

การศึกษาคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยชีวมวล
ในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์

A STUDY ON THE PROPERTIES OF NON-LOAD-BEARING CONCRETE BLOCKS
MIXED WITH BIOMASS FLY ASH IN BURIRAM PROVINCE

จิรวัดน์ วิมุตติสุขวิริยา*

Cheellawad Vimuttasoongviriya*

สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
Department of Civil Engineering Technology, Faculty of Industrial Technology,
Buriram Rajabhat University

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่ผลิตจากหินปูนของหินปูนโดยใช้อัตราส่วนผสมต่าง ๆ และที่ผสมเถ้าลอยชีวมวล (Biomass Fly Ash) จำนวน 3 ชนิดจากพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ ตัวอย่างทดสอบแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 คอนกรีตบล็อกไม่ผสมเถ้าลอยชีวมวล และกลุ่มที่ 2 คอนกรีตบล็อกผสมเถ้าลอยชีวมวล ผลการวิจัยพบว่า ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนผสมมีการใช้ปริมาณซีเมนต์เพิ่มขึ้น ในขณะที่การดูดกลืนน้ำและความพรุนของคอนกรีตบล็อกจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนผสมมีการใช้ปริมาณซีเมนต์ลดลง ทั้งนี้ความหนาแน่น การดูดกลืนน้ำ และความพรุนคอนกรีตบล็อกมีค่าแตกต่างกันตามชนิดเถ้าลอยชีวมวลที่ผสม นอกจากนั้นพบว่า คอนกรีตบล็อกทุกอัตราส่วนผสมมีกำลังอัดเฉลี่ยที่อายุ 28 วัน ผ่านมาตรฐาน มอก. 58-2530 โดยเถ้าลอยชีวมวลทั้ง 3 ชนิดที่ใช้อัตราส่วนผสมร้อยละ 15 โดยน้ำหนักซีเมนต์ช่วยเพิ่มกำลังอัดคอนกรีตบล็อกได้ร้อยละ 15-22 เมื่อเทียบกับที่ไม่ผสมเถ้าลอยชีวมวล อนึ่งองค์ความรู้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดในการพัฒนาคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกเพื่อการพาณิชย์ต่อไปได้

คำสำคัญ: คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก, เถ้าลอยชีวมวล, หินปูนของหินปูน

* ประสานงาน: จิรวัดน์ วิมุตติสุขวิริยา

อีเมล: jirawat.wm@bru.ac.th

Abstract

The objective of this research was to study the properties of non-load bearing concrete blocks which were made of lime dust at different mix ratios, and by mixing three types of biomass fly ash from Buriram Province. The samples were divided into 2 groups, namely, group 1: general concrete blocks, and group 2: concrete blocks mixed with biomass fly ash. The results reveal that as the mix ratio is increased, the density of concrete blocks increases. In addition, the water absorption and porosity has increased with the decrease in the cement mix ratio. Density, water absorption and porosity of concrete blocks were different according to the type of biomass fly ash. In addition, it was also found that concrete blocks of all mix ratios had average compressive strength at 28 days, which had been certified the Thai Industrial Standard 58-2530. The three types of biomass fly ash, using 15% cement weight ratio, had increased the compressive strength of concrete blocks approximately at 15-22% compared to the non-biomass fly ash. Therefore, the knowledge from this research was used to develop the concrete block properties for commercial purposes.

Keywords: non-load-bearing concrete blocks, biomass fly ash, lime dust

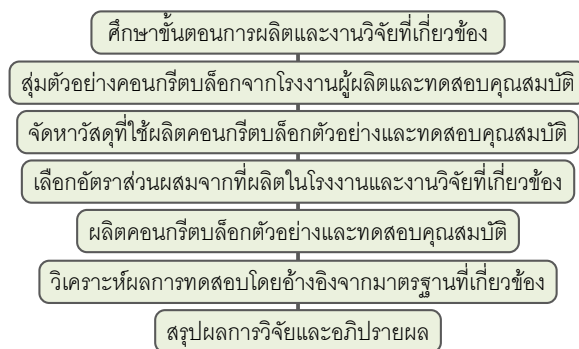
บทนำ

คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry Units) เป็นวัสดุก่อผนังที่ใช้งานแพร่หลาย เนื่องจากมีก้อนขนาดใหญ่ราคาไม่แพงและทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี หนึ่งในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์และใกล้เคียงนิยมผลิตเพื่อจำหน่ายคอนกรีตบล็อกกลวงชนิดไม่รับน้ำหนัก (Hollow Non-Load-Bearing Concrete Masonry Units) ที่ผลิตจากหินปูนของหินปูนจากจังหวัดสระบุรี ทั้งนี้มีงานวิจัยได้ศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกด้วยการใช้สารผสมเพิ่มจำพวกเถ้าชีวมวล (Biomass Ash) อย่างต่อเนื่อง งานวิจัยส่วนใหญ่พบว่าเถ้าชีวมวลสามารถเพิ่มคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของตัวอย่างทดสอบได้น่าพอใจ (บุรฉัตร ฉัตรวีระ, และคณะ, 2552); (อาทิมา ดวงจันทร์ และ สุวิมล สัจจวาณิชย์, 2548) อย่างไรก็ตาม

