

## สมบัติเชิงกลของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของทรายแกรนิตและมวลรวมพลาสติกรีไซเคิล

### Mechanical Properties of Concrete Containing Granite Sand and Recycled Plastic Aggregates

ทรงกลด วงศ์เจริญ<sup>1,\*</sup> กานต์ธิปิก ฮามคำไพ<sup>2</sup> พิษชา จงจวิวัฒน์สกุล<sup>3</sup> เสวกชัย ตั้งอร่ามวงศ์<sup>4</sup> และ สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง<sup>5</sup>

<sup>1,2,3</sup> ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางนวัตกรรมวัสดุก่อสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพมหานคร

<sup>4</sup> ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางกลศาสตร์ประยุกต์และโครงสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพมหานคร

<sup>5</sup> ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางวิศวกรรมธรณีเทคนิคและธรณีสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพมหานคร

\*Corresponding author; E-mail address: Tronggod@gmail.com

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกลของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของทรายแกรนิตและมวลรวมพลาสติกรีไซเคิลชนิดพอลิเอทิลีน เทเรฟทาเลต โดยทรายธรรมชาติถูกแทนที่ด้วยทรายแกรนิตและมวลรวมหยาบถูกแทนที่บางส่วนด้วยมวลรวมพลาสติกในปริมาณร้อยละ 10 30 และ 50 โดยปริมาตรของมวลรวมหยาบ การทดสอบประกอบไปด้วย ค่าการยุบตัว เวลาการก่อตัว กำลังรับแรงอัด และปริมาณโพรงและการดูดซึมน้ำ จากผลการทดสอบพบว่าคอนกรีตที่ใช้ทรายแกรนิตแทนที่ทรายธรรมชาติมีค่าการยุบตัวลดลงแต่มีกำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกับคอนกรีตจากทรายธรรมชาติล้วน และเมื่อใช้มวลรวมพลาสติกแทนที่มวลรวมหยาบตามธรรมชาติพบว่าค่าการยุบตัวลดลงตามปริมาณพลาสติกที่เพิ่มขึ้น ค่ากำลังอัดของคอนกรีตที่มีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยมวลรวมพลาสติกไม่เกินร้อยละ 30 มีค่าใกล้เคียงคอนกรีตไม่มีการแทนที่พลาสติก อย่างไรก็ตามค่ากำลังรับแรงอัดลดลง 28% เมื่อใช้มวลรวมพลาสติกร้อยละ 50 ในขณะที่ระยะเวลาการก่อตัวไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: คอนกรีต, พลาสติกรีไซเคิล, ทรายแกรนิต, มวลรวม, สมบัติเชิงกล

#### Abstract

This study aims to investigate the mechanical properties of concrete containing granite sand and recycled plastic aggregate (polyethylene terephthalate). The natural sand was replaced with granite sand, and coarse aggregate was partially substituted with plastic aggregate in volumes of 10%, 30%, and 50%. The experimental program consisted of slump, setting time, compressive strength, porosity, and absorption. The results showed that concrete containing granite sand had lower slump but had compressive strength similar to that of concrete produced from natural sand. The slump decreased

with an increasing amount of plastic aggregate. The compressive strength of concrete with no more than 30% of plastic aggregate was similar to that of concrete without plastic aggregate. However, the compressive strength was reduced by 28% when using 50% of plastic aggregate, while setting time of concrete was not significantly different.

Keywords: Concrete, Recycled plastic, Granite sand, Aggregate, Mechanical property

#### 1. คำนำ

จากการคาดการณ์ขององค์การสหประชาชาติ (UN) ประชากรโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากจำนวน 7.7 พันล้านคนในปี ค.ศ.2019 เป็น 9.7 พันล้านคนในปี ค.ศ.2050 โดยเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 26 [1] ผลที่ตามมาคือการขยายตัวทางเศรษฐกิจโดยเฉพาะหนึ่งในปัจจุบัน 4 ของมนุษย์นั้นคือที่อยู่อาศัย กล่าวได้ว่าอุตสาหกรรมก่อสร้างอาจมีแนวโน้มความต้องการที่สูงขึ้น ซึ่งทำให้ความต้องการใช้งานของวัสดุก่อสร้าง ได้แก่ ปูนซีเมนต์และวัสดุมวลรวมสูงชัน ซึ่งในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์และการระเบิดภูเขาเพื่อขุดหินปูนก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก (Greenhouse Effect) [2] ดังนั้นการใช้วัสดุอื่นที่สามารถนำมาแทนที่ปูนซีเมนต์และหินปูนได้บางส่วนสามารถช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลงได้

จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นยังส่งผลกระทบต่อเพิ่มขึ้นของขยะพลาสติกด้วยเช่นกัน การจัดการขยะพลาสติกในอดีตมีอยู่ 2 วิธี ได้แก่ การฝังกลบและการเผา การฝังกลบเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด อย่างไรก็ตามขยะพลาสติกบางประเภทมีการปล่อยสารพิษซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังใช้เวลานานในการย่อยสลาย ส่วนการเผาแม้ว่าจะกำจัดขยะได้ในปริมาณมาก แต่ผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสารเคมีอื่น ๆ ที่เป็นพิษด้วยเช่นกัน [3-4] ดังนั้นการรีไซเคิลหรือการนำมาใช้ซ้ำจึงเป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดในการลดผลกระทบของขยะพลาสติกต่อสิ่งแวดล้อม

นอกจากนี้พบว่าโรงโม่หินแกรนิตมีปริมาณกากวัสดุหินเหลือทิ้งจำนวนมากซึ่งต้องกำจัดโดยการฝังกลบ ดังนั้นหากสามารถนำเศษหินแกรนิตดังกล่าวมาใช้แทนมวลรวมละเอียดในคอนกรีตได้จะเป็นการกำจัดวัสดุหินเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมโม่หินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายและลดมลภาวะที่เกิดขึ้นได้

เมื่อนำปัญหาที่กล่าวไปข้างต้นมาผนวกกัน ทำให้ผู้วิจัยสนใจในการนำมวลรวมพลาสติกกรีซเคลมาแทนที่หินปูนบางส่วน และใช้เศษหินแกรนิตเหลือทิ้งมาแทนที่ทรายธรรมชาติในการผลิตคอนกรีต โดยมีจุดมุ่งหมายในการเพิ่มปริมาณการกำจัดขยะพลาสติกโดยการใช้ซ้ำ ซึ่งสอดคล้องกับแผนปฏิบัติการด้านการจัดการขยะของประเทศ ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2565 – 2570) ที่มีเป้าหมายในการนำพลาสติกกลับมาใช้ประโยชน์ร้อยละ 100 [5]

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกลของคอนกรีตที่ผลิตจากมวลรวมพลาสติกกรีซเคลและทรายแกรนิต โดยใช้มวลรวมพลาสติกกรีซเคลแทนที่มวลรวมหยาบตามธรรมชาติในปริมาณร้อยละ 10 30 และ 50 โดยปริมาตร และใช้ทรายแกรนิตแทนที่ทรายธรรมชาติทั้งหมด การทดสอบประกอบไปด้วย การทดสอบค่าการยุบตัว ระยะเวลาการก่อตัว กำลังอัด และโพรงและการดูดซึมน้ำ โดยผลการทดสอบจะถูกเปรียบเทียบกับคอนกรีตปกติที่ใช้มวลรวมธรรมชาติล้วน

## 2. วัสดุและวิธีการดำเนินงานวิจัย

### 2.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ปูนซีเมนต์ประเภทไฮดรอลิกชนิดใช้งานทั่วไป ที่เป็นปูนสำหรับงานโครงสร้าง ตามมาตรฐาน ASTM C595 [6] ซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีของปูนซีเมนต์ไฮดรอลิกที่ใช้ในงานวิจัย

คุณสมบัติทางเคมี	ปริมาณทางเคมี (%)
SiO <sub>2</sub>	17.10
CaO	65.90
K <sub>2</sub> O	0.35
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.57
Cl	0.08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.25
MgO	1.19
SO <sub>3</sub>	2.36
TiO <sub>2</sub>	0.21
Na <sub>2</sub> O	0.34
LOI	3.0

มวลรวมละเอียดที่ใช้คือ ทรายธรรมชาติและทรายแกรนิตแสดงในรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยตารางที่ 2 แสดงสมบัติของมวลรวมละเอียด และรูปที่ 3 แสดงขนาดการกระจายตัวของทรายธรรมชาติและทรายแกรนิต จากผลการทดสอบการกระจายตัวของมวลรวมละเอียดตามมาตรฐาน

