การใช้ขยะพลาสติกจากโรงงานอุปกรณ์ประกอบผ้าม่านเป็นส่วนผสมในคอนกรีตสำหรับทำกระถางต้นไม้
Using plastic waste from the curtain assembly plant as an ingredient in concrete for plant pots

ประชุม คำพุฒ[1,*] เกียรติสุดา สมนา[2] ธีรพงษ์ โถชัย[3] และ รัฐพล สมนา[2]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี
[2,3] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา
**Corresponding author; E-mail address: prachoom_k@rmutt.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ขยะพลาสติกเหลือทิ้งจากโรงงานอุปกรณ์ประกอบผ้าม่านในจังหวัดเชียงใหม่มาเป็นส่วนผสมในคอนกรีตสำหรับทำกระถางปลูกต้นไม้โดยใช้วัสดุประสานเป็นปูนซีเมนต์ผสมกับยิปซัมปลาสเตอร์ในอัตราส่วน 0.5: 0.5 ใช้เศษขยะพลาสติก 3 ชนิด (HDPE ABS และ POM) บดย่อยรวมกันในอัตราส่วนที่เท่ากันให้มีขนาดผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิดเท่ากับ 25 10 และ 4 มิลลิเมตร ตามลำดับ ผสมเศษขยะพลาสติกปริมาณ 0 0.05 0.1 0.15 และ 0.2 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนวัสดุประสานต่อน้ำเท่ากับ 1 ทำการผสมและขึ้นรูปเป็นก้อนตัวอย่างคอนกรีตขนาด 10 x 10 x 10 ซม. ทดสอบความต้านทานแรงอัดที่อายุ 14 และ 28 วัน ทดสอบความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำที่อายุ 28 วัน ผลการทดสอบพบว่าการผสมเศษขยะพลาสติกบดย่อยในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้ความหนาแน่นและความต้านทานแรงอัดมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ความชื้นและการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มมากขึ้น ซึ่งจากสมบัติที่ได้มีความเหมาะสมในการนำไปผลิตเป็นกระถางต้นไม้ขนาดเล็กและขนาดใหญ่

คำสำคัญ: อุปกรณ์ผ้าม่าน, กระถางต้นไม้, เศษขยะพลาสติก, คอนกรีต

Abstract

This study aims to use the plastic waste from a Chiang Mai curtain manufacturing facility as a material in concrete to create plant pots by mixing cement binder and gypsum plaster in a 0.5: 0.5 ratio. A sieve with an opening of 25 10 and 4 mm was used to separate three forms of plastic waste (HDPE ABS and POM) into equivalent granules. The binder to water ratio was 1 and plastic waste was combined with 0 0.05 0.1 0.15 and 0.2 by weight. Concrete sample cube with dimensions of 10 x 10 x 10 cm were used. The compressive strength was investigated at 14 and 28 days. A water absorption test was studied at 28 days. The results showed that the mixing of granulated plastic waste in larger quantities resulted in a decrease in density and compressive strength. At the same time, moisture and water absorption tended to be increased. The properties obtained make it suitable for producing small and large plant pots.

Keywords: curtain accessories, plant pots, plastic waste, concrete

1. บทนำ

ปัญหาขยะพลาสติกในปัจจุบันนั้น นอกจากจะเป็นในเรื่องของขยะชุมชนและขยะทะเลที่เป็นปัญหาซึ่งต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วนแล้วนั้น ยังมีขยะพลาสติกประเภทอื่น ๆ ที่เกิดจากกระบวนการผลิตสินค้าผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในโรงงานที่ยังเป็นปัญหาของผู้ประกอบการต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดทิ้งให้ถูกต้องตามระเบียบ ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายในการจัดการนำขยะเหล่านี้ไปกำจัดมีค่าใช้จ่ายที่สูงจากการขนส่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดที่ห่างไกลจากแหล่งรับกำจัดขยะ ทางผู้ประกอบการจึงต้องการนำขยะพลาสติกจากโรงงานที่ส่วนใหญ่เป็นพลาสติกที่ค่อนข้างเกรดดีมาทำการรีไซเคิลกลับมาใช้ใหม่บางส่วนที่เหลือก็นำไปอัพไซคลิ่ง (upcycling) เป็นสินค้าที่มีมูลค่าสูงสำหรับผลิตและจำหน่าย โดยงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการวิจัยพัฒนาในการนำขยะพลาสติกจากชุมชนและขยะพลาสติกจากทะเลเป็นส่วนผสมในคอนกรีต จีโอโพลิเมอร์ ยางมะตอย เป็นวัสดุก่อสร้างประเภทต่าง ๆ เช่น อิฐปูพื้น อิฐก่อผนัง ถนน เป็นต้น [1-15] โดยสามารถผสมพลาสติกได้ประมาณร้อยละ 2-20 โดยน้ำหนัก ขึ้นอยู่กับพลาสติกแต่ละชนิดที่มีคุณสมบัติต่างกัน ดังนั้นการนำขยะพลาสติกจากโรงงานอุตสาหกรรมก็มีความเป็นไปได้ที่จะสามารถนำมาใช้ได้เช่นกัน

