คุณสมบัติความเป็นฉนวนความร้อนของคอนกรีตมวลเบาที่มีส่วนผสมจากวัสดุเหลือใช้อุตสาหกรรมรองเท้า

Thermal Condition and Insulation Properties of Lightweight Concrete with Footwear Industrial Waste Content

นพดล สหชัยเสรี[1], วิจิตรา สิงห์หิรัญนุสรณ์[2], อนุรักษ์ กุศลชู,[3] กัลยกร แก่นวิจิตร[4], จิรวุธ รณเรืองฤทธิ์[5]
Nopado Sahachaisaeree[1] Wichitra Singhirunnusorn,[2] Anurak Kusolchoo,[3] Kanyakorn Kaenwichit[4] Jirawut Ronruengrit[5]

บทคัดย่อ

คอนกรีตมวลเบามีคุณสมบัติในการช่วยลดน้ำหนักอาคารและมีความเป็นฉนวนกันความร้อน คุณสมบัติทั้งสองมีความสำคัญสำหรับการลดการใช้พลังงานของอาคาร การวิจัยในครั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อนำวัสดุพลาสติก Ethylene vinyl acetate (EVA) ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมรองเท้า มาใช้เพื่อทดแทนส่วนของมวลรวม (ทราย) และผงอลูมิเนียมในการผลิตคอนกรีตบล็อกมวลเบาที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อนที่ดี โดยปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ อัตราส่วนพลาสติก EVA ที่เหมาะสม ขนาดพลาสติก EVA รวมทั้งการใช้ EVA แทนที่ผงอลูมิเนียมสำหรับการผลิต การวิจัยได้ทำหารทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีต ประกอบด้วย ความหนาแน่น, การดูดซึมน้ำ, การหดตัวและกำลังรับแรงอัด สำหรับการทดสอบค่าการนำความร้อนได้อาศัยการตรวจวิเคราะห์ด้วย Thermal Constant Analyzer (Hot Disk TCA) และเพื่อประเมินคุณสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อนจากการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ การวิจัยได้ทดสอบในภาคสนามโดยวัดผลต่างของอุณหภูมิในด้านที่โดนแสงและไม่โดนแสงในระหว่างวันเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ผลการศึกษาแสดงว่าอัตราส่วนพลาสติก EVA ที่มากและขนาดพลาสติก EVA ที่ใหญ่ขึ้น ส่งผลให้ก้อนคอนกรีตสามารถรับกำลังอัดได้ต่ำลง อย่าวไรก็ตามค่ากำลังอัดพบว่าเป็นไปตามมาตรฐานมอก. คุณสมบัติการนำความร้อนพบว่าคอนกรีตมวลเบาที่ผสมพลาสติก EVA ขนาดเล็ก 4-5 มิลลิเมตร มีค่าการนำความร้อนค่อนข้างต่ำในทุกอัตราส่วน จากการทดสอบภาคสนามในการศึกษาผลต่างของอุณหภูมิ พบว่ามีค่าไม่ต่างกันคือ คอนกรีตมวลเบาขนาดเล็กที่มีผงอลูมิเนียมให้ค่าผลต่างของอุณหภูมิ 8.71 ^{0}C และอัตราส่วนที่ไม่มีผงอลูมิเนียมให้ค่าอยู่ที่ 8.59 ^{0}C นอกจากนี้ ยังพบว่าคอนกรีตมวลเบาที่มีพลาสติก EVA ขนาด 4-5 มิลลิเมตร มีแนวโน้มที่จะทำให้ประสิทธิภาพความเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบามากขึ้น จากการศึกษายังพบว่าอัตราส่วนพลาสติก EVA ที่เพิ่มขึ้นในคอนกรีตมวลเบาทำให้มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนที่ดีขึ้นด้วย ผลการศึกษาดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการเสนอแนะกระบวนการผลิตคอนกรีตมวลเบาที่มีส่วนผสมของพลาสติก EVA กระบวนการผลิตวัสดุก่อสร้างดังกล่าวนี้เป็นประโยชน์ต่อการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ และสามารถพัฒนาและปรับใช้ในการผลิตเชิงพาณิชย์ในอนาคตต่อไป

คำสำคัญ: ฉนวนกันความร้อน, คอนกรีตมวลเบา, เอทิลีนไวนิลอะซีเตด

---

[1]รองศาสตราจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

[2]อาจารย์,[3,4] นิสิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ศูนย์วิจัยสหวิทยาการการวิจัยเพื่อความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

[1]Assocciate Professor, Faculty of Architecture, King Mongkut Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520 Thailand

[2]Lecturer, [3,4,5] Student, Environmental technology, Faculty of Environment and resource studies, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand.

Abstract

Light weight concrete (LWC) has been proven to be capable of reducing building weight and containing heat-insulating property. Both attributes are crucial for decreasing the both the embodied and operating energy of buildings. The study used discarded plastic EVA from footwear industry to substitute the parts of aggregates (sand content) and aluminum powder in concrete block manufacturing. With lighter weight and lower density, the LWC with EVA waste encompass low thermal conductivity property and becomes an excellent insulating material for building. The optimum ratios of waste content and other components; EVA sizes, Al powder addition, etc. were examined. The study tested the physical and mechanical properties including weight, density, humidity, shrinkage, and compressive strength. The values of material thermal conductance were tested by using Thermal Constant Analyzer (Hot Disk TCA). To evaluate the heat transfer though materials and the insulation property, the field experiment was conducted by facing one side of LWC to the sun during the day for 6 hours. The results showed that the higher content of EVA and larger size could contribute to lower in strength. Al powder addition was also found to cause the weakness in LWC. Thermal conductance of smaller EVA sizes of 4-5 mm. possessed the relatively low thermal conductance in all EVA content percentages. Data from field testing showed that the LWC without Al addition demonstrated the comparable value of temperature difference with the LWC with Al. Smaller EVA-size (4-5 mm.) tended to provide more insulation performance to the concrete blocks. The data also showed that the higher EVA content in LWC, the better insulation property. The results retrieved from the study can be used to set the manufacturing recommendation of LWC with EVA content. The production process of this construction material which involves the recycling of EVA waste could be further developed and scaled-up to a mass commercial production in the later state.