ประเภทของไส้ชีวมวลที่แตกต่างกันย่อมทำให้ผลการทดสอบแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาประเภทของไส้ชีวมวลในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์พบว่า เชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าชีวมวลมีหลากหลาย เช่น ไม้ยูคาลิปตัสสับ ไม้เบญจพรรณ ชานอ้อย ใบอ้อย และเศษซากพืชผลทางการเกษตรตามฤดูกาล เป็นต้น จากข้อมูลข้างต้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกกลวงชนิดไม่รับน้ำหนักที่ผลิตโดยใช้ไส้ชีวมวลที่ได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกที่ผลิตจากอัตราส่วนผสมต่าง ๆ และเพื่อศึกษาคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าลอยชีวมวลในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยเรื่องการศึกษาคูณสมบัติคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักผสมเถ้าลอยชีวมวลในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์แสดงรูปที่ 1 และมีรายละเอียดเนื้อหาที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 ขั้นตอนการวิจัย

1. คอนกรีตบล็อกกลวงชนิดไม่รับน้ำหนักและไม่ควบคุมความชื้น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58-2530 กล่าวว่า คอนกรีตบล็อกชนิดกลวงไม่รับน้ำหนักและไม่ควบคุมความชื้น คือ คอนกรีตบล็อกใช้สำหรับก่อผนังที่ไม่รับน้ำหนักบรรทุกใดๆ นอกจากน้ำหนักตัวเอง ก้อนคอนกรีตบล็อกทำจากซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ น้ำ วัสดุผสมที่เหมาะสมชนิดต่าง ๆ และสารอื่นผสมอยู่ด้วยก็ได้ ตัวก้อนคอนกรีตบล็อกมีรู

หรือโพรงขนาดใหญ่ทะลุตลอดและมีผนังด้านนอกเรียกว่า เปลือก ขนาดที่ผลิตเพื่อจำหน่ายในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์กว้าง 7 ซม. สูง 19 ซม. ยาว 39 ซม. และเปลือกหนา 1.2 ซม.

2. การผลิตคอนกรีตบล็อกในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์

โรงงานผลิตคอนกรีตบล็อกในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์ใช้ซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และหินฝุ่นของหินปูนจากจังหวัดสระบุรีในขบวนการผลิต โดยส่วนใหญ่ใช้อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักซีเมนต์ 1 ส่วนต่อน้ำหนักหินฝุ่นระหว่าง 20-24 ส่วน ปริมาณน้ำแปรเปลี่ยนไปตามความชื้นของหินฝุ่น การตรวจวัดวัสดุของโรงงานที่ผลิตคอนกรีตบล็อกสำหรับงานวิจัยนี้มีรายละเอียดคือ หินฝุ่นตรวจวัดโดยใช้กระบะซึ่งหินฝุ่น 1 กระบะมีน้ำหนักระหว่าง 105-120 กก. สามารถผลิตคอนกรีตบล็อกได้จำนวน 20-23 ก้อน จากนั้นตรวจวัดซีเมนต์ด้วยถัง เช่น อัตราส่วนผสมซีเมนต์ต่อหินฝุ่น 1:20 จะใช้ซีเมนต์ประมาณ 6 กก. ต่อหินฝุ่น 1 กระบะ เป็นต้น เมื่อหินฝุ่นและซีเมนต์ผสมเข้ากันดีในโม่ผสมแล้วจึงเติมน้ำใส่ การคาดคะเนปริมาณน้ำเหมาะสมทำได้ด้วยการนำวัสดุที่ผสมเข้ากันดีแล้วใส่ในฝ่ามือแล้วกำ ถ้ากำแล้ววัสดุผสมติดกันเป็นก้อนโดยไม่มีน้ำเกาะที่ผิวก็ถือว่าเป็นปริมาณน้ำเหมาะสม จากนั้นทำการอัดก้อนและบ่มขึ้นต่อเนื่องประมาณ 7 วัน ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกในงานวิจัยแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 คอนกรีตบล็อกที่ใช้ในงานวิจัย

3. การสุ่มเก็บตัวอย่างคอนกรีตบล็อกจากโรงงานผู้ผลิต

การสุ่มเก็บตัวอย่างคอนกรีตบล็อกจากโรงงานผู้ผลิตเพื่อนำมาทดสอบในห้องปฏิบัติการอ้างอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 109-2517 อนึ่งโรงงานที่ผลิต

คอนกรีตบล็อกในช่วงที่ทำการวิจัยมีกำลังการผลิตไม่เกิน 10,000 ก้อน/วัน ดังนั้นจึงสุ่มชักตัวอย่างไม่น้อยกว่า 10 ก้อน ตามที่มาตรฐานกำหนด

