



การพัฒนาบล็อกประสานมวลเบาที่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบ

DEVELOPMENT OF LIGHT-WEIGHT INTERLOCKING BLOCK CONTAINING RICE HUSK ASH

นพปดล เสงี่ยมศักดิ์<sup>1\*</sup> สุภกิตต์ น้อยทรง<sup>2</sup> และกานติมา บุตตะแสง<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ห้องวิจัยคอนกรีตและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>2,3</sup>นิสิตระดับปริญญาตรี, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

\*Corresponding author, E-Mail: noppadol.s@msu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาบล็อกประสานที่มีความหนาแน่นต่ำโดยใช้เถ้าแกลบซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการเผาแกลบในการผลิตเกลือสินเธาว์ ใช้อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ : หินฝุ่น : เถ้าแกลบบด : เถ้าแกลบไม่บด ที่แตกต่างกัน 12 อัตราส่วน ได้แก่ 1:6:2:0 1:6:0:2 1:6:1:1 1:5:3:0 1:5:0:3 1:5:1.5:1.5 1:4:4:0 1:4:0:4 1:4:2:2 1:3:5:0 1:3:0:5 1:3:1.5:1.5 โดยน้ำหนัก นำส่วนผสมมาอัดขึ้นรูปให้มีความหนาแน่นแห้งประมาณ 1300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แล้วทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานที่อายุ 7 14 และ 28 วัน และการดูดซึมน้ำของบล็อกประสานที่อายุ 28 วัน จากการศึกษาพบว่าเมื่อปริมาณของเถ้าแกลบเพิ่มขึ้นจะทำให้กำลังรับแรงอัดและการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานที่อายุ 7 14 และ 28 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 35 - 71 43 - 81 และ 53 - 109 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนการดูดซึมน้ำที่อายุ 28 วัน มีค่าอยู่ในช่วง 446 - 546 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร บล็อกประสานทุกอัตราส่วนมีกำลังรับน้ำหนักผ่านมาตรฐาน มผช. 602/2547 ชนิดไม่รับน้ำหนัก อัตราส่วนผสมที่แนะนำซึ่งมีต้นทุนในการผลิตต่ำที่สุดคือ 1:3:0:5 คำสำคัญ: บล็อกประสานมวลเบา; เถ้าแกลบ; กำลังรับแรงอัด; การดูดซึมน้ำ

ABSTRACT

This research aimed to develop a light-weight interlocking block using rice husk ash, a waste material from rice husk burning in the production of rock salt. Twelve mixtures with the ratio between cement : dust stone : crushed rice husk ash : uncrushed rice husk ash equaled to 1:6:2:0 1:6:0:2 1:6:1:1 1:5:3:0 1:5:0:3 1:5:1.5:1.5 1:4:4:0 1:4:0:4 1:4:2:2 1:3:5:0 1:3:0:5 1:3:1.5:1.5 by weight, were compressed into a lump with a dry density of about 1300 kg/m<sup>3</sup>. The compressive strength at the age of 7, 14 and 28 days and the water absorption at the age of 28 days were tested. The results indicated that when the amount of rice husk ash increased, the compressive strength and the water absorption increased. The compressive strength of the interlocking blocks at the age of 7, 14 and 28 days were in the range of 35 - 71, 43 - 81 and 53 - 109 kg/cm<sup>2</sup>, respectively. The water absorption at the age of 28 days were in the range of 446 - 546 kg/m<sup>3</sup>. All ratios of the interlocking blocks had the compressive strength through the standard of TCPS 602/2547, non-load-bearing type. The recommended ratio, which had the lowest cost, is 1:3:0:5.

**KEYWORDS:** light-weight interlocking block; rice husk ash; compressive strength; water absorption

Noppadol Sangiamsak<sup>1\*</sup> Supakit Noisong<sup>2</sup> and Kantima Buttasang<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Asst. Prof. Concrete and Computer Research Unit, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Thailand.

<sup>2,3</sup>Graduate Student Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Thailand.

## 1. บทนำ

บล็อกประสาน เป็นอิฐชนิดหนึ่งที่ได้รับคามนิยมน้อยมากในปัจจุบัน สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ใช้ทำผนัง เสา รั้ว บ่อปลา งานตกแต่งสวน เป็นต้น บล็อกประสานถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถก่อสร้างได้ง่ายและรวดเร็ว โดยมีร่องและปุ่มเพื่อให้บล็อกประสานแต่ละก้อนสวมเข้ากันได้พอดีเมื่อวางเรียงซ้อนกัน นอกจากนี้ ยังมีรูสำหรับทำการเสียบเหล็กและกรอกปูนลงไปเพื่อให้บล็อกประสานแต่ละชั้นยึดเกาะกันได้อย่างแข็งแรง บล็อกประสานโดยทั่วไปมีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1600 – 2000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีขนาดค่อนข้างใหญ่ โดยขนาดมาตรฐานของบล็อกประสานที่ใช้งานกันอย่างกว้างขวาง คือ 12.5 เซนติเมตร x 25 เซนติเมตร x 10 เซนติเมตร ดังนั้น จึงมีน้ำหนักต่อก้อนค่อนข้างมาก คือ ประมาณ 5 – 7 กิโลกรัมต่อก้อน ส่งผลให้เกิดปัญหาในการลำเลียงเพื่อการกองเก็บ และการลำเลียงขณะนำไปใช้ก่อสร้าง

