การศึกษาสารเสริมแรงต่างชนิดเพื่อพัฒนาสมบัติของคอนกรีตรูพรุน

ณัฐภัทร ถ้อยทัด[1*], อธิคม รุ่งโรจนวงศ์[1], กัญจน์รัตน์ สุขรัตน์[1] และ กุลทัศน์ สุวัฒน์พิพัฒน์[2]

[1]สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[2]ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
*gotnattapat616@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้พัฒนากระถางซีเมนต์โดยทำให้เป็นวัสดุคอมโพสิท เป็นการผสมสารเสริมแรงลงในเนื้อกระถางรูพรุน (เนื้อสาร) เพื่อเพิ่มความแข็งแรง โดยมีวัตถุประสงค์คือเพื่อศึกษาการสร้างชิ้นงานคอนกรีตที่มีสารเสริมแรงต่างชนิด ได้แก่ หินเกล็ด อิฐมวลเบา เส้นใยสังเคราะห์แบบแผ่นและผงคาร์บอน พร้อมทั้งเปรียบเทียบความแข็งแรง ความคงทน และความสามารถในการซึมผ่านน้ำของชิ้นงานตัวอย่างและเพื่อหาสารเสริมแรงที่เหมาะสมในการผลิตกกระถางคอมโพสิทไม่เจาะรูที่มีความแข็งแรง คงทนและสามารถระบายน้ำได้ซึ่งตัวอย่างชิ้นงานซีเมนต์รูพรุนที่ประกอบด้วยซีเมนต์ หินเกล็ด และ น้ำ อัตราส่วน 1.0:3.0:0.4 โดยปริมาตร สูตร1 เมื่อผสมสารเสริมแรงอิฐมวลเบา (สูตร2) และแผ่นเส้นใยสังเคราะห์ (แผ่นใหญ่-สูตร 3, แผ่นเล็ก-สูตร4) มีส่วนประกอบ ปูนซีเมนต์ หินเกล็ด น้ำ และสารเสริมแรง อัตราส่วน 1.0:2.0:0.4:1.0 โดยปริมาตร ส่วนสำหรับผงถ่านกัมมันต์ถูกผสมในองค์ประกอบสูตร1 คิดเป็นร้อยละ 1, 2.5 และ 5 ของปริมาตรปูนซีเมนต์ (สูตร5, 6 และ 7) องค์ประกอบต่าง ๆ ถูกผสมให้เข้ากันและเทใส่แม่พิมพ์ทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร และให้ชิ้นงานตัวอย่างมีความสูง 6 เซนติเมตร หลังจากนั้นปล่อยให้ชิ้นงานแข็งตัวลง 14 วัน จากนั้นนำไปทดสอบสมบัติการซึมผ่านน้ำ เมื่อเปลี่ยนสภาพของชิ้นงานหลังแช่น้ำ 30 วัน ผู้วิจัยได้ทำการทดลองจากตัวแปรต่อไปนี้ ตัวแปรต้นคือกระถางต้นไม้ที่มีรูพรุนตัวแปรตามคือค่าการซึมผ่านน้ำ ความเข็งแรง และความคงทนของชิ้นงานในน้ำส่วนตัวแปรควบคุม คือ ซีเมนต์ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ ขนาดแม่พิมพ์ จากการทดลองปรากกฏว่าผลการทดสอบการซึมผ่านน้ำ พบว่าร้อยละปริมาณน้ำที่ซึมผ่านได้มีค่าใกล้เคียงกันแสดงว่าชิ้นงานดูดน้ำได้ใกล้เคียงกันทั้ง ๆ ที่สารเสริมแรงที่ใส่ลงไปมีลักษณะแตกต่างกันโดยชิ้นงานสูตร2-4 ใช้เวลามากกว่าชิ้นงานสูตร1 ขณะที่ชิ้นงานสูตร5-7 ใช้ระยะเวลาน้อยกว่าสูตร1 หลังการแช่น้ำ 30 วัน ทุกชิ้นงานยังคงสภาพเดิมและส่วนผสมสูตร4 ถูกนำมาผลิตกระถางซีเมนต์รูพรุนขนาด 10 เซนติเมตร X 10 เซนติเมตร X 12.5 เซนติเมตร มีความหนา 2.5 เซนติเมตร ซึ่งพบว่ามีความแข็งแรงและน้ำสามารถซึมผ่านได้ดี

คำสำคัญ: วัสดุเชิงประกอบ สารเนื้อหลัก สารเสริมแรง คอนกรีตรูพรุน

Study of various reinforcing agents to enhance porous concrete properties

Nattapat Toythat[1*], Athikom Rungrochjanawong[1], Kanjarat Sukrat[1] and Kullatat Suwatpipat[2]

[1]Chemistry Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University
[2]Department of Chemistry, Faculty of Science, Silpakorn University
*gotnattapat616@gmail.com

