เคียงกับเซลลูล่าคอนกรีตไม่ผสมเถ้าลอย ส่วนการใช้สารลดน้ำพิเศษในเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาและเถ้าลอย พบว่ากำลังรับแรงอัดและหน่วยน้ำหนักเพิ่มขึ้น แต่ค่าการดูดซึมน้ำลดลง ส่วนการหดตัวแห้งมีค่าใกล้เคียงกับเซลลูล่าคอนกรีตที่ไม่ผสมสารลดน้ำพิเศษ

คำสำคัญ : เซลลูล่าคอนกรีต, สารลดน้ำพิเศษ, เถ้าก้นเตา, เถ้าลอย

[1]นิสิตปริญญาโท, [2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ขามเรียง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม 44150

[*] Corresponding author, E-mail: raungrut@hotmail.com

Abstract

This research was to study the effect of superplasticizer on cellular concrete containing bottom ash as fine aggregate and fly ash as cementitious material. Cellular concrete made from Portland cement type 1 to fine aggregate (25% of sand and 75% of bottom ash by weight) at the ratio of 1 : 1 and foam content of 50 % by volume. Portland cement was replaced by fly ash at 10 and 20 % by weight of binder and superplasticizer was used at 0, 0.5, 1.0 and 1.5% by weight of cement. The experimental results showed that the increasing of fly ash in cellular concrete decreased the compressive strength and density but it increased the water absorbs ion while drying shrinkage similar to cellular concrete without fly ash. The use of superplasticizer in bottom ash and fly ash cellular concrete increased the compressive strength and density but it decreased the water absorbs ion while drying shrinkage was similar to cellular concrete without superplasticizer.

Keywords : cellular concrete, super plasticizer, bottom ash, fly ash

1. บทนำ

เซลลูล่าคอนกรีต (Cellular Lightweight Concrete) คือ คอนกรีตมวลเบาที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราย น้ำ และสารที่ทำให้เกิดฟองอากาศที่มีลักษณะเป็นเม็ดกลมขนาดเล็กมาก เมื่อคอนกรีตก่อตัวจึงเกิดโพรงอากาศขนาดเล็กภายในแบบปิดไม่ต่อเนื่อง ส่งผลให้เซลลูล่าคอนกรีตมีน้ำหนักเบา สามารถป้องกันความร้อนและเสียง อีกทั้งทนไฟได้ดีกว่าคอนกรีตทั่วไป ดังนั้น เซลลูล่าคอนกรีตจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างอย่างแพร่หลาย เซลลูล่าคอนกรีตมีข้อด้อยในด้านการหดตัวแห้งที่สูงและกำลังที่ต่ำ อันเป็นผลจากการการขาดมวลรวมหยาบและการใช้ฟองโฟมในอัตราส่วนผสม (Tommy et al., .2007) จากงานวิจัยของ พัชร อ่อนพรม และคณะ (2551) ที่ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของเซลลูล่าคอนกรีตที่ใช้เถ้าก้นเตาเป็นมวลรวมละเอียด ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า เซลลูล่าคอนกรีตที่ใช้เถ้าก้นเตาแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละ 75 โดยปริมาตร สามารถช่วยลดการหดแห้งได้ร้อยละ 8.49 แต่ในทางกลับกัน ความสามารถในการรับกำลังอัดกลับลดลงเหลือร้อยละ 62 เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุมที่อายุ 28 วัน ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะเพิ่มความสามารถในการรับกำลังอัดของเซลลูล่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าก้นเตาโดยการใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนและใช้สารลดน้ำพิเศษ (Superplasticizer) ในอัตราส่วนผสม ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติความเป็นวัสดุปอซโซลานของเถ้าลอยอาจจะช่วยชดเชยกำลังรับแรงอัดที่สูญเสียไปของเซลลูล่าคอนกรีต ส่วนสารลดน้ำพิเศษเป็นสารผสมเพิ่มชนิดหนึ่งที่ใช้ผสมในคอนกรีต เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเซลลูล่าคอนกรีต รวมทั้งเป็นการจัดการกับวัสดุเหลือทิ้ง เช่น เถ้าลอยและเถ้าก้นเตา ด้วยการนำกลับมาใช้ใหม่ให้

เกิดประโยชน์ และช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้อีกทางด้วย

