การใช้ฝุ่นจากโรงโม่หินแทนที่ซีเมนต์ในการทำอิฐบล็อกประสาน

Replacing Cement by Dust from Rock Crushing Plant in Interlocking Block Production

นิพนธ์ ตันไพบูลย์กุล[1]
Nipon Tanpaiboonkul[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการทำอิฐบล็อกประสานจากฝุ่นโรงโม่หินมาแทนที่การใช้ซีเมนต์ โดยขั้นตอนการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ศึกษาการหาอัตราส่วนของน้ำที่เหมาะสมระหว่าง ปูนซีเมนต์ : ฝุ่นโรงโม่หิน: ทราย: หินฝุ่น: น้ำ และศึกษาคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสาน ก่อนเปรียบเทียบคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสานกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช 602/2547 โดยคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสานที่ทำการศึกษาประกอบด้วยค่ารับกำลังอัดและค่าการดูดซึมน้ำ ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 และ 28 วัน

จากผลการศึกษา พบว่า ค่าการรับกำลังอัดของอิฐบล็อกประสาน ผ่านมาตรฐาน มผช 602/2547 ชนิดไม่รับน้ำหนักในทุกอัตราส่วนตั้งแต่ระยะเวลาบ่ม 7 วันแรก ที่ค่าความต้านแรงอัด ไม่ต่ำกว่า 2.5 เมกะพาสคัล ส่วนชนิดรับน้ำหนักนั้นมีบางอัตราส่วนที่ไม่ผ่านโดยส่วนใหญ่ใช้เวลาบ่มถึง 28 วัน จึงผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ไม่น้อยกว่า 7.0 เมกะพาสคัล ค่าการดูดกลืนน้ำเฉลี่ยมีค่าไม่เกินร้อยละ 8.0 ซึ่งเกณฑ์มาตรฐาน มผช 602/2547 กำหนดอยู่ระหว่างร้อยละ 11.20-17.14 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าอิฐบล็อกประสานที่ทำจากจากฝุ่นโรงโม่หินสามารถใช้ทำเป็นอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักและรับน้ำหนักได้

คำสำคัญ: อิฐบล็อกประสาน ฝุ่นโรงโม่หิน

Abstract

This research is the study of an utilization of dust from rock crushing plant in replacement for cement in interlocking block production. The study was divided into two parts. The first part was to study the optimal ratio by weight between cement, dust from rock crushing plant, sand, rock dust, and water. The second part was to explore the properties of interlocking blocks. The compressive strength and waterabsorption of the blocks were compared with Thai Community Product Standard of interlocking block (TCPS 602/2004).

The study revealed that the compressive strength met the TCPS 602/2004 standard in all ratios for non-load-bearing blocks in the first 7 days curing, with the compressive strength of not less than 2.5 MPa. Concerning load-bearing blocks, most of them passed the 7.0 MPa. Only after 28 days curing. The average water absorption of them was no more than 8.0 percent, which the TCPS 602/2004 standard was set between 11.2 to 17.14 percent. Therefore, it can be concluded that interlocking blocks which can be produced by using dust from a rock crushing plant can be utilized to produce both load-bearing and non-loading blocks.

Keywords: Interlocking Block, Rock Crushing Dust

[1] คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
[1] Faculty of Environment and Resources Studies, Mahasarakham University

บทนำ

ในปัจจุบันฝุ่นจากอุตสาหกรรมโรงโม่หินเป็นปัญหาด้านมลพิษที่สำคัญต่อสิ่งแวดล้อม เพราะนอกจากจะมีอัตราการเกิดที่สูงแล้ว ยังพบว่าฝุ่นเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ดังนั้นจึงมีความจะเป็นที่จะหาวิธีจัดการที่เหมาะสม โดยฝุ่นจากการทำเหมืองหินและโรงโม่บดที่เปิดการผลิตอยู่ต้องติดตั้งระบบกำจัด นอกจากนี้ฝุ่นจำนวนมากยังเกิดจากเส้นทางขนส่งและฝุ่นละอองที่ตกสะสมบริเวณพื้นโรงงาน เมื่อรถบรรทุกวิ่งผ่านหรือมีลมพัดจะก่อให้เกิดฝุ่นฟุ้งกระจายอีกด้วย โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ ตำบล หน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี โดยคณะกรรมการวิชาการศึกษาและปรับปรุงระบบกำจัดฝุ่นของเหมืองหินและโรงโม่หิน ได้ศึกษาและให้มีการปรับปรุงระบบกำจัดฝุ่นเพิ่มเติม คือ การใช้สารเคมีลดการฟุ้งกระจาย ใช้ตัวขูดโคลนจากสายพานลำเลียง และการปรับปรุงระบบลานล้างล้อรถ (สำนักบริหารและพื้นฟูสิ่งแวดล้อม กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2559) ซึ่งหากไม่มีการจัดการที่ดีจะทำให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพได้ จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีการนำฝุ่นจากโรงโม่หินไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น การทำคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าผสมหินฝุ่นและหินปูน (เนรมิตร เหลาภา และ วัจน์วงค์ กรีพละ, 2558) การพัฒนาคอนกรีตมวลเบาผสมผงฝุ่นหินจากโรงโม่หิน (อภิวิชญ์ พูลสง, 2556) เป็นต้น นอกจากนี้แนวทางในการกำจัดของเสียอุตสาหกรรมที่นอกจากฝุ่นแล้วยังนำมาทำอิฐบล็อกประสานเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น การผลิตอิฐบล็อกประสานโดยใช้กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ของโรงงานเหมืองเกลือหิน จังหวัดนครราชสีมา (รัชนี คงเมือง, สุดาว เลิศวิสุทธิไพบูลย์, ศิริศักดิ์ สุนทรไชย และ มัลลิกา ปัญญาคะโป, 2554) ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กากอุตสาหกรรม อีกทั้งยังช่วยเป็นการจัดการของเสียอีกด้วย

