ผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานเพื่อวิสาหกิจชุมชนจากเศษหินแอนไฮไดรต์

Interlocking Block Product for Community Enterprises from Anhydrite Rock Fragments

อมเรศ บกสุวรรณ และ ประชุม คำพุฒ*

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

*E-mail: prachoom.k@en.rmutt.ac.th, choomy_gtc@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เศษหินของเหมืองแร่แอนไฮไดรต์สำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกประสาน ซึ่งเศษหินแอนไฮไดรต์เป็นวัสดุที่เหลือทิ้งจากระบวนการบดย่อยหินเพื่อนำไปทำการก่อสร้างมาใช้แทนมวลรวมปกติทั้งหมด โดยกำหนดส่วนผสมให้มีอัตราส่วน ปูนซีเมนต์ ต่อ เศษหินแอนไฮไดรต์ ต่อ น้ำประปา เท่ากับ 1: 6: 0.56, 1: 8: 0.72 และ 1: 9: 0.80 โดยน้ำหนักตามลำดับ ทำการผสมและอัดขึ้นรูปบล็อกประสานโดยใช้เครื่องอัดแบบมือโยก ได้เป็นตัวอย่างบล็อกประสาน ขนาด 10 x 10 x 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปทดสอบสมบัติต่าง ๆ ตามมาตรฐาน มผช.602-2547 ทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนตามมาตรฐาน ASTM C518 ผลการทดสอบพบว่า เมื่อผสมเศษหินแอนไฮไดรต์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้น้ำหนักแห้งต่อก้อน และความต้านทานแรงอัดมีค่าลดลง ในขณะที่อัตราการดูดกลืนน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าใกล้เคียงกัน ในทุกอัตราส่วนผสม สามารถสรุปได้ว่าเศษหินแอนไฮไดรต์ใช้เป็นมวลรวมในการผลิตบล็อกประสานได้ โดยมีคุณสมบัติผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานทุกอัตราส่วน และมีคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนเหมือนกับอิฐบล็อกประสานทั่วไป

คำสำคัญ: อิฐบล็อกประสาน เศษหินแอนไฮไดรต์ ความต้านทานแรงอัด มผช.602-2547

Abstract

The objective of this research was to use waste rock of mining anhydrite for developing interlocking block product. Waste rock of mining anhydrite is waste from grind rock process for construction which is coarse aggregates replaced all normal aggregate. Specify ratio mixer is cement per anhydrite waste equal as 1: 6: 0.56, 1: 8: 0.72 and 1: 9: 0.80 by weight, respectively. Mixed and casted interlocking block using compressors hand as interlocking block sample, a block size of 10 cm x 10 cm x 20 cm, testing according to various standards of TCPS.602-2547, testing thermal conductivity standard of ASTM C518. Testing result found when increasing mixed anhydrite volume the dry weight per pack and compressive strength are reduced. While ratio of water absorb is increase and thermal conductivity value is similar in all mixer ratio. Then the conclusion showed that anhydrite waste could be the total mass for produce interlocking block. Their properties reached to all ratio standards and it has insulation properties like interlocking block.

Keywords: Interlocking Block, Anhydrite Rock Fragments, Compressive Strength, TCPS.602-2547

1. ที่มาและความสำคัญ

อิฐบล็อกประสาน (Interlocking Block) เป็นหนึ่งในวัสดุก่อสร้างที่ได้รับความนิยมมากในชุมชน เนื่องจากถูกพัฒนารูปแบบให้มีรูและเดือยบนตัวบล็อก ทำให้สะดวกในการก่อสร้าง เน้นการใช้วัตถุดิบในพื้นที่ ได้แก่ ดินลูกรัง หินฝุ่น ทราย หรือวัสดุเหลือทิ้งต่าง ๆ ที่มีความเหมาะสม นำมาผสมกับปูนซีเมนต์ และน้ำ ในสัดส่วนที่เหมาะสม อัดเป็นก้อนด้วยเครื่องอัดแล้วนำมาบ่ม ให้บล็อกแข็งตัวประมาณ 10 วัน ได้บล็อกประสานที่มีความแข็งแกร่ง มีรูปลักษณะพิเศษ (วุฒินัย และคณะ, 2553) สามารถใช้ในการก่อสร้างอาคารต่าง ๆ หรือก่อเป็นถังเก็บน้ำได้อย่างรวดเร็ว สวยงาม และประหยัดกว่างานก่อสร้างทั่วไป (สมอ., 2547) อิฐบล็อกประสาน จึงเป็นวัสดุก่อสร้างที่ได้รับความนิยม และเป็นที่ต้องการของทั้งชุมชนท้องถิ่นและชุมชนเมือง

