



KKU Engineering Journal

<http://www.en.kku.ac.th/enjournal/th/>

การใช้ปูนขาวผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ในการผลิตคอนกรีตมวลเบาจากฝุ่นอะลูมิเนียมและผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์

Using lime and fly ash replaced OPC in lightweight concrete with aluminum dust and pure aluminum

รุ่งโรจน์ ปิยะพานูวัฒน์* และ เอกรัตน์ รวยรวย

Rungroj Piyaphanuwat* and Ekarut Ruayruay

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จังหวัดกรุงเทพฯ 10140

Received December 2011

Accepted June 2012

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (OPC) ด้วยปูนขาวผสมเถ้าลอยในการผลิตคอนกรีตมวลเบาที่ผสมฝุ่นอะลูมิเนียมจากโรงหล่อหลอมอะลูมิเนียม และผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ โดยใช้อัตราส่วนปูนขาวต่อเถ้าลอยเท่ากับ 35: 65 โดยน้ำหนัก มาแทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณร้อยละ 0, 25, 50 และ 75 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ และทำการผสมฝุ่นอะลูมิเนียมร้อยละ 20 และผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของวัสดุยึดประสาน อัตราส่วนระหว่างวัสดุยึดประสานต่อทรายเท่ากับ 1:1 และมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยปูนดิบร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยปูนขาวผสมเถ้าลอยเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่น และกำลังอัดมีค่าลดลง โดยคอนกรีตมวลเบาที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยปูนขาวผสมเถ้าลอยในปริมาณร้อยละ 75 ที่มีการเติมอะลูมิเนียมบริสุทธิ์มีค่ากำลังอัด และความหนาแน่นเท่ากับ 51.20 กก./ซม.² และ 785 กก./ม.³ และเมื่อมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยปูนดิบ พบว่าค่ากำลังอัด และความหนาแน่นมีค่าลดลง โดยมีค่าเท่ากับ 37.40 กก./ซม.² และ 733 กก./ม.³ และมีค่าการนำความร้อนเท่ากับ 0.21 วัตต์/เมตร.เคลวิน ส่วนคอนกรีตมวลเบาที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยปูนขาวผสมเถ้าลอยในปริมาณร้อยละ 75 ที่มีการเติมฝุ่นผงอะลูมิเนียม มีค่ากำลังอัด และความหนาแน่น เท่ากับ 76.45 กก./ซม.² และ 985 กก./ม.³ เมื่อมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยปูนดิบ พบว่าค่ากำลังอัด และความหนาแน่นลดลง มีค่าเท่ากับ 42.7 กก./ซม.² และ 788 กก./ม.³ และมีค่าการนำความร้อนเท่ากับ 0.24 วัตต์/เมตร.เคลวิน คอนกรีตมวลเบาที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยปูนขาวผสมเถ้าลอย และปูนดิบในปริมาณร้อยละ 75 และ 10 ตามลำดับ ที่มีการเติมฝุ่นผงอะลูมิเนียมแทนอะลูมิเนียมบริสุทธิ์มีค่ากำลังอัดและค่าความหนาแน่นที่อายุ 28 วัน ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1505-2541: ชั้นคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ – อบไอน้ำ ชั้นคุณภาพ 4

คำสำคัญ : คอนกรีตมวลเบา ฝุ่นอะลูมิเนียม กำลังอัด สมบัติการนำความร้อน

Abstract

This research investigated possibility for replaced ordinary Portland cement, Type I (OPC) using hydrated lime and fly ash in the production of lightweight concrete with aluminum dust from aluminium melting factory and pure aluminum. The ratio of hydrated lime and fly ash of 35:65 by weight replaced OPC at the levels of 0, 25, 50 and

