ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานผสมขยะเศษกล่องนม

Interlocking Brick Products mixed with Crushed Milk Packed Waste

ทวิช กล้าแท้[1] ประชุม คำพุฒ[2,*] และ อมเรศ บกสุวรรณ[2]

[1]*หลักสูตรวิชาวิศวกรรมโยธา สาขาวิศวกรรม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จ. นครศรีธรรมราช*
[2]*หน่วยวิจัยวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี*
*Corresponding author; E-mail address: prachoom_k@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ขยะกล่องนมบดย่อยผ่านตะแกรงเบอร์ 4 เป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐบล็อกประสานแทนที่มวลรวมหินฝุ่นบางส่วน โดยกำหนดอัตราส่วนควบคุม คือ ปูนซีเมนต์: หินฝุ่น เท่ากับ 1: 7 โดยน้ำหนัก ปริมาณน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 1 และทำการแทนที่หินฝุ่นด้วยเศษกล่องนมบดย่อยในอัตราส่วนร้อยละ 0, 3, 6, 9, 12, 16 และ 20 โดยน้ำหนักของหินฝุ่น ขึ้นรูปตัวอย่างด้วยเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยกขนาด 10x12.5x25 เซนติเมตร และทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มผช.602–2547 ผลการทดสอบพบว่า ปริมาณเศษกล่องนมที่เพิ่มขึ้น ทำให้สมบัติทางกายภาพให้ดีขึ้น ได้แก่ น้ำหนัก ความหนาแน่น การดูดกลืนน้ำ และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าลดลง โดยอัตราส่วนอิฐบล็อกประสานที่มีคุณสมบัติผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน สามารถใช้เศษกล่องนมมากที่สุดในปริมาณการแทนที่หินฝุ่นไม่เกินร้อยละ 12 โดยน้ำหนักของหินฝุ่น

คำสำคัญ: ขยะกล่องนม, หินฝุ่น, อิฐบล็อกประสาน

Abstract

The purpose of this research was to study an experimental investigation performed into the use of crushed milk packed waste passing sieve No 4 as an ingredient replacing some of the dust stone aggregates in the interlocking blocks. The control ratio is cement: dust stone to 1: 7 by weight and water to cement is 1.0. The dust stone was replaced with crushed milk packed at 0, 3, 6, 9, 12, 16 and 20 wt% of dust stone, respectively. Procedure specimens form with a hand-held blocking brick block machine. The experiment sample size is 10x12.5x25 centimeters. Test their properties are based on the Community product standard 602-2547. Results show that the increase in the quantity of milk packed waste deteriorates to improve physical properties such as weight, density, water absorption and the thermal conductivity coefficient. However, the quantity of milk packed waste replacement dust stone below 12 wt% of dust stone was the according the standard ratio.

Keywords: dust stone, interlocking bricks, milk packed waste

1. คำนำ

กล่อง UHT : Ultra-high-temperature เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นกล่องที่ปลอดเชื้อโรคสามารถเก็บความสดใหม่ให้กับเครื่องดื่มได้นานและปลอดภัยต่อผู้บริโภค อีกทั้งมีน้ำหนักที่เบาง่ายต่อการพกพาและขนส่ง มีส่วนประกอบคือ กระดาษ พลาสติกพอลิเอททีลีนและอะลูมิเนียมฟอยล์ จากสถิติพบว่าในปี 2555 ประเทศไทยมีการผลิตบรรจุภัณฑ์กล่องเครื่องดื่มประเภทยู เอช ที (UHT) ไม่น้อยกว่า 54,000 ล้านกล่องต่อปี หรือคิดเป็นขยะ 540,000 ตันต่อปี และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งขยะเหล่านี้จะเน่าเสีย ส่งกลิ่นเหม็น ทำให้เกิดแหล่งเพาะเชื้อโรค และเกิดก๊าซมีเทนที่ก่อภาวะโลกร้อน ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นบรรจุภัณฑ์ที่เกิดการย่อยสลายได้ยากและเป็นปัญหาในการนำไปเผาเพื่อกำจัดทิ้ง หากใช้วิธีการฝังกลบต้องใช้พื้นที่ไม่น้อยกว่า 2,160,00 ตรม. [1] ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีการนำของเสียประเภทฉลากกระดาษมาใช้ประโยชน์เป็นวัสดุแทนที่ในทรายบางส่วน โดยใช้ผงหินปูนร่วมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็นวัสดุประสานในการทำคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยศึกษาลักษณะทางกายภาพและสมบัติทางเคมี เช่น การกระจายขนาดคละของมวลรวม ความสามารถในการชะละลาย กำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น และการดูดกลืนน้ำ โดยเปลี่ยนอัตราส่วนผสมในทรายโดยใช้ของเสียประเภทฉลากกระดาษ และใช้ผงหินปูนแทนที่ปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ใช้สัดส่วนต่อทรายต่อหินเกล็ดในการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น คือ 1 : 1.2 : 1.8 โดยน้ำหนัก ระยะเวลาบ่มที่ 7 วัน และ 28 วัน ผลการศึกษาพบว่า สัดส่วนวัสดุของเสียประเภทฉลากกระดาษที่ร้อยละ 3.0 โดยน้ำหนักของทราย อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่ 0.5 ระยะเวลาบ่มที่ 28 วัน ทำให้การทำคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นของกระทรวงอุตสาหกรรม [2] ต่อมาในปี 2556 วชิระ แสงรัศมี [3] ได้คิดค้นการทำบล็อกน้ำหนักเบาจากเยื่อกระดาษเหลือทิ้ง เพื่อพัฒนาบล็อกประสานน้ำหนักเบาชนิดใหม่ ที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ สำหรับใช้ในการก่อสร้างและการตกแต่งภายนอกอาคาร ในการวิจัยได้แบ่งอัตราส่วนผสมของวัสดุออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกเป็น