Abstract

This research aimed to make the porous pots to be composite materials. Reinforcement materials were added to the pot texture (matrix phase) To study the construction of concrete pieces with different types of reinforcing agents, such as clinker, lightweight brick, synthetic fiber sheet and carbon powder. and to compare the strength, durability and water permeability of the specimens and to find suitable reinforcing agents for the production of high strength non-perforated composite pots. Durable and able to drain to enhance the composite strength. In this study, lightweight brick chips, synthetic fiber sheet (large and small), and activated carbon were used as reinforcements. The porous-cement specimens were composed of cement, chipped stone, and water with a ratio of 1:3:0.4 by volume (F1). For the brick chip (F2) and the fiber sheet (large-F3, small-F4), the composite mixtures consisted of cement, chipped stone, water, and reinforcement with a ratio of 1:2:0.4:1 by volume. And then, the activated carbon powder was added into the F1 mixture with the 1, 2.5, and 5 percentages of cement weight (F5, 6, and 7, respectively). All components were mixed thoroughly and placed in a cylindrical mold with an 8 cm diameter and 10 cm height. The specimens were molded at 6 cm height. The specimens were left for curing for 14 days. After that, they were tested for their properties. The tested properties were water drainage, the change of appearance after being submerged under water for 30 days, The researcher conducted experiments from the following variables, the initial variable was porous plant pots, the dependent variable was water permeability, strength and durability of the workpiece in water, while the control variable was cement, water to cement ratio, mold size from The experiment turned out and compressive strength. The results of the water drainage showed that the percentages of water passing through were similar for all specimens, meaning that the water adsorption of all specimens was alike, despite the difference in the characters of the reinforcements. On the other hand, the drainage durations were different. F2-F4 took a long time for the water to pass through, compared with F1, while F5-F7 took a shorter time. After being submerged under water for 30 days, all specimens remained in the same shape, although some chips were found falling off in F2-4. No chip fell out from F1 and F5-7. For the compressive strength test, it was found that only F4 showed improved strength compared to F1, whereas the compressive strengths of the others were decreased. Finally, the F4 component was used to cast the porous cement pot with the size of 10 cm x 10 cm x 12.5 cm and 2.5 cm thickness. The pot was strong and good for water drainage.

Keywords: composite material, matrix, reinforcement, porous concrete

1. บทนำ

วัสดุคอมโพสิท คือ วัสดุที่เกิดจากการรวมตัวของวัสดุมากกว่าหนึ่งชนิดขึ้นไปแล้วทำให้สมบัติของวัสดุรวมดีขึ้น อาจกล่าวได้ว่าเป็นการนำสมบัติที่ดีของวัสดุมากกว่าหนึ่งชนิดมารวมกัน ปัจจุบันประเทศไทยมีรูปแบบการผลิตกระถางต้นไม้ที่หลากหลายทั้งที่ทำมาจาก ดินเผา พลาสติก ไม้ โลหะ หรือทำมาจากวัสดุธรรมชาติ ซึ่งอย่างที่ทราบกันดีว่าการผลิตกระถางดินเผาใช้พลังงานอย่างมากในกระบวนการเผา กระถางแตกหักง่ายในกระบวนการขนส่งสินค้า แต่ก็เกิดการย่อยสลายได้ง่าย ไม่คงทนแข็งแรงเมื่อมีการสัมผัสน้ำบ่อยครั้งแต่เมื่อนำกระถางพลาสติกไปใช้งานภายนอกอาคารที่ได้รับความร้อนและแสงแดดตลอดเวลาก็พบว่ากระถางเปราะเกิดการแตกหักได้ จากที่ได้กล่าวมานั้นจึงมีการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์กระถางต่าง ๆ ตลอดมา ทำให้เกิดความรู้ความสามารถในการผลิตกระถางมากมายและแตกแขนงออกไปตามลักษณะและวัตถุประสงค์ในการใช้งานผู้วิจัยมีความสนใจในหนึ่งวัสดุที่มีความคงทนและราคาถูก คือ กระถางที่ทำมาจากวัสดุคอมโพสิท ซึ่งวัสดุคอมโพสิทได้จากการผสมผสานของเนื้อสารและสารเสริมแรงทำให้ได้สมบัติที่ดีกว่าเดิม งานวิจัยที่จะศึกษานี้มีเป้าหมายที่จะผลิตกระถางวัสดุคอมโพสิทแบบที่ไม่ได้เจาะรูระบายน้ำด้านล่างแต่กระถางคอมโพสิทนี้สามารถทำให้น้ำซึมออกจากเนื้อกระถางต้นไม้ได้ กล่าวคือกระถางวัสดุคอมโพสิทมีเนื้อสารเป็นปูนซีเมนต์ผสมกับน้ำ มีการใส่สารเสริมแรงลงในเนื้อสาร [1] โดยทำการศึกษาสารเสริมแรงต่างชนิด เพื่อหาสารเสริมแรงที่ดีที่สุดที่ทำให้กระถางมีความแข็งแรงและสามารถระบายน้ำได้

การเลือกใช้สารเสริมแรงพิจารณาจากสมบัติความคงทน ไม่ย่อยสลายง่าย เช่น เส้นใยสังเคราะห์แบบแผ่นที่มีโครงสร้างพอลิเมอร์ชนิดไม่ทอของเส้นใยเซลลูโลส หรือเส้นใยไนลอน ร่วมกับเส้นใยโพลีโพรพิลีนปั่น ที่มีการเคลือบวัสดุแข็งจำพวกอะลูมิเนียมออกไซด์ (อลูมินา) ไททาเนียมไดออกไซด์ หรือ เรซิน โดยปกตินิยมใช้ในการขัดถู [2] หรืออาจเป็นสิ่งที่พื้นผิวขรุขระ มีรูพรุนกระจายอยู่ในเนื้อสารมาก ๆ เช่น อิฐมวลเบา [3] หรือเป็นวัสดุที่มีสมบัติเด่นอื่น ๆ ที่เสริมความแข็งแรงเพิ่มเติมได้ เช่น ผงถ่านกัมมันต์ [4-5] ตลอดจนสารเคมีที่สามารถสร้างรูพรุนได้