รูปที่ 1 ลักษณะเหมืองหินแอนไฮไดรต์ที่เกิดร่วมกับหินยิปซัมในจังหวัดนครศรีธรรมราช

จังหวัดนครศรีธรรมราช มีแหล่งหินแอนไฮไดรต์เกิดร่วมกับหินยิปซัม (รูปที่ 1) ซึ่งหินยิปซัมมีประโยชน์ในเชิงพาณิชย์มากกว่า โดยหินแอนไฮไดรต์จะถูกนำมาบดย่อยแยกขนาดเพื่อใช้ประโยชน์ในงานอุตสาหกรรมก่อสร้างเป็นหลัก ซึ่งกระบวนการเปิดหน้าเหมืองและกระบวนการบดย่อยนั้นจะเหลือเศษหินมีลักษณะเป็นเม็ดกรวดทราย หรือฝุ่นละอองเล็ก ๆ หรือที่เรียกว่าหินฝุ่น ที่ไม่มีมูลค่ากองอยู่เป็นจำนวนภายในเหมือง ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะนำวัสดุเหลือทิ้งดังกล่าวมาทำการผลิตเป็นอิฐบล็อกประสานจากเศษหินแอนไฮไดรต์เพื่อส่งเสริมให้เป็นวิสาหกิจชุมชน มีจุดเด่นในการใช้เศษหินแอนไฮไดรต์มาคัดขนาดที่เหมาะสม ให้สามารถใช้เป็นมวลรวมทดแทนมวลรวมปกติในการผลิตบล็อกประสานได้ทั้งหมดโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการที่ยุ่งยาก ก็จะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนอย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์

เพื่อวิจัยการใช้เศษหินแอนไฮไดรต์เป็นมวลรวมในการผลิตอิฐบล็อกประสานให้มีสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน และเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อใช้ผลิตเป็นสินค้าของวิสาหกิจชุมชน

3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการวิจัยนี้ ได้ใช้ทฤษฎีของคอนกรีตสด คุณสมบัติของมวลรวม ปริมาณน้ำในส่วนผสม (ปริญญา และชัย, 2555) และความรู้ทั่วไปในเรื่องการผลิตอิฐบล็อกประสาน (วุฒินัย และคณะ, 2553) ซึ่งเดิมวัสดุหลักเป็นดินลูกรัง แต่ปัจจุบันสามารถใช้วัสดุมวลรวมผสมได้อย่างหลากหลายโดยมีงานวิจัยการผลิตอิฐบล็อกประสานทั้งจากวัสดุเหลือทิ้งต่าง ๆ อาทิเช่น ตะกอนจากกระบวนการผลิตน้ำประปา (นพปฏล และเรืองรุชดิ์, 2550 ; จรูญ, 2553) หน้าดินจากเหมืองดินขาว (วุฒินัย และนรา, 2551) ตลอดจนการใช้เถ้าชีวมวลประเภทต่าง ๆ เช่น เถ้าแกลบ เถ้าชานอ้อย เถ้าปาล์มน้ำมัน เป็นส่วนผสม ร่วมกับปูนซีเมนต์ (ชูชัย และพินัยศักดิ์, 2553 ; สุธน และณิชาภา, 2557 ; สุบรรณ และคณะ, 2548) การใช้วัสดุจากธรรมชาติจากกะลาปาล์มน้ำมัน (จรูญ, 2555) และงานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ คือการใช้เศษหินแร่เป็นวัสดุมวลรวม เช่น การใช้แร่เพอร์ไลท์และแร่เวอร์มิคไลท์ (ฐิติ และมงคล, 2557) การใช้เศษหินแร่แอนดีไซต์ (อมเรศ และประชุม, 2559) เหล่านี้เป็นต้น ซึ่งจากผลจากการดำเนินงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมดังที่กล่าวมาแล้ว เมื่อมีการกำหนดอัตราส่วนที่เหมาะสมนั้น วัสดุแต่ละชนิดที่นำมาใช้เป็นมวลรวม สามารถนำมาทดแทนดินลูกรังได้ ซึ่งทำให้บล็อกประสานมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป ทั้งทางกายภาพและทางกล ส่วนในงานวิจัยนี้เลือกใช้เศษหินแร่แอนไฮไดรต์ มีค่าความแข็ง 3-3.5 ความถ่วงจำเพาะ 2.89-2.98 ไม่มีสี หรือสีขาวอมชมพูน้ำตาล ไม่ฟู่กรด มีความหนักกว่าแร่แคลไซต์ และ