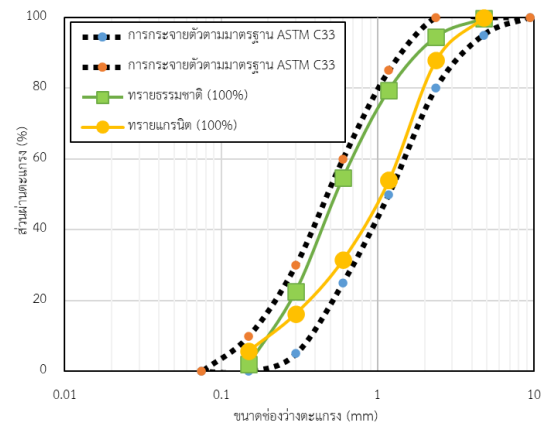
ASTM C33 [7] พบว่าอนุภาคของทรายธรรมชาติ (100%) และทรายแกรนิต (100%) มีการกระจายตัวอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐาน



รูปที่ 1 ทรายธรรมชาติ



รูปที่ 2 ทรายแกรนิต



รูปที่ 3 การกระจายตัวของทรายธรรมชาติและทรายแกรนิต

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ

มวลรวม	ความถ่วงจำเพาะ	หน่วยน้ำหนัก (kg/m <sup>3</sup> )	การดูดซึมน้ำ (%)	โมดูลัสความละเอียด (FM)
ทรายธรรมชาติ	2.54	1,664	0.72	2.47
ทรายแกรนิต	2.58	1,593	0.87	3.05
หินปูนย่อย	2.70	1,621	0.65	-

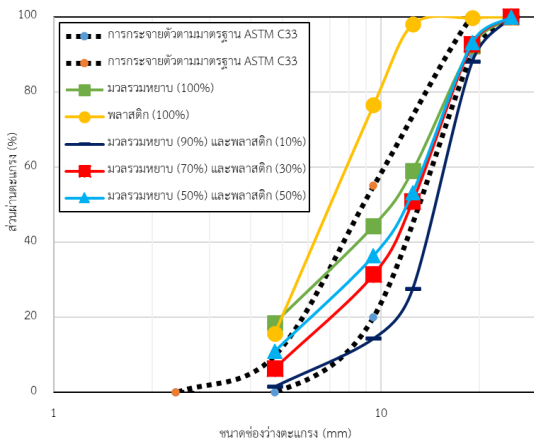
มวลรวมหยาบที่ใช้คือ มวลรวมหยาบจากหินปูนย่อยซึ่งมีสมบัติของวัสดุดังแสดงในตารางที่ 2 และมวลรวมพลาสติกกรีซเคลชนิด โพลีเอทิลีน เทเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate, PET) ที่มีความถ่วงจำเพาะ 0.9 ดังแสดงในรูปที่ 4 ขนาดการกระจายตัวของหินปูนและมวลรวม

พลาสติกที่นำกลับมาใช้ใหม่ถูกแสดงในรูปที่ 5 จากผลการทดสอบพบว่า มวลรวมหยาบหรือหินปูน (100%) มีขนาดอนุภาคกระจายตัวอยู่ในเกณฑ์ ตามมาตรฐานเป็นส่วนมาก ในขณะที่มวลรวมพลาสติก (100%) ไม่อยู่ใน เกณฑ์ โดยมีขนาดอนุภาคที่เล็กกว่า อย่างไรก็ตามเมื่อมวลรวมหยาบถูกแทนที่ ด้วยมวลรวมพลาสติกในปริมาณร้อยละ 30 และ 50 โดยปริมาตร พบว่า มวลรวมผสมมีขนาดคล้อยอยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐาน

นอกจากนี้ยังใช้น้ำสะอาดและสารผสมเพิ่ม ได้แก่ สารลดน้ำพิเศษ ชนิด High range water reducing superplasticizers เพื่อช่วยปรับปรุง ให้คอนกรีตมีความสามารถในการไหลให้ดีขึ้น