Keyword: Thermal insulation, light weight concrete, ethylene vinyl acetate (EVA)

บทนำ

ในปัจจุบันการใช้พลังงานภายในอาคารมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาคารที่มีระบบปรับอากาศ การเลือกใช้วัสดุผนังภายในอาคารที่ไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมหรือสภาพภูมิอากาศก็เป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงเพราะอาจจะทำให้การใช้พลังงานภายในอาคารมากขึ้น ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่มีสภาพภูมิอากาศร้อนมีอุณหภูมิค่อนข้างสูงตลอดทั้งปี ในการเลือกใช้วัสดุผนังนั้นควรที่จะเลือกวัสดุมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนกันความร้อนจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อที่จะช่วยป้องกันหรือช่วยลดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังอาคารเข้ามาสู่ภายในอาคาร ทำให้การใช้พลังงานในอาคารลดลง[1]

การศึกษาจำนวนหนึ่งที่ผ่านมามีความพยายามนำวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมต่างๆ มาใช้เพื่อที่จะนำมาเป็นส่วนประกอบในการผลิตเป็นคอนกรีตมวลเบาอย่างหลากหลาย[2,3] หนึ่งในนั้นก็คือการนำพลาสติกมาใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตคอนกรีตมวลเบา พลาสติกชนิดนั้นก็คือพลาสติก Ethylene vinyl acetate (EVA) ซึ่ง EVA เป็นวัสดุสำคัญในการทำพื้นรองเท้าและเป็นส่วนประกอบต่างๆของรองเท้าที่ได้จากอุตสาหกรรมผลิตรองเท้า การนำวัสดุจากอุสาหกรรมผลิตรองเท้ามาเป็นส่วนประกอบของคอนกรีตมวลเบานั้นนอกจากจะเป็นการนำของเสียที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรมกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Waste Utilization) [2,3] อย่างไรก็ตามการ

วิจัยดังกล่าวมิได้พิจารณาถึงคุณสมบัติในด้านการอนุรักษ์พลังงานของผลิตภัณฑ์

การศึกษาในครั้งนี้จึงได้เล็งเห็นถึงคุณสมบัติที่เฉพาะของพลาสติก EVA ซึ่งมีน้ำหนักเบาและมีความเป็นฉนวน สามารถใช้แทนที่มวลรวม ได้แก่ ทราย และสารสร้างฟองอากาศ อย่างผงอะลูมิเนียม ในกระบวนการผลิตคอนกรีตมวลเบาได้ การวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาวิธีการที่เหมาะสมของการผลิตคอนกรีตมวลเบาจากวัสดุเหลือทิ้ง EVA ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตมวลเบาที่มีอัตราส่วนผสมและขนาดของพลาสติกที่แตกต่างกัน รวมทั้งการศึกษาคุณสมบัติในการเป็นฉนวนความร้อนของวัสดุเพื่อเสนอแนวทางสำหรับการพัฒนาคอนกรีตมวลเบานี้ไปใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้างต่อไป

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. คอนกรีตมวลเบา (Lightweight concrete)

คอนกรีตมวลเบา คือ คอนกรีตที่มีน้ำหนักเบาและมีความหนาแน่นน้อยกว่าคอนกรีตที่นำมา ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป ซึ่งสามารถนำมาใช้แทนได้ในกรณีงานก่อสร้างที่ไม่ต้องการรับน้ำหนักหรือรับความต้านการอัดมาก ซึ่งจะทำให้สามารถลดขนาดของงานโครงสร้างได้ มีผลทาให้สามารถลดต้นทุนการผลิตและแรงงานได้ด้วย อีกทั้งยังมีสมบัติ เป็นฉนวนกันความร้อนและเก็บเสียงได้ดีกว่าคอนกรีตธรรมดาโดยทั่วไป[4]

สมบัติที่เกี่ยวกับความร้อนของคอนกรีตเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับอุณหภูมิจะทำให้เกิดความเครียดเนื่องจากความร้อน การดัดงอ และยังทำให้เกิดรอยแตกร้าวอย่างรวดเร็วในคอนกรีต นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ยังสามารถบอกถึงความเป็นฉนวนกันความร้อน (Thermal insulation) ที่ดีได้อีกด้วย[4]

- ฉนวนกันความร้อน (Thermal insulation) หมายถึง วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนผ่านโครงสร้างจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง โดยที่อุณหภูมิทั้งสองด้านจะต้องแตกต่างกัน

- การป้องกันไฟ คอนกรีตมวลเบาบางชนิดมีความต้านทานต่อการติดไฟได้ดีกว่าคอนกรีตทั่วไป เพราะคอนกรีตมวลเบาเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดี และจะขึ้นอยู่กับความหนาของคอนกรีตมวลเบา[4]

2.การถ่ายเทความร้อนของวัสดุและอาคาร

ความร้อนจะเคลื่อนที่จากสสารที่ร้อนสู่สสารที่เย็นกว่าเสมอ และถ้าสสารใดๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแล้วก็จะไม่มีการถ่ายเทความร้อน การถ่ายเทความร้อนมีอยู่ 3 ประเภทได้แก่ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน[5]

2.1) การนำความร้อน (Conduction)

การนำความร้อนเกิดจากการเคลื่อนที่ของพลังงานระหว่างโมเลกุลที่อยู่ติดกันการถ่ายเทความร้อนจะเกิดบริเวณที่ร้อนกว่าหรือมีการเคลื่อนไหวของโมเลกุลมากกว่าไปสู่บริเวณที่เย็นกว่า วัสดุจะมีการนำความร้อนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโครงสร้างของโมเลกุล วัสดุที่มีความหนาแน่นมากจะนำความร้อนได้มาก วัสดุโลหะ เช่น อลูมิเนียม เหล็ก ทองแดง เป็นตัวนำความร้อนที่ดีที่สุด รองลงมาได้แก่คอนกรีตและอิฐ วัสดุธรรมชาติเช่น ไม้จะมีค่าการนำความร้อนน้อยกว่า[5]

2.2) การพาความร้อน (Convection)

การพาความร้อนคือการถ่ายเทความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของของไหลผ่านตัวกลาง เช่น อากาศและน้ำ เมื่อสสารถูกทำให้ร้อนโมเลกุลจะเคลื่อนไหวเร็วขึ้นและกระจายออกไปในทิศทางต่างๆ ก่อให้เกิดการขยายตัวของสสารนั้นๆ โดยของแข็งจะมีการเพิ่มปริมาตรขึ้นของเหลวและก๊าซจะมีความหนาแน่นต่ำลงและลอยตัวขึ้น[5]

