

การศึกษาคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักผลิตจากหินฝุ่นบะซอลต์ผสมเถ้าขานอ้อย ในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์

จิรวัดน์ วิมุตติสุขวิริยา^{1*}

Received : December 14, 2020

Revised : April 25, 2021

Accepted : April 27, 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักผลิตจากหินฝุ่นบะซอลต์ผสมเถ้าขานอ้อยในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์ ขั้นตอนการวิจัยเริ่มจากการทดสอบคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกที่ผลิตและจำหน่ายในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียง จากนั้นผลิตคอนกรีตบล็อกตัวอย่าง คือ คอนกรีตบล็อกจากหินฝุ่นบะซอลต์ทั้งผสมและไม่ผสมเถ้าขานอ้อย ดำเนินการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพเมื่อคอนกรีตบล็อกมีอายุ 28 วัน และทดสอบกำลังอัดเมื่อมีอายุ 14 วัน 28 วัน และ 60 วัน โดยตัวอย่างทดสอบแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อกที่ผลิตและจำหน่ายในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียง กลุ่มที่ 2 คอนกรีตบล็อกที่ผลิตจากหินฝุ่นบะซอลต์ และกลุ่มที่ 3 คอนกรีตบล็อกที่ผลิตจากหินฝุ่นบะซอลต์ผสมเถ้าขานอ้อย ผลการวิจัยพบว่าคอนกรีตบล็อกที่ผลิตและจำหน่ายในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียงส่วนใหญ่มีกำลังอัดเฉลี่ยผ่านเกณฑ์แต่มีขนาดเล็กกว่าข้อกำหนดในมาตรฐาน มอก. 58-2530 คอนกรีตบล็อกที่มีผนังกันโพรงและเปลือกบางมีแนวโน้มความหนาแน่นมากกว่าที่มีผนังกันโพรงและเปลือกหนา ทั้งนี้คอนกรีตบล็อกที่ผลิตจากหินฝุ่นบะซอลต์ผสมเถ้าขานอ้อยที่สัดส่วน 0.15 โดยน้ำหนักซีเมนต์ มีแนวโน้มความหนาแน่นมากกว่าที่ไม่ผสมเถ้าขานอ้อย ขณะที่การดูดกลืนน้ำและความพรุนคอนกรีตบล็อกจะลดลงเมื่อใช้อัตราส่วนผสมที่มีปริมาณซีเมนต์เพิ่มขึ้นหรือเมื่อผสมเถ้าขานอ้อยที่สัดส่วน 0.15 โดยน้ำหนักซีเมนต์ ถึงแม้ว่าการใช้หินฝุ่นบะซอลต์ในการผลิตคอนกรีตบล็อกต้องใช้ปริมาณซีเมนต์มากกว่าหินฝุ่นหินปูนจึงจะมีกำลังอัดใกล้เคียงกันแต่การผสมเถ้าขานอ้อยจะช่วยลดต้นทุนการผลิตในขณะที่ความแข็งแรงยังคงเดิม อนึ่งปริมาณเถ้าขานอ้อยเหมาะสมควรมีสัดส่วนผสมระหว่าง 0.1-0.2 โดยน้ำหนักซีเมนต์ จึงจะช่วยเพิ่มกำลังอัดคอนกรีตบล็อกได้ประมาณร้อยละ 7-8

คำสำคัญ: คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก เถ้าขานอ้อย หินฝุ่นบะซอลต์

¹ อาจารย์ประจำ สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

อีเมล: jirawat.wm@bru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: jirawat.wm@bru.ac.th

STUDY ON THE PROPERTIES OF NON-LOAD-BEARING CONCRETE BLOCKS PRODUCED FROM BASALT DUST MIXED WITH BAGASSE ASH IN MUANG BURIRAM DISTRICT

Cheellawad Vimuttasoongviriya^{1*}

Abstract

The objective of this research was to study the properties of non-load bearing concrete blocks produced from basalt dust mixed with bagasse ash in the area of Muang Buriram District. The research process started with testing the properties of concrete blocks produced and sold in Muang Buriram and nearby areas. After that, the samples of concrete block made up of basalt dust blocks mixed and without bagasse ash were produced. The physical properties of the concrete block were tested 28 days had passed and the compressive strength was tested after 14 days, 28 days, and 60 days had passed, respectively. The concrete blocks were divided into 3 groups: Group 1, concrete blocks produced and sold in Muang Buriram District and nearby areas; Group 2, concrete blocks produced from basalt dust; and Group 3, concrete blocks produced from basalt dust mixed with bagasse ash. The results of this research showed that most concrete blocks in Muang Buriram District and nearby had the average compressive strength through the criteria but smaller than the requirements of Thai Industrial Standard (TIS 58-2530). The concrete blocks with thin cavity walls and thin shell tended to be denser than those with thick cavity and thick shell. However, the concrete blocks from basalt dust with proportion of bagasse ash at 0.15 by cement weight tended to be denser than those without bagasse ash. The water absorption and porosity of concrete blocks decreased with increasing cement content or bagasse ash mixture at proportion of 0.15 by cement weight. In case of equal compressive strength, the concrete blocks produced from basalt dust use more cement than those produced from lime dust. Furthermore, the concrete block mixed with bagasse ash reduced production costs while maintaining the same strength. Besides, the compressive strength of concrete blocks is increased approximately 7-8% if the bagasse ash was added at the proportion of 0.1-0.2 by cement weight.

Keywords: Non-load-bearing concrete blocks, Bagasse ash, Basalt dust

¹ Lecturer of Department of Civil Engineering Technology, Faculty of Industrial Technology, Buriram Rajabhat University, e-mail: jirawat.wm@bru.ac.th

* Corresponding author, e-mail: jirawat.wm@bru.ac.th

บทนำ

คอนกรีตบล็อก (Concrete block หรือ Concrete masonry units) เป็นวัสดุก่อผนังที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ น้ำและวัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่าง ๆ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 57-2530 และ มอก. 58-2530 แบ่งคอนกรีตบล็อกออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดที่ 1 คอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักและชนิดที่ 2 คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก คอนกรีตบล็อกคุณภาพดีตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต้องปราศจากรอยแตกร้าวและจะต้องผ่านเกณฑ์การวัดขนาดและกำลังอัด คอนกรีตบล็อกที่ผลิตในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียงส่วนใหญ่เป็นชนิดไม่รับน้ำหนักที่ผลิตจากหินฝุ่นหินปูนจากจังหวัดสระบุรี ถ้าหากคอนกรีตบล็อกที่ผลิตในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์สามารถใช้หินฝุ่นในท้องถิ่นได้ย่อมส่งผลดีต่อชุมชน รายงานการจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี (กรมทรัพยากรธรณี, 2553) กล่าวว่า พื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์มีหินอัคนีจำพวกหินภูเขาไฟชนิดบะซอลต์อยู่ทางใต้ของอำเภอเมืองบุรีรัมย์และพื้นที่ใกล้เคียง ส่งผลให้มีอุตสาหกรรมเหมืองแร่หินบะซอลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้างหลายแห่งและแต่ละปีกำลังการผลิตจำนวนมาก อนึ่งมีโรงงานผลิตคอนกรีตบล็อกในจังหวัดบุรีรัมย์ได้ศึกษาการนำหินฝุ่นบะซอลต์มาใช้เป็นวัสดุผสมอย่างต่อเนื่อง โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 แนวทาง คือ แนวทางที่ 1 การปรับสัดส่วนผสมระหว่างซีเมนต์และหินฝุ่นบะซอลต์ และแนวทางที่ 2 การนำ หินฝุ่นบะซอลต์ผสมกับหินฝุ่นหินปูน ทั้งนี้ สัจจะชาญ พรตมะลิ และประชุม คำพุ่ม (2560) ได้ศึกษาการนำหินฝุ่นบะซอลต์ไปรวมผสมกับหินฝุ่นหินปูนผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกพบว่า คอนกรีตบล็อกที่ผสมหินฝุ่นบะซอลต์ไปรวมปริมาณมากทำให้ความหนาแน่น กำลังอัดและการนำความร้อนลดลงเมื่อเทียบกับที่ผลิตจากหินฝุ่นหินปูนเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามการนำหินฝุ่นบะซอลต์จากแหล่งต่าง ๆ ในจังหวัดบุรีรัมย์มาผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกย่อมส่งผลถึงคุณสมบัติที่แตกต่างกันด้วย

