ปริมาณที่เหมาะสมของการใช้คอนกรีตเก่าบดละเอียดที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกันสำหรับกำลังอัดสูงสุดของมอร์ตาร์ในงานปูนฉาบ

OPTIMUM USAGE OF RECYCLE CONCRETE WITH DIFFERENT PARTICLE SIZE FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF MORTAR PLASTERING

*สถิตย์พงษ์ วงศ์สง่า** *อาภา สธนเสาวภาคย์*

***Sathitphong Wongsa-nga**, Apha Sathonsaowaphak*

สาขาวิชาเทคโนโลยีก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

Department of Construction Technology, Faculty of Industrial Technology,

Nakhon Ratchasima Rajabhat University.

***Corresponding author, E-mail:** w_sathitphong@hotmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการหาปริมาณที่เหมาะสมของการใช้คอนกรีตเก่าบดละเอียดที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกันแทนที่ทราย สำหรับกำลังอัดสูงสุดของมอร์ตาร์ปูนฉาบที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน โดยควบคุมอัตราร้อยละค่าการไหลแผ่เท่ากับ 110±5 โดยใช้คอนกรีตเก่าจากเศษเสาเข็มเจาะกำลังอัด 240 กก./ซม.^{2} ปรับปรุงคุณภาพด้วยการบดละเอียดให้มีขนาดอนุภาคเท่ากับ 0.149-1.190 มม. สำหรับแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละ 0-30 โดยน้ำหนัก

จากการศึกษาพบว่า ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของคอนกรีตเก่าที่ใหญ่ขึ้นส่งผลให้กำลังอัดของมอร์ตาร์ปูนฉาบลดลง โดยที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน มอร์ตาร์ปูนฉาบมีกำลังอัดสูงสุดเมื่อแทนที่ทรายด้วยคอนกรีตเก่าบดละเอียดที่มีขนาดเล็กอนุภาคเฉลี่ยในช่วง 0.149-0.297 มม. และสามารถพัฒนากำลังอัดได้สูงสุดเท่ากับ 109.1 กก./ซม.^{2} 135.9 กก./ซม.^{2} และ 139.1 กก./ซม.^{2} และมีปริมาณการแทนที่ที่เหมาะสมของอนุภาคขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่เท่ากับร้อยละ 28 30 และ 30 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ปริมาณที่เหมาะสม คอนกรีตเก่า ขนาดอนุภาค กำลังอัด ปูนฉาบ

Abstract

This research aims to determine the optimum usage of finely crushed recycle concrete with different median particle sizes for replacing sand for the maximum compressive strength of mortar plastering at 7, 14 and 28 days. Control of percent slump flow at 110±5. The scrap bored piled, design compressive strength of 240 kg/cm^2. for converged recycle concrete with the median particle sizes of 0.149-1.190 mm. were used to replace sand at the rate of 0-30% by weight.

The results revealed that increasing of median particlesize offinely crushed recycle concrete caused to the decreasing of compressive strength. The mortar plastering had the maximum compressive strength for sand has been replaced with finely crushed recycle concrete

small particle sizes of 0.149-0.297 mm. Andit can be developed to the maximum compressive strength of 109.06 kg/cm^2. 135.86 kg/cm^2. and 139.15 kg/cm^2. The optimum usage of finely crushed recycle concrete as 28%, 30% and 30% for the particle size of small, medium and large respectively

Keywords: Optimum Usage, Finely Crushed Recycle Concrete, Particle Size, Compressive Strength, Mortar Plastering