4. วัสดุที่ใช้ผลิตคอนกรีตบล็อกตัวอย่าง

รายละเอียดวัสดุที่นำมาใช้ผลิตคอนกรีตบล็อกตัวอย่างมีดังต่อไปนี้

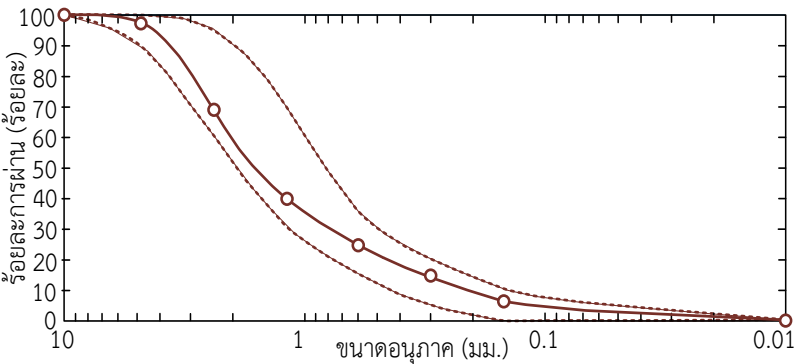
ปูนซีเมนต์: ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ขนาดบรรจุ 50 กก./ถุง ตามข้อกำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58-2530

หินฝุ่น: งานวิจัยนี้เลือกใช้หินฝุ่นของหินปูนจากโรงโม่หินอำเภอพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี มีสีเทาคล้ายกับซีเมนต์และมีสารอินทรีย์ปนเล็กน้อย (สุชาติ ศรีไพโรจน์ธิกุล, 2539); (อาทิมา ดวงจันทร์ และ สุวิมล สัจจาฉนิชย์, 2548) อนึ่งคุณสมบัติหินฝุ่นและการกระจายขนาดอนุภาคหินฝุ่นแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 3 ตามลำดับ

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	ความถ่วงจำเพาะ	2.70
ความชื้นเหมาะสม (OMC)	11.0	ค่าโมดูลัสความละเอียด (F.M.)	3.53



รูปที่ 3 การกระจายขนาดอนุภาคหินฝุ่น

ถั่วลยชีวมวล: งานวิจัยนี้เลือกใช้ถั่วเบาหรือถั่วลยชีวมวลในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์จำนวน 3 ชนิด คือ ชนิด A เป็นถั่วลยชีวมวลจากไม้ยูคาลิปตัสผสมเศษซากพืชผลทางการเกษตรในพื้นที่อำเภอประโคนชัย ชนิด B เป็นถั่วลยชีวมวลจากไม้ยูคาลิปตัสสับในพื้นที่อำเภอสตึก และชนิด C เป็นถั่วลยชีวมวลจากชานอ้อยในพื้นที่อำเภอกุเมือง โดยถั่วชีวมวลทั้ง 3 ชนิด จะถูกนำไปตากแดดให้แห้งสนิทแล้วนำไปบดให้มีขนาดอนุภาคเล็กลงด้วยวิธีบอลมิลล์ (Ball Mill) แบบแห้ง (Dry Milling) ทำการบดถั่วชีวมวลต่อเนื่องตามเวลาที่กำหนดโดยใช้ลูกบดชนิดบอลโลหะ จากนั้นนำถั่วชีวมวลที่ผ่านการบดแล้วไปร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เพื่อแยกส่วนที่เป็นเศษถั่วขนาดใหญ่ออก สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของถั่วลยชีวมวลทั้ง 3 ชนิดที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของถั่วลยชีวมวล

องค์ประกอบเคมีวิธี XRF	ถั่วชีวมวล A	ถั่วชีวมวล B	ถั่วชีวมวล C
ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2)	7.61	3.33	60.75
อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3)	-	-	3.46
ไอรอนออกไซด์ (Fe_2O_3)	5.68	1.63	9.63
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	76.13	62.81	13.70
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	4.79	17.25	5.88
ซัลเฟอร์ไดรอกไซด์ (SO_3)	0.85	4.39	1.57
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	2.25	2.45	0.84
สตรอนเชียมออกไซด์ (SrO)	0.28	0.20	0.08
กรดฟอสฟอรัส (P_2O_5)	2.03	2.17	2.61
คุณสมบัติทางกายภาพ			
น้ำหนักสูญเสียหลังเผาไหม้ (LOI)	3.8	4.9	13.4
ความละเอียด (ค้ำตะแกรง 325)	95.0	66.3	81.5
ความละเอียด (ผ่านตะแกรง 200)	29.0	91.7	49.0
ความต้องการน้ำ	60.0	58.0	58.0
ความถ่วงจำเพาะ	1.815	2.194	2.124