เถ้าแกลบ เกิดจากการเผาแกลบ แหล่งเถ้าแกลบที่สำคัญได้แก่ โรงงานผลิตอิฐมอญ โรงไฟฟ้าที่ใช้พลังงานจากการเผาแกลบ โรงงานผลิตเกลือสินเธาว์ เป็นต้น เถ้าแกลบถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางทางการเกษตร โดยนำไปเป็นวัสดุเพาะปลูก หรือใช้ผสมกับดินเพื่อให้ดินมีความโปร่ง ระบายน้ำได้ดี ในทางวิศวกรรม เถ้าแกลบจัดเป็นวัสดุปอซโซลาน ที่สามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในคอนกรีตได้โดยทำปฏิกิริยาปอซโซลานกับปูนซีเมนต์ทำให้มีคุณสมบัติบางอย่างดีขึ้น อย่างไรก็ตาม เถ้าแกลบก็ยังเป็นวัสดุที่มีราคาถูกและหาได้โดยทั่วไป

ที่ผ่านมา มีการศึกษาเกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้เป็นส่วนผสมของบล็อกประสานจำนวนมาก เช่น เถ้าลอย เถ้ากันเตา [1-2] เถ้าชีวมวลที่เกิดจากการเผาวัสดุทางการเกษตรเพื่อผลิตไฟฟ้า [3] เถ้ากะลาปาล์มน้ำมัน [4] เปลือกหอยเชอรี่ [5] สลากลบรจกัณฑ์ [6] ทั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพียงเพื่อต้องการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์และพัฒนาบล็อกประสานที่มีราคาประหยัด รวมทั้งการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเท่านั้น โดยไม่ได้มุ่งเน้นเพื่อผลิตบล็อกประสานที่มีน้ำหนักเบา สำหรับงานวิจัยที่นำวัสดุเหลือทิ้งมาเป็นส่วนผสมในบล็อกประสานเพื่อพัฒนาให้มีน้ำหนักเบาขึ้น ประชุม คำพูด [7] ได้พัฒนาบล็อกประสานมวลเบาที่มีส่วนผสมจากเศษพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง พบว่าพลาสติกอีวีเอช่วยให้บล็อกประสานมีน้ำหนักเบา และเพิ่มความเป็นฉนวนกันความร้อนได้ โดยมีความหนาแน่นอยู่ในช่วงประมาณ 1800 – 1975 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ อนุชาติ ลื่อนันต์ศักดิ์ศิริ [8] ได้พัฒนาบล็อกประสานมวลเบาที่มีส่วนผสมของเถ้าขานอ้อย ดินเบา และเถ้าแกลบ โดยวัสดุหลักที่ใช้ในการทำบล็อกประสานคือปูนซีเมนต์และตะกอนน้ำประปา พบว่าส่วนผสมที่มีเถ้าแกลบให้กำลังรับแรงอัดที่ต่ำมากและไม่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพข. 602/2547 [9]

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาบล็อกประสานมวลเบาที่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบ โดยวัสดุหลักที่ใช้คือปูนซีเมนต์และหินฝุ่น กำหนดส่วนผสมที่แตกต่างกันทั้งหมด 12 อัตราส่วนและอัดขึ้นรูปให้เป็นก้อนโดยทำให้มีความหนาแน่นต่ำกว่าบล็อกประสานทั่วไป ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดและการดูดซึมน้ำ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่กำหนดไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพข. 602/2547 ทั้งนี้ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาบล็อกประสานที่มีน้ำหนักเบา และเป็นการนำเถ้าแกลบมาใช้ให้เกิดประโยชน์

## 2. วัสดุที่ใช้และอัตราส่วนผสม

วัสดุที่ใช้เป็นส่วนผสมในบล็อกประสานประกอบด้วย

**เถ้าแกลบ** นำมาจากแหล่งชุมชนผลิตเกลือสินเธาว์ อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม เป็นเถ้าแกลบที่เกิดจากการเผาแกลบเพื่อใช้ในการต้มเกลือ มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.09 นำมาอบให้แห้งสนิทและแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) เถ้าแกลบที่ร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 10 โดยไม่ผ่านการบด และ 2) เถ้าแกลบที่บดและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 100 ลักษณะของเถ้าแกลบบดและเถ้าแกลบไม่บดแสดงดังรูปที่ 1