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาคอนกรีตและคอนกรีตบล็อกที่ใช้สารผสมเพิ่มจำพวกเถ้าชีวมวล (Biomass ash) เช่น เถ้าแกลบบด เถ้าปาล์มน้ำมัน และเถ้าชานอ้อย เป็นต้น ผลการวิจัยพบว่า คอนกรีตและคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าชีวมวลสัดส่วนผสม 0.1-0.2 โดยน้ำหนักซีเมนต์ ช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกลให้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับที่ไม่ผสมเถ้าชีวมวล ทั้งนี้การผสมเถ้าชีวมวลปริมาณมากส่งผลทำให้ความหนาแน่นและกำลังอัดลดลง (ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2555; บุรฉัตร ฉัตรวีระ และคณะ, 2552; วันโชค เครือหงส์ และคณะ, 2555) เมื่อพิจารณาเถ้าชีวมวลในจังหวัดบุรีรัมย์พบว่า แต่ละปีมีเชื้อเพลิงชีวมวลจากชานอ้อยจำนวนมากถูกใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลส่งผลให้มีเถ้าชานอ้อยเหลือจากขบวนการผลิตจำนวนมาก เถ้าชานอ้อยส่วนใหญ่มักจะถูกนำไปใช้เป็นปุ๋ยในแปลงพืชผลทางการเกษตร ถ้าหากสามารถนำเถ้าชานอ้อยดังกล่าวมาใช้เป็นสารผสมเพิ่มในการพัฒนาคุณภาพคอนกรีตบล็อกย่อมส่งผลดี จากข้อมูลข้างต้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่ผลิตจากหินฝุ่นบะซอลต์ผสมเถ้าชานอ้อยในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกกลางชนิดไม่รับน้ำหนักที่ผลิตและจำหน่ายในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียงตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกกลางชนิดไม่รับน้ำหนักที่ผลิตจากหินฝุ่นบะซอลต์ในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์ตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกกลางชนิดไม่รับน้ำหนักที่ผลิตจากหินฝุ่นบะซอลต์ผสมเถ้าชานอ้อยตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สุ่มเก็บคอนกรีตบล็อกที่ผลิตและจำหน่ายในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียงเพื่อนำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการ จัดหาวัสดุและทดสอบคุณสมบัติวัสดุที่จะนำมาผลิตคอนกรีตบล็อกตัวอย่าง คือ คอนกรีตบล็อกจากหินปูนบะซอลต์ทั้งผสมและไม่ผสม เถ้าขานอ้อย เลือกอัตราส่วนผสมโดยอ้างอิงจากอัตราส่วนผสมที่ผลิตในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผลิตคอนกรีตบล็อกตัวอย่างตามขบวนการผลิตของโรงงานในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์ ทดสอบคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกตัวอย่างในห้องปฏิบัติการตามช่วงเวลาที่กำหนด คือ ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพเมื่อคอนกรีตบล็อกมีอายุ 28 วัน และทดสอบกำลังอัดเมื่อมีอายุ 14 วัน 28 วัน และ 60 วัน ตามลำดับ นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์และอภิปรายผลโดยอ้างอิงจากมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจึงสรุปผลการวิจัยรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. คอนกรีตบล็อกกลวงชนิดไม่รับน้ำหนักและไม่ควบคุมความชื้น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58-2530 กล่าวว่า คอนกรีตบล็อกชนิดกลวงชนิดไม่รับน้ำหนักและไม่ควบคุมความชื้น (Hollow non-load-bearing concrete masonry units) คือ ก้อนคอนกรีตทำจากซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ และวัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่าง ๆ และจะมีสารอื่นผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ โดยก้อนคอนกรีตมีโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดก้อนและมีผนังด้านนอกเรียกว่า เปลือก คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนักใช้ก่อผนังที่รับน้ำหนักบรรทุกอื่นใดนอกจากน้ำหนักตัวเอง ขนาดมาตรฐานที่จำหน่ายทั่วไป คือ ความสูง 19 ซม. ความยาว 39 ซม. ความกว้าง 7 ซม. ความหนาเปลือก 1.2 ซม. และมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2 มม.

2. การผลิตคอนกรีตบล็อกในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียง

โรงงานผลิตคอนกรีตบล็อกในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียงใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และหินปูนหินปูนในการผลิต โดยส่วนใหญ่ใช้สัดส่วนผสมโดยน้ำหนักของหินปูนระหว่าง 20-24 ส่วนต่อน้ำหนักซีเมนต์ 1 ส่วน ปริมาณน้ำแปรเปลี่ยนไปตามความชื้นของหินปูน การตรวจวัดหินปูนจะใช้กระเบตวงก่อนที่จะเทใส่ไม่ผสม โดยหินปูน 1 กระเบมีน้ำหนักระหว่าง 105-120 กก. สามารถผลิตคอนกรีตบล็อกได้จำนวน 20-23 ก้อน จากนั้นจึงตวงซีเมนต์ใส่ไม่ผสม เช่น ถ้าใช้อัตราส่วนผสมซีเมนต์ต่อหินปูน 1:20 จะต้องใช้ซีเมนต์ประมาณ 6 กก. ต่อหินปูน 1 กระเบ เป็นต้น เมื่อกวนส่วนผสมเข้ากันดีแล้วจึงเติมน้ำใส่ที่ละน้อย การคาดคะเนปริมาณน้ำทำได้ด้วยการนำวัสดุที่ผสมเข้ากันดีแล้วใส่ในฝ่ามือแล้วกำ ถ้ากำแล้วติดกันแน่นเป็นก้อนโดยไม่มีน้ำเกาะที่ผิวก็ถือว่าเป็นปริมาณน้ำที่เหมาะสม จากนั้นอัดก้อนคอนกรีตบล็อกและบ่มขึ้นประมาณ 7 วัน

3. การสุ่มเก็บคอนกรีตบล็อกจากโรงงานผู้ผลิต

จากการสำรวจโรงงานผู้ผลิตคอนกรีตบล็อกในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียงพบว่า อำเภอเมืองบุรีรัมย์มีโรงงานผลิตขนาดใหญ่จำนวน 3 โรงงาน และอำเภอบ้านด่านมีโรงงานผลิตขนาดใหญ่จำนวน 1 โรงงาน คอนกรีตบล็อกจากทั้ง 4 โรงงานได้รับความนิยมนำไปใช้ในการก่อสร้างในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์ อนึ่งงานวิจัยนี้เลือกชักตัวอย่างคอนกรีตบล็อกเพื่อนำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการจาก 3 โรงงาน คือ โรงงาน A อยู่ในอำเภอเมืองบุรีรัมย์ซึ่งให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการผลิตเป็นอย่างดี โรงงาน B อยู่ในอำเภอบ้านด่านซึ่งเป็นโรงงานผลิตขนาดใหญ่ที่ส่งต่อไปจำหน่ายให้กับร้านค้าจำนวนมาก และโรงงาน C อยู่ในอำเภอชุมพลบุรี จังหวัดสุรินทร์ ซึ่งมีการนำหินบะซอลต์เป็นส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตบล็อก

