สมบัติเชิงกลของคอนกรีตที่มีส่วน
M M

ทรงกลด ก[illegible] ธิชชิชญอา[illegible] จตุพิพัฒน์ยอด[illegible] กุมลษฐ์ลิขิตเล[illegible]

[1,2,3]ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางนวัตกรรมวัสดุกร่อสร้าง ภ
[4]ศูนย์เชกีล่ศยาวสชตารณ์เปฉธพาะทยุทิกาชตงค์วมิลคะโกครรงมสโรย้ธาง คณะวิศวกรรม
[5]ศูย์นเชี่ยวชาญเฉพาะทางวิศวกรรมธรณีเทคนิคและธรณีวิ

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติเชิงกลของคอนกรีตที่ส่วนผสมของทรายแม่น้ำธรรมชาติและหินปูนถูกแทนที่ด้วยทรายหินแกรนิตและมวลรวมพลาสติกรีไซเคิลเทเรฟทาเลตรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ที่ปริมาณการแทนที่ร้อยละ 10 30 และ 50 โดยปริมาตร ส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยการยุบตัว เวลาก่อตัว กำลังรับแรงอัด และการดูดซึมน้ำ จากผลการศึกษาพบว่าคอนกรีตที่ใช้ทรายธรรมชาติมีค่าการยุบตัวน้อยกว่าคอนกรีตที่ใช้ทรายหินแกรนิตและมวลรวมพลาสติกรีไซเคิลเทเรฟทาเลตแทนที่ทรายธรรมชาติ แต่มีกำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกัน ในขณะที่คอนกรีตที่ใช้มวลรวมพลาสติกแทนที่ร้อยละ 30 มีค่าใกล้เคียงกับคอนกรีตที่ใช้ทรายธรรมชาติ ส่วนคอนกรีตที่ใช้มวลรวมพลาสติกแทนที่ร้อยละ 50 มีกำลังรับแรงอัดลดลงประมาณร้อยละ 28 แต่ระยะเวลาการก่อตัวไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: คอนกรีต, พลาสติกรีไซเคิล, ทรายหินแกรนิต, มวลรวม, สมบัติเชิงกล

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

คำนำ

จากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในปริมาณที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกที่คาดการณ์ว่าจะมีประชากรเพิ่มขึ้นเป็น 9.7 พันล้านคนในปี ค.ศ. 2050 [1] ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ความต้องการใช้งานของวัสดุก่อสร้างในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์เพื่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Greenhouse Effect) [2] ดังนั้นการใช้วัสดุปูนซีเมนต์แต่ละชนิดต้องอาศัยการใช้งานที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่ใช้งานได้

จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณ 27.8 ล้านตัน [3] ซึ่งขยะพลาสติกเป็นขยะประเภทหนึ่งที่มีการปล่อยสารพิษออกมาในระหว่างการย่อยสลาย ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ผลิตภัณฑ์พลาสติกรีไซเคิลสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้งในอุตสาหกรรมก่อสร้าง [4] ดังนั้นการรีไซเคิลหรือการนำผลิตภัณฑ์พลาสติกรีไซเคิลกลับมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมก่อสร้างจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดปริมาณขยะมูลฝอยและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

นอกจากนี้มีบางประเทศ เช่น ASTM C33 ได้แบ่งกลุ่มหินปูนออกเป็น 7 กลุ่ม ตามปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO3) ตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป ถึงร้อยละ 100 ซึ่งหินปูนที่มีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตต่ำกว่าร้อยละ 70 ถือว่าเป็นหินปูนที่มีคุณภาพต่ำ ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานคอนกรีต ในขณะที่ ASTM C33 ได้กำหนดขนาดคละของมวลรวมหยาบไว้ 8 ขนาด ตั้งแต่ขนาดใหญ่ 4 นิ้ว ถึงขนาดเล็ก 3/8 นิ้ว ซึ่งแต่ละขนาดจะมีช่วงร้อยละการผ่านตะแกรงที่แตกต่างกันไป ในขณะที่ มอก. 80-2560 ได้กำหนดขนาดคละของมวลรวมหยาบไว้ 5 ขนาด ตั้งแต่ขนาดใหญ่ 37.5 มิลลิเมตร ถึงขนาดเล็ก 4.75 มิลลิเมตร ซึ่งแต่ละขนาดจะมีช่วงร้อยละการผ่านตะแกรงที่แตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดคละของมวลรวมหยาบตามมาตรฐาน ASTM C33 มีความแตกต่างจากขนาดคละของมวลรวมหยาบตามมาตรฐาน มอก. 80-2560 ค่อนข้างมาก ดังนั้นในการใช้งานมวลรวมหยาบในประเทศไทยจึงต้องมีการปรับขนาดคละของมวลรวมหยาบให้เหมาะสมกับมาตรฐานที่ใช้งาน