หินฝุ่น จากร้านขายวัสดุก่อสร้าง นำมาอบให้แห้งสนิทแล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.61 และมีการกระจายขนาดซึ่งทดสอบโดยวิธีร่อนตะแกรงดังรูปที่ 2 ขนาดของอนุภาคหินฝุ่นโดยส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 1 – 4.5 มิลลิเมตร ลักษณะของหินฝุ่นแสดงดังรูปที่ 1

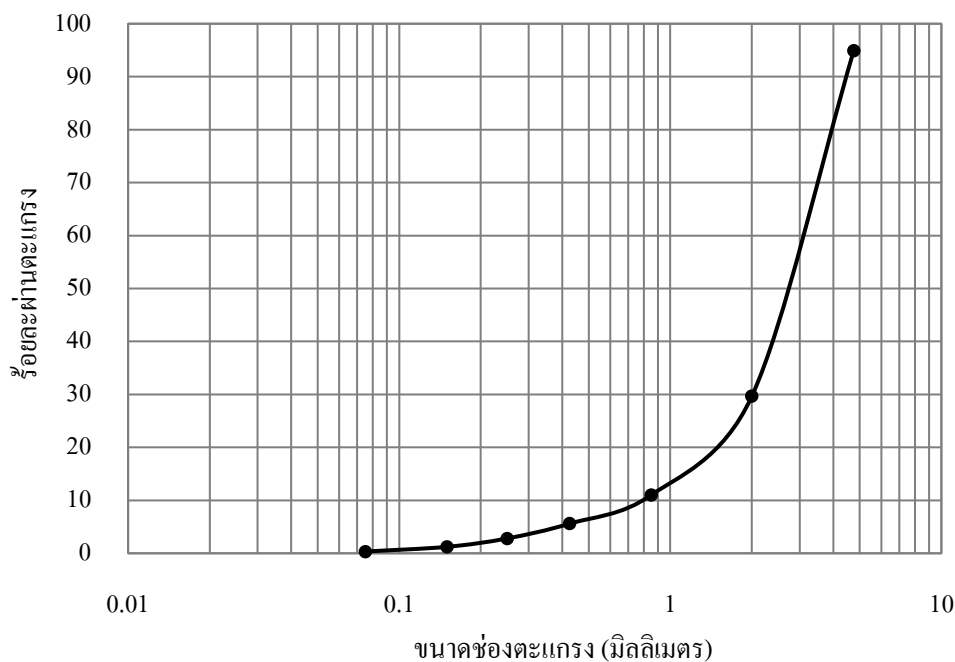
ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

น้ำสะอาด ใช้น้ำประปา

ส่วนผสมที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปบล็อกประสานมีทั้งหมด 12 อัตราส่วน ทุกอัตราส่วนประกอบด้วยปูนซีเมนต์ 1 ส่วน และวัสดุรวมอื่นๆ (หินฝุ่น เถ้าแกลบบด เถ้าแกลบไม่บด) 8 ส่วน โดยมีการเปลี่ยนสัดส่วนระหว่างหินฝุ่น เถ้าแกลบบด และเถ้าแกลบไม่บด ดังตารางที่ 1 ในการกำหนดปริมาณน้ำ ได้มีการสุ่มหาปริมาณน้ำที่สามารถอัดขึ้นรูปได้พอดี ซึ่งพบว่าที่ปริมาณน้ำ 1.4 ส่วน ทุกส่วนผสมสามารถอัดขึ้นรูปได้พอดี ดังนั้น จึงได้ใช้ปริมาณน้ำที่ค่าดังกล่าว



รูปที่ 1 วัสดุรวมรวมสำหรับทำบล็อกประสาน



รูปที่ 2 กราฟการกระจายขนาดของหินฝุ่นจากการทดสอบโดยวิธีร่อนตะแกรง

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของวัสดุในการอัดขึ้นรูปบล็อกประสาน

ส่วนผสม	สัดส่วนของวัสดุโดยน้ำหนัก				น้ำ
	ปูนซีเมนต์	หินปูน	เถ้าแกลบ		
			บด	ไม่บด	
1-6-2-0	1	6	2	0	1.4
1-6-0-2	1	6	0	2	1.4
1-6-1-1	1	6	1	1	1.4
1-5-3-0	1	5	3	0	1.4
1-5-0-3	1	5	0	3	1.4
1-5-1.5-1.5	1	5	1.5	1.5	1.4
1-4-4-0	1	4	4	0	1.4
1-4-0-4	1	4	0	4	1.4
1-4-2-2	1	4	2	2	1.4
1-3-5-0	1	3	5	0	1.4
1-3-0-5	1	3	0	5	1.4
1-3-2.5-2.5	1	3	2.5	2.5	1.4