การชักตัวอย่างจากโรงงานผู้ผลิตจะใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยเลือกหน่วยตัวอย่างขนาด n หน่วย จากประชากรจำนวน N หน่วย โดยกำหนดให้หน่วยตัวอย่างแต่ละหน่วยในประชากรมีโอกาสถูกเลือกเท่ากันภายใต้กรอบตัวอย่างของพื้นที่กองเก็บ (Area frame) การชักตัวอย่างเพื่อการทดสอบกระทำ ณ สถานที่ผลิตภายหลังจากวันที่ผลิตไม่เกิน 7 วัน การชักตัวอย่างเป็นไปตาม มอก.109-2517 ในกรณีที่ทดสอบแล้วไม่ผ่านจะคัดข้อมูลบางส่วนออกแล้วเลือกชักตัวอย่างใหม่จากส่วนที่เหลือเพื่อทดสอบใหม่ ถ้าตัวอย่างใหม่จากชุดที่สองทดสอบไม่ผ่านอีกก็ถือว่าคุณภาพไม่ผ่าน มอก. 58-2530 ทั้งนี้โรงงานผลิตคอนกรีตบล็อกในพื้นที่ส่วนใหญ่ผลิตไม่เกิน $N=10,000$ ก้อนต่อวัน ซึ่งมาตรฐาน มอก. 109-2517 กำหนดให้การสุ่มชักตัวอย่างต้องไม่น้อยกว่า 10 ก้อน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสุ่มชักตัวอย่างจำนวน $n = 30$ ก้อน ซึ่งไม่น้อยกว่าที่มาตรฐานกำหนด โดยแต่ละการทดสอบจะใช้คอนกรีตบล็อกจำนวน 5 ก้อนตามข้อกำหนดการทดสอบของ มอก. 58-2530

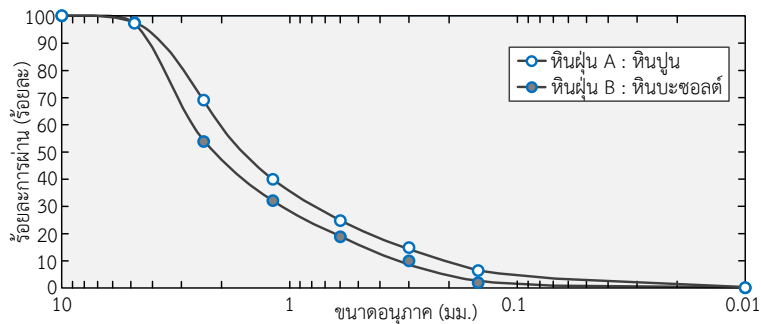
นอกจากคอนกรีตบล็อกที่สุ่มเก็บจาก 3 โรงงานผู้ผลิตแล้วงานวิจัยนี้ยังขอความอนุเคราะห์ให้โรงงาน A ผลิตคอนกรีตบล็อกตัวอย่างจากหินปูนบะซอลต์ทั้งผสมและไม่ผสมเถ้าขาน้อยตามสัดส่วนผสมที่งานวิจัยนี้กำหนด โดยคอนกรีตบล็อกจากหินปูนบะซอลต์ไม่ได้ถูกผลิตเพื่อจำหน่ายทั่วไปแต่ผลิตเพื่อใช้ในงานวิจัยนี้เท่านั้น

4. วัสดุที่ใช้ผลิตคอนกรีตบล็อกตัวอย่าง

รายละเอียดวัสดุที่นำมาใช้ผลิตคอนกรีตบล็อกตัวอย่างมีดังต่อไปนี้

ปูนซีเมนต์ : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58-2530 แนะนำว่า ปูนซีเมนต์ที่ใช้มี 2 ชนิด คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มาตรฐาน มอก. 15 เล่ม 1 หรือปูนซีเมนต์ผสมมาตรฐาน มอก. 80 ทั้งนี้ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานวิจัยมี 2 ชนิด คือ ชนิด A เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และชนิด B เป็นซีเมนต์หดตัวน้อย (Non shrink cement) หรือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ผสมสารเคมีผสมเพิ่มและหินปูนบดละเอียด

หินปูน : หินปูนที่ใช้ในงานวิจัยมี 2 ชนิด คือ หินปูน A เป็นหินปูนหินปูนจากอำเภอพระพุทธรบาท จังหวัดสระบุรี มีสีเทาคล้ายกับซีเมนต์และมีสารอินทรีย์ปะปนเล็กน้อย (สุชาติ ศรีไพโรจน์อิฏกุล, 2539) หินปูน A เป็นหินปูนที่โรงงานผู้ผลิตในอำเภอมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียงใช้ผลิตคอนกรีตบล็อกเพื่อจำหน่าย ส่วนหินปูน B เป็นหินปูนบะซอลต์ของโรงโม่หินด้านทิศใต้ทางหลวงหมายเลข 226 อำเภอมืองบุรีรัมย์ กรมทรัพยากรธรณี (2553) กล่าวว่า แหล่งหินบะซอลต์ในอำเภอมืองบุรีรัมย์ตั้งอยู่บริเวณเขากระโดงซึ่งเป็นภูเขาไฟที่ดับแล้ว โดยหินปูนบะซอลต์ผลิตจากชั้นหินเนื้อแน่นและแตกแบบเสาเหลี่ยม (Columnar jointing) ที่ความลึก 5-15 เมตรหรือชั้นหินเนื้อแน่นและแตกแบบระนาบแนวนอน (Platy joint) ที่ความลึก 15-30 เมตร จากผิวดิน คุณสมบัติหินปูนทั้ง 2 ชนิดแสดงในตารางที่ 1 และการกระจายขนาดอนุภาคหินปูนทั้ง 2 ชนิดแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การกระจายขนาดอนุภาคหินฝุ่นหินปูนและหินฝุ่นบะซอลต์

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของหินฝุ่น

องค์ประกอบเคมีวิธี XRF ของหินฝุ่นหินปูน			
ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO ₂)	0.11	โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.005
ไอรอนออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.04	แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.36
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	51.70	โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.01
คุณสมบัติทางกายภาพของหินฝุ่นหินปูน			
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	0.37-1.85	ความถ่วงจำเพาะรวม (Bulk specific gravity)	2.70
ความชื้นเหมาะสม (OMC)	11.0	ค่าโมดูลัสความละเอียด (F.M.)	3.53
องค์ประกอบเคมีวิธี XRF ของหินฝุ่นบะซอลต์			
ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO ₂)	39.36	โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	2.86
อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al ₂ O ₃)	11.47	แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	0.39
ไอรอนออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	25.88	สตรอนเชียมออกไซด์ (SrO)	0.33
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	14.15	ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	5.47
คุณสมบัติทางกายภาพของหินฝุ่นบะซอลต์			
ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	1.33-2.94	ความถ่วงจำเพาะรวม (Bulk specific gravity)	2.86
ความชื้นเหมาะสม (OMC)	11.5	ค่าโมดูลัสความละเอียด (F.M.)	3.49