2.3) การแผ่รังสีความร้อน

การแผ่รังสีความร้อนจึงเป็นการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งจะเคลื่อนที่จากวัตถุที่ร้อนกว่าไปสู่วัตถุที่เย็นกว่าเช่นเดียวกับการนำความร้อน แต่การแผ่รังสีความร้อนสามารถส่งความร้อนผ่านสุญญากาศได้[5]

3.คุณสมบัติความเป็นฉนวน

เมื่อกล่าวถึงคุณสมบัติความเป็นฉนวน หรือวัสดุที่ถือว่ามีความเป็นฉนวนที่ดีนั้น ระดับของความเป็นฉนวนจะต้องพิจารณาจากคุณสมบัติในทางทฤษฎี 3 ข้อหลัก ดังนี้[6]

3.1) การนำความร้อน (Conductance)

การนำความร้อน สามารถบอกถึงความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุเพียงชนิดเดียว โดยวัดค่าในรูป

ของอัตราปริมาณความร้อนไหลต่อหน่วยเวลาจากจุดระยะทางหนึ่งถึงอีกจุดหนึ่งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัดที่ไหลผ่านและหน่วยวัดอุณหภูมิวัดเป็น $W/m^2.K = W/m.^oK$ [6]

3.2) การต้านทานความร้อน (Resistivity)

ค่าการต้านทานความร้อน เป็นค่าที่บอกถึงอัตราส่วนระหว่างความหนาของวัสดุตามแนวที่ความร้อนไหลผ่านกับความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุ ค่าการต้านทานความร้อนจะมีความสัมพันธ์กับค่าการนำความร้อนแบบเป็นส่วนกลับกันกล่าวคือ ถ้าค่าการต้านทานความร้อนสูงวัสดุนั้นก็จะมีค่านำความร้อนต่ำ[6]

3.3) ความจุความร้อน (Thermal Capacity)

ความจุความร้อนของสสาร จะเท่ากับผลคูณของมวลสารกับความจุความร้อนจำเพาะ ซึ่งความจุความร้อนจำเพาะของสสารเป็นค่าที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและอุณหภูมิ เนื่องจากความจุความร้อนจำเพาะของสสารเป็นปริมาณพลังงานความร้อนที่ทำให้สสารที่มีมวลหนึ่งหน่วยมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศา โดยมีหน่วยวัดเป็น Cal/g-^oC หรือ J/kg.K หรือบางกรณีใช้เป็น Wh/kg.K [6]

4. พลาสติก Ethylene vinyl acetate (EVA)

พลาสติก Ethylene vinyl acetate (EVA) เป็นวัสดุสำคัญในการทำพื้นรองเท้าและเป็นส่วนประกอบต่าง ๆของรองเท้า ซึ่งมีน้ำหนักเบา นำความร้อนต่ำ และดูดซับเสียงได้ดี มีโครงสร้างทางเคมีดังต่อไปนี้

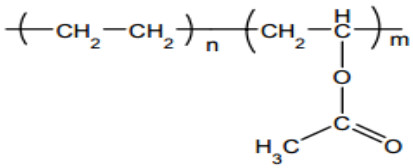

Figure 1 Molecular structure of Ethylene vinyl acetate

ที่มา : ธงศักดิ์ (2551)[7]

4.1) การนำพลาสติกอีวีเอไปใช้งาน

Ethylene vinyl acetate (EVA) เป็นพลาสติกที่นำมาประยุกต์ผลิตเป็นสินค้าได้หลากหลายอุตสาหกรรมมีความทนทานต่อสารเคมี เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี และไม่มีสารพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ รวมถึงมีความสามารถในการรับแรงกระแทก มีความยืดหยุ่นและโค้งงอได้ดี มีน้ำหนักเบา ขึ้นรูปได้ง่าย มีความคงทนต่ออุณหภูมิและสภาพแวดล้อมได้ดี ให้สีสดใส สามารถใช้ประโยชน์ได้แทนพีวีซีและยางจึงมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่พื้นรองเท้า ทั้งรองเท้ากีฬาและร้องเท้าแตะ วัสดุดูดซับเสียง เป็นต้น[7]

กรอบการวิจัย

จากพื้นฐานความรู้ ทฤษฎีและแนวคิดที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม โดย Figure 2 จะแสดงตัวแปรที่เกี่ยวข้องจากการวิจัยและความเชื่อมโยงของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง การวิจัยในครั้งนี้มีเป้าประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติความเป็นฉนวนกันความร้อน (Thermal insulation) ของคอนกรีตมวลเบาที่มีส่วนประกอบของวัสดุพลาสติก Ethylene vinyl acetate (EVA) วัสดุดังกล่าวจะเป็นวัสดุที่ทดแทนสารสร้างฟองอากาศ โดยวัสดุ EVA จะไปทำให้เกิดโพรงอากาศภายในตัวของคอนกรีตและทำให้คอนกรีตมีคุณสมบัติที่มีน้ำหนักเบาและมีความเป็นฉนวนกันความร้อน การเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบาของคอนกรีตนั้นสามารถนำไปสู่ผลของการลดพลังงานในอาคารในส่วน Operating energy ทั้งนี้ทั้งนั้น ต้องประเมินความเหมาะสมของคุณสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อนของวัสดุที่เกิดจากปริมาณโพรงอากาศจากการใช้วัสดุ Ethylene vinyl acetate (EVA) ที่แตกต่างกันและคุณสมบัติทางกายภาพและทางกล