รูปที่ 1 หินปูนธรรมชาติ



รูปที่ 2 หินปูนแกรนิต

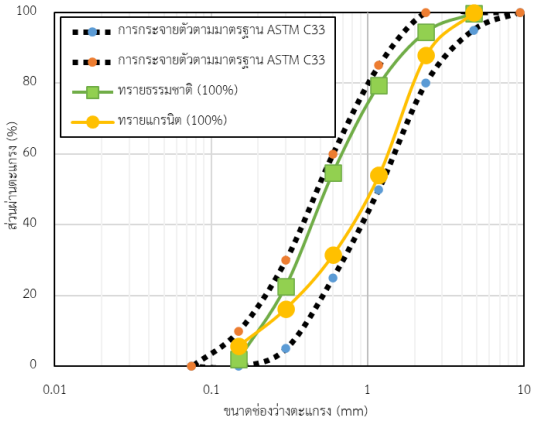
2 วัสดุและวิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดที่ 1 ตามมาตรฐาน ASTM C150 ซึ่งมีน้ำหนักจำเพาะเท่ากับ 3.15 ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ทั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ด้วยการกระจายพลังงานรังสีเอกซ์ (EDX) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ด้วยเครื่อง EDX

คุณสมบัติ	ปริมาณ (%)
SiO_2	17.10
CaO	65.90
K_2O	0.35
Al_2O_3	3.57
Cl	0.08
P_2O_5	0.07
Fe_2O_3	3.25
MgO	1.19
SO_3	2.36
TiO_2	0.21
Na_2O	0.34
LOI	3.0



รูปที่ 3 การกระจายตัวของขนาดคละของทรายธรรมชาติและทรายแกรนิต

ตารางที่ 2 ตัวอย่างผลการทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด

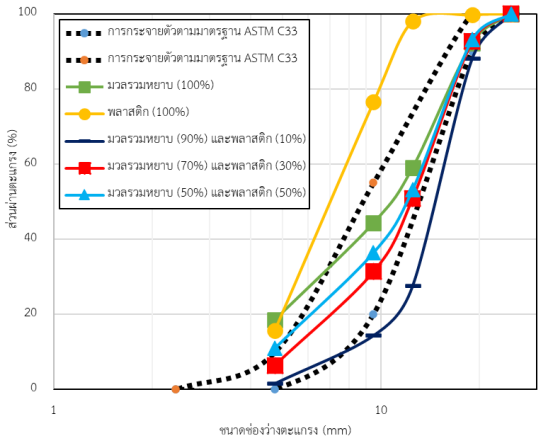
มวล	ความถ่วง	หน่วยน้ำหนัก (kg/m³)	การดูดซึม (%)	โมดูลัสความละเอียด (FM)
ทรายธรรมชาติ	2.5	1,664	0.7	2.74
ทรายแกรนิต	2.5	1,593	0.8	3.05
หินปูน	2.7	1,621	0.6	-

มวลรวมละเอียดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยทรายธรรมชาติและทรายแกรนิต ซึ่งมีค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 2.74 และ 3.05 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 ในขณะที่มวลรวมหยาบที่ใช้คือมวลรวมหยาบที่ได้จากการย่อยหินปูนธรรมชาติและหินปูนแกรนิต ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.7 และมีค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 0.6 ดังแสดงในตารางที่ 2 ในงานวิจัยนี้ได้ทำการปรับขนาดคละของมวลรวมหยาบให้เหมาะสมกับมาตรฐาน มอก. 80-2560 ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดคละของมวลรวมหยาบที่ปรับแล้วมีความเหมาะสมกับมาตรฐาน มอก. 80-2560 มากขึ้น ในงานวิจัยนี้ได้ทำการใช้ขวดพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนเทเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate, PET) ที่มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.40 ซึ่งมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4 ขวดพลาสติกที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีขนาดความจุ 600 มิลลิลิตร ซึ่งมีน้ำหนักเบาและมีความทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมีได้ดี