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การเตรียมหินเกล็ดและสารเสริมแรง

หินเกล็ดที่นำมาใช้ผ่านการร่อนแยกขนาดโดยมีขนาดใหญ่กว่า 4.75 มิลลิเมตรหรือค้างบนตะแกรงร่อนเบอร์ 4 เสริมแรงต่างชนิดประกอบด้วย อิฐมวลเบา แผ่นเส้นใยสังเคราะห์สองขนาด (ขนาดใหญ่ และขนาดเล็ก) และผงถ่านกัมมันต์ การเตรียมอิฐมวลเบาทำโดยนำอิฐมวลเบามาทุบและร่อนด้วยตะแกร่งเบอร์ 4 ขนาดที่นำไปใช้มีขนาดใหญ่กว่า 4.75 มิลลิเมตรหรือค้างบนตะแกรงร่อนเบอร์ 4 การเตรียมแผ่นเส้นใยสังเคราะห์เริ่มจากการตัดแผ่นเส้นใยสังเคราะห์ให้ได้ขนาดความกว้าง x ความยาว x ความสูง มีค่าเท่ากับ 1.8 x 1.2 x 0.5 เซนติเมตร จัดเป็นการเตรียมแผ่นเส้นใยสังเคราะห์ขนาดใหญ่และการตัดให้ได้ขนาด 0.9 x 0.6 x 0.5 เซนติเมตร จัดเป็นการเตรียมแผ่นเส้นใยสังเคราะห์ขนาดเล็กผงถ่านกัมมันต์ถูกนำมาใช้ที่ร้อยละ 1.0, 2.5, และ 5.0 โดยปริมาตรของซีเมนต์

2.2 การเตรียมชิ้นงานตัวอย่างรูปทรงกระบอกของคอนกรีตเสริมแรง

เตรียมส่วนผสมแต่ละสูตรตามอัตราส่วนผสมโดยปริมาตรแสดงดังตารางที่ 2. นำมากับผสมน้ำที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.4 ทำการผสมในถ้วยผสมปูนเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นเทลงในพิมพ์ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 10 เซนติเมตร ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 5024 ตารางมิลลิเมตร กดให้แน่น และทิ้งให้แห้งเตรียมชิ้นงานตัวอย่างสูตรละ 5 ชิ้นงาน สำหรับทดสอบสมบัติของคอนกรีต แสดงดังภาพที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมที่ใช้ในการศึกษาสารเสริมแรง

สูตรที่	อัตราส่วนผสมโดยปริมาตร								น้ำ
	ปูน	หินเกล็ด	สารเสริมแรง						
			อิฐมวลเบา	แผ่นเส้นใยสังเคราะห์		ปริมาณผงถ่านกัมมันต์ ร้อยละโดยปริมาตรของซีเมนต์			
				(ใหญ่)	(เล็ก)	1.0	2.5	5.0	
1	1.000	3.0							0.4
2	1.000	2.0	1.0						0.4
3	1.000	2.0		1.0					0.4
4	1.000	2.0			1.0				0.4
5	0.990	3.0				0.010			0.4
6	0.975	3.0					0.025		0.4
7	0.950	3.0						0.050	0.4

หมายเหตุ ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน หนักเฉลี่ย 85.00 กรัม
หินเกล็ด 1 ส่วน หนักเฉลี่ย 130.00 กรัม
อิฐมวลเบา 1 ส่วน หนักเฉลี่ย 28.00 กรัม
แผ่นเส้นใยสังเคราะห์ (ใหญ่) 1 ส่วนเท่ากับ 32 ชิ้น หนักเฉลี่ย 5.00 กรัม
แผ่นเส้นใยสังเคราะห์ (เล็ก) 1 ส่วนเท่ากับ 64 ชิ้น หนักเฉลี่ย 5.00 กรัม
ผงถ่านกัมมันต์ร้อยละ 1.0 โดยปริมาตรของซีเมนต์ หนักเฉลี่ย 0.2398 กรัม
ผงถ่านกัมมันต์ร้อยละ 2.5 โดยปริมาตรของซีเมนต์ หนักเฉลี่ย 0.5996 กรัม
ผงถ่านกัมมันต์ร้อยละ 5.0 โดยปริมาตรของซีเมนต์ หนักเฉลี่ย 1.1900 กรัม
ปริมาณน้ำที่ใช้ในทุกสูตร หนัก 34 กรัม

