การทดสอบกำลังของมอร์ตาร์ที่ผสมเศษอิฐมอญและหินฝุ่น
Strength test of mortar mixed with Mon brick fragments and Stone dust

ศุภกร ประพัสสร[1,*] และ รัตชัยน์ สลับศรี[2,]**

[1,2] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันวิศวกรรมและอุตสาหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร จ.กรุงเทพฯ
E-mail address: [*] suphakorn@mutacth.com , [**] rattachais25@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนองานวิจัยการทดสอบกำลังของมอร์ตาร์ที่ผสมกับเศษอิฐมอญและหินฝุ่น เพื่อทำการปรับปรุงความสามารถทางด้านการรับกำลังของตัวมอร์ตาร์ โดยได้ทำการทดสอบทั้งหมด 4 วิธีการทดสอบ ได้แก่ การทดสอบกำลังรับแรงอัด การทดสอบกำลังรับแรงดึง การทดสอบรับแรงกระแทก และการทดสอบรอยต่อรับแรงกระแทก ทั้งนี้ได้ทำการทดสอบมอร์ตาร์ควบคุมสูตร C1-S20 ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 เพื่อเปรียบเทียบผลที่ 6 ชั่วโมง, 1 วัน, 7 วัน, 14 วัน และ 28 วัน กับมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ขนาดทรายต่างกัน มอร์ตาร์ที่ผสมเศษอิฐมอญที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 และมอร์ตาร์ที่ผสมหินฝุ่นที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20

จากผลการทดสอบพบว่ามอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประภทที่ 1 ทรายที่ใช้ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 หรือมอร์ตาร์ควบคุมมีความสามารถทางด้านรับกำลังดีสุดเมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์สูตรที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 มอร์ตาร์สูตรที่ผสมอิฐมอญมีความสามารถในด้านกำลังดีกว่ามอร์ตาร์ควบคุมทุกสัดส่วนการผสม และมอร์ตาร์ที่ผสมหินฝุ่นมีความสามารถด้านกำลังเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณหินฝุ่นเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: มอร์ตาร์, ซีเมนต์ประเภทที่ 1, เศษอิฐมอญ, หินฝุ่น

Abstract

This article presented Mortar's properties mixed with Mon brick fragments and Stone dust. Mortar's properties improved. The test of specimen such as Compressive Strength, Tensile Strength, Impact Strength and Impact joint Strength. Use the Mortar C1-S20 formula for properties control. Compared at 6 hours, 1 day, 7 days, 14 days and 28 days with Mortar uses type 1 Portland cement with various sizes of sand, Mortar mixed Mon brick fragments sifted through a sieve number 20, and Mortar mixed stone dust sifted through a sieve number 20.

The results showed that Mortar used type 1 Portland cement sifted through a sieve number 20 or The Control mortar had the best strength performance compared to The Mortar uses type 1 Portland cement. Mortar mixed Mon brick fragments has better strength than control mortar all mixing proportions. Mortar mixed stone dust when the amount of stone dust increased, resulting in creased strength.

Keywords: Mortar, Type **1** Portland cement, Mon brick fragments, Stone dust

1. บทนำ

ถนนคอนกรีตเป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากมีความแข็งแรง ทนทาน และสะดวกสบายในการก่อสร้าง แต่เมื่อมีการใช้ถนนคอนกรีตเป็นระยะเวลานานพบว่า ผิวถนนของคอนกรีตจะเกิดการหลุดล่อน เนื่องจากการรับน้ำหนักบรรทุกที่มากจนเกินไป[1] จึงจำเป็นที่ต้องทำการซ่อมแซมพื้นผิวถนนคอนกรีตด้วยวิธีการที่เหมาะสม

โดยวิธีที่สะดวกสบายต่อการซ่อมแซมผิวถนนคอนกรีต คือ วิธีการเททับหน้า ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย[2] แต่ปัญหาที่มักจะพบเมื่อทำการซ่อมแซมด้วยวิธีการเททับหน้า คือ การเกิดรอยแตกร้าวของคอนกรีตใหม่ที่นำมาเททับหน้าเนื่องจากคอนกรีตใหม่ที่ผิวหน้าจะมีการหดตัวสูงกว่าคอนกรีตเก่าที่การหดตัวเกือบจะสมบรูณ์แล้ว จึงทำปฏิกิริยาดึงรั้งกันขึ้นจนทำให้คอนกรีตที่นำมาซ่อมแซมเกิดรอยแตกร้าวหรือการหลุดร่อน สาเหตุส่วนใหญ่มาจากการใช้วัสดุซ่อมแซ่มที่ไม่เหมาะสม

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นจึงมีแนวคิดที่จะนำวัสดุผสมพิเศษมาผสมกับตัวมอร์ตาร์เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของมอร์ตาร์ให้มีความแข็งแรงทนทาน และรับน้ำหนักบรรทุกได้มาขึ้น โดยจะทำการนำหินฝุ่นมาผสมแทนที่ทรายโดยปริมาตร เนื่องจากการผสมหินฝุ่นจะช่วยให้มอร์ตาร์รับแรงอัดได้ดีกว่ามอร์ตาร์มาตรฐานเมื่อใช้หินฝุ่นในปริมาณที่เหมาะสม[3][4] และการใช้อิฐมอญผสมแทนที่ทรายโดยปริมาตรจะช่วยเพิ่มกำลังอัดให้กับมอร์ตาร์[5]

