การศึกษาผลกระทบอัตราการหมุนของใบกวนเครื่องผสมคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า

EFFECT OF ROTATION RATE OF STATIONERY DRUM MIXER ON CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE

อภัย ชาภิรมย์ (Aphai Chapirom)[1]
ธีรวัฒน์ สินศิริ (Theerawat Sinsiri)[2]

[1]นักศึกษาปริญญาเอก สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สานักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 30000 อีเมลล์ : aphai2010@gmail.com
[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สานักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา 30000 อีเมลล์ : sinsiri@g.sut.ac.th

บทคัดย่อ : งานวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบอัตราการหมุนของใบกวนเครื่องผสมคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า ที่มีผลต่อคุณสมบัติด้านกำลังอัด การดูดซึมน้ำ และความหนาแน่นแห้ง ของคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า กำหนดความหนาแน่นเปียก 900 กก./ม^3. อายุ 28 วัน ใช้น้ำยาสร้างฟองโฟม SUT V3 โดยได้นำคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่ามาผสมในเครื่องผสมคอนกรีตมวลเบา โดยกำหนดให้อัตราการหมุนของใบกวนไว้ 5 ระดับ แล้วนำมาเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตมวลเซลลูล่า กับ อัตราการหมุนแต่ละระดับ การทดสอบพบว่าอัตราการหมุนมีผลกระทบต่อคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า เนื่องจากการหมุนของใบกวนไปทำให้มีการเปลี่ยงแปลงปริมาณ ขนาด การจัดเรียงตัวของฟองโฟม ส่งผลให้อัตราการหมุนใบกวนเครื่องผสมคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าความเร็วที่ 45 รอบต่อนาที มีกำลังอัดสูง และการดูดซึมน้ำน้อย และมีความหนาแน่นใกล้เคียงที่กำหนดไว้ กว่าคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าที่ผสมในอัตราการหมุนของใบกวนระดับอื่น ๆ ตามลำดับ

ABSTRACT : This research study of rotation on cellular concrete mixer. Affects of properties compressive strength water absorption and dry density on cellular lightweight concrete. A wet density of 900 kg / m^3. age 28 day and foaming agent SUT V3 has taken concrete cellular concrete is mixed in the mixer. The rate of rotation the impeller into five levels and to compare of properties on cellular concrete with a turnover each level.

The test found that the rate of rotation affects of properties on lightweight concrete cellular as to the rotation of the impeller to make a change just to sort large quantities of foam. Rotation agitator Cellular concrete mixer speed at 45 rpm a high compressive strength and low water absorption and a density close to that limit on cellular concrete mix a rate of rotation of the impeller other levels respectively.

KEYWORDS : Rotation drum mixer , Mixer cellular lightweight concrete , Effect rotation

1.บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในงานก่อสร้างเนื่องจากมีคุณสมบัติ มีหน่วยน้ำหนักอยู่ที่ประมาณ 800 -1500 กก./ลบ.ม. อัตราการดูดซึมน้ำต่ำ ทนไฟกว่าคอนกรีตปกติ และเป็นฉนวนกันความร้อน วิธีการผลิตคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าโดยทั่วไปส่วนใหญ่จะมีการเติมปริมาณฟองอากาศเข้าไปในเนื้อซีเมนต์มอร์ต้าจากนั้นปล่อยให้คอนกรีตแข็งตัว ในเนื้อคอนกรีตจะมีปริมาณฟองโฟมกระจายอยู่ทั่ว ๆ ทำให้มวลคอนกรีตมีหน่วยน้ำหนักที่เบาตามที่ต้องการ ส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่หนึ่ง มวลละเอียด น้ำ และสารกักฟองอากาศ สารกักฟองอากาศที่ใช้จะมีองค์ประกอบทางเคมีจำพวก Hydrolyzed Protein และสารซักฟอกสังเคราะห์ ฟองอากาศที่ได้จากวิธีนี้จะมีความเสถียรและคงรูปมากกว่าฟองอากาศที่ได้จากผงซักฟอกกระบวนการผลิตเริ่มจากนั้นจึงนำฟองอากาศที่ได้ฉีดเข้าไปในเครื่องผสมคอนกรีตที่มีวัสดุมวลละเอียด ปูนซีเมนต์ และน้ำ ทำการผสมให้เข้ากันประมาณ 5-10 นาทีเพื่อให้ฟองอากาศกระจายแทรกตัวตาม