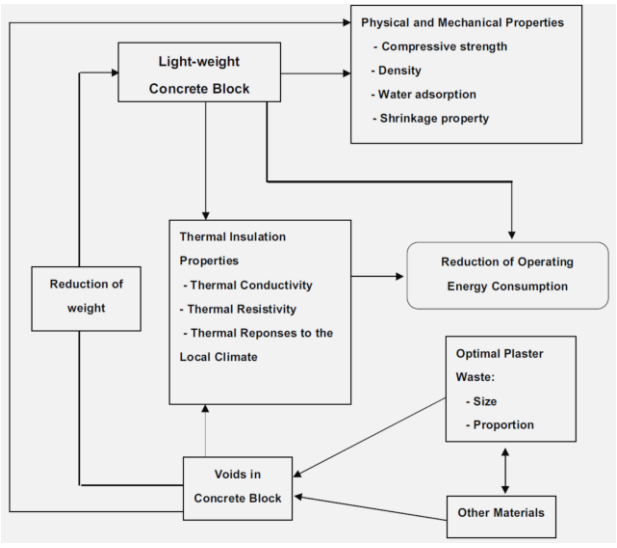

Figure 2 Research framework

วัสดุและวิธีการศึกษา

การศึกษาใช้พลาสติก EVA ที่เหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมรองเท้า มาใช้การผลิตคอนกรีตมวลเบา โดยใช้เป็นส่วนประ กอบแทนที่ทราย ซึ่งเป็นมวลรวม โดยขั้นตอนการศึกษาสามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1.) การย่อยพลาสติก EVA ให้ได้ขนาด 4-5 cm. และ 9-10 cm. เพื่อทดสอบปัจจัยด้านขนาดของวัสดุที่ส่งผลต่อความเข้ากันได้ของเศษพลาสติกกับส่วนผสมของคอนกรีต และคุณสมบัติที่แตกต่างกัน Figure 3 แสดงเศษพลาสติก EVA ที่ผ่านการย่อยเป็นชิ้นตามต้องการ

Figure 3 Plastic EVA

2.) การศึกษาอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน (W/C ratio) เพื่อที่จะหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการออกแบบอัตราส่วนผสมที่มีการใช้และไม่ใช้ผงอลูมิเนียมในการสร้างฟองอากาศ ในการขึ้นรูปคอนกรีตมวลเบา โดยการทดสอบค่ากำลังอัด เพื่อหาอัตราส่วนที่ให้ค่ากำลังอัดที่ดีที่สุด

3.) ขั้นตอนการขึ้นรูปคอนกรีตมวลเขา ขนาด 7.5×20×30 cm^3 (Figure 4) โดยการศึกษาใช้การบ่มก้อนคอนกรีตเป็นเวลา 7 วัน ตามอัตราส่วนผสมของพลาสติกอีวีเอและวัสดุอื่นๆ ดังแสดงใน Table 1

Figure 4 Light-weight concrete block with EVA content
(size 7.5×20×30 cm^3)

Table 1 Testing Conditions

Plastic EVA content (%)		Sand	Cement	Lime	Gypsum	Al addition	Water to Cement Agent Ratio (W/C),
size 9-10 mm.	0	50	30	10	10	With Al powder 0.3%/w and Without Al powder	0.5
	10	40					
	20	30					
	25	25					
size 4-5 mm.	0	50	30	10	10		
	10	40					
	20	30					
	25	25					

4.) การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลและคุณสมบัติด้านพลังงาน ของคอนกรีตมวลเบาที่ได้แก่

- ค่ากำลังรับแรงอัดตาม มอก.58-2533
- ค่าความหนาแน่นตาม มอก.58-2533
- ค่าการดูดกลืนน้ำตาม มอก.58-2533
- เปอร์เซ็นต์การหดตัวตาม มอก.58-2533
- ผลต่างของอุณหภูมิของคอนกรีตมวลเบา
- ค่าการนำความร้อนและค่าการต้านทานความร้อน

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1.) คุณสมบัติเบื้องต้นเพื่อหาอัตราส่วน น้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสม

การทดสอบในเบื้องต้นเพื่อหาอัตราส่วนน้ำที่เหมาะสมนี้จะดำเนินงานทดสอบค่าการรับกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาผสมพลาสติก EVA ขนาด 4-5 mm. ที่เติมผงอลูมิเนียมและไม่เติมผงอลูมิเนียม เพื่อทำการ

เลือกอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสมไปใช้ออกแบบอัตราส่วนในการขึ้นรูปคอนกรีตมวลเบาต่อไป โดยผลการศึกษามีดังต่อไปนี้

1.1) ค่ากำลังอัดเบื้องต้น

จาก Figure 5 แสดงผลการศึกษาค่ากำลังรับแรงอัดเบื้องต้นเพื่อหาอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสม พบว่า อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.5 ที่อายุ 7 วัน สามารถผ่านมาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ที่กำหนดค่ามาตรฐานต่ำสุดไว้ที่ 20 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปอ้างอิงเพื่อออกแบบอัตราส่วนคอนกรีต ทดสอบการเป็นฉนวนกันความร้อนและทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกลต่อไป

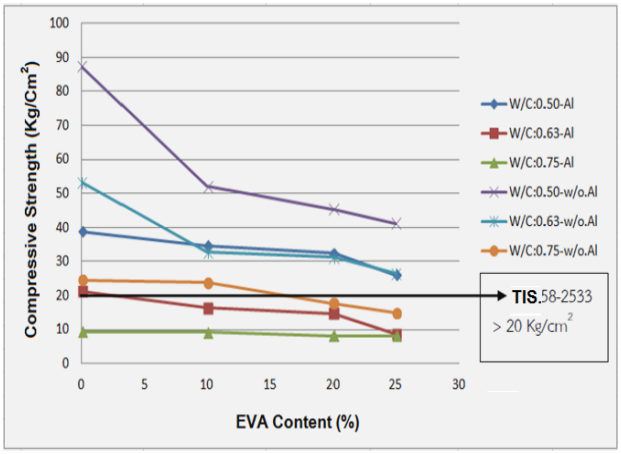

Figure 5 Compressive strengths of LWC blocks with different W/C ratios (EVA size 4-5 mm.)

2.) คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

2.1) คอนกรีตมวลเบาที่มีส่วนผสมของ EVA ขนาด 4-5 mm.

2.1.1 ค่าการรับกำลังอัด

การศึกษาค่ากำลังอัด ของคอนกรีตมวลเบาที่มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.50 ใช้พลาสติก EVA ขนาด 4-5 mm. พบว่า การใช้พลาสติก EVA เป็นส่วนประกอบของคอนกรีต ร้อยละ 0, 10, 20 และ 25 ทั้งที่มีการเติมผงอลูมิเนียมและไม่เติมผงอลูมิเนียม จะเห็นว่าแนวโน้มของค่ากำลังรับแรงอัดลดลงตามอัตราส่วนพลาสติกที่เพิ่มขึ้น ซึ่งค่ากำลังรับแรงอัดเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตมวลเบาไม่รับน้ำหนัก (Figure 6)

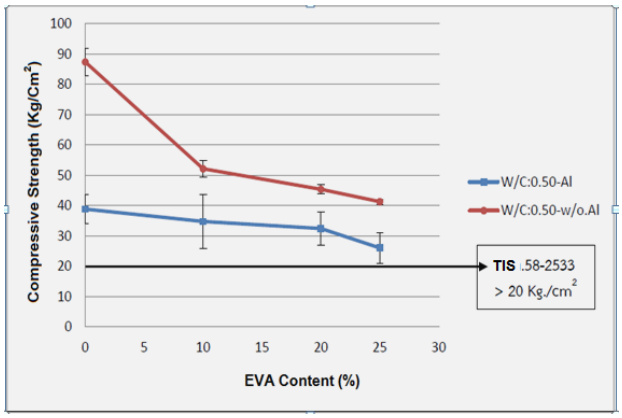

Figure 6 Compressive strengths of LWC blocks with different EVA contents and Al addition (EVA size 4-5 mm.)