ภาพที่ 1 ตัวอย่างการการผสมและขึ้นรูปชิ้นงานทรงกระบอก

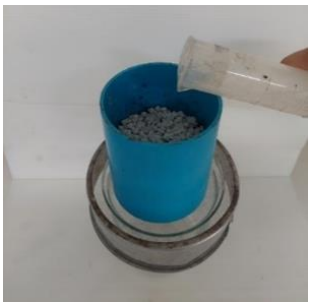
2.3 การทดสอบสมบัติของคอนกรีต

2.3.1 การทดสอบการซึมผ่านน้ำของคอนกรีต

ตวงน้ำด้วยกระบอกตวงให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำชิ้นงานทดสอบที่อยู่ในพิมพ์ทรงกระบอกวางไว้บนภาชนะรองรับ ทำการเทน้ำจากกระบอกตวงลงบนชิ้นงานที่เตรียมไว้ หลังจากนั้นจับเวลาพอน้ำซึมผ่านหมดให้บันทึกเวลา แสดงดังภาพที่ 2.ทำการทดสอบทั้ง 7 สูตร (สูตรละ 5 ตัวอย่าง) ปริมาตรน้ำที่ซึมผ่านชิ้นงานทดสอบหาได้โดยใช้กระบอกตวง ตวงน้ำ

ในภาชนะรองรับ ปริมาตรน้ำที่หายไปถูกดูดซับไว้บนชิ้นงาน การคำนวณร้อยละการซึมผ่านน้ำ หรือ ร้อยละของการซึมผ่านน้ำแสดงดังสมการที่ 1

ร้อยละการซึมผ่านน้ำ = (ปริมาตรน้ำในภาชนะรองรับ/ปริมาตรน้ำเริ่มต้นที่ใช้ทดสอบ)*100 (1)



ภาพที่ 2 การทดสอบการซึมผ่านน้ำ

2.3.2 การทดสอบการเปลี่ยนแปลงสภาพชิ้นงานเมื่อแช่น้ำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพชิ้นงานทดสอบเมื่อแช่น้ำเป็นเวลา 30 วัน ทำโดยนำชิ้นงานไปแช่น้ำให้น้ำท่วมทั่วชิ้นงาน วัดค่า pH น้ำเริ่มต้น และติดตามค่า pH ของน้ำที่แช่ชิ้นงานไว้ และสังเกตลักษณะทางกายภาพของชิ้นงานที่แช่น้ำ ทุก ๆ 3 วัน บันทึกผล

2.3.3 การทดสอบความแข็งแรงคอนกรีต

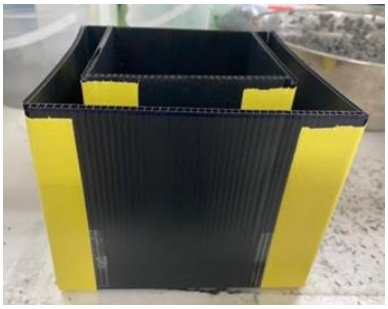
ก่อนนำชิ้นงานตัวอย่างรูปทรงกระบอกไปทดสอบ ชิ้นงานตัวอย่างรูปทรงกระบอกแต่ละชิ้นถูกนำมาวัดความสูงของชิ้นงาน ค่าเฉลี่ยความสูงของชิ้นงานคำนวณจากความสูงทางด้านซ้าย ด้านขวา และตรงกลางของชิ้นงาน เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของชิ้นงานตัวอย่างรูปทรงกระบอกหาได้จากการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ตำแหน่งด้านบน ด้านล่าง และตรงกลางของชิ้นงาน (ทำการวัดด้วย vernier caliper) จากนั้นวางชิ้นงานตัวอย่างรูปทรงกระบอกลงในเครื่องทดสอบความแข็งแรงของคอนกรีต ใช้แผ่นยางประกบด้านบนและด้านล่างของชิ้นงานเพื่อให้ชิ้นงานมีหน้าตัดที่เรียบเสมอกัน ให้แรงอัดแก่ชิ้นงานเครื่องจะอัดชิ้นงานจนกระทั่งถึงจุดประลัยทำการอ่านค่าแรงอัดที่วัดได้ และนำมาคำนวณความต้านทานแรงกดของชิ้นงานทดสอบ (σ)แสดงดังสมการที่ 2 โดยการทดสอบชิ้นงานสูตรละ 5 ตัวอย่าง และหาค่าเฉลี่ยความต้านทานแรงกดของชิ้นงานในแต่ละสูตรเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารเสริมแรงที่ใช้

$$\sigma = P/A \quad (2)$$

σ หมายถึง ความต้านทานแรงกดของชิ้นงานทดสอบ (เมกะปาสคาล), P หมายถึง ค่าแรงอัดตัวอย่าง (นิวตัน) และ *A* หมายถึง พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานที่รับแรง (ตารางมิลลิเมตร)

2.3.4 การขึ้นรูปกระถางทรงสี่เหลี่ยม

การขึ้นรูปกระถางซีเมนต์ทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีความหนา 2.5 เซนติเมตร โดยทำการตัดวัสดุขึ้นรูปพิมพ์กระถาง (ฟิวเจอร์บอร์ด) ส่วนประกอบของกรอบพิมพ์ด้านนอกขนาดความกว้าง x ความยาว x ความสูง เท่ากับ 10 เซนติเมตร x 10 เซนติเมตร x 12.5 เซนติเมตร ส่วนกรอบพิมพ์ด้านในขนาด 7.5 เซนติเมตร x 7.5 เซนติเมตร x7.5 เซนติเมตร หลังจากที่ได้พิมพ์ทั้งด้านนอกและด้านในนำพิมพ์มาติดประกบติดด้วยกันด้วยเทปกาวจะได้แม่พิมพ์ทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดใหญ่และขนาดเล็ก จากนั้นทำการผสมซีเมนต์ตามสูตรที่ดีที่สุด โดยเพิ่มอัตราส่วนผสมทั้งหมด 3 เท่า เพื่อให้เติมเต็มพิมพ์กระถางที่ได้ออกแบบไว้ ลำดับแรกทำการเทส่วนผสมที่เป็นฐานลงในแม่พิมพ์ขนาดใหญ่ให้มีความสูง 2.5 เซนติเมตร หลังจากนั้นวางแม่พิมพ์ขนาดเล็กลงตรงกลางด้านในแม่พิมพ์ขนาดใหญ่ เติมส่วนผสมที่เหลือระหว่างแม่พิมพ์ทั้งสอง (บริเวณขอบกระถาง) แสดงดังภาพที่ 3 ทิ้งไว้จนแห้งและนำมาออกจากพิมพ์