*Corresponding author. Tel.: +66-2470-8591; Fax: +66-2470-8532

Email address: rungroj@kmutt.ac.th

75 % wt. The aluminium waste at 20 %wt. and pure aluminium at 0.5 %wt. were added. The ratio of cementitious materials (OPC, hydrated lime and fly ash) and sand of 1:1 by weight was used. There was replacement of OPC using 10 wt. % of quick lime. Experimental results showed that replaced level of hydrated lime and fly ash increased, compressive strength and bulk density decreased. The lightweight concrete containing hydrated lime and fly ash at levels of 75 %wt. and pure aluminium had compressive strength and bulk density of 51.20 kg/cm.² and 785 kg./m.³, respectively. When quick lime was replaced OPC, the compressive strength and bulk density decreased to 37.40 kg/cm.² and 733 kg./m.³, respectively. In addition, the thermal conductivity of lightweight concrete was 0.21 W/m-K. In addition, the lightweight concrete containing hydrated lime and fly ash at levels of 75 %wt. and aluminium dust had compressive strength and bulk density of 76.45 kg/cm.² and 985 kg./m.³, respectively. When quick lime was replaced OPC, the compressive strength and bulk density decreased to 42.7 kg/cm.² and 788 kg./m.³, respectively. In addition, the thermal conductivity of lightweight concrete was 0.24 W/m-K. Strength and density of the sample met the requirement of Thai Industrial Standard TIS 1505-2541 class 4 for autoclaved aerated.

Keywords : Lightweight concrete, Aluminum dust, Compressive strength, Thermal conductivity

1. บทนำ

ผนังเป็นส่วนประกอบของอาคาร ทำหน้าที่ป้องกันสิ่งรบกวนอันได้แก่ สภาพแวดล้อมต่างๆ ลม ฝน เสียง ความร้อน และเป็นขอบเขตแบ่งห้องของอาคารให้เป็นที่อาศัย ระบบผนังแบ่งเป็น 2 ระบบ คือ ระบบผนังชั่วคราว และระบบผนังถาวร ในปัจจุบันการก่อสร้างผนังถาวรมีทั้งการหล่อคอนกรีตและการก่ออิฐ อิฐที่ใช้ในการก่อผนังมีหลายชนิดได้แก่ อิฐมอญ อิฐบล็อก และอิฐมวลเบา ผนังที่ก่อโดยใช้อิฐมอญและอิฐบล็อก จะมีน้ำหนักประมาณ 180 กก./ม.² และมีความเป็นฉนวนกันความร้อนต่ำ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาอิฐมวลเบาขึ้น เพื่อเป็นการลดน้ำหนักของผนังที่มีผลต่อโครงสร้าง โดยเฉพาะโครงสร้างขนาดใหญ่ และเพิ่มความเป็นฉนวนกันความร้อนให้กับอาคาร แต่คอนกรีตมวลเบาเริ่มต้นทุนในการผลิตสูง ปัจจุบันจึงมีงานวิจัยเกิดขึ้นมากมายที่ทำการศึกษาเพื่อลดต้นทุนการผลิตคอนกรีตมวลเบาลงโดยการนำวัสดุเหลือใช้ที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น และมีราคาถูกมาเป็นส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตมวลเบา

คอนกรีตมวลเบาที่ใช้ในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามกรรมวิธีการผลิต ได้แก่ คอนกรีตมวลเบาที่ผลิตโดยไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ แบบที่ 1 ใช้วัสดุที่เบากว่าทดแทน เช่น ขี้เถ้าหรือขี้เถ้า และแบบที่ 2 เติมสารเคมีเพื่อให้อุณหภูมิเกิดการฟู ซึ่งเรียกว่า คอนกรีตมวลเบาแบบ CLC คอนกรีต

มวลเบาอีกประเภทหนึ่งผลิตด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดันสูง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ คอนกรีตมวลเบาที่ใช้ปูนขาวเป็นหลักในการผลิต (lime based) และใช้ปูนซีเมนต์เป็นหลักในการผลิต (cement based) การผสมปูนซีเมนต์ในการผลิตคอนกรีตมวลเบา [1-2] ทำให้คอนกรีตมวลเบาที่มีกำลังอัดสูงกว่าการใช้ปูนขาว แต่เนื่องจากในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ ต้องใช้ความร้อนในการเผาประมาณ 1500 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน และยังก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อนอีกด้วย