### 3. วิธีการศึกษา

จุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้เพื่อพัฒนาบล็อกประสานมวลเบาที่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบ ดังนั้น ในขั้นตอนเริ่มต้น ได้ทำการหาความหนาแน่นที่น้อยที่สุดที่สามารถอัดขึ้นรูปได้ โดยทดลองอัดส่วนผสมให้มีความหนาแน่นต่างๆ เริ่มต้นจากความหนาแน่นสูง (ประมาณ 1800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และลดความหนาแน่นลงเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่สามารถอัดขึ้นรูปได้ ซึ่งพบว่า ความหนาแน่นต่ำสุดที่สามารถอัดขึ้นรูปได้ในทุกๆ อัตราส่วนมีค่าประมาณ 1300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ความหนาแน่นแห้งที่ต่ำกว่านี้ ส่วนผสมไม่สามารถจับตัวกันเป็นก้อนได้) ดังนั้น จึงได้กำหนดความหนาแน่นแห้งของบล็อกประสานเท่ากับ 1300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งบล็อกประสานทั่วไปมีความหนาแน่นอยู่ในช่วง 1600 – 2000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

การอัดขึ้นรูปบล็อกประสานจะนำส่วนผสมลงในแบบและใช้เครื่องอัดไฮดรอลิกแบบมือโยก (รูปที่ 3) อัดให้เป็นก้อนขนาด 5 เซนติเมตร x 5 เซนติเมตร x 4 เซนติเมตร แล้วดันออกจากแบบ จะได้บล็อกประสานดังรูปที่ 4 ส่วนผสมที่ลงในแบบเพื่ออัดขึ้นรูปมีการควบคุมน้ำหนักเพื่อให้บล็อกประสานมีความหนาแน่น 1300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามต้องการ วางบล็อกประสานทิ้งไว้ในที่ร่ม จากนั้น ทำการบ่มด้วยการฉีดพรมน้ำให้ทั่วและหุ้มด้วยพลาสติกจนถึงอายุทดสอบ

เนื่องจากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพข. 602/2547 ได้กำหนดคุณสมบัติของบล็อกประสานไว้โดยแบ่งเป็นชนิดรับน้ำหนักและชนิดไม่รับน้ำหนักไว้ดังนี้ คือ บล็อกประสานชนิดรับน้ำหนักต้องมีกำลังรับแรงอัดไม่น้อยกว่า 70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีค่าการดูดซึมน้ำเป็นไปตามตารางที่ 2 สำหรับบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักต้องมีกำลังรับแรงอัดไม่น้อยกว่า 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยไม่มีการกำหนดค่าการดูดซึมน้ำ ดังนั้น คุณสมบัติของบล็อกประสานที่ศึกษาในงานวิจัยนี้จึงประกอบด้วยกำลังรับแรงอัดที่อายุ 7 14 และ 28 วัน และการดูดซึมน้ำที่อายุ 28 วัน วิธีการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.109-2517 [10]



รูปที่ 3 การอัดขึ้นรูปบล็อกประสานโดยใช้เครื่องอัดไฮดรอลิกแบบมือโยก



รูปที่ 4 ลักษณะของบล็อกประสานที่อัดขึ้นรูป

การทดสอบกำลังรับแรงอัดทำได้โดยนำก้อนตัวอย่างวางบนแท่นของเครื่องทดสอบ ให้ด้านที่รับแรงกระทำจากเครื่องกดเป็นด้านเดียวกันกับการรับแรงที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป กดก้อนตัวอย่างจนกระทั่งวิบัติ กำลังรับแรงอัดหาได้จากค่าแรงกดสูงสุดหารด้วยพื้นที่รับแรงคังสมการต่อไปนี้

$$\text{กำลังรับแรงอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)} = \frac{P}{A} \quad (1)$$

เมื่อ  $P$  คือ แรงกดสูงสุดที่ก้อนตัวอย่างรับได้ (กิโลกรัม) และ  $A$  คือ พื้นที่รับแรงอัดของก้อนตัวอย่าง (ตารางเซนติเมตร)

การทดสอบการดูดซึมน้ำทำได้โดยนำบล็อกประสานไปอบให้แห้งสนิทแล้วชั่งน้ำหนัก จากนั้น นำไปแช่น้ำเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมงแล้วนำขึ้นจากน้ำ ชั่งน้ำที่เคลือบอยู่ที่ผิวของก้อนตัวอย่างและทำการชั่งน้ำหนัก ค่าการดูดซึมน้ำของบล็อกประสานสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{การดูดซึมน้ำ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)} = \frac{W_1 - W_2}{V} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ  $W_1$  คือ น้ำหนักหลังแช่น้ำของก้อนตัวอย่าง (กิโลกรัม)  $W_2$  คือ น้ำหนักอบแห้งของก้อนตัวอย่าง (กิโลกรัม) และ  $V$  คือ ปริมาตรของก้อนตัวอย่าง (ลูกบาศก์เมตร)