บทความจึงมุ่งเน้นไปที่กรณีศึกษาการใช้ขยะพลาสติกที่เหลือทิ้งในโรงงานผลิตอุปกรณ์ประกอบผ้าม่านในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นขยะพลาสติกประเภท HDPE, ABS และ POM โดยมีปริมาณการเหลือทิ้งไม่มากนักประมาณ 500 กก./เดือน/โรงงาน ต้องมีค่าใช้จ่ายในการเดินทางขนส่งมากำจัดทิ้งในภาคกลางซึ่งไม่คุ้มค่ากับการขนส่ง เมื่อพิจารณาถึงขยะพลาสติก HDPE, ABS และ POM จากกระบวนผลิตที่เป็นก้อนลักษณะแข็ง ดังรูปที่ 1 จึงมีแนวความคิดที่จะนำมาบดย่อยลดขนาดแล้วใช้เป็นส่วนผสมในคอนกรีตเพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์กระถางปลูกต้นไม้ สำหรับส่งเสริมให้ชุมชนโดยรอบโรงงานทำการผลิตเป็นสินค้าจัดจำหน่ายสร้างรายได้

รูปที่ 1 ขยะพลาสติกที่เหลือทิ้งจากกระบวนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัสดุอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ในการดำเนินงานประกอบด้วย

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 จากร้านค้าวัสดุก่อสร้างทั่วไป ตามมาตรฐาน มอก.15 เรื่องปูนซีเมนต์เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ [16]

2) ปูนยิปซัมปลาสเตอร์ จากโรงงานของ The Gypsun Co., Ltd. จังหวัดกรุงเทพ ตามมาตรฐาน มอก.2488 เรื่องปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแบบในอุตสาหกรรมเซรามิค [17]

3) เศษพลาสติกจากโรงงานผลิตอุปกรณ์ประกอบผ้าม่าน บริษัท อี.พี. เดคคอร์ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดเชียงใหม่ ประเภท HDPE, ABS และ POM (รูปที่ 2) อย่างละเท่ากันรวมกันบดย่อยลดขนาดด้วยเครื่องบดพลาสติก (รูปที่ 3) ให้มีขนาดผ่านตะแกรงช่องเปิดเท่ากับ 25, 10 และ 4 มิลลิเมตร (มม.) ตามลำดับ (รูปที่ 4)

พลาสติกพอลิเอทิลีน (PE) ลักษณะทั่วไปมีสีขาวขุ่น โปร่งแสง มีความลื่นมันในตัวเอง เมื่อสัมผัสจึงรู้สึกลื่น ยืดหยุ่นได้ดี และที่สำคัญไม่มีกลิ่นและรส ไม่ติดแม่พิมพ์ มีความเหนียว แต่ทนความร้อนได้ไม่มากนัก (<100 องศาเซลเซียส) แต่ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดีมาก ใส่สีผสมได้ง่าย มีความหนาแน่นต่ำกว่าน้ำจึงลอยน้ำได้ดี มีด้วยกัน 3 ประเภท คือ LDPE, MDPE และ HDPE โดยที่พลาสติกพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) มีความหนาแน่นอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.95 ถึง 0.97 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ก./ลบ.ซม.) โมเลกุลของ HDPE จะมีแบ็กโบนคาร์บอนที่ยาวมากแต่ไม่มีไซด์กรุ๊ป ทำให้โมเลกุลเหล่านี้เชื่อมกันอย่างแน่นหนามากขึ้น HDPE มีความแข็งแรงกว่า แข็งกว่า และโปร่งแสงน้อยกว่า LDPE พลาสติก HDPE ใช้ทำถุง ถังน้ำมันรถ หีบห่อ และท่อน้ำ

พลาสติกเอบีเอส (Acrylonitrile Butadiene Styrene: ABS) เป็นพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติก หรือพลาสติกที่มีจุดหลอมเหลว สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก พลาสติก ABS นั้นเป็นพลาสติกที่สร้างขึ้นมาโดยนำโมโนเมอร์ 3 ชนิดมาผสมและทำปฏิกิริยากัน คุณสมบัติที่สำคัญของพลาสติก ABS คือ มีความแข็งแรง ยืดหยุ่น ทนต่อสภาพอากาศ ทนต่อแรงบีบ จึงเหมาะสำหรับการขึ้นรูป รวมถึงเครื่องพิมพ์ 3D พลาสติก ABS มีจุดหลอมเหลวที่สูง ถึง 200-250 องศาเซลเซียส จึงทนความร้อนได้สูงกว่าพลาสติกชนิดอื่น แต่ก็เย็นตัวลงได้ช้ากว่าเช่นกัน พลาสติก ABS เมื่อทำการผสมสีเข้าไปในเนื้อพลาสติก จะทำให้สีของผลิตภัณฑ์ขุ่น ไม่โปร่งใส จึงไม่เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความโปร่งใส จุดเด่นอีกข้อหนึ่งของพลาสติก ABS คือสามารถขึ้นรูปได้ง่าย ส่วนจุดด้อยของพลาสติก ABS หากต้องการความคมของเนื้อชิ้นงาน การเลือกใช้พลาสติกชนิด ABS จะไม่ค่อยเหมาะนัก เพราะพลาสติกชนิดนี้เย็นตัวลงได้ช้า มีความหนืด เมื่อฉีดขึ้นรูปอาจจะทำให้เหลือความโค้งมนเหลืออยู่ จึงไม่เหมาะสมกับงานที่ต้องการงานที่มีความคมของชิ้นงาน ด้วยพลาสติก ABS มีคุณสมบัติที่มีจุดหลอมเหลวได้สูง และเย็นตัวลงช้า ถ้าหากอุณหภูมิลดลงเร็วเกินไป ทำให้ตัวเนื้องานมีโอกาส หดตัว เสียรูปได้ มีกลิ่นเมื่อโดนความร้อน โดยจะส่งกลิ่นพลาสติกไหม้ออกมา แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงกลิ่นก็จะลดลงเช่นกัน