อิฐบล็อกประสานคือ อิฐบล็อกที่ได้จากการนำดินลูกรัง ผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม อาจผสมวัสดุอื่นๆ เช่น หินฝุ่น ทราย กวนให้เข้ากัน เทลงในแบบพิมพ์ที่มีการออกแบบให้มีรูร่อง และเดือย อัดเป็นก้อน แล้วบ่มให้แข็งตัว ทั้งนี้เพื่อให้สะดวกในการก่อสร้าง โดยเน้นการใช้วัตถุดิบในพื้นที่ ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราย หรือวัสดุเหลือทิ้งต่างๆ ที่มีความเหมาะสม นำมาผสมกับ ปูนซีเมนต์ และน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม อัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัดแล้วนำมาบ่มให้บล็อกแข็งตัวประมาณ 10 วัน จะได้คอนกรีตบล็อกที่มีความแข็งแกร่ง มีรูปลักษณะพิเศษ ที่สามารถใช้ในการก่อสร้างอาคารต่างๆ หรือก่อเป็นถังเก็บน้ำได้อย่างรวดเร็ว สวยงาม และประหยัดกว่างานก่อสร้างทั่วไป (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2559 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.), 2559)

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจจะนำฝุ่นจากโรงงานโม่หินมาใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสานซึ่งเป็นวัสดุก่อสร้างที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากฝุ่นจากโรงโม่หินเป็นฝุ่นที่เกิดจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก มีส่วนประกอบแคลเซียมออกไซด์(CaO) (เรณู ขำเลิศ และ อัศจรรย์ สุขธำรง, 2551) ที่สามารถทำปฏิกิริยากับซีเมนต์ (ชัชวาล เศรษฐบุตร, 2543) จึงมีแนวคิดในการกำจัดฝุ่นจากโรงโม่หินมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นการลดปริมาณของเสีย การศึกษาครั้งนี้มุ่งศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตอิฐบล็อกประสานจากฝุ่นโรงโม่หิน และศึกษาคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสานจากฝุ่นโรงโม่หินในอัตราส่วนที่เหมาะสมและเปรียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอิฐบล็อกประสาน มผช.602/2547 (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2559) ที่ได้กำหนดมาตรฐานค่าความต้านแรงอัดสำหรับอิฐบล็อกชนิดรับน้ำหนักที่ไม่ต่ำกว่า 7.0 เมกะพาสคาล (MPa) และอิฐบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่ 2.5 เมกกะพาสคาล(MPa) และกำหนดค่าการดูดกลืนน้ำอยู่ในช่วงไม่เกินร้อยละ 11.20-17.14 ซึ่งขึ้นกับน้ำหนักของบล็อกประสาน โดยผลการศึกษาที่ได้นอกจากจะเป็นการประยุกต์และพัฒนาการผลิตวัสดุก่อสร้างแล้ว ยังเป็นการใช้ประโยชน์ของเสียจากอุตสาหกรรมให้เกิดประโยชน์สูงสุดอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณน้ำและอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำฝุ่นโรงโม่หินมาผลิตอิฐบล็อกประสาน

2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของอิฐบล็อกประสานจากฝุ่นโรงโม่หินและเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช 602/2547)

ระเบียบวิธีวิจัย

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

ฝุ่นหินโรงโม่ จาก หจก.โรงโม่หินชุมแพรุ่งเรือง ตำบลวังสวาบ อำเภอภูผาม่าน จังหวัดขอนแก่น ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 น้ำสะอาดโดยใช้น้ำประปา ทรายละเอียดนำมาตากแดดและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 18 ขนาด 1 มม. หินฝุ่นนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ขนาด 4.75 มม. ผงฝุ่นจากโรงโม่หินนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ขนาด 0.8 มม.