บทนำ

งานปูนฉาบเป็นงานตกแต่งที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ช่วยให้โครงสร้างอาคารมีความสวยงาม ป้องกันอุณหภูมิและความชื้นที่จะผ่านเข้าไปในตัวอาคาร ตลอดจนช่วยแก้ไขสิ่งบกพร่องหรือร่องรอยต่างๆ ของอาคารที่เกิดขึ้นขณะทำการก่อสร้างให้เรียบร้อยถูกต้อง ในการฉาบปูนซีเมนต์ทั่วไปจะใช้ปูนซีเมนต์ผสม (Mixed Cement) หรือปูนซีเมนต์ซิก้า (Silica Cement) ซึ่งได้จากการบดปูนเม็ดกับวัสดุเฉื่อยจำพวกทราย หรือหินปูนที่มีคุณสมบัติเฉื่อยต่อการทำปฏิกิริยา โดยวัสดุเฉื่อยใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ประมาณร้อยละ 20 ถึง 30 โดยน้ำหนัก ซึ่งปูนฉาบที่ดีจะต้องมีความข้นเหลวพอเหมาะ เหนี่ยว ลื่น ยึดเกาะผนังอิฐได้ดี อุ้มน้ำได้ดี ระยะเวลาการแห้งพอเหมาะ ไม่ยึดหรือหดตัวมากตามที่มาตรฐานกำหนด นอกจากนี้จะต้องมีกำลังรับแรงอัด แรงเฉือน แรงดึงได้ดีพอสมควร [1] สำหรับงานวิจัยนี้จึงทำการทดลองเกี่ยวกับคุณสมบัติด้านกำลังอัดและปริมาณการใช้คอนกรีตเก่าบดละเอียดในมอร์ตาร์ปูนฉาบ โดยมีสมมติฐานว่าคอนกรีตเก่าบดละเอียดสามารถนำมาใช้ในงานมอร์ตาร์ปูนฉาบได้และสามารถพัฒนาคุณสมบัติด้านกำลังอัดได้ดี

ปัจจุบันการเติบโตของอุตสาหกรรมก่อสร้างอันเนื่องมาจากการขยายตัวของโครงการก่อสร้างที่พักอาศัยและระบบสาธารณูปโภคอื่นๆ ส่งผลให้ปริมาณเศษวัสดุก่อสร้างมีปริมาณเพิ่มขึ้นอีกทั้งยังอาคารหรือโครงสร้างที่มีการรื้อถอนมักทำให้เกิดเศษวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมากซึ่งจากข้อมูลของงานวิจัยต่างๆ พบว่าพื้นที่ฝังกลบในปัจจุบันมีปริมาณขยะจากวัสดุก่อสร้างอยู่ประมาณร้อยละ 30 ของพื้นที่ฝังกลบและในพื้นที่กรุงเทพมหานครมีขยะจากวัสดุก่อสร้างประมาณร้อยละ 0.5 ของปริมาณขยะทั้งหมดต่อวัน [2] โดยเฉพาะเศษวัสดุคอนกรีต ซึ่งทำให้เกิดปัญหาในการกำจัดทิ้งในภาคอุสาหกรรมหากนำกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์ในภาคอุตสาหกรรมคอนกรีตก็จะทำให้เศษวัสดุเหล่านี้เพิ่มมูลค่าขึ้นมาได้ โดยการนำกลับมาใช้ใหม่ เรียกว่าคอนกรีตรีไซเคิล (Recycle Concrete) หรือ “คอนกรีตเก่า” ซึ่งหมายถึงเศษคอนกรีตที่เกิดจากการรื้อถอนอาคาร แล้วนำมาปรับปรุงคุณภาพนำไปใช้ในงานคอนกรีตต่างๆ อาทิ การนำไปใช้ทดแทนมวลรวมหยาบธรรมชาติ (หิน) และมวลรวมละเอียด (ทราย) โดยการบดละเอียดให้มีขนาดใกล้เคียงกับมวลรวมทั่วไปเพื่อให้การใช้งานสะดวกมากขึ้นโดยจากหลายงานวิจัยก็มีการพัฒนาวัสดุดังกล่าวมาใช้ในงานคอนกรีต เช่น J. M. Khatip [3] ได้ศึกษาการนำมวลละเอียดรีไซเคิลจากการบดอิฐที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 5 มม. พบว่าการแทนที่ในอัตราส่วนร้อยละ 50-100 ทำให้กำลังอัดลดลงเพียงร้อยละ 10 เมื่อเทียบกับคอนกรีตควบคุมที่อายุ 28 วัน และสุภาพ ตรีธัญญา [4] กล่าวว่าการคอนกรีตที่ใช้แล้วกลับมาแทนวัสดุมวลรวมมีค่ากำลังอัดลดลงตามอัตราส่วนของการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยคอนกรีตรีไซเคิล

ที่เพิ่มขึ้นซึ่งสามารถแทนที่ได้สูงสุดร้อยละ 80 ต่อมวลรวมหยาบจากธรรมชาติและยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ซึ่งหลายงานวิจัยก็ทำให้เห็นแล้วว่าเศษวัสดุคอนกรีตสามารถนำมาปรับปรุงคุณภาพแล้วใช้ในงานคอนกรีตได้

ดังนั้นการเข้าใจถึงปัญหาและอุปสรรคของการใช้มวลรวมจากการย่อยเศษคอนกรีตเก่าจะทำให้สามารถนำใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ก่อให้เกิดปัญหาตามมาในภายหลัง สำหรับงานวิจัยนี้จึงนำเศษคอนกรีตเสาเข็มเจาะที่ออกแบบกำลังอัดคอนกรีต 240 กก./ซม.^{2} นำมาปรับปรุงคุณภาพด้วยการบดละเอียดเพื่อแทนที่ทรายในงานมอร์ตาร์ปูนฉาบโดยมุ่งศึกษาเพื่อให้เกิดการพัฒนาภาคอุตสาหกรรมงานก่อสร้าง และช่วยลดการกำจัดเศษวัสดุคอนกรีตเหลือทิ้งย่อยสลายยาก ลดการทำลายทรัพยากร ลดการสูญเสียทางเศรษฐกิจแล้วยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมรักษ์ธรรมชาติและเป็นการพัฒนาการใช้วัสดุก่อสร้างอย่างคุ้มค่า

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนฉาบในการใช้คอนกรีตเก่าบดละเอียดแทนที่ทราย
2. เพื่อศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของการใช้คอนกรีตเก่าบดละเอียดที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกันสำหรับกำลังอัดสูงสุดของมอร์ตาร์ในงานปูนฉาบ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยปูนซีเมนต์ผสมหรือปูนซิลิก้าใช้สำหรับทำซีเมนต์เพสต์หรือมอร์ตาร์ปูนฉาบและเศษคอนกรีตเก่าจากเสาเข็มเจาะที่ออกแบบกำลังอัดเท่ากับ 240 กก./ซม.^{2} ในโครงการก่อสร้าง อาคารมนุษยศาสตร์ มรภ.นครราชสีมา แล้วนำมาปรับปรุงคุณภาพด้วยการบดละเอียดให้มีขนาดอนุภาคแตกต่างกัน 3 ขนาด โดยร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 16-30 มม. เบอร์ 30-50 มม. และเบอร์ 50-100 มม. สำหรับขนาดเล็ก (S) อนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 0.149-0.297 มม. ขนาดกลาง (M) อนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 0.297-0.595 มม. และขนาดใหญ่ (L) อนุภาคเฉลี่ยเท่ากับ 0.595-1.190 มม. ตามลำดับ วัสดุมวลรวมละเอียดใช้ทรายแม่น้ำที่ผ่านการล้างให้สะอาด แล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 16 ค้างตะแกรงเบอร์ 100 มาใช้ในการทดสอบและน้ำที่ใช้ผสม คือ น้ำประปาส่วนภูมิภาคจังหวัดนครราชสีมา

2. การเตรียมตัวอย่าง

เศษเสาเข็มคอนกรีตหลังจากกระบวนการตัดหัวเสาเข็ม (Pile Cut) ทำให้เกิดเศษคอนกรีตและท่อนเสาเข็มเหลือทิ้ง จากนั้นนำมาปรับปรุงคุณภาพโดยการทุบให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำเข้าเครื่องบดแบบตกกระทบเพื่อให้มีขนาดอนุภาคเล็กลงนำมาร่อนแยกขนาดให้ได้ 3 ขนาด ออกแบบอัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อทรายเท่ากับ 1 : 2.75 จากนั้นแทนที่ทรายด้วยคอนกรีตเก่าบดละเอียดขนาดต่างๆ ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก ซึ่งในการทดลองหาความต้องการน้ำที่เหมาะสมได้กำหนดค่าการไหลแผ่ของมอร์ตาร์ควบคุมและมอร์ตาร์ที่มีส่วนผสมของคอนกรีตบดละเอียดเท่ากับร้อยละ 110$\pm$5 การหล่อตัวอย่างใช้แบบหล่อทรงลูกบาศก์ขนาด 5.0 x 5.0 x 5.0 ซม. และถอดแบบที่อายุ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำก้อนตัวอย่างไปบ่มน้ำและทดสอบกำลังอัดตามมาตรฐาน ASTM C109 [5] ที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน โดยอัตราส่วนผสมของมอร์ตาร์ปูนฉาบได้แสดงในตารางที่ 1 โดยเป็นการแสดงอัตราส่วนผสมของมอร์ตาร์ปูนฉาบ