เนื้อคอนกรีตอย่างสม่ำเสมอการผสมไม่ควรตีหรือหมุนให้เร็วเกินไป เพราะจะทำให้ฟองอากาศเกิดการแตกตัวง่าย

จากการผสมคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าโดยใช้เครื่องผสมแบบใบกวนในแนวนอนจะพบว่าอัตราการหมุนของใบกวนมีผลต่อฟองอากาศ ผู้ทำการวิจัยจึงสนใจต้องการศึกษาอัตราการหมุนของใบกวนเครื่องผสมที่มีรอบการหมุนที่แตกต่างกันว่ามีผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าอย่างไร

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติความสามารถการรับกำลังอัด การดูดซึมน้ำ และความหนาแน่นแห้ง ของอัตราความเร็วการหมุนต่าง ๆ ของเครื่องผสมคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าแบบใบกวนในแนวนอน

1.2.2 เพื่อศึกษาอัตราความเร็วการหมุนของใบกวนในเครื่องผสมที่เหมาะสม

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ปูนซีเมนต์ที่ใช้ผสมคอนกรีตเป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

1.3.2 มวลรวมละเอียดที่ใช้ผสม ใช้ทรายแม่น้ำ

1.3.3 น้ำที่ใช้ผสมและบ่มคอนกรีตใช้น้ำประปา

1.3.4 สารกักฟองอากาศ SUT สูตร 3 (SUT V3) เจือจางกับน้ำอัตราส่วน 1 ต่อ 40 โดยน้ำหนัก ผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่าเครื่องกำเนิดโฟม SUT (Foam generator) [1]

1.3.5 ออกแบบสัดส่วนผสมคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าความหนาแน่นเปียก 900 กก./ลบ.ม [2]

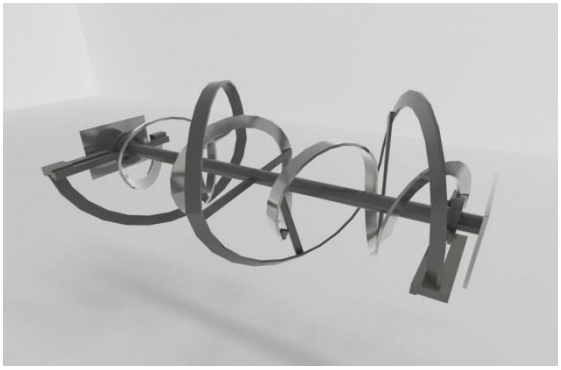
1.3.6 อัตราส่วนผสม w/c เท่ากับ 0.58 อัตราปูนซีเมนต์ต่อทราย เท่ากับ 1:1.75 และค่าความดันของลมที่ความดัน 6 บาร์

1.3.7 เครื่องผสมคอนกรีตวลเบาเซลลูล่าแบบใบกวนในแนวนอน ขนาด 1 ลบ.ม. เลขที่คำขออนุสิทธิบัตร 1603001087 แสดงในภาพที่ 1

ภาพที่ 1 เครื่องผสมคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า

1.3.8 ใบกวนเครื่องผสมเป็นแบบเพลาเดี่ยว แสดงในภาพที่ 2

1.3.9 กำหนดระดับอัตราการหมุนใบกวน 5 ระดับ ที่ 15 ,30 ,45 ,60 และ 75 รอบต่อนาที



ภาพที่ 2 ลักษณะใบกวนเครื่องผสมคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทคอนกรีตมวลเบา

คอนกรีตมวลเบา ในปัจจุบันมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในงานก่อสร้าง สามารถแบ่งคอนกรีตมวลเบาตามกระบวนการผลิตได้เป็น 2 ประเภทดังนี้ [3]