รูปที่ 4 มวลรวมพลาสติกรีไซเคิลชนิด PET



รูปที่ 5 การกระจายตัวของมวลรวมหยาบตามธรรมชาติและ มวลรวมพลาสติกรีไซเคิลชนิด PET

## 2.2 สัดส่วนผสมและวิธีการผลิตคอนกรีตที่มีส่วนผสมของทรายแกรนิตและ มวลรวมพลาสติกรีไซเคิล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของทราย แกรนิตและพลาสติกรีไซเคิลแทนที่มวลรวมธรรมชาติ โดยใช้ทรายแกรนิต แทนที่ทรายธรรมชาติทั้งหมด และใช้มวลรวมพลาสติกรีไซเคิลแทนที่หินปูน ในอัตราส่วนร้อยละ 0 10 30 และ 50 โดยปริมาตร ดังแสดงในตารางที่ 3 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์มีค่าเท่ากับ 0.5 ทุกส่วนผสม

## ตารางที่ 3 สัดส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้ในการทดสอบ

ส่วนผสม	ซีเมนต์ (kg/m <sup>3</sup> )	น้ำ (kg/m <sup>3</sup> )	มวลรวม (kg/m <sup>3</sup> )				สารผสมเพิ่ม (kg/m <sup>3</sup> )
			ทรายธรรมชาติ	ทรายแกรนิต	หินปูน	พลาสติกรีไซเคิล	
CON-CA	420	210	682.50	-	1025.02	-	-
CON-G	420	210	-	682.50	1025.02	-	-
C-10P	420	210	-	682.50	922.52	34.29	0.84
C-30P	420	210	-	682.50	717.51	102.88	0.84
C-50P	420	210	-	682.50	512.51	171.47	0.84

ทั้งนี้ก่อนการผสมคอนกรีตจะต้องเตรียมการให้ทรายและหินอยู่ใน สภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated Surface Dry; SSD) ทำการใส่ส่วนผสม ทั้งหมดตามสัดส่วน และใส่สารผสมเพิ่มกรณีสำหรับส่วนผสมพลาสติก ผสม ให้เข้ากัน จากนั้นนำคอนกรีตมาเข้าแบบหล่อที่เตรียมไว้สำหรับการทดสอบ ทำการบ่มคอนกรีตที่ 28 วันก่อนจะนำตัวอย่างไปทดสอบ

## 2.3 การทดสอบตัวอย่างคอนกรีต

สมบัติของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของทรายแกรนิตและมวลรวม พลาสติกรีไซเคิลที่ทดสอบในสภาวะคอนกรีตสดและคอนกรีตแข็งตัว ได้แก่ ค่าการยุบตัว เวลาการก่อตัว กำลังอัดคอนกรีต และโพรงและการดูดซึมน้ำ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 2.3.1 ค่าการยุบตัว

ทดสอบค่าการยุบตัวของคอนกรีตสดตามมาตรฐาน ASTM C143 [8]

### 2.3.2 ระยะเวลาการก่อตัว

ทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C403 [9] จากความต้านทานการกด (Penetration Resistance) ของมอร์ตาโดย การร่อนคอนกรีตสดผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 4 ลงในภาชนะทรง ลูกบาศก์ขนาด 150x150x150 มม.<sup>3</sup> เพื่อทดสอบ

### 2.3.3 กำลังอัด

ทดสอบความสามารถในการรับแรงอัดคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C39 [10] ทำการหล่อตัวอย่างทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. สูง 200 มม. ทำการบ่มน้ำและทดสอบกำลังอัดคอนกรีตที่ 28 วัน โดยทดสอบจำนวน 3 ตัวอย่างต่อสัดส่วนผสม

### 2.3.4 โพรงและการดูดซึมน้ำ

ทดสอบโพรงและการดูดซึมน้ำตามมาตรฐาน ASTM C642 [11] ทำ การหล่อตัวอย่างทรงลูกบาศก์ขนาด 100x100x100 มม.<sup>3</sup> และทำการชั่ง น้ำหนักในสภาวะต่างๆ