พลาสติกที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นพลาสติกที่ได้จากการรวบรวมขวดน้ำดื่มที่ใช้แล้วทิ้งมาผ่านกระบวนการคัดแยกและล้างทำความสะอาดก่อนนำมาผ่านกระบวนการย่อยให้มีขนาดเล็กลง ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งมีขนาดคละอยู่ในช่วงประมาณ 4.75 ถึง 12.5 มิลลิเมตร



รูปที่ 4 ตัวอย่างเศษพลาสติก PET รีไซเคิลที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ 5 ปริมาณร้อยละของมวลสะสมที่ผ่านตะแกรงของมวลรวมหยาบและพลาสติกรีไซเคิลเทียบกับขอบเขตของมาตรฐาน ASTM C33

2.2 สัดส่วนผสมและวิธีการผสมของทรายแม่น้ำและมวลรวมพลาสติกรีไซเคิล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตที่แทนที่ทรายแม่น้ำด้วยมวลรวมพลาสติกรีไซเคิลในอัตราส่วนร้อยละโดยปริมาตรของมวลรวมละเอียดทั้งหมด ที่ร้อยละ 0 (CON-CA) ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นตัวควบคุม (CON-G) ค่าดังกล่าวขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของมวลรวมพลาสติกรีไซเคิลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 682.50 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในตารางที่ 1 ในการผสมคอนกรีตนั้นได้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐาน ASTM C150 [7] ร่วมกับน้ำประปาที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.45 โดยมีปริมาณวัสดุประสานเท่ากับ 420 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในการผสมคอนกรีตนั้นได้ใช้สารลดน้ำพิเศษชนิดที่ 1 ตามมาตรฐาน ASTM C494 [8] ในปริมาณร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน เพื่อช่วยให้คอนกรีตสดมีความสามารถในการไหลเทได้ดี ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้ในงานวิจัย

ส่วนผสม	ซีเมนต์ (kg/m³)	น้ำ (kg/m³)	มวลรวมละเอียด (kg/m³)				สารลดน้ำพิเศษ (kg/m³)
			ทรายแม่น้ำ	มวลรวมพลาสติกรีไซเคิล	หินปูน	พลาสติกรีไซเคิล	
CON-CA	420	210	682.50	-	1025.02	-	-
CON-G	420	210	-	682.50	1025.02	-	-
C10P	420	210	614.25	68.25	922.52	34.29	0.21
C30P	420	210	477.75	204.75	717.51	102.88	0.84
C50P	420	210	341.25	341.25	512.51	171.47	1.26

ในการผสมคอนกรีตนั้นได้ใช้สารลดน้ำพิเศษชนิดที่ 1 ตามมาตรฐาน ASTM C494 [8] ในปริมาณร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน เพื่อช่วยให้คอนกรีตสดมีความสามารถในการไหลเทได้ดี ดังแสดงในตารางที่ 1

ก่อนนำมวลรวมพลาสติกรีไซเคิลมาใช้ในการผสมคอนกรีตนั้น ได้ทำการปรับสภาวะของมวลรวมพลาสติกรีไซเคิลให้อยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated Surface Dry, SSD) ก่อน โดยการแช่น้ำไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาใช้งาน เพื่อป้องกันไม่ให้มวลรวมพลาสติกรีไซเคิลดูดซึมน้ำจากส่วนผสมคอนกรีตสดในระหว่างการผสมคอนกรีต ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทำงานของคอนกรีตสดได้ ในการทำการผสมคอนกรีตนั้นได้ใช้เครื่องผสมคอนกรีตแบบถังหมุนขนาดความจุ 28 ลิตร ในการผสมคอนกรีตแต่ละครั้ง

2.3 การทดสอบคอนกรีต

สมบัติของคอนกรีตที่ได้ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ ประกอบไปด้วย สมบัติของคอนกรีตสดและสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวแล้ว ซึ่งสมบัติของคอนกรีตสดที่ได้ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ค่ายุบตัว และเวลาการก่อตัว ส่วนสมบัติของคอนกรีตแข็งตัวแล้วที่ได้ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้แก่ กำลังรับแรงอัด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.1 การทดสอบค่ายุบตัว