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของมอร์ตาร์ปูนฉาบ

ตัวอย่าง	ปูนซีเมนต์ (กก./ม.^{3})	ทราย (กก./ม.^{3})	RCA (กก./ม.^{3})	น้ำ (กก./ม.^{3})	Slump Flow 110 ± 5 %	Water cement ratio (w/c)
MC	696	1904	0	488	110.39	0.70
S10-RCA	696	1716	192	496	110.39	0.71
S20-RCA	696	1528	384	508	106.69	0.73
S30-RCA	696	1336	572	528	105.44	0.71
M10-RCA	696	1716	192	500	105.44	0.72
M20-RCA	696	1528	384	504	114.32	0.72
M30-RCA	696	1336	572	508	109.15	0.73
L10-RCA	696	1716	192	488	109.15	0.70
L20-RCA	696	1528	384	488	105.44	0.70
L30-RCA	696	1336	572	492	112.87	0.71

*** MC (Mortar Control) คือ มอร์ตาร์ควบคุม

S, M และ L คือ ขนาดอนุภาคของคอนกรีตเก่าบดละเอียด เล็ก กลาง และใหญ่

S10, M10 และ L10 คือ ตัวอย่างการแทนที่ทรายด้วยคอนกรีตเก่าบดละเอียดขนาดเล็ก กลาง และใหญ่อัตราส่วนร้อยละ 10

RCA คือ คอนกรีตเก่าบดละเอียด (Recycle Concrete Aggregate ; RCA)

ผลการวิจัย

1. การทดสอบหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของมอร์ตาร์ปูนฉาบ

สามารถทำได้ตามมาตรฐาน ASTM C 109 [6] โดยผสมปูนซีเมนต์ 1 ส่วน และทรายมาตรฐาน 2.75 ส่วน สำหรับการทดลองควบคุมค่าการไหลแผ่เท่ากับร้อยละ 110±5 แสดงดังตารางที่ 1 จะเห็นว่าเมื่อปริมาณแทนที่ทรายด้วยปริมาณคอนกรีตเก่าบดละเอียดเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ส่วนผสมมีความต้องการน้ำมากขึ้นด้วยสำหรับอนุภาคขนาดเล็ก และอนุภาคขนาดกลางมีความต้องการน้ำใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 496-508 กก./ม.^{3} และขนาดอนุภาคขนาดใหญ่มีความต้องการน้ำใกล้เคียงกับมอร์ตาร์ควบคุมมากที่สุด โดยอยู่ในช่วง 488-492 กก./ม.^{3} เนื่องจากอนุภาคขนาดเล็กและขนาดกลางมีรูปร่างที่เล็กกว่าอนุภาคขนาดใหญ่อาจทำให้พื้นที่ผิวมากขึ้น ทำให้สามารถดูดซึมน้ำได้มากกว่าจึงให้ทำให้ความต้องการน้ำเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเปรียบเทียบความแตกต่างความต้องการน้ำในแต่ละขนาดอนุภาคเป็นร้อยละถือว่าแตกต่างกันน้อยมาก ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) ของปริมาณความต้องการน้ำโดยมีค่า (S.D.) เท่ากับ 12.64

ตารางที่ 2 แสดงค่ากำลังอัดและร้อยละกำลังอัดของมอร์ตาร์ปูนฉาบแทนที่ทรายด้วยคอนกรีตเก่าบดละเอียด