อ่อนกว่าแร่ยิปซัม ทั้งนี้คาดว่าการใช้เศษหินแอนไฮไดรต์เป็นส่วนผสมมวลรวมทั้งหมดในการขึ้นรูปอิฐบล็อกประสานนั้น จะสามารถเลือกอัตราส่วนที่มีคุณสมบัติผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนมาใช้งานจริงในเชิงพาณิชย์ได้

4. วิธีดำเนินงานวิจัย

4.1 วัสดุและอุปกรณ์

4.1.1 วัสดุที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย ประกอบด้วย

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

2) เศษหินแอนไฮไดรต์ จากจังหวัดนครศรีธรรมราช (รูปที่ 2) นำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ค้างเบอร์ 200

3) น้ำประปา หรือน้ำสะอาด

4.1.2 อุปกรณ์ที่จำเป็นในการวิจัย ประกอบด้วย

1) เครื่องชั่งน้ำหนัก

2) เครื่องผสมคอนกรีต

3) เครื่องอัดบล็อกประสานแบบมือโยก

4) แบบหล่อบล็อกประสาน ขนาด 10 x 10 x 20 ลบ.ซม.

5) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM)

6) ชุดทดสอบการดูดกลืนน้ำ

7) ตู้อบ

8) ชุดทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

รูปที่ 2 เศษหินแอนไฮไดรต์จากจังหวัดนครศรีธรรมราชลักษณะมีสีค่อนข้างขาว

4.2 การกำหนดอัตราส่วนผสม

ออกแบบอัตราส่วนผสมจากอัตราส่วนของบล็อกประสานที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด แล้วทำการกำหนดอัตราส่วนผสมจากวิสาหกิจชุมชนที่ดำเนินงานร่วมกับ บริษัท พี.เอ็น.บล็อก จำกัด เป็น 3 อัตราส่วน คือ ปูนซีเมนต์ ต่อ เศษหินแอนไฮไดรต์ เท่ากับ 1 : 6, 1 : 8 และ 1 : 9 ตามลำดับ ปริมาณน้ำเท่ากับร้อยละ 8 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์รวมกับเศษหินแอนไฮไดรต์ เพื่อให้มีความชื้นที่พอเหมาะกับการขึ้นรูป ทำการควบคุมความชื้นโดยกำหนดให้คำนวณจากวัสดุที่อิ่มตัวผิวแห้ง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของอิฐบล็อกประสาน (โดยน้ำหนัก)

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	เศษหินแอนไฮไดรต์	น้ำประปา (ร้อยละ 8 ของปูนซีเมนต์+มวลรวม)
1 : 6	1	6	0.56
1 : 8	1	8	0.72
1 : 9	1	9	0.80