การปรับปรุงส่วนผสมเดิมโดยการเพิ่มเยื่อกระดาษเหลือทิ้งใน ปูนซีเมนต์ดินลูกรัง กลุ่มที่สองเป็นการพัฒนาอัตราส่วนผสมและวัตถุดิบใหม่ ส่วนผสมคือ ปูนซีเมนต์ ทราย ผงสี และเยื่อกระดาษเหลือทิ้ง เพื่อทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เยื่อกระดาษเหลือทิ้งในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อลดความหนาแน่นของวัสดุ และลดค่าการนำความร้อน โดยคุณสมบัติทางกายภาพทางกล และการนำความร้อนของบล็อกประสานถูกทดสอบหลังจากการบ่มที่ 28 วัน จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนในเยื่อกระดาษเหลือทิ้งจากโรงงานกระดาษลูกฟูกต่ำกว่าข้อกำหนดฉลากเขียวสำหรับแผ่นอัดสำหรับงานอาคาร ตกแต่งและอุตสาหกรรมเครื่องเรือน การเพิ่มส่วนผสมของเยื่อกระดาษเหลือทิ้งช่วยลดน้ำหนักและลดความหนาแน่นของวัสดุได้ดี บล็อกชนิดใหม่นี้มีค่าการนำความร้อนลดลงร้อยละ 34 น้ำหนักลดลงร้อยละ 22.5 และมีสีแดงที่เข้มกว่า เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับบล็อกประสานดินลูกรังผสมซีเมนต์ในท้องตลาด

ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ขยะกล่องนมบดย่อยผ่านตะแกรงเบอร์ 4 เป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐบล็อกประสานแทนที่หินฝุ่นบางส่วน โดยกำหนดอัตราส่วนควบคุม คือ ปูนซีเมนต์: หินฝุ่น เท่ากับ 1: 7 โดยน้ำหนัก ปริมาณน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 1 และทำการแทนที่หินฝุ่นด้วยกล่องนมบดย่อยในอัตราส่วนร้อยละ 0, 3, 6, 9, 12, 16 และ 20 โดยน้ำหนักของหินฝุ่น ขึ้นรูปตัวอย่างด้วยเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยกขนาด 10x12.5x25 เซนติเมตร และทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มผช. 602–2547 [4] เพื่อเป็นการพัฒนาบล็อกประสานชนิดใหม่ที่ใช้ประโยชน์จากขยะกล่องนมเหลือทิ้ง ซึ่งจะช่วยเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือทิ้ง นอกจากนี้ยังเป็นการบริหารจัดการของเสียและยังช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

2. วิธีการศึกษา

2.1 วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

2.1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (OPC) ตามเกณฑ์มาตรฐาน ASTM C150 [5]

2.2) ฝุ่นหินปูนจากเหมืองหินปูน (รูปที่ 1) จากพื้นที่จังหวัดสระบุรี ไม่ร่อนผ่านตะแกรง ฝุ่นหินปูนหรือหินฝุ่น เป็นมวลรวมหลักที่นำมาใช้ในการขึ้นรูปบล็อกประสาน

