วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม
Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บล็อกผนังทำมาจากดินซีเมนต์ผสมน้ำยางธรรมชาติ

Development of wall block by soil cement and natural latex

ประชุม คำพุฒ*

หน่วยวิจัยวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12110

Prachoom Khamput*

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi 12110

* Corresponding author.

E-mail: prachoom_k@rmutt.ac.th; Telephone: 08 1665 4755

วันที่รับบทความ 10 มกราคม 2567; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 8 มีนาคม 2567; วันที่ตอบรับบทความ 19 มีนาคม 2567

บทคัดย่อ

การใช้ดินเป็นวัสดุก่อผนังสำหรับก่อสร้างอาคารอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้รับความนิยมเป็นอย่างมากเมื่อหลายปีที่ผ่านมา และในปัจจุบันเริ่มมีการนำกลับมาทำใหม่จากกระแสการลดการใช้ปูนซีเมนต์ในงานก่อสร้าง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้ดินลูกรังในพื้นที่การก่อสร้างของจังหวัดกระบี่ ผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำยางธรรมชาติ โดยกำหนดส่วนผสมปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง เท่ากับ 1: 7, 1: 8, 1: 9 และ 1: 10 โดยน้ำหนัก ปริมาณน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 1.9 และปริมาณน้ำยางธรรมชาติต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.05 ทำการทดสอบความต้านแรงอัดที่อายุ 7 และ 14 วัน ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และปริมาณความชื้น ที่อายุ 14 วัน ผลการทดสอบพบว่า ความต้านแรงอัดเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการบ่มเพิ่มขึ้น ปริมาณดินลูกรังที่มากขึ้นส่งผลให้ความต้านแรงอัด การดูดซึมน้ำ และปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลง ในทางกลับกันความหนาแน่นมีแนวโน้มมากขึ้น โดยอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง : น้ำยางธรรมชาติ : น้ำ เท่ากับ 1: 7: 0.05: 1.9 สามารถนำไปใช้งานจริงได้

คำสำคัญ

บล็อกผนัง ดินซีเมนต์ น้ำยางธรรมชาติ อิฐดิน

Abstract

The resurgence in using soil as a wall construction material for eco-friendly buildings has gained significant momentum over the past few years. This revival is largely attributed to the growing trend of minimizing cement use in construction. This study aims to identify the optimal mixture of laterite for use in construction projects across Krabi Province, focusing on its combination with cement and natural latex. Establish the ratio of cement to laterite mixture as 1:7, 1:8, 1:9, and 1:10 by weight. The water to cement ratio was set at 1.9, and the natural latex to cement ratio was established at 0.05. The compressive strength was tested at 7 and 14 days, while density, water absorption, and moisture content were evaluated at the 14 days. The results from the tests indicated an increase in compressive strength with the progression of the curing period. As the proportion of laterite soil increases, there is a tendency for the compressive strength, water absorption, and moisture content to diminish. Conversely, the density tends to increase. The suitable mixture ratio of cement: laterite: natural latex: water is found to be 1:7:0.05:1.9, which is viable for practical applications.

Keywords

wall block; soil cement; natural latex; clay brick

1. คำนำ

จากข้อมูลองค์การอุตุนิยมวิทยาโลกประเมินว่าในระหว่างปี 2566–2570 อุณหภูมิโลกจะร้อนขึ้นเฉลี่ยประมาณ 1.5 องศาเซลเซียส ซึ่งเกิดจาก ก๊าซเรือนกระจกที่กักเก็บความร้อน และปรากฏการณ์เอลนีโญที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ อุตสาหกรรมก่อสร้างถือเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่ใหญ่ที่สุดในโลก โดยการใช้จ่ายในอุตสาหกรรมก่อสร้างโลกมีมูลค่าถึงประมาณ 347.01 ล้านล้านบาท ถือเป็นสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 13 ของ GDP โลก โดยอุตสาหกรรมก่อสร้างปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาคิดเป็นร้อยละ 39 ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด ที่ถูกปล่อยออกมา ซึ่งถือว่ามีปริมาณที่สูงมากเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมอื่น ๆ [1] โดยเฉพาะกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์เพื่อใช้ในการก่อสร้าง

ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะลดปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์ลงในอุตสาหกรรมก่อสร้าง มีทั้งการปรับเปลี่ยนประเภทปูนซีเมนต์จากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 เป็นปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก [2] การเพิ่มปริมาณการใช้ไม้ในการก่อสร้างบ้านพักอาศัย การใช้ไฮเดรตไลม์ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เป็นวัสดุในการก่อสร้างทดแทนปูนซีเมนต์ [3] อีกทั้งการก่อสร้างบ้านจากดินซึ่งได้รับความนิยมอย่างมากเมื่อ 10 กว่าปีที่ผ่านมา แต่บ้านที่ทำจากดินนั้นมีข้อด้อยที่ทนทานน้ำได้ไม่ดี ซึ่งก็มีงานวิจัยที่พยายามหาวิธีการป้องกันน้ำให้กับบ้านที่ทำจากผนังดิน [4-5] โดยงานวิจัยนี้ต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์บล็อกผนังให้มีคุณสมบัติในการรับแรงและทนทานน้ำได้สูง สำหรับใช้ประโยชน์ในพื้นที่ภาคใต้ที่เป็นเกาะหรือแถบชายทะเล ที่มีฝนตกชุก โดยใช้น้ำยางพาราร่วมกับปูนซีเมนต์เป็นวัสดุประสานเพิ่มความแข็งแรงและการทนทานน้ำ

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย วัสดุและอุปกรณ์ในการดำเนินงาน ขั้นตอนการดำเนินงาน การกำหนดส่วนผสม การขึ้นรูปตัวอย่าง และการทดสอบสมบัติด้านความต้านแรงอัด ความหนาแน่น ความชื้น และการดูดซึมน้ำ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการดำเนินงาน

1) ดินแดงหรือลูกรัง ในพื้นที่จังหวัดกระบี่ ทำการเตรียมดิน โดยตากแดดเพื่อไล่ความชื้นออกจากดิน เมื่อแห้งดีแล้วไปทำการตีดินด้วยเครื่องบดย่อยผ่านตะแกรงขนาด 8 มิลลิเมตร เพื่อให้ดินแตกตัวออกจากกัน ดินแดงมีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.7-6.2 มีอินทรียวัตถุ 0.9-26.5 กรัม/กิโลกรัม ความถ่วงจำเพาะ 2.6

2) ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก จากร้านจำหน่ายวัสดุก่อสร้างทั่วไป มาตรฐาน มอก.2594-2556 [6] ความถ่วงจำเพาะ 2.94

3) น้ำยางพารา จากชาวสวนยางในพื้นที่ภาคใต้ ทำเป็นน้ำยางพาราข้นชนิดแอมโมเนียต่ำมาก (Ultra-low Ammonia, ULA) มีปริมาณแอมโมเนียอยู่ในช่วง 0.10-0.15%

4) หินฝุ่นหินปูน ขนาดน้อยกว่า 8 มิลลิเมตรลงมา มีขนาดเป็นฝุ่นผงที่เล็กกว่า 10 เมช ประมาณร้อยละ 40-60 โดยน้ำหนัก

5) น้ำประปาผสมสารลดแรงตึงผิวไม่มีประจุ 3%

6) แบบหล่อขนาด 10 x 10 x 10 เซนติเมตร

7) แบบหล่อขนาด 50 x 50 x 20 เซนติเมตร

8) เครื่องตีดินลูกรังพร้อมติดตั้งตะแกรงคัดขนาด

9) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine)

10) ชุดอุปกรณ์เครื่องแก้วสำหรับตวงส่วนผสม

11) เครื่องมือชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอลความละเอียด 0.05 กรัม

12) เตาอบ

13) ชุดทดสอบลักษณะโดยทั่วไป ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ

14) ชุดทดสอบการชะล้าง

15) ชุดทดสอบการเจาะรู ใส่สกรู

2.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการทดลองครั้งนี้ต้องการใช้วัสดุให้น้อยที่สุด และการผสมไม่ยุ่งยากซับซ้อน เพื่อลดต้นทุนการผลิต แต่ต้องมีคุณสมบัติด้านความแข็งแรงและทนทานต่อการชะล้างของน้ำได้ดี เพื่อนำไปใช้เป็นวัสดุผนังอาคาร จึงใช้องค์ความรู้เดิม [7]

มาทำการสังเคราะห์ และทำการทดลอง 4 ขั้นตอนหลักด้วยกัน เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.2.1 ขั้นตอนที่ 1 กำหนดส่วนผสมเบื้องต้น

กำหนดส่วนผสมสำหรับทดสอบเบื้องต้นเพื่อพิจารณาพัฒนาการก่อตัวของดินที่ผสมกับปูนซีเมนต์ โดยใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์: ดินลูกรัง เท่ากับ 1: 7, 1: 8, 1:9 และ 1: 10 ตามลำดับ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 1.9 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมเบื้องต้นของปูนซีเมนต์และดินลูกรังโดยน้ำหนัก

สัญลักษณ์	ปูนซีเมนต์	ดินลูกรัง	น้ำประปา
1: 5	1	5	1.9
1: 6	1	6	1.9
1: 7	1	7	1.9
1: 8	1	8	1.9
1: 9	1	9	1.9
1: 10	1	10	1.9