ปัจจุบันการผลิตคอนกรีตมวลเบานิยมใช้ผงอะลูมิเนียมที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ทำให้ต้นทุนของคอนกรีตมวลเบาสูง โดยงานวิจัยนี้ได้พบว่าในอุตสาหกรรมการหลอมอะลูมิเนียมที่ใช้แท่งอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ ซึ่งนำเข้าจากต่างประเทศ และอะลูมิเนียมที่ใช้แล้วเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิต มีฝุ่นขนาดเล็กเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งถูกดักจับไว้ในอุปกรณ์ดักจับฝุ่นแบบถุงผ้ากรอง หรือเครื่องเก็บฝุ่นแบบไซโคลน [3] ฝุ่นเหล่านี้มีอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al₂O₃) เป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 70 - 80 เมื่อนำมาผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ทราาย และน้ำ โดยผสมในอัตราส่วนร้อยละ 20 และ 30 ของวัสดุยึดประสาน [4] พบว่า ทำให้ได้คอนกรีตพูนที่มีกำลังอัดได้ตามมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม: มอก. 1505-2541 อย่างไรก็ตาม ยังพบปัญหาในเรื่องของความหนา

แน่นของคอนกรีตพูนซึ่งยังคงมีค่าค่อนข้างสูงอยู่ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำวัสดุเหลือใช้ที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นที่มีสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลาน ได้แก่ แกลบลอยถ่านหิน มาผสมกับปูนขาวเพื่อใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ในคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ฝุ่นอะลูมิเนียมที่เป็นของเสียจากโรงงานหลอมอะลูมิเนียมที่ใช้แล้วแทนฝุ่นอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ

2. วิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมวัสดุ

ฝุ่นผงอะลูมิเนียมในงานวิจัยนี้ได้มาจากอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนอะไหล่รถยนต์ จังหวัดฉะเชิงเทรา มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีเทาเข้ม มีขนาดคละตั้งแต่ผ่านตะแกรงเบอร์ 50 – เบอร์ 200 และมีมีอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al₂O₃) ในปริมาณร้อยละ 80.56 โดยน้ำหนักซึ่งนำมาใช้แทนอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ ส่วนปูนซีเมนต์ที่ใช้เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตราช้างมวลรวมละเอียดที่ใช้คือ ทรายละเอียดร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 100 มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.69 นอกจากนั้นยังมีปูนขาว (hydrated lime) ซึ่งมีปริมาณ CaO ร้อยละ 95 โดยน้ำหนัก และปูนดิบ (quick lime) ซึ่งมีปริมาณ CaO ร้อยละ 93.2 โดยน้ำหนัก

2.2 การเตรียมตัวอย่างและการทดสอบ

ในการศึกษาจะใช้อัตราส่วนของวัสดุยึดประสาน: ทราย เท่ากับ 1: 1 โดยมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยปูนขาวผสมแกลบลอยถ่านหินที่อัตราส่วนปูนขาวต่อแกลบลอยถ่านหินเท่ากับ 35:65 ในสัดส่วนร้อยละ 0, 25, 50 และ 75 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ซึ่งแสดงดังตารางที่ 1

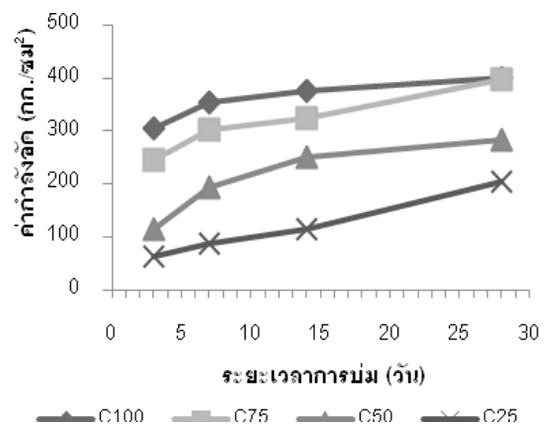
ตารางที่ 1 ปริมาณส่วนผสมของคอนกรีตมวลเบา