ชุดทดสอบ	กำลังอัด (ร้อยละ), กก./ซม.^{2}		
	7 วัน	14 วัน	28 วัน
MC	81.75 (100.00)	95.35 (100.00)	121.97 (100.00)
S-10RCA	102.27 (110.05)	104.93 (110.05)	109.07 (89.42)
S-20RCA	107.78 (130.93)	124.84 (130.93)	128.95 (105.73)
S-30RCA	109.06 (142.49)	135.86 (142.49)	139.15 (114.09)
M-10RCA	93.56 (104.28)	99.42 (104.28)	102.31 (83.88)
M-20RCA	98.60 (114.30)	108.98 (114.30)	112.83 (92.50)
M-30RCA	101.64 (117.75)	112.27 (117.75)	118.61 (97.24)
L-10RCA	85.32 (100.24)	95.58 (100.24)	95.00 (79.87)
L-20RCA	88.20 (101.40)	96.68 (101.40)	100.78 (82.62)
L-30RCA	90.43 (107.05)	102.07 (107.05)	104.60 (85.76)

2. กำลังอัดของมอร์ตาร์ปูนฉาบที่มีส่วนผสมของคอนกรีตเก่าบดละเอียด

จากผลการทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์ปูนฉาบแทนที่ทรายด้วยคอนกรีตเก่าบดละเอียดที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกันแสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งจะเห็นว่ามอร์ตาร์ที่ทรายถูกแทนที่ด้วยคอนกรีตเก่าบดละเอียดในทุกขนาดอนุภาค อัตราส่วนร้อยละ 10-30 สามารถพัฒนากำลังอัดได้สูงกว่ามอร์ตาร์ควบคุมที่อายุ 7 และ 14 วัน และสำหรับอัตราส่วนร้อยละ 20-30 ที่อายุ 28 วัน จากที่กล่าวมาอธิบายได้อีกว่า ที่อายุ 7 วัน คอนกรีตเก่าบดละเอียดในอัตราส่วนการแทนที่ในช่วงร้อยละ 10-30 ขนาดเล็ก (S) ขนาดกลาง (M) และขนาดใหญ่ (L) มีค่ากำลังอัดอยู่ในช่วง 102.27-109.06 กก./ตร.ซม.^{2} 93.56-101.64 กก./ตร.ซม.^{2} และ 85.32-90.43 กก./ตร.ซม.^{2} ตามลำดับ ส่วนที่อายุ 14 วัน ขนาดเล็ก (S) ขนาดกลาง (M) และขนาดใหญ่ (L) ในอัตราส่วนการแทนที่ร้อยละ 10-30 มีค่ากำลังอัดอยู่ในช่วง 104.93-135.86 กก./ม.^{2} 99.42-112.27 กก./ซม.^{2} และ 95.58-102.07 ตร.ซม.^{2} ตามลำดับ และที่อายุ 28 วัน มีเพียงขนาดอนุภาคขนาดเล็กเท่านั้นที่สามารถพัฒนากำลังอัดได้สูงกว่ามอร์ตาร์ควบคุมโดยมีค่ากำลังอัดอยู่ในช่วง 128.95-139.15 กก./ซม.^{2} ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคอนกรีตเก่าบดละเอียดที่มีขนาดเล็กกว่ามีการแทนที่ได้สูงกว่าขนาดที่ใหญ่ขึ้นและมีการพัฒนากำลังอัดได้ดีกว่าเมื่ออายุการทดสอบเท่ากัน

3. ปริมาณที่เหมาะสมของการใช้คอนกรีตเก่าบดละเอียด

ปริมาณที่เหมาะสมของการใช้คอนกรีตเก่าบดละเอียดที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกันสำหรับกำลังอัดสูงสุดในงานมอร์ตาร์ปูนฉาบ จากผลการทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์ปูนฉาบ พบว่ากำลังอัดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นแล้วลดลงเป็นลักษณะเส้นโค้งโพลิโนเมียล [7] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้สมการโพลิโนเมียลกำลังสองของเส้นแนวโน้มกำลังอัดเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของการใช้คอนกรีตเก่าบดละเอียดแทนที่ทราย ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการต่อไปนี้

