



Journal of Thailand Concrete Association

วารสารวิชาการสมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย

INTERLOCKING CONCRETE PAVING BLOCKS FABRICATED FROM HIGH VOLUME OF FLY ASH

คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้เถ้าลอยปริมาณสูง

จิรศักดิ์ สุพรวัน¹, รัฐพล สมนา², ศักดิ์สิทธิ์ พันทวี¹, เกียรติสุดา สมนา^{2*}, ประดิพัทธ์ บำรุงศรี³, ธนกร พุ่มชุมพล³ และ สิริภัทร์ สุขสม³

¹ อาจารย์ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

^{2,2*} ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

³ นักวิจัย, บริษัท อินทิเกรตเต็ด รีเสิร์ช เซ็นเตอร์ จำกัด

ARTICLE INFO:

Received: 1 February 2023

Received Revised Form: 16 February 2023

Accepted: 1 March 2023

ABSTRACT :

This research aims to use a high volume of fly ash partially replaced cement to produce the interlocking concrete blocks for floors according to TIS 827-2565. Fly ash was obtained from the electric thermal power plants, divided into 3 plants, namely NPS1, NPS2 and NPP5A. It partially replaced cement at 50, 60, and 70 percent by weight. The sand was used as the aggregate. The ratio of cementitious material (cement and fly ash) to aggregate was 1:2.5 by volume and water to cement ratio was 0.3. The samples were compressed with a hydraulic press. Compressive strength was investigated at 7 and 28 days. Water absorption was studied at 28 days. The results found that the strength index values of fly ash as follow ASTM C618 at 28 days from NPS1, NPS2, and NP5A were 85.2%, 80.4%, and 72.4%, respectively. The compressive strength decreases with increasing the percentage of fly ash replacement. The replacing 50 percent of fly ash by weight of NPS1 and NPS2 plants gave compressive strength values of 49 and 47 MPa at 28 days. The compressive strength passed according to the TIS 827-2565 standard (more than 40.0 megapascals).

KEYWORDS : Fly ash, the interlocking concrete blocks for floors

บทคัดย่อ :

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการใช้เถ้าลอยปริมาณสูงแทนที่ปูนซีเมนต์เพื่อผลิตเป็นคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ตาม มอก.827-2565 เถ้าลอยได้จากโรงงานผลิตไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 3 โรง ได้แก่ NPS1 NPS2 และ NPP5A แทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 50, 60 และ 70 โดยน้ำหนัก ใช้ทรายเป็นมวลรวม ใช้วัสดุประสานต่อมวลรวมเท่ากับ 1:2.5 โดยปริมาตร ใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.3 เข้าแบบคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นด้วยเครื่องอัด

*Corresponding Author,
Email address:
kiatsuda.so@rmuti.ac.th

ไฮดรอลิกส์ ทดสอบกำลังอัดที่อายุ 7 และ 28 วัน ทดสอบค่าการดูดซึมน้ำที่อายุ 28 วัน จากการศึกษา พบว่า เถ้าลอยมีค่าดัชนีกำลัง ตามมาตรฐาน ASTM C618 ที่อายุ 28 วันของเถ้าลอย NPS1, NPS2 และ NP5A มีค่าเท่ากับร้อยละ 85.2, 80.4 และ 72.4 ตามลำดับ เมื่อเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์เพิ่มมากขึ้นกำลังอัดมีค่าลดลง โดยการแทนที่เถ้าลอยร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ของโรง NPS1 และ NPS2 ให้ค่า กำลังอัด 49 และ 47 เมกะปาสคาลที่อายุ 28 วัน มีค่ากำลังอัดผ่านตามมาตรฐาน มอก. 827-2565 (มากกว่า 40.0 เมกะปาสคาล)