2.1.2 ค่าการดูดซึมน้ำ

การศึกษาพบว่า การใช้พลาสติก EVA เป็นส่วนประกอบในคอนกรีตปริมาณต่างๆ ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.5 ทั้งที่มีการเติมผงอลูมิเนียมและไม่มีการเติมผงอลูมิเนียม จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนที่มีการเติมผงอลูมิเนียมจะมีอัตราการดูดซึมน้ำสูงกว่าอัตราส่วนที่ไม่มีการเติมผงอลูมิเนียม อย่างไรก็ตามค่าการดูดซึมน้ำทั้งหมดไม่เกินค่าที่มาตรฐานกำหนด คือ มอก.58-2533 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ที่กำหนดค่าการดูดซึมน้ำไว้ไม่เกินกว่าร้อยละ 25 (Figure 7)

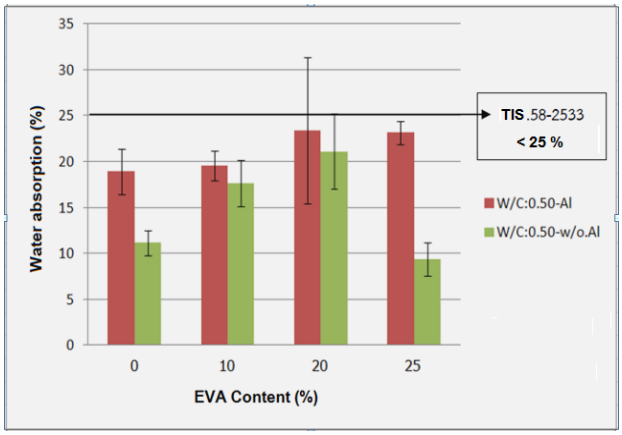

Figure 7 Water adsorption properties of LWC blocks with different EVA contents and Al addition (EVA size 4-5 mm.)

2.1.3 ค่าการหดตัว

การหดตัวของคอนกรีตผสมพลาสติก EVA ที่อายุ 7 วัน ของอัตราส่วนที่ไม่มีการเติมผงอลูมิเนียมมีการหดตัวมากกว่าอัตราส่วนที่มีการเติมผงอลูมิเนียม โดยจะเห็นได้ชัดที่อัตราส่วนพลาสติก EVA ร้อยละ 25 ที่มีค่าการหดตัวร้อยละ 1.21 ในขณะที่อัตราส่วนที่มีการเติมผงอลูมิเนียมมีการหดตัวไม่แตกต่างกัน (Figure 8)

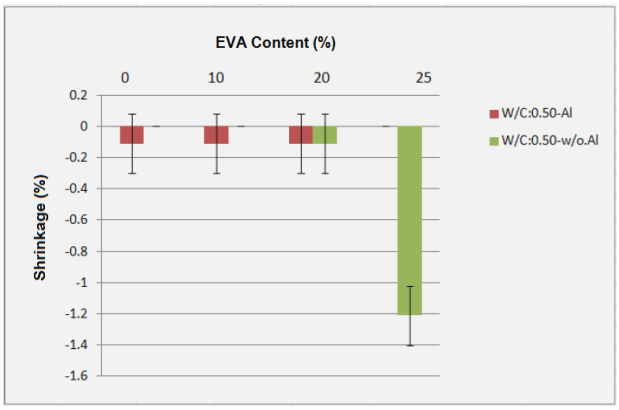

Figure 8 Percent Shrinkage of LWC blocks with different EVA contents and Al addition (EVA size 4-5 mm.)

2.1.4 ค่าความหนาแน่น

การใช้พลาสติก EVA เป็นส่วนผสมในคอนกรีตปริมาณมาก จะทำให้แนวโน้มของความหนาแน่นของคอนกรีตผสมพลาสติก EVA มีค่าน้อยลงตามอัตราส่วนพลาสติกที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากในอัตราส่วนที่ไม่มีการเติมผงอลูมิเนียมของพลาสติกร้อยละ 25 มีค่าที่ไม่เป็นไปตามทฤษฎี ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วต้องมีค่าความหนาแน่นลดลงในขณะที่อัตราส่วนพลาสติกเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ทั้งนั้นอาจเป็นเพราะว่าอาจเกิดความผิดพลาดในทางปฏิบัติ เช่น การเทคอนกรีตลงแบบหล่ออาจทำให้พลาสติกกระจายตัวไม่ทั่วถึง (Figure 9)

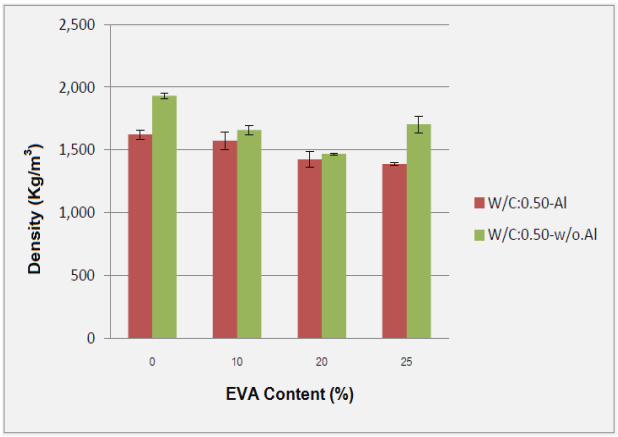

Figure 9 Densities of LWC blocks with different EVA

contents and Al addition (EVA size 4-5 mm.)

2.5) ค่ากำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาที่มีส่วนผสม

ของพลาสติกขนาด 9-10 mm.