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แบบอัดบล็อกประสานขนาด 12.5 ซม. x 24.5 ซม. x 10 ซม. เครื่องชั่ง ชุดตะแกรงร่อน เบอร์ 4, 18 และ 20 เตาอบ (Hot Air Oven) ถังน้ำ เกรียงเหล็ก เครื่องทดสอบความต้านแรงอัด แผ่นพลาสติก เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ กระบะผสมปูนและจอบ

การเตรียมการทดลอง

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่อวัสดุประสาน โดยใช้อัตราส่วน ปูนซีเมนต์:ฝุ่นโรงโม่หิน:ทราย:หินฝุ่น:น้ำ ที่ 1:0:2:4:(0.40, 0.45, 0.50, 0.55, 0.60, 0.65, 0.70, 0.75, 0.80) ส่วนโดยน้ำหนัก และได้ทำการหาอัตราส่วนผงฝุ่นโรงโม่หินที่เหมาะสมในการทำอิฐบล็อกประสาน โดยใช้อัตราส่วน ปูนซีเมนต์:ฝุ่นโรงโม่หิน:ทราย:หินฝุ่น:น้ำ ที่ (0.95, 0.90, 0.85, 0.80, 0.75, 0.70, 0.65, 0.60 และ 0.55) : (0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40 และ 0.45):2:4:0.55 ส่วนโดยน้ำหนัก แสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ

ขั้นตอนการทำตัวอย่าง

1. ทำการผสมทราย ปูนซีเมนต์ และหินฝุ่นโดยทำการกวนผสมเพื่อให้ส่วนผสมรวมตัวกันเป็นเนื้อเดียวกัน

2. จากนั้นเติมฝุ่นจากโรงโม่หินลงไปผสมโดยทำการกวนต่อเนื่อง และทำการเติมน้ำจนกว่าส่วนผสมจะรวมเป็นเนื้อเดียวกัน

3. นำส่วนผสมที่ได้บรรจุลงแบบบล็อกขนาด 12.5 ซม. x 24.5 ซม. x 10 ซม. โดยอัดตัวอย่างให้เต็มและอัดขึ้นรูป

4. นำบล็อกประสานที่ได้ไปบ่มโดยการฉีดน้ำให้ชุ่มแล้วห่อบล็อกประสานด้วยถุงพลาสติก เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ ทำการบ่มโดยใช้ระยะเวลาที่ต่างกัน โดยการศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมใช้เวลาบ่ม 7 และ 14 วัน ส่วนการศึกษาอัตราผงฝุ่นใช้เวลาบ่ม 7 และ 28 วัน ตามลำดับ

ตารางที่ 1 การออกแบบปริมาณน้ำที่เหมาะสม

ปูนซีเมนต์ (kg)	ผงฝุ่นโรงโม่หิน (kg)	ทราย (kg)	หินฝุ่น (kg)	ปริมาณน้ำ (W/C)
1.0	0	2	4	0.40
1.0	0	2	4	0.45
1.0	0	2	4	0.50
1.0	0	2	4	0.55
1.0	0	2	4	0.60
1.0	0	2	4	0.65
1.0	0	2	4	0.70
1.0	0	2	4	0.75
1.0	0	2	4	0.80

ตารางที่ 2 การออกแบบส่วนผสมที่เหมาะสม

ปูนซีเมนต์ (kg)	ผงฝุ่นโรงโม่หิน (kg)	ทราย (kg)	หินฝุ่น (kg)	ปริมาณน้ำ (W/C)
1.0	0	2	4	0.55
0.95	0.05	2	4	0.55
0.90	0.10	2	4	0.55
0.85	0.15	2	4	0.55
0.80	0.20	2	4	0.55
0.75	0.25	2	4	0.55
0.70	0.30	2	4	0.55
0.65	0.35	2	4	0.55
0.60	0.40	2	4	0.55
0.55	0.45	2	4	0.55

*ปริมาณน้ำที่ได้จากการทดลองที่ 1

การทดสอบคุณสมบัติของบล็อกประสาน

1. ความต้านแรงอัด (Compressive Strength)

การทดสอบค่าความต้านแรงอัดเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. 57/2530 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. 58/2530 โดยนำตัวอย่างอิฐบล็อกประสานที่ผสมแล้ว บ่มเป็นระยะเวลา 7 และ 14 วัน สำหรับการศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสม และ บ่ม 7 และ 28 วัน สำหรับการศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม ซึ่งมีขั้นตอนการเตรียมการทดสอบดังนี้

1) ก่อนการทดสอบต้องทำผิวของตัวอย่างให้เรียบ

2) วางก้อนตัวอย่างให้ตรงจุดกึ่งกลางแป้นทดสอบและเลื่อนแป้นให้ติดกับผิวตัวอย่าง

3) เพิ่มแรงอัดในอัตราส่วนที่สม่ำเสมอ

4) บันทึกค่าความสามารถในการรับแรงอัดสูงสุดที่อ่านค่าได้จากเครื่องทดสอบและคำนวณค่าความต้านแรงอัด จาก สมการ $S_c = P/A$ เมื่อ S_c คือความต้านแรงกดของตัวอย่าง (MPa), P คือค่าการโหลดตัวอย่างสูงสุด (N) ซึ่งแสดงการทดสอบของเครื่องและ A คือค่าเฉลี่ยของพื้นที่ผิวด้านบนและด้านล่างของตัวอย่าง (mm^2)