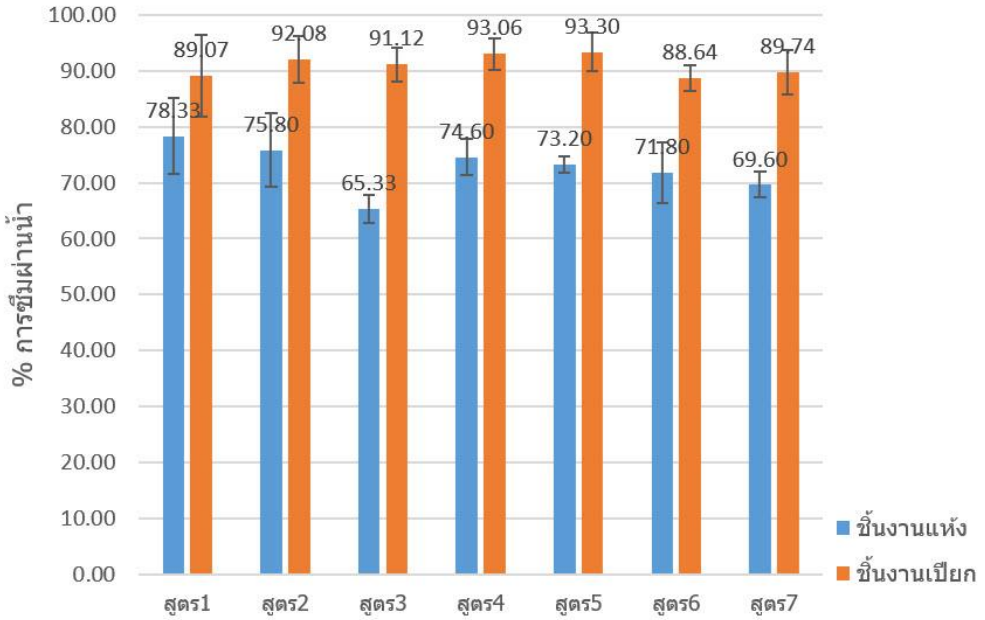


ภาพที่ 3 พิมพ์กระถางซีเมนต์ขนาด 10 X 10 X 12.5 เซนติเมตร หนา 2.5 เซนติเมตร

3. ผลการทดสอบสมบัติของคอนกรีตที่มีสารเสริมต่างชนิด

3.1 ผลการทดสอบการซึมผ่านน้ำชิ้นงานคอนกรีตที่มีสารเสริมแรงต่างชนิด

ปริมาตรน้ำที่ซึมผ่านชิ้นงานทดสอบเป็นข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณร้อยละในการซึมผ่านน้ำทดสอบโดยเทน้ำจากกระบอกตวงปริมาตร 100 มิลลิลิตร ลงบนชิ้นงานที่เตรียมไว้บนภาชนะรองรับ (ตวงน้ำในภาชนะรองรับ) เมื่อน้ำซึมผ่านหมดบันทึกเวลา พบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละการซึมผ่านน้ำของชิ้นงานแห้งมีค่าน้อยกว่าชิ้นงานที่เปียกเพราะชิ้นงานที่แห้งสามารถดูดซับได้มาก ขณะที่ชิ้นงานเปียกและอิ่มตัวด้วยน้ำส่งผลให้มีค่าร้อยละการซึมผ่านน้ำเพิ่มขึ้น พบว่าชิ้นงานที่เปียกของสูตรที่ 4 ที่ใช้เส้นใยสังเคราะห์แบบแผ่น (เล็ก) และสูตรที่ 5 ที่ใช้ผงถ่านกัมมันต์ร้อยละ 1.0 โดยปริมาตรของซีเมนต์ เป็นสารเสริมแรงมีค่าเฉลี่ยร้อยละการซึมผ่านน้ำสูงที่สุดใกล้เคียงกัน คือ 93.06±2.84 และ 93.30±3.46 ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยร้อยละการซึมผ่านน้ำของชิ้นงานทรงกระบอกแห้งและเปียก (สูตรละ 5 ชิ้นงาน)