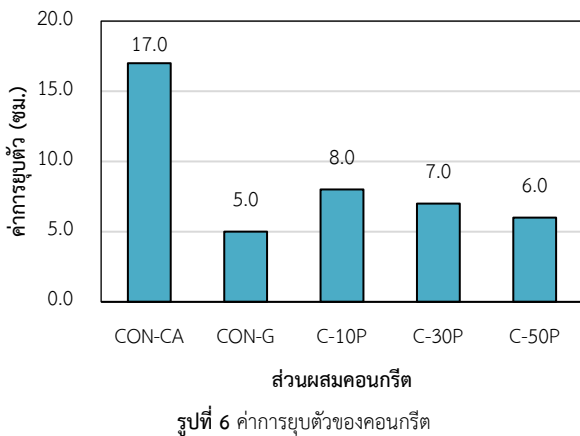
## 3. ผลการทดสอบและอภิปรายผล

### 3.1 ค่าการยุบตัว

ค่าการยุบตัวของคอนกรีตแสดงดังรูปที่ 6 จากผลการทดสอบพบว่า เมื่อทรายธรรมชาติ (CON-CA) ถูกแทนที่ด้วยทรายแกรนิต (CON-G) ค่า การยุบตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากทรายแกรนิตมีรูปร่างของ

อนุภาคเป็นเหลี่ยมมุม ความละเอียดหรือพื้นที่ผิว และการดูดซึมน้ำที่มากกว่าทรายธรรมชาติ [12]

เพื่อที่จะเพิ่มค่าการยุบตัว จึงทำการใส่สารผสมเพิ่มสำหรับส่วนผสมที่ใช้ทรายแกรนิตร่วมกับมวลรวมพลาสติกดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่าค่าการไหลแผ่ของคอนกรีตที่ใช้มวลรวมพลาสติกแทนที่มวลรวมทรายธรรมชาติร้อยละ 10 30 และ 50 โดยปริมาตร มีค่าเท่ากับ 8.0 7.0 และ 6.0 ซม. ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าการยุบตัวของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของทรายแกรนิตและพลาสติกไร้โซเคลมีค่าลดลงตามปริมาณสัดส่วนของพลาสติก ทั้งนี้เนื่องจากรูปร่างของพลาสติกที่มาจากการบดจะมีความขรุขระที่ผิวและมีความเป็นเหลี่ยมมุมมากกว่ามวลรวมทรายจากธรรมชาติ ดังนั้นหากการแทนที่ด้วยพลาสติกมีมากขึ้นส่งผลให้แรงเสียดทานระหว่างอนุภาคสูงขึ้น ค่าการยุบตัวจึงลดลงซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rahmani และคณะ [13]

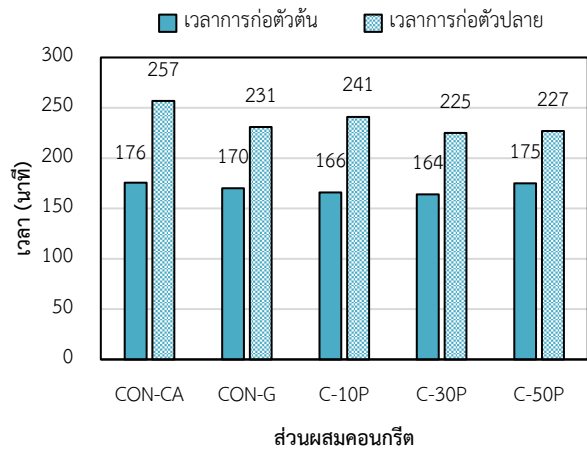


รูปที่ 6 ค่าการยุบตัวของคอนกรีต

### 3.2 ระยะเวลาการก่อตัว

ระยะเวลาในการก่อตัวต้นและระยะเวลาการก่อตัวปลายของคอนกรีตแสดงดังรูปที่ 7 จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อแทนที่ทรายธรรมชาติด้วยทรายแกรนิตทำให้ระยะเวลาในการก่อตัวต้นและระยะเวลาการก่อตัวปลายของคอนกรีตมีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tangaramvong และคณะ [14] ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากอนุภาคฝุ่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวทรายแกรนิต

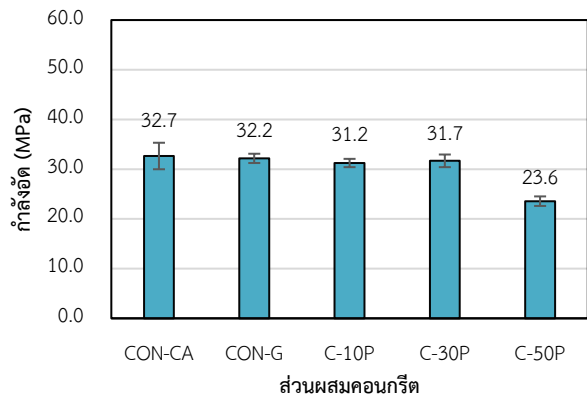
เมื่อแทนที่มวลรวมทรายด้วยมวลรวมพลาสติกร้อยละ 0 10 30 และ 50 พบว่าเวลาในการก่อตัวต้นเท่ากับ 170 166 164 และ 175 นาที และระยะเวลาการก่อตัวปลายเท่ากับ 231 241 225 และ 227 นาที ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของการแทนที่พลาสติกไม่ได้ส่งผลต่อระยะเวลาการก่อตัวต้นและการก่อตัวปลายอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับการก่อตัวต้นสัดส่วนผสมที่ไม่มีการแทนที่พลาสติกเทียบกับที่มีการแทนที่พลาสติกร้อยละ 30 มีระยะเวลาห่างกันสูงสุด 6 นาที และสำหรับการก่อตัวปลายสัดส่วนผสมที่ไม่มีการแทนที่พลาสติกเทียบกับที่มีการแทนที่พลาสติกร้อยละ 10 มีระยะเวลาห่างกันสูงสุด 10 นาที



รูปที่ 7 เวลาการก่อตัวของคอนกรีต

### 3.3 กำลังรับแรงอัด

กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุบ่ม 28 วันแสดงดังรูปที่ 8 จากรูปจะเห็นได้ว่าค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ใช้ทรายธรรมชาติล้วน (CON-CA) และคอนกรีตที่ใช้ทรายแกรนิตล้วน (CON-G) มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นทรายแกรนิตสามารถนำมาใช้แทนที่ทรายธรรมชาติได้โดยไม่ส่งผลต่อค่ากำลังอัดของคอนกรีต

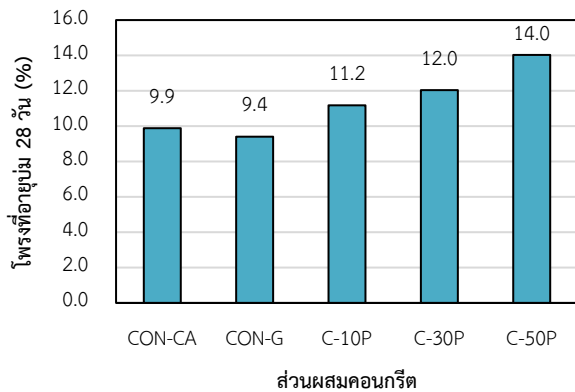


รูปที่ 8 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่อายุบ่ม 28 วัน

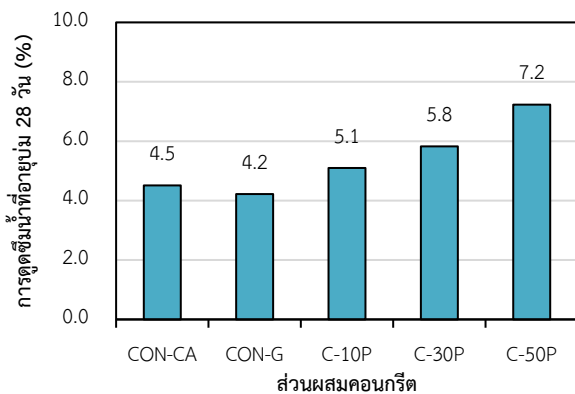
เมื่อมีการแทนที่มวลรวมทรายด้วยพลาสติกร้อยละ 0 10 30 และ 50 โดยปริมาตร กำลังอัดคอนกรีตมีค่าเท่ากับ 32.2, 31.2, 31.7 และ 23.6 MPa ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ากำลังคอนกรีตที่ใช้มวลรวมพลาสติกร้อยละ 10 และ ร้อยละ 30 (C-10P และ C-30P) มีค่าใกล้เคียงสัดส่วนผสมที่ไม่ใช้มวลรวมพลาสติก (CON-G) อย่างไรก็ตามเมื่อใช้มวลรวมพลาสติกร้อยละ 50 พบว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตลดลง 28% ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำอิสระ (Free Water) มากขึ้นทำให้พันธะระหว่างซีเมนต์เพสต์กับพลาสติกอ่อนแอลง [15] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Azhdarpour และคณะ [16] ที่กล่าวไว้ว่าการแทนที่มวลรวมทรายด้วยพลาสติกชนิด PET ในปริมาณไม่สูงจะไม่ทำให้กำลังอัดของคอนกรีตลดลง อย่างไรก็ตามกำลังอัดจะลดลงเมื่อมีการแทนที่ด้วยพลาสติกมากขึ้น