ทดสอบค่ายุบตัวของคอนกรีตสดตามมาตรฐาน ASTM C143 [9] ในการทดสอบค่ายุบตัวนั้นได้ใช้กรวยยุบตัวรูปทรงกรวยกลมตัด (Slump Cone) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านบนเท่ากับ 100 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านล่างเท่ากับ 200 มิลลิเมตร และมีความสูงเท่ากับ 300 มิลลิเมตร ในการทดสอบค่ายุบตัวนั้นได้ทำการเทคอนกรีตสดลงในกรวยยุบตัวเป็นจำนวน 3 ชั้น โดยแต่ละชั้นจะถูกกระทุ้งด้วยเหล็กกระทุ้งจำนวน 25 ครั้ง ก่อนที่จะทำการยกกรวยยุบตัวขึ้นในแนวดิ่งอย่างช้าๆ ภายในเวลาประมาณ 5 ± 2 วินาที หลังจากนั้นจึงทำการวัดค่าความแตกต่างของความสูงของคอนกรีตสดที่ยุบตัวลงมาเทียบกับความสูงของกรวยยุบตัว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 300 มิลลิเมตร

2.3.2 ระยะเวลาการก่อตัว

ทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีตสดตามมาตรฐาน ASTM C403 [10] ในการทดสอบระยะเวลาการก่อตัวนั้นได้ทำการร่อนมอร์ตาร์ออกจากคอนกรีตสดด้วยตะแกรงร่อนขนาดช่องเปิด 4.75 มิลลิเมตร ก่อนที่จะนำมอร์ตาร์ที่ได้ไปทดสอบหาค่าความต้านทานการแทรกตัว (Penetration Resistance) ด้วยเข็มทดสอบ (Proctor Needle) ที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 645 ตารางมิลลิเมตร ในการทดสอบนั้นได้ทำการกดเข็มทดสอบลงไปในมอร์ตาร์ที่ความลึกเท่ากับ 25 มิลลิเมตร ด้วยอัตราเร็วเท่ากับ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที ในการทดสอบนั้นได้ทำการทดสอบมอร์ตาร์ที่ได้ทุกๆ 30 นาที จนกว่าค่าความต้านทานการแทรกตัวจะมีค่าเกินกว่า 27.6 เมกะปาสกาล ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการกำหนดเวลาการก่อตัวเริ่มต้นของคอนกรีตสด

2.3.3 กำลังรับแรงอัด

ทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตแข็งตัวแล้วตามมาตรฐาน ASTM C39 [11] ในการทดสอบกำลังรับแรงอัดนั้นได้ใช้ตัวอย่างทดสอบรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร สูง 200 มิลลิเมตร ในการทดสอบนั้นได้ทำการทดสอบที่อายุการบ่มต่างๆ ได้แก่ 7 วัน 28 วัน และ 56 วัน โดยทดสอบจำนวน 3 ตัวอย่างต่อหนึ่งอายุการบ่ม

2.3.4 น้ำหนักหน่วยแรงดึงจากการผ่าแท่งทรงกระบอก

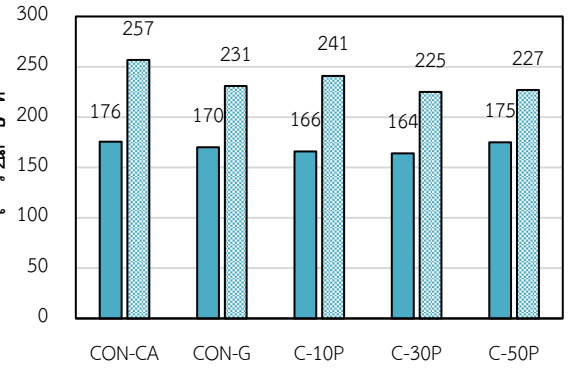
ทดสอบน้ำหนักหน่วยแรงดึงจากการผ่าแท่งทรงกระบอกตามมาตรฐาน ASTM C642 [12] ในการทดสอบนั้นได้ทำการทดสอบตัวอย่างทดสอบรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร สูง 200 มิลลิเมตร ที่อายุการบ่ม 28 วัน ในการทดสอบนั้นได้ทำการวางแผ่นไม้อัดขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร ไว้ด้านบนและด้านล่างของตัวอย่างทดสอบ เพื่อช่วยให้แรงกดกระจายตัวได้อย่างสม่ำเสมอ ในการทดสอบนั้นได้ทำการกดตัวอย่างทดสอบด้วยอัตราเร็วเท่ากับ 0.7 เมกะปาสกาลต่อนาที จนกระทั่งตัวอย่างทดสอบเกิดการวิบัติ