2. ทดสอบค่าการดูดกลืนน้ำ (Water Absorption)

การหาปริมาณการดูดกลืนน้ำ ทดสอบให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. 57/2530 และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก มาตรฐานเลขที่ มอก. 58/2530 โดยเปรียบเทียบน้ำหนักของอิฐบล็อกประสาน ที่ดูดกลืนน้ำได้ภายหลังการแช่ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง กับน้ำหนักของอิฐบล็อกประสานอบแห้ง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) นำก้อนตัวอย่างที่ได้จากการบ่ม 7 และ 28 วันจำนวน 3 ก้อนนำก้อนที่สมบูรณ์ที่สุดมาทดสอบ

2) วัดขนาดและชั่งตัวอย่างพร้อมทำสัญลักษณ์หรือหมายเลขไว้ที่ชุดตัวอย่างแต่ละชุดเพื่อป้องกันข้อมูลคาดเคลื่อน

3) นำเข้าตู้อบ อบที่อุณหภูมิ 110 – 115 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4) ทิ้งไว้ให้เย็นและชั่งน้ำหนักก้อนตัวอย่าง (W_d) บันทึกผล

5) นำตัวอย่างมาแช่ในภาชนะที่มีน้ำโดยแช่ให้ท่วมอิฐบล็อกประสานแช่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

6) นำมาชั่งน้ำหนักให้เสร็จภายใน 5 นาทีหลังจากที่ซับน้ำเสร็จแล้ว

7) คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำดังสมการที่ $W = (W_w - W_d) \times 100 / W_d$ เมื่อ W คือ ค่าการดูดกลืนน้ำ (ร้อยละ), W_w คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (กิโลกรัม) และ W_d คือ น้ำหนักตัวอย่างที่อบแห้ง (กิโลกรัม)

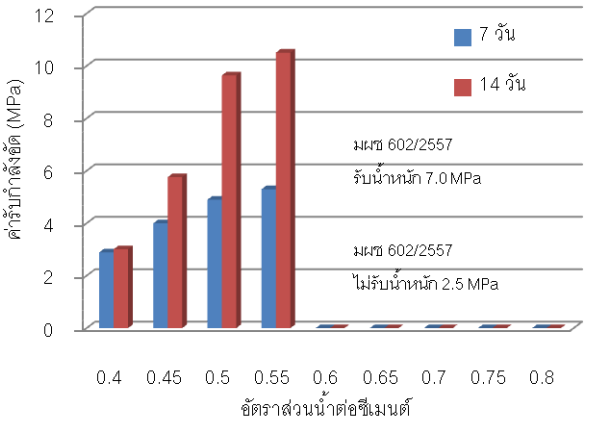
ผลการวิจัย

ผลการศึกษาหาอัตราส่วนน้ำที่เหมาะสม

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาหาอัตราส่วนน้ำที่เหมาะสมในการผลิตอิฐบล็อกประสานแสดงดังภาพที่ 1 ซึ่งเป็นภาพแสดงลักษณะของอิฐบล็อกประสานที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยมและมีเดือยตรงกลาง ในการศึกษานี้ออกแบบอัตราส่วน ปูนซีเมนต์: ฝุ่นโรงโม่หิน: ทราย: หินฝุ่น: น้ำ ที่ 1:0:2:4 :(0.40, 0.45, 0.50, 0.55, 0.60. 0.65, 0.70, 0.75 และ 0.80) โดยน้ำหนัก ซึ่งอัตราส่วนน้ำที่เหมาะสมจะพิจารณาจากค่าความต้านทานแรงอัด ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน และ 14 วัน โดยค่าความสามารถในการรับแรงอัดเฉลี่ยที่ได้จะแสดงได้ดังภาพที่ 2

จากภาพที่ 2 พบ อัตราส่วน ปูนซีเมนต์ : ฝุ่นโรงโม่หิน : ทราย : หินฝุ่น : น้ำ ที่ทำให้ค่าความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกประสานสูงที่สุด คือ อัตราส่วนที่ 1.0: 0: 2: 4: 0.55 โดยมีความต้านแรงอัดเฉลี่ยที่ 10.51 MPa ในระยะเวลาบ่ม 14 วัน โดยอัตราส่วนน้ำดังกล่าวจะนำไปใช้เป็นอัตราส่วนน้ำในการทดลองขั้นต่อไป อัตราส่วนดังกล่าวนี้ทำให้อิฐบล็อกประสานมีความต้านแรงอัดสูงกว่า มาตรฐาน มผช.602/2547 ที่กำหนดไว้ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความต้านแรงอัดมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณน้ำมีอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น และจากการทดสอบยังพบอีกว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนน้ำเป็น 0.60 ถึง 0.80 อิฐบล็อกประสานมีลักษณะเหลวและเมื่อถอดแบบออกก้อนตัวอย่างไม่อยู่ตัวและแตกออกทำให้ไม่สามารถนำไปทดสอบค่ากำลังอัดได้