ทำการผสมส่วนผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดเทลงในแบบหล่อขนาด 10 x 10 x 10 เซนติเมตร ได้เป็นก้อนตัวอย่างดินอัด (บล็อกดินซีเมนต์) ระยะเวลาการบ่มก้อนตัวอย่างที่อายุ 7 วัน เพื่อทำการเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับนำไปผสมกับน้ำยางพาราต่อไป

การทดสอบแต่ละคุณสมบัติทำการสุ่มเลือกตัวอย่างจำนวน 5 ตัวอย่าง ที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) ไม่เกิน 0.50 จากจำนวนการขึ้นรูปทั้งหมดอัตราส่วนละ 30 ตัวอย่าง แล้วนำมาทำการหาค่าเฉลี่ย

วิธีการทดสอบค่าความชื้น การดูดซึมน้ำ และความหนาแน่น ทำโดยการวัดปริมาตรก้อนตัวอย่าง ชั่งน้ำหนักปกติ ชั่งน้ำหนักหลังแช่น้ำ และชั่งน้ำหนักหลังอบแห้ง โดยวิธีการคำนวณค่าความหนาแน่นให้นำมวลของก้อนตัวอย่างหารด้วยปริมาตร ค่าความชื้นให้นำน้ำหนักปกติหารด้วยน้ำหนักหลังอบแห้ง และค่าการดูดซึมน้ำให้นำน้ำหนักหลังแช่น้ำลบออกด้วยน้ำหนักหลังอบแห้งแล้วหารด้วยน้ำหนักหลังอบแห้ง เมื่อทำการคูณด้วยร้อยจะได้ค่าเป็นร้อยละ ส่วนการคำนวณค่าความต้านแรงอัดทำได้โดยนำแรงอัดสูงสุดที่กระทำหารด้วยพื้นที่หน้าตัดที่รับแรง ผลการทดสอบสมบัติต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสมบัติอัตราส่วนผสมเบื้องต้นของปูนซีเมนต์และดินลูกรัง ที่อายุ 7 วัน

สัญลักษณ์	ความต้านแรงอัด (กก./ตร.ซม.)	การดูดซึมน้ำ (%)	ความชื้น (%)	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)
1: 5	35.78	38.33	19.86	1387
1: 6	33.67	41.14	23.54	1299
1: 7	30.58	44.23	27.88	1248
1: 8	20.98	45.7	36.77	1203
1: 9	10.19	47.52	40.22	1170
1: 10	5.57	49.20	42.25	1144

จากตารางที่ 2 พบว่าเมื่อผสมดินลูกรังในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้ความต้านทานแรงอัดและความหนาแน่นมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ เนื่องจากดินลูกรังมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าปูนซีเมนต์ ในทางกลับกันการดูดซึมน้ำและปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งในการทดสอบเบื้องต้นได้ทำการเลือกอัตราส่วน 1: 7 ถึง 1: 10 ไปดำเนินงานวิจัยต่อถึงแม้ว่าความต้านทานแรงอัดจะลดลงตามลำดับก็ตาม แต่เป้าหมายคือต้องการให้ใส่ปูนซีเมนต์น้อยที่สุดเพื่อคงคุณสมบัติของความเป็นผนังดินอัดไว้ แล้วจึงทำการทดลองผสมน้ำยางพาราเพื่อการทนน้ำต่อไป

2.2.2 ขั้นตอนที่ 2 กำหนดส่วนผสมที่ผสมน้ำยางพารา

กำหนดส่วนผสมสำหรับทดสอบบล็อกผนังโดยเพิ่มส่วนผสมน้ำยางพาราเพื่อลดการดูดซึมน้ำและความชื้น ซึ่งปริมาณน้ำยางพาราที่ผสมได้ทำการใช้ข้อมูลจากงานวิจัยที่ผ่านมา โดยการผสมน้ำยางพาราในวัสดุที่มีส่วนผสมของซีเมนต์ต้องใช้ในปริมาณน้อยจึงจะช่วยในเรื่องของความแข็งแรง ไม่ใช้ปริมาณมากเกินไปเพราะจะทำให้ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ลดลง [8] ซึ่งในที่นี้เลือกใช้ปริมาณน้ำยางพาราต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.05 โดยน้ำหนัก ส่วนน้ำประปาที่ใช้ผสมได้ทำการเติมสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุในปริมาณ 3% ของน้ำประปา รวมกันเป็น 1.9 ส่วนโดยน้ำหนัก รายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์และดินลูกรังผสมกับน้ำยางพารา (โดยน้ำหนัก)