5. อัตราส่วนผสมที่ใช้ในงานวิจัย

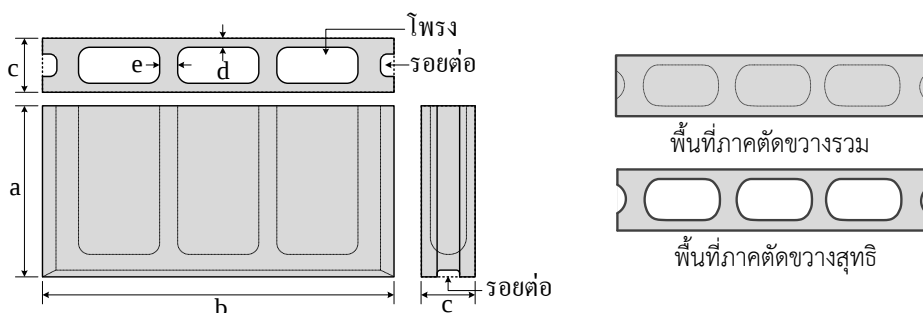
อัตราส่วนผสมของตัวอย่างทดสอบที่ใช้ในงานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ กลุ่มที่ 1 เป็นคอนกรีตบล็อกทั่วไปที่ไม่ผสมเถ้าลอยชีวมวลมี 4 อัตราส่วนผสม ได้แก่ A0 A1 A2 และ A3 และกลุ่มที่ 2 เป็นคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าลอยชีวมวลมี 3 อัตราส่วนผสม ได้แก่ AA AB และ AC ทั้งนี้ตัวอย่างทดสอบ A0 เป็นคอนกรีตบล็อกที่ผลิตเพื่อจำหน่ายโดยโรงงานแห่งหนึ่งในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์ อัตราส่วนผสมที่เลือกใช้อ้างอิงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและที่ผลิตโดยโรงงานในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์ โดยโรงงานผลิตคอนกรีตบล็อกในอำเภอเมืองบุรีรัมย์ส่วนใหญ่ใช้อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักซีเมนต์ต่อหินปูนระหว่าง 1:20 ถึง 1:24 ในขณะที่งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเลือกใช้อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักซีเมนต์ต่อหินปูนระหว่าง 1:4 ถึง 1:12 และใช้อัตราส่วนผสมเถ้าชีวมวลไม่เกิน 0.5 หรือร้อยละ 50 โดยน้ำหนักซีเมนต์ (สิทธิชัย แสงอาทิตย์, 2556); (วันโชค เครือหงส์ และคณะ, 2555) อย่างไรก็ตามผลการศึกษาส่วนใหญ่พบว่าอัตราส่วนผสมที่ใช้เถ้าชีวมวลระหว่าง 0.1 ถึง 0.2 โดยน้ำหนักซีเมนต์ช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกลของคอนกรีตบล็อกให้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับที่ไม่ผสมเถ้าชีวมวล (จิรวรรณ วิมุตติสุขวิริยา, 2564); (ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, 2555) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักซีเมนต์ต่อหินปูนระหว่าง 1:16 ถึง 1:24 และใช้อัตราส่วนผสมของเถ้าชีวมวลที่ 0.15 หรือร้อยละ 15 โดยน้ำหนักซีเมนต์ รายละเอียดอัตราส่วนผสมที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อัตราส่วนผสมคอนกรีตบล็อกโดยน้ำหนักซีเมนต์

ตัวอย่างทดสอบ	อัตราส่วน	ซีเมนต์	เถ้าชีวมวล	หินปูน	น้ำต่อซีเมนต์	หมายเหตุ
A0		โรงงานผลิตเพื่อจำหน่าย				ไม่ผสมเถ้าชีวมวล
A1	1:16	1	-	16	0.5-0.6	ไม่ผสมเถ้าชีวมวล
A2	1:20	1	-	20	0.5-0.6	ไม่ผสมเถ้าชีวมวล
A3	1:24	1	-	24	0.5-0.6	ไม่ผสมเถ้าชีวมวล
AA	1:0.15:20	1	0.15	20	0.6-0.7	ผสมเถ้าชีวมวล A
AB	1:0.15:20	1	0.15	20	0.6-0.7	ผสมเถ้าชีวมวล B
AC	1:0.15:20	1	0.15	20	0.6-0.7	ผสมเถ้าชีวมวล C

6. ขนาดคอนกรีตบล็อก

งานวิจัยนี้ทำการผลิตคอนกรีตบล็อกจากโรงงานผู้ผลิตเพื่อจำหน่ายแห่งหนึ่งในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์ โดยโรงงานดังกล่าวได้ผลิตคอนกรีตบล็อก A0 เพื่อจำหน่ายในพื้นที่อยู่เป็นประจำ อนึ่งการกำหนดรูปแบบการวัดขนาดก้อนคอนกรีตบล็อกที่ใช้ในงานวิจัยแสดงในรูปที่ 4 และผลการวัดขนาดเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 4 ตามลำดับ