3. ผลการทดสอบและอภิปรายผล

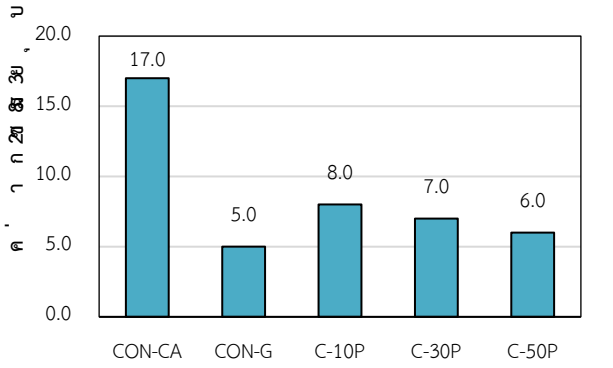
3.1 ความสามารถในการไหลเทได้

อนุภาคเค่าเมเลาะลื่อยมหุรมี
มากกรวาย1 3 2 รมชาติ

เพื่อคอทีกจีจระยุพบกตาัรมวใสสา
ใชทรายแกรนิตงรแสวดมชจีใานของ
การพฒสอบคอางคอรนไหลีเผ
มวลรวมหยาบธรรมชาเมรสา
8.700 ชแมลาะมส6านด0ัดบ้าวจ่ขอรงดค็อบน
สวนผสมของทรายแกรนิต
สดสวนของธนูพีสทเสนศีขีอ่องมพลสา
มคีวามขรุขระทีมากวว่าเตจะมชช่
ธรรมชาติ ทดแทนหวายกมลาสรชใดหผ้ แมร
ทานระหวู่คล่าขงีอ้จนีรยีอ่าดตลว้องกับงานวิจัยของ Rahmani และ [18] ณ



รูป 7 ปัจจัยกำลังการอัดของคอน

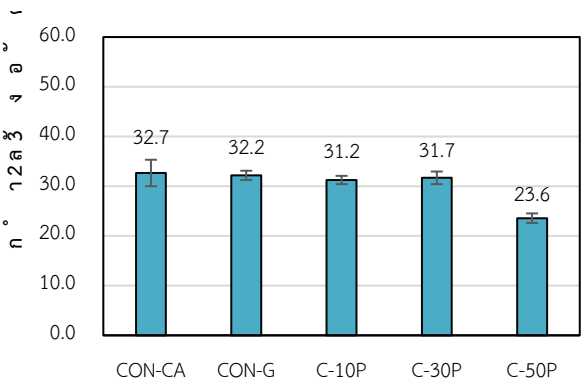


รูป 6 ปัจจัยที่ทำให้เกิดรอยคุอนตกัรวีต

3.2 ระยะเวลาการกอตัว

ระยะเวลาในการกอตัวขนกแสดงรูป 7 ปัจจัยที่ผลการทดทสรอบยพธบรรทรายแกรนิตทำให้ระยะเวของคมอีนคกชรีตลดลงดค Jangaravong และ [14] ณะ้งนี้อาจเป็นผลมาจากอนุภาคฝุ่นที่ตดอยู่