4.3 การขึ้นรูปและทดสอบสมบัติต่าง ๆ

เริ่มจากการนำเศษหินแอนไฮไดรต์มาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ค้างตะแกรงเบอร์ 200 ทำความสะอาด แล้วตวงส่วนผสมตามที่กำหนดในตารางที่ 1 จากนั้นผสมเศษหินแอนไฮไดรต์กับปูนซีเมนต์ให้เข้ากันก่อน แล้วค่อย ๆ เติมน้ำโดยใช้ฝักบัวหรือหัวฉีดพ่นให้เป็นละอองกว้างในปริมาณที่พอเหมาะ การผสมควรหยุดเครื่องเพื่อเกลี่ยส่วนผสมที่ติดอยู่ข้างเครื่องผสมออกเป็นระยะ ๆ ภายหลังจากผสมเศษหินแอนไฮไดรต์และปูนซีเมนต์เข้ากันแล้ว นำส่วนผสมดังกล่าวเข้าเครื่องอัดบล็อกประสานทันที (รูปที่ 3) เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ หากบล็อกประสานถอดออกจากแบบได้ยาก ให้ทำการพรมน้ำหรือทาน้ำมันบริเวณแบบจะสามารถถอดแบบออกได้ง่ายขึ้น บล็อกประสานที่ได้นำมาจัดเรียงในที่ร่มจนมีอายุครบ 1 วัน เริ่มบ่มโดยการรดน้ำด้วยฝักบัวหรือฉีดพ่นเป็นละอองให้ชุ่ม แล้วคลุมด้วยผ้าพลาสติกไม่ให้ไอน้ำระเหยออก หลังจากทำการบ่มบล็อกประสานตามอายุที่ต้องการ (รูปที่ 4) จึงนำไปทดสอบสมบัติต่าง ๆ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.602-2547) เรื่อง อิฐบล็อกประสาน (2547) ประกอบด้วย ลักษณะทั่วไป, น้ำหนักเมื่ออบแห้ง, การดูดกลืนน้ำ, ความต้านทานแรงอัด (รูปที่ 5) และทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C518 (2015)

รูปที่ 3 การขึ้นรูปตัวอย่างอิฐบล็อกประสานจากเศษหินแอนไฮไดรต์ (บรรยากาศการฝึกอบรมให้ชุมชน)

รูปที่ 4 ลักษณะอิฐบล็อกประสานจากเศษหินแอนไฮไดรต์กองบ่มในสภาพอากาศปกติ

รูปที่ 5 การทดสอบความต้านทานแรงอัดของก้อนตัวอย่างอิฐบล็อกประสาน

5. ผลและวิจารณ์

5.1 ลักษณะทั่วไป

ผลการตรวจพินิจลักษณะทั่วไปของบล็อกประสานผสมแอนไฮไดรต์ ที่มีส่วนผสมตามตารางที่ 1 พบว่าบล็อกประสานทุกอัตราส่วนมีขนาดหรือมิติเป็นไปตามต้องการโดยไม่มีการขยายหรือหดตัว และมีลักษณะสีเทา-ขาว (รูปที่ 4) ซึ่งอ่อนกว่าบล็อกประสานจากฝุ่นหินปูนหรือบล็อกประสานจากดินลูกรัง ที่จำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด และในด้านอัตราส่วนของบล็อกประสานที่มีปริมาณเศษหินแอนไฮไดรต์มากเกินกว่าอัตราส่วน 1 : 9 ซึ่งไม่ได้นำมาแสดงอัตราส่วนในตารางที่ 1 พบว่าขอบของบล็อกประสานมีการแตกบิ่นได้ง่าย เนื่องจากปูนซีเมนต์ทำหน้าที่ยึดเกาะมวลรวมมีปริมาณไม่เพียงพอ ทำให้เศษหินแอนไฮไดรต์เกิดการหลุดและแตกบิ่นโดยเฉพาะบริเวณขอบที่มีพื้นที่การยึดเกาะน้อย และมีการไหลของส่วนผสมเข้าแบบได้ไม่ค่อยดี (ชัชวาลย์, 2547)

5.2 น้ำหนักเมื่ออบแห้ง การดูดซึมน้ำ และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

การตรวจพินิจลักษณะทั่วไป น้ำหนักเมื่ออบแห้ง การดูดซึมน้ำ และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ของก้อนตัวอย่างอิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของเศษหินแอนไฮไดรต์ทดแทนหินฝุ่น แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 น้ำหนักแห้ง การดูดกลืนน้ำ และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