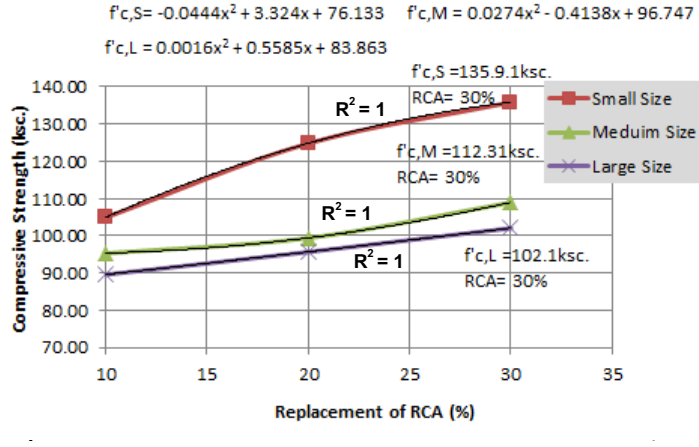
$$f'c_{(SML)} = A(x)^2 + B(x) + C \quad (1)$$

เมื่อ $f'c_{(SML)}$ คือ กำลังอัดสูงสุด ขนาดเล็ก (S) ขนาดกลาง (M) ขนาดใหญ่ (L) (กก./ซม.^{2})

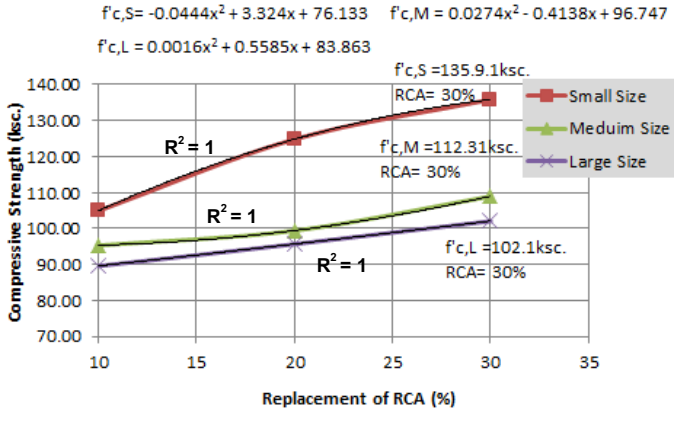
A, B, C คือ ตัวเลขค่าคงที่จากสมการเส้นแนวโน้มโพลิโนเมียล

x คือ ร้อยละปริมาณการแทนที่ของคอนกรีตเก่าบดละเอียด

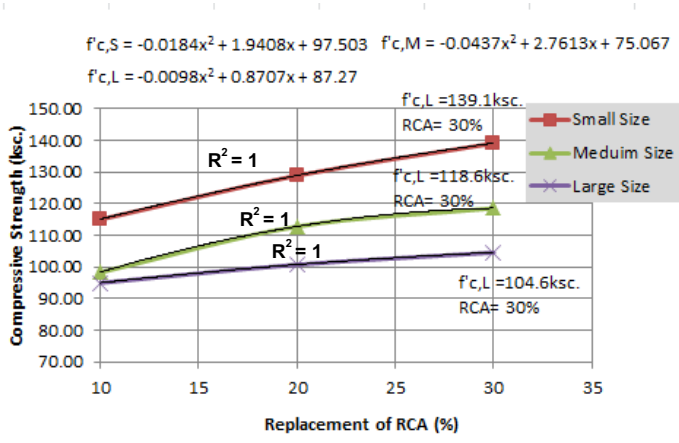
ในการศึกษานี้ใช้ค่ากำลังอัดสูงสุดของมอร์ตาร์ปูนฉาบเป็นตัวบ่งบอกถึงปริมาณการใช้ที่เหมาะสมของคอนกรีตเก่าบดละเอียดแต่ละขนาดอนุภาค เนื่องจากการทดสอบกำลังอัดเป็นวิธีการที่ทำได้ง่ายเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีทดสอบอื่นๆ