ตารางที่ 2 ค่าการดูดซึมน้ำของบล็อกประสานตามเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 602/2547

หน่วยน้ำหนักบล็อกประสานเมื่ออบแห้ง (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	การดูดซึมน้ำสูงสุดเฉลี่ยจากบล็อกประสาน 5 ก้อน (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
ไม่เกิน 1680	288
1681 ถึง 1760	272
1761 ถึง 1840	256
1841 ถึง 1920	240
1921 ถึง 2000	224
มากกว่า 2000	208

#### 4. ผลการศึกษา

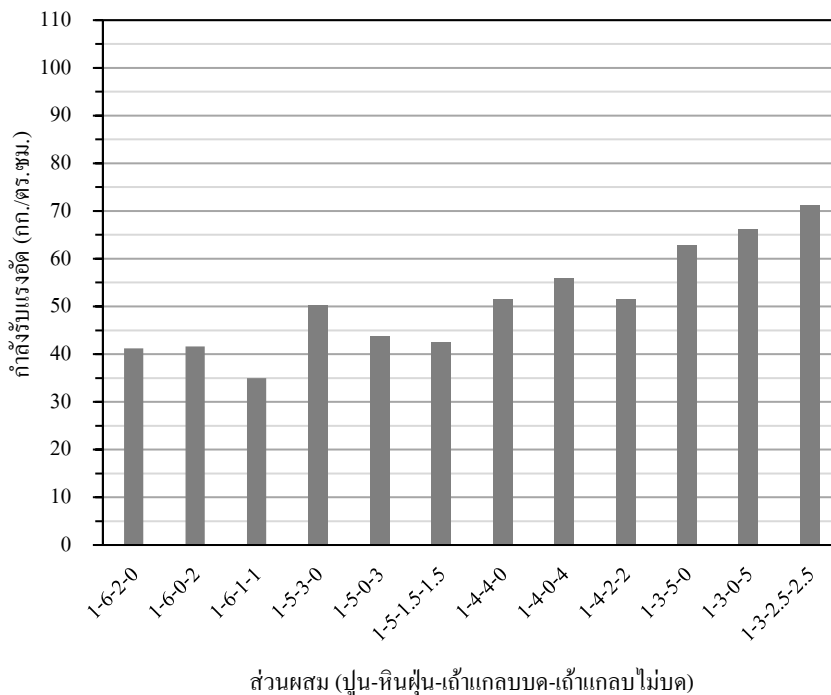
ค่ากำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานทั้ง 12 ส่วนผสมที่อายุ 7 14 และ 28 วัน ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยจากก้อนตัวอย่าง 5 ก้อน แสดงดังรูปที่ 5 6 และ 7 ตามลำดับ จะเห็นว่า กำลังรับแรงอัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเถ้าแกลบ ทั้งนี้ เกิดจากการอัดตัวของวัสดุ โดยเถ้าแกลบซึ่งมีขนาดเล็กว่าหินฝุ่นแทรกตัวอยู่ในช่องว่างระหว่างหินฝุ่น ทำให้มีเนื้อแน่น นอกจากนี้ เถ้าแกลบมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าหินฝุ่น และทุกส่วนผสมที่นำมาอัดขึ้นรูปมีการตวงด้วยน้ำหนักที่เท่ากันเพื่อควบคุมให้มีความหนาแน่นเท่ากัน ดังนั้น เมื่อนำเถ้าแกลบแทนที่หินฝุ่นในปริมาณเพิ่มขึ้น ส่วนผสมที่ตวงมาเพื่ออัดขึ้นรูปจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น ทำให้ใช้แรงในการอัดขึ้นรูปเพิ่มขึ้น การผสมเถ้าแกลบกับปูนซีเมนต์สามารถเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานและทำให้กำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นได้ อย่างไรก็ตาม ปฏิกิริยาปอซโซลานอาจส่งผลน้อยมากต่อกำลังรับแรงอัดที่เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณเถ้าแกลบเพิ่มขึ้นเนื่องจากเป็นเถ้าแกลบที่ไม่ละเอียดมาก บล็อกประสานมีกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นตามอายุซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยาไฮเดรชันระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ ผลกระทบของการใช้เถ้าแกลบบด เถ้าแกลบไม่บด อย่งใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่างร่วมกัน มีความไม่ชัดเจนเนื่องจากมีแนวโน้มที่ไม่แน่นอน เช่น ที่อายุ 28 วัน ส่วนผสม 1-6-1-1 มีกำลังรับแรงอัดมากกว่าส่วนผสม 1-6-2-0 และ 1-6-0-2 และส่วนผสม 1-5-3-0 มีกำลังรับแรงอัดมากกว่าส่วนผสม 1-5-0-3 และ 1-5-1.5-1.5 ซึ่งเป็นแนวโน้มที่แตกต่างกัน แต่โดยส่วนใหญ่แล้ว ส่วนผสมที่ใช้เถ้าแกลบทั้งแบบบดและแบบไม่บดร่วมกัน จะมีกำลังรับแรงอัดสูงกว่าการใช้เถ้าแกลบบดหรือเถ้าแกลบไม่บดเพียงอย่างเดียวใดอย่างหนึ่ง ทั้งนี้ เนื่องจากส่วนผสมที่ใช้ทั้งเถ้าแกลบบดและเถ้าแกลบไม่บดร่วมกันมีเนื้อของก้อนบล็อกประสานแน่นกว่า เพราะเถ้าแกลบบดสามารถแทรกตัวเข้าไปในช่องว่างของเถ้าแกลบไม่บดได้ สำหรับผลการทดสอบการดูดซึมน้ำแสดงได้ดังรูปที่ 8 โดยค่าการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเถ้าแกลบ เนื่องจากอนุภาคของเถ้าแกลบมีความพรุนสูงกว่าหินฝุ่น เมื่อใช้เถ้าแกลบแทนที่หินฝุ่นในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้การดูดซึมน้ำของบล็อกประสานเพิ่มขึ้น การใช้เถ้าแกลบบด เถ้าแกลบไม่บด อย่งใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่างร่วมกัน ทำให้บล็อกประสานมีค่าการดูดซึมน้ำที่ไม่แตกต่างกันมากและมีแนวโน้มไม่ชัดเจน