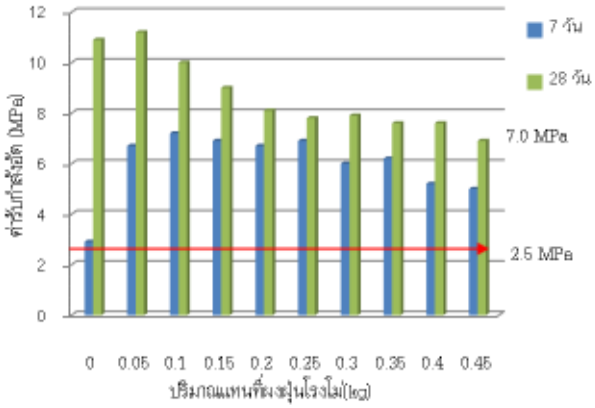
ภาพที่ 1 ลักษณะของอิฐบล็อกประสานจากการทดลอง



ภาพที่ 2 ผลการศึกษาหาอัตราส่วนน้ำที่เหมาะสม

ผลการศึกษาหาอัตราส่วนของฝุ่นโรงโม่หินที่เหมาะสม

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการหาอัตราส่วนผงฝุ่นโรงโม่หินที่เหมาะสมในการทำบล็อกประสาน โดยใช้อัตราส่วน ปูนซีเมนต์: ฝุ่นโรงโม่หิน: ทราย: หินฝุ่น: น้ำ ซึ่งอัตราส่วนผงฝุ่นโรงโม่หินที่เหมาะสมจะพิจารณาจากค่าความต้านแรงอัดและการดูดกลืนน้ำตามมาตรฐาน มผช 602/2547 ที่ระยะเวลาในการบ่ม 7 และ 28 วัน โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมแสดงได้ดังภาพที่ 3



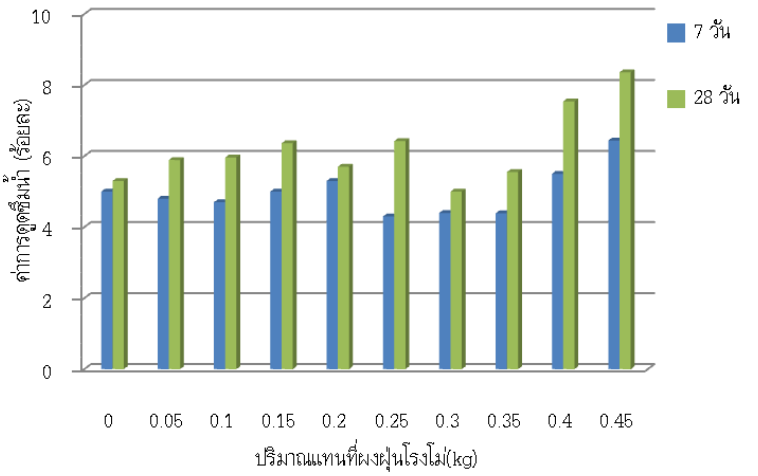
ภาพที่ 3 ผลการศึกษาความต้านแรงอัดของอิฐบล็อกประสานที่ระยะเวลาการบ่ม 7 และ 28 วัน

จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่าปริมาณปูนซีเมนต์ : ฝุ่นโรงโม่หิน : ทราย : หินฝุ่น : น้ำ ที่อัตราส่วน (0.95, 0.90, 0.85, 0.80, 0.75, 0.70, 0.65, 0.60 และ 0.55): (0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40 และ 0.45) : 2 : 4 : 0.55 โดยมีระยะเวลาการบ่ม 7 และ 28 วัน นั้น พบว่าอิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของผงฝุ่นโรงโม่หินมีค่าความต้านแรงอัด ผ่านมาตรฐานอิฐบล็อกประสาน(มผช.602/2547) ชนิดไม่รับน้ำหนักที่ไม่ต่ำกว่า 2.5 เมกะพาสคัล ในทุกอัตราส่วน ตั้งแต่ 7 วันแรก แต่ชนิดรับน้ำหนักนั้นมีค่าความต้านแรงอัดผ่าน 7.0 เมกะพาสคัล ต้องผ่านการบ่มไปแล้ว 28 วัน เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความต้านแรงอัดของตัวอย่างที่มีการแทนที่ด้วยฝุ่นโรงโม่หินมากขึ้น มีแนวโน้มลดลง ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มมากขึ้นพบว่า อิฐบล็อกประสานที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน นั้นไม่มีอัตราส่วนใดมีค่าความต้านแรงอัดผ่านมาตรฐานอิฐบล็อกประสานแบบรับน้ำหนัก แต่ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน พบว่าค่าความต้านแรงอัดผ่านมาตรฐานอิฐบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนักในทุกอัตราส่วนยกเว้นอัตราส่วนการแทนที่หินฝุ่น 0.45 kg