คำสำคัญ: เถ้าลอย, คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

1. บทนำ

คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น เป็นผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างที่มีความนิยมนำมาใช้ในกิจกรรมต่างๆ เช่น การปูพื้นภายนอกอาคาร ลานจอดรถ ตกแต่งสวน เนื่องจากมีความแข็งแรง ติดตั้งง่าย มีหลากหลายรูปแบบ มีสีสันสวยงาม สามารถเล่นลวดลายต่างๆ ได้ โดยทั่วไปแล้วส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ได้แก่ ปูนซีเมนต์ หินหรือหินปูน และน้ำ ในอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อมวลรวมเท่ากับ 1:3 1:5 หรือ 1:7 โดยน้ำหนัก บล็อกประสานปูพื้นถูกพัฒนาได้จากหลากหลายวัสดุเหลือทิ้ง ทวีช กล้าแท้และคณะ [1] ใช้เถ้าเฝ้ายางพาราในการผลิตผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น สามารถแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าเฝ้ายางพาราร้อยละ 10 และ 20 โดยน้ำหนัก มีสมบัติทางกลผ่านเกณฑ์ มอก. 827-2565 [2] ภัทรพล เรืองศรีและคณะ [3] พัฒนาคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์สามารถรับกำลังอัดได้ 57.84 เมกะปาสคาล และนอกจากนี้ได้มีการออกแบบรูปทรงเพื่อเพิ่มความแปลกตาและเพิ่มมูลค่าให้กับชุมชนได้อีกด้วย

เถ้าลอยเป็นผลพลอยได้จากโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นหลัก เถ้าลอยมีองค์ประกอบหลักได้แก่ ซิลิกาและอลูมินา จัดเป็นวัสดุปอซโซลาน ตามมาตรฐาน ASTM C618 เถ้าลอยใช้แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนในงานคอนกรีต ช่วยเพิ่มสมบัติทางกลจากปฏิกิริยาปอซโซลาน ที่เกิดจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาไฮเดรชัน ทำปฏิกิริยากับซิลิกาและอลูมินา ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในเถ้าลอย ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตที่มีสมบัติในการรับกำลังอัดได้ มีหลายงานวิจัยการใช้เถ้าลอยปริมาณสูงในงานคอนกรีตและได้สมบัติทางกลที่ดี และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านการก่อสร้างได้หลากหลาย เช่น Januarti Jaya Ekaputri et.al. [4] ใช้เถ้าลอยปริมาณสูงใน

งานคอนกรีตพูนสำหรับการอนุรักษ์ป่าชายเลน Laxman Kudva et.al.[5] ใช้เถ้าลอยปริมาณสูงในงานคอนกรีตไฟเบอร์และคอนกรีตที่เข้าแบบได้ด้วยตัวเอง โดยใช้เถ้าลอยร้อยละ 60 แทนที่ปูนซีเมนต์ นิติเทพ ทองหลอมและอานนท์ เทศสูงเนิน [6] ใช้เถ้าลอยร้อยละ 70, 80 และ 90 แทนที่ปูนซีเมนต์ และใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งกำลังอัดของมอร์ตาร์มีค่าลดลงในช่วงอายุตั้งแต่สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ช่วยให้มีกำลังอัดที่สูงขึ้นเมื่อมีระยะบ่มนานขึ้น Puneet Kaura et.al.[7] รายงานว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ทำให้กำลังอัดของคอนกรีตลดต่ำลง ควรใช้แทนที่ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก ทำให้ได้สมบัติทางกลที่ดีและควบคุมส่วนผสมและวิธีการผสมได้

งานวิจัยนี้ สนใจศึกษาคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้เถ้าลอยในปริมาณสูง ใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 50, 60 และ 70 โดยน้ำหนัก ใช้หินปูนเป็นมวลรวมละเอียด และใช้ทรายเป็นมวลรวมละเอียดสำหรับตกแต่งผิวหน้า ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกส์ ทดสอบกำลังอัดและค่าการดูดซึมน้ำ เทียบสมบัติกับมาตรฐาน มอก. 827-2565 [2] เพื่อเป็นการนำเถ้าลอยที่เหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