2.1.1 ระบบที่ไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง โดยใช้วัสดุเบากว่ามาทดแทนเช่น ขี้เลื่อย ขี้เถ้าชานอ้อย หรือ เม็ดโฟมทำให้คอนกรีตมีน้ำหนักที่เบาขึ้นแต่จะมีอายุการใช้งานที่สั้น เสื่อมสภาพได้ หรือใช้สารเคมี (Circular Lightweight Concrete : CLC) เพื่อให้เนื้อคอนกรีตฟู และทิ้งให้แข็งตัว คอนกรีตที่ไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูงนี้ส่วนใหญ่เนื้อผลิตภัณฑ์มักจะมีสีเป็น สีปูนซีเมนต์

2.1.2 ระบบที่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง โดยใช้ปูนขาว ซึ่งควบคุมคุณภาพได้ยากมาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตทำให้คุณภาพคอนกรีตที่ได้ไม่ค่อยสม่ำเสมอมีความสามารถดูดซึมน้ำมากกว่าปกติ คุณภาพได้มาตรฐานสม่ำเสมอแล้วยังช่วยให้เกิดการตกผลึก (Calcium Silicate) ในเนื้อคอนกรีตทำให้คอนกรีตมีความแข็งแกร่งทนทาน กว่าการ ผลิตในระบบอื่นมาก ต่างจากคอนกรีตที่ไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูงซึ่งจะมีเนื้อผลิตภัณฑ์เป็นผลึกสีขาว

2.2 ประเภทคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า

คอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า สามารถแบ่งได้ตามลักษณะของการผลิตฟองอากาศออกเป็น 2 แบบคือ

2.2.1 กระบวนการผลิตด้วยฟองก๊าซไฮโดรเจนจากปฏิกิริยาเคมี อาศัยปฏิกิริยาเคมีของผงอลูมินัมกับซีเมนต์ ซึ่งอลูมินัมจะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับคัลเซียมไฮดรอกไซด์เกิดฟองก๊าซไฮโดรเจนขนาดเล็กละเอียดในเนื้อคอนกรีต ทำให้เกิดการขยายตัวและมีปริมาตรเพิ่มขึ้น เมื่อคอนกรีตแข็งตัวก็จะได้คอนกรีตที่มีรูพรุนสูงและน้ำหนักเบา ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$2Al+3Ca(OH)2+6H2O \longrightarrow 3CaO.Al2O3.6H2O+3H2 \quad (1)$$

2.2.2 กระบวนการผลิตฟองอากาศโดยใช้สารกักฟองอากาศปริมาณสูงแนวคิดของกระบวนการผลิตด้วยวิธีนี้คือการทำฟองอากาศปริมาณสูงขึ้นมาและผสมลงในคอนกรีตสด ในช่วงต้น สารสร้างฟองอากาศที่ใช้มักจะเป็นผงซักฟอก ซึ่งมีข้อเสียฟองอากาศที่ได้มักจะไม่เสถียรและแตกง่าย ในปัจจุบัน สารกักฟองอากาศที่ใช้จะมีองค์ประกอบทางเคมีจำพวก Hydro-Lyzed Protein และสารซักฟอกสังเคราะห์ ฟองอากาศที่ได้จะมีความเสถียรและคงรูปมาก

2.3 การผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า

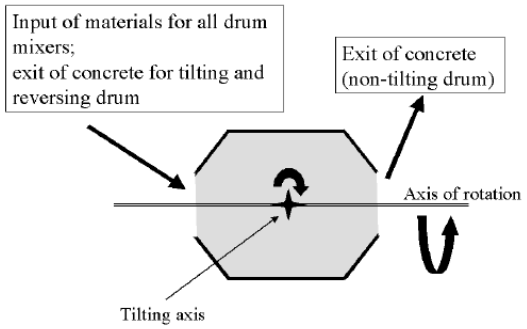
คอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า เป็นกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อนโดยอาศัยหลักการแทรกแรงดันลมผสมกับสารเพิ่มฟองเข้าไปในซีเมนต์มอร์ต้า ทำให้ซีเมนต์มอร์ต้ามีปริมาตรที่เพิ่มขึ้น มีน้ำหนักเบา