เมื่อพิจารณามาตรฐาน มผช. 602/2547 สำหรับบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักพบว่า ส่วนผสมทั้งหมดมีกำลังรับแรงอัดผ่านมาตรฐานของบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักทุกอายุการทดสอบ คือ มีกำลังรับแรงอัดไม่ต่ำกว่า 25 กิโลกรัมต่อตาราง

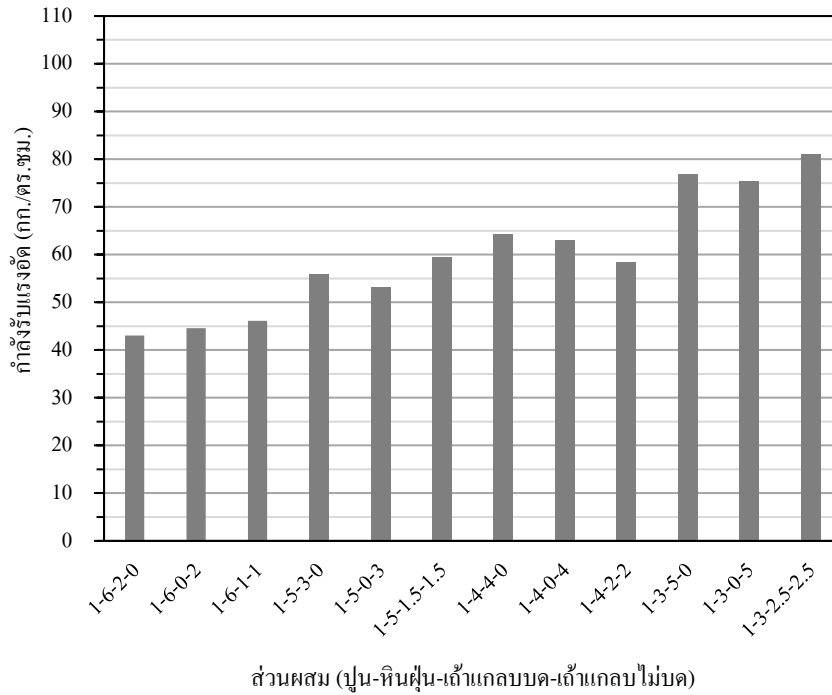
เซนติเมตร สำหรับบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนัก ซึ่งกำหนดกำลังรับแรงอัดไม่น้อยกว่า 70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อายุ 7 วัน ส่วนผสมที่มีกำลังรับแรงอัดผ่านมาตรฐาน คือ 1-3-2.5-2.5 ที่อายุ 14 วัน ส่วนผสมที่มีกำลังรับแรงอัดผ่านมาตรฐาน คือ 1-3-5-0 1-3-0-5 และ 1-3-2.5-2.5 และที่อายุ 28 วัน ส่วนผสมเกือบทั้งหมด ยกเว้น 1-6-2-0 1-6-0-2 และ 1-6-1-1 มีกำลังรับแรงอัดผ่านมาตรฐาน อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาค่าการดูดซึมน้ำของบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนักที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน มพข. 602/2547 ดังตารางที่ 2 เนื่องจากตัวอย่างบล็อกประสานมีความหนาแน่น 1300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (น้อยกว่า 1680 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ซึ่งต้องมีค่าการดูดซึมน้ำไม่เกิน 288 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรนั้น จะเห็นว่า บล็อกประสานทุกอัตราส่วนมีค่าการดูดซึมน้ำไม่ผ่านมาตรฐาน