ปูนซีเมนต์ เถ้าลอยได้จากบริษัท NPS จำกัด จังหวัดปราจีนบุรี โดยแบ่งเป็น 3 โรง ได้แก่ NPS1 NPS2 และ NPP5A น้ำ หินปูนและทราย (บล็อกประสานปูพื้นใช้หินปูนเป็นมวลรวมละเอียดและตกแต่งผิวหน้าด้วยมอร์ตาร์ผสมทราย)

2.2 อัตราส่วนผสมและวิธีการผสมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

การผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ใช้อัตราส่วน ปูนซีเมนต์ หรือปูนซีเมนต์และเถ้าลอย ต่อหินผุน เท่ากับ 1:2.5 โดยปริมาตรและใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.3 เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 50, 60 และ 70 โดยน้ำหนักผิวหน้าของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นใช้ ปูนซีเมนต์ต่อทราย ที่อัตราส่วน 1:2.5 โดยปริมาตรและใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.3 นำปูนซีเมนต์ เถ้าลอย ทรายและน้ำผสมให้เข้ากันในเครื่องผสม หลังจากนั้น นำส่วนผสมเข้าเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นรูปคชกิด นำตัวอย่างออกจากเครื่องอัดแล้วนำมาบ่มในอากาศ เพื่อบำรุงการทดสอบ ต่อไป

2.3 การทดสอบ

ทดสอบกำลังอัดที่อายุ 7 และ 28 วันและค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่อายุ 28 วัน ตามมาตรฐาน มอก. 827-2565

3. ผลการทดลอง

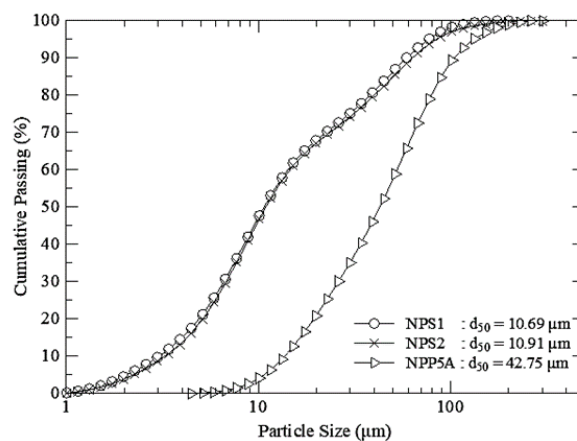
3.1 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเถ้าลอย

เถ้าลอยมีองค์ประกอบทางเคมี แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า ผลรวมของ SiO_2 , Al_2O_3 และ Fe_2O_3 ของโรง NPS1, NPS2 และ NPP5A มีค่าเท่ากับร้อยละ 95.10, 98.10 และ 60.74 ตามลำดับ มีค่าซิลิเฟอรไตรออกไซด์ ร้อยละ 0.71, 0.59 และ 8.12 มีค่า LOI ต่ำกว่าร้อยละ 1.5 พบว่าค่าซิลิเฟอรไตรออกไซด์ของโรงงาน NPP5A ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C618 ค่าความถ่วงจำเพาะของเถ้าลอย NPS1, NPS2 และ NPP5A พบว่า ความถ่วงจำเพาะของเถ้าลอย NPS1 และ NPS2 มีค่าใกล้เคียงกัน มีค่าเท่ากับ 2.47 และ 2.46 และ NPP5A มีค่าน้อยกว่าเถ้าลอยอีก 2 โรง มีค่าเท่ากับ 2.23 ผลการทดสอบคุณสมบัติความเป็นวัสดุปอซโซลานของเถ้าลอยทั้ง 3 แหล่ง พบว่า ค่า Strength Activity index ตามมาตรฐาน ASTM C618 ที่อายุ 28 วันของเถ้าลอย NPS1, NPS2 และ NPP5A ที่ทำการทดสอบโดยการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยร้อยละ 20 มีค่าเท่ากับร้อยละ 85.2, 80.4 และ 72.4 ตามลำดับ ซึ่งเถ้าลอยจากโรง NPS1 ให้ค่าความเป็นวัสดุปอซโซลานสูงที่สุด หมายถึงการทำปฏิกิริยาปอซโซลานของวัสดุเมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนด้วยเถ้าลอยทำให้กำลังอัดและสมบัติทางกลของวัสดุดีขึ้น รูปที่ 1 แสดงลักษณะการกระจายของ