2.3.1 ส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มวลรวมละเอียด น้ำ และสารเพิ่มฟอง

2.3.2 เครื่องมือการผลิตคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า อุปกรณ์การผลิตประกอบด้วย เครื่องกำเนิดโฟม (Foam generator)เครื่องผสมคอนกรีตแบบใบกวนในแนวนอนและแบบหล่อ [4]

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Chiara F. Ferraris [5] ได้ทำการศึกษา คอนกรีตที่ดีต้องมีโครงสร้างทางจุลภาคที่เหมาะสม ปัจจัยที่มีผลต่อโครงสร้างจุลภาค คือ วิธีการบ่มคอนกรีต วิธีการผสม และสัดส่วนวัสดุผสม ได้ศึกษาประเภทต่าง ๆ ของวิธีการผสมและ การผสมคอนกรีต ในเชิงพาณิชย์ เครื่องผสมคอนกรีตมี 2 ประเภท คือ แบบ Batch mixers และ แบบ Continuous mixers เป็นเครื่องผสมคอนกรีตอย่างต่อเนื่อง โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ Drum Mixer แสดงในภาพที่ 3 ลักษณะเป็นเครื่อง และ Pan Mixer



ภาพที่ 3 ภาพลักษณะของเครื่องผสมแบบ Drum Mixer

Dongyeop Han [6] ได้ทำการศึกษา ผลกระทบกระบวนการผสมคอนกรีตต่อโครงสร้างจุลภาค และการไหลขอซีเมนต์เพส พบว่าการผสมเป็นหนึ่งในกระบวนการที่สำคัญที่สุดในการผลิตคอนกรีต เปรียบเทียบกระบวนการผสมซีเมนต์เพส ตามมาตรฐาน ASTM C305 และ ASTM C1738 ผลการศึกษาพบว่า กระบวนการผสม ASTM C1738 สามารถรับแรงเฉือนได้สูงกว่า ส่วน ASTM C305 การไหลของซีเมนต์เพสจะมากกว่า

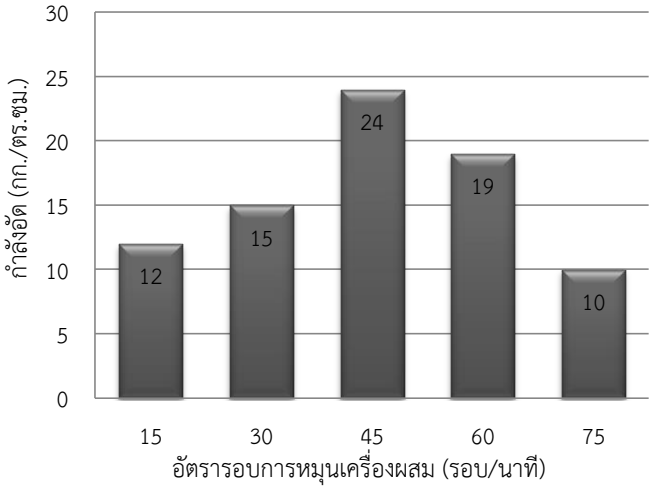
3. ผลการศึกษา

การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่า โดยทำการทดสอบกำลังอัด และอัตราการดูดซึมน้ำตามมาตรฐาน มอก.2601-2556 โดยผสมคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า ที่ความหนาแน่นเปียก 900 กก./ลบ.ม และกำหนดอัตราการหมุนของเครื่องผสมคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า ในอัตราการรอบใบกวนหมุน ที่ 15 ,30 ,45 ,60 และ 75 รอบต่อนาที

3.1 การทดสอบกำลังอัด

จากผลการทดสอบ ได้ผลการทดสอบกำลังอัดเฉลี่ยที่อายุ 28 วัน ตามแสดงในรูปที่ 4 พบว่ากำลังอัดที่สูงสุด คืออัตรารอบใบกวนหมุนที่ 45 รอบ/นาที มีค่ากำลังอัดที่ 24 กก./ตร.ซม. และกำลังอัดน้อยที่สุด คืออัตรารอบใบกวนหมุนที่ 75 รอบ/นาที มีค่ากำลังอัดที่ 10 กก./ตร.ซม. จาก