2. วัตถุประสงค์งานวิจัย

ศึกษาผลกระทบของสารลดน้ำพิเศษที่มีต่อคุณสมบัติทางกลของเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาและเถ้าลอย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
2) ทรายแม่น้ำ
3) สารลดน้ำพิเศษชนิด F (Naphthalene Base)
4) เถ้าลอย และเถ้าก้นเตา จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง
5) สารทำให้เกิดฟองโฟม (Foaming Agent)

3.2 การเตรียมตัวอย่าง

เซลลูล่าคอนกรีตที่ใช้ในงานวิจัยมีอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ต่อมวลรวมละเอียด (ทรายร้อยละ 25 และเถ้าก้นเตาร้อยละ 75 โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 1 : 1 ปริมาณโฟมร้อยละ 50 โดยปริมาตร จากนั้นแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยเถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์และผสมสารลดน้ำพิเศษในอัตราส่วนร้อยละ 0, 0.5, 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ ทุกอัตราส่วนผสมควบคุมการไหลแผ่ในช่วง 45±2.25 (Hsu et al., 1999) สำหรับส่วนผสมของเซลลูล่าคอนกรีตทั้งหมดได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ขั้นตอนการเตรียมเซลลูล่าคอนกรีต เริ่มจากผสมสารเพิ่มฟองโฟมกับน้ำในอัตราส่วน 1 : 25 ผสมให้เข้ากันใส่ลงในถังผลิตโฟมเหลว ผสมวัสดุประสานกับน้ำให้เข้ากันเป็นเวลา 1.5 นาที เติมมวลรวมละเอียดและสารลดน้ำพิเศษผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันเป็นเวลา 1.5 นาที ฉีดโฟมเหลวผสมในส่วนผสม คลุกเคล้าให้มอร์ต้าร์และโฟมเข้ากัน หลังจากกระบวนการผสม เทลงแบบหล่อขนาด 50×50×50 มิลลิเมตรและขนาด 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 เก็บในห้องควบคุมและความชื้นสัมพัทธ์โดยควบคุมอุณหภูมิ 25±1°C และความชื้นสัมพัทธ์ 50±5% RH จนครบอายุการทดสอบ

3.3 การทดสอบ

1) ทดสอบกำลังรับแรงอัดของเซลลูล่าคอนกรีตขนาด 50× 50×50 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C 109 ที่อายุ 28 วัน โดยผลการทดสอบใช้ค่าเฉลี่ยจาก 3 ตัวอย่าง

2) ทดสอบหน่วยน้ำหนักของเซลลูล่าคอนกรีตขนาด 50×50×50 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C 567 ที่อายุ 28 วัน โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากการชั่งน้ำหนักเฉลี่ย 3 ตัวอย่าง

3) การทดสอบการดูดซึมน้ำของเซลลูล่าคอนกรีตขนาด 50×50×50 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C 642 ที่อายุ 28 วัน โดยผลการทดสอบใช้ค่าเฉลี่ยจาก 3 ตัวอย่าง

4) การทดสอบการหดตัวแห้งของเซลลูล่าคอนกรีตขนาด 25×25×285 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ASTM C 490 ที่อายุ 1, 3, 7, 14, 28, 60 และ 90 วัน โดยวัดค่าเฉลี่ยจาก 3 ตัวอย่าง

ตารางที่ 1

อัตราส่วนผสมของเซลลูล่าคอนกรีต

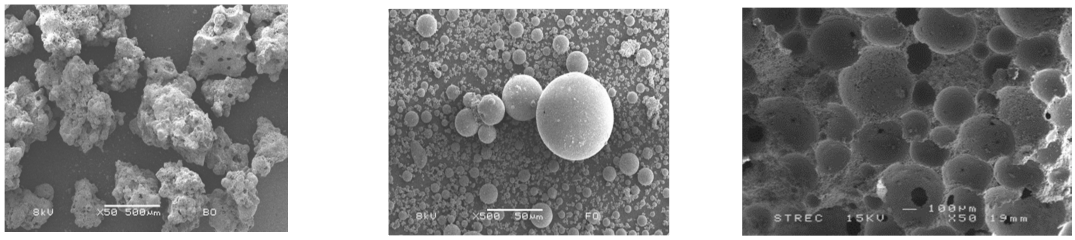
Type of Cellular Concrete	Mix Proportion						
	Cement (OPC) g.	Fly Ash (FA) g.	Bottom Ash (BA) g.	Sand (SA) g.	Foam Content cc.	Water cc.	SP (%)*
0.0SP0FA	426	-	301	125	620	285	0.0
0.5SP0FA	426	-	301	125	560	225	0.5
1.0SP0FA	426	-	301	125	548	213	1.0
1.5SP0FA	426	-	301	125	545	210	1.5
0.0SP10FA	383	43	301	125	606	264	0.0
0.0SP20FA	383	43	301	125	572	230	0.0
0.5SP10FA	383	43	301	125	522	180	0.5
0.5SP20FA	383	43	301	125	518	176	0.5
1.0SP10FA	341	85	301	125	579	231	1.0
1.0SP20FA	341	85	301	125	588	240	1.0
1.5SP10FA	341	85	301	125	547	199	1.5
1.5SP20FA	341	85	301	125	537	189	1.5