อนุภาคของเถ้าลอยทั้ง 3 โรง พบว่า NPS1 มีค่ากลางอนุภาคเท่ากับ 10.69 ไมครอน NPS2 มีค่ากลางอนุภาคเท่ากับ 10.91 ไมครอน และ NPP5A มีค่ากลางอนุภาคเท่ากับ 42.75 ไมครอน จะเห็นได้ว่า NPS1 และ NPS2 มีขนาดอนุภาคของเถ้าลอยเล็กกว่า NPP5A ขนาดของอนุภาคของเถ้าลอยส่งผลต่อการทำปฏิกิริยาของเถ้าลอยเช่นกัน

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอย

ที่	พารามิเตอร์	องค์ประกอบทางเคมี (%)		
		NPS1	NPS2	NPP5A
1	Al_2O_3	12.44	15.53	10.66
2	SiO_2	78.19	78.00	41.84
3	SO_3	0.71	0.59	8.12
4	K_2O	0.60	0.61	4.15
5	CaO	2.73	2.77	16.60
6	TiO_2	0.57	0.56	0.71
7	Fe_2O_3	4.47	4.57	8.24
8	MgO	0	0	4.83
9	P_2O_5	0	0	4.33
10	LOI	0.30	0.37	0.51



รูปที่ 1 การกระจายตัวของอนุภาคของเถ้าลอย NPS1, NPS2 และ NPP5A

3.2 คุณสมบัติของปูนซีเมนต์และมวลรวมที่ใช้ในการศึกษา

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติของวัสดุประสานและมวลรวมที่ใช้ในการศึกษาบล็อกประสานปูพื้นประกอบด้วย ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ มีค่า 3.14 ค่าการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)

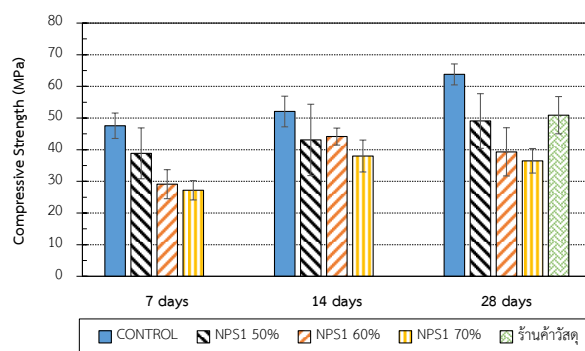
ของหินฝุ่นและทราย มีค่าร้อยละ 0.92 และ 0.5 ตามลำดับ และโมดูลัสความละเอียดของหินฝุ่นและทราย เท่ากับ 3.63 และ 2.1 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของวัสดุประสานและมวลรวมที่ใช้ในการศึกษาบล็อกประสานปูพื้น

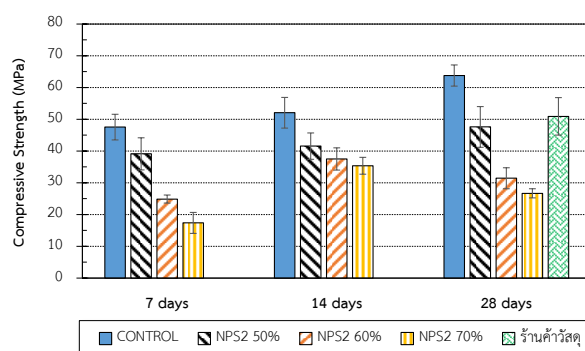
คุณสมบัติ	ปูนซีเมนต์	หินฝุ่น	ทราย
ความถ่วงจำเพาะ	3.14	2.69	2.54
ค่าการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	-	0.92	0.5
โมดูลัสความละเอียด	-	3.63	2.1