ภาพที่ 1 กำลังอัดของมอร์ตาร์ปูนฉาบผสมคอนกรีตเก่าบดละเอียดที่อายุ 7 วัน



ภาพที่ 2 กำลังอัดของมอร์ตาร์ปูนฉาบผสมคอนกรีตเก่าบดละเอียดที่อายุ 14 วัน



ภาพที่ 3 กำลังอัดของมอร์ตาร์ปูนฉาบผสมคอนกรีตเก่าบดละเอียดที่อายุ 28 วัน

จากภาพที่ 1-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละปริมาณการแทนที่ทรายด้วยคอนกรีตเก่าบดละเอียดแต่ละขนาดกับกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนฉาบ พบว่ากำลังอัดของมอร์ตาร์ปูนฉาบมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณร้อยละการแทนที่ที่เพิ่มขึ้นของคอนกรีตเก่าบดละเอียด และอนุภาคขนาดเล็กมีการพัฒนากำลังอัดได้สูงกว่าอนุภาคขนาดกลางและอนุภาคขนาดใหญ่ สำหรับการหาปริมาณที่เหมาะสมของการใช้คอนกรีตเก่าบดละเอียดหาได้จากกำลังอัดสูงสุดของมอร์ตาร์ปูนฉาบในแต่ละอายุการทดสอบ ซึ่งจากภาพที่ 1 กำลังอัดของมอร์ตาร์ปูนฉาบผสมคอนกรีตเก่าบดละเอียดที่อายุ 7 วัน พบว่าปริมาณที่เหมาะสมของคอนกรีตเก่าบดละเอียดอนุภาคขนาดเล็ก (S) เท่ากับร้อยละ 28 ขนาดกลาง (M) และขนาดใหญ่ (L) เท่ากับร้อยละ 30 โดยมีกำลังอัดสูงสุดเท่ากับ 109.06 กก./ซม.^{2} 101.64 กก./ซม.^{2} และ 90.43 กก./ซม.^{2} ตามลำดับของขนาดอนุภาค และส่วนที่อายุ 14 และ 28 วัน มีปริมาณการใช้ที่เหมาะสมเท่ากับร้อยละ 30 ทุกขนาดอนุภาค โดยคอนกรีตเก่าบดละเอียดอนุภาคขนาดเล็ก (S) ขนาดกลาง (M) และขนาดใหญ่ (L) มีกำลังอัดสูงสุดเท่ากับ 135.86 กก./ซม.^{2} 112.27 กก./ซม.^{2} และ 102.07 กก./ซม.^{2} ตามลำดับของอายุที่ 14 วัน และมีกำลังอัดเท่ากับ 139.15 กก./ซม.^{2} 118.61 กก./ซม.^{2} และ 104.60 กก./ซม.^{2} ตามลำดับของอายุที่ 28 วัน นั้นอาจเป็นเพราะว่าคอนกรีตเก่าบดละเอียดอนุภาคขนาดเล็กมีความละเอียดมากกว่าจึงสามารถเข้าไปอุดช่องว่างเล็กๆ ระหว่างมวลรวมในมอร์ตาร์ปูนฉาบจึงทำให้มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและอาจส่งผลให้กำลังอัดสูงขึ้นได้

สรุปและอภิปรายผล

1. สรุปผลการทดลอง

กำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ปูนฉาบที่มีคอนกรีตเก่าบดละเอียดเป็นส่วนผสม โดยเปรียบเทียบในแต่ละขนาดอนุภาคพบว่า อนุภาคขนาดเล็ก (S) มีกำลังรับแรงอัดสูงกว่า ขนาดกลาง (M) และขนาดใหญ่ (L) เนื่องจากขนาดเล็กมีความหนาแน่นมากกว่าขนาดกลาง (M) และขนาดใหญ่ (L) จึงทำให้มีกำลังอัดมากกว่า สำหรับการแทนที่ด้วยคอนกรีตเก่าในส่วนผสมที่มากขึ้น ส่งผลให้มอร์ตาร์ปูนฉาบมีกำลังรับแรงอัดมากขึ้น อาจมาจากสาเหตุผิวคอนกรีตเก่ามีผงปูนซีเมนต์เคลือบที่ผิวมวลรวมละเอียดจึงทำให้ช่วยในการพัฒนากำลังอัดได้ดีขึ้น ปริมาณการใช้ที่เหมาะสมของคอนกรีตเก่าบดละเอียดสำหรับกำลังอัดสูงสุดของมอร์ตาร์ปูนฉาบกล่าวได้ว่าอนุภาคขนาดเล็ก (S) สามารถพัฒนา