* By weight of cement, SP = superplasticizer, FA = Fly Ash

4. ผลการวิจัย

4.1 สมบัติของวัสดุ

คุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าก้นเตา เถ้าลอย ทราย และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 แสดงในตารางที่ 2 โดยลักษณะทางกายภาพของเถ้าก้นเตามีพื้นผิวส่วนใหญ่ขรุขระ มีรูพรุนและมีขนาดที่ไม่แน่นอนและลักษณะทางกายภาพของเถ้าลอยมีลักษณะอนุภาคเป็นรูปทรงกลม ผิวเรียบ มีขนาดเล็กและใหญ่กระจายปะปนกัน ส่วนเซลลูล่าคอนกรีตภายในประกอบไปด้วยโพรงอากาศขนาดเล็กจำนวนมากกระจายอยู่ภายใน ดังแสดงในภาพที่ 1



(ก) เถ้าก้นเตา (ข) เถ้าลอย (ค) เซลลูล่าคอนกรีต

ภาพที่ 1 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM)

ตารางที่ 2

คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ

Physical Test	Ordinary Portland Cement (OPC)	Fly Ash (FA)	Bottom Ash (BA)	Sand
Specific Gravity	3.14	2.1	2.00	2.56
Blaine Fineness (cm^2/g)	3,270	2,960	-	-
Absorption (%)	-	-	6.18	1.21
Voids (%)	-	-	46.6	34.6
Fineness modulus	-	-	2.10	1.76

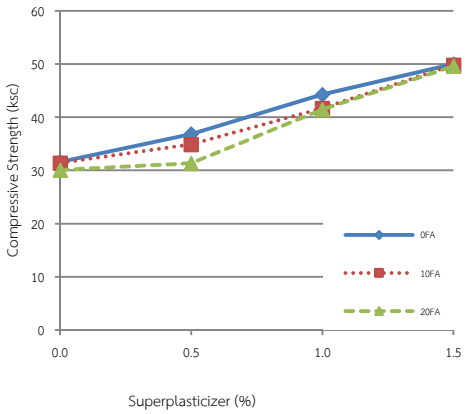
4.2 ความต้องการน้ำของเซลลูล่าคอนกรีต

จากตารางที่ 1 พบว่าเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาที่ใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความต้องการน้ำในส่วนผสมลดลง เนื่องจากอนุภาคของเถ้าลอยมีขนาดเล็กลักษณะเป็นทรงกลมและมีผิวเรียบ เป็นผลให้สามารถลดแรงเสียดทานระหว่างอนุภาคได้ มีผลต่อส่วนผสมในด้านความสามารถในการทำงานได้ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อความต้องการน้ำของส่วนผสมลดลงเมื่อควบคุมความสามารถในการทำงานได้เท่ากัน (Chindaprasirt et al., 2004) จากการศึกษาพบว่าการใช้เถ้าลอยร้อยละ 10 และ 20 ผสมในเซลลูล่าคอนกรีตที่แทนที่ทรายด้วยเถ้าก้นเตาร้อยละ 75 นั้นส่งผลให้ส่วนผสมของเซลลูล่าคอนกรีตมีความต้องการน้ำลดลงร้อยละ 4.52 และ 9.56 เมื่อเปรียบเทียบกับเซลลูล่าคอนกรีตที่แทนที่ทรายด้วยเถ้าก้นเตาไม่ผสมเถ้าลอย การใช้สารลดน้ำอย่างมากที่อัตราส่วนร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์สามารถช่วยลดปริมาณน้ำในส่วนผสมของเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาและเถ้าลอยร้อยละ 10 และ 20 ในปริมาณร้อยละ 15.25 และ 12.32 ส่วนการใช้สารลดน้ำอย่างมากที่อัตราส่วนร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ สามารถช่วยลดปริมาณน้ำร้อยละ 23.61 และ 16.11 และการใช้สารลดน้ำอย่างมากที่อัตราส่วนร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์สามารถช่วยลดปริมาณน้ำร้อยละ 30.47 และ 24.17 ตามลำดับ