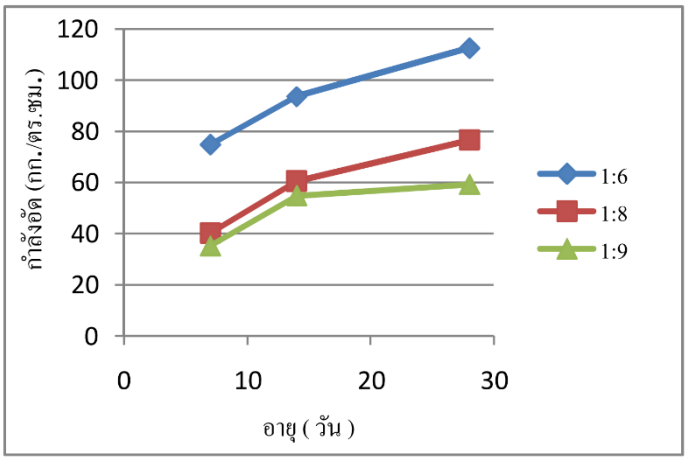
อัตราส่วน	น้ำหนักแห้ง (กก.)	การดูดกลืนน้ำ (กก./ลบ.ม.)	สปส.การนำความร้อน (วัตต์/ม.-องศาเคลวิน)
1 : 6	4.65	215	0.321
1 : 8	4.38	226	0.317
1 : 9	4.32	229	0.311

ผลการทดสอบน้ำหนักเมื่ออบแห้งและการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสานผสมเศษหินแอนไฮไดรต์ แสดงในตารางที่ 2 พบว่าแนวโน้มของการเพิ่มปริมาณของเศษหินแอนไฮไดรต์ ที่ส่งผลให้บล็อกประสานมีน้ำหนักต่อก้อนลดลง และน้ำที่ถูกดูดเข้าไปภายในบล็อก โดยอัตราส่วน 1 : 6 เป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณเศษหินแอนไฮไดรต์ต่ำที่สุด มีน้ำหนักอบแห้งต่อก้อนมากที่สุด และมีการดูดกลืนน้ำน้อยที่สุด รองลงมาคือ อัตราส่วน 1 : 8 และ 1 :9 เป็นอัตราส่วนที่มีน้ำหนักอบแห้งต่อก้อนน้อยที่สุด และมีการดูดกลืนน้ำสูงที่สุดเรียงไปตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากการผสมเศษหินแอนไฮไดรต์ในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้มีสัดส่วนของปูนซีเมนต์น้อยลง เมื่อทำการผสมและขึ้นรูปเป็นก้อนทำให้บล็อกประสานมีเนื้อที่ร่วนมากขึ้น ทำให้เกิดมีช่องว่างสำหรับอากาศ และการดูดกลืนน้ำมากขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ดีอิฐบล็อกประสานทุกอัตราส่วนมีคุณสมบัติการดูดกลืนน้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มผช.602-2547 ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 288 กก./ลบ.ม.