พลาสติกโพลิออกซิเมทิลีน (POM) หรือที่เรียกว่า acetal, polyacetal และ polyformaldehyde เป็นเทอร์โมพลาสติกทางวิศวกรรมที่ใช้ในชิ้นส่วนที่มีความแม่นยำ ซึ่งต้องการความแข็งสูง แรงเสียดทานต่ำ และความเสถียรของมิติที่ยอดเยี่ยมเช่นเดียวกับพอลีเมอร์สังเคราะห์อื่น ๆ POM แบ่งออกเป็น acetal copolymer และ homopolyformaldehyde ทั้งนี้ POM เป็นพลาสติกที่มีความเสถียรทางความร้อนไม่ดีความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่เกิดขึ้นจากวัสดุจะแปรผกผันนั่นคือยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นเท่าใดเวลาที่วัสดุสามารถทนได้ก็จะสั้นลงเท่านั้น การเพิ่มขึ้นของความดันในการฉีดมีผลเพียงเล็กน้อยต่อความต้านทานแรงดึง โดยการเพิ่มความดันในการฉีดอย่างเหมาะสมจะช่วยในการปรับปรุงวัสดุได้

ดังนั้นในการผลิตวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบผ้าม่าน จึงต้องใช้คุณสมบัติที่แตกต่างกันของพลาสติกทั้ง 3 ชนิด มาใช้ให้เหมาะสมกับชิ้นงานแต่ละประเภท

4) น้ำประปา

5) เครื่องบดย่อยพลาสติก (รูปที่ 5)

6) เครื่องชั่งน้ำหนัก

7) เครื่องผสมคอนกรีต

8) แบบหล่อตัวอย่างคอนกรีตขนาด 10 x 10 x 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ลบ.ซม.) (รูปที่ 6)

9) แบบหล่อกระถางต้นไม้ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ (รูปที่ 7)

10) ชุดทดสอบความถ่วงจำเพาะ ความหนาแน่น และการดูดซึมน้ำ

11) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (UTM)

รูปที่ 2 เศษพลาสติกจากโรงงานผลิตอุปกรณ์ประกอบผ้าม่าน

รูปที่ 3 บดย่อยลดขนาดเศษขยะพลาสติก

รูปที่ 4 พลาสติกที่ผ่านการบดย่อยขนาด 25, 10 และ 4 มม. ตามลำดับ

รูปที่ 5 เครื่องบดพลาสติกพร้อมตะแกรงคัดขนาด

รูปที่ 6 แบบหล่อตัวอย่างคอนกรีตขนาด 10 x 10 x 10 ลบ.ซม.

รูปที่ 7 แบบหล่อกระถางต้นไม้ขนาดต่าง ๆ (แบบหล่อซิลิโคน)

2.2 วิธีการดำเนินงาน

2.2.1 การกำหนดส่วนผสม

ทำการกำหนดส่วนผสมโดยน้ำหนัก โดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 จำนวน 0.5 ส่วน ผสมกับปูนยิปซัมปลาสเตอร์ จำนวน 0.5 ส่วน ใช้เศษขยะพลาสติก 3 ชนิด คือ HDPE, ABS และ POM (บดย่อยรวมกันในอัตราส่วนที่เท่ากันให้มีขนาดผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิดเท่ากับ 25, 10 และ 4 มม. ตามลำดับ) ปริมาณ 0, 0.05, 0.1, 0.15 และ 0.2 โดยน้ำหนัก ใช้อัตราส่วนวัสดุประสานต่อน้ำเท่ากับ 1 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมโดยน้ำหนักของก้อนตัวอย่างทดสอบ

สัญลักษณ์	ปูนซีเมนต์	ปลาสเตอร์	เศษพลาสติก	น้ำ	ขนาดตะแกรง
P0	0.5	0.5	0	1	
25P0.05	0.5	0.5	0.05	1	25 มม.
25P0.1	0.5	0.5	0.1	1	
25P0.15	0.5	0.5	0.15	1	
25P0.2	0.5	0.5	0.2	1	
10P0.05	0.5	0.5	0.05	1	10 มม.
10P0.1	0.5	0.5	0.1	1	
10P0.15	0.5	0.5	0.15	1	
10P0.2	0.5	0.5	0.2	1	
4P0.05	0.5	0.5	0.05	1	4 มม.
4P0.1	0.5	0.5	0.1	1	
4P0.15	0.5	0.5	0.15	1	
4P0.2	0.5	0.5	0.2	1	

2.2.2 การขึ้นรูปตัวอย่างและการทดสอบ

ทำการผสมและขึ้นรูปก้อนตัวอย่างคอนกรีตตามอัตราส่วนในตารางที่ 1 โดยทำการทดสอบคุณสมบัติอย่างละ 5 ก้อน ทำการเลือก 3 ก้อน มาหาค่าเฉลี่ย โดยรายละเอียดในการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1) นำเศษพลาสติกของโรงงานทั้ง 3 ชนิด มาทำความสะอาด และชั่งน้ำหนักอย่างละเท่ากันบดย่อยลดขนาดด้วยเครื่องบดพลาสติกรวมกัน (รูปที่ 3) ให้มีขนาดผ่านตะแกรงเท่ากับ 25, 10 และ 4 มม. (รูปที่ 4)