2.3) เศษกระดาษกล่องนมบดละเอียด ประเภทกล่องยูเอชที ประกอบด้วย กระดาษ อลูมิเนียมฟอยล์ และพลาสติกโพลีเอททีลีน (PE) อัดรวมกันเป็นแผ่นบางๆ ดังรูปที่ 2

2.4) น้ำประปา

2.5) เครื่องบดพลาสติก พร้อมตะแกรงเบอร์ 4 ดังรูปที่ 3

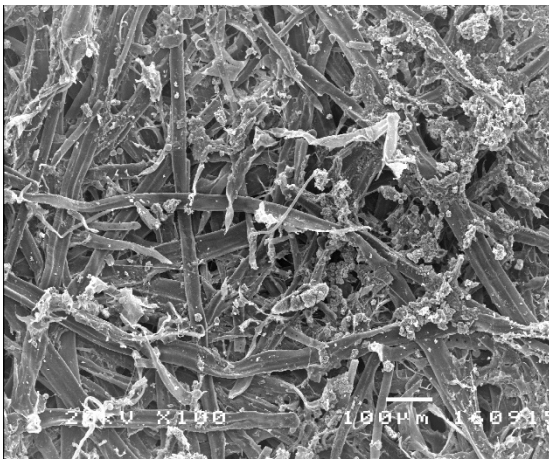
2.6) เครื่องผสมคอนกรีต ดังรูปที่ 4

2.7) เครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก ขนาด 10 x 10 x 20 เซนติเมตร ดังรูปที่ 5

รูปที่ 1 ฝุ่นหินปูน

(a) กล่องนมประเภทกล่องยูเอชที

(b) เศษกระดาษกล่องนมประเภทกล่องยูเอชทีบดละเอียด



(c) ภาพขยายเศษกระดาษกล่องนมจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 100 เท่า

รูปที่ 2 เศษกระดาษกล่องนมประเภทกล่องยูเอชทีบดละเอียด

รูปที่ 3 เครื่องบดพลาสติก

รูปที่ 4 เครื่องผสมคอนกรีต

รูปที่ 5 เครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก

รูปที่ 6 แบบหล่อบล็อกประสานขนาด 30 x 30 x 5 เซนติเมตร

รูปที่ 7 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ UTM

2.8) แบบหล่ออิฐบล็อกประสาน ขนาด 30 x 30 x 5 เซนติเมตร (สำหรับทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน) ดังรูปที่ 6

2.9) ชุดอุปกรณ์เครื่องแก้วสำหรับตวงส่วนผสม

2.10) ชุดอุปกรณ์วิเคราะห์ขนาด (Sieve Analysis of Aggregate)

2.11) ชุดอุปกรณ์การทดสอบความหนาแน่นและการดูดกลืนน้ำ

2.12) เครื่องมือชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล

2.13) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ UTM (Universal Testing Machine) ดังรูปที่ 7

2.2 การเตรียมตัวอย่างและการทดสอบ

2.2.1 การออกแบบอัตราส่วนผสม

การออกแบบอัตราส่วนผสมของบล็อกประสานมวลเบาจากฝุ่นหินปูนผสมเศษกระดาษกล่องนม ประเภทกล่องยูเอชทีบดละเอียด โดยการทดลองผสมตามอัตราส่วนของบล็อกประสานที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งทำการแทนที่ดินลูกรังเดิมด้วยฝุ่นหินปูน แล้วจึงปรับเปลี่ยนฝุ่นหินปูนด้วยเศษกระดาษกล่องนมประเภทกล่องยูเอชทีบดละเอียด ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 3, 6, 9, 12, 16 และ 20 โดยน้ำหนักของหินฝุ่น เพื่อให้สามารถนำไปทดสอบ แล้วได้แนวโน้มผลการทดสอบสมบัติตามต้องการ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณส่วนผสมของบล็อกประสานมวลเบาจากฝุ่นหินปูนผสมกล่องนมประเภทกล่องยูเอชทีบดละเอียด 1 ก้อน

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์ (กก.)	ฝุ่นหินปูน (กก.)	กระดาษกล่องนมประเภทกล่องยูเอชทีบดละเอียด (กก.)	น้ำ (กก.)
Control	0.70	4.93	-	0.70
UHT3	0.70	4.78	0.15	0.70
UHT6	0.70	4.63	0.30	0.70
UHT9	0.70	4.49	0.44	0.70
UHT12	0.70	4.34	0.59	0.70
UHT16	0.70	4.14	0.79	0.70
UHT20	0.70	3.94	0.99	0.70