รูปที่ 4 การกำหนดรูปแบบการวัดขนาดคอนกรีตบล็อก

ตารางที่ 4 ขนาดคอนกรีตบล็อกเฉลี่ย

A (มม.)	B (มม.)	C (มม.)	D (มม.)	E (มม.)		พื้นที่ตัดขวาง (ตร.ซม.)	
				บางสุด	เทียบเท่า	รวม	สุทธิ
182.5	390.0	60.4	10.5	18.4	228.3	235.56	148.26

7. มาตรฐานการทดสอบและค่าสถิติ

การหาความหนาแน่น การดูดกลืนน้ำ ความพรุน และกำลังอัดคอนกรีตบล็อกอ้างอิง การทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 58-2530; มอก.566 มอก.109-2517; มาตรฐาน ASTM C20 และ ASTM C140 ปริมาณความชื้นเหมาะสม (Optimum Moisture Content : OMC) ของหินฝุ่นอ้างอิงมาตรฐาน ASTM D1140 การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเคมีใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-Ray Fluorescence : XRF) และเทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-Ray Diffractometer : XRD) ค่าสถิติประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ดังสมการต่อไปนี้

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

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

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการทดสอบความหนาแน่น การดูดกลืนน้ำ ความพรุน และกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกสำหรับงานวิจัยนี้แสดงในตารางที่ 5 และตารางที่ 6 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 ความหนาแน่น การดูดกลืนน้ำและความพรุนเฉลี่ย

ตัวอย่างทดสอบ	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	SD	การดูดกลืนน้ำ (ร้อยละ)	SD	ความพรุน (ร้อยละ)	SD
A0	2,056	4.0	7.28	0.06	14.96	0.11
A1	2,184	8.4	6.34	0.08	13.86	0.20
A2	2,158	4.4	7.47	0.03	16.11	0.10
A3	2,091	6.5	7.86	0.16	16.44	0.32
AA	2,114	1.4	8.20	0.04	17.34	0.08
AB	2,164	6.3	6.72	0.05	14.54	0.07
AC	2,127	2.8	7.21	0.02	15.34	0.05

1. ความหนาแน่น

ผลการทดสอบความหนาแน่นกลุ่มที่ไม่ผสมเถ้าลอยชีวมวลพบว่า คอนกรีตบล็อก A1 ซึ่งใช้อัตราส่วนผสม 1:16 มีความหนาแน่นมากที่สุด รองลงมาเป็นคอนกรีตบล็อก A2 และ A3 ตามลำดับ การที่คอนกรีตบล็อก A1 มีความหนาแน่นมากที่สุดเนื่องจากใช้อัตราส่วนผสมที่มีปริมาณซีเมนต์มากที่สุด นอกจากนั้นยังพบอีกว่าคอนกรีตบล็อก A0 ซึ่งเป็นคอนกรีตบล็อกที่ผลิตเพื่อจำหน่ายโดยโรงงานมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับคอนกรีตบล็อก A3 ซึ่งใช้อัตราส่วนผสม 1:24 ผลการทดสอบความหนาแน่นกลุ่มที่ผสมเถ้าลอยชีวมวลร้อยละ 15 พบว่า คอนกรีตบล็อก AB ซึ่งผสมเถ้าลอยไม้ยูคาลิปตัสสับมีความหนาแน่นมากที่สุด รองลงมาเป็นคอนกรีตบล็อก AC ซึ่งผสมเถ้าลอยขานอ้อยและคอนกรีตบล็อก AA ซึ่งผสมเถ้า

ลอยไม่ยุบคาบิปลัดสผสม ตามลำดับ อย่างไรก็ตามความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อก AC และ AA มีค่าแตกต่างกันไม่มาก

เมื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นระหว่างคอนกรีตบล็อกทั่วไป A2 และคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าลอยชีวมวลพบว่า การผสมเถ้าลอยชีวมวล A หรือ C ร้อยละ 15 มีแนวโน้มทำให้ความหนาแน่นลดลงเมื่อเทียบกับคอนกรีตบล็อก A2 อนึ่งการผสมเถ้าลอยชีวมวล B ซึ่งมีความละเอียดมากกว่าเถ้าลอยชีวมวล A และ C ส่งผลในทางตรงกันข้าม เนื่องจากอนุภาคเถ้าลอยชีวมวลขนาดเล็กสามารถแทรกเข้าไปภายในช่องว่างระหว่างหินปูนได้ดี