การวิจัยได้ศึกษาผลของขนาดพลาสติกที่แตกต่างกันต่อคุณสมบัติของคอนกรีต โดยการใช้พลาสติกที่มีขนากใหญ่ขึ้น ขนาด 9-10 mm. เป็นส่วนประกอบของคอนกรีตร้อยละ 0, 10, 20 และ 25 ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน (W/C) 0.5 จะเห็นว่าแนวโน้มความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตผสมพลาสติก EVA ลดลงตามลำดับ เนื่องมาจากปริมาณพลาสติก EVA ที่แทนเข้าไปแทนที่ทรายทำให้ความสามารถในการยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของคอนกรีตลดน้อยลง และอีกทั้งพลาสติกที่เติมลงไปเป็นส่วนประกอบของคอนกรีตมีขนาดใหญ่ ทำให้เกิดช่องว่างมากขึ้น และในกรณีที่มีการเติมผงอลูมิเนียมลงไปจะทำให้ตัวพลาสติกกับเนื้อคอนกรีตจับตัวกันได้ยาก ส่งผลทาให้ความสามารถในการรับแรงอัดลดลง และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมปริมาณพลาสติก EVA มากขึ้นก็จะทำให้ค่าความสามารถในการรับแรงอัดมีค่าลดลงตามอัตราส่วนพลาสติกที่เพิ่มขึ้น (Figure 10)

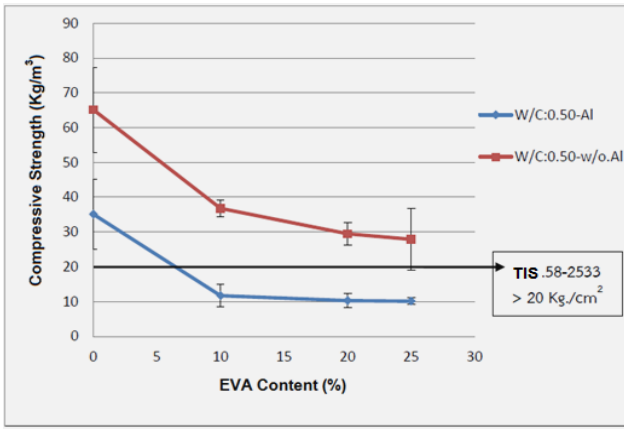

Figure 10 Compressive strengths of LWC blocks with different EVA contents and Al addition (EVA size 9-10 mm.)

2.6) ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตมวลเบาที่มีส่วนผสมของพลาสติกขนาด 9-10 mm.

การศึกษาพบว่าการใช้พลาสติกอีวีเอเป็นส่วนประกอบในคอนกรีตอัตราส่วนต่างๆ ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน 0.5 ทั้งมีการเติมผงอลูมิเนียมและไม่มีการเติมผงอลูมิเนียม จะเห็นว่าในส่วนที่ไม่มีการเติมผงอลูมิเนียมมีแนวโน้มการดูดซึมน้ำสูงขึ้นตามสัดส่วนร้อยละพลาสติกที่เพิ่มขึ้น ที่อัตราส่วนพลาสติกร้อยละ 25 จะมีการดูดซึมน้ำอยู่ที่ร้อยละ 10.82 และในส่วนที่มีการเติมผงอลูมิเนียมการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้นจนถึงอัตราส่วนพลาสติกร้อยละ 10 และจะลดลงเมื่อสัดส่วนพลาสติกเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการดูดซึมน้ำของทั้งสองส่วนนี้มีค่าไม่เกินที่มาตรฐานกำหนด คือ มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ที่กำหนดค่าการดูดซึมน้ำไว้ที่ไม่เกินร้อยละ 25 (Figure 11)

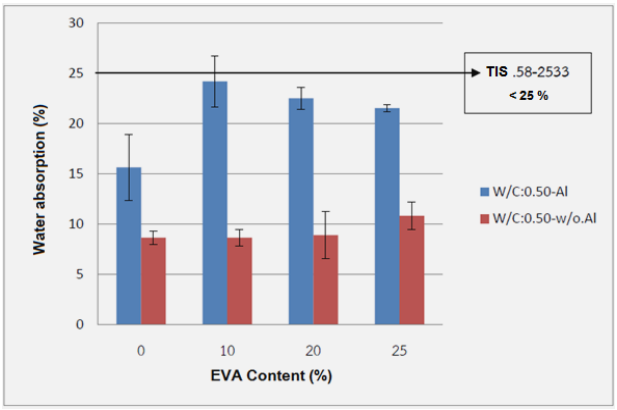

Figure 11 Water adsorption properties of LWC blocks with different EVA contents and Al addition (EVA size 9-10 mm.)

2.7) ค่าการหดตัวของคอนกรีตมวลเบาที่มีส่วนผสมของพลาสติกขนาด 9-10 mm.

การหดตัวของคอนกรีตผสมพลาสติก EVA ที่อายุ 7 วัน ของอัตราส่วนที่ไม่มีผงอลูมิเนียมและมีผงอลูมิเนียม จะเห็นว่าอัตราส่วนที่ไม่มีการเติมผงอลูมิเนียมมีร้อยละการหดตัวมากกว่าที่เติมผงอลูมิเนียม ที่อัตราส่วนพลาสติกร้อยละ 20 มีการหดตัวมากที่สุดคือร้อยละ 1.44 ทั้งนี้ทั้งนั้นการหดตัวของคอนกรีตอาจเกิดเนื่องจากการสูญเสียน้ำในขณะที่คอนกรีตยังไม่แข็งตัว การปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำทำให้ปริมาตรของคอนกรีตลดลงจึงทำให้เกิดการหดตัว (Figure 12)

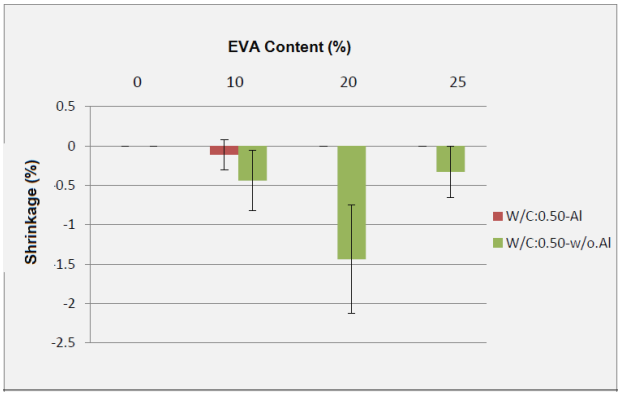

Figure 12 Percent Shrinkage of LWC blocks with different EVA contents and Al addition (EVA size 9-10 mm.)