### 3.4 โพรงและการดูดซึมน้ำ

โพรงและการดูดซึมน้ำของคอนกรีตที่อายุบ่ม 28 วัน แสดงดังรูปที่ 9 และ 10 ตามลำดับ จากผลการทดสอบพบว่าค่าโพรงและการดูดซึมน้ำของคอนกรีตที่ใช้ทรายธรรมชาติ (CON-CA) และทรายแกรนิต (CON-G) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 9 โพรงของคอนกรีตที่มีอายุบ่ม 28 วัน



รูปที่ 10 การดูดซึมน้ำของคอนกรีตที่มีอายุบ่ม 28 วัน

อย่างไรก็ตาม เมื่อแทนที่มวลรวมหยาบด้วยมวลรวมพลาสติกร้อยละ 10 30 และ 50 พบว่าโพรงมีค่าร้อยละ 11.2 12.0 และ 14.0 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าค่าโพรงของคอนกรีตที่ไม่มีมวลรวมพลาสติก (CON-G) กล่าวได้ว่าคอนกรีตที่มีสัดส่วนการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยพลาสติกที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าโพรงที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติที่ไม่ชอบน้ำและไม่ดูดซึมน้ำของพลาสติกทำให้มีปริมาณน้ำอิสระในเมทริกซ์มากขึ้นและเกิดโพรงมากขึ้น [17] การเพิ่มขึ้นของโพรงส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำมากขึ้นเช่นกัน เนื่องมาจากการที่น้ำซึมผ่านตัวอย่างเข้าไปอยู่ในช่องว่างเหล่านั้นได้มากขึ้น โดยจากการทดสอบคอนกรีตมีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 5.1 5.8 และ 7.2 เมื่อแทนที่มวลรวมหยาบด้วยมวลรวมพลาสติกร้อยละ 10 30 และ 50 ตามลำดับ

### 4. สรุปผล

ในงานวิจัยได้นำเสนอผลการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตที่มีการนำทรายแกรนิตและมวลรวมพลาสติกรีไซเคิลมาแทนที่มวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบจากธรรมชาติตามลำดับ โดยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

เมื่อใช้ทรายแกรนิตแทนที่ทรายธรรมชาติทั้งหมดในการผลิตคอนกรีตพบว่า ค่าการยุบตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากรูปร่างของทรายแกรนิตที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยมมุม นอกจากนี้พบว่าระยะเวลาก่อตัวต้นและปลายของคอนกรีตที่ใช้ทรายแกรนิตมีค่าน้อยกว่าคอนกรีตที่ผลิตจากทรายธรรมชาติ อย่างไรก็ตามค่ากำลังอัดรวมถึงค่าโพรงและการดูดซึมน้ำของคอนกรีตที่ผลิตจากทรายแกรนิตและทรายธรรมชาติมีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อใช้มวลรวมพลาสติกแทนที่มวลรวมหยาบตามธรรมชาติในปริมาณร้อยละ 10 30 และ 50 โดยปริมาตร พบว่า ค่าความสามารถในการทำงานลดลงตามปริมาณพลาสติกที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากรูปร่างของมวลรวมพลาสติกที่เป็นเหลี่ยมมุม นอกจากนี้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่มีมวลรวมพลาสติกร้อยละ 10 และ 30 มีค่าใกล้เคียงกับคอนกรีตที่ไม่ผสมมวลรวมพลาสติก อย่างไรก็ตามเมื่อแทนที่ด้วยมวลรวมพลาสติกร้อยละ 50 ส่งผลให้กำลังอัดของคอนกรีตลดลง 28% ซึ่งสอดคล้องกับค่าโพรงและการดูดซึมน้ำของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของมวลรวมพลาสติกไม่ได้เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการทดสอบข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าทรายแกรนิตสามารถนำมาใช้แทนที่ทรายธรรมชาติในการผลิตคอนกรีตได้ โดยคอนกรีตยังมีค่ากำลังรับแรงอัดใกล้เคียงเดิม และพลาสติกรีไซเคิลสามารถนำมาใช้แทนที่มวลรวมหยาบบางส่วนในปริมาณไม่เกินร้อยละ 30 ได้โดยยังไม่ส่งผลให้กำลังรับแรงอัดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้งานวิจัยที่นำขยะพลาสติกไปใช้ควรทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมก่อน เนื่องจากต้นทางขยะพลาสติกที่นำมาใช้มาจากหลายแหล่ง ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับเป้าหมายในการกำจัดขยะพลาสติกและเศษหินแกรนิตเหลือทิ้งโดยการนำกลับมาใช้ซ้ำเพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากขยะเหล่านี้ และยังสามารถลดการใช้มวลรวมจากทรัพยากรธรรมชาติได้อีกทางหนึ่ง