2. การเตรียมตัวอย่างทดสอบและวิธีการทดสอบ

2.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

วัสดุที่ใช้ในการผสมมอร์ตาร์ได้แก่ ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายแม่ขนาดต่างๆได้แก่ ทรายแม่น้ำที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ทรายแม่น้ำที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ใช้ทรายที่ตกค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 30 และทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 ใช้ทรายที่ตกค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 40

วัสถุผสมพิเศษที่ใช้ผสมแทนทรายโดยปริมาตรได้แก่ หินฝุ่นที่ร้อยละ 10, 20, 30 โดยปริมาตรของทราย และ อิฐมอญที่ร้อยละ 10, 20, 30 โดยปริมาตรของทราย

2.2 วิธีการทดสอบ

2.2.1 การทดสอบหากำลังรับแรงอัด

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM c 190/c109M Standard Test Method for Compression of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or (50 mm) Cubic Specimens) ใช้ตัวอย่างทดสอบทรงลูกบาศก์ขนาด 50

มิลลิเมตร x 50 มิลลิเมตร x 50 มิลลิเมตร ที่อายุ 6 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง 7 วัน 14 วัน และ28 วัน

2.2.2 การทดสอบหากำลังรับแรงดึง

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 190 Standard Test Method for Tensile Strength of Hydraulic Concrete Mortars โดยจะทำการทดสอบที่อายุ6 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง 7 วัน 14 วัน และ28 วัน ใช้ตัวอย่างทดสอบบริเคท (Briquet Mold)

2.2.3 การทดสอบรับแรงกระแทก

การทดสอบแรงกระแทกของคอนกรีตแบบลูกตุ้มตกแบบเสรีภายใต้แรงโน้มถ่วง โดยใช้ ตัวอย่างรูปทรงกระบอกสั้นเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 10 ซม. ที่24 ชั่วโมง 7 วัน 14 วัน และ28 วัน โดยใช้ลูกตุ้มน้ำหนัก หนัก 6 กก. ความสูงของลูกตุ้ม 84 ซม.

2.2.4 การทดสอบรอยต่อรับแรงกระแทก

การทดสอบแรงกระแทกระหว่างซีเมนต์มอร์ตาร์กับคอนกรีตกำลังสูงแบบลูกตุ้มตกแบบเสรีภายใต้แรงโน้มถ่วง โดยใช้ ตัวอย่างรูปทรงกระบอกสั้นเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 1 ซม. ที่ทำการหล่อผิวหน้าบนก้อนคอนกรีตกำลังสูงผิวหน้าขรุขระ จากนั้นทำการทดสอบที่24 ชั่วโมง 7 วัน 14 วัน และ28 วัน โดยใช้ ลูกตุ้มน้ำหนัก หนัก 6 กก. ความสูงของลูกตุ้ม 84 ซม.

2.3 สัดส่วนการผสมมอร์ตาร์

นำค่าอัตราส่วนจากตารางที่ 2.1 ไปทำการคำนวณหาสัดส่วนผสมมอร์ตาร์ใน 1 ลูกบาศก์ แสดงดังตารางที่ 2.2 โดยอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุผสม แปรผันตามความสามารถในการไหลแผ่ของมอร์ตาร์เท่ากับ 70 ± 2.5 เซนติเมตร ใช้นำยาผสมเพิ่ม สารลดน้ำ 8.04 ลิตร และสารกักกระจายฟองอากาศ 3.90 ลิตร เท่ากันในทุกสูตรการผสม

ตารางที่ 2.1 สัดส่วนการผสมพื้นฐานของมอร์ตาร์

สัญลักษณ์	ซีเมนต์ (กก.)	ทราย (กก.)	หินฝุ่น (กก.)	อิฐมอญ (กก
C1-S20_30	535.79	1473.49	-	-
C1-S30_40	535.79	1473.49	-	-
C1-S20	535.79	1473.49	-	-
C1-S20-BK10	535.79	1326.08	150.26	-
C1-S20-BK20	535.79	1178.74	301.38	-
C1-S20-BK30	535.79	1031.4	452.07	-
C1-S20-DS10	535.79	1326.08	-	142.32
C1-S20-DS20	535.79	1178.74	-	284.64
C1-S20-DS30	535.79	1031.4	-	426.96

ตารางที่ 2.2 สัดส่วนการผสมมอร์ตารใน 1 ลูกบาศก์เมตร

มวลรวมละเอียดต่อซีเมนต์	อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุผสม	สารลดน้ำ	สารกักกระจายฟองอากาศ
2.75	แปรผันตามความสามารถในการไหลแผ่ของมอร์ตาร์ เท่ากับ 70 ± 2.5 เซนติเมตร	0.015	0.01

2.4 จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบแต่ละวิธีการทดสอบ แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 จำนวนชิ้นตัวอย่าง

สัญลักษณ์	แรงอัด	แรงดึง	แรงกระแทก	รอยต่อรับแรงกระแทก	รวม
C1-S20_30	5	5	4	4	18
C1-S30_40	5	5	4	4	18
C1-S20	5	5	4	4	18
C1-S20-BK10	5	5	4	4	18
C1-S20-BK20	5	5	4	4	18
C1-S20-BK30	5	5	4	4	18
C1-S20-DS10	5	5	4	4	18
C1-S20-DS20	5	5	4	4	18
C1-S20-DS30	5	5	4	4	18
รวมทั้งหม					162

