

## การศึกษาคุณสมบัติและพฤติกรรมของมอร์ตาร์สดที่ผสมกับ เศษลวดสลิง เม็ดเซรามิกส์ และยางรถยนต์ใช้ในการซ่อมแซมผิวหน้าของคอนกรีต

### The Study of Properties and Behavior of Fresh Mortar Mixed Wire rope sling, Ceramic breads, and Rubber in Concrete Surface

ศุภกร ประพัทธ์<sup>1,\*</sup> และ รัตชัยน์ สลับศรี<sup>2,\*\*</sup>

<sup>1,2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันวิศวกรรมและอุตสาหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร กรุงเทพมหานคร จ.กรุงเทพฯ  
E-mail address: \*suphakorn@mut.ac.th, \*\* rattachais25@gmail.com

#### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนองานวิจัยที่ศึกษาพฤติกรรม คุณสมบัติของมอร์ตาร์ที่ผสมวัสดุพิเศษ ได้แก่ เศษลวดสลิง เม็ดเซรามิกส์ และยางรถยนต์ เพื่อนำมาปรับปรุงสมบัติของมอร์ตาร์ ได้แก่ ความต้องการน้ำ ความสามารถในการไหล การทดสอบหาความต้านทานแรงอัด โดยได้ทำการทดสอบมอร์ตาร์ควบคุมสูตร C1-S20 ที่ใช้ทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 เปรียบเทียบกับ มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ขนาดทรายต่างกัน มอร์ตาร์ที่ผสมเศษลวดสลิงขนาด 10 ถึง 30 มิลลิเมตร มอร์ตาร์ที่ผสมเม็ดเซรามิกส์ และมอร์ตาร์ผสมยางรถยนต์ที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20

ผลการศึกษาพบว่า มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 พบว่าเมื่อทรายมีขนาดเล็กลง ส่งผลให้ความต้องการน้ำเพิ่มขึ้น ความสามารถในการไหลเพิ่มขึ้น และความต้านทานแรงอัดเพิ่มขึ้น มอร์ตาร์ที่ผสมเศษลวดสลิง เมื่อปริมาณลวดสลิงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความต้องการน้ำลดลง ความสามารถในการไหลลดลง และความต้านทานแรงอัดเพิ่มขึ้น มอร์ตาร์ที่ผสมเม็ดเซรามิกส์ เมื่อปริมาณเม็ดเซรามิกส์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความต้องการน้ำลดลง ความสามารถในการไหลเพิ่มขึ้น และความต้านทานแรงอัดลดลงและมอร์ตาร์ที่ผสมยางรถยนต์ เมื่อปริมาณยางรถยนต์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความต้องการน้ำลดลง ความสามารถในการไหลลดลง และความต้านทานแรงอัดลดลง

คำสำคัญ: มอร์ตาร์, ซีเมนต์ประเภทที่ 1, เศษลวดสลิง, เม็ดเซรามิกส์, เศษยางรถยนต์

#### Abstract

This article present Fresh mortar's properties mixed with special materials, such as Wire rope sling, Ceramic breads, and Rubber. Fresh mortar's properties improved. Including Water demand, Workability, and Testing for compressive strength. Use the mortar C1-S20 Portland cement with various size of sand, Mortar used type 1 Portland cement with various size of sand. Compared Mortar used type 1 Portland cement with various size of sand, Mortar mixed wire rope sling, Mortar mixed ceramic breads, Mortar mixed rubber.

The result showed that mortar used type 1 Portland cement when the sand is smaller, resulting increased water requirements, increased flowability, and increased compressive strength. Mortar mixed wire rope sling when the amount of wire rope sling, resulting in reduced water requirements, reduced

flowability, and increased compressive strength. Mortar mixed ceramic breads when amount of ceramic breads increased, resulting in reduced water demand, increased flowability, and reduced compressive strength. Moreover, Mortar mixed rubber when amount of rubber increased, resulting in reduced water requirement, reduced flowability, and reduced compressive strength.

Keywords: Mortar, Type 1 Portland cement, Wire rope sling, Ceramic breads, Rubber

#### 1. บทนำ

ในปัจจุบันถนนคอนกรีตเป็นที่นิยมและมีการใช้งานแพร่หลาย เนื่องจากถนนคอนกรีตก่อสร้างที่ง่ายและรับกำลังได้สูง แต่เมื่อมีการใช้งานเป็นระยะเวลานานถนนคอนกรีตก็จะเกิดการแตกร้าวที่บริเวณผิวหน้าของถนนคอนกรีตเนื่องจากการรับน้ำหนักบรรทุกทุก[1] จึงต้องมีการซ่อมแซมด้วยวิธีการที่เหมาะสม

วิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ วิธีการเททับหน้า[2] แต่เมื่อมีการซ่อมแซมผิวคอนกรีตในระยะแรกพบว่าคอนกรีตใหม่ที่นำมาซ่อมแซมจะมีโอกาสสูงที่จะหดตัวเนื่องจากการทำปฏิกิริยาของคอนกรีต ในขณะที่การหดตัวของคอนกรีตเดิมนั้นเกิดขึ้นเกือบจะสมบูรณ์แล้ว และการหดตัวของคอนกรีตใหม่จึงถูกยึดรั้งตรงบริเวณรอยต่อกับคอนกรีตเดิม ส่งผลให้เกิดหน่วยแรงดึงขึ้นในคอนกรีตใหม่ที่ซ่อมแซมและเกิดแรงเฉือนและหน่วยแรงดึงฉากตรงบริเวณรอยต่อ เมื่อหน่วยแรงที่เกิดขึ้นมีค่ามากกว่ากำลังรับแรงดึงของคอนกรีตใหม่ที่ใช้ซ่อมแซมหรือกำลังมากกว่ากำลังยึดเหนี่ยวบริเวณรอยต่อ จะส่งผลให้เกิดการแตกร้าวที่บริเวณคอนกรีตใหม่หรือการหลุดออกของพื้นใหม่ที่เททับหน้า ซึ่งเป็นปัญหาที่มักจะมีพบมากที่สุดกรณีที่ใช้วัสดุซ่อมแซมไม่เหมาะสม

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นจึงมีแนวคิดที่จะนำเศษลวดสลิง เม็ดเซรามิกส์ และยางรถยนต์ แสดงดังรูปที่ 1.1 ถึง 1.3 ตามลำดับ มาปรับปรุงคุณสมบัติของมอร์ตาร์ให้มีคุณสมบัติของมอร์ตาร์สดที่ดีขึ้นและคุณสมบัติเชิงกลได้ดีมากขึ้น



รูปที่ 1.1 เศษลวดสลิ้ง ขนาดความยาว 10 ถึง 30 มิลลิเมตร



รูปที่ 1.2 เม็ดเซรามิกส์

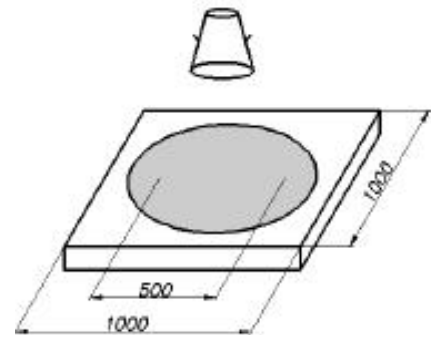


รูปที่ 1.3 ยางรถยนต์บดละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20

## 2. วิธีการทดสอบ

### 2.1 การทดสอบระยะเวลาและเวลาการไหลแผ่