3.3 ผลของศึกษาคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

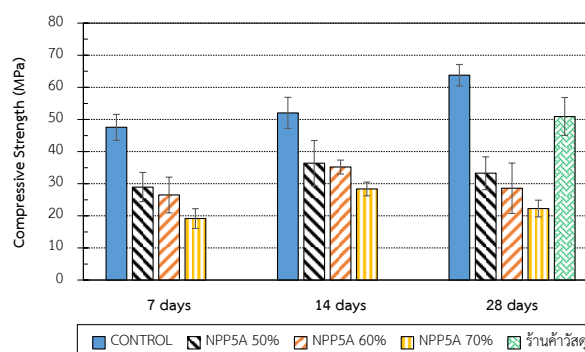
ผลการศึกษากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นของถ้ำลอยจากโรง NPS1, NPS2 และ NPP5A แสดงดังรูปที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ พบว่าคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นควบคุม (CT) ให้ค่ากำลังอัดสูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 48, 52 และ 63 เมกะปาสกาล ที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน ตามลำดับ เมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยถ้ำลอยร้อยละ 50, 60 และ 70 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน จากทุกโรง พบว่า กำลังอัดมีค่าลดลงและลดลงตามปริมาณการแทนที่ของถ้ำลอยที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่มีการแทนที่ร้อยละ 60 และ 70 โดยน้ำหนักมีค่าต่ำลงเมื่ออายุ 28 วัน ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณสัดส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เกิดความไม่สัมพันธ์กันในช่วงอายุปลาย เมื่อน้ำบางส่วนในระบบหายไปทำให้การทำปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์และเกิดช่องว่างเพิ่มขึ้นในวัสดุ [8] จากมาตรฐาน มอก. 827-2565 [2] เรื่อง คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นได้กำหนดค่ากำลังอัดของบล็อกปูพื้นต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 40 เมกะปาสกาล ซึ่งผลการทดสอบของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้ถ้ำลอยจากโรง NPS1 พบว่า การแทนที่ถ้ำลอยร้อยละ 50 ของวัสดุประสานที่อายุ 28 วัน ผ่านเกณฑ์มาตรฐานโดยให้ค่ากำลังอัดเท่ากับ 49 เมกะปาสกาล เช่นเดียวกับการใช้ถ้ำลอยจากโรง NPS2 ร้อยละ 50 ในการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ให้ค่ากำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 47 เมกะปาสกาล ในขณะที่ส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้ถ้ำลอยจากโรง NPP5A ไม่มีส่วนผสมใดที่ผ่านตามาตรฐาน มอก. 827-2565 เรื่อง คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น [2]



รูปที่ 2 ผลการศึกษากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นของถ้ำลอยจากโรง NPS1



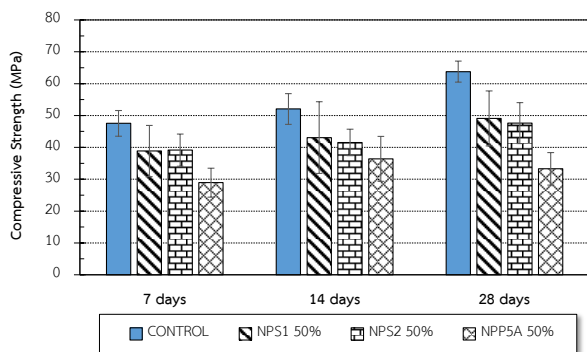
รูปที่ 3 ผลการศึกษากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นของถ้ำลอยจากโรง NPS2



รูปที่ 4 ผลการศึกษากำลังอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นของถ้ำลอยจากโรง NPP5A