2.5 การอ่านสัญลักษณ์

C คือ ปูนซีเมนต์ ตัวเลขต่อท้าย คือ ประเภทซีเมนต์

S คือ ทราย ตัวเลขต่อท้าย คือ เบอร์ที่ร่อนผ่ายตะแกรง
BK คือ อิฐมอญ ตัวเลขต่อท้าย คือ ร้อยละอิฐมอญแทนที่ทราย
DS คือ หินฝุ่น ตัวเลขต่อท้าย คือ ร้อยละของหินฝุ่นแทนที่ทราย

ตัวอย่างการอ่านสัญลักษณ์ เช่น C1-S20_30 คือ ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ค้างตะแกรงเบอร์ 30, C1-S20-BK10 คือ ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายผ่านตะแตรงเบอร์ 20 ผสมอิฐมอญแทนที่ทราย ร้อยละ 10 โดยปริมาตร

3. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

ในบทความนี้จะทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบกับมอร์ตาร์ควบคุมสูตร C1-S20 ซึ่งเป็นมอร์ตาร์สูตรมาตรฐานที่ใช้ในงานทั่วๆไป

3.1 ผลการทดสอบหากำลังรับแรงอัด

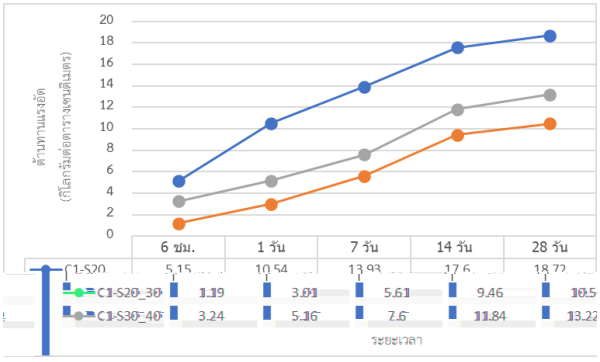
3.1.1 ผลทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1

จากผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.1 พบว่ามอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 (C1-S20) หรือมอร์ควบคุม มีค่ากำลังรับแรงอัดที่ 6 ชั่วโมง 1 วัน ,7 วัน ,14 วัน และ28 วัน คือ 5.15 ,10.54 ,13.93 ,17.6 และ18.72 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร การพัฒนากำลังอัดเพิ่มขึ้นตามลำดับ

มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ใช้ทรายที่ตกค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 30 (C1-S20_30) เมื่อเทียบผลการทดสอบกำลังอัดกับมอร์ตาร์ควบคุมพบว่ากำลังรับแรงอัด ที่ 6 ชั่วโมง ,1 วัน ,7 วัน, 14วัน และ28 วัน มีกำลังรับแรงอัดลดลง 62% , 71% ,60% , 46% และ44% ตามลำดับ

มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 ใช้ทรายที่ตกค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 40 (C1-S30_40) เมื่อเทียบผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดกับมอร์ตาร์ควบคุมพบว่ากำลังรับแรงอัด ที่ 6 ชั่วโมง ,1 วัน ,7 วัน, 14วัน และ28 วัน มีกำลังรับแรงอัดลดลง 37% , 51% ,45% , 33% และ29% ตามลำดับ

การใช้ขนาดของมวลรวมที่ต่างกันจะส่งผลต่อการรับกำลังอัดของมอร์ตาร์ โดยมอร์ตาร์ที่ใช้มวลรวมที่มีขนาดคละกัน คือ C1-S20 ที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 หรือมอร์ตาร์ควบคุมจะทำให้มอร์ตาร์มีกำลังรับแรงอัดที่ดีกว่ามอร์ตาร์ที่ใช้มวลรวมเพียงขนาดเดียว คือ C1-S20_30 และC1-S30_40 โดยที่มอร์ตาร์C1-S20_30 ใช้ทรายที่ตกค้างบนตะแกรงเบอร์ 30 จะมีกำลังรับแรงอัดมากกว่ามอร์ตาร์ C1-S30_40 ที่ใช้ทรายตกค้างบนตะแกรงเบอร์ 40



รูปที่ 3.1 เปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1

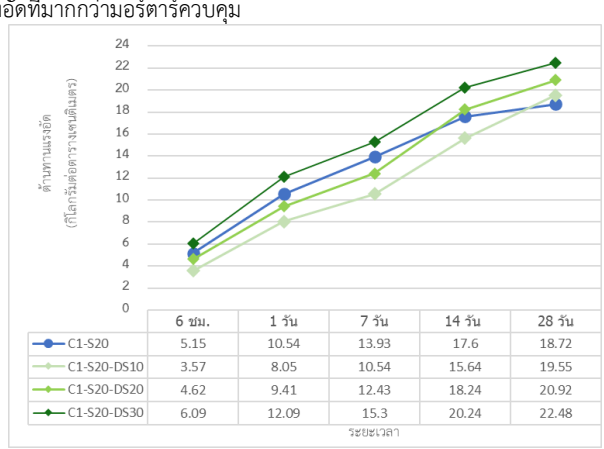
3.1.2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมหินฝุ่นแทนทรายโดยปริมาตร

จากผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.2 มอร์ตาร์ที่ผสมหินฝุ่นเปรียบเทียบผลการทดสอบกับมอร์ตาร์ควบคุม พบว่ามอร์ตาร์ที่ผสมหินฝุ่นแทนทรายร้อยละ 10 โดยปริมาตร กำลังรับแรงอัดที่ 6 ชั่วโมง, 1 วัน, 7 วัน และ14 วัน มีกำลังรับแรงอัดลดลง 31% ,24% ,24% และ11% ตามลำดับและความต้านทานแรงอัดที่ 28 วัน เพิ่มขึ้น 4%

มอร์ตาร์ที่ผสมหินฝุ่นแทนทรายร้อยละ 20 โดยปริมาตร กำลังรับแรงอัดที่ 6 ชั่วโมง, 1 วัน และ7 วัน มีกำลังรับแรงอัดลดลง 10% ,11% และ11% ตามลำดับ และกำลังรับแรงอัดที่ 14 วัน และ28 วัน เพิ่มขึ้น 4% และ12% ตามลำดับ

มอร์ตาร์ที่ผสมหินฝุ่นแทนทรายร้อยละ 30 โดยปริมาตร กำลังรับแรงอัดที่ 6 ชั่วโมง, 1 วัน, 7 วัน ,14 วัน และ28 วัน มีกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น 18% ,15% ,10% ,15% และ20% ตามลำดับ

จากการนำหินฝุ่นมาผสมกับมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 พบว่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ในช่วงแรกจะมีกำลังรับแรงอัดลดลงเมื่อเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุม แต่กำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่นำหินฝุ่นมาผสมทุกอัตราส่วนการผสมที่ 28 วันจะมีกำลังรับแรงอัดที่มากกว่ามอร์ตาร์ควบคุม



รูปที่ 3.2 เปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมหินฝุ่น

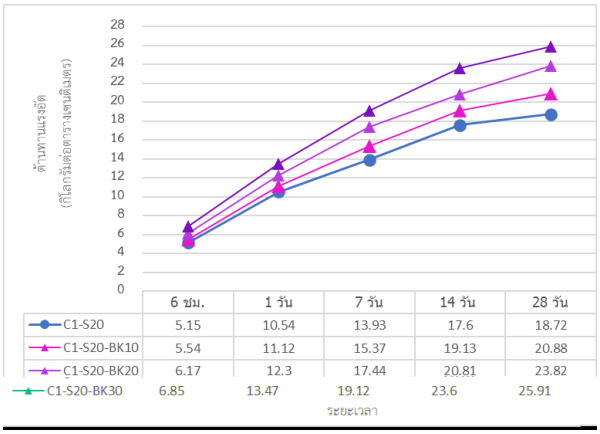
3.1.3 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมอิฐมอญแทนทรายโดยปริมาตร

จากผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.3 มอร์ตาร์ที่ผสมอิฐมอญเปรียบเทียบผลการทดสอบกับมอร์ตาร์ที่ผสมอิฐมอญแทนทรายร้อยละ 10 โดยปริมาตร กำลังรับแรงอัดที่ 6 ชั่วโมง, 1 วัน, 7 วัน ,14 วัน และ28 วัน มีกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น 8% ,6% ,10% ,9% และ12% ตามลำดับ

มอร์ตาร์ที่ผสมหินฝุ่นแทนทรายร้อยละ 20 โดยปริมาตร กำลังรับแรงอัดที่ 6 ชั่วโมง, 1 วัน, 7 วัน ,14 วัน และ28 วัน มีกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น 20% ,17% ,25% ,18% และ27% ตามลำดับ

มอร์ตาร์ที่ผสมหินฝุ่นแทนทรายร้อยละ 30 โดยกำลังรับแรงอัดที่ 6 ชั่วโมง, 1 วัน, 7 วัน ,14 วัน และ28 วัน มีกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น 33% ,28% ,37% ,34% และ38% ตามลำดับ

จากการนำอิฐมอญมาผสมกับมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 พบว่าทำให้กำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์เพิ่มขึ้นทุกอัตราส่วนการผสมเมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุม และอัตราส่วนผสมที่ทำให้มอร์ตาร์มีกำลังรับแรงอัดสูงที่สุดคือ ร้อยละ 30 แทนทรายโดยปริมาตร



รูปที่ 3.3 เปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมอิฐมอญ

3.2 ผลการทดสอบหากำลังรับแรงดึง

3.2.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1

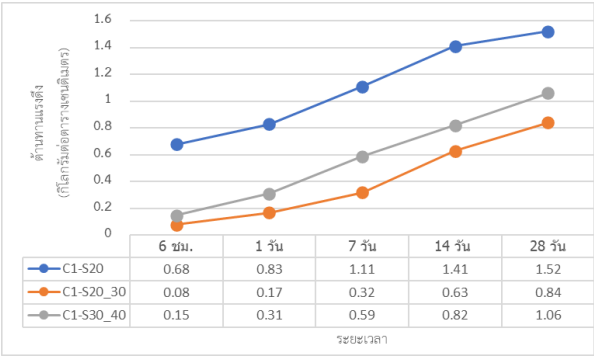
จากผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.4 พบว่ามอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 (C1-S20) หรือมอร์ควบคุม มีค่ากำลังรับแรงดึงที่ 6 ชั่วโมง 1 วัน ,7 วัน ,14 วัน และ28 วัน คือ 0.68 ,0.83 ,1.11 ,1.41 และ1.52 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร การพัฒนากำลังอัดเพิ่มขึ้นตามลำดับ

มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ใช้ทรายที่ตกค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 30 (C1-S20_30) เมื่อเทียบผลการทดสอบกับมอร์ตาร์ควบคุมพบว่ากำลังรับแรงดึงที่ 6 ชั่วโมง ,1 วัน ,7 วัน, 14วัน และ28 วัน มีกำลังรับแรงดึงลดลง 88% , 79% ,71% , 55% และ 45% ตามลำดับ

มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 ใช้ทรายที่ตกค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 40 (C1-S30_40) เมื่อเทียบผลการทดสอบกับมอร์ตาร์ควบคุมพบว่ากำลังรับแรงดึงที่ 6 ชั่วโมง ,1 วัน ,7 วัน, 14วัน และ28 วัน กำลังรับแรงดึงลดลง 78% , 63% ,47% , 42% และ 30% ตามลำดับ

การใช้ขนาดของมวลรวมที่ต่างกันจะส่งผลต่อกำลังรับแรงดึงของมอร์ตาร์ โดยมอร์ตาร์ที่ใช้มวลรวมที่มีขนาดคละกัน คือ C1-S20 ที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 หรือมอร์ตาร์ควบคุมจะทำให้มอร์ตาร์มีกำลังรับแรงดึงที่ดีกว่ามอร์ตาร์ที่ใช้มวลรวมเพียงขนาดเดียว คือ C1-S20_30 และC1-

S30_40 โดยที่มอร์ตาร์C1-S20_30 ใช้ทรายที่ตกค้างบนตะแกรงเบอร์ 30 จะมีกำลังรับแรงดึงมากกว่ามอร์ตาร์ C1-S30_40 ใช้ทรายที่ตกค้างบนตะแกรงเบอร์ 40



	6 ชม.	1 วัน	7 วัน	14 วัน	28 วัน
C1-S20	0.68	0.83	1.11	1.41	1.52
C1-S20_30	0.08	0.17	0.32	0.63	0.84
C1-S30_40	0.15	0.31	0.59	0.82	1.06

รูปที่ 3.4 เปรียบเทียบกำลังรับแรงดึงของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1

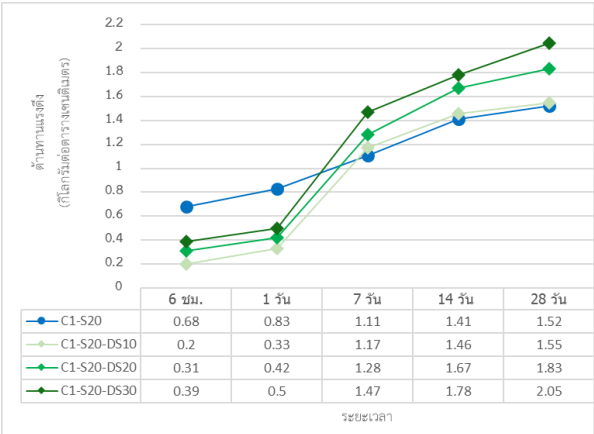
3.2.2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมหินฝุ่นแทนทรายโดยปริมาตร

จากผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.5 มอร์ตาร์ที่ผสมหินฝุ่นเปรียบเทียบผลการทดสอบกับมอร์ตาร์ควบคุม พบว่ามอร์ตาร์ที่ผสมหินฝุ่นแทนทรายร้อยละ 10 โดยปริมาตร กำลังรับแรงดึงที่ 6 ชั่วโมง และ1 วัน มีกำลังรับแรงดึงลดลง 70% และ60% ตามลำดับและกำลังรับแรงดึงที่ 7 วัน ,14 วัน และ 28 วัน เพิ่มขึ้น 6% , 3% และ2% ตามลำดับ

มอร์ตาร์ที่ผสมหินฝุ่นแทนทรายร้อยละ 20 โดยปริมาตร กำลังรับแรงดึงที่ 6 ชั่วโมง และ1 วัน มีกำลังรับแรงดึงลดลง 54% และ49% ตามลำดับและกำลังรับแรงดึงที่ 7 วัน ,14 วัน และ28 วัน เพิ่มขึ้น 15% , 18% และ20% ตามลำดับ

มอร์ตาร์ที่ผสมหินฝุ่นแทนทรายร้อยละ 10 โดยปริมาตร กำลังรับแรงดึงที่ 6 ชั่วโมง และ1 วัน มีกำลังรับแรงดึงลดลง 42% และ40% ตามลำดับและกำลังรับแรงดึงที่ 7 วัน ,14 วัน และ28 วัน เพิ่มขึ้น 33% , 26% และ35% ตามลำดับ

จากการนำหินฝุ่นมาผสมกับมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 พบว่ากำลังรับแรงดึงของมอร์ตาร์ใน 6 ชั่วโมงถึง 1 วัน จะมีกำลังรับแรงดึงลดลงเมื่อเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุม แต่กำลังรับแรงดึงของมอร์ตาร์ที่อายุหลังจาก1 วัน ไปแล้วพบว่ากำลังรับแรงดึงจะเพิ่มขึ้นมากกว่ามอร์ตาร์ควบคุมเมื่ออายุของมอร์ตาร์ที่ผสมหินฝุ่นเพิ่มขึ้น