สัญลักษณ์	ปูนซีเมนต์	ดินลูกรัง	น้ำยางพารา	น้ำผสมสารลดแรงตึงผิว
1: 7-(R)	1	7	0.05	1.9
1: 8-(R)	1	8	0.05	1.9
1: 9-(R)	1	9	0.05	1.9
1: 10-(R)	1	10	0.05	1.9

การผสมวัสดุและขึ้นรูปตัวอย่าง ทำเหมือนกับขั้นตอนที่ 1 แต่ในขั้นตอนนี้ทำการผสมน้ำยางพาราให้เข้ากับน้ำประปาที่ผสมสารลดแรงตึงผิวไว้แล้ว โดยค่อย ๆ เติมลงในส่วนผสมของปูนซีเมนต์และดินลูกรังทีละน้อยพร้อมกับกวนนวดส่วนผสมให้เข้ากันจนมีลักษณะคล้ายครีม แล้วเทลงในแบบหล่อขนาด 10 x 10 x 10 เซนติเมตร อัดส่วนผสมให้แน่น ปาดแต่งผิวหน้าให้เรียบ เมื่ออายุ 1 วัน ทำการถอดแบบ แล้วบ่มทิ้งไว้สภาพอากาศปกติตามระยะเวลาที่กำหนด

ทำการทดสอบสมบัติตัวอย่างบล็อกที่อายุ 7 วัน ประกอบด้วย ความต้านแรงอัดตามมาตรฐาน BS 1881 Pat 108 [9] และทดสอบการดูดซึมน้ำ ความชื้น และความหนาแน่นตามมาตรฐาน มอก.109-2517 [10] ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบสมบัติอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์และดินลูกรังผสมกับน้ำยางพารา

สัญลักษณ์	ความต้านแรงอัด (กก./ตร.ซม.)	การดูดซึมน้ำ (%)	ความชื้น (%)	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)
1: 7-(R)	20.19	33.93	20.55	1172
1: 8-(R)	17.48	32.26	19.60	1216
1: 9-(R)	15.29	31.51	17.43	1223
1: 10-(R)	10.19	29.74	15.99	1238

จากตารางที่ 4 พบว่าเมื่อผสมน้ำยางพาราในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้ความต้านแรงอัดลดลงในขณะที่ความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการผสมน้ำยางพาราเมื่อทำปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่นเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ [11] รอบโมเลกุลภายในเนื้อบล็อกดินซีเมนต์จะไปแทรกแซงการก่อตัวของปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของซีเมนต์เพสต์ส่งผลให้บล็อกรับแรงได้น้อยลง [7] แต่แผ่นฟิล์มที่เกิดจากปฏิกิริยาของน้ำยางพาราเมื่อสัมผัสกับความร้อนจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่น และจากการเทอัดลงในแบบก็ทำให้เนื้อของบล็อกดินซีเมนต์มีความแน่นมากขึ้นเล็กน้อยจากปริมาณเนื้อยางที่เพิ่มขึ้น ส่วนสมบัติด้านการดูดซึมน้ำและความชื้นมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากแผ่นฟิล์มที่เกิดจากปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่นไปช่วยเคลือบผิวของดินซีเมนต์ [11] ส่งผลให้ป้องกันการดูดซึมน้ำและการดูดความชื้นในอากาศลงได้ [12] ซึ่งจะเป็นผลดีเมื่อนำไปใช้งานกลางแจ้ง อีกทั้งน้ำยางพารายังช่วยให้บล็อกดินซีเมนต์มีความเหนียวมากขึ้น จึงแตกหักเสียหายได้ยากกว่าเดิม อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาค่าความต้านแรงอัดซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการผลิตบล็อกก่อผนัง เห็นได้ว่ายังมีค่าที่ค่อนข้างต่ำ จึงต้องทำการเพิ่มความต้านแรงอัดให้มีค่ามากขึ้น โดยได้นำหินฝุ่นหินปูนที่เป็นผลพลอยจากกระบวนการโม่หินซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 8 มิลลิเมตร และมีฝุ่นผงที่เล็กกว่า 10 เมช ประมาณร้อยละ 40-60 โดยฝุ่นผงเหล่านี้จะไปช่วยแทรกในเนื้อบล็อกดินซีเมนต์ให้แน่นมากขึ้น อีกทั้งหินฝุ่นเมื่อนำไปผสมในวัสดุซีเมนต์จะช่วยให้รับแรงได้มากขึ้น [13-14]

2.2.3 ขั้นตอนที่ 3 กำหนดส่วนผสมที่ผสมน้ำยางพารา

ในขั้นตอนนี้ทำการผสมหินฝุ่นหินปูนเพิ่มเข้าไปในบล็อกดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา โดยทำการแทนที่ดินลูกรังด้วยหินฝุ่นอย่างละครึ่งในทุกอัตราส่วน ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 อัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์และดินลูกรังผสมกับน้ำยางพารา และผสมหินฝุ่นหินปูน (โดยน้ำหนัก)