2.1.2 การทดสอบบล็อกประสาน

นำบล็อกประสานที่บ่มแล้วมาทำการวัดขนาด ชั่งน้ำหนัก และเตรียมตัวอย่างการทดสอบความต้านทานแรงอัดของบล็อกประสาน ดังรูปที่ 8 - 9 โดยการวิจัยแบ่งอายุออกเป็น 4 ช่วงอายุการบ่ม คือ 7, 14, 21 และ 28 วัน ตามมาตรฐาน มผช. 602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน [4] และมาตรฐาน ASTM C177 [6]

รูปที่ 8 บล็อกประสานมวลเบาจากฝุ่นหินปูนผสมเศษกระดาษที่เคลือบผิวหน้าด้วยกำมะถันสำหรับทดสอบกำลังอัด

รูปที่ 9 การทดสอบกำลังอัดของบล็อกประสานมวลเบาจากฝุ่นหินปูนผสมเศษกระดาษ

3. ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

3.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติของฝุ่นหินปูนและเศษกระดาษกล่องนมบดย่อย

จากตารางที่ 2 พบว่า ฝุ่นหินปูนที่นำมาเป็นมวลรวมในบล็อกประสานมวลเบาผสมเศษกระดาษกล่องนม มีค่าโมดูลัสความละเอียด เท่ากับ 4.77 ถือว่าเป็นมวลรวมที่มีความละเอียดมากกว่าหินฝุ่นที่นิยมใช้ในคอนกรีตบล็อก ซึ่งมีค่าโมดูลัสความละเอียด เท่ากับ ระหว่าง 5.4 – 5.6 แต่จะหยาบกว่าดินลูกรังที่ใช้ในบล็อกประสานทั่วไป โดยมีค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 2.3 – 3.1 ส่วนค่าความถ่วงจำเพาะของฝุ่นหินปูนมีค่าเท่ากับ 2.70 แสดงว่าฝุ่นหินปูนมีน้ำหนักค่อนข้างเบากว่าดินลูกรังทั่วไปที่มีความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 2.67 – 2.90 [7-8] ส่วนเศษกระดาษกล่องนมมีความถ่วงจำเพาะ ประมาณ 0.96 [9] ซึ่งถือว่าเบากว่าฝุ่นหินปูนและดินลูกรัง

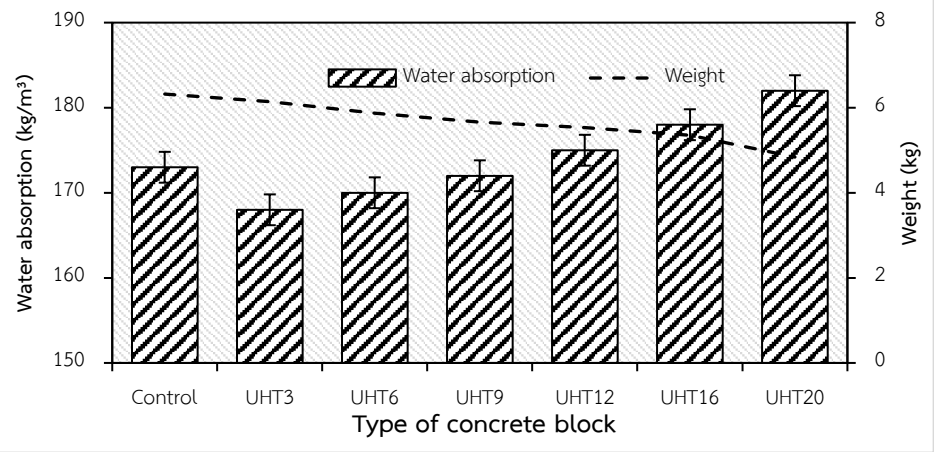
ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพของฝุ่นหินปูน และเศษกระดาษกล่องนมประเภทกล่องยูเอชทีบดละเอียด

ชนิดมวลรวม	โมดูลัสความละเอียด (F.M.)	ความถ่วงจำเพาะ (G.S.)
ฝุ่นหินปูน	4.77	2.7
เศษกระดาษกล่องนมประเภทกล่องยูเอชทีบดละเอียด	-	0.96