ผลการศึกษาค่าการดูดกลืนน้ำ

การทดสอบค่าการดูดกลืนน้ำของก้อนตัวอย่างของอิฐบล็อกประสานพบว่า เมื่อมีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยโรงโม่หินในปริมาณที่มากขึ้น จะส่งผลให้ค่าการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานมีค่าเพิ่มมากขึ้น และพบว่าที่ระยะเวลาการบ่มที่ 28 วัน จะมีค่าการดูดซึมน้ำสูงที่สุดและจะลดลงตามการเพิ่มปริมาณฝุ่นโรงโม่หิน โดยจะแสดงได้ดังภาพที่ 4

จากภาพที่ 4 จากการทดสอบค่าการดูดกลืนน้ำที่ระยะเวลาการบ่ม 7 และ 28 วัน ของก้อนตัวอย่างอิฐบล็อกประสานขนาด 12.5 x 25 x 10 ลบ.ซม. อัตราส่วนปูนซีเมนต์: ฝุ่นโรงโม่หิน: ทราย: หินฝุ่น: น้ำ ที่อัตราส่วน 1.0, 0.95, 0.90, 0.85, 0.80, 0.75, 0.70, 0.65, 0.60 และ 0.55: 0, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40 และ 0.45 : 2 : 4 : 0.55 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 4.30 ถึง 6.44 และ 5.00 ถึง 8.36 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดในช่วงร้อยละ 11.20-17.14 ตามน้ำหนักของอิฐบล็อกประสาน



ภาพที่ 4 ผลการศึกษาการดูดกลืนน้ำของอิฐบล็อกประสานในระยะเวลาบ่ม 7 และ 28 วัน

อภิปรายผล

การศึกษาหาอัตราส่วนน้ำที่เหมาะสม

จากการศึกษาอัตราส่วนน้ำที่เหมาะสม พบว่า ความต้านแรงอัดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์มากขึ้นจาก 0.40, 0.45 0.50 และ 0.55 ทั้ง 2 อายุ การบ่ม และพบว่าหากเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ตั้งแต่ 0.60 จนถึง 0.80 อิฐบล็อกประสานจะมีลักษณะร่วนและแตกออกจากกันไม่สามารถนำไปทดสอบความต้านทานแรงอัดได้ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำจะถูกใช้ในปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์เกิดเป็นวุ้นของผลิตภัณฑ์แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (ชัชวาล เศรษฐบุตร, 2543) เชื่อมประสานวัสดุมวลรวมที่ผสมเป็นอิฐบล็อกประสานและทำให้อิฐบล็อกประสานสามารถพัฒนากำลังอัดได้ตามอายุบ่มที่มากขึ้น จากภาพที่ 2 พบว่าอัตราส่วนน้ำที่เหมาะสมและทำให้ค่าความต้านทานแรงอัดของส่วนผสมมีค่าสูงสุดคือ 0.55 โดยมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากอัตราส่วนที่ 0.40, 0.45, 0.50 ซึ่งเป็นผลจากการขึ้นรูปอิฐบล็อกประสานมีความแตกต่างจากการขึ้นรูปคอนกรีตที่ต้องเทลงแบบหล่อก่อนบ่มไว้จนเริ่มก่อตัวแข็งจึงถอดออกจากแบบ แต่อิฐบล็อกประสานเมื่อผสมส่วนผสมแล้วทำการบรรจุลงในแบบและใช้แรงคนอัดส่วนผสมเข้าแบบ จากนั้นจึงนำก้อนตัวอย่างออกมาบ่มภายนอก ซึ่งการใช้อัตราส่วนน้ำที่น้อยเกินไปจะส่งผลให้การอัดก้อนตัวอย่างภายในแบบอัดแน่นไม่สมบูรณ์ทำให้ค่ากำลังอัดมีค่าน้อยกว่าอัตราส่วนน้ำที่สูงขึ้น ถ้ามีการออกแบบอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่พอเหมาะจะทำให้ก้อนตัวอย่างอัดแน่นพอดี ส่งผลให้มีค่าความต้านทานแรงอัดสูงขึ้น แต่ถ้ามีการใช้ปริมาณน้ำที่มากเกินไปจะทำให้มีน้ำส่วนที่เกินอยู่ภายในก้อนอิฐบล็อกประสานส่งผลให้ก้อนตัวอย่างไม่สามารถวัดค่าความต้านทานแรงอัดได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศตวรรษ หฤหรรษพงศ์ และ ทวิช พูลเงิน (2557) ที่ได้ศึกษา อิทธิพลของปริมาณน้ำต่อวัสดุประสานต่อกำลังอัด โครงสร้างจุลภาค และปริมาณการแทนที่ของซีเมนต์มอร์ต้าร์ที่ผสมนาโนซิลิกา และสรุปไว้ว่าน้ำที่เกินความจำเป็นต่อการทำปฏิกิริยาจะเป็นตัวกลางในการนำสารอันตรายเข้ามาทำอันตรายต่อก้อนตัวอย่างและและเกิดโพรงในก้อนตัวอย่างทำให้ของเหลวหรือก๊าซเข้าทำปฏิกิริยากับสารประกอบในก้อนตัวอย่างได้ นอกจากนี้ อภิชิต คำภาหล้า, โกสีห์ เทียมลม และจิระยุทธ สืบสุข (2557) ได้ศึกษาอิทธิพลของวิธีการบ่มต่อการพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต สรุปไว้เช่นกันว่ากำลังอัดของคอนกรีตจะมีค่าลดลงตามอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ที่มีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดของคอนกรีตและอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เป็นไปตามกฎของ อาบรัมส์ (Abrams, 1918 อ้างใน อภิชิต คำภาหล้า, โกสีห์ เทียมลม และจิระยุทธ สืบสุข 2557) จากเหตุผลดังกล่าวส่งผลให้อิฐบล็อกประสานไม่สามารถวัดค่าความต้านทานแรงอัดที่อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไปได้