3.2 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงสภาพของชิ้นงานคอนกรีตที่มีสารเสริมแรงต่างชนิดเมื่อแช่น้ำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพของชิ้นงานคอนกรีตที่มีสารเสริมแรงต่างชนิดภายหลังแช่น้ำ พบส่วนประกอบของชิ้นงานบางส่วนหลุดร่วงออกมาในน้ำแช่เล็กน้อย ยกเว้นสูตรที่ 2 ที่ใช้อิฐมวลเบาเป็นสารเสริมแรงพบการหลุดร่วงมากที่สุด ผลการติดตามค่า pH ของน้ำแช่ชิ้นงานคอนกรีตทุก ๆ 3 วัน มีค่า pH เริ่มต้นเท่ากับ 6 และเมื่อครบกำหนดเวลา 30 วัน น้ำแช่มีค่า pH เพิ่มขึ้นเท่ากับ 11 สามารถระบุได้ว่าน้ำแช่คอนกรีตมีสมบัติเป็นเบสเป็นผลจากการละลายของสารประกอบ $Ca(OH)_2$ ที่มี

อยู่ในชิ้นงานคอนกรีต โดย $Ca(OH)_2$ เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน [1] เมื่อซีเมนต์ทำปฏิกิริยากับน้ำและผ่านกระบวนการแข็งตัว ตัวอย่างของปฏิกิริยาไฮเดรชัน แสดงดังสมการที่ 3 และ 4 [6]

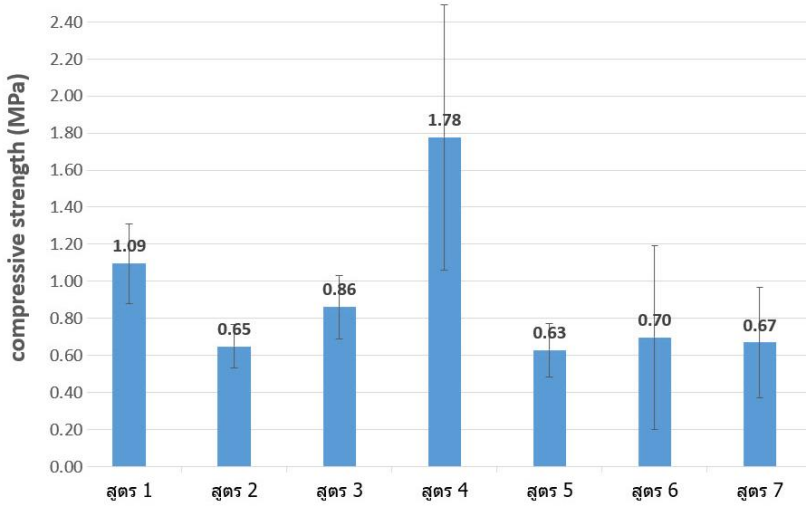
$$2(3CaO{\cdot}SiO_2) + 6H_2O \longrightarrow 3CaO{\cdot}2SiO_2{\cdot}3H_2O + 3Ca(OH)_2 \quad (3)$$

$$2(3CaO{\cdot}SiO_2) + 4H_2O \longrightarrow 3CaO{\cdot}2SiO_2{\cdot}3H_2O + Ca(OH)_2 \quad (4)$$

จึงสามารถพบสารละลายไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) ละลายอยู่ในน้ำแช่ของทุกชิ้นงานตัวอย่าง ดังนั้นภายหลังการขึ้นรูปเป็นกระถางคอนกรีตรูพรุนก่อนนำไปใช้งานต้องทำการลดค่า pH .ให้เป็นกลาง

3.3 ผลการทดสอบความแข็งแรงชิ้นงานคอนกรีตที่มีสารเสริมแรงต่างชนิด

เมื่อนำชิ้นงานตัวอย่างรูปทรงกระบอกทุกสูตรซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร มีพื้นที่หน้าตัด 5024 ตารางมิลลิเมตร ความสูงเฉลี่ยประมาณ 6 เซนติเมตร มาทดสอบกำลังรับแรงอัดของชิ้นงาน พบว่าสูตรที่4 ที่นำเส้นใยสังเคราะห์แบบแผ่นขนาดเล็กเป็นวัสดุเสริมแรงให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดเท่ากับ 1.78±0.72 เมกะปาสคาล ลำดับที่สองมีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 1.09±0.21 เมกะปาสคาล เป็นผลจากการทดสอบชิ้นงานสูตรที่1 ที่ใช้หินเกล็ดเพียงอย่างเดียว ลำดับที่สามเป็นผลการทดสอบชิ้นงานตัวอย่างเสริมแรงด้วยการใช้เส้นใยสังเคราะห์แบบแผ่นขนาดใหญ่ มีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 0.86±0.17 เมกะปาสคาล ผลการทดสอบชิ้นงานที่เสริมแรงด้วยอิฐมวลเบา และผงถ่านกัมมันต์ที่ร้อยละ 1.0, 2.5 และ 5.0 โดยปริมาตรของซีเมนต์ ในสูตรที่ 2, 5-7 มีกำลังรับแรงอัดต่ำใกล้เคียงกันในช่วง 0.63±.0.14–0.70±0.50 เมกะปาสคาล แสดงดังภาพที่ 5 สรุปได้ว่าการใช้เส้นใยสังเคราะห์แบบแผ่นขนาดเล็กเป็นสารเสริมแรง มีความแข็งแรง มีความคงทนสูงสุดและยังซึมผ่านน้ำได้ดี โดยผลการทดสอบค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของชิ้นงาน ผู้วิจัยได้จากการทดสอบชิ้นงาน 7 สูตร สูตรละ 5 ชิ้นงาน