Sample	Binders (50%wt.)			Sand (%wt.)	W/B
	OPC	Hydrated lime	Fly ash		
C100	50	0	0	50	0.54
C75	37.5	4.375	8.125	50	0.57
C50	25	8.75	16.25	50	0.54
C25	12.6	13.1	24.3	50	0.57

จากนั้นนำตัวอย่างที่มีค่าความหนาแน่นต่ำที่สุด และมีค่ากำลังอัดสูงกว่ามาตรฐาน (40 กก./ซม.²) มาผสมฝุ่นอะลูมิเนียมจากอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนอะไหล่รถยนต์ ในปริมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนักและฝุ่นอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ ในปริมาณร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยปูนดิบในปริมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก (4) ปริมาณน้ำที่ใช้ใน การผสมทุกอัตราส่วนผสมหาได้จากการทดสอบ Flow Table ตามมาตรฐาน ASTM C 230-08 โดยมีค่า Flow เท่ากับร้อยละ 115±5 จากนั้นทำการผสมก้อนตัวอย่างตามมาตรฐาน ASTM C 305 – 06 และเทใส่แบบหล่อทองเหลืองขนาด 5×5×5 เซนติเมตร โดยชุดตัวอย่างในการทดสอบแต่ละครั้งมีจำนวน 6 ก้อน จากนั้นทำการบ่มตัวอย่างในน้ำก่อนทำการทดสอบกำลังอัดที่อายุ 3, 7, 14 และ 28 วัน ค่าความหนาแน่นทั้งก้อน ตามมาตรฐาน มอก. 1505-2541 และสมบัติการนำความร้อน ด้วยเครื่องมือ Hot Disk Thermal Constant Analyser (Hot Disk AB) โดยใช้เทคนิค Thermal Constant Analysis (TCA) โดยเตรียมตัวอย่างขนาด 8 x 8 นิ้ว หนา 10 มิลลิเมตร จำนวน 3 ก้อน

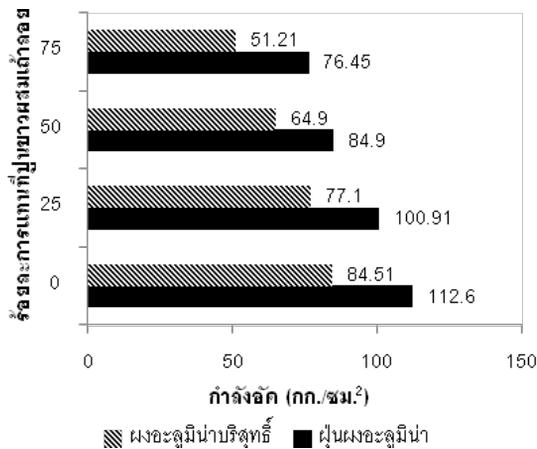
3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 กำลังอัดของคอนกรีตมวลเบา



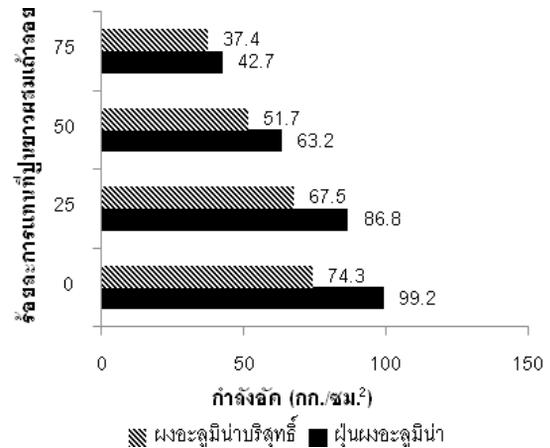
รูปที่ 1 ค่ากำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาที่มีและไม่มี การแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยปูนขาวและแกลบ

จากรูปที่ 1 คอนกรีตมวลเบาที่ไม่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยปูนขาวและเถ้าลอยมีค่ากำลังอัดที่อายุการบ่ม 3, 14 และ 28 วันเท่ากับ 306, 375 และ 404 กก./ซม.² ตามลำดับ ค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้น เมื่อมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยปูนขาวและเถ้าลอย พบว่ากำลังอัดลดลง เมื่อปริมาณปูนขาวและเถ้าลอยเพิ่มขึ้น โดยค่ากำลังอัดที่อายุ 28 วันของคอนกรีตมวลเบาที่มีการแทนที่ปูนขาวและเถ้าลอยในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในปริมาณร้อยละ 25, 50 และ 75 มีค่าเท่ากับ 400, 286 และ 204 กก./ซม.² ตามลำดับ ค่ากำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาลดลง เนื่องจากปริมาณปูนซีเมนต์ลดลง ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันลดลง อีกทั้งอัตราการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานของปูนขาวและเถ้าลอยเป็นไปอย่างช้า ทำให้มีค่ากำลังอัดต่ำในช่วง 14 วันแรก แต่หลังจากนั้นมีการพัฒนา กำลังอัดเพิ่มขึ้นที่อายุ 28 วัน คอนกรีตมวลเบาที่มีการแทนที่ปูนขาวและเถ้าลอยในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในปริมาณร้อยละ 25 มีค่ากำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตมวลเบาที่ไม่มีการแทนที่



รูปที่ 2 ค่ากำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาที่มีการผสมปูนผงอะลูมิเนียม และผงอะลูมินาบริสุทธิ์

เมื่อมีการผสมปูนผงอะลูมิเนียมในปริมาณร้อยละ 20 พบว่าค่ากำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และคอนกรีตมวลเบาที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ด้วยปูนขาวและเถ้าลอยร้อยละ 25, 50 และ 75 มีค่ากำลังอัดที่อายุ 28 วันเท่ากับ 113, 101, 85 และ 76 กก./ซม.² ตามลำดับ และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับคอนกรีตมวลเบาที่ผสมผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ในปริมาณร้อยละ 0.5 พบว่า ค่ากำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และด้วยปูนขาวและเถ้าลอยในระดับการแทนที่ร้อยละ 25, 50 และ 75 ที่อายุ 28 วันมีค่าเท่ากับ 85, 77, 65 และ 51 กก./ซม.² ตามลำดับ (รูปที่ 2) จากผลการศึกษาพบว่า คอนกรีตมวลเบาที่มีการผสมปูนผงอะลูมิเนียมในปริมาณร้อยละ 20 มีค่ากำลังอัดสูงกว่า การเติมผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ ปริมาณร้อยละ 30 เนื่องมาจากปูนผงอะลูมิเนียม มีสารปนเปื้อนหลายชนิด เช่น โครเมียม ตะกั่ว เหล็ก เป็นต้น ซึ่งอาจจะทำการขัดขวางการเกิดฟองก๊าซได้ จึงทำให้อัตราการเกิดก๊าซไฮโดรเจนลดลง กำลังอัดจึงมีค่าสูง

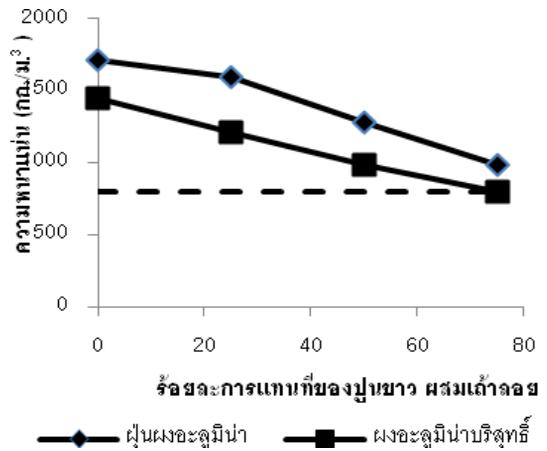


รูปที่ 3 ค่ากำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาที่มีการผสมปูนผงอะลูมิเนียม และผงอะลูมินาบริสุทธิ์ที่มีการผสมปูนดิบในปริมาณร้อยละ 10