2.8) ความหนาแน่นของคอนกรีตมวลเบาที่มีส่วนผสมของพลาสติกขนาด 9-10 mm.

กาศึกษา พบว่า การใช้พลาสติก EVA เป็นส่วนผสมในคอนกรีตปริมาณมากขึ้น จะทำให้แนวโน้มของความหนาแน่นของคอนกรีตผสมพลาสติก EVA มีค่าลดลงตามอัตราส่วนร้อยละพลาสติก EVA ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากพลาสติก EVA ที่อยู่ในคอนกรีต มีลักษณะเบาและมีโพรงอากาศจากการเติมผงอลูมิเนียม ดังนั้นอากาศและพลาสติกจึงเข้าไปแทนที่ในรูพรุนของคอนกรีต จึงทำให้ความหนาแน่นในคอนกรีตที่ผสมพลาสติก EVA มีค่าน้อยลง และเนื่องจากในอัตราส่วนที่มีการเติมผงอลูมิเนียมของพลาสติกร้อยละ 25 มีค่าที่ไม่เป็นไปตามทฤษฎี ซึ่งต้องมีค่าความหนาแน่นลดลงเมื่ออัตราส่วนพลาสติกเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ทั้งนั้นอาจเกิดความ

ผิดพลาดในทางปฏิบัติ เช่น การเทคอนกรีตลงแบบหล่ออาจทำให้พลาสติกกระจายตัวไม่ทั่วถึง ผลที่ได้จึงคลาดเคลื่อนไป (Figure 13)

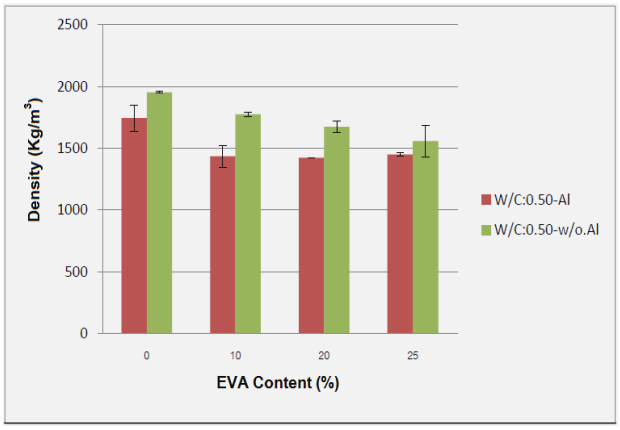

Figure 13 Densities LWC blocks with different EVA contents and Al addition (EVA size 9-10 mm.)

3.) การศึกษาคุณสมบัติความเป็นฉนวนกันความร้อน ของคอนกรีตมวลเบา

การศึกษาคุณสมบัติความเป็นฉนวนความร้อนของคอนกรีตมวลเบาที่มีส่วนประกอบของพลาสติก EVA ทำการศึกษาโดยการศึกษาผลต่างของอุณหภูมิ การศึกษาค่าการนำความร้อนและการต้านทานความร้อน ได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

3.1) ค่าการนำความร้อนและการต้านทานความร้อนของวัสดุ

การศึกษาการเป็นฉนวนความร้อนโดยการศึกษาค่าการนำความร้อนและการต้านทานความร้อนของคอนกรีตมวลเบาที่มีส่วนประกอบของพลาสติก EVA ที่อัตราส่วนที่แตกต่างกัน ที่อายุ 7 วัน โดยใช้วิธีการตรวจวัดจากเครื่อง Thermal Constant Analyzer (Hot Disk TCA) ซึ่งอัตราส่วนที่ทดสอบ ได้แก่ คอนกรีตมวลเบาที่มีส่วนประกอบของพลาสติก EVA ขนาด 4-5 mm. ทั้งที่มีผงอลูมิเนียมและไม่มีผงอลูมิเนียม และขนาด 9-10 mm. ที่ไม่มีผงอลูมิเนียม สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังแสดงใน Figure 14 และ 15

ผลการศึกษาค่าการนำความร้อนของคอนกรีตมวลเบา พบว่า ค่าการนำความร้อนของอัตราส่วนที่ไม่มีพลาสติกจะมีค่าสูงกว่าอัตราส่วนที่มีส่วนผสมของพลาสติก EVA ซึ่งในทางทฤษฎีความเป็นฉนวนความร้อนจะดีก็ต่อเมื่อค่าการนำความร้อนต่ำ ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่อัตราส่วนพลาสติก EVA ขนาด 4-5 mm. ที่มีผงอลูมิเนียม ที่อัตราส่วนพลาสติกร้อยละ 25 มีค่าการนำความร้อนต่ำเมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่นๆ ที่ร้อยละพลาสติกเท่ากัน (Figure 14)

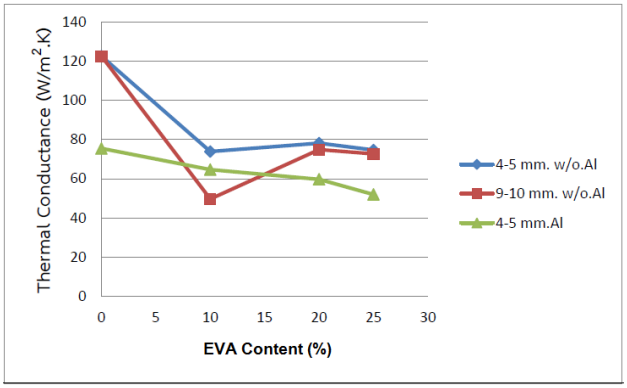

Figure 14 Thermal conductivity of materials

ผลการศึกษาค่าการต้านทานความร้อนของคอนกรีตมวลเบา พบว่า ค่าการต้านทานความร้อนของอัตราส่วนที่ไม่มีพลาสติกจะมีค่าต่ำกว่าอัตราส่วนที่มีส่วนผสมของพลาสติก EVA ซึ่งในทางทฤษฎีความเป็นฉนวนความร้อนจะดีก็ต่อเมื่อค่าการต้านทานความร้อนสูง ซึ่งจากภาพจะเห็นได้ว่าที่อัตราส่วนพลาสติก EVA ขนาด 4-5 mm. ร้อยละ 25 มีค่าการต้านทานความร้อนสูงเมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่นๆ (Figure 15)