4.3 กำลังรับแรงอัดของเซลลูล่าคอนกรีต

ผลของกำลังรับแรงอัดของเซลลูล่าคอนกรีตแสดงในภาพที่ 2 พบว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยในเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตา มีผลให้กำลังรับแรงอัดลดลงตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นของการแทนที่ด้วยเถ้าลอย (ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2546) เนื่องจากการลดลงของปริมาณปูนซีเมนต์ จึงทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันลดลงส่งผลให้กำลังรับแรงอัดลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Nambiar & Ramanmurty (2007) จากการทดสอบพบว่า การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 10 และ 20 ในเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาร้อยละ 75 ให้ค่ากำลังรับแรงอัดลดลงร้อยละ 0.63 และ 4.90 เมื่อเปรียบเทียบกับเซลลูล่าคอนกรีตไม่ผสมเถ้าลอย ส่วนการใช้สารลดน้ำพิเศษส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดของเซลลูล่าคอนกรีตเพิ่มขึ้นตามปริมาณร้อยละของสารลดน้ำพิเศษที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนผสม เนื่องจากสารลดน้ำพิเศษช่วยลดปริมาณน้ำลง ทำให้

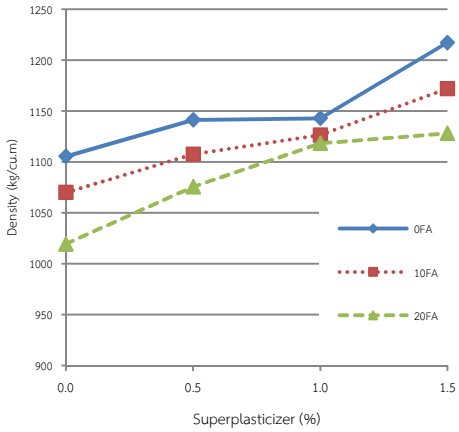
อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำต่อวัสดุประสานลดลง ดังนั้นกำลังอัดจึงเพิ่มขึ้น อีกทั้งสารลดน้ำพิเศษช่วยให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์เกิดได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดมีการพัฒนาที่ดีขึ้นด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chandra & Bjomstrom (2002) โดยเซลลูล่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าลอยและใช้สารลดน้ำพิเศษในอัตราส่วนร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ มีค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นร้อยละ 58 เมื่อเปรียบเทียบกับเซลลูล่าคอนกรีตที่ไม่ผสมทั้งลอยและสารลดน้ำพิเศษ ในขณะที่การใช้สารลดน้ำพิเศษในเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาและเถ้าลอยส่งผลให้ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นตามปริมาณร้อยละของสารลดน้ำพิเศษ โดยการใช้สารลดน้ำพิเศษร้อยละ 1.5 ในเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาและเถ้าลอยร้อยละ 10 และ 20 ให้ค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 49.81 และ 49.62 กก./ซม.^{2} ตามลำดับ