เถ้าขานอ้อย : เถ้าขานอ้อยที่ใช้เป็นเถ้าเบาหรือเถ้าลอยจากโรงงานผลิตไฟฟ้าชีวมวล อำเภอคูเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ โดยเถ้าขานอ้อยที่ได้จะถูกนำไปตากแดดให้แห้งสนิทแล้วจึงบดละเอียดและนำส่วนที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มาใช้ในงานวิจัย คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเถ้าขานอ้อยแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีของเถ้าขาน้อย

องค์ประกอบเคมีวิธี XRF ของเถ้าขาน้อย			
ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO ₂)	60.75	แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	0.84
อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al ₂ O ₃)	3.46	สตรอนเชียมออกไซด์ (SrO)	0.08
ไอรอนออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	9.63	กรดฟอสฟอรัส (P ₂ O ₅)	2.61
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	13.70	สังกะสีออกไซด์ (ZnO)	0.11
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	5.88	เซอร์คอนเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂)	0.18
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO ₃)	1.57	ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	1.20
คุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าขาน้อย			
Loss on Ignition (LOI)	13.4	ความละเอียดผ่านตะแกรง 200 (ร้อยละ)	49.0
ความถ่วงจำเพาะรวม (Bulk specific gravity)	2.124	ความละเอียดผ่านตะแกรง 325 (ร้อยละ)	18.5

สัญลักษณ์และสัดส่วนผสมที่ใช้ในงานวิจัย

สัดส่วนผสมที่ใช้ผลิตคอนกรีตบล็อกตัวอย่างอ้างอิงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสัดส่วนผสมที่ใช้จริงของโรงงานผู้ผลิตในอำเภอเมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียง โดยงานวิจัยที่ศึกษาและพัฒนาคอนกรีตบล็อกใช้สัดส่วนโดยน้ำหนักซีเมนต์ต่อหินปูนระหว่าง 1:4 ถึง 1:12 (สิทธิชัย แสงอาทิตย์, 2556) ขณะที่โรงงานผลิตคอนกรีตบล็อกในอำเภอเมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียงใช้สัดส่วนโดยน้ำหนักซีเมนต์ต่อหินปูนระหว่าง 1:15 ถึง 1:25 และงานวิจัยที่ศึกษาคอนกรีตผสมเถ้าขาน้อยใช้สัดส่วนเถ้าขาน้อยไม่เกิน 0.5 โดยน้ำหนักซีเมนต์ (ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2555; บุรฉัตร ฉัตรวีระ และคณะ, 2552; อาทิตมา ดวงจันทร์, และสุวิมล สัจจาณิษฐ์, 2548) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้สัดส่วนโดยน้ำหนักซีเมนต์ต่อหินปูนบะซอลต์ระหว่าง 1:4 ถึง 1:20 และใช้สัดส่วนเถ้าขาน้อย 0.15 และ 0.50 โดยน้ำหนักซีเมนต์ อัตราส่วนผสมทั้งหมดที่ใช้ในงานวิจัยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นคอนกรีตบล็อกที่ผลิตและจำหน่ายในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียง กลุ่มที่ 2 เป็นคอนกรีตบล็อกผลิตจากหินปูนบะซอลต์ และกลุ่มที่ 3 เป็นคอนกรีตบล็อกผลิตจากหินปูนบะซอลต์ผสมเถ้าขาน้อย โดยกลุ่มที่ 1 เป็นคอนกรีตบล็อกที่สุ่มเก็บจากโรงงานผู้ผลิต 3 แห่ง จำนวน 4 สัดส่วน คือ A1 ถึง A4 กลุ่มที่ 2 เป็นคอนกรีตบล็อกตัวอย่างที่ผลิตจากหินปูนบะซอลต์จำนวน 5 สัดส่วน คือ AO1 ถึง AO5 และกลุ่มที่ 3 เป็นคอนกรีตบล็อกตัวอย่างที่ผลิตจากหินปูนบะซอลต์ผสมเถ้าขาน้อยจำนวน 4 สัดส่วน คือ AA1 ถึง AA4 ทั้งนี้กลุ่มที่ 2 และ 3 เป็นคอนกรีตบล็อกตัวอย่างที่ผลิตโดยโรงงาน A เพื่อใช้ในงานวิจัยนี้เท่านั้น สำหรับหินปูนบะซอลต์และเถ้าขาน้อยที่ใช้ผลิตคอนกรีตบล็อกตัวอย่างได้มาจากการสุ่มเก็บด้วยวิธีแบ่งสี่ (Quartering) ตามปริมาณที่ต้องการ รายละเอียดสัดส่วนผสมคอนกรีตบล็อกทั้ง 3 กลุ่มแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สัดส่วนผสมคอนกรีตบล็อกโดยน้ำหนักซีเมนต์

สัญลักษณ์	ซีเมนต์		เถ้าขานอ้อย	หินฝุ่น		อัตราส่วน น้ำต่อซีเมนต์	หมายเหตุ
	A	B		A	B		
A1	1	-	-	22-24	-	0.5-0.6	กลุ่มที่ 1 : คอนกรีตบล็อกที่ผลิต เพื่อจำหน่ายในพื้นที่อำเภอ เมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียง
A2	1	-	-	20-22	-	0.5-0.6	
A3	1	-	-	20-22	-	0.5-0.6	
A4	1	-	-	15	5	0.5-0.6	
AO1	1	-	-	-	4	0.55	กลุ่มที่ 2 : คอนกรีตบล็อกผลิต จากหินฝุ่นบะซอลต์ เพื่อใช้ในการวิจัย
AO2	1	-	-	-	8	0.55	
AO3	1	-	-	-	12	0.55	
AO4	1	-	-	-	16	0.55	
AO5	1	-	-	-	20	0.55	
AA1	1	-	0.15	-	10	0.75	กลุ่มที่ 3 : คอนกรีตบล็อกผลิตจากหิน ฝุ่นบะซอลต์ผสมเถ้าขานอ้อย เพื่อใช้ในการวิจัย
AA2	1	-	0.50	-	10	0.90	
AA3	0.5	0.5	0.15	-	10	0.75	
AA4	0.5	0.5	0.50	-	10	0.90	

มาตรฐานการทดสอบคอนกรีตบล็อกและค่าสถิติ

รายละเอียดมาตรฐานการทดสอบคอนกรีตบล็อกและค่าสถิติมีดังต่อไปนี้

การทดสอบการดูดกลืนน้ำทำตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 โดยกำหนดให้ W_a คือ น้ำหนักอมั้วผิวแห้ง และ W_b คือ น้ำหนักแห้ง จะสามารถหาค่าร้อยละการดูดกลืนน้ำ w_w ได้จากสมการ

$$w_w = (W_a - W_b) \times 100 / W_b \quad (1)$$

การทดสอบความพรุนทำตามมาตรฐาน ASTM C20 โดยกำหนดให้ W_c คือ น้ำหนักแฉวนในน้ำ และ V คือ ปริมาตรรวม จะสามารถหาค่าร้อยละความพรุน P_a ได้จากสมการ

$$P_a = (W_a - W_b) \times 100 / V \quad \text{เมื่อ } V = W_a - W_c \quad (2)$$

การทดสอบความหนาแน่นแห้ง p ทำตามมาตรฐาน ASTM C20 ซึ่งหาได้จากสมการ

$$p = W_b / V \quad (3)$$

การหาขนาดและกำลังอัดทำตามมาตรฐาน มอก. 58-2530 โดยกำหนดให้ P คือ น้ำหนักกดสูงสุด และ A_g คือ พื้นที่ภาคตัดขวางรวม จะสามารถหาค่ากำลังอัด σ ได้จากสมการ

$$\sigma = P / A_g \quad (4)$$

ถ้ากำหนดให้ x_i คือ ข้อมูลของหน่วยที่ i ถึง n จะสามารถหาค่าสถิติ คือ ค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน SD ได้จากสมการ

$$\bar{x} = (\sum_{i=1}^n x_i) / n \quad (5)$$

$$SD = \sqrt{(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2) / n} \quad (6)$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการทดสอบที่น่าเสนอ คือ การวัดขนาด ความหนาแน่น การดูดกลืนน้ำ ความพรุน และกำลังอัดตามลำดับ สำหรับตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่ผลิตโดยโรงงานในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียงแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 คอนกรีตบล็อกที่ผลิตโดยโรงงานในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียง

1. ผลการวัดขนาดคอนกรีตบล็อก

ผลการวัดขนาดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อกที่อายุ 28 วัน แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ขนาดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อก

สัญลักษณ์	ความสูง	ความยาว	ความกว้าง	ความหนาเปลือก	ความหนาผนังกันโพรง		พื้นที่ภาคตัดขวาง	
	(มม.)	(มม.)	(มม.)	(มม.)	บางสุด	เทียบเท่า	พื้นที่รวม	พื้นที่สุทธิ
					(มม.)	(มม./ม.)	(ตร.ซม.)	(ตร.ซม.)
A1	182.5	390.0	60.4	10.5	18.4	228.3	235.56	148.26
A2	190.3	386.0	64.9	11.3	19.8	213.9	250.36	127.51
A3	188.6	390.0	64.6	15.3	22.2	249.4	252.35	148.33
A4	189.7	391.0	64.5	15.2	22.4	249.6	252.61	153.89
AO1-AA4	182.5	390.0	60.4	10.5	18.4	228.3	235.56	148.26

จากตารางที่ 4 พบว่า คอนกรีตบล็อกที่ผลิตในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียงมีขนาดแตกต่างกัน โดยคอนกรีตบล็อก A3 และ A4 ที่ผลิตจากโรงงาน C มีขนาดผ่านมาตรฐาน มอก. 58-2530 เกือบทุกข้อ ยกเว้นความกว้างที่น้อยกว่ามาตรฐานกำหนดไว้ที่ 70 ± 2 มม. คอนกรีตบล็อก A2 ที่ผลิตจากโรงงาน B มีความยาวและความกว้างน้อยกว่ามาตรฐานกำหนด ส่วนคอนกรีตบล็อก A1 ที่ผลิตจากโรงงาน A มีความสูงและความกว้างน้อยกว่ามาตรฐานกำหนด ทั้งนี้ขนาดคอนกรีตบล็อกที่แตกต่างกันมีผลต่อต้นทุนการผลิต เนื่องราคาขายปลีกคอนกรีตบล็อกในพื้นที่อยู่ระหว่าง 5-6 บาทต่อก้อน โดยมีต้นทุนการผลิตอยู่ระหว่าง 2.75-3.0 บาทต่อก้อน นอกจากนั้นการวิจัยนี้ยังพบอีกว่าผู้ซื้อให้ความสนใจราคาและความทนทานมากกว่าขนาดคอนกรีตบล็อก

2. ความหนาแน่น การดูดกลืนน้ำและความพรุน

ผลการทดสอบความหนาแน่น การดูดกลืนน้ำและความพรุนที่อายุ 28 วัน แสดงในตารางที่ 5

2.1 ผลการทดสอบความหนาแน่นพบว่า กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก A4 ผลิตจากหินฝุ่นหินปูนผสมหินบะซอลต์มีความหนาแน่นมากที่สุด ขณะที่คอนกรีตบล็อก A2 A1 และ A3 ผลิตจากหินฝุ่นหินปูนมีความหนาแน่นลดลงตามลำดับ การที่คอนกรีตบล็อก A4 มีความหนาแน่นมากที่สุดเนื่องจากขนาดหินฝุ่นบะซอลต์เล็กกว่าหินปูนจึงสามารถแทรกเข้าไปภายในช่องว่างได้ดีกว่า นอกจากนั้นยังพบอีกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีผงกัณฑ์โพรงและเปลือกบางมีแนวโน้มความหนาแน่นมากกว่าที่มีผงกัณฑ์โพรงและเปลือกหนา

ผลการทดสอบความหนาแน่นกลุ่มที่ 2 พบว่า คอนกรีตบล็อก AO1 มีความหนาแน่นมากที่สุด รองลงมาเป็นคอนกรีตบล็อก AO2 AO3 AO4 และ AO5 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนผสมมีปริมาณซีเมนต์เพิ่มขึ้น เช่น คอนกรีตบล็อก AO2 ที่สัดส่วนซีเมนต์ต่อหินฝุ่นบะซอลต์ 1:8 มีความหนาแน่น 2,271 กก./ลบ.ม. มากกว่าคอนกรีตบล็อก AO5 ที่สัดส่วน 1:20 ซึ่งมีค่า 2,166 กก./ลบ.ม. เป็นต้น

ผลการทดสอบความหนาแน่นกลุ่มที่ 3 พบว่า คอนกรีตบล็อกผสมเถ้าขานอ้อยที่สัดส่วน 0.15 โดยน้ำหนักซีเมนต์ มีแนวโน้มความหนาแน่นมากกว่าที่ไม่ผสมเถ้าขานอ้อย ส่วนคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าขานอ้อยที่สัดส่วน 0.5 โดยน้ำหนักซีเมนต์ มีความหนาแน่นลดลง นอกจากนั้นยังพบอีกว่าคอนกรีตบล็อกที่ใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีแนวโน้มความหนาแน่นมากกว่าที่ใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ผสมกับซีเมนต์หัตถ์น้อย

ตารางที่ 5 ความหนาแน่นเฉลี่ย การดูดกลืนน้ำเฉลี่ย และความพรุนเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อก

สัญลักษณ์	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	ส่วนเบี่ยงเบน ความหนาแน่น	การดูดกลืนน้ำ (ร้อยละ)	ส่วนเบี่ยงเบน การดูดกลืนน้ำ	ความพรุน (ร้อยละ)	ส่วนเบี่ยงเบน ความพรุน
A1	2,056	4.04	7.28	0.06	14.96	0.11
A2	2,088	20.83	7.04	0.17	14.69	0.27
A3	2,034	15.51	8.08	0.23	16.44	0.35
A4	2,123	12.04	6.38	0.09	13.55	0.12
AO1	2,306	8.1	4.07	0.02	9.39	0.02
AO2	2,271	1.5	6.44	0.01	14.62	0.01
AO3	2,208	2.7	7.70	0.02	16.99	0.05
AO4	2,190	2.1	8.19	0.01	17.92	0.02
AO5	2,166	3.3	8.52	0.02	18.46	0.02
AA1	2,270	5.94	6.75	0.02	15.14	0.02
AA2	2,183	6.91	8.53	0.03	18.64	0.03
AA3	2,259	5.13	6.95	0.01	15.51	0.03
AA4	2,180	4.15	8.64	0.02	17.83	0.05