หากเปรียบเทียบบล็อกประสานมวลเบาจากงานวิจัยของ ประชุม คำพุทธ [7] ซึ่งผลิตจากปูนซีเมนต์ หินฝุ่น และเศษพลาสติกอีวีเอ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อวัสดุมวลรวมเท่ากับ 1:6 ได้ความหนาแน่นของบล็อกประสานอยู่ในช่วงประมาณ 1800 – 1975 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีกำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน อยู่ในช่วง 60 – 100 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีการดูดซึมน้ำระหว่าง 161 – 175 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะเห็นว่า งานวิจัยนี้ใช้ปริมาณปูนซีเมนต์น้อยกว่า ความหนาแน่นของบล็อกประสานต่ำกว่า กำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วันใกล้เคียงกัน ส่วนการดูดซึมน้ำมีค่ามากกว่า

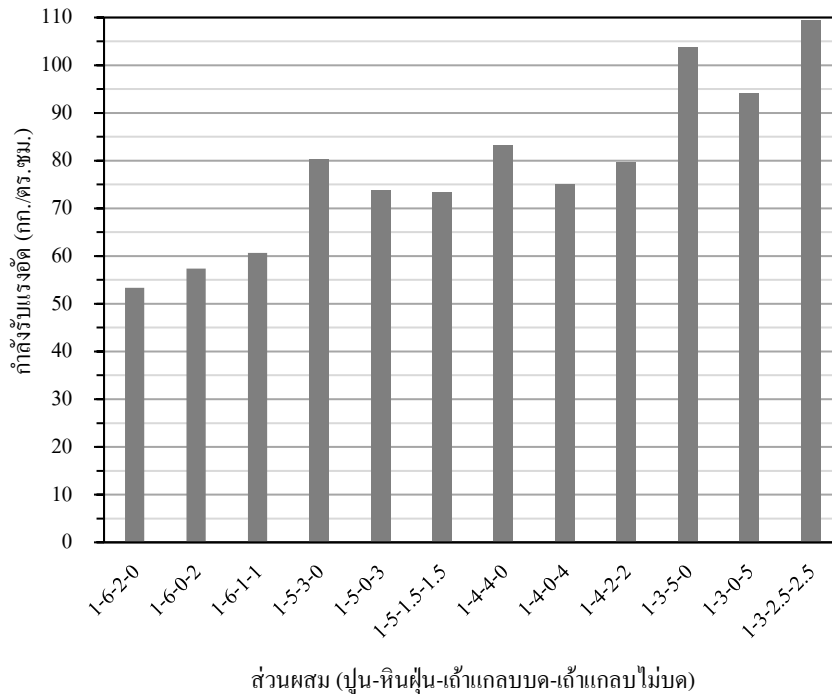
จะเห็นได้ว่า ทุกอัตราส่วนผสมมีคุณสมบัติไม่ผ่านมาตรฐานสำหรับบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนัก แต่ผ่านมาตรฐานสำหรับบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก ดังนั้น จึงสามารถใช้บล็อกประสานได้ทุกส่วนผสมสำหรับงานที่ไม่ได้รับน้ำหนัก โครงสร้าง เช่น ผนังกันห้อง รั้ว งานตกแต่งสวน บ่อปลา เป็นต้น โดยอัตราส่วนผสมที่แนะนำ ได้แก่ ส่วนผสม 1-3-0-5 ซึ่งมีต้นทุนต่ำที่สุดเนื่องจากเป็นส่วนผสมที่มีแก้วกลมไม่บดในสัดส่วนที่สูงที่สุด อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาถึงคุณสมบัติอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น ความทนทาน การนำความร้อน การหดตัว เป็นต้น เพื่อให้สามารถเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการใช้งานมากที่สุด



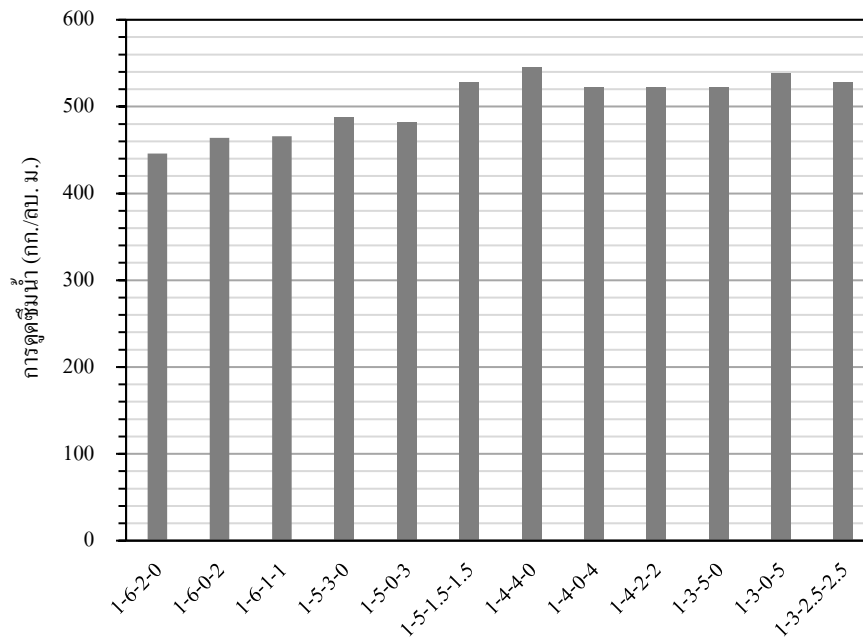
รูปที่ 5 กำลังรับแรงอัดของบล็อกประสานที่อายุ 7 วัน