2) ชั่งน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ตามอัตราส่วนที่แสดงไว้ในตารางที่ 1

3) ผสมปูนซีเมนต์กับปูนยิปซัมปลาสเตอร์และน้ำให้เข้ากัน และเติมเศษขยะพลาสติกบดย่อยผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้เครื่องผสมคอนกรีตขนาดเล็ก

4) นำส่วนผสมทั้งหมดที่ผสมเข้ากันดีแล้ว ไปเทใส่ในแบบหล่อตัวอย่างคอนกรีตขนาด 10 x 10 x 10 ลบ.ซม. ให้เต็มแบบและทำการสั่นเขย่าไล่ฟองอากาศ ทิ้งไว้ 4 ชั่วโมง แล้วทำการแกะแบบนำก้อนตัวอย่างออกไปบ่มในอากาศปกติ (รูปที่ 8)

5) นำคอนกรีตบล็อกไปทำการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ประกอบด้วย ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ และความต้านทานแรงอัด ตามมาตรฐาน BS 1881 : Part 108 [18] (รูปที่ 9)

6) เลือกอัตราส่วนที่ดีที่สุดมาทำการขึ้นรูปเป็นกระถางต้นไม้

รูปที่ 8 หล่อตัวอย่างคอนกรีตทิ้งไว้ 4 ชั่วโมง แล้วบ่มในสภาพอากาศปกติ

รูปที่ 9 ทดสอบความต้านทานแรงอัดของก้อนตัวอย่างคอนกรีต

3. ผลการดำเนินงาน

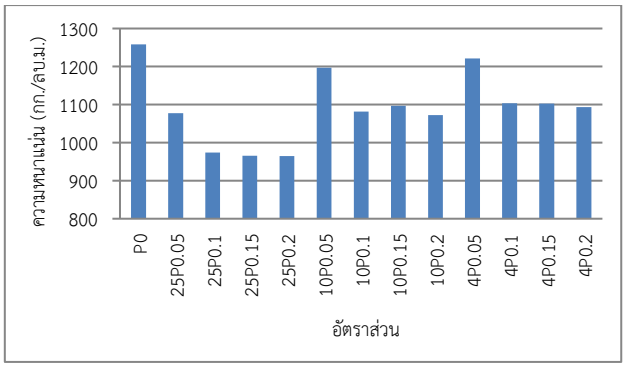
เมื่อนำก้อนตัวอย่างคอนกรีตไปทำการทดสอบสมบัติด้านต่าง ๆ ประกอบด้วยความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ และความต้านทานแรงอัด ได้ผลการทดสอบที่สามารถนำมาวิเคราะห์และเลือกอัตราส่วนที่ดีที่สุดในการนำไปขึ้นรูปเป็นตัวอย่างผลิตภัณฑ์กระถางปลูกต้นไม้ได้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และการดูดซึมน้ำ

เมื่อทำการบ่มก้อนตัวอย่างคอนกรีตตามกำหนดระยะเวลา 28 วัน จึงนำมาทำการทดสอบความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และการดูดซึมน้ำ ได้ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 2 และรูปที่ 10-11

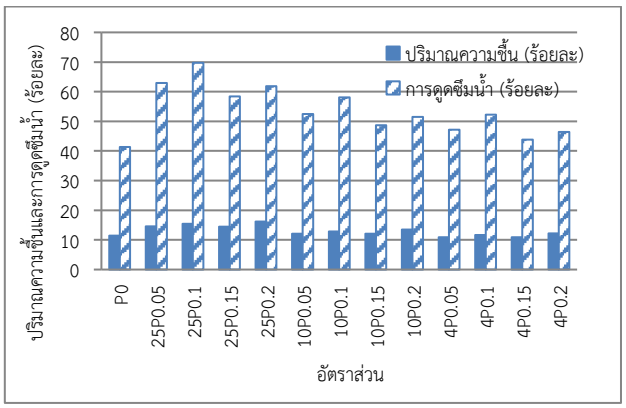
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และการดูดซึมน้ำ

สัญลักษณ์	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)
P0	1258.88	11.45	41.31
25P0.05	1077.39	14.55	62.89
25P0.1	973.82	15.46	69.68
25P0.15	965.36	14.44	58.45
25P0.2	964.87	16.24	61.83
10P0.05	1197.23	12.13	52.41
10P0.1	1082.11	12.89	58.07
10P0.15	1097.84	12.04	48.71
10P0.2	1072.21	13.54	51.53
4P0.05	1220.94	10.92	47.16
4P0.1	1103.64	11.61	52.26
4P0.15	1102.48	10.86	43.83
4P0.2	1093.44	12.18	46.37



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นและอัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุ 28 วัน