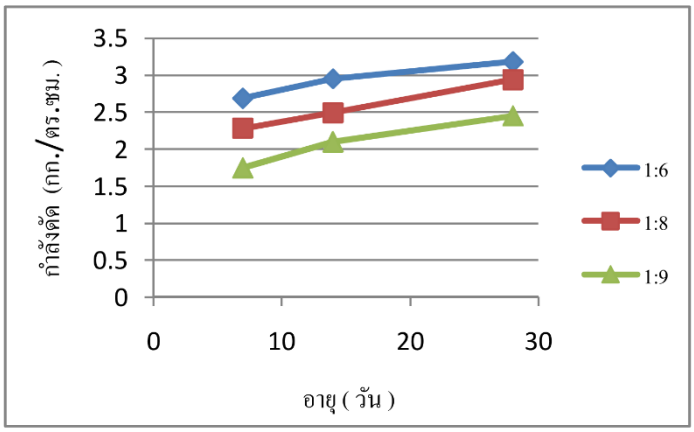
ส่วนผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามตารางที่ 2 พบว่าเมื่อผสมเศษหินแอนไฮไดรต์ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น มีแนวโน้มทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดลงเล็กน้อย ซึ่งไม่ได้ส่งผลต่อการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้นเท่าใดนัก โดยทุกอัตราส่วนมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนใกล้เคียงกันที่ประมาณ 0.311-0.321 วัตต์/เมตร-องศาเคลวิน ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อของบล็อกประสานที่มีการอัดแน่นในการตวงโดยกำหนดให้แต่ละก้อนมีน้ำหนักเท่ากันทุกก้อน จึงส่งผลให้เนื้อของบล็อกประสานทุกอัตราส่วนมีความแน่นใกล้เคียงกัน ถึงแม้จะกำหนดอัตราส่วนโดยน้ำหนักแตกต่างกันก็ตาม อย่างไรก็ดีบล็อกประสานที่ผสมเศษหินแอนไฮไดรต์เป็นมวลรวมจะมีคุณสมบัติในด้านความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนระดับปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีต, อิฐมอญ และคอนกรีตบล็อกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เท่ากับ 1.28, 1.15 และ 0.519 วัตต์/เมตร-องศาเคลวิน ตามลำดับ (Young, 1992)

5.3 ความต้านทานแรงอัดและความต้านทานแรงดัด

การทดสอบความต้านทานแรงอัดหรือกำลังอัดของอิฐบล็อกประสานผสมเศษหินแอนไฮไดรต์ เป็นข้อกำหนดตามมาตรฐาน มผช.602-2547 โดยทำการเจียรผิวหน้าของบล็อกประสานให้เรียบ และทำการทดสอบที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน แล้วคำนวณเป็นค่าความต้านทานแรงอัด โดยใช้ค่าเฉลี่ยของก้อนตัวอย่างอิฐบล็อกประสานอัตราส่วนละ 10 ก้อน ผลการทดสอบดังรูปที่ 6 ส่วนการทดสอบความต้านทานแรงดัดหรือกำลังดัดของอิฐบล็อกประสานไม่ได้กำหนดไว้ในมาตรฐาน แต่ทำการทดสอบเพื่อทราบแนวโน้มของข้อมูลผลที่ได้เพื่อเป็นแนวทางการดำเนินงานต่อไป ซึ่งผลการทดสอบดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความกำลังอัดและอายุการบ่มของอิฐบล็อกประสาน



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดัดและอายุการบ่มของอิฐบล็อกประสาน

จากรูปที่ 6 และ รูปที่ 7 ผลการทดสอบกำลังอัดและกำลังดัดของอิฐบล็อกประสานแต่ละอัตราส่วนที่อายุการบ่มต่าง ๆ พบว่าค่ากำลังอัดและกำลังดัดเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่มของอิฐบล็อกประสานที่มากขึ้น ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีต (ชัชวาลย์ และคณะ, 2547) เมื่อผสมเศษหินแอนไฮไดรต์ ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้กำลังอัดและกำลังดัดมีแนวโน้มลดลง โดย

อัตราส่วนที่ปูนซีเมนต์ต่อเศษหินแอนดีไซต์ เท่ากับ 1 : 6 และ 1 : 8 มีค่าความต้านทานแรงอัดมากกว่า 7 เมกะพาสคัล สามารถจัดอยู่ในประเภทอิฐบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนัก ส่วนอัตราส่วนที่ 1 : 9 จัดอยู่ในประเภทอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก (มีค่าความต้านทานแรงอัดมากกว่า 2.5 เมกะพาสคัล แต่ไม่ถึง 7 เมกะพาสคัล) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อผสมเศษหินแอนไฮไดรต์ในปริมาณที่มากขึ้นทำให้ปริมาณปูนซีเมนต์สำหรับทำปฏิกิริยาเป็นสารเชื่อมประสานน้อยลง (ชัชวาลย์ และคณะ, 2547) อิฐบล็อกประสานมีรูพรุนมากขึ้น เกาะตัวกันแน่นลดลง ส่งผลให้กำลังอัดและกำลังดัดต่ำลง ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักแห้งและค่าสัมประสิทธิ์ที่ลดลง ส่วนการดูดซึมน้ำมากขึ้นตามตารางที่ 2 ในด้านกำลังดัดที่ต่ำลงนั้นอาจส่งผลต่อการเคลื่อนย้ายก้อนบล็อกประสานขณะทำการขนส่งที่ต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดการแตกหักเสียหาย ซึ่งในการทดลองครั้งต่อไปควรมีการกำหนดปริมาณน้ำให้มีความเหมาะสมกับแต่ละอัตราส่วน ก็จะช่วยให้คอนกรีตบล็อกมีค่ากำลังอัดสูงขึ้นได้