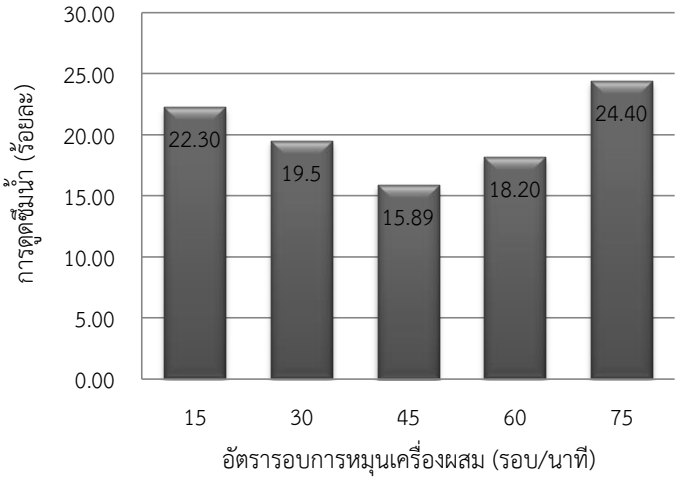
อัตรารอบใบกวนหมุนที่ 45 รอบ/นาที ที่มีกำลังอัดสูงสุด เนื่องจากการหมุนของใบกวนไปเปลี่ยนแปลงอนุภาค ปริมาณ ขนาด การกระจาย ของฟองโฟมในมอร์ต้าน้อยที่สุด ทำให้มีกำลังอัดที่สูงสุด



ภาพที่ 4 การกำลังอัดต่ออัตราการหมุนของเครื่องผสม

*3.2 การทดสอบการ*ดูดซึมน้ำ

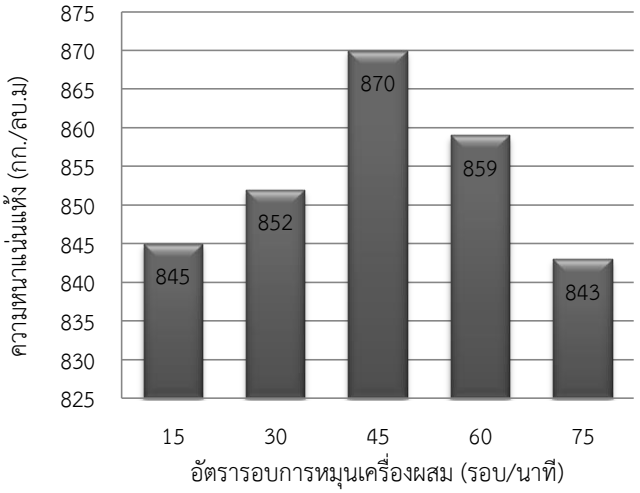
จากผลการทดสอบ ได้ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำโดยการแช่น้ำไว้ 24 ชั่วโมง ตามแสดงในรูปที่ 5 พบว่าการดูดซึมน้ำมากสุดที่อัตรารอบใบกวนหมุนที่ 75 รอบ/นาที่ มีค่าดูดซึมน้ำร้อยละ 24.40 และการดูดซึมน้อยสุด ที่อัตรารอบใบกวนหมุนที่ 45 รอบ/นาที มีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 15.89 จากอัตราการดูดซึมน้ำน้อยสุด แสดงว่ามีการจัดเรียงตัวโพรงอากาศ ของฟองโฟมในมอร์ต้าเป็นโพรงแบบไม่ต่อเนื่อง ทำให้มีการทึบน้ำมากกว่าการหมุนของใบกวนอื่น ๆ และคุณสมบัติการดูดซึมน้ำน้อยมีผลสอดคล้องกับผลกำลังอัดตามรูปที่ 4