จากตารางที่ 2 และรูปที่ 10 พบว่าเมื่อผสมขยะพลาสติกในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างคอนกรีตมีแนวโน้มลดลงในทุกอัตราส่วนของขนาดชิ้นเศษพลาสติกที่ทำการผสม เนื่องจากขยะพลาสติกทุกชนิดที่นำมาผสมมีความถ่วงจำเพาะที่ต่ำ [19] น้อยกว่าปูนซีเมนต์และปูนปลาสเตอร์ และมวลรวมปกติ (ทรายและหิน) [20] ส่วนขนาดของชิ้นพลาสติกที่ทำการผสมนั้น พบว่าการผสมเศษพลาสติกที่มีขนาดชิ้นใหญ่กว่าจะส่งผลให้ก้อนตัวอย่างคอนกรีตมีความหนาแน่นต่ำกว่าการผสมเศษพลาสติกที่มีขนาดชิ้นเล็ก เนื่องจากเศษพลาสติกชิ้นใหญ่เป็นลักษณะของมวลรวมหยาบที่มีขนาดคละที่ไม่ดี เมื่อผสมลงไปในคอนกรีตทำให้เนื้อคอนกรีตไม่แน่นมีช่องว่างมาก ความหนาแน่นจึงลดลง ในขณะที่เศษพลาสติกชิ้นเล็กเป็นลักษณะของมวลรวมละเอียดที่ค่อนข้างหยาบคล้าย ๆ กับลักษณะของหินฝุ่นที่เหมาะสมกับการใช้ทำกระถางต้นไม้ ซึ่งมีขนาดคละที่ดีกว่า เกิดช่องว่างในเนื้อคอนกรีตน้อยกว่า จึงทำให้ความหนาแน่นมากกว่า ซึ่งเมื่อนำค่าความหนาแน่นของทุกอัตราส่วนที่กำหนดไปทำการเปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุม (P0) ที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 1258.88 กก./ลบ.ม. นั้นเห็นได้ว่าในทุกอัตราส่วนที่ผสมเศษขยะพลาสติกจะมีความหนาแน่นต่ำกว่าทั้งหมด โดยเรียงลำดับจากความหนาแน่นมากไปน้อย คือ ก้อนตัวอย่างคอนกรีตที่ผสมเศษพลาสติกขนาด 4 มม. รองลงไปเป็นก้อนตัวอย่างคอนกรีตที่ผสมเศษพลาสติกขนาด 10 มม. และก้อนตัวอย่างคอนกรีตที่ผสมเศษพลาสติกขนาด 25 มม. มีค่าความหนาแน่นน้อยที่สุดตามลำดับ ทั้งนี้ค่าความหนาแน่นที่น้อยลงจนใกล้เคียงกับคอนกรีตมวลเบานี้ [20] มีผลดีต่อการนำไปใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์กระถางต้นไม้ที่ต้องการน้ำหนักน้อยและช่วยลดต้นทุนในการขนส่ง

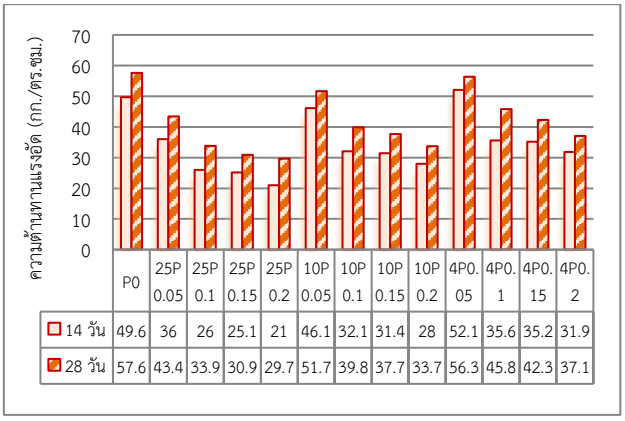


รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและการดูดซึมน้ำที่อัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุ 28 วัน

ตารางที่ 2 และรูปที่ 11 พบว่าปริมาณความชื้นจะน้อยกว่าการดูดซึมน้ำเป็นจำนวนมาก ซึ่งก็เป็นปกติของสารเชื่อมประสารประเภทยิปซัมปลาสเตอร์ที่จะแห้งเวลาอยู่ในสภาพอากาศปกติแต่จะดูดซึมน้ำสูงเมื่อแช่ในน้ำ โดยที่ค่าปริมาณความชื้นและการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อผสมเศษพลาสติกชิ้นขนาดใหญ่มากกว่าชิ้นพลาสติกขนาดเล็กในส่วนผสมคอนกรีต แต่มีความไม่แน่นอนเมื่อผสมในปริมาณที่ต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากการที่ตัวของพลาสติกเองไม่มีการดูดซึมน้ำ แต่การผสมลงไปในปริมาณมากทำให้ช่องว่างในเนื้อคอนกรีตมากขึ้นก็มีโอกาสทำให้ดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการที่ผสมเศษพลาสติกในปริมาณที่มากก็อาจทำให้การดูดซึมน้ำลดลงเนื่องจากเศษพลาสติกไปลดปริมาณของยิปซัมปลาสเตอร์ลง จึงทำให้ค่าการดูดซึมน้ำไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน มีความไม่แน่นอนดังที่กล่าวมาแล้ว ทั้งนี้ค่าปริมาณความชื้นและการดูดซึมน้ำที่มากขึ้นกว่าคอนกรีตปกติทั่วไปนี้มีผลดีต่อการนำไปใช้ในการผลิตภัณฑ์กระถางต้นไม้เป็นอย่างมาก เนื่องจากรากของต้นไม้ต้องการภาชนะปลูกที่มีรูพรุน สามารถดูดความชื้นสูงและระบายน้ำได้ดี ทำให้ต้นไม้เจริญเติบโตได้ดีกว่าภาชนะปลูกที่ดูดซึมน้ำได้ต่ำ [21] โดยในการทดลองครั้งนี้เลือกใช้อัตราส่วน 10P0.15 มีความหนาแน่น 1097.84 กก./ลบ.ม. ปริมาณความชื้นร้อยละ 12.04 และการดูดซึมน้ำร้อยละ 48.71 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมกับการเป็นภาชนะปลูกต้นไม้ ทั้งนี้ต้องนำไปพิจารณาร่วมกับค่าความต้านทานแรงอัดต่อไป