ภาพที่ 2 กำลังรับแรงอัดของเซลลูล่าคอนกรีต

4.4 หน่วยน้ำหนักของเซลลูล่าคอนกรีต

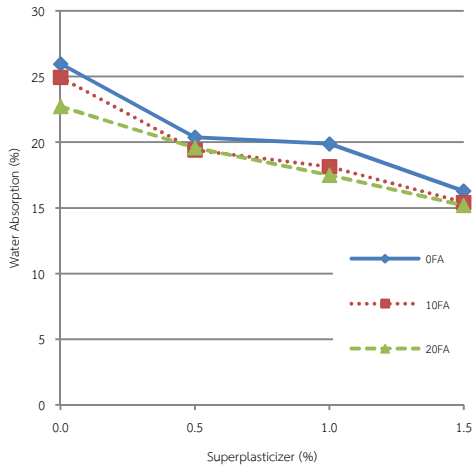
หน่วยน้ำหนักของเซลลูล่าคอนกรีตแสดงในภาพที่ 3 พบว่าเซลลูล่าคอนกรีตที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย ส่งผลให้ค่าหน่วยน้ำหนักลดลงตามปริมาณร้อยละของการแทนที่ด้วยเถ้าลอยที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเถ้าลอยมีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าปูนซีเมนต์ จึงมีผลให้ค่าหน่วยน้ำหนักของเซลลูล่าคอนกรีตลดลงด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของ พัชร อ่อนพรม (2551) จากผลการทดสอบพบว่าเซลลูล่าคอนกรีตไม่ผสมสารลดน้ำพิเศษที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 20 มีค่าหน่วยน้ำหนักต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 1019 กก./ม.^{3} ส่วนการใช้สารลดน้ำพิเศษในตัวอย่างเซลลูล่าคอนกรีตที่ไม่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย พบว่าค่าหน่วยน้ำหนักของเซลลูล่าคอนกรีตเพิ่มขึ้นตามปริมาณร้อยละของสารลดน้ำพิเศษที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนผสม เนื่องจากสารลดน้ำพิเศษมีผลในการเพิ่มความสามารถในการทำงานได้ของเซลลูล่าคอนกรีต (Kwan & Fung, 2013) มีผลให้ปริมาณน้ำในอัตราส่วนผสมลดลง ส่งผลให้หน่วยน้ำหนักของเซลลูล่าคอนกรีตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยตัวอย่างเซลลูล่าคอนกรีตที่ใช้สารลดน้ำพิเศษปริมาณร้อยละ 1.5 ในส่วนผสมที่ไม่ใช้เถ้าลอย พบว่าค่าหน่วยน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผสมสารลดน้ำพิเศษ ในขณะที่การใช้สารลดน้ำพิเศษในปริมาณที่เพิ่มขึ้นในเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าลอย ส่งผลให้หน่วยน้ำหนักของเซลลูล่าคอนกรีตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าลอยร้อยละ 10 และ 20 ผสมสารลดน้ำพิเศษร้อยละ 1.5 ให้ค่าหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 1172 และ 1128 กก./ม.^{3} ตามลำดับ



ภาพที่ 3 หน่วยน้ำหนักของเซลลูล่าคอนกรีต

4.5 การดูดซึมน้ำของเซลลูล่าคอนกรีต

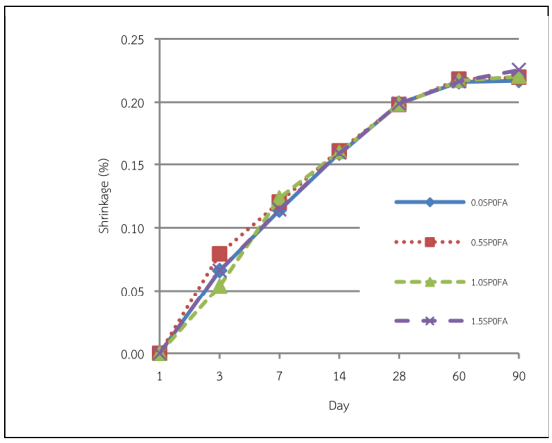
ผลของการดูดซึมน้ำของเซลลูล่าคอนกรีตแสดงในภาพที่ 4 พบว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยในเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาพบว่า เซลลูล่าคอนกรีตมีการดูดซึมน้ำลดลงตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นของการแทนที่ด้วยเถ้าลอย เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของเถ้าลอยที่มีรูปทรงกลมและมีอนุภาคขนาดเล็กกว่าปูนซีเมนต์เข้าไปอุดโพรงในเพสต์ทำให้เพสต์แน่นขึ้น มีผลให้โพรงคาปิลารีมีขนาดเล็กและปริมาณโพรงคาปิลารีลดลงด้วย เป็นผลให้คอนกรีตมวลเบามีความทึบแน่นมากขึ้น จึงส่งผลให้ร้อยละอัตราการดูดซึมน้ำลดลง (Yusksel, Bilir & Oszkan, 2007) จากผลการทดสอบเซลลูล่าคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยร้อยละ 20 มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 23 โดยที่ค่าการดูดซึมน้ำลดลงร้อยละ 13 เมื่อเปรียบเทียบกับเซลลูล่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าลอยส่วนการใช้สารลดน้ำพิเศษในเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาและเถ้าลอย มีผลให้การดูดซึมน้ำลดลงตามปริมาณสารลดน้ำพิเศษที่เพิ่มขึ้นในส่วนผสมเนื่องจากคุณสมบัติของสารลดน้ำพิเศษที่มีผลให้น้ำส่วนเกินในอัตราส่วนผสมเพิ่มขึ้น อีกทั้งช่วยลดปริมาณโพรงรวมของเซลลูล่าคอนกรีต จึงส่งผลให้การดูดซึมน้ำของเซลลูล่าคอนกรีตลดลงด้วย โดยที่การดูดซึมน้ำเป็นสัดส่วนผกผันกับค่าหน่วยน้ำหนักคอนกรีต ซึ่งสอดคล้องกับผลของการทดสอบกำลังรับแรงอัดและหน่วยน้ำหนัก การใช้สารลดน้ำพิเศษร้อยละ 1.5 ในเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาและเถ้าลอยร้อยละ 20 มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุดโดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 15