ภาพที่ 5 การดูดซึมน้ำต่ออัตราการหมุนของเครื่องผสม

3.3 การทดสอบความหนาแน่นแห้งเชิงปริมาตร

จากผลการทดสอบ ได้ผลการทดสอบความหนาแน่นแห้งเชิงปริมาตร ที่อายุ 28 วัน ตามแสดงในรูปที่ 6 พบว่าความหนาแน่นที่สูงสุด คืออัตรารอบใบกวนที่ 45 รอบ/นาที มีค่าความหนาแน่นแห้งที่ 870 กก./ลบ.ม. จากการออกแบบความหนาแน่นของการทดสอบครั้งนี้ไว้ที่ 900 กก./ลบ.ม. พบว่าอัตรารอบใบกวนที่ 45 รอบ/นาที มีค่าใกล้เคียงที่สุดกับค่าที่ออกแบบไว้ เนื่องจากใบกวนดังกล่าวไม่ไปเปลี่ยนแปลงปริมาณ ขนาด อนุภาคของฟองโฟม



ภาพที่ 6 ความหนาแน่นแห้งต่ออัตราการหมุนเครื่องผสม

4. สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาโดยการทดสอบกำลังอัด การดูดซึมน้ำและความหนาแน่นแห้ง พบว่าอัตราการหมุนของใบกวนเครื่องผสม ที่ระดับการหมุนที่ 45 รอบ/นาที มีผลการทดสอบที่สอดคล้องกันทั้งหมด คอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า มีกำลังอัดที่สูง จะมีการดูดซึมน้ำน้อย และมีความหนาแน่นแห้งที่ ใกล้เคียงที่กำหนดไว้ เพราะฉะนั้นอัตราการหมุนของใบกวนจึงมีผลต่อกำลังอัด การดูดซึมน้ำ เนื่องจากอัตราการหมุนไปเปลี่ยนแปลง ปริมาณ ขนาด การจัดเรียงตัวของฟองโฟมในคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า

จากผลการทดสอบที่ระดับการหมุนที่ 45 รอบ/นาที เมื่อเปรียบเทียบกับ มาตรฐาน เลขที่ มอก.2601-2556 พบว่า ความหนาแน่นเปียกที่กำหนดไว้ 900 กก./ลบ.ม. และผลการทดสอบความหนาแน่นแห้งที่อายุ 28 วัน มีความคลาดเคลื่อน ± ไม่เกิน 50 กก./ลบ.ม. จัดอยู่ในคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ ชนิด C9 ของมาตรฐานดังกล่าว การดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบา

เซลลูล่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่ามาตรฐาน และกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่ามีค่าใกล้เคียงกับมาตรฐาน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี บริษัท อินฟินนิตี้เฮาส์ จำกัด สถานที่สำหรับการทำวิจัย และทุนผู้ช่วยวิจัย สัญญาเลขที่ PHD59I0064 รหัส 5911024 ระดับปริญญาเอกเพื่ออุตสาหกรรม โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

เอกสารอ้างอิง

[1] ASTM C869-99. Standard specification for foaming agents used in making preformed foam for cellular concrete. Annual Book of ASTM Standards. Vol. 04.02 (Philadelphia).

[2] ASTM C796-2004. Standard test method for foaming agents for use in producing cellular concrete using preformed foam. Annual book of ASTM standards. Vol. 04.02 (Philadelphia): 144.

[3] คำภีร์ จิตชัยภูมิ, 2556. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและโครงสร้างจุลภาคของคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่า ผสมเถ้าลอย ซีโอไลต์ธรรมชาติ และนาโนซิลิก้า . ปริญญานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[4] ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2540. คอนกรีตเทคโนโลยี . กรุงเทพ-มหานคร : บริษัทผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง

[5] Chiara F.Ferraris, 2001, March-April 4. Concrete Mixing Methods and Concrete Mixers : State of the Art. Journal of research of the National Institute of Standards and Technology : 391-399.

[6] Dongyeop Han , 2015, Effect of mixing method on Micro-Structure and rheology of cement paste : Construction and Building Materials: 278-288.