3.2 ความต้านทานแรงอัด

การทดสอบความต้านทานแรงอัดของก้อนตัวอย่างคอนกรีตทำการทดสอบที่อายุการบ่ม 14 และ 28 วัน วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน BS 1881 : Part ได้ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 12



	P0	25P 0.05	25P 0.1	25P 0.15	25P 0.2	10P 0.05	10P 0.1	10P 0.15	10P 0.2	4P0. 05	4P0. 1	4P0. 15	4P0. 2
14 วัน	49.6	36	26	25.1	21	46.1	32.1	31.4	28	52.1	35.6	35.2	31.9
28 วัน	57.6	43.4	33.9	30.9	29.7	51.7	39.8	37.7	33.7	56.3	45.8	42.3	37.1

รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดและอัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุ 14 และ 28 วัน

รูปที่ 12 พบว่า ความต้านทานแรงอัดของก้อนตัวอย่างคอนกรีตมีความต้านทานแรงอัดเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการบ่มมากขึ้น ซึ่งก็เป็นไปตามทฤษฎีการพัฒนากำลังของคอนกรีตที่มากขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่ง 28 วัน [20] โดยปูนยิปซัมปลาสเตอร์ช่วยให้ก้อนตัวอย่างคอนกรีตแข็งตัวเร็วขึ้นจนสามารถถอดแบบออกได้ภายในเวลา 4 ชม. ซึ่งเป็นผลดีต่อการผลิตกระถางคอนกรีตในเชิงพาณิชย์เนื่องจากประหยัดระยะเวลาและมีน้ำหนักที่เบาลงกว่ากระถางคอนกรีตปกติถึงเท่าตัว แต่ก็ต้องใช้ปูนซีเมนต์มาผสมร้อยละ 50 เพื่อช่วยในด้านการรับกำลัง [22] ให้สามารถรับน้ำหนักในการขนส่งและรับน้ำหนักของต้นไม้ได้ โดยการที่ผสมเศษพลาสติกในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้ความต้านทานแรงอัดมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ เนื่องจากเศษพลาสติกมีความแข็งแรงน้อยกว่ามวลรวมและสารเชื่อมประสานปูนซีเมนต์และยิปซัมปลาสเตอร์ที่แข็งตัวแล้ว อีกทั้งเศษพลาสติกที่ทำการบดย่อยมีความยืดหยุ่นตัวสูงทำให้ต้านทานแรงกระทำได้น้อย และเศษพลาสติกมีผิวมันจึงเกาะตัวกับซีเมนต์เพสต์ได้ไม่ดีนัก ส่วนผลกระทบของขนาดเศษพลาสติกที่ทำการผสมในคอนกรีตพบว่าขนาดเศษพลาสติกที่ใหญ่กว่าจะรับกำลังได้ต่ำกว่าเศษพลาสติกที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากการเป็นมวลรวมคละที่ดีกว่าของเศษพลาสติกขนาดเล็ก ซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นที่เมื่อวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำจะรับกำลังได้น้อยลง และเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับการนำพลาสติกเป็นส่วนผสมในคอนกรีตหรือผลิตภัณฑ์คอนกรีตที่มีเศษพลาสติกเป็นส่วนผสม [1-5]

3.3 การขึ้นรูปกระถางต้นไม้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบสมบัติของตัวอย่างคอนกรีตประกอบด้วย ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ และความต้านทานแรงอัด สามารถเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการขึ้นรูปเป็นกระถางต้นไม้ คือ อัตราส่วน 10P0.15 และ 10P0.20 โดยที่อัตราส่วน 10P0.15 มีส่วนผสมโดยน้ำหนัก คือ ปูนซีเมนต์ 0.5 ส่วน ปูนยิปซัมปลาสเตอร์ 0.5 ส่วน น้ำ 1 ส่วน ผสมกับเศษพลาสติกบดย่อยผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 10 มม. ในปริมาณ 0.15 ส่วน ที่อายุ 28 วัน มีค่าความหนาแน่น 1097.84 กก./ลบ.ม. ปริมาณความชื้นร้อยละ12.04 การดูดซึมน้ำร้อยละ 48.71 และความต้านทานแรงอัด 37.74 กก./ตร.ซม. และอัตราส่วน 10P0.20 มีส่วนผสมโดยน้ำหนัก คือ ปูนซีเมนต์ 0.5 ส่วน ปูนยิปซัมปลาสเตอร์ 0.5 ส่วน น้ำ 1 ส่วน ผสมกับเศษพลาสติกบดย่อยผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 10 มม. ในปริมาณ 0.20 ส่วน ที่อายุ 28 วัน มีค่าความหนาแน่น 1072.21 กก./ลบ.ม. ปริมาณความชื้นร้อยละ13.54 การดูดซึมน้ำร้อยละ 51.53 และความต้านทานแรงอัด 33.72 กก./ตร.ซม. ซึ่งทางผู้ใช้สามารถเลือกอัตราส่วนตามความต้องการใช้งาน หากต้องการกระถางต้นไม้ที่มีน้ำหนักเบา มีความชื้นและดูดซึมน้ำได้สูง ใช้อัตราส่วน 10P0.20 หากต้องการกระถางต้นไม้ที่รับกำลังได้สูง ใช้อัตราส่วน 10P0.15 เป็นต้น ทั้งนี้ทั้งสองอัตราส่วนสามารถขึ้นรูปด้วยวิธีการเทหล่อลงในแบบกระถางทั้งแบบหล่อกระถางขนาดเล็กที่ทำจากซิลิโคน และแบบหล่อกระถางขนาดใหญ่ที่ทำจากเหล็ก ผลการดำเนินงานแสดงดังรูปที่ 13-14