2. การดูดกลืนน้ำ

ผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำกลุ่มที่ไม่ผสมเถ้าลอยชีวมวลพบว่า คอนกรีตบล็อก A1 ดูดกลืนน้ำน้อยที่สุด รองลงมาเป็นคอนกรีตบล็อก A2 และ A3 ตามลำดับ โดยคอนกรีตบล็อก A0 มีค่าการดูดกลืนน้ำอยู่ระหว่างคอนกรีตบล็อก A2 และ A3 สำหรับผลการทดสอบการดูดกลืนน้ำกลุ่มที่ผสมเถ้าลอยชีวมวลร้อยละ 15 พบว่า คอนกรีตบล็อก AB ดูดกลืนน้ำน้อยที่สุด รองลงมาเป็นคอนกรีตบล็อก AC และ AA ตามลำดับ ทั้งนี้การดูดกลืนน้ำที่ลดลงสอดคล้องกับความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบการดูดกลืนน้ำระหว่างคอนกรีตบล็อกที่ไม่ผสมเถ้าลอยชีวมวล A2 กับคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าลอยชีวมวลพบว่า การผสมเถ้าลอยชีวมวล A หรือ C ร้อยละ 15 มีแนวโน้มทำให้การดูดกลืนน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับคอนกรีตบล็อก A2 ในขณะที่การผสมเถ้าลอยชีวมวล B ซึ่งมีความละเอียดมากกว่าเถ้าลอยชีวมวล A และ C ให้ผลตรงกันข้าม

3. ความพรุน

ผลการทดสอบความพรุนกลุ่มที่ไม่ผสมเถ้าลอยชีวมวลพบว่า คอนกรีตบล็อก A1 มีความพรุนน้อยที่สุด รองลงมาเป็นคอนกรีตบล็อก A0 A2 และ A3 ตามลำดับ สำหรับผลการทดสอบความพรุนกลุ่มที่ผสมเถ้าลอยชีวมวลพบว่า คอนกรีตบล็อก AB มีความพรุนน้อยที่สุด รองลงมาเป็นคอนกรีตบล็อก AC และ AA ตามลำดับ ทั้งนี้ความพรุนและการดูดกลืนน้ำที่ลดลงสอดคล้องกับความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบความพรุนระหว่างคอนกรีตบล็อกทั่วไป A2 กับคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าลอยชีวมวลพบว่า การผสมเถ้าลอยชีวมวล A หรือ C ร้อยละ 15 มีแนวโน้มทำให้ความพรุนเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับคอนกรีตบล็อก A2 ในขณะที่การผสมเถ้าลอยชีวมวล B ซึ่งมีความละเอียดมากกว่าเถ้าลอยชีวมวล A และ C จึงทำให้ความพรุนมีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับคอนกรีตบล็อก A2

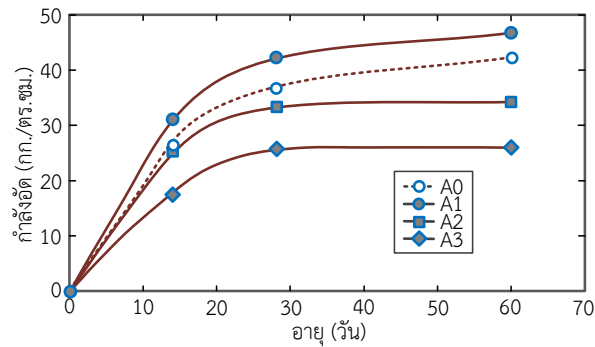
4. กำลังอัด

การคำนวณหาค่ากำลังอัดคอนกรีตบล็อกจะใช้พื้นที่หน้าตัดขวางรวมในการคำนวณ โดยผลการทดสอบกำลังอัดเฉลี่ยของทุกตัวอย่างทดสอบที่อายุ 14 วัน 28 วัน และ 60 วัน มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 กำลังอัดเฉลี่ยของคอนกรีตบล็อก

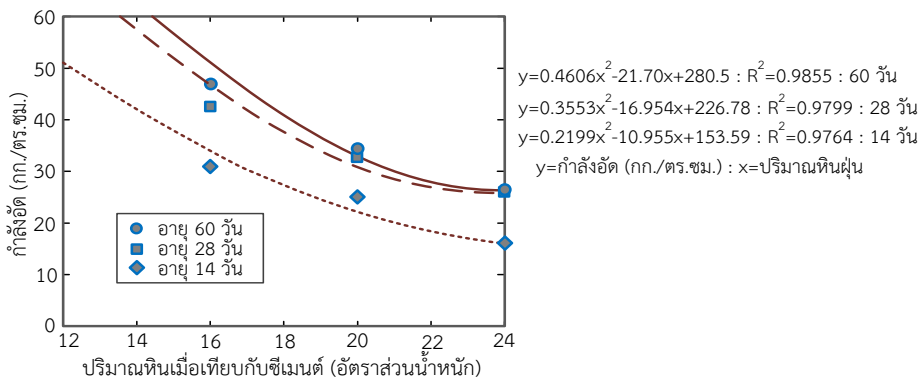
ตัวอย่าง ทดสอบ	อายุ 14 วัน (กก./ตร.ซม.)	SD	อายุ 28 วัน (กก./ตร.ซม.)	SD	อายุ 60 วัน (กก./ตร.ซม.)	SD
A0	26.1	1.6	36.1	2.6	42.4	5.0
A1	31.0	1.1	42.4	2.5	46.6	3.3
A2	25.4	2.6	33.1	3.6	34.3	2.7
A3	17.8	1.1	25.9	2.8	26.3	2.8
AA	25.7	2.2	38.2	2.7	40.3	1.5
AB	27.1	1.0	40.3	2.1	43.7	2.8
AC	26.3	2.4	39.4	1.2	42.8	1.9