2.2 ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำพบว่า กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก A3 มีค่าการดูดกลืนน้ำมากที่สุด ส่วนคอนกรีตบล็อก A1 A2 และ A4 มีการดูดกลืนน้ำลดลงตามลำดับ การที่คอนกรีตบล็อก A3 ที่ผลิตจากหิน ฝุ่นหินปูนเช่นเดียวกับ A1 และ A2 มีการดูดกลืนน้ำมากที่สุดเพราะมีความหนาแน่นน้อยที่สุดหรืออาจกล่าวได้ว่า มีความพรุนมากที่สุด ขณะที่คอนกรีตบล็อก A4 ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับ A3 แต่มีการดูดกลืนน้ำน้อยที่สุด เนื่องจากผลิตจากหิน ฝุ่นหินปูนผสมหิน ฝุ่นบะซอลต์

ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำกลุ่มที่ 2 พบว่า การดูดกลืนน้ำจะลดลงเมื่อสัดส่วนผสมใช้ปริมาณ ซีเมนต์มากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับความหนาแน่น เช่น คอนกรีตบล็อก AO1 ที่สัดส่วนซีเมนต์ต่อหิน ฝุ่นบะซอลต์ 1:4 มีการดูดกลืนน้ำร้อยละ 4.07 น้อยกว่าคอนกรีตบล็อก AO5 ที่สัดส่วน 1:20 ซึ่งมีค่าร้อยละ 8.52 เป็นต้น

ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำกลุ่มที่ 3 พบว่า คอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าขานอ้อยที่สัดส่วน 0.15 โดยน้ำหนักซีเมนต์ มีแนวโน้มการดูดกลืนน้ำน้อยกว่าที่ไม่ผสมเถ้า ส่วนคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าขานอ้อยที่ สัดส่วน 0.5 โดยน้ำหนักซีเมนต์ มีการดูดกลืนน้ำเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่คอนกรีตบล็อกที่ใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 มีแนวโน้มการดูดกลืนน้ำน้อยกว่าที่ใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ผสมกับซีเมนต์หัดตัวน้อย

2.3 ผลการทดสอบความพรุนพบว่า กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อก A3 มีความพรุนมากที่สุด รองลงมา เป็นคอนกรีตบล็อก A1 A2 และ A4 ตามลำดับ ผลการทดสอบความพรุนมีความสอดคล้องกับการดูดกลืนน้ำ และความหนาแน่น นอกจากนั้นยังพบอีกว่าคอนกรีตบล็อกที่มีผนังกันโพรงและเปลือกหามีแนวโน้มการดูดกลืนน้ำมากกว่าที่มีผนังกันโพรงและเปลือกบาง

ผลการทดสอบความพรุนกลุ่มที่ 2 พบว่า ความพรุนมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้สัดส่วนผสมที่มี ปริมาณซีเมนต์มากขึ้น เช่น คอนกรีตบล็อก AO1 ที่สัดส่วนซีเมนต์ต่อหิน ฝุ่นบะซอลต์ 1:4 ซึ่งมีความพรุนร้อยละ 9.39 น้อยกว่าคอนกรีตบล็อก AO5 ที่สัดส่วน 1:20 ซึ่งมีความพรุนร้อยละ 18.46 เป็นต้น

ผลการทดสอบความพรุนกลุ่มที่ 3 พบว่า คอนกรีตบล็อกผสมเถ้าขานอ้อยที่สัดส่วน 0.15 โดย น้ำหนักซีเมนต์ มีความพรุนน้อยกว่าที่ผสมเถ้าขานอ้อยที่สัดส่วน 0.5 โดยน้ำหนักซีเมนต์ สำหรับคอนกรีตบล็อก ผสมเถ้าขานอ้อยที่สัดส่วน 0.15 โดยน้ำหนักซีเมนต์ มีแนวโน้มความพรุนน้อยกว่าที่ไม่ผสมเถ้าขานอ้อย

3. กำลังอัดคอนกรีตบล็อก

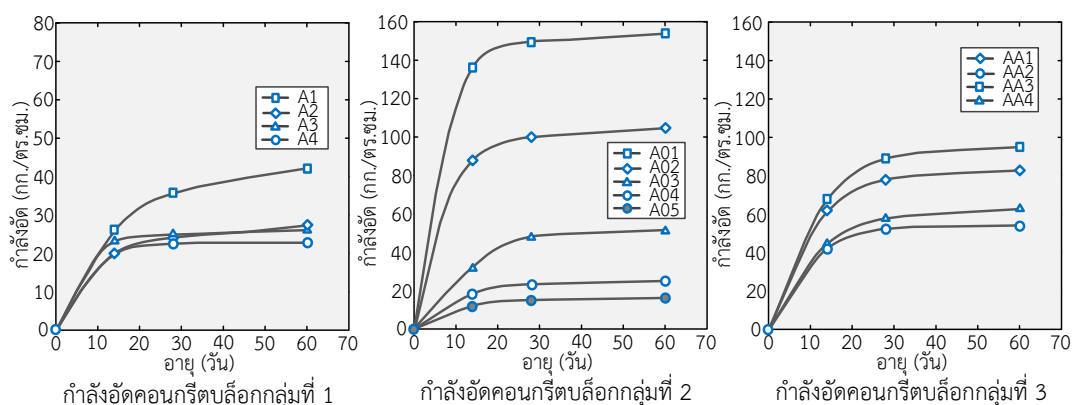
ผลการทดสอบกำลังอัดเฉลี่ยที่อายุ 14 วัน 28 วัน และ 60 วัน แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อก

สัญลักษณ์	อายุ 14 วัน (กก./ตร.ซม.)	ส่วนเบี่ยงเบน อายุ 14 วัน	อายุ 28 วัน (กก./ตร.ซม.)	ส่วนเบี่ยงเบน อายุ 28 วัน	อายุ 60 วัน (กก./ตร.ซม.)	ส่วนเบี่ยงเบน อายุ 60 วัน
A1	26.1	1.6	36.1	2.6	42.4	5.0
A2	20.1	1.6	24.6	1.1	27.2	2.4
A3	23.3	0.9	25.5	1.2	26.3	1.5
A4	20.1	0.9	23.2	1.3	24.1	1.2
AO1	137.4	8.9	149.7	6.5	153.5	5.3
AO2	88.2	4.3	100.1	3.8	104.7	5.0

AO3	32.2	1.8	48.3	4.7	51.7	3.5
AO4	18.7	2.3	23.3	2.6	25.0	2.3
AO5	11.9	1.9	15.3	2.8	16.5	1.8
AA1	62.1	4.9	78.3	3.8	82.6	4.9
AA2	42.6	4.3	52.8	5.7	53.6	4.9
AA3	68.1	3.0	89.4	4.3	95.3	3.8
AA4	45.1	4.9	57.9	8.3	63.0	3.6

จากตารางที่ 6 เมื่อพิจารณากำลั่งอัดที่อายุ 28 วัน พบว่า กลุ่มที่ 1 กำลั่งอัดของคอนกรีตบล็อก A1 มีค่ามากที่สุด รองลงมาเป็น A3 A2 และ A4 ตามลำดับ ผลการทดสอบกำลั่งอัดแสดงให้เห็นว่าคอนกรีตบล็อก A1 A2 และ A3 ที่ผลิตจากหินฝุ่นหินปูนมีความแข็งแรงมากกว่าคอนกรีตบล็อก A4 ที่ผลิตจากหินฝุ่นหินปูนผสมหินบะซอลต์ ทั้งนี้คอนกรีตบล็อก A1 พัฒนากำลั่งอัดมากที่สุดบ่งชี้ว่ามีการใช้ซีเมนต์มากกว่าตัวอย่างอื่นซึ่งแตกต่างจากคอนกรีตบล็อก A4 ที่พัฒนากำลั่งอัดต่ำกว่า ทั้งนี้คอนกรีตบล็อก A1 และ A3 มีกำลั่งอัดที่อายุ 28 วันผ่านเกณฑ์กำลั่งอัดเฉลี่ย 5 ก่อนตามมาตรฐาน มอก.58-2530 ที่กำหนดให้กำลั่งอัดจะต้องไม่น้อยกว่า 25 กก./ตร.ซม. ผลการพัฒนากำลั่งอัดของคอนกรีตบล็อกทั้ง 3 กลุ่ม แสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การพัฒนากำลั่งอัดคอนกรีตบล็อกทั้ง 3 กลุ่ม