รูปที่ 13 ตัวอย่างกระถางคอนกรีตจากงานวิจัยที่เทลงหล่อในแบบซิลิโคน

รูปที่ 14 ตัวอย่างกระถางคอนกรีตจากงานวิจัยที่เทลงหล่อในแบบเหล็ก

รูปที่ 13-14 พบว่าอัตราส่วนทั้งสองสูตรที่เลือก สามารถขึ้นรูปกระถางต้นไม้ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ด้วยวิธีการผสมแล้วเทหล่อลงในแบบได้ทั้งแบบซิลิโคนและแบบเหล็ก โดยที่ผิวหน้าของกระถางเรียบเนียน มีเหลี่ยมคม สวยงาม ไม่มีฟองอากาศที่ผิวหน้าหรือมีน้อยมาก ไม่มีรอยแตกร้าว สามารถทาสีหรือผสมสีฝุ่นลงไปในเนื้อกระถางคอนกรีตได้เหมือนการผสมสีในคอนกรีตปกติทั่วไป กระถางคอนกรีตจากงานวิจัยมีน้ำหนักเบากว่ากระถางคอนกรีตปกติเกินกว่า 1 เท่าตัว (กระถางคอนกรีตปกติมีความหนาแน่นประมาณ 2300 กก./ลบ.ม.) สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ไม่แตกหักเสียหาย ประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เนื่องจากสามารถขนกระถางต้นไม้คอนกรีตได้มากกว่าเดิมถึงเท่าตัว

4. สรุปผล

การใช้ขยะพลาสติกจากโรงงานอุปกรณ์ประกอบผ้าม่านเป็นส่วนผสมในคอนกรีตสำหรับทำกระถางต้นไม้ เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเศษขยะพลาสติกของโรงงาน ช่วยลดปริมาณขยะพลาสติกที่ต้องนำไปกำจัดทิ้ง และลดการก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำมาทำการผลิตเป็นกระถางต้นไม้คอนกรีตในเชิงพาณิชย์ คือ ใช้อัตราส่วน 10P0.20 เมื่อต้องการกระถางต้นไม้ที่มีน้ำหนักเบา มีความชื้นและดูดซึมน้ำได้ดี และเลือกใช้อัตราส่วน 10P0.15 เมื่อต้องการกระถางต้นไม้ที่รับกำลังได้สูง งานวิจัยนี้ผู้ประกอบการสามารถนำไปผลิตเป็นสินค้าใหม่ของโรงงานเพื่อสร้างรายได้ หรือสามารถส่งเสริมให้เป็นงาน CSR ของบริษัทฯ เพื่อนำไปสู่การทำ Zero waste ของโรงงานตามแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียนได้

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2564 จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) โครงการ “การบูรณาการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม และสร้างแนวทางปฏิบัติที่ดี ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับของเสียจากอุตสาหกรรมพลาสติกแปรรูปในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่” และขอขอบคุณ บริษัท อี.พี.เดคคอร์ (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดเชียงใหม่ ที่สนับสนุนวัสดุหลักในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Khamput, P., Tantavoranart, S. and Suweero, K. (2014). Improving the Thermal Insulation Properties of the Concrete Block with EVA Plastic Scrap. *Advanced Materials Research*. Vol. 931-932, pp. 451-456.

[2] ประชุม คำพุฒ (2559). การพัฒนาผลิตภัณฑ์บล็อกประสานมวลเบาจากเศษพลาสติกอีวีเอเหลือทิ้ง. *วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย,* ปีที่ 30. ฉบับที่ 3, หน้า 57-64.

[3] จรัล รัตนโชตินันท์ (2020). การศึกษาประสิทธิภาพของคอนกรีตที่ผสมขวดน้ำพลาสติกใช้แล้ว**.** *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชียฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี***,** ปีที่ 14 ฉบับที่ 3**, หน้า** 115-126**.**

[4] ธิติ กางโหลน, ภีม เหนือคลอง, พิชชา จองวิวัฒสกุล, สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง , พรเพ็ญ ลิมปนิลชาติ และ ทศพร ประเสริฐศรี(2564). สมบัติของปอร์ตแลนด์ซีเมนต์และจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตที่ใช้มวลรวมหยาบจากขยะพลาสติกชนิดโพลีโพรไพลีน, *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 26*, 23-25 มิถุนายน 2564, MAT-16-1- MAT-16-7.

[5] เฉลิมชัย ไชยธงรัตน์ และ สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์ (2558). การรีไซเคิลเศษเมลามีนโดยใช้เป็นวัสดุมวลรวมในคอนกรีตมวลเบา. *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29*, นครราชสีมา, 30 มิถุนายน-2 กรกฎาคม 2558, หน้า 323-330.