รูปที่ 6 กำลังรับแรงอัดของบล็อกระसानที่อายุ 14 วัน



รูปที่ 7 กำลังรับแรงอัดของบล็อกระसानที่อายุ 28 วัน



ส่วนผสม (ปูน-หินปูน-เถ้าแกลบบด-เถ้าแกลบไม่บด)

รูปที่ 8 การดูดซึมน้ำของบล็อกประสานที่อายุ 28 วัน

## 5. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาคุณสมบัติของบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของเถ้าแกลบเพื่อพัฒนาให้บล็อกประสานมีน้ำหนักเบา โดยมีส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ หินปูน เถ้าแกลบบด เถ้าแกลบไม่บด น้ำประปา ที่แตกต่างกัน 12 ส่วนผสม สามารถอัดขึ้นรูปบล็อกประสานให้มีความหนาแน่นแห้งต่ำสุดได้ประมาณ 1300 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งต่ำกว่าบล็อกประสานทั่วไป เมื่อนำไปทดสอบกำลังรับแรงอัดและการดูดซึมน้ำพบว่า กำลังรับแรงอัดและการดูดซึมน้ำของบล็อกประสานมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเถ้าแกลบ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน มผช. 602/2547 พบว่า ทุกอัตราส่วนผสมมีคุณสมบัติผ่านมาตรฐานของบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนัก คือ มีกำลังรับแรงอัดไม่น้อยกว่า 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แต่สำหรับมาตรฐานของบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนัก ทุกส่วนผสมไม่ผ่านมาตรฐานเนื่องจากมีค่าการดูดซึมน้ำเกินเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้น บล็อกประสานมวลเบาที่ได้พัฒนาขึ้นทุกอัตราส่วนผสมสามารถนำไปใช้ในงานที่ไม่ใช่โครงสร้างรับน้ำหนักได้ เช่น ผนังกันห้อง รั้ว งานตกแต่งสวน บ่อปลา เป็นต้น โดยอัตราส่วนที่แนะนำซึ่งมีต้นทุนต่ำที่สุดคือ อัตราส่วนที่มีปูนซีเมนต์ : หินปูน : เถ้าแกลบบด : เถ้าแกลบไม่บด เท่ากับ 1 : 3 : 0 : 5

## ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย รวมถึงอำนวยความสะดวกทางด้านเครื่องมือและสถานที่

เอกสารอ้างอิง

- [1] Saramakom, S. Usage of fly ash for manufacturing interlocking block. MSc thesis, Suranaree University of Technology, 2013.
- [2] Dechburum A. Interlocking block containing fly ash and bottom ash. MSc thesis, Mahasarakham University, 2018.
- [3] Paopongpaiboon, K. et al. Development of interlocking block blended with biomass ash for using as a insulating material. *Engineering Journal of Research and Development*, 2019, 30 (2), pp. 95-105.
- [4] Charoennatkul, C. Interlocking blocks containing oil palm ash and shells waste. *Journal of Community Development and Life Quality*, 2014, 2 (1), pp. 103-112.
- [5] Garaged, S. Interlocking block manufactured from cement and crushed golden apple snail shell. MSc thesis. Suranaree University of Technology, 2014.
- [6] Nuansawan, N. Utilization of label waste for making interlocking concrete paving block by using limestone power-cement as binder. MSc thesis. Chulalongkorn University, 2008.
- [7] Khamput, P. Development of Light-weight Interlocking block product from EVA plastic wastes. *Thai Environmental Engineering Journal*, 2016, 30 (3), pp 57-64.
- [8] Leeansaksiri, A., Phochan, W. and Pongnum, T. Development of interlocking lightweight cement blocks from sludge ash mixed pozzolan material. *Engineering Journal of Research and Development*, 2020, 31 (1), pp. 135-143.
- [9] Thai Industrial Standard Institute. TCPS 602: 2547. Thai Community Product Standard of Interlocking Block. Bangkok: TISI, 2004.
- [10] Thai Industrial Standards Institute. TISI 109: 2517. Standard for Sampling and Testing Concrete Masonry Units. Bangkok: TISI, 1974.