สัญลักษณ์	ปูนซีเมนต์	ดินลูกรัง	หินฝุ่น	น้ำยางพารา	น้ำผสมสารลดแรงตึงผิว
1: 7-(RS)	1	3.5	3.5	0.05	1.9
1: 8-(RS)	1	4	4	0.05	1.9
1: 9-(RS)	1	4.5	4.5	0.05	1.9
1: 10-(RS)	1	5	5	0.05	1.9

การผสมวัสดุและขึ้นรูปตัวอย่าง ทำการผสมปูนซีเมนต์ ดินลูกรัง และหินฝุ่น คลุกเคล้าเข้าด้วยกันก่อน แล้วเทน้ำยางพาราที่ผสมกับน้ำประปาและสารลดแรงตึงผิวเข้ากันดีแล้วลงไปทีละ

น้อยกวนนวดให้เข้ากันเป็นครีม แล้วเทลงในแบบหล่อขนาด 10 x 10 x 10 เซนติเมตร อัดส่วนผสมให้แน่น ปาดแต่งผิวหน้าให้เรียบ เมื่ออายุ 1 วัน ทำการถอดแบบ แล้วบ่มทิ้งไว้สภาพอากาศปกติตามระยะเวลาที่กำหนด การขึ้นรูปตัวอย่างบล็อกดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราและผสมหินฝุ่น แสดงดังรูปที่ 1-4

ทำการทดสอบ ความต้านแรงอัดที่อายุ 7 และ 14 วัน แสดงดังรูปที่ 5 ทดสอบการดูดซึมน้ำ ความชื้น และความหนาแน่นที่อายุ 14 วัน แสดงดังรูปที่ 6

รูปที่ 1 ส่วนผสมของบล็อกดินซีเมนต์

รูปที่ 2 ผสมวัตถุดิบแล้วเติมน้ำยางพาราผสมน้ำและสารลดแรงตึงผิว

รูปที่ 3 เทส่วนผสมดินซีเมนต์ลงในแบบหล่อ

รูปที่ 4 การบ่มก้อนตัวอย่างเพื่อรอการทดสอบ

รูปที่ 5 การทดสอบความต้านแรงอัด

รูปที่ 6 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

2.2.4 ขั้นตอนที่ 4 การขึ้นรูปบล็อกผนังดินซีเมนต์เพื่อทดสอบการใช้งานจริง

ทำการผสมส่วนผสมตามอัตราส่วนที่เลือกได้จากการวิเคราะห์ผลการดำเนินงานในขั้นตอนที่ 3 คือ อัตราส่วน 1: 7-(RS) โดยนำส่วนผสมดินซีเมนต์และหินฝุ่นหินปูนผสมน้ำยางพาราและน้ำประปาผสมกับสารลดแรงตึงผิวให้เข้ากันได้ดี แล้วเทลงในแบบหล่อขนาด 50 x 50 x 20 เซนติเมตร (รูปที่ 7) เมื่อครบกำหนด 1 วัน ทำการนำก้อนตัวอย่างบล็อกดินอัดออกจากแบบ บ่มในสภาพอากาศปกติอายุ 14 วัน

รูปที่ 7 การเทบล็อกผนังดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

นำมาทดสอบความต้านทานต่อการชะล้างโดยการตากฝนไว้ 1 วัน และทดสอบการทนทานแรงดันของน้ำด้วยการฉีดด้วยน้ำแรงดันสูง 120 บาร์ ระยะห่าง 60 เซนติเมตร เป็นเวลา 30 นาที (รูปที่ 8) ทดสอบการเจาะ สกรู ยึดติด (รูปที่ 9) และทำการขึ้นรูปบล็อกผนังดินซีเมนต์ขนาด 60 x 40 x 20 เซนติเมตร สำหรับทดสอบก่อผนังป้ายอาคารกลางแจ้ง ณ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) (รูปที่ 10)

รูปที่ 8 การทดสอบการฉีดผนังดินด้วยน้ำด้วยน้ำแรงดันสูง 120 บาร์

รูปที่ 9 การทดสอบการเจาะผนังดินด้วยสว่านไฟฟ้า

รูปที่ 10 การทดสอบก่อผนังกลางแจ้งทำเป็นป้ายอาคาร

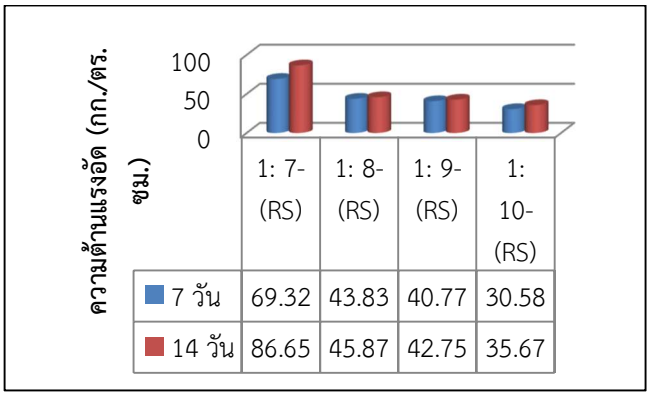
3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 ผลทดสอบสมบัติทางกายภาพและทางกล