เมื่อพิจารณากำลังอัดที่อายุ 28 วัน ของกลุ่มที่ไม่ผสมเถ้าลอยชีวมวลพบว่า กำลังอัดของคอนกรีตบล็อก A1 มีค่ามากที่สุด รองลงมาเป็น A0 A2 และ A3 ตามลำดับ ทั้งนี้ คอนกรีตบล็อก A0 A1 A2 และ A3 มีกำลังอัดที่อายุ 28 วันผ่านเกณฑ์กำลังอัดเฉลี่ย 5 ก่อนตามมาตรฐาน มอก.58-2530 ซึ่งกำลังอัดต้องไม่น้อยกว่า 25 กก./ตร.ซม. อย่างไรก็ตาม คอนกรีตบล็อก A3 มีกำลังอัดผ่านเกณฑ์เพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เมื่อพิจารณาการพัฒนา กำลังอัดพบว่า คอนกรีตบล็อก A2 และ A3 มีการพัฒนา กำลังอัดที่อายุ 60 วัน เทียบกับที่อายุ 28 วัน เพิ่มขึ้นเล็กน้อยคิดเป็นร้อยละ 1.2 และ 0.4 ตามลำดับ การพัฒนา กำลังอัดคอนกรีตบล็อกกลุ่มที่ไม่ผสมเถ้าลอยชีวมวลแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 กำลังอัดคอนกรีตบล็อกไม่ผสมเถ้าลอยชีวมวล

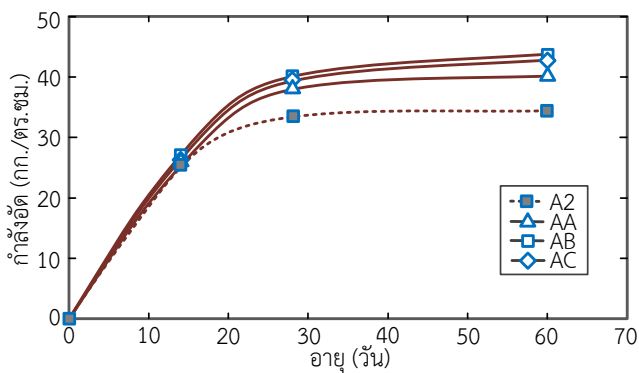
เมื่อทำนายกำลังอัดคอนกรีตบล็อกไม่ผสมเถ้าลอยชีวมวลพบว่า คอนกรีตบล็อก A3 ซึ่งมีอัตราส่วนผสมระหว่างซีเมนต์ต่อหินปูน 1:24 ผ่านเกณฑ์กำลังอัดที่อายุ 28 วันเพียงเล็กน้อย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอแนะว่าควรใช้อัตราส่วนผสมระหว่างซีเมนต์ต่อหินปูนขั้นต่ำคือ 1:20 เพราะคอนกรีตบล็อกที่ผลิตจะมีความมั่นคงแข็งแรงและมีต้นทุนการผลิตไม่สูงจนเกินไป สำหรับการทำนายกำลังอัดคอนกรีตบล็อกไม่ผสมเถ้าลอยชีวมวลแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 การทำนายกำลังอัดเมื่อแปรเปลี่ยนอัตราส่วนน้ำหนักหินปูนต่อซีเมนต์

เมื่อพิจารณากำลังอัดคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าลอยชีวมวลที่อายุ 28 วัน พบว่า คอนกรีตบล็อก AB ซึ่งผสมเถ้าลอยไม้ยูคาลิปตัสสับมีกำลังอัดมากที่สุด รองลงมาเป็น คอนกรีตบล็อก AC ซึ่งผสมเถ้าลอยขานอ้อยและคอนกรีตบล็อก AA ซึ่งผสมเถ้าลอยไม้ยูคาลิปตัสผสมเศษซากพืชผลทางการเกษตร ตามลำดับ ทั้งนี้คอนกรีตบล็อก AA AB และ AC

มีกำลังอัดผ่านเกณฑ์กำลังอัดเฉลี่ย 5 ก่อนตามมาตรฐาน มอก. 58-2530 นอกจากนั้นยังพบอีกว่า การผสมเถ้าลอยชีวมวล A B และ C ร้อยละ 15 โดยน้ำหนักซีเมนต์ช่วยให้การพัฒนา กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกเพิ่มขึ้น โดยคอนกรีตบล็อก AA มีกำลังอัดที่อายุ 28 วันเพิ่มขึ้น ร้อยละ 15.4 คอนกรีตบล็อก AC มีกำลังอัดเพิ่มขึ้นร้อยละ 19.0 และคอนกรีตบล็อก AB มีกำลังอัดเพิ่มขึ้นร้อยละ 21.8 ตามลำดับ สำหรับผลการพัฒนากำลังอัดคอนกรีตบล็อกกลุ่ม ที่ผสมเถ้าลอยชีวมวลแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 กำลังอัดคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าลอยชีวมวล