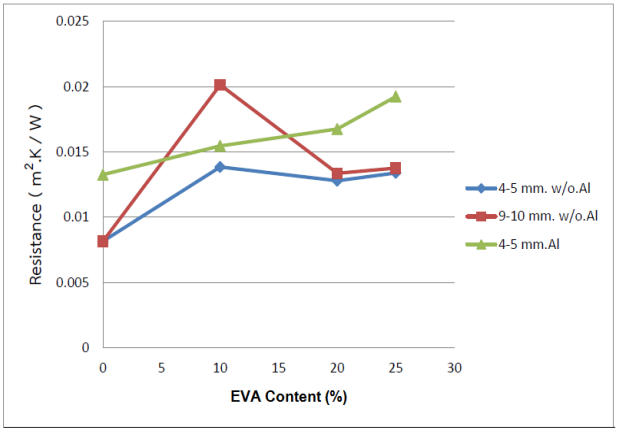

Figure 15 Thermal resistances of materials

3.2) ผลต่างของอุณหภูมิพื้นผิววัสดุ

กาศึกษา พบว่า การใช้พลาสติก EVA เป็นส่วนผสมในคอนกรีตปริมาณมากขึ้น จะทำให้สามารถลดอุณหภูมิที่จะเข้าสู่ภายในได้ ซึ่งในอัตราส่วนที่ไม่มีส่วนประกอบของพลาสติกจะเห็นว่ามีความเป็นฉนวนกันความร้อนได้ต่ำกว่าอัตราส่วนที่มีส่วนประกอบของพลาสติก เนื่องจากพลาสติก EVA มีสมบัติเป็นฉนวนป้องกันความร้อน ดังนั้น ความร้อนจึงไม่สามารถที่จะทะลุผ่านเข้ามาภายในได้หรือทะลุผ่านได้น้อย และอัตราส่วนพลาสติก EVA ที่อยู่ในคอนกรีตที่เพิ่มมากขึ้นจะทาให้คอนกรีตมีความเป็นฉนวนกันความร้อนมากขึ้นตามไปด้วย เมื่อเปรียบเทียบความเป็นฉนวนทั้ง 3 อัตราส่วน พบว่า ที่อัตราส่วนพลาสติกร้อยละ 25 ซึ่งมีพลาสติกมากที่สุดในการทดลองนี้ คอนกรีตมวลเบาที่อัตราส่วนพลาสติก EVA ขนาด 4-5 mm. ที่ไม่มีส่วนผสมของผงอลูมิเนียมมีผลต่างของอุณหภูมิสูงที่สุดใน 3 อัตราส่วน รองลงมาเป็นคอนกรีตมวลเบาที่อัตราส่วนพลาสติก EVA ขนาด 4-5 mm. ที่มีผงอลูมิเนียม และคอนกรีตมวลเบาที่อัตราส่วนพลาสติก EVA ขนาด 9-10 mm. ที่ไม่มีส่วนผสมของผงอลูมิเนียม ตามลำดับ (Figure 16)

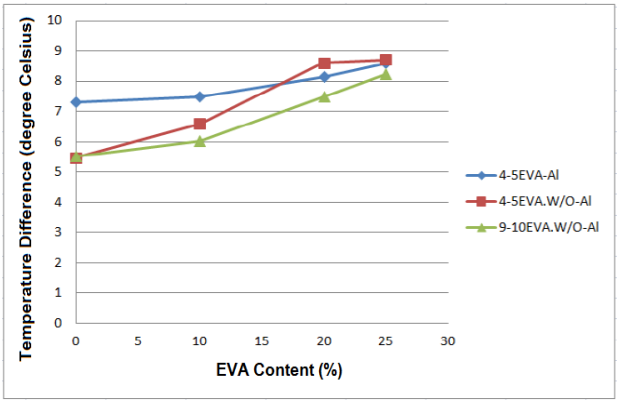

Figure 16 Temperature differences on the surface of LWC with EVA contents

สรุป

จากการศึกษาคุณสมบัติความเป็นฉนวนกันความร้อนของคอนกรีตมวลเบาผสมพลาสติก EVA โดยการศึกษาผลต่างของอุณหภูมิ ค่าการนำความร้อนและค่าการต้านทานความร้อน พบว่า หากต้อการผลิตคอนกรีตมวลเบาผสมพลาสติก EVA ให้เป็นมิตรกับสิ่งแล้วล้อมโดยไม่มีการเติมผงอลูมิเนียมและสามารถมีความเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดี ดังนั้นในการผลิตคอนกรีตมวลเบาที่มีส่วนผสมของพลาสติก EVA เพื่อให้ก้อนคอนกรีตมีความเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี จึงใช้อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ น้ำต่อวัสดุประสาน 0.5 ขนาดพลาสติก 4-5 mm. ที่ไม่มีการเติมผงอลูมิเนียมและร้อยละพลาสติกที่ 25

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2556 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2555

เอกสารอ้างอิง

1. Givoni, B. Climate Responsive Building Design in Hot Humid Regions. Sahachaisaeree, N , editors. Green Architecture: The Sustainable by Built Environment in the New Millennium Conference Proceedings, CDAST, 21-22 April 2000, Bangkok; P.121-142.

2. Lima, P. R. L., Leite, M. B., & Santiago, E. Q. R. Recycled lightweight concrete made from footwear industry waste and CDW. Waste management 2010;30(6): 1107-1113

3. สมิตร ส่งพิริยะกิจ และปริญญา จินดาประเสริฐ. 2549. การ ผลิตคอนกรีตมวลเบาจากวัสดุรีไซเคิล. การประชุมวิชาการเทคโนโลยีและนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

4. ภานุ คะนอง. การเตรียมอิฐบล็อกมวลเบาจากแกลบ

ขัดผิว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2552.

5. อุทัย ศุจิสกุลวงศ์. การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อของอาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2543.

6. สรญา ประวิตรางกูร. อิทธิพลของมวลสารผนังภายนอกที่มีต่อสภาวะน่าสบายและภาระการปรับอากาศในการออกแบบอาคาร. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2543.

7. ธงศักดิ์ แก้วประกอบ. อิทธิพลของยางธรรมชาติอีพ๊อกซิไดซ์ที่มีต่อการหดตัวด้วยความร้อนและสมบัติ เชิงกลของพอลิเอททิลีนไวนิลอะซิเตต. วิทยานิพนธ์
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยสงขลา - นครินทร์; 2551.