กำลังอัดได้สูงสุดที่อายุ 7 14 และ 28 วัน เท่ากับ 109.06 กก./ซม.^{2} 135.86 กก./ซม.^{2} และ 139.15 กก./ซม.^{2} โดยที่อายุ 7 วัน มีปริมาณการแทนที่ที่เหมาะสมเท่ากับร้อยละ 28 สำหรับที่อายุ 14 วัน และ 28 วัน มีปริมาณการแทนที่ที่เหมาะสม ร้อยละ 30

2. ข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยนี้สามารถขยายขอบเขตของการใช้คอนกรีตเก่าบดละเอียดแทนที่ทรายในงานมอร์ตาร์ปูนฉาบได้เพิ่มขึ้นเพราะการแทนที่ในหลายอัตราส่วนผสมในปริมาณร้อยละ 30 กำลังอัดยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นซึ่งอาจสามารถแทนที่ได้ถึงร้อยละ 50 และการหาปริมาณที่เหมาะสมของการใช้คอนกรีตเก่าบดละเอียดแทนที่ทรายในงานมอร์ตาร์ปูนฉาบได้จากการทดสอบสมบัติด้านกำลังรับแรงอัด ยังมีอีกหลายคุณสมบัติที่จะต้องคำนึงถึง อาทิ การหดตัว ความหนาแน่น ปริมาณฟองอากาศ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย และห้องปฏิบัติการทดสอบคอนกรีต ตลอดจนนักศึกษาผู้ช่วยทดลอง สาขาวิชาเทคโนโลยีก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สำหรับเครื่องมือและสถานที่ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

[1] นพปฏล เสงี่ยมศักดิ์; และ เรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์. (2549). การศึกษาคุณสมบัติของปูนฉาบผสมเถ้าแกลบจากโรงงานร้อยเอ็ดกรีน. ใน *การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 2.* หน้า MAT18-MAT22. อุดรธานี.

[2] สุชา กิตติวรารัตน์; และ ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์. (2555, ธันวาคม). การจัดการเพื่อลดเศษวัสดุก่อสร้างในงานสถาปัตยกรรมของบ้านพักอาศัยขนาดเล็ก. *วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง.* 9(2): 81-94.

[3] J. M. Khatib. (2005). Properties of concrete incorporating fine recycled aggregate. *Cement and Concrete Research.* 35(1): 763-769.

[4] สุภาพ ตรีธัญญา. (2542). *การนำคอนกรีตที่ใช้แล้วกลับมาแทนวัสดุมวลหยาบในงานก่อสร้าง : กรณีศึกษางานท่อระบายน้ำคอนกรีตไม่เสริมเหล็ก.* วิทยานิพนธ์ วท.บ. (เทคโนโลยีการวางแผนสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาชนบท). นครปฐม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

[5] American Society for Testing and Materials. (2005). *ASTM C109/C109M-05 Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortar (Using 2-in. or [50-mm.] Cube Specimens.* Annual Book of ASTM Standard Vol. 4.01, Philadelphia, PA, USA.

[6] American Society for Testing and Materials. (2006). *ASTM C807-05 Standard test method for Time of Setting of Hydraulic Cement Mortar by Modified Vicat Needle.* Annual book of ASTM Standard. Vol. 4.01, Philadelphia, PA, USA.

[7] สถิตย์พงษ์ วงศ์สง่า; และ เรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์. (2553). ปริมาณที่เหมาะสมของการใช้เถ้าก้นเตาบดละเอียดที่มีขนาดอนุภาคต่างกันสำหลับกำลังอัดสูงสุดของคอนกรีตทั่งไป. ใน *การประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 6.* หน้า 273-278. กรุงเทพฯ.