ผลการทดสอบตัวอย่างบล็อกผนังดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราขนาด 10 x 10 x 10 เซนติเมตร แสดงดังตารางที่ 6 และรูปที่ 11

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบสมบัติอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์และดินลูกรังผสมกับน้ำยางพารา และผสมหินฝุ่นหินปูน

สัญลักษณ์	การดูดซึมน้ำ (%)	ความชื้น (%)	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)
1: 7-(RS)	21.95	9.01	1622
1: 8-(RS)	24.94	10.36	1564
1: 9-(RS)	29.52	14.49	1504
1: 10-(RS)	30.62	14.91	1502



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านแรงอัดและอายุการบ่มของตัวอย่างบล็อกดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา

จากตารางที่ 6 พบว่าเมื่อใช้หินฝุ่นหินปูนร่วมกับดินลูกรังส่งผลให้การดูดซึมน้ำและความชื้นลดลงจากการใช้ดินลูกรังเป็นมวลรวมเพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 4) เนื่องจากหินฝุ่นดูดซึมน้ำน้อยกว่าดินลูกรัง เมื่อนำมาผสมทดแทนดินลูกรัง 50% จึงช่วยให้การดูดซึมน้ำและความชื้นลดลง และเมื่อมวลรวมทั้งหมดมีปริมาณมากขึ้นส่งผลให้การดูดซึมน้ำและความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ เนื่องจากตัวเชื่อมประสานที่เป็นซีเมนต์เพสต์ลดลง ทำให้มีช่องว่างในเนื้อของบล็อกดินซีเมนต์เพิ่มขึ้น อีกทั้งดินลูกรังและหินฝุ่นมีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าปูนซีเมนต์จึงก็ส่งผลให้ความหนาแน่นของบล็อกดินซีเมนต์มีแนวโน้มลดลงตามไปด้วย [7]

รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านแรงอัดและอายุการบ่มของตัวอย่างบล็อกดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพาราที่อัตราส่วนต่าง ๆ พบว่าเมื่ออายุการบ่มเพิ่มขึ้นค่าความต้านแรงอัดก็สูงขึ้นซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีความแข็งแรงของปฏิกิริยาไฮเดรชั่นที่มีค่ามากขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น [15] โดยค่าความต้านแรงอัดมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณมวลรวมที่มากขึ้นตามลำดับ เมื่อนำผลการทดสอบไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานอิฐบล็อกประสาน มผช.602-2547 ชนิดไม่รับน้ำหนัก [16] (ซึ่งไม่ต้องนำค่าการดูดซึมน้ำมาพิจารณา) โดยกำหนดค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยจาก 5 ตัวอย่าง ต้องไม่น้อยกว่า 2.5 เมกะปาสคาล (25.49 กก./ตร.ซม.) นั้น พบว่าทุกอัตราส่วนมีค่าความต้านแรงอัดที่อายุ 14 วัน เกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนดสามารถนำไปใช้งานได้ แต่หากต้องการนำไปใช้ประโยชน์ก่อเป็นผนังรับแรงเป็นอิฐบล็อกประสานชนิดรับน้ำหนักที่กำหนดค่าความต้านทานแรงอัดเฉลี่ยจาก 5 ตัวอย่าง ต้องไม่น้อยกว่า 7 เมกะปาสคาล (71.38 กก./ตร.ซม.) นั้น พบว่าอัตราส่วน 1: 7-(RS) มีค่าความต้านแรงอัดที่อายุ 14 วัน เท่ากับ 86.65 กก./ตร.ซม. ซึ่งมากกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้สามารถนำไปใช้ในการก่อผนังกำแพงรับแรงได้

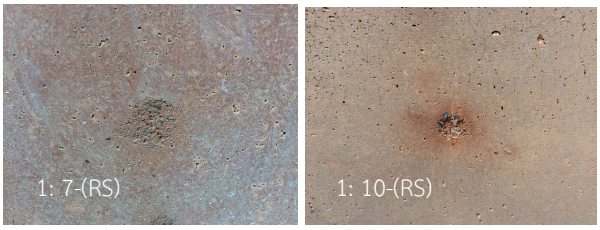
ความต้านทานแรงอัดมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อมวลรวมที่มากขึ้นส่งผลให้ โดยความต้านทานแรงอัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการบ่มที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์กับน้ำ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบพบว่าทุกอัตราส่วนผสมสามารถนำไปใช้ผลิตเป็นผนังดินอัดได้