3.2 การดูดกลืนน้ำและน้ำหนักเฉลี่ยของบล็อกประสาน

รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนน้ำและน้ำหนักเฉลี่ยของบล็อกประสาน พบว่าบล็อกประสานควบคุม (Control) มีค่าการดูดกลืนน้ำเท่ากับ 173 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 6.32 กิโลกรัมต่อก้อน ในขณะบล็อกประสานที่ทำการแทนที่หินฝุ่นด้วยกล่องนมบดย่อยในอัตราส่วนร้อยละ 0, 3, 6, 9, 12, 16 และ 20 โดยน้ำหนักของหินฝุ่น (UHT3, UHT6, UHT9, UHT12, UHT16 และ UHT20 ตามลำดับ) มีค่าการดูดกลืนน้ำอยู่ระหว่าง 168 ถึง 182 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.84 ถึง 6.14 กิโลกรัมต่อ

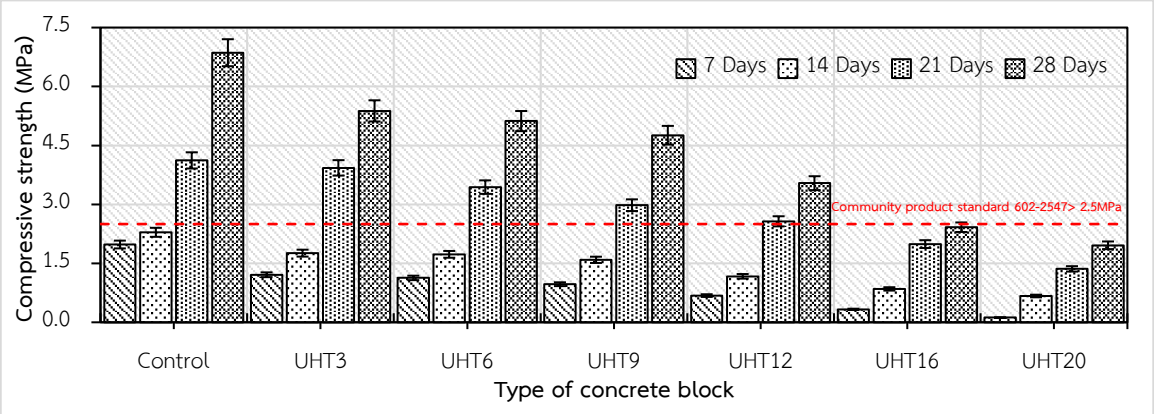
ก้อน จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการผสมเศษกระดาษกล่องนมในปริมาณที่ไม่มาก หรือไม่เกินร้อยละ 9 โดยน้ำหนักของหินฝุ่น มีส่วนช่วยให้บล็อกประสานผสมเศษกระดาษกล่องนมมีค่าการดูดกลืนน้ำลดลงกว่าอิฐบล็อกประสานที่ไม่มีการแทนที่ฝุ่นหินปูนด้วยเศษกระดาษกล่องนม เนื่องจากเศษกระดาษกล่องนมส่วนใหญ่เป็นพลาสติกโพลีเอทธิลีนซึ่งเป็นวัสดุที่มีความทึบน้ำ จึงทำให้เมื่อผสมเข้ากับบล็อกประสานแล้ว จะสามารถช่วยลดการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานดังกล่าวลงได้ ในขณะที่เมื่อเพิ่มปริมาณเศษกระดาษกล่องนม ในอัตราส่วนร้อยละ 12, 16 และ 20 โดยน้ำหนักของหินฝุ่น มีผลต่อการดูดกลืนน้ำและน้ำหนักเฉลี่ยของบล็อกประสานอย่างชัดเจน โดยปริมาณเศษกระดาษกล่องนมที่เพิ่มขึ้นแทนที่ฝุ่นหินปูน ทำให้บล็อกประสานมีน้ำหนักลดลงส่งผลให้มีการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น [1-3] ทั้งนี้ เป็นผลมาจากความหนาแน่นของเศษกระดาษกล่องนมที่ต่ำ เพราะแต่ละชั้นของกล่องนมประกอบด้วยวัสดุน้ำหนักเบา ได้แก่ กระดาษ อะลูมิเนียมฟอยล์ และพลาสติกโพลีเอททีลีน (PE) ซึ่งมีความหนาแน่นเฉลี่ยประมาณ 960 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร [9] ทำให้เมื่อนำมาแทนที่ฝุ่นหินปูน จึงส่งผลให้น้ำหนักของบล็อกประสานลดลง เนื่องจากมีรูพรุน และช่องว่างภายในบล็อกประสานอยู่มาก เพราะมีส่วนผสมของเนื้อกระดาษมากขึ้น จึงเป็นเหตุให้บล็อกประสานมีการดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้น [2-3]