ภาพที่ 5 ผลการทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานคอนกรีต (สูตรละ 5 ชิ้นงาน)

ผลการทดสอบความแข็งแรงชิ้นงานคอนกรีตที่มีสารเสริมแรงต่างชนิด สอดคล้องกับผลการศึกษาของยุทธนา บุญสินชัย และคณะ ที่ทำการเสริมแรงให้กับคอนกรีตพรุนด้วยการประยุกต์ใช้วัสดุใยสังเคราะห์ประเภท Fiber grass และ Geogrid ร่วมกับมวลรวมหยาบขนาด 3/8 นิ้ว และขนาดค้างตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มิลลิเมตร) โดยใช้อัตราส่วนผสมซีเมนต์ต่อมวลรวมหยาบเท่ากับ 0.327 โดยปริมาตร อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.295 และสารลดน้ำปริมาณมาก Type F (Super plasticizer) ในปริมาณร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ทำการศึกษาสมบัติด้านกำลังรับแรงดัดและพฤติกรรมการวิบัติของคอนกรีตพรุนในห้องปฏิบัติการ พบว่าคอนกรีตพรุนมีค่ากำลังรับแรงดัดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามอายุการบ่ม 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ สารเสริมแรง Geogrid และ Fiber grass ช่วยปรับปรุงพฤติกรรมด้านการวิบัติของคอนกรีตพรุนให้ดียิ่งขึ้น

นอกจากนั้นขนาดคละของมวลรวมสามารถช่วยปรับปรุงกำลังรับแรงดัดของคอนกรีตพรุนให้ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตพรุนปกติที่ไม่มีการเสริมแรงด้วยวัสดุใยสังเคราะห์ [7]

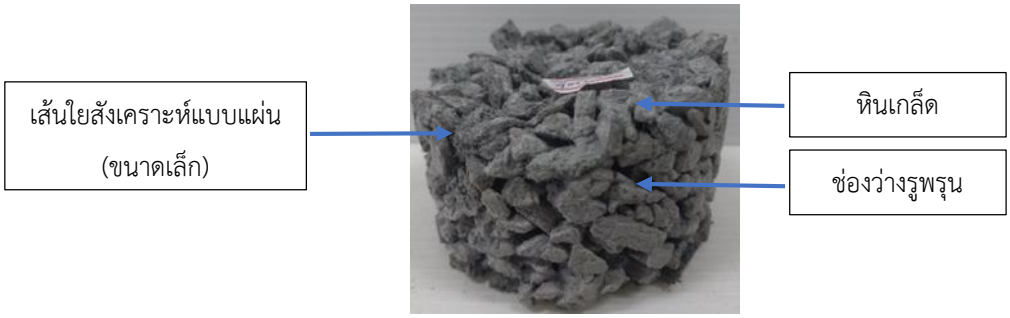
3.4 การขึ้นรูปกระถางซีเมนต์

เกณฑ์ที่นำมาพิจารณาการขึ้นรูปกระถางซีเมนต์ แบ่งตามความสำคัญได้ดังนี้ ลำดับที่หนึ่ง คือ ค่าความแข็งแรงและลำดับที่สอง คือ ค่าเปอร์เซ็นต์การซึมผ่านน้ำที่มีค่ามากชิ้นงานจะต้องมีความสมบูรณ์ ส่วนผสมที่ขึ้นรูปชิ้นงานยึดจับกันได้ดี มีการกระจายของเนื้อสารเนื้อส่วนผสมสม่ำเสมอตลอดชิ้นงานตลอดจนมีความพรุนตัวสูงและสามารถซึมผ่านน้ำได้ดี ปรากฏว่าผลการทดสอบสมบัติดังกล่าว สูตรที่ 4 ที่ใช้เส้นใยสังเคราะห์แบบแผ่นขนาดเล็กเป็นสารเสริมแรง ทำการผสมที่อัตราส่วน ปูน : หินเกล็ด : สารเสริมแรง เท่ากับ 1.0 : 2.0 : 1.0 กับน้ำที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักของน้ำต่อซีเมนต์ เท่ากับ 0.4 ถูกเลือกใช้เพื่อนำมาขึ้นรูปกระถางซีเมนต์ที่มีขนาด 10 x 10 x 2.5 เซนติเมตร หนา 2.5 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 ชิ้นงานตัวอย่างของกระถางซีเมนต์