จากรูปที่ 3 เมื่อมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยปูนดิบในปริมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักของปูนซีเมนต์ พบว่าค่ากำลังอัดลดลง เนื่องมาจากการเติมปูนดิบเป็นการลดปริมาณปูนซีเมนต์ลงเป็นผลให้กำลังอัดลดลงประมาณร้อยละ 10- 20 กำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาที่มีการแทนที่ปูนขาวและเถ้าลอยในปริมาณร้อยละ 75 ที่ผสมปูนดิบร้อยละ 10 และมีการเติมผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ และฝุ่นอะลูมิเนียมมีค่ากำลังอัดต่ำสุด โดยคอนกรีตมวลเบาที่มีการผสมผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ มีค่ากำลังอัดเท่ากับ 37 กก./ซม.² ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน (40 กก./ซม.²) เนื่องมาจากแคลเซียมจากปูนดิบทำปฏิกิริยากับผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ ทำให้สามารถผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้ อีกทั้งความร้อนจากปูนดิบยังเร่งอัตราการเกิดฟองได้อีกด้วย [2,4] จึงทำให้ตัวอย่างมีความพรุนมากขึ้นกำลังอัดจึงลดลง ในขณะที่ตัวอย่างที่มีการเติมฝุ่นผงอะลูมิเนียมมีค่ากำลังอัด เท่ากับ 43 กก./ซม.² ซึ่งแสดงดังรูปที่ 3

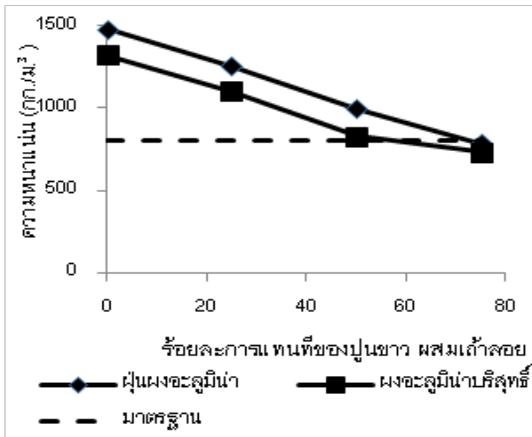
3.2 ความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบา

ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยในปริมาณต่างๆ และทำการผสมฝุ่นผงอะลูมิเนียมในปริมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนักและผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ในปริมาณร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก แสดงดังรูปที่ 4 พบว่า การเติมฝุ่นผงอะลูมิเนียมทำให้ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ปูนซีเมนต์มีค่าเท่ากับ 1,714 กก./ม.³ แสดงว่าก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากการเติมฝุ่นผงอะลูมิเนียมทำให้ค่าความหนาแน่นลดลงได้เหมือนกับผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ และเมื่อมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยปูนขาวผสมเถ้าลอย พบว่า ค่าความหนาแน่นมีค่าลดลง โดยที่ร้อยละการแทนที่ปูนซีเมนต์ที่ 75 มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 985 กก./ม.³



รูปที่ 4 ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาที่มีการผสมฝุ่นผงอะลูมิเนียม และผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์

เมื่อมีการเติมผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ พบว่าผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์สามารถลดความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาที่ใช้ปูนซีเมนต์เพียงอย่างเดียวโดยมีค่าเท่ากับ 1,444 กก./ม.³ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ผสมฝุ่นผงอะลูมิเนียม พบว่า การผสมผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ทำให้คอนกรีตมวลเบาที่มีความหนาแน่นต่ำกว่าการผสมฝุ่นผงอะลูมิเนียมประมาณร้อยละ 25 เนื่องจากฝุ่นผงอะลูมิเนียมที่ใช้ผสมมีสารปนเปื้อนอื่นๆ ผสมอยู่ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 19 ทำให้ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นไม่สูงเท่ากับผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ (4-6) และเมื่อมีการแทนที่ปูนขาวและเถ้าลอยในปริมาณร้อยละ 75 พบว่า ค่าความหนาแน่นมีลดลง โดยมีค่าเท่ากับ 785 กก./ม.³ ซึ่งไม่เกินตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1505-2541: ขึ้นส่วนคอนกรีตมวลเบาแบบมีฟองอากาศ – อบไอน้ำ ชั้นคุณภาพ 4 (800 กก./ม.³)