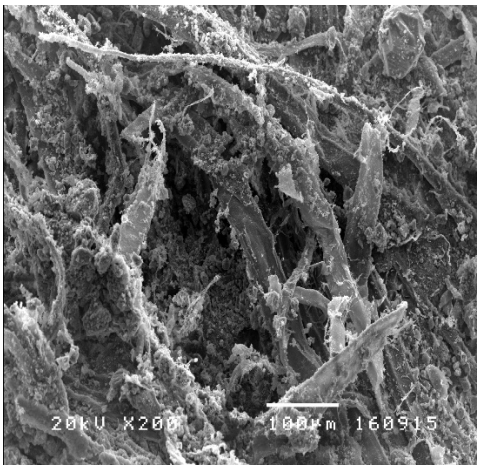
รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนน้ำและน้ำหนักเฉลี่ยของบล็อกประสาน

3.3 ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของบล็อกประสาน

รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดและประเภทของของบล็อกประสาน พบว่าการผสมเศษกระดาษกล่องนมในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้ความต้านทานแรงอัดมีค่าลดลง โดยบล็อกประสานควบคุม (Control) มีค่าความต้านทานแรงอัดเท่ากับ 2.0, 2.3, 4.1 และ 6.9 เมกะปาสคาล ที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน ตามลำดับ ในขณะที่บล็อกประสาน UHT3, UHT6, UHT9, UHT12, UHT16 และ UHT20 มีค่าความต้านทานแรงอัดอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 1.2 เมกะปาสคาล ที่อายุการบ่ม 7 วัน ต่อมาที่อายุการบ่ม 14 วัน บล็อกประสานผสมเศษกระดาษกล่องนม มีค่าความต้านทานแรงอัดอยู่ระหว่าง 0.7 ถึง 1.8 เมกะปาสคาล ในขณะที่เมื่อบล็อกประสานมีอายุการบ่ม 14 วัน มีค่าความต้านทานแรงอัดอยู่ระหว่าง 1.4 ถึง 3.9 เมกะปาสคาล เมื่อทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มผช. 602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน ชนิดไม่รับน้ำหนัก กำหนดให้ความต้านทานแรงอัด ต้องไม่ต่ำกว่า 2.5 เมกะพาสคัล ที่อายุ 28 วัน [4] พบว่าบล็อกประสาน UHT3, UHT6, UHT9, UHT12, UHT16 และ UHT20 มีค่าความต้านทานแรงอัดเท่ากับ 5.4, 5.1, 4.8, 3.5, 2.4 และ 2.0 เมกะปาสคาล ตามลำดับจากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า บล็อกประสานผสมเศษกระดาษกล่องนมที่อัตราส่วนร้อยละ 12 โดยน้ำหนักของหินฝุ่น เป็นปริมาณเศษกระดาษกล่องนมที่มากที่สุดซึ่งสามารถแทนที่ฝุ่นหินปูน และยังคงมีความต้านทานแรงอัดสูงกว่ามาตรฐาน การที่ปริมาณเศษกระดาษกล่องนมมีผลต่อความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสานที่ลดลง เป็นผลมาจากความหนาแน่นของเศษกระดาษกล่องนมที่ต่ำกว่าฝุ่นหินปูน [8-9] ทำให้เมื่อแทนที่วัสดุด้วยการชั่งน้ำหนัก จึงมีผลต่อปริมาตรของมวลรวมที่เพิ่มมากขึ้น ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในการยึดเกาะมวลรวมและสร้างความแข็งแรงให้อิฐบล็อกประสานจึงอาจไม่เพียงพอ ความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสานที่มีการผสมเศษกระดาษกล่องนมจึงลดลง [10] นอกจากนี้ ขนาดของเศษกระดาษกล่องนมที่ใหญ่กว่าฝุ่นหินปูน ก็มีผลต่อการเรียงตัวของมวลรวม ช่องว่างของเนื้อบล็อกประสาน และพื้นที่รับแรงอัดที่ลดลง [1] ดังภาพขยายเศษกระดาษกล่องนม และพื้นผิวของบล็อกประสานจากฝุ่นหินปูนผสมเศษกระดาษกล้องนม ซึ่งได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ในรูปที่ 12