สรุปผลการวิจัย

1. ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนผสมมีการใช้ปริมาณ ซีเมนต์เพิ่มขึ้น ในขณะที่การดูดกลืนน้ำและความพรุนของคอนกรีตบล็อกจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตรา ส่วนผสมมีการใช้ปริมาณซีเมนต์ลดลง
2. คอนกรีตบล็อกผสมเถ้าลอยชีวมวล B หรือเถ้าไม้ยูคาลิปตัสสับมีแนวโน้มความ หนาแน่นเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับที่ไม่ผสมเถ้าลอยชีวมวล คอนกรีตบล็อกผสมเถ้าลอยชีวมวล A หรือเถ้าไม้ยูคาลิปตัสผสมเศษซากพืชผลทางการเกษตรมีแนวโน้มการดูดกลืนน้ำและความพรุน เพิ่มขึ้น ในขณะที่คอนกรีตบล็อกผสมเถ้าลอยชีวมวล C หรือเถ้าขานอ้อยมีแนวโน้มการ ดูดกลืนน้ำและความพรุนลดลงเช่นเดียวกับการผสมเถ้าไม้ยูคาลิปตัสสับ
3. ถึงแม้ว่ากำลังอัดของทุกอัตราส่วนผสมจะผ่านมาตรฐานคอนกรีตบล็อกชนิดไม่ รับน้ำหนัก แต่การนำเถ้าลอยชีวมวลในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ทั้ง 3 ชนิด คือ เถ้าไม้ยูคาลิปตัส

สับ เถ้าขานอ้อย และเถ้าไม้ยูคาลิปตัสผสมเศษซากพืชผลทางการเกษตรมาผสมที่สัดส่วน 0.15 หรือร้อยละ 15 โดยน้ำหนักซีเมนต์ สามารถช่วยเพิ่มกำลังอัดได้ประมาณร้อยละ 15-22

4. ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเถ้าลอยชีวมวลทั้ง 3 ชนิดจากพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ เมื่อนำมาเป็นส่วนผสมในคอนกรีตบล็อกสามารถช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและทางกลได้ดีขึ้น ส่งผลให้สามารถนำองค์ความรู้จากงานวิจัยนี้ไปต่อยอดการพัฒนาคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกเพื่อการพาณิชย์ต่อไปได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงด้วยดีจากความอนุเคราะห์ของทางหุ้นส่วนเรื่องเกียรติก่อสร้าง จำกัด กลุ่มอุตสาหกรรมโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าชีวมวลในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์ และศูนย์บริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

- จิรวรรณ วิมุตติสุขวิริยา. (2564). การศึกษาคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักผลิตจากหินฝุ่นบะซอลต์ผสมเถ้าขานอ้อยในพื้นที่อำเภอเมืองบุรีรัมย์. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 16(1), 103-117.
- ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. (2555). การใช้เถ้าขานอ้อยเพื่อเป็นวัสดุปอซโซลานในงานคอนกรีต. *วารสารวิชาการสมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย*, 16, 1-11.
- บุรฉัตร ฉัตรวิระ, สุธี จริยธีรเวช และ ญัฐ มากุล. (2552). คุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกกลวงชนิดไม่รับน้ำหนักและไม่ควบคุมความชื้นผสมแร่ดินเบาและเถ้าขานอ้อย. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*, 32(1), 59-76.
- วันโชค เครือหงส์, จิรวรรณ สีนศิริ, ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และ ปริญญญา จินดาประเสริฐ. (2555). การศึกษาโครงสร้างจุลภาคของซีเมนต์เพสต์ผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน. *วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*, 35(2), 187-200.
- สิทธิชัย แสงอาทิตย์. (2556). อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อหินฝุ่นที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีตบล็อกหรืออิฐบล็อก. *วารสารวิชาการสมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย*, 20, 1-5.

- สุชาดา ศรีโพธิ์จันธิกุล. (2539). *การศึกษาคุณภาพของหินปูนและโดโลไมต์จากแหล่งต่าง ๆ ของประเทศไทยโดยวิธี XRF*. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี.
- อาทิตยา ดวงจันทร์ และ สุวิมล สัจจาณิชย์. (2548). *คอนกรีตบดลือผสมเถ้าขานอ้อย*. น.6-10.
ใน: การประชุมวิชาการคอนกรีตแห่งชาติครั้งที่ 10, 2-4 พฤษภาคม 2548, สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, ชลบุรี.