	6 ชม.	1 วัน	7 วัน	14 วัน	28 วัน
C1-S20	0.68	0.83	1.11	1.41	1.52
C1-S20-DS10	0.2	0.33	1.17	1.46	1.55
C1-S20-DS20	0.31	0.42	1.28	1.67	1.83
C1-S20-DS30	0.39	0.5	1.47	1.78	2.05

รูปที่ 3.5 เปรียบเทียบกำลังรับแรงดึงของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมหินฝุ่น

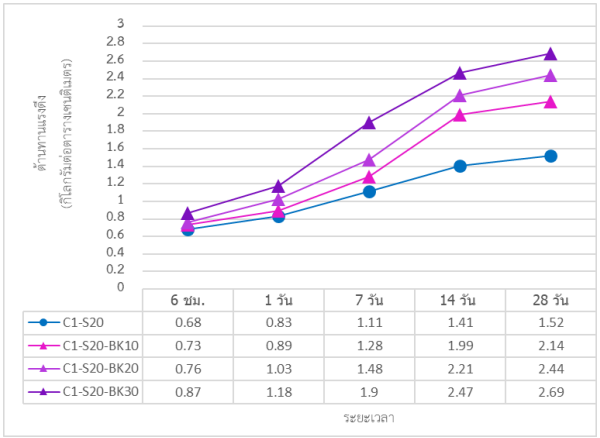
3.2.3 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมอิฐมอญแทนทรายโดยปริมาตร

จากผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.6 มอร์ตาร์ที่ผสมอิฐมอญเปรียบเทียบผลการทดสอบกับมอร์ตาร์ควบคุม โดยมอร์ตาร์ที่ผสมอิฐมอญแทนทรายร้อยละ 10 โดยปริมาตร กำลังรับแรงดึงที่ 6 ชั่วโมง, 1 วัน, 7 วัน ,14 วัน และ28 วัน มีกำลังรับแรงดึงเพิ่มขึ้น 8% ,7% ,15% ,41% และ 41% ตามลำดับ

มอร์ตาร์ที่ผสมหินฝุ่นแทนทรายร้อยละ 20 โดยปริมาตร กำลังรับแรงดึงที่ 6 ชั่วโมง, 1 วัน, 7 วัน ,14 วัน และ28 วัน มีกำลังรับแรงดึงเพิ่มขึ้น 12% ,24% ,33% ,57% และ60% ตามลำดับ

มอร์ตาร์ที่ผสมหินฝุ่นแทนทรายร้อยละ 30 โดยปริมาตร กำลังรับแรงดึงที่ 6 ชั่วโมง, 1 วัน, 7 วัน ,14 วัน และ28 วัน มีกำลังรับแรงดึงเพิ่มขึ้น 29% ,43% ,71% ,75% และ77% ตามลำดับ

จากการนำอิฐมอญมาผสมกับมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 พบว่าทำให้กำลังรับแรงดึงของมอร์ตาร์เพิ่มขึ้นทุกอัตราส่วนการผสมเมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุมและอัตราส่วนผสมที่ทำให้มอร์ตาร์มีกำลังรับแรงดึงสูงที่สุดคือผสมอิฐมอญร้อยละ 30 แทนทรายโดยปริมาตร



	6 ชม.	1 วัน	7 วัน	14 วัน	28 วัน
C1-S20	0.68	0.83	1.11	1.41	1.52
C1-S20-BK10	0.73	0.89	1.28	1.99	2.14
C1-S20-BK20	0.76	1.03	1.48	2.21	2.44
C1-S20-BK30	0.87	1.18	1.9	2.47	2.69

รูปที่ 3.6 เปรียบเทียบกำลังรับแรงดึงของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมอิฐมอญ

3.3 ผลการทดสอบรับแรงกระแทก

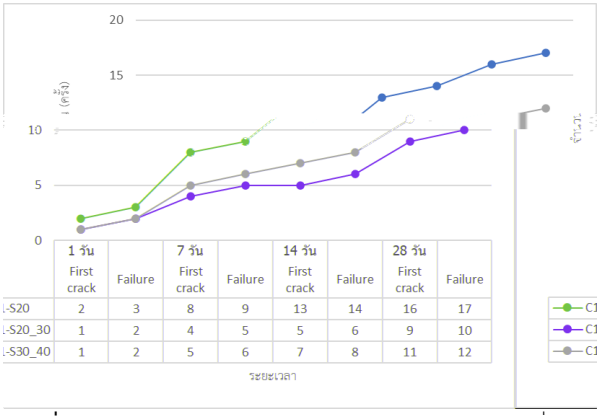
3.3.1 ผลการทดสอบรับแรงกระแทกของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1

จากผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.7 พบว่ามอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 (C1-S20) มีความสามารถในการรับแรงกระแทกจนถึงจุดที่เกิด Failure ที่ 1 วัน ,7 วัน ,14 วัน และ28 วัน คือ 3 ,9 ,14 และ17 ครั้งตามลำดับ

มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ใช้ทรายที่ตกค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 30 (C1-S20_30) เมื่อเทียบผลการทดสอบกับมอร์ตาร์ควบคุมพบว่ามีความสามารถในการรับแรงกระแทกจนถึงจุดที่เกิด Failure ที่ 1 วัน ,7 วัน ,14 วัน และ28 วัน ได้ลดลง 33% , ,44% , 57% และ41% ตามลำดับ

มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 ใช้ทรายที่ตกค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 40 (C1-S30_40) เมื่อเทียบผลการทดสอบกับมอร์ตาร์ควบคุมพบว่ามีความสามารถในการรับแรงกระแทกจนถึงจุดที่เกิด Failure ที่ 1 วัน ,7 วัน ,14 วัน และ28 วัน ได้ลดลง 33% , 33% ,43% และ29% ตามลำดับ

การใช้ขนาดของมวลรวมที่ต่างกันจะส่งผลต่อความสามารถในการรับแรงกระแทกของมอร์ตาร์ โดยมอร์ตาร์ที่ใช้มวลรวมที่มีขนาดคละกัน คือ C1-S20 ที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 หรือมอร์ตาร์ควบคุมจะทำให้มอร์ตาร์มีความสามารถในการรับแรงกระแทกที่ดีกว่ามอร์ตาร์ที่ใช้มวลรวมเพียงขนาดเดียว คือ C1-S20_30 และC1-S30_40 โดยที่มอร์ตาร์C1-S20_30 ใช้ทรายที่ตกค้างบนตะแกรงเบอร์ 30 จะมีความสามารถรับแรงกระแทกได้ดีกว่ามอร์ตาร์ C1-S30_40 ใช้ทรายที่ตกค้างบนตะแกรงเบอร์ 40



รูปที่ 3.7 เปรียบเทียบการทดสอบรับแรงกระแทกของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1

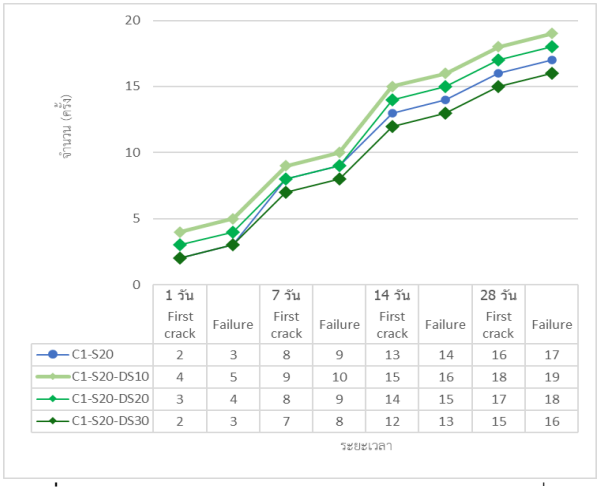
3.3.2 *ผลการทดสอบรับแรงกระแทกของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมหินฝุ่นแทนทรายโดยปริมาตร*

จากผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.8 มอร์ตาร์ที่ผสมกับหินฝุ่นเปรียบเทียบผลการทดสอบกับมอร์ตาร์ควบคุม โดยมอร์ตาร์ที่ผสมหินฝุ่นที่ร้อยละ 10 แทนทรายโดยปริมาตรพบว่าความสามารถในการรับแรงกระแทกที่จุด Failure ที่ 1 วัน, 7 วัน ,14วัน และ28 วัน เพิ่มขึ้น 67% ,11% ,14% และ12% ตามลำดับ

มอร์ตาร์ที่ผสมหินฝุ่นที่ร้อยละ 20 แทนทรายโดยปริมาตรพบว่าความสามารถในการรับแรงกระแทกที่จุด Failure ที่ 1 วัน, 7 วัน ,14วัน และ28 วัน เพิ่มขึ้น 33% ,0% ,7% และ6% ตามลำดับ

มอร์ตาร์ที่ผสมหินฝุ่นที่ร้อยละ 30 แทนทรายโดยปริมาตรพบว่าความสามารถในการรับแรงกระแทกที่จุด Failure ที่ 1 วัน, 7 วัน ,14วัน และ28 วัน ลดลง 0% ,11% ,7% และ6% ตามลำดับ

การนำหินฝุ่นมาผสมกับมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 อัตราส่วนผสมที่ทำให้มอร์ตาร์มีความสามารถในการรับแรงกระแทกได้ดีที่สุด คือ ร้อยละ 10 แทนทรายโดยปริมาตร เมื่อปริมาณหินฝุ่นที่ผสมเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มอร์ตาร์รับแรงกระแทกได้น้อยลง



รูปที่ 3.8 เปรียบเทียบการทดสอบรับแรงกระแทกของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมหินฝุ่น

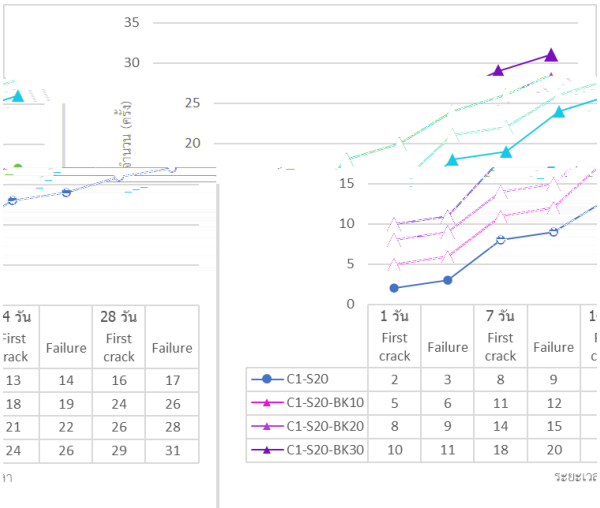
3.3.3 *ผลการทดสอบรับแรงกระแทกของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมอิฐมอญแทนทรายโดยปริมาตร*

จากผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.9 มอร์ตาร์ที่ผสมกับอิฐมอญเปรียบเทียบผลการทดสอบกับมอร์ตาร์ควบคุม โดยมอร์ตาร์ที่ผสมอิฐมอญที่ร้อยละ 10 แทนทรายโดยปริมาตรพบว่าความสามารถในการรับแรงกระแทกที่จุด Failure ที่ 1 วัน, 7 วัน ,14วัน และ28 วัน เพิ่มขึ้น 100% ,33% ,36% และ53% ตามลำดับ

มอร์ตาร์ที่ผสมอิฐมอญที่ร้อยละ 20 แทนทรายโดยปริมาตรพบว่าความสามารถในการรับแรงกระแทกที่จุด Failure ที่ 1 วัน, 7 วัน ,14วัน และ28 วัน เพิ่มขึ้น 200% ,67% ,57% และ65% ตามลำดับ

มอร์ตาร์ที่ผสมอิฐมอญที่ร้อยละ 30 แทนทรายโดยปริมาตรพบว่าความสามารถในการรับแรงกระแทกที่จุด Failure ที่ 1 วัน, 7 วัน ,14วัน และ28 วัน ลดลง 267% ,122% ,86% และ82% ตามลำดับ

การนำอิฐมอญมาผสมกับมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 จะทำให้มอร์ตาร์มีความสามารถในการรับแรงกระแทกได้ดีขึ้น จะสังเกตได้ว่าเมื่อปริมาณอิฐมอญที่ทำมาผสมเพิ่มขึ้นจะทำให้ความสามารถรับแรงกระแทกของมอร์ตาร์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 3.9 เปรียบเทียบการทดสอบรับแรงกระแทกของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมอิฐมอญ

3.4 ผลการทดสอบรอยต่อรับแรงกระแทก

4. สรุปผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบทั้ง 4 การทดสอบเมื่อทำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุมสามารถสรุปผลออกมาได้ดังนี้

4.1 ขนาดของมวลรวมมีผลต่อคุณสมบัติเชิงกลอย่างชัดเจนแสดงให้เห็นจากการทดสอบของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ขนาดของมวลรวมต่างกัน โดยมอร์ตาร์ที่ใช้มวลรวมที่มีขนาดคละกันจะมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีกว่ามอร์ตาร์ที่ใช้มวลรวมเพียงขนาดเดียว และเมื่อขนาดของมวลรวมที่ใช้มีขนาดเล็กลงจะส่งผลให้คุณสมบัติเชิงกลลดลงไปเด้วยเช่นกัน

4.2 การนำหินฝุ่นมาผสมกับมอร์ตาร์แทนที่ทรายโดยปริมาตร ในการทดสอบกำลังรับแรงอัดในช่วงแรกมอร์ตาร์จะมีกำลังรับแรงอัดและแรงดึงน้อยกว่ามอร์ตาร์ควบคุม แต่เมื่ออายุของมอร์ตาร์ที่ผสมหินฝุ่นครบ 28 วัน จะมีกำลังรับแรงอัดและแรงดึงมากกว่ามอร์ตาร์ควบคุม โดยที่ปริมาณหินฝุ่นที่ใช้เพิ่มขึ้น กำลังรับแรงอัดและแรงดึงก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่วนในการทดสอบแรงกระแทกและรอยต่อรับแรงกระแทกพบว่าเมื่อหินฝุ่นที่ใช้มีปริมาณเพิ่มขึ้นการรับแรงกระแทกและรอยต่อรับแรงกระแทกจะน้อยลดตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณหินฝุ่นที่ใช้ผสมกับมอร์ตาร์

4.3 การนำอิฐมอญมาใช้ผสมกับมอร์ตาร์แทนที่ทรายโดยปริมาตร พบว่าในทุกการทดสอบคุณสมบัติเชิงกล เมื่อปริมาตรอิฐมอญที่ใช้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นคุณสมบัติเชิงกลของมอร์ตาร์ก็จะดีขึ้นตามปริมาณอิฐมอญที่เพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบสำนักบริหารบำรุงทางกรมทางหลวง (2550). คู่มือตรวจสอบและประเมินสภาพความเสียหายของผิวทาง.

[2] จุฑา มีพฤกษ์ (2554). การพัฒนาคอนกรีตสมรรถนะสูงมากเพื่อการซ่อมแซมพื้นผิวถนนคอนกรีตโดยวิธีเททับหน้า. วิทยานิพนธ์. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา. คณะวิศวกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[3] ชูเกียรติ ชูสกุล, ขวัญชีวา หยงสตาร์ (2561). กำลังอัดของมอร์ตาร์ที่ใช้หินฝุ่นแทนทราย. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, ฉบับที่ 10 หน้า 324-332.

[4] อรรถพล มาลัย (2556). การพัฒนากำลังอัดคอนกรีตผสมเถ้าแกลบด้วยหินฝุ่นแทนทรายและจุลินทรีย์ อี.เอ็ม. วิทยานิพนธ์. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา. คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.

[5] ทรงสุดา วิจารณ์ (2563). การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นของการนำเศษอิฐมอญมาใช้เป็นวัสดุทดแทนมวลรวมละเอียดและปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์บางส่วนในงานคอนกรีต. เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25