การศึกษาหาอัตราส่วนของฝุ่นโรงโม่หินที่เหมาะสม

ความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสานขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของวัสดุผสม จากภาพที่ 3 พบว่า การแทนที่ด้วยฝุ่นโรงโม่หินเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความต้านทานแรงอัดลดลง ซึ่งการเพิ่มปริมาณฝุ่นเป็นการลดปริมาณซีเมนต์ทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชันน้อยลงด้วย และอีกปัจจัยหนึ่งคืออัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เนื่องจากปริมาณน้ำที่มากจนเกินกว่าปริมาณที่ทำปฏิกิริยาพอดีนั้น จะส่งผลให้ความต้านทานแรงอัดลดลง (ศตวรรษ หฤหรรษพงศ์ และ ทวิช พูลเงิน, 2557; บุรฉัตร ฉัตรวีระและเพิ่มพล ศรีนวล, 2555; อภิชิต คำภาหล้า และคณะ, 2557) ทั้งนี้การแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยวัสดุเฉื่อยจะทำให้องค์ประกอบทางเคมี โดยเฉพาะ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ที่มีมากในผงปูนซีเมนต์ลดลง โดยแคลเซียมออกไซด์เป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ดังนั้นผลิตภัณฑ์แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) จึงลดลงด้วย จึงส่งผลต่อค่าความต้านทานแรงอัดของก้อนอิฐบล็อกประสานที่มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับอิฐบล็อกประสานตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแล้วพบว่าก้อนตัวอย่างที่ผลิตขึ้นมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้ง 2 ชนิด โดยชนิดรับน้ำหนักต้องบ่มก้อนตัวอย่างให้อายุมากกว่า 28 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความต้านทานแรงอัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุบ่มที่เพิ่มขึ้นด้วย

การศึกษาค่าการดูดกลืนน้ำ

จากการศึกษาค่าการดูดกลืนน้ำ ดังภาพที่ 4 พบว่าการเพิ่มปริมาณฝุ่นโรงโม่หินในส่วนผสมทำให้ค่าการดูกลืนน้ำของก้อนตัวอย่างอิฐบล็อกประสานมีแนวโน้มโดยรวมเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องจากผงฝุ่นโรงโม่หินมีอนุภาคที่ใหญ่และหยาบกว่าปูนซีเมนต์ ทำให้ก้อนอิฐบล็อกประสานมีช่องว่างภายในจึงส่งผลให้น้ำซึ่งเป็นของเหลวสามารถแทรกซึมเข้าสู่ก้อนอิฐบล็อกประสานได้มากขึ้น แต่ทั้งหมดมีค่าไม่เกินร้อยละ 10 ซึ่งเมื่อเทียบกับมาตรฐานอิฐบล็อกรับน้ำหนัก มผช.602/2547 ที่กำหนดไว้ระหว่างร้อยละ 11.20-17.14 (ขึ้นกับน้ำหนักของก้อนอิฐบล็อกประสาน) แล้วพบว่าอิฐบล็อกประสานที่ผลิตได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มผช 602/2547 ตามที่กำหนด

สรุป

1. อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เหมาะสมต่อการนำไปขึ้นรูปบล็อกประสานคือ 0.55

2. ค่าการรับกำลังอัดในทุกอัตราส่วนผ่านมาตรฐาน มผช 602/2547 ชนิดไม่รับน้ำหนักในทุกอัตราส่วนตั้งแต่ระยะเวลาบ่ม 7 วันแรก ที่ค่ากำลังอัดไม่ต่ำกว่า 2.5 เมกะพาสคัสส่วนชนิดรับน้ำหนักนั้นมีบางอัตราส่วนที่ไม่ผ่านโดยส่วนใหญ่ใช้เวลาบ่มถึง 14 วันจึงผ่านมาตรฐานที่ไม่น้อยกว่า 7.0 เมกะพาสคัส

3. ค่าการดูดซึมน้ำของบล็อกประสาน ที่ระยะเวลาการบ่ม 7, 14, และ 28 วัน มีค่าการดูดซึมน้ำไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน มผช 602/2547