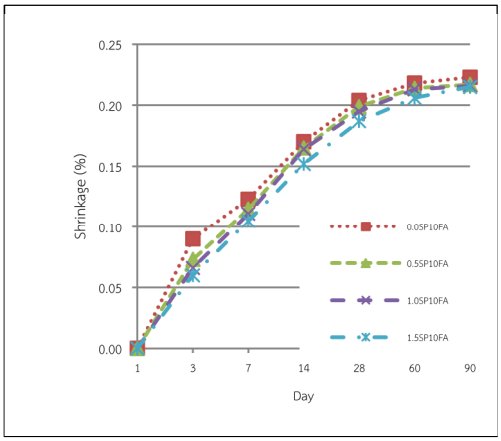
ภาพที่ 4 การดูดซึมน้ำของเซลลูล่าคอนกรีต

4.6 การหดตัวแห้งของเซลลูล่าคอนกรีต

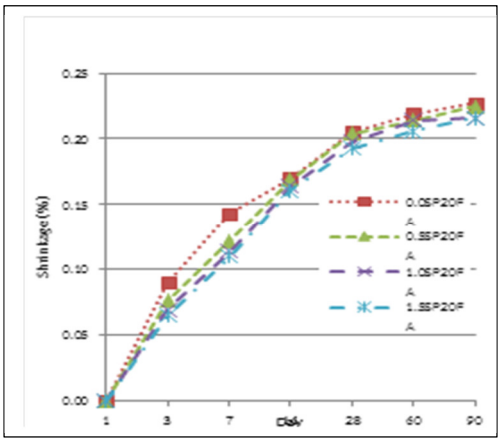
การหดตัวแห้งของเซลลูล่าคอนกรีตเป็นการหดตัวที่เกิดจากการสูญเสียปริมาณน้ำอิสระและน้ำที่อยู่ภายในโครงสร้างของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตอยู่ในสภาวะอากาศที่ไม่อิ่มตัว โดยที่การหดตัวแห้งของเซลลูล่าคอนกรีตจะแปรผกผันกับหน่วยน้ำหนัก เมื่อหน่วยน้ำหนักเพิ่มขึ้นค่าการหดตัวแห้งจะลดลง (ปริญญา จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2553) โดยการหดตัวแห้งของเซลลูล่าคอนกรีตแสดงในภาพที่ 5



(ก) เซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตา



(ข) เซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาและเถ้าลอยร้อยละ 10



(ค) เซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาและเถ้าลอยร้อยละ 20

ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างการหดตัวแห้งและอายุของเซลลูล่าคอนกรีตผสมสารลดน้ำพิเศษ

จากภาพพบว่าการหดตัวแห้งเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นของการแทนที่ด้วยเถ้าลอย เนื่องจากความถ่วงจำเพาะของเถ้าลอยที่ต่ำกว่าปูนซีเมนต์ มีผลให้หน่วยน้ำหนักลดลงตามปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าลอยที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้การหดตัวแห้งของเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าลอยเพิ่มด้วย สอดคล้องกับผลของหน่วยน้ำหนักโดยในช่วง 28 วันแรกเซลลูล่าคอนกรีตมีค่าการหดตัวแห้งเพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากปริมาณน้ำอิสระในเซลลูล่าคอนกรีตซึ่งมีปริมาณมากสามารถเคลื่อนที่ออกสู่ภายนอกโดยผ่านทางโพรงคาปิลลารีได้ง่าย ขณะที่เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำอิสระลดลง อัตราการหดตัวแห้งจึงลดลงด้วยจนกระทั่งค่าการหดตัวแห้งมีแนวโน้มคงที่ที่อายุการทดสอบมากกว่า 60 วันจากตัวอย่าง