5.4 ต้นทุนการผลิตอิฐบล็อกประสานผสมเศษหินแอนไฮไดรต์

การคำนวณต้นทุนการผลิตบล็อกประสานเพื่อออกจำหน่าย เป็นต้นทุนที่คิดโดยอ้างอิงจาก โรงงานของบริษัท พี.เอ็น.บล็อก จำกัด แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตบล็อกประสานเพื่อออกจำหน่าย (ราคาบาทต่อก้อน)

อัตราส่วนผสม	บล็อกประสานผสมเศษหินแอนไฮไดรต์	บล็อกประสานปกติผสมลูกรัง
1 : 6	3.21	3.50
1 : 8	3.05	3.23
1 : 9	3.01	3.21

จากตารางที่ 3 พบว่าต้นทุนในการผลิตบล็อกประสานเพื่อออกจำหน่ายของบล็อกประสานที่มีเศษหินแอนไฮไดรต์เป็นส่วนผสมนั้น มีต้นทุนที่ต่ำกว่าบล็อกประสานที่มีดินลูกรังเป็นส่วนผสมอยู่เล็กน้อย โดยปกติราคาขายอิฐบล็อกประสานอยู่ที่ก้อนละ 5 - 8 บาท ดังนั้นจึงสามารถส่งเสริมให้ผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์เป็นสินค้าของวิสาหกิจชุมชนได้

6. สรุปผล

การใช้เศษหินของเหมืองแร่แอนไฮไดรต์สำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกประสานเพื่อเป็นวิสาหกิจชุมชนนั้น สามารถสรุปได้ว่า เศษหินแอนไฮไดรต์จากเหมืองหินของจังหวัดนครศรีธรรมราช สามารถนำมาขึ้นรูปและใช้งานเป็นบล็อกประสานได้ทั้งชนิดรับน้ำหนักและชนิดไม่รับน้ำหนักได้ โดยชนิดรับน้ำหนักสามารถผสมเศษหินแอนไฮไดรต์ถึงอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเศษหินแอนไฮไดรต์เท่ากับ 1: 8 ส่วนอัตราส่วนผสม 1 : 9 จะเป็นชนิดไม่รับน้ำหนัก โดยทั้ง 2 ประเภทนั้น มีสมบัติด้านอื่น ๆ ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มผช. 602-2547 ทั้งหมด โดยพบว่าปริมาณเศษหินแอนไฮไดรต์ที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้น้ำหนักแห้งต่อก้อนลดลง การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น ความต้านทานแรงอัดลดลง ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดลง ทั้งนี้การผสมเศษหินแอนไฮไดรต์ในปริมาณมาก ยังสามารถลดต้นทุนในการผลิตอิฐบล็อกประสานภายในชุมชนได้จากการที่ไม่ต้องสั่งซื้อลูกรังหรือฝุ่นหินปูนจากพื้นที่อื่น ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับการนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกประสานจากเศษหินแอนไฮไดรต์สำหรับวิสาหกิจชุมชนได้เป็นอย่างดี

7. กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี งบประมาณรายจ่ายประจำปี 2561 และ ความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

8. เอกสารอ้างอิง

จรูญ เจริญเนตรกุล, 2553. อิฐบล็อกประสานผสมตะกอนจากระบบประปา, **การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนยีราชมงคล ครั้งที่ 3** ณ ศูนย์ประชุมสถาบันจุฬาภรณ์, กรุงเทพ, 24-26 พฤศจิกายน 2553. หน้า 26.