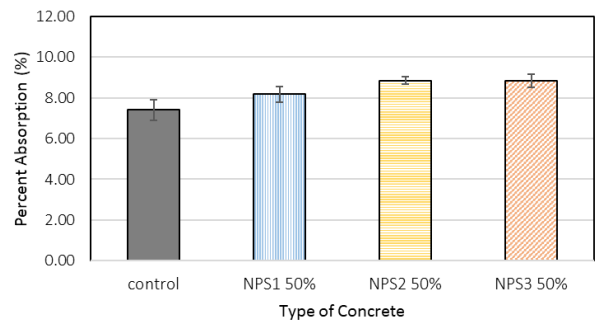
รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบผลกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้ถ้ำลอยร้อยละ 50 โดยน้ำหนักของวัสดุประสานจากโรง NPS1, NPS2 และ NPP5A พบว่า กำลังอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้ถ้ำลอยจากโรง NPS1 ให้ค่ากำลังอัดสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมที่ใช้ถ้ำลอยจากโรง

อื่น และมีค่าผ่านตามาตรฐาน มอก. 827-2565 [2] เรื่อง
คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบผลกำลังอัดของคอนกรีตบล็อก
ประสานปูพื้นที่ใช้เถ้าลอยร้อยละ 50 โดยน้ำหนักของวัสดุ
ประสานจากโรง NPS1, NPS2 และ NPP5A

รูปที่ 6 แสดงค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกประสานปู
พื้นที่ใช้เถ้าลอยร้อยละ 50 โดยน้ำหนักของวัสดุประสานจากโรง
NPS1, NPS2 และ NPP5A จากผลการศึกษาพบว่า ค่าการดูดซึมน้ำ
ของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ไม่มีเถ้าลอย มีค่าเท่ากับร้อยละ
7.41 และเมื่อมีการใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 50 ซึ่ง
เป็นส่วนผสมที่มีค่าเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้น
เป็นร้อยละ 8.17, 8.86 และ 8.85 ของเถ้าลอยโรง NPS1, NPS2
และ NPP5A ตามลำดับ ค่าการดูดซึมน้ำสัมพันธ์กับค่ากำลังอัด
เมื่อค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้นค่าการดูดซึมน้ำของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง
นอกจากนี้ การเพิ่มขึ้นของค่าการดูดซึมน้ำเกิดขึ้นจากปริมาณของ
ปูนซีเมนต์ที่ลดลงทำให้ผลผลิตการปฏิกิริยาไฮเดรชันลดลงในช่วง
อายุ 28 วันและปฏิกิริยาปอซโซลานจากเถ้าลอยยังเกิดไม่สมบูรณ์
[9] และงานวิจัยของ Sun, Shen et al. [10] ให้ข้อสนับสนุนว่า
เมื่อระยะเวลาผ่านไปและปฏิกิริยาปอซโซลานเกิดได้สมบูรณ์มากขึ้น
ค่าการดูดซึมน้ำของตัวอย่างจะมีค่าลดลง จากมาตรฐาน มอก.
827-2565 [2] ไม่ระบุค่าการดูดซึมน้ำ แต่ค่าการดูดซึมน้ำมี
ความสำคัญต่อการนำไปใช้งานภายนอก หากผลิตภัณฑ์มีค่าดูดซึมน้ำ
สูงแสดงให้เห็นว่าเนื้อของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแน่น มีโพรง
ภายใน อาจส่งผลต่อความแข็งแรงของบล็อกประสานปูพื้น
เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ภายนอกและมีโอกาสสัมผัสน้ำและน้ำ
ขึ้นได้ตลอดเวลา



รูปที่ 6 ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้
เถ้าลอยร้อยละ 50 โดยน้ำหนักของวัสดุประสานจากโรง NPS1,
NPS2 และ NPP5A

4. สรุป

การศึกษาคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้เถ้าลอยปริมาณ
สูง มีข้อสรุปผลการทดลอง ดังนี้

1. คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้เถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์
ร้อยละ 50 จากโรง NPS1 และ NPS2 ที่อายุ 14 วัน ให้ค่ากำลัง
อัด 43 และ 41 เมกะปาสคาล และที่อายุ 28 วัน ให้ค่ากำลังอัด
49 และ 47 เมกะปาสคาล เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการผลิต
บล็อกประสาน ตามมาตรฐาน มอก.827-2565
2. ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ใช้เถ้า
ลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 50 มีค่าร้อยละ 8.17 และ 8.86
ตามลำดับ
3. อย่างไรก็ตาม เถ้าลอยสามารถแทนที่ปูนซีเมนต์ได้ถึงร้อยละ
70 ได้ค่ากำลังอัดอยู่ระหว่าง 19.0 – 30.0 เมกะปาสคาล
สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ ได้ เช่น การจัดแบ่งพื้นที่
สวน, ขอบการปลูกต้นไม้ และทางเดินสนาม เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการ
วิจัยแห่งชาติ ในการได้รับทุนอุดหนุนจากหน่วยบริหารและจัดการ
ทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.)
เรื่อง การผลิตผลิตภัณฑ์วัสดุก่อสร้างเพื่อเศรษฐกิจหมุนเวียนและ
เศรษฐกิจสีเขียวด้วยการใช้เถ้าลอยเป็นฐาน ปีงบประมาณ 2565
รหัสโครงการ C10F650063 และ บริษัท อินทิเกรตเต็ด รีเสิร์ช
เซ็นเตอร์ จำกัด บริษัทร่วมทุน นอกจากนี้ ขอขอบคุณสาขา
วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] ทวีช กล้าแท้, นกตล ศรีภักดี, ชยณัฐ บัวทองเกื้อ และ นฤพล ดีดาษ. การใช้ประโยชน์จากเถ้าเฝ้ายางพาราในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น, วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 2563. ปีที่ 12 ฉบับ 1, หน้า 36-48.
- [2] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม มอก.827-2533 คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น.
- [3] ภัทรพล เรืองศรี จตุรงค์ เลหาหะเพ็ญแสง และ ทรงวุฒิ เอกวุฒิวิงศา. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์, วารสารสิ่งแวดล้อมสรรค์สร้างวิจิณัย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2561. ปีที่ 17 ฉบับ 2.
- [4] Januarti Jaya Ekaputri, Xevna De Elshinta Arellsya Ruitan, Himawan Tri Bayu Murti Petrus, Martin Anda, Liliek Harmianto Purbawinasta, Irwanda Laory, Davin H.E. Setiamarga, Nobuhiro Chijiwa, Chikako Fujiyama, Utilization of high-volume fly ash in pervious concrete mixtures for mangrove conservation, Resources, Conservation & Recycling Advances. 2024. Vol. 21, May, 200204
- [5] Laxman Kudva P., Gopinatha Nayak, Kiran K. Shetty, Sugandhini H.K., Assessment of flexural response of RC beams and unrestrained shrinkage of fiber-reinforced high-volume fly ash-based no-aggregate concrete and self-compacting concrete, Construction and Building Materials. 2024. Vol. 431, 14 June, 136527.
- [6] นิติเทพ ทองหลอม และอานนท์ เทศสูงเนิน, วัสดุประสานจากเถ้าลอยปริมาณสูงและสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์, ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2561.
- [7] Puneet Kaura, P N Ojha and Brijesh Singh. Performance of High Volume Fly Ash Concrete in Structural Applications, Jpurnal of Building Materials structure. 2023. Vol 10, pp 1-15.
- [8] T. Ch. Madhavi, L. Swamy Raju, Deepak Mathur (2014). Durabilty and Strength Properties of High Volume Fly Ash Concrete. Journal of Civil Engineering Research. 2014. 4(2A), pp 7-11.
- [9] Jinfeng Sun, Yu Zhang, Xiaodong Shen, Gang Tan, Jennifer Tanner. Water absorption of high volime fly ash concrete prepared by local fly ash, 15th International congress on the chemistry of cement, Prague, Czech republic. 2019. September 16-20,
- [10] Sun, J., X. Shen, G. Tan and J. E. Tanner. Compressive strength and hydration characteristics of high-volume fly ash concrete prepared from fly ash. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2018.