ผลการทดสอบกำลั่งอัดกลุ่มที่ 2 ที่อายุ 28 วัน พบว่า คอนกรีตบล็อก AO1 มีกำลั่งอัดมากที่สุด รองลงมาเป็นคอนกรีตบล็อก AO2 AO3 AO4 และ AO5 ตามลำดับ ทั้งนี้คอนกรีตบล็อก AO1 AO2 และ AO3 มีกำลั่งอัดผ่านเกณฑ์กำลั่งอัดเฉลี่ย 5 ก่อนตามมาตรฐาน มอก. 58-2530 ไม่น้อยกว่า 25 กก./ตร.ซม. อนึ่งการใช้หินฝุ่นบะซอลต์ในการผลิตคอนกรีตบล็อกจะต้องใช้ปริมาณซีเมนต์มากกว่าหินฝุ่นหินปูนจึงจะมีกำลั่งใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตพบว่า คอนกรีตบล็อก AO1 มีราคา 4.49 บาทต่อก้อน AO2 มีราคา 2.94 บาทต่อก้อน และ AO3 มีราคา 2.34 บาทต่อก้อน ซึ่งคอนกรีตบล็อก AO2 และ AO3 มีต้นทุนการผลิตใกล้เคียงกับที่ผลิตด้วยหินฝุ่นหินปูนที่ 2.75-3.0 บาทต่อก้อน ทั้งนี้คอนกรีตบล็อกที่ผลิตจากหินฝุ่นบะซอลต์ที่ปะปนด้วย

เปลือกดินหรือฝุ่นหินมากจะทำให้กำลังอัดลดลง นอกจากนั้นงานวิจัยนี้ยังพบอีกว่าในขั้นตอนการผลิตคอนกรีตบล็อกที่ผลิตจากหินฝุ่นบะซอลต์มีการยึดเกาะของมวลรวมไม่ดีเท่ากับที่ผลิตจากหินฝุ่นหินปูน

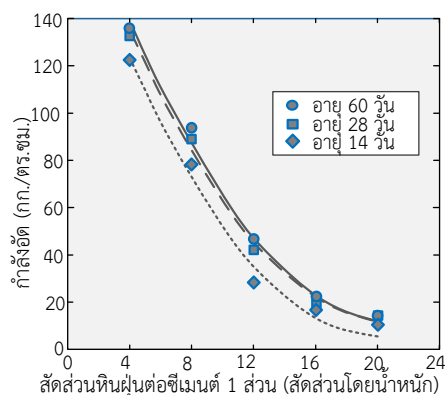
ผลการทดสอบกำลังอัดกลุ่มที่ 3 ที่อายุ 28 วัน พบว่า คอนกรีตบล็อกผสมเถ้าขานอ้อยที่สัดส่วน 0.15 โดยน้ำหนักซีเมนต์ มีแนวโน้มเพิ่มกำลังอัดได้มากกว่าที่ไม่ผสมเถ้า ส่วนคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าขานอ้อยที่สัดส่วน 0.5 โดยน้ำหนักซีเมนต์ มีแนวโน้มกำลังอัดลดลงและควบคุมคุณภาพการผลิตได้ยากเนื่องจากมีปริมาณเถ้าขานอ้อยมาก ทั้งนี้คอนกรีตบล็อกที่ผลิตจากหินฝุ่นบะซอลต์ที่สัดส่วนผสมซีเมนต์ต่อหินฝุ่น 1:10 และผสมเถ้าขานอ้อยทุกอัตราส่วนมีกำลังอัดผ่านเกณฑ์กำลังอัดเฉลี่ย 5 ก้อนตามมาตรฐาน มอก. 58-2530 นอกจากนั้นการใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ร่วมกับซีเมนต์หัตถ์น้อยยังช่วยให้คอนกรีตบล็อกมีกำลังอัดเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้เพียงซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตพบว่า คอนกรีตบล็อก AA1 มีราคา 2.53 บาทต่อก้อน AA2 มีราคา 2.34 บาทต่อก้อน AA3 มีราคา 4.06 บาทต่อก้อน และ AA4 มีราคา 3.79 บาทต่อก้อน ซึ่งคอนกรีตบล็อก AA1 และ AA2 มีต้นทุนการผลิตถูกกว่าที่ผลิตด้วยหินฝุ่นหินปูนแต่คอนกรีตบล็อก AA2 ไม่เหมาะสมเพราะควบคุมคุณภาพการผลิตได้ยากเนื่องจากมีเถ้าขานอ้อยมาก

4. การทำนายกำลังอัดคอนกรีตบล็อก

การทำนายกำลังอัดคอนกรีตบล็อกมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การทำนายกำลังอัดคอนกรีตบล็อกกรณีไม่ผสมเถ้าขานอ้อย

จากผลทดสอบกำลังอัดคอนกรีตบล็อกไม่ผสมเถ้าขานอ้อยพบว่า หินฝุ่นหินปูนเหมาะสมที่จะนำมาผลิตคอนกรีตบล็อกมากกว่าหินฝุ่นบะซอลต์ ทั้งนี้ผลการทำนายกำลังอัดที่อายุ 28 วัน ของคอนกรีตบล็อกผลิตจากหินฝุ่นบะซอลต์ไม่ผสมเถ้าขานอ้อยพบว่า สัดส่วนผสมระหว่างซีเมนต์ต่อหินฝุ่นบะซอลต์ 1:14 ผ่านมาตรฐาน มอก. 58-2530 แต่เป็นค่ากำลังอัดผ่านเพียงเล็กน้อย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอแนะให้ใช้สัดส่วนผสมระหว่างซีเมนต์ต่อหินฝุ่นบะซอลต์ขั้นต่ำ คือ 1:12 หรือใช้ปริมาณซีเมนต์มากกว่านี้เพราะคอนกรีตบล็อกที่ได้จะมีความแข็งแรงและมีต้นทุนการผลิตไม่สูงจนเกินไป การทำนายกำลังอัดคอนกรีตบล็อกผลิตจากหินฝุ่นบะซอลต์ไม่ผสมเถ้าขานอ้อยแสดงในภาพที่ 4



$$y = 0.4814x^2 - 20.382x + 230.25 : R^2 = 0.9954 : 60 \text{ วัน}$$

$$y = 0.490x^2 - 20.423x + 226.16 : R^2 = 0.9962 : 28 \text{ วัน}$$

$$y = 0.5142x^2 - 20.576x + 213.27 : R^2 = 0.988 : 14 \text{ วัน}$$

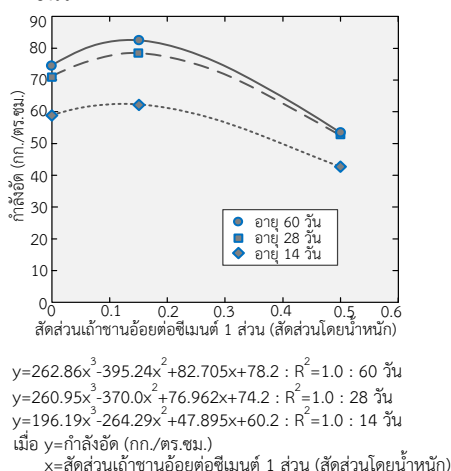
เมื่อ y = กำลังอัด (กก./ตร.ซม.)