รูปที่ 5 ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาที่มีการผสมฝุ่นผงอะลูมิเนียม และผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ที่มีการผสมปูนดิบในปริมาณร้อยละ 10

จากรูปที่ 5 เมื่อมีการแทนที่ปูนดิบในปูนซีเมนต์ในปริมาณร้อยละ 10 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ พบว่า ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาที่ไม่มีการแทนที่ปูนขาวและเถ้าลอยที่ผสมฝุ่นผงอะลูมิเนียม และผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ มีค่าเท่ากับ 1,479 และ 1,321 กก./ม.³ เนื่องจากการเติมปูนดิบทำให้คุณสมบัติในการผสมเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากการทำปฏิกิริยาของปูนดิบกับน้ำ ทำให้อัตราการเกิดฟองของอะลูมิเนียมเพิ่มขึ้น [7] และเมื่อมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยปูนขาวและเถ้าลอย พบว่า ปริมาณการแทนที่ของปูนขาวและเถ้าลอยที่ร้อยละ 75 มีความหนาแน่นต่ำที่สุด โดยคอนกรีตมวลเบาที่มีการเติมฝุ่นผงอะลูมิเนียม และผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์มีค่าเท่ากับ 788 และ 733 กก./ม.³ ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานทั้ง 2 ตัวอย่าง

3.3 สมบัติการนำความร้อน

จากผลการศึกษากำลังอัด และความหนาแน่น ได้ทำการเลือกตัวอย่างที่มีค่ากำลังอัดสูงกว่า 40 กก./ซม.² และมีค่าความหนาแน่นต่ำกว่า 800 กก./ม.³ ซึ่งได้แก่ คอนกรีตมวลเบาที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยปูนขาวและเถ้าลอยในปริมาณร้อยละ 75 ที่มีการผสม

ฝุ่นผงอะลูมิเนียม และผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ มาทำการทดสอบสมบัติการนำความร้อนด้วยเครื่อง Hot Disk Thermal Constant Analyser ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมบัติทางความร้อนของคอนกรีตมวลเบาที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยปูนขาวผสมเถ้าลอย และ ปูนดิบในปริมาณร้อยละ 75 และ 10 ของปูนซีเมนต์ ตามลำดับ

ตัวอย่าง	ค่าการนำความร้อน (วัตต์/เมตร.เคลวิน)	ค่าการกระจายความร้อน (มม. ² /วินาที)	ค่าความร้อนจำเพาะ (จูล/กก.เคลวิน)
ผงอะลูมิเนียม	0.2356	0.2525	1,574
ผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์	0.2067	0.2308	1,046

คอนกรีตมวลเบาที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยปูนขาวผสมเถ้าลอยในปริมาณร้อยละ 75 ที่ผสมฝุ่นผงอะลูมิเนียมในปริมาณร้อยละ 20 และมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยปูนดิบในปริมาณร้อยละ 10 มีค่าการนำความร้อน ค่าการกระจายความร้อน และค่าความร้อนจำเพาะเท่ากับ 0.2356 วัตต์/เมตร.เคลวิน, 0.2525 มม.²/วินาที และ 1,574 จูล/กก.เคลวิน ส่วนคอนกรีตมวลเบาที่มีการผสมฝุ่นผงอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ มีค่าการนำความร้อน ค่าการกระจายความร้อน และค่าความร้อนจำเพาะเท่ากับ 0.2067 วัตต์/เมตร.เคลวิน, 0.2308 มม.²/วินาที และ 1,046 จูล/กก.เคลวิน เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตมวลเบาที่มีขายทั่วไป (Q-CON) ซึ่งมีค่าการนำความร้อนเท่ากับ 0.13 วัตต์/เมตร.เคลวิน พบว่า คอนกรีตมวลเบาที่ผลิตได้มีค่าการนำความร้อนมากกว่า ทั้งนี้เพราะคอนกรีตมวลเบาที่มีขายทั่วไป ใช้วิธีอบไอน้ำความดันสูง โดยอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ความดัน 12 บาร์ เป็นเวลา 8-16 ชั่วโมง ทำให้มีฟองอากาศขนาดเล็กกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอในเนื้อวัสดุ จึงทำให้มีสมบัติการนำความร้อนดี