4. สรุปผลการทดลอง

สูตรที่ใช้เส้นใยสังเคราะห์แบบแผ่นเป็นสารเสริมแรงส่งผลให้ชิ้นงานทรงกระบอกมีน้ำหนักเบาที่สุด เส้นใยสังเคราะห์แบบแผ่นถูกบีบอัดด้วยน้ำหนักของหินเกล็ดและเนื้อซีเมนต์พบการยุบตัวทำให้ชิ้นงานหดตัวแน่นขึ้น เส้นใยสังเคราะห์แบบแผ่นขนาดเล็กแทรกและการกระจายตัวอยู่ในชิ้นงานอย่างสม่ำเสมอมากกว่าการใช้เส้นใยสังเคราะห์แบบแผ่นขนาดใหญ่และอิฐมวลเบา เมื่อพิจารณาชิ้นงานพบเนื้อซีเมนต์เพลสต์แทรกอยู่ระหว่างพื้นผิวของเส้นใยสังเคราะห์แบบแผ่นเสริมสร้างให้เกิดความแข็งแรงทางโครงสร้างและเพิ่มการยึดจับที่ดีขององค์ประกอบภายในชิ้นงานเป็นผลให้ชิ้นงานมีค่ากำลังรับแรงอัดสูง พบรูพรุนตลอดทั่วทั้งชิ้นงานส่งผลให้มีค่าการซึมผ่านน้ำที่ดี แสดงดังภาพที่ 7 ค่าร้อยละการซึมผ่านน้ำของชิ้นงานแบบแห้งและเปียกมีค่าแตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยร้อยละการซึมผ่านน้ำของชิ้นงานแห้งมีค่าน้อยกว่าชิ้นงานที่เปียก พบว่าชิ้นงานที่เปียกของสูตรที่ 4 ที่ใช้เส้นใยสังเคราะห์แบบแผ่น (เล็ก) และสูตรที่ 5 ที่ใช้ผงถ่านกัมมันต์ร้อยละ 1.0 โดยปริมาตรของซีเมนต์เป็นสารเสริมแรงมีค่าเฉลี่ยร้อยละการซึมผ่านน้ำสูงสุดใกล้เคียงกัน เท่ากับ 93.06±2.84 และ 93.30±3.46 ตามลำดับ ผลการติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพชิ้นงานเมื่อแช่น้ำเป็นระยะเวลา 30 วัน พบการหลุดร่วงของชิ้นงานเล็กน้อยในทุกสูตรยกเว้นสูตรที่ใช้อิฐมวลเบาเป็นสารเสริมแรง ชิ้นงานมีสมบัติเป็นเบส มีค่า pH ประมาณ 11 เมื่อนำมาใช้ขึ้นรูปกระถางคอนกรีตรูพรุนควรทำให้มีค่า pH เป็นกลางก่อนนำไปใช้งาน โดยสูตรที่เหมาะสมต่อการนำไปขึ้นรูปกระถางได้แก่สูตรที่ 4 ที่ใช้เส้นใยสังเคราะห์แบบแผ่นขนาดเล็กเป็นสารเสริมแรง ทำหน้าที่ประสานยึดจับกับซีเมนต์เพลสต์ได้ดี ทำให้ได้กระถางที่มีรูพรุนสม่ำเสมอ คงทน และแข็งแรง ให้ค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดเท่ากับ 1.78±0.72 เมกะปาสคาล เมื่อเทียบกับสูตรอื่น ๆ



ภาพที่ 7 ชิ้นงานตัวอย่างสูตรที่ 4 ที่ใช้เส้นใยสังเคราะห์แบบแผ่นขนาดเล็กเป็นสารเสริมแรง

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมที่ให้ความอนุเคราะห์สารเคมีและเครื่องมือเครื่องใช้ในการวิจัย และขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมโยธาที่เอื้อเฟื้ออาคารสถานที่ เจ้าหน้าที่ดูแลเครื่องทดสอบความแข็งแรงของคอนกรีต ท้ายนี้ขอขอบคุณคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย ผศ.ดร. กัญจน์รัตน์ สุขรัตน์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยร่วม อาจารย์ ดร. กุลทัศน์ สุวัฒน์พิพัฒน์ ที่ช่วยวิเคราะห์ประเด็นปัญหาและข้อบกพร่อง เพื่อทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Taylor, H.F.W. (1997). *Cement Chemistry* (2nd ed.). Thomas Telford.

[2] Droździel-Jurkiewicz, M., & Bieniaś, J. (2022). Evaluation of Surface Treatment for Enhancing Adhesion at the Metal–Composite Interface in Fibre Metal-Laminates. *Materials*, *15,* (17), 6118. https://doi.org/10.3390/ma15176118

[3] Ganasen, N., & Krishnaraj, L. (2023). Developing lightweight concrete bricks by replacing fine aggregate with vermiculite: a regression analysis prediction approach. *Asian Journal of Civil Engineering*, 1-9. doi:10.1007/s42107-023-00586-5

[4] Zheng, C., Liu, Z., Xu, J., Li, X., & Yao, Y. (2017). Compressive Strength and Microstructure of Activated Carbon-fly Ash Cement Composites .*Chemical Engineering Transactions*, *59*, 475-480. https://doi.org/10.3303/CET1759080

[5] Lal, S., & Batabyal, S. K. (2022). Activated carbon-cement composite coated polyurethane foam as a cost-efficient solar steam generator. *Journal of Cleaner Production, 379*, 134302. doi: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134302

[6] Kashef, S., Shao, Y., & Ghoshal, S. (2015). Mathematical modeling of CO_2 uptake by concrete during accelerated carbonation curing. *Cement and Concrete Research*, 67, 1–10.doi:10.1016/j.cemconres.2014.07.020

[7] Bunsinkhai, Y., Nontananandh, S., & Jotisankasa, A. (2013). Flexural strength and failure behavior of porous concrete by the application of reinforced polyamide materials. Bangkok: Kasetsart University; Office of the Higher Education Commission. Ministry of Education. Ministry of

Agriculture and Cooperatives. Ministry of Science and Technology. Ministry of Natural Resources and Environment. Ministry of Information and Communication Technology. National Research Council of Thailand. Research Fund Office (In Thai)