[6] สรวิศ เอี่ยมอิ่มภัค, ภีม เหนือคลอง, พิชชา จองวิวัฒสกุล, สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง, พรเพ็ญ ลิมปนิลชาติ และ ทศพร ประเสริฐศรี (2564). การศึกษาสมบัติของมอร์ต้าร์ที่ผสมด้วยขยะหลอดพลาสติก , *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 26,* 23-25 มิถุนายน 2564, หน้า MAT-18-1- MAT-18-6.

[7] นวรัตน นิธิสุวรรณรักษา (2559). ผลของอัตราส่วนพลาสติกพอลิโพรไพลีนในอิฐมวลเบาต่อค่าความแข็งแรงอัดและสภาพนำความร้อน *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต,* ปที่ 6 ฉบับที่ 1, หน้า 174-187.

[8] ภัทรภณ บูรณากาญจน์ (2563). สมบัติของคอนกรีตบล็อกที่มีการใช้ขวดพลาสติก Polyethylene Terephthalate (PET) เป็นส่วนประกอบ, *Thai Journal of Science and Technology,* ปีที่ 9. ฉบับที่ 1, หน้า 180-196.

[9] กิตติพงษ์ สุวิโร และ ประชุม คำพุฒ (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเศษขวดพลาสติกสีประเภทพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตที่เหลือทิ้งจากการบริโภค. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ราชมงคลธัญบุรี,* ปีที่ 18 ฉบับที่ 1, หน้า 81-89.

[10] ขวัญชัย พิมเพราะ, อภิสิทธิ์ เกษมจิต, อนุวัช แสงจันทร์, อาทร ชูพลสัตย์ และ ณรงค์ กุหลาบ (2563). ผลิตภัณฑ์บล็อกประสานจากฝุ่นหินแกรนิตผสมป้ายไวนิลเหลือทิ้ง. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25*, ชลบุรี, 15-17 กรกฎาคม 2563, หน้า MAT07-1-MAT07-6.

[11] ประชุม คำพุฒ (2563). การเพิ่มมูลค่าขยะพลาสติกประเภทใช้ครั้งเดียวโดยการแปรรูปเป็นคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น. *การประชุมวิชาการเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมประจำปี ครั้งที่ 32 (สวสท.'63),* กรุงเทพฯ, 17 ธันวาคม 2563, หน้า 51-60.

[12] ประชุม คำพุฒ และ เกียรติสุดา สมนา (2565). การใช้ขยะพลาสติกจากทะเลเป็นส่วนผสมในคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น. *การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 17*, นครราชสีมา, 30-31 มีนาคม-1 เมษายน 2565, หน้า 139-144.

[13] ประชุม คำพุฒ (2565). การใช้ขยะพลาสติกจากทะเลเป็นส่วนผสมในคอนกรีตผสมเสร็จ. *การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 21*, กรุงเทพฯ, 12-13 พฤษภาคม 2565, หน้า 262-266.

[14] Lakas, W., Setthapun, W. and Lucksiri, K. (2017). Process of Asphaltic Concrete Pavement Construction to Reduce Plastic Waste Problems in the Community. *Academic Journal Uttaradit University,* Vol. 12 No. 1. pp. 41-53.

[15] สุทธิชัย เจริญกิจ, กิตติศักดิ์ สิริพลวัฒน์, ปิยะชาย ชาญสุข และ สราวุธ จริตงาม (2564). การศึกษาการใช้พลาสติกพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลตและพลาสติกโพลิโพรพิลีนเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางวิศวกรรมของแอสฟัลต์คอนกรีต. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 26*, 23-25 มิถุนายน 2564, หน้า TRL-29-1-TRL-29-6.

[16] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2555). *มอก.15 เล่ม 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ.* กระทรวงอุตสาหกรรม. 24 หน้า

[17] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2553). *มอก.2488 ปูนปลาสเตอร์สำหรับทำแบบในอุตสาหกรรมเซรามิก*. กระทรวงอุตสาหกรรม. 15 หน้า.

[18] British Standards (1983). BS 1881 : Part 108: 1983 UDC 666.972.017 : 691.32 : 620.1 Testing concrete Part 108. *Method for making test cubes from fresh concrete.* British Standards Institution.

[19] Raongjant, W., Jing, M. and Khamput, P. (2016). Lightweight concrete blocks by using waste plastic. *International Journal of Control Theory and Applications*, Vol. 9. No.43, pp. 449-454.

[20] ปริญญา จินดาประเสริฐ และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล (2555). *ปูนซีเมนต์ปอซโซลาน และคอนกรีต*. พิมพ์ครั้งที่ 7, สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย, 381 หน้า.

[21] ประชุม คำพุฒ (2563). การพัฒนาภาชนะปลูกกล้วยไม้จากเศษเซรามิคเหลือทิ้ง. *การประชุมวิชาการเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมประจำปีครั้งที่ 32 (สวสท.'63),* กรุงเทพฯ, 17 ธันวาคม 2563, หน้า 43-50.

[22] ประชุม คำพุฒ (2565). เฮมพ์กรีตโดยใช้ปูนซีเมนต์ร่วมกับปูนยิปซัมปลาสเตอร์เป็นตัวเชื่อมประสาน. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี*, ปีที่ 20. ฉบับที่ 1, หน้า 117-125.