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund, FF) หน่วยงานการเคหะแห่งชาติ และขอขอบคุณห้างหุ้นส่วนจำกัด เทพศิลาอุตสาหกรรม ที่สนับสนุนวัสดุทรายแกรนิตที่ใช้ในงานวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- [1] United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2022). World Population Prospects 2022: Summary of Results. UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3.

- [2] Davidovits, J. (1994). Global warming impact on the cement and aggregates industries. *World resource review*, 6(2), pp.263-278.
- [3] Saikia, N. and Brito, J.D. (2012). Use of plastic waste as aggregate in cement mortar and concrete preparation: A review. *Construction and Building Materials*, 34, pp.385-401.
- [4] Li, X., Ling, T. and Hung Mo, K. (2020). Functions and impacts of plastic/rubber wastes as eco-friendly aggregate in concrete – A review. *Construction and Building Materials*, 240, 117869.
- [5] กรมควบคุมมลพิษ. (2565). รายงานประจำปี 2565. กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- [6] American Society for Testing and Materials. (2008). *Standard Specification for Blended Hydraulic Cements*. ASTM C595-08a. Annual Book of ASTM Standards, 4(2).
- [7] American Society for Testing and Materials. (2018). *Standard Specification for Concrete Aggregates*. ASTM C33-18. Annual Book of ASTM Standards, 4(2).
- [8] American Society for Testing and Materials. (2012). *Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*. ASTM C143/C143M-12. Annual Book of ASTM Standards, 4(2).
- [9] American Society for Testing and Materials. (2008). *Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance*. ASTM C403/C403M-08. Annual Book of ASTM Standards, 4(2).
- [10] American Society for Testing and Materials. (2021). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. ASTM C39/C39M-21. Annual Book of ASTM Standards, 4(2).
- [11] American Society for Testing and Materials. (2021). *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*. ASTM C642-21. Annual Book of ASTM Standards, 4(2).
- [12] Li, Z., Lao, J., Wang, L., Lim, N. S., Tan, K. H. and Qian, S. (2022). A review on substitution of natural sand with granite fines in sustainable concrete. *Construction and Building Materials*, 346, 128417.
- [13] Rahmani, E., Dehestani, M., Beygi, M. H. A., Allahyari, H. and Nikbin, I. M. (2013). On the mechanical properties of concrete containing waste PET particles. *Construction and Building Materials*, 47, pp.1302-1308.
- [14] Tangaramvong, S., Nuaklong, P., Khine, M. T. and Jongvivatsakul, P. (2021). The influences of granite industry waste on concrete properties with different strength grades. *Case Studies in Construction Materials*, 15, e00669.
- [15] Yang, S., Yue, X., Liu, X. and Tong, Y. (2015). Properties of self-compacting lightweight concrete containing recycled plastic particles. *Construction and Building Materials*, 84, pp.444-453.
- [16] Azhdarpour, A. M., Nikoudel, M. R. and Taheri, M. (2016). The effect of using polyethylene terephthalate particles on physical and strength-related properties of concrete; a laboratory evaluation. *Construction and Building Materials*, 109, pp.55-62.
- [17] Adamu, M., Trabanpruek, P., Jongvivatsakul, P., Likitlersuang, S. and Iwanami, M. (2021). Mechanical performance and optimization of high-volume fly ash concrete containing plastic wastes and graphene nanoplatelets using response surface methodology. *Construction and Building Materials*, 308, 125085.