จากผลการศึกษาสมบัติของคอนกรีตมวลเบาที่ผสมฝุ่นผงอะลูมิเนียม พบว่าฝุ่นผงอะลูมิเนียมที่ผสมทำให้คอนกรีตมวลเบาที่ผลิตได้จากงานวิจัยนี้มีสมบัติใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลเบาที่มีขายตามท้องตลาดที่ผ่านการอบไอน้ำ

4. สรุป

จากผลการศึกษา พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีตมวลเบาผสมฝุ่นอะลูมิเนียม คือ อัตราส่วนที่มีการแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 ด้วยปูนขาวและเถ้าลอยที่อัตราส่วน 35:65 ในปริมาณร้อยละ 75 โดยผสมกับฝุ่นอะลูมิเนียมในปริมาณร้อยละ 20 แทนปูนขาวด้วยปูนดิบในปริมาณร้อยละ 10 มีค่ากำลังอัดที่อายุ 28 วันเท่ากับ 43 กก./ซม.² และมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 788 กก./ม.³ ซึ่งมีค่ากำลังอัดและค่าความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบา มีค่าเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1505-2541 ชั้นคุณภาพ 4 ชนิด 0.8 และเมื่อทำการทดสอบสมบัติทางความร้อน พบว่า คอนกรีตมวลเบาที่ผลิตได้มีค่าการนำความร้อนต่ำ โดยมีค่าการนำความร้อนเท่ากับ 0.2365 วัตต์/เมตร.เคลวิน ซึ่งสามารถที่จะนำมาใช้ผลิตเป็นผนังสำหรับบ้านพักอาศัยได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี นอกจากนี้ขอขอบคุณ ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอส อาร์ ไอ เมททัล โปรดักส์ และบริษัท ซุปเปอร์บล็อกที่ให้การสนับสนุนวัสดุในการวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Gunnapachu J, Bangthamai J, Thanateera S, Buntaramongkol P. Autoclaved Aerated Concrete [MEng thesis]. Bangkok: King Mongkut's University of Technology Thonburi; 1989 (in Thai).
- [2] Kittiprakul J, Tipwarathom T, Wongwattana W. Autoclaved Aerated Concrete [MEng thesis]. Bangkok: King Mongkut's University of Technology Thonburi; 1997. (in Thai).
- [3] Donna, L.Z. 2nd Ed. Aluminium Casting Technology, American Foundrymen's Society, U.S.A. 1993.
- [4] Piyaphanuwat R, Asavapisit S, Mhittirook B., and Tharaphan, W. Utilization of Lime Mud from Pulping Process to Replace Sand for the Production of Lightweight Concrete with Aluminum dust. Thai Environmental Engineering Journal 2011; 25(2): 51-58 (in Thai).
- [5] Kiattikomol K. A Study of Compressive Strength and Density of an Aerated Concrete. KMUTT Research Reports 1987; 10 : 18-34 (in Thai).
- [6] Towicha P., Asavapisit., S, Effect of Air-Entraining Agent on Properties of Lightweight Mortar Blended with Synthetic Rice Husk Ash, Proceedings of the 14th National Convention on Civil Engineering; 2009 May 13-15; Suranaree University of Technology, Thailand p.1679-1683 (in Thai).
- [7] Raivio, P., and Holt, E. Use of Gasification Residues in Aerated Autoclaved Concrete. Cement and Concrete Research [serial online] 2005 April [cited 2010 Dec 5]; 35(1)[7 screens]. Available from: URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884604001899>.