เซลลูล่าคอนกรีตที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 20 ที่อายุการทดสอบ 90 วัน มีค่าการหดตัวแห้งสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 0.227

ส่วนการใช้สารลดน้ำพิเศษในเซลลูล่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าลอย พบว่าค่าการหดตัวแห้งลดลงตามปริมาณร้อยละของสารลดน้ำพิเศษที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติของสารลดน้ำพิเศษ สามารถลดปริมาณน้ำอิสระในอัตราส่วนผสมของเซลลูล่าคอนกรีต อีกทั้งสารลดน้ำพิเศษยังมีผลทำให้ขนาดโพรงและปริมาณโพรงรวมของเซลลูล่าคอนกรีตลดลงด้วย (Khatib & Mangat, 1999) ส่งผลให้อัตราการหดตัวแห้งลดลงด้วย ในขณะที่การใช้สารลดน้ำพิเศษในเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาและเถ้าลอย มีผลให้อัตราการหดตัวแห้งลดลง สอดคล้องกับผลที่ได้จากการทดสอบค่าหน่วยน้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบอัตราการหดตัวแห้งของตัวอย่างทดสอบที่ใช้สารลดน้ำพิเศษร้อยละ 1.5 ในเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าลอยร้อยละ 10 และ 20 กับตัวอย่างเซลลูล่าคอนกรีตไม่ผสมสารลดน้ำพิเศษ ที่อายุการทดสอบที่ 90 วัน พบว่าอัตราการหดตัวแห้งลดลงร้อยละ 8 และ 5 ตามลำดับ

4.7 ส่วนผสมที่เหมาะสมของเซลลูล่าคอนกรีต

จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ มอก. 2601-2556 ได้แบ่งชนิดของคอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบเติมฟองอากาศสำหรับผนังที่ออกแบบไม่รับน้ำหนักออกเป็น 8 ชนิด (C6, C7, C8, C9, C10, C12, C14 และ C16) จากผลการวิจัยพบว่า ทุกอัตราส่วนผสมที่ใช้สารลดน้ำอย่างมากในปริมาณร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนักปูนซีเมนต์ จัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 2601 ชนิด C12 โดยมีกำลังรับแรงอัดอยู่ในช่วง 23.87–49.62 กก./ซม.^{2} และหน่วยน้ำหนักอยู่ในช่วง 1,019–1,127 กก./ม.^{3} ส่วนอัตราการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 15.19–23.27 โดยเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 2601 กำหนดให้กำลังรับแรงอัดไม่ต่ำกว่า 25.5 กก./ซม.^{2} หน่วยน้ำหนักอยู่ในช่วง 1,001–1,200 กก./ม.^{3} และอัตราการดูดซึมน้ำไม่มากกว่าร้อยละ 23 หากพิจารณาส่วนผสมที่เหมาะสมจากร้อยละการแทนที่ด้วยเถ้าลอยและปริมาณสารลดน้ำอย่างมากสูงสุด พบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมคือ 1.5SP20FA จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่าการใช้สารลดน้ำอย่างมากในปริมาณที่เพิ่มขึ้น มีผลให้กำลังรับแรงอัดและหน่วยน้ำหนักเพิ่มขึ้น อัตราการดูดซึมน้ำค่อนข้างต่ำ เมื่อแบ่งตามชนิดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ มอก. 2601

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษาคุณสมบัติของสารลดน้ำพิเศษต่อเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาและเถ้าลอย พบว่าการใช้เถ้าลอยเป็นวัสดุประสานแทนที่ปูนซีเมนต์ร่วมกับการใช้เถ้าก้นเตาแทนที่ทรายในปริมาณร้อยละ 75 โดยน้ำหนักทราย มีผลให้กำลังรับแรงอัดและหน่วยน้ำหนักลดลง ในขณะที่การหดตัวแห้งมีค่าใกล้เคียงเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาร้อยละ 75 แต่ที่การดูดซึมน้ำลดลงตามปริมาณเถ้าลอยที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่การใช้สารลดน้ำพิเศษในเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาและเถ้าลอย ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดและหน่วยน้ำหนักเพิ่มขึ้น แต่ค่าการดูดซึมน้ำลดลง ส่วนการหดตัวแห้งมีค่าใกล้เคียงกับเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาและเถ้าลอยที่ไม่ใช้สารลดน้ำอย่างมาก ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าการ

ใช้สารลดน้ำพิเศษสามารถปรับปรุงคุณสมบัติของเซลลูล่าคอนกรีตผสมเถ้าก้นเตาได้

เอกสารอ้างอิง

ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, เรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์, จตุพล ตั้งปกาศิต และไกรวุฒิ เกียรติโกมล. (2546) ผลกระทบของขนาดอนุภาคเถ้าถ่านหินแม่เมาะต่อดัชนีกำลังของมอร์ต้าร์. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.3*, 60-65.