3.2 ผลทดสอบการใช้งานจริงของบล็อกผนังดินซีเมนต์

ผลการทดสอบความต้านทานต่อการชะล้างและแรงดันของน้ำแสดงดังรูปที่ 12-13

รูปที่ 12 เมื่อใช้ฝ่ามือลูบที่ผิวหน้าของบล็อกดินซีเมนต์หลังจากปล่อยไว้ให้ตากฝน 1 วัน พบว่าไม่มีเศษดินติดฝ่ามือและผิวหน้าของบล็อกดินซีเมนต์ไม่มีความเสียหาย มีเพียงสีของดินที่เข้มขึ้นจากการดูดซึมน้ำ ซึ่งเมื่อปล่อยให้บล็อกดินซีเมนต์แห้งตัวลง สีผิวก็จะจางลงตามไปด้วยดังรูปที่ 10

รูปที่ 12 การใช้ฝ่ามือลูบที่ผิวหน้าของบล็อกผนังดินซีเมนต์หลังจากปล่อยให้ตากฝน 1 วัน



รูปที่ 13 ผลทดสอบการทนทานแรงดันของน้ำ

รูปที่ 13 ผลการทดสอบการทนทานแรงดันของน้ำด้วยการฉีดด้วยน้ำแรงดันสูง 120 บาร์ ระยะห่าง 60 เซนติเมตร เป็นเวลา 30 นาที พบว่าสามารถต้านทานน้ำได้ดีในทุกอัตราส่วน โดยอัตราส่วนที่มีปริมาณปูนซีเมนต์ต่อมวลรวมมากกว่าจะทำให้ทนทานแรงดันของน้ำได้ดีกว่า ทั้งนี้เนื่องจากปูนซีเมนต์ที่มากจะทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับน้ำได้มากกว่า [15] ส่งผลให้บล็อกผนังดินซีเมนต์มีเนื้อที่แน่นมากกว่า ความหนาแน่นมากขึ้น (ตารางที่ 6) รับแรงได้สูงขึ้น (รูปที่ 11) จึงต้านทานแรงดันของน้ำได้ดีกว่า

รูปที่ 14 แสดงภาพผลการทดสอบการเจาะยึด พบว่าสามารถใช้สว่านเจาะรูได้โดยที่ขอบของรูเจาะไม่เสียหาย เนื่องจากน้ำยางพาราที่ผสมลงไปเมื่อเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่นเป็นเยื่อใยบาง ๆ ในเนื้อบล็อกดินซีเมนต์ ทำให้ดินมีความยืดหยุ่นตัวได้มากขึ้น [7] จึงส่งผลให้ช่วยลดการเปราะแตกของเนื้อดินซีเมนต์ลงได้ และสามารถนำไปก่อผนังกลางแจ้งได้ด้วยวิธีการเจาะยึดติดพุกหรือใช้ปูนก่อแบบปกติได้ ดังรูปที่ 10

รูปที่ 14 ผลการเจาะรูบล็อกผนังดินซีเมนต์ด้วยสว่านไฟฟ้า

4. สรุปผลการศึกษา

การพัฒนาผลิตภัณฑ์บล็อกผนังที่ทำมาจากดินซีเมนต์ผสมน้ำยางพารา กำหนดส่วนผสมปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง เท่ากับ 1: 7, 1: 8, 1: 9 และ 1: 10 โดยน้ำหนัก ปริมาณน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 1.9 และปริมาณน้ำยางธรรมชาติต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.05 พบว่า ความต้านแรงอัดเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการบ่มเพิ่มขึ้น ปริมาณดินลูกรังที่มากขึ้นส่งผลให้ความต้านแรงอัด การดูดซึมน้ำ และปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลง ส่วนความหนาแน่นมีแนวโน้มมากขึ้น โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำไปใช้งาน คือ ปูนซีเมนต์ : ดินลูกรัง : น้ำยางธรรมชาติ : น้ำ เท่ากับ 1: 7: 0.05: 1.9 โดยน้ำหนัก มีความต้านแรงอัด 86.65 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความหนาแน่น 1,622 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร การดูดซึมน้ำร้อยละ 21.95 ความชื้นร้อยละ 9.01 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มผช.602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน เมื่อนำไปทดสอบการใช้งานจริงพบว่า ทนทานต่อการชะล้างและทนต่อแรงดันของน้ำได้ดี สามารถนำไปก่อผนังกลางแจ้งได้ด้วยวิธีการเจาะยึดพุกระหว่างก้อนบล็อกดินซีเมนต์หรือใช้ปูนก่อแบบปกติได้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย การใช้ดินในแต่ละประเภทในสถานที่หรือสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ต้องทำการออกแบบส่วนผสมใหม่เนื่องจากมีผลต่อสมบัติของบล็อกผนังดินซีเมนต์ แต่สามารถใช้แนวทางอัตราส่วนจากงานวิจัยนี้ไปปรับใช้ได้ เพราะว่าสมบัติที่ได้จะไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งการคงสมบัติของอิฐดินดิบไว้จะต้องใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ให้น้อยที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจาก โครงการสนับสนุนเร่งการเติบโตของธุรกิจนวัตกรรมรายใหม่ในอุตสาหกรรมเป้าหมายของประเทศ (Research Gap Fund) โดย สำนักปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ 2562