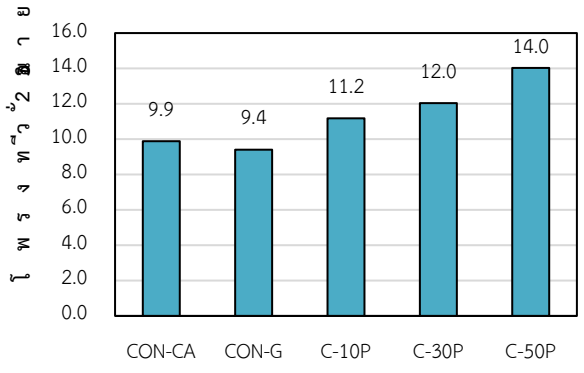
เมื่อมีการแทนท10 0 ม3 ธรรมชาติ
เมื่อม่วอสเรทวนมทีพลาขหต0 10 0 แล้ว ยุยัปกริลมางตอรัดด 2, 31.2 31.7 และ 23.6 ค่าเ
5 ปบเวว่าลาในก1ร71ก06อตัว4แสนะดงทาม5ขนหบทนีไดว่าใขักมลัรถงนเวลาการก2'32014ตัว2ป2ล5ายแสทะำ2ง2ลนร(5-10ยลง30)มีลำดับในทลีเคมียใจะเหมือนใส่ด้วนทำกพิมไมม่ส้มวงลรสวตาม(Wang) ยกใช้ปริมาณ
ก่อแตละกตา้อนย'' อสัมำวหนรลัยบอัตาดัสวนั้นากาลัง8%ขแร้งนีน้ดขำึงคผสมทีไมมีกกาแทนทีมีพลาสติ(Plastes Water)มีให้อยลับกัน3ให้พันธะระยะเวลาหแลางสกำัหนรสัสูบงดสุร่ดน6ส[15]ดังนั้นคสย้อAzhdarpourแลงละ[16]ณะจัยไมมีการแทนทีพลาสติทีเหมสมาใช้ในการวิจัยนี้ เพราะว่ามีข้อจำกัดในการใช้งานในสภาพสนามจริง ระยะเวลาหางกันสูงสุดจึงเป็นเกณฑ์ที่ให้กำลังอัดจะอลงดคลองก
เมื่อม้วยพลาสติกมากขึ้น



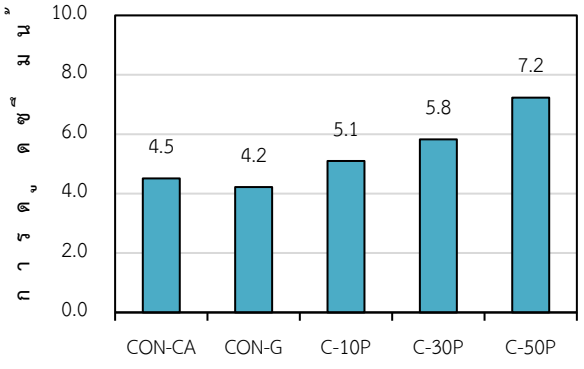
รูป 8 ปัจจัยกำลังการอัดของคอนก

3.4 โพรงการแลดูดซึมน้ำ

โพรงและคอนกรีตรูดอซาเยสุขบง่ดมัขอ2ง8ปูนปั่นจัยได้นำเสนอผลการแล0ะต1ม3ารฐาานสกาครทาดโสพอรบงขแอลงห่รา2ยเดฯือดนปีมีลั่มวรลรวมณะพเลอาียยตดิคอนกรีตทั่ว(CON-CA)และทแรกรา(CON-G)ไตมมีชลิวมหยาบจากธรรมชาติตามแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัมีญอใช้ทรายแกรนิตแทนที่พบว่ากลาดรลยงุอบยต่ัวางมีนัยสำคัยแกรนิตที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยปลายของคอนกรีตที่ใช้ทรายแกธรรมชาติอย่างไรก็ตามค่าคอนกรีตที่ผลิตจากทรายแกรนเมื่อใช้มวลรวมพลาสติกแทรอ้ยละ 15 00 3โ0ดยเปรมิสมาทธรรถใบนลดตลางมปริมาณพลาสติกที่เพิ่พลาสติกที่เป็นเหลี่ยมมุมรวมพลาสติกมีค่อยใกล้เคียง1เ0คียงแต่กรวมพลาสติกอย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาสัดส่วนผสมคอนกรีตที่ 28 วันพบว่าคอนกรีตที่ใช้ทรายแกรนิตให้กำลังรับแรงอัดสูงกว่าคอนกรีตที่ใช้ทรายแม่น้ำประมาณ 8% ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการยึดเกาะระหว่างผิวของทรายแกรนิตที่มีลักษณะขรุขระกับเนื้อซีเมนต์เพสต์ได้ดีกว่าทรายแม่น้ำที่มีผิวเรียบมน ดังแสดงในรูปที่ 9 และ 10 ตามลำดับ