จรูญ เจริญเนตรกุล, 2555. อิฐบล็อกประสานผสมกะลาปาล์ม. **การประชุมวิชาการการพัฒนาชนบทที่ยั่งยืนประจำปี 2555**, ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 16-19 กุมภาพันธ์ 2555. หน้า 467-474.

ชูชัย สุจิวรกุล และพินัยศักดิ์ พรหมศร, 2553. บล็อกซีเมนต์ประสานที่ใช้เถ้าแกลบดำ เถ้าแกลบขาว หรือเถ้าชานอ้อยเป็นส่วนผสม. **การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 6**, ณ โรงแรมแกรนด์ แปซิฟิค ซอฟเฟอริน รีสอร์ท แอนด์ สปา, เพชรบุรี. 20-22 ตุลาคม 2553. หน้า 419-426.

ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, สมหวัง แม้นพิมลชัย, สมชาย จิตต์วโรดม และ ธีระยุทธ พันธ์มีเชาว์, 2547. **ปูนซีเมนต์และการประยุกต์ใช้งาน**. บริษัท ปูนซิเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด.

ฐิติ สะวิคามิน และมงคล นามลักษณ์, 2557. การพัฒนาบล็อกดินซีเมนต์มวลเบาด้วยแร่เพอร์ไลท์และเวอร์มิคูไลท์. **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19**, โรงแรมพูลแมน ขอนแก่น ราชา ออคิด, ขอนแก่น.

นพปฏล เสงี่ยมศักดิ์ และเรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์, 2550. **การใช้ตะกอนน้ำประปาเพื่อเป็นส่วนผสมในบล็อกประสาน**, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาครั้งที่ 12, ณ โรงแรม อมรินทร์ลากูน, พิษณุโลก. 2-4 พฤษภาคม 2550. MAT 056 หน้า 223.

ปริญญา จินดาประเสริฐ, ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2555. **ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต**, พิมพ์ครั้งที่ 7, สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย, 381 หน้า.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องอิฐบล็อกประสาน (มผช.602-2547).** สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กระทรวงอุตสาหกรรม.

วุฒินัย กกกำแหง และ นรา รัตนวงศ์, 2551. บล็อกประสานจากหน้าดินขาว. **การประชุมวิชาการ วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 13**. ณ โรงแรม จอมเทียนปาล์มบีช, พัทยา, ชลบุรี. 14-16 พฤษภาคม 2551. MAT021.

วุฒินัย กกกำแหง, สุวัฒน์ชัย ทองน้อย, วัฒนพงศ์ หิรัญมาลย์ และพรเทพ พวงประโคน, 2553. ค่ากำลังอัดและการดูดกลืนน้ำของบล็อกประสาน วว., **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 15**, สุนีย์แกรนด์แอนด์คอนเวนชั่น เซนเตอร์, อุบลราชธานี, 12 -14 พฤษภาคม 2553, หน้า 209.

สุธน รุ่งเรือง และณิชาภา มินาบูลย์, 2557. ความเป็นไปได้ในการใช้เถ้าแกลบร่วมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ในการผลิตบล็อกประสานหินฝุ่น**, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19**, โรงแรมพูลแมน ขอนแก่น ราชา ออคิด, ขอนแก่น.

สุบรรณ ตาคำวัน , วิศรุต เรืองฤทธิ์, อารยา กิ่งหลักเมือง, 2548. คุณสมบัติทางกลบล็อกประสานผสมเถ้ากะลามะพร้าว, การ**ประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 8**. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 26 พฤศจิกายน 2558, หน้า 195-200.

อมเรศ บกสุวรรณ และประชุม คำพุฒ, 2559. การใช้เศษหินของเหมืองแร่แอนดีไซต์สำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์บล็อกประสาน. **การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 15**. โรงแรมเดอะทวิน ทาวเวอร์ รองเมือง. กรุงเทพฯ. หน้า 12R2-13 1-7.

ASTM C518-15, 2015. **Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus**, ASTM International, West Conshohocken, PA.Young, Hugh D., 1992. **Hyper Physics**. University Physics. Addison Wesley.