เอกสารอ้างอิง

[1] สิริกานดา กองโชค. *เทคโนโลยีสีเขียวในอุตสาหกรรมก่อสร้าง*. เข้าถึงได้จาก: https://www.dtn.go.th/th/file/get/file/1.2023090692ef9651cba45a18204b814873ecdcf1105845.pdf [เข้าถึงเมื่อวันที่ 27 ธันวาคม 2566]

[2] สำนักข่าวไทย. *ใช้ปูนไฮดรอลิกแทนปูนปอร์ตแลนด์ลดก๊าซเรือนกระจก*. เข้าถึงได้จาก: https://tna.mcot.net/business-1107036 [เข้าถึงเมื่อวันที่ 27 ธันวาคม 2566]

[3] Hesmix. *Hemp Eco Systems*. Available from: https://www.hempecosystems.org/hemplime [Accessed 27th DEC 2023]

[4] Begum R, Habib A, Begum HA. Adobe bricks stabilized with cement and natural rubber latex. *Int. Journal of Emerging Science and Engineering*. 2014;2(4):36-38.

[5] ประชุม คำพุฒ, กิตติพงษ์ สุวีโร, วีระศักดิ์ ละอองจันทร์. การปรับปรุงคุณสมบัติของอิฐดินดิบด้วยน้ำยางธรรมชาติ. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 13*. โรงแรมจอมเทียน ปาล์ม บีช พัทยา, ชลบุรี; 2551, หน้า MAT 051.

[6] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2594-2556: ปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก*. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร; 2556.

[7] ธงเทพ ศิริโสดา, ประชุม คำพุฒ. การพัฒนาบล็อกดินอัดที่ต้านทานการชะล้างสูง. *การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 16,* โรงแรมเดอะทวิน ทาวเวอร์ ปทุมวัน, กรุงเทพฯ; 2560. หน้า 18R4-04.

[8] Khamput P, and Suweero K. Using of Para-rubber to develop properties of concrete block mixed with ethylene vinyl acetate plastic in masonry. *International Journal of Environmental and Rural Development*. 2014;5(2):86-92.

[9] British Standards Institution. *BS 1881: Part 108. Method for making test cubes from fresh concrete: code of testing concrete part 108*. London: BSI; 1983.

[10] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก109-2517 วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต*. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร; 2517.

[11] ประชุม คำพุฒ, สมพิศ ดีบุญโน, อมเรศ บกสุวรรณ, กิตติพงษ์ สุวีโร. การปรับปรุงสมบัติของอิฐดินเหนียวโดยใช้น้ำยางพารา. *การประชุมทางวิชาการ ปี 2552 สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษาร่วมกับมหาวิทยาลัยขอนแก่น*, โรงแรมโฆษะ, ขอนแก่น; 2552. หน้า 139-144.

[12] ประชุม คำพุฒ, กิตติพงษ์ สุวีโร. การป้องกันสารพิษจากบ่อฝังกลบขยะซึมลงน้ำใต้ดินโดยใช้น้ำยางธรรมชาติ. *วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต*. 2556;1(2):101-109.

[13] อรรถพล มาลัย, ประชุม คำพุฒ. ผลกระทบของอายุการบ่มที่มีต่อกำลังอัดของมอร์ต้าร์ผสมเถ้าลอยและหินฝุ่น. *การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 2.* โรงแรมเจริญศรี แกรนด์ รอยัล, อุดรธานี; 2549, หน้า MAT159-MAT163.

[14] Somna R, Khamput P. A study of corrosion on crushed dust mortars due to sulfuric acid. *Congress on Science and Technology of Thailand*. Technopolis, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima; 2005, p.237.

[15] ปริญญา จินดาประเสริฐ และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. *ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต*. สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย; 2555.

[16] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน.* กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร; 2547.