x = สัดส่วนหินฝุ่นต่อซีเมนต์ 1 ส่วน (สัดส่วนโดยน้ำหนัก)

ภาพที่ 4 การทำนายกำลังอัดเมื่อแปรเปลี่ยนสัดส่วนน้ำหนักหินบะซอลต์ต่อซีเมนต์ 1 ส่วน

4.2 การทำนายกำลังอัดคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าขานอ้อย

จากผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตบล็อก AA1 และ AA2 สามารถทำนายกำลังอัดได้ดังแสดงในภาพที่ 5 การทำนายกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกที่ผลิตจากหินฝุ่นบะซอลต์ผสมเถ้าขานอ้อย พบว่าปริมาณเถ้าขานอ้อยเหมาะสมควรใช้ที่สัดส่วนระหว่าง 0.1-0.2 โดยน้ำหนักซีเมนต์ จึงช่วยเพิ่มกำลังอัดได้ร้อยละ 7-8 อย่างไรก็ตามการใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ร่วมกับซีเมนต์หัตถ์น้อยสามารถช่วยปรับปรุงคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกที่ผลิตจากหินฝุ่นบะซอลต์ให้ดีขึ้นได้



ภาพที่ 5 การทำนายกำลังอัดเมื่อแปรเปลี่ยนสัดส่วนน้ำหนักเถ้าขานอ้อยต่อซีเมนต์ 1 ส่วน

การเสีรูปของคอนกรีตบล็อกในขั้นตอนการผลิต

การเสีรูปในขั้นตอนการผลิตแบ่งได้ 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 คอนกรีตบล็อกอัดขึ้นรูปเสร็จใหม่เมื่อวางบนพื้นที่ไม่เรียบจะเกิดการแตกร้าวในแนวตั้งเนื่องจากการแอนตัว กรณีที่ 2 คอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าขานอ้อยปริมาณมากเมื่อถูกกดอัดในแบบหล่อจะมีน้ำไหลออกจากวัสดุผสมและเมื่อดันออกจากแบบหล่อพบว่าเปลือกด้านนอกมักเกิดการเสีรูป และกรณีที่ 3 วัสดุผสมแห้งจะทำให้เกิดการแตกร้าวที่ขอบขณะดันออกจากแบบหล่อ

สรุป

1. คอนกรีตบล็อกที่ผลิตและจำหน่ายในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียงมีขนาดแตกต่างกันโดยส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่าข้อกำหนดในมาตรฐาน มอก. 58-2530
2. คอนกรีตบล็อกที่มีผนังกันโพรงและเปลือกบางมีแนวโน้มความหนาแน่นมากกว่าที่มีผนังกันโพรงและเปลือกหนา ทั้งนี้ความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณซีเมนต์เพิ่มขึ้น อนึ่งคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าขานอ้อยที่สัดส่วน 0.15 โดยน้ำหนักซีเมนต์ มีแนวโน้มความหนาแน่นมากกว่าที่ไม่ผสมเถ้าขานอ้อย ในขณะที่คอนกรีตบล็อกผสมเถ้าขานอ้อยที่สัดส่วน 0.5 โดยน้ำหนักซีเมนต์ มีแนวโน้มความหนาแน่นลดลง
3. การดูดกลืนน้ำและความพรุนคอนกรีตบล็อกลดลงเมื่อใช้ปริมาณซีเมนต์มากขึ้น คอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าขานอ้อยที่สัดส่วน 0.15 โดยน้ำหนักซีเมนต์ มีแนวโน้มการดูดกลืนน้ำและความพรุนลดลงเมื่อเทียบกับที่ไม่ผสมเถ้าขานอ้อย ส่วนคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าขานอ้อยที่สัดส่วน 0.5 โดยน้ำหนักซีเมนต์ ให้ผลตรงกันข้าม

4. คอนกรีตบล็อกที่ผลิตและจำหน่ายในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียงมีกำลังอัดผ่านมาตรฐาน มอก. 58-2530 อย่างไรก็ตามสัดส่วนผสมที่ผลิตจากหินฝุ่นบะซอลต์ต้องใช้ปริมาณซีเมนต์มากกว่าจึงจะมีกำลังอัดใกล้เคียงกับที่ผลิตจากหินฝุ่นหินปูน อนึ่งการผสมเถ้าขานอ้อยช่วยเพิ่มกำลังอัดได้แต่ปริมาณเถ้าขานอ้อยเหมาะสมควรมีสัดส่วนระหว่าง 0.1-0.2 โดยน้ำหนักซีเมนต์ จึงจะช่วยเพิ่มกำลังอัดคอนกรีตบล็อกได้ประมาณ ร้อยละ 7-8

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกที่ผลิตจากหินฝุ่นบะซอลต์แหล่งอื่นของจังหวัดบุรีรัมย์ เช่น อำเภอ นางรอง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ อำเภอโนนสุวรรณ และอำเภอประคำ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีจากความอนุเคราะห์ของบริษัทบุรีรัมย์พลังงานจำกัดและกลุ่มอุตสาหกรรม ผลิตคอนกรีตบล็อกในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์และใกล้เคียง

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี. (2553). การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีจังหวัดบุรีรัมย์. กรุงเทพฯ: บริษัทจันฉวนชัยซีเคียวริตี้พรินท์ติ้งจำกัด.
- ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. (2555). การใช้เถ้าขานอ้อยเพื่อเป็นวัสดุป้อนโซลันในงานคอนกรีต. วารสารวิชาการ สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย, 16, 70-80.
- บุรฉัตร ฉัตรวีระ, สุธี จริยธีรเวช, และณัฐ มากุล. (2552). คุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกกลวงชนิดไม่รับ น้ำหนักและไม่ควบคุมความชื้นผสมแร่ดินเบาและเถ้าขานอ้อย. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 32(1), 59-76.
- วันโชค เครือหงส์, ธีรวัฒน์ สีนศิริ, ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, และปริญญา จินดาประเสริฐ. (2555). การศึกษา โครงสร้างจุลภาคของซีเมนต์เพสต์ผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 35(2), 187-200.
- สิทธิชัย แสงอาทิตย์. (2556). อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อหินฝุ่นที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีตบล็อกหรืออิฐบล็อก. วารสารวิชาการสมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย, 20, 1-5.
- สุชาติ ศรีไพโรจน์ธิกุล. (2539). การศึกษาคุณภาพของหินปูนและโดโลไมต์จากแหล่งต่าง ๆ ของประเทศไทยโดยวิธี XRF. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สัจจะชาญ พัดมะลิ, และประชุม คำพุ่ม. (2560). การใช้เทคโนโลยีสำหรับชุมชนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คอนกรีตบล็อกจากเศษหินบะซอลต์. การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล รัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 2, 20-21 มิถุนายน 2560 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ (1-11). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.
- อาทิมา ดวงจันทร์, และสุวิมล สัจจะฉนิชย์. (2548). คอนกรีตบล็อกผสมเถ้าขานอ้อย. การประชุมวิชาการ คอนกรีตแห่งชาติ ครั้งที่ 3, 24-26 ตุลาคม 2550 ณ โรงแรมล่องบึง การ์เด็น แอนด์ สปา พัทยา (6-10). ชลบุรี: สมาคมคอนกรีต วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.