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดและประเภทของของบล็อกประสาน

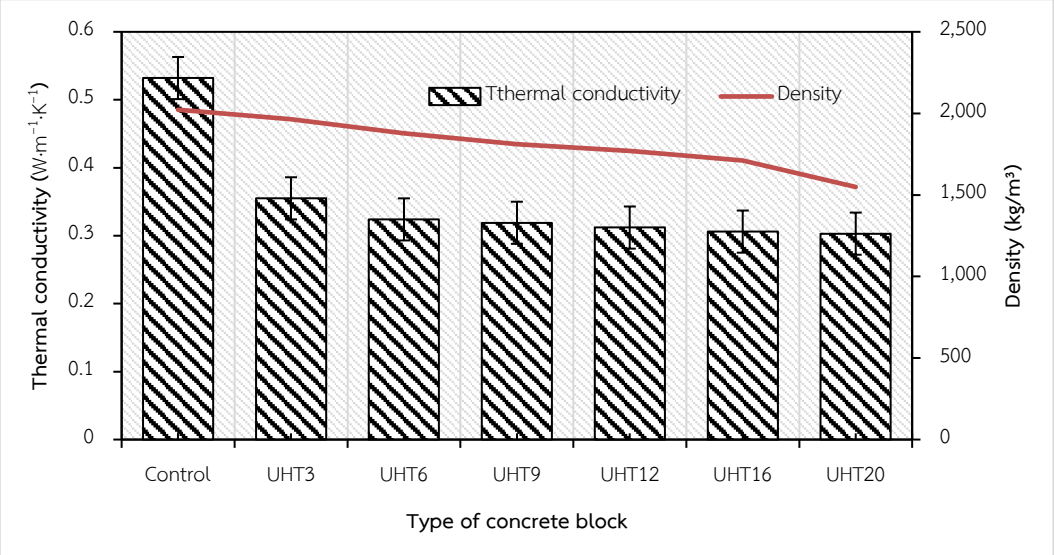


รูปที่ 12 ภาพขยายบล็อกประสานจากฝุ่นหินปูนผสมเศษกระดาษกล่องนมจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 200 เท่า

3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การนำความร้อนและความหนาแน่นของบล็อกประสาน

รูปที่ 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การนำความร้อนและความหนาแน่นของบล็อกประสาน พบว่าบล็อกประสานควบคุม (Control) มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเท่ากับ 0.532 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน และมีความหนาแน่นเท่ากับ 2,022 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะบล็อกประสาน UHT3, UHT6, UHT9, UHT12, UHT16 และ UHT20 มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนอยู่ระหว่าง 0.303 ถึง 0.355 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน และมีความหนาแน่นของบล็อกประสาน อยู่ระหว่าง 1,549 ถึง 1,965 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าปริมาณเศษกระดาษกล่องนมที่แทนที่ฝุ่นหินปูนของบล็อกประสาน มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ลดลงอย่างมาก ทั้งนี้การแทนที่ของเศษกระดาษกล่องนมเพียงอัตราส่วนร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของหินฝุ่นสามารถทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดลงจากจาก 0.532 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน (Control) เหลือเพียง 0.303 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ซึ่งมีผลอย่างมากต่อความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้นของบล็อกประสาน ทั้งนี้เนื่องมาจากส่วนผสมสำคัญ คือเศษกระดาษกล่องนม ซึ่งประกอบด้วยกระดาษ และพลาสติกโพลีเอทธิลีน นั้น มีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี [9, 11-13] นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของบล็อกประสานพบว่า ปริมาณเศษกระดาษกล่องนม มีผลต่อความหนาแน่นของบล็อกประสานอย่างชัดเจน โดยปริมาณเศษกระดาษกล่องนมที่เพิ่มขึ้นแทนที่ฝุ่นหินปูน ทำให้บล็อกประสานมีความหนาแน่นลดลงอย่างมาก ทั้งนี้ เป็นผลมาจากความหนาแน่นของเศษกระดาษกล่องนมที่ต่ำ เพราะแต่ละชั้นของกล่องนมประกอบด้วยวัสดุน้ำหนักเบา ทำให้เมื่อนำมาแทนที่ฝุ่นหินปูน จึงส่งผลให้ความหนาแน่นของบล็อกประสานลดลง [1-3, 9]

โดยเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนและความหนาแน่นของบล็อกประสานมวลเบาจากฝุ่นหินปูนผสมเศษกระดาษ เป็นสมบัติที่สามารถทำให้ทราบถึงความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนได้ โดยบล็อกประสานที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ จะมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดี [14] ในขณะที่บล็อกประสานที่มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง จะมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่แย่ [15] อีกทั้งยังมีน้ำหนักต่อก้อนที่เบากว่าบล็อกประสานทั่วไป สามารถลดขนาดของโครงสร้าง และขนส่งได้สะดวกมากขึ้น



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การนำความร้อนและความหนาแน่นของบล็อกประสาน