รูปที่ 9 โพรงที่ว่างของมวลรวมในส่วนผสมคอนกรีตต่างๆ



รูปที่ 10 การดูดซึมน้ำของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน

จากผลการทดสอบข้างต้นแสดงให้เห็นว่าสามารถนำมาใช้แทนทรายแม่น้ำในคอนกรีตสำหรับงานโครงสร้างที่ไม่ต้องการกำลังรับแรงอัดสูงมากนักได้ เช่น งานคอนกรีตหยาบ งานคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมที่ไม่ต้องการกำลังรับแรงอัดสูงมาก เป็นต้น ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการขาดแคลนทรายแม่น้ำที่มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในงานก่อสร้างได้ในอนาคต อย่างไรก็ตามการวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเพียงคุณสมบัติเบื้องต้นของคอนกรีตเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้นในการนำทรายแกรนิตมาใช้ในงานก่อสร้างจริง จึงควรมีการศึกษาคุณสมบัติอื่นๆ ของคอนกรีตเพิ่มเติม เช่น ความทนทานต่อการซึมผ่านของน้ำและสารละลายต่างๆ ความต้านทานต่อการกัดกร่อนของเหล็กเสริม ความต้านทานต่อการขัดสี เป็นต้น

4. สรุป

จากการศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตที่ใช้ทรายแกรนิตจากแหล่งในจังหวัดนครศรีธรรมราชเป็นมวลรวมละเอียดแทนทรายแม่น้ำในอัตราส่วนร้อยละ 0 10 30 และ 50 โดยปริมาตรสัมบูรณ์ พบว่าคอนกรีตที่ใช้ทรายแกรนิตมีค่าการยุบตัวและความหนาแน่นในสภาพแห้งเตาใกล้เคียงกับคอนกรีตที่ใช้ทรายแม่น้ำ ในขณะที่คอนกรีตที่ใช้ทรายแกรนิตมีกำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน สูงกว่าคอนกรีตที่ใช้ทรายแม่น้ำประมาณ 8% ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการยึดเกาะระหว่างผิวของทรายแกรนิตที่มีลักษณะขรุขระกับเนื้อซีเมนต์เพสต์ได้ดีกว่าทรายแม่น้ำที่มีผิวเรียบมน ในขณะที่ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตที่ใช้ทรายแกรนิตมีค่าสูงกว่าคอนกรีตที่ใช้ทรายแม่น้ำประมาณ 14.0% ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่ทรายแกรนิตมีรูพรุนภายในเม็ดทรายมากกว่าทรายแม่น้ำ ดังนั้นจึงสามารถนำทรายแกรนิตมาใช้แทนทรายแม่น้ำในคอนกรีตสำหรับงานโครงสร้างที่ไม่ต้องการกำลังรับแรงอัดสูงมากนักได้ เช่น งานคอนกรีตหยาบ งานคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริมที่ไม่ต้องการกำลังรับแรงอัดสูงมาก เป็นต้น ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการขาดแคลนทรายแม่น้ำที่มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในงานก่อสร้างได้ในอนาคต อย่างไรก็ตามการวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเพียงคุณสมบัติเบื้องต้นของคอนกรีตเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้นในการนำทรายแกรนิตมาใช้ในงานก่อสร้างจริง จึงควรมีการศึกษาคุณสมบัติอื่นๆ ของคอนกรีตเพิ่มเติม เช่น ความทนทานต่อการซึมผ่านของน้ำและสารละลายต่างๆ ความต้านทานต่อการกัดกร่อนของเหล็กเสริม ความต้านทานต่อการขัดสี เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยจากกองทุนเงินรายได้ (Fundamental Fund, FF) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบ

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.262-278.

[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, 117894.

[5] กรมควบคุมมลพิษ. (2561). รายงานสถานการณ์ขยะและสารอันตรายทั่วประเทศ ปี 2561. สืบค้นจาก http://www.pcd.go.th/publication/13911

[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. (2020). A review on substitution of natural sand with granite fines in sustainable concrete. *Construction and Building Materials*, 340, 127841.

[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.