4. อัตราส่วนที่สามารถนำไปใช้งานได้ คือ อัตราส่วนที่มีการแทนที่หินฝุ่นตั้งแต่ 0.05 kg ขึ้นไปจนถึง 0.45 kg ซึ่งเหมาะกับการใช้งานแบบไม่รับน้ำหนัก เช่น งานก่อผนัง เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากพบว่าบล็อกประสานที่ผลิตได้นั้นผ่านเกณฑ์มาตรฐานบล็อกไม่รับน้ำหนักในทุกอัตราส่วนและผ่านในช่วงบ่มตั้งแต่ 7 วันแรก ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มปริมาณการแทนที่ผงฝุ่นเพิ่มเติมเพื่อทราบว่าบล็อกประสานสามารถเพิ่มอัตราส่วนได้ถึงปริมาณเท่าใด ทั้งนี้เพื่อเป็นการหาแนวทางการใช้ประโยชน์จากของเหลือทิ้งต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่สนับสนุนการวิจัยและขอขอบคุณบุคคลที่เกี่ยวข้องที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

รายการอ้างอิง

กฤติยา แก้วมณี และสมนึก ตั้งเติมสิริกุล. (2550). คุณสมบัติพื้นฐานและความคงทนของคอนกรีตและคอนกรีตผสมเถ้าลอยที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์และเถ้าลอยด้วยผงแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$). **วารสารคอนกรีต, 2**(ธันวาคม 2550). เข้าถึงเมื่อ 2 ธันวาคม 2559, จาก http://www.thaitca.or.th/images/journal/journal2/journal2-4.pdf.

เนรมิตร เหลาภา และ วัจน์วงค์ กรีพละ.(2558). การพัฒนาคอนกรีตมวลเบาระบบเซลลูล่าผสมหินฝุ่นและหินปูน. **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 20**. 8-10 กรกฎาคม 2558 จังหวัดชลบุรี.

บุรฉัตร ฉัตรวีระ และเพิ่มพล ศรีนวล.(2555) การศึกษาสมบัติของมอร์ต้าร์ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ประเภทที่ 5 ผสมเถ้าแกลบบดและผงหินปูน. **วารสารวิจัยและพัฒนา, 35**(2), 201-218.

รัชนี คงเมือง, สุดาว เลิศวิสุทธิไพบูลย์, ศิริศักดิ์ สุนทรไชย และ มัลลิกา ปัญญาคะโป, (2554). การผลิตบล็อกประสานโดยใช้กากตะกอนจากกระบวนการทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ ของโรงงานเหมืองแร่หินจังหวัดนครราชสีมา. **การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มสธ. ครั้งที่ 1.** 26 สิงหาคม 2554 จังหวัดกรุงเทพมหานคร.

เรณู ขำเลิศ และ อัศจรรย์ สุขธำรง.(2551). **รายงานการวิจัยเรื่อง เศรษฐกิจพอเพียงของผู้ปลูกมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา จากการใช้หินฝุ่นทดแทนปุ๋ยเคมี.** นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ศตวรรษ หฤหรรษพงศ์ และทวิช พูลเงิน. (2557). อิทธิพลของปริมาณน้ำต่อวัสดุประสานต่อกำลังอัดโครงสร้างจุลภาคและปริมาณการแทนที่ ของซีเมนต์มอร์ต้าร์ที่ผสมนาโนซิลิกา. **วารสารคอนกรีต, 22**(สิงหาคม 2557). เข้าถึงเมื่อ 21 ตุลาคม 2559, จาก http://www.thaitca.or.th/images/journal/journal22/journal%2022-1.pdf.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (2559). **เทคโนโลยีบล็อกประสาน วว. เพื่อการสร้างอาคารราคาประหยัด.** เข้าถึงเมื่อ 3 เมษายน 2559, จาก http://www.tistr.or.th/tistrblog/?tag=บล็อกประสาน.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม. (2559). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน อิฐบล็อกประสาน (มผช 602/2547).** เข้าถึงเมื่อ 3 เมษายน 2559, จาก http://app.tisi.go.th/otop/standard/standards.html.

สำนักบริหารและฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม.กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. (2559). **การแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองจากการทำเหมือง และโรงโม่บดและย่อยหิน.** เข้าถึงเมื่อ 3 เมษายน 2559, จาก http://www.dpim.go.th/laws/article?catid=122&articleid=306 .

อภิชิต คำภาหล้า, โกสีห์ เทียมลม และจิระยุทธ สืบสุข. (2557). อิทธิพลของวิธีการบ่มต่อการพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีต. **วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลภาคตะวันออก, 7**(2), 87-96. เข้าถึงเมื่อ 21 ตุลาคม 2559, จาก http://journal.rmutto.ac.th/index.php?menu=search.

อภิวิชญ์ พูลสง. (2556). การพัฒนาคอนกรีตมวลเบาผสมผงฝุ่นหินจากโรงโม่หิน. **วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, 6**(1), 94-102.