4. บทสรุป

4.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตบล็อกประสานมวลเบาจากฝุ่นหินปูนผสมเศษกระดาษเหลือทิ้ง คือ อัตราส่วนร้อยละ 12 โดยน้ำหนักของหินฝุ่น เป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณเศษกระดาษกล่องนมมากที่สุด และยังคงมีสมบัติต่างๆ เป็นไปตามมาตรฐาน มผช.602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน ชนิดไม่รับน้ำหนัก

4.2 การผสมเศษกระดาษกล่องนมลงในผลิตภัณฑ์บล็อกประสานมวลเบาจากฝุ่นหินปูน พบว่า เศษกระดาษกล่องนมสามารถพัฒนาสมบัติทางกายภาพให้ดีขึ้น ได้แก่ น้ำหนัก ความหนาแน่น การดูดกลืนน้ำ และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าลดลง แต่การผสมเศษกระดาษกล่องนมในปริมาณที่มากเกินไป (มากกว่าร้อยละ 12 โดยน้ำหนักของหินฝุ่น) จะทำให้สมบัติทางกลด้อยลง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก หน่วยวิจัยวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ประจำปี 2565

เอกสารอ้างอิง

[1] สุทธิพงษ์ โสภา กนกกาญจน์ โพนะทา นฤมล จิตติมงคล นาถลดา อาดา และ มงคล ไชยศร (2559). การศึกษาสมบัติเชิงกลและโครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียมที่หลอมจากอลูมิเนียมฟอยล์ที่ได้จากกล่องนม Ultra-Heat Treatment. *การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 1*, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา, 24-26 สิงหาคม 2559. หน้า 286-290.

[2] เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ และนรารัชต์พร นวลสวรรค์ (2555). การนำของเสียประเภทฉลากกระดาษมาใช้ประโยชน์ในการทำคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นโดยใช้ผงหินปูน-ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสาน, *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 22, ฉบับที่ 1, หน้า 99-106.

[3] วชิระ แสงรัศมี (2556). *บล็อกน้ำหนักเบาจากเยื่อกระดาษเหลือทิ้ง*. รายงานฉบับสมบูรณ์. งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2556, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[4] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2547). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน*. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.

[5] American Society for Testing and Materials (2018). *ASTM C150 Standard Specification for Portland Cement*. ASTM International, West Conshohocken, Philadelphia, United States.

[6] American Society for Testing and Materials (2001). *ASTM C 177-97 Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means the Guarded-Hot-Plate Apparatus.* ASTM International, West Conshohocken, Philadelphia, United States.

[7] ดนุพล ตันนโยภาส (2552). *วิทยาแร่*. พิมพ์ครั้งที่ 2. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[8] ดนุพล ตันนโยภาส (2553). *แร่และหิน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

[9] อภิญญา เจริญกุล (2554). *เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์นม*. เอกสารประกอบการสอน. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

[10] Aly T., and Sanjayan J.G. (2010). Effect of Pore-Size Distribution on Shrinkage of Concretes. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 22, pp.525-532.

[11] McCrum, N.G., Buckley, C.P. and Bucknali, C.B. (1997). *Principles of Polymer Engineering*. Oxford University Press. 2Ed., pp.447.

[12] สมพิศ ตันตวรนาท ประชุม คำพุฒ และกิตติพงษ์ สุวีโร (2555). การเพิ่มประสิทธิภาพการเป็นฉนวนความร้อนและการรับกำลังของคอนกรีตบล็อกผสมน้ำยางธรรมชาติ:กรณีผสมมวลรวมขนาดต่างกัน. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17 "วิศวกรรมโยธากับการพัฒนาเชิงบูรณาการ"*, อุดรธานี, โรงแรม เซ็นทารา แอนด์คอนเวนชั่นเซ็นเตอร์, 9-11 พฤษภาคม 2555. หน้า MAT029-1- MAT029-8.

[13] Young, Hugh D., (1992). *Hyper Physics. University Physics*. Addison Wesley.

[14] สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (2552). *ฉนวนความร้อน. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน*. สืบค้นเมื่อวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566, เข้าถึงได้จาก http://www2.dede.go.th/dede/homesafe/book/acc.htm.

[15] ชัชชติภัช เดชจิรมณี พรชัย ขันทะวงค์ ณิชาภา มินาบูลย์ และทัศนีย์ ต้นดี (2562). หลังคาเขียวจากกล่องนมที่ใช้แล้วผสมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 13, ฉบับที่ 3, หน้า 119-131.