ปริญญา จินดาประเสริฐ และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. (2552). *ปูนซีเมนต์ ปอซโซลานและคอนกรีต.* พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย (สคท.).

พัชร อ่อนพรม, สมชาย อินทะตา, ฉัตรชัย ชูทอง และ เรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์. (2551). คอนกรีตบล็อกมวลเบาผสมเถ้าถ่านหินและเถ้าก้นเตา. ใน *การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปีครั้งที่ 4* (193-197).

มอก. 2601 - 2556. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ, *ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม,* (4562), 1-9.

วันชัย ยอดสุดใจ และ ทรงศักดิ์ จันทร์แสนตอ. (2549). การศึกษาคุณสมบัติของซีเมนต์บล็อกมวลเบาที่ใช้เถ้าก้นเตาเป็นส่วนผสม. ใน *การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 2,* 145-148.

สิทธาฤทธิ์ ปรีดานนท์, ปิติวัฒน์วัฒนชัย และ เจษฎา เกษมเศรษฐ์. (2547). คอนกรีตซีเมนต์ผสมเถ้าลอยที่มีการยุบตัวเป็นศูนย์ที่ใช้เถ้าก้นเตาจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะเป็นมวลรวมละเอียด. ใน *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 9*, 95-100.

เอกภพ ทองอินต๊ะ, ปิติวัฒน์วัฒนชัย และ เจษฎา เกษมเศรษฐ์. (2547). การทดสอบความเข้ากันได้ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่หนึ่งที่ผลิตในประเทศไทยกับสารลดน้ำอย่างแรง. ใน *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 9*, 101-105.

Andrade, L. B., Rocha, J. C. & Cheriaf, M. (2009). Influence of coal bottom ash as fine aggregate on fresh properties of concrete. *Construction and Building Materials, 23*, 609-614.

ASTM C109. (2002). Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens). *Annual Book of ASTM Standard,* 04.01.

ASTM C567. (2002). Standard test method for unit weight of structural lightweight concrete. *Annual Book of ASTM Standard,* 04.02.

ASTM C642. (2002). Standard test method for density, absorption, and voids in hardened concrete. *Annual Book of ASTM Standard,* 04.02.

ASTM C490. (2002). Standard practice for use of apparatus for the determination of length change of hardened cement paste, mortar, and concrete. *Annual Book of ASTM Standard,* 04.02.

Chandra, S. & Bjomstrom, J. (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, 32*, 1613-1619.

Hsu, K. C., Chiu, J. J., Chen, S. D. & Tseng, Y. C. (1999). Effect of addition time of superplasticizer on cement adsorptionand on concrete workability. *Cement & Concrete Composites, 21*, 425-430.

Kaewmanee K. & Tangtermsirikul S. (2006). Use of bottom ash as a fine aggregate replacing material in concrete. *Annual Concrete Conference, 2nd*, 104-108.

Khatib, J. M. & Mangat, P. S. (1999). Inuence of superplasticizer and curing on porosity and pore structure of cement paste, *Cement & Concrete Composites, 21*, 431-437.

Kwan, A. K. H. & Fung, W. W. S. (2013). Effects of SP on flowability and cohesiveness of cement-sand mortar. *Construction and Building Materials, 48*, 1050-1057.

Nambiar, E. K. K. & Ramamurthy, K. (2007). Sorption characteristics of foam concrete. *Cement and Concrete Research, 37*, 1341-1347.

Ramamurthy, K., Nambiar, E. K. K., & Ranjani, G. I. S. (2009). A classification of studies on properties of foam concrete. *Cement and Concrete Composites, 31*, 388-396.

Tommy, Y. L., Tang, W. C., & Cui, H. Z. (2007). The Effects of aggregate properties on light weight concrete. *Building and Environment, 42*, 3025-3029.

Yusksel, I., Bilir, T. & Oszkan. (2007). Durability of concrete incorporating non-ground blast furnace slag and bottom ash as fine aggregate. *Building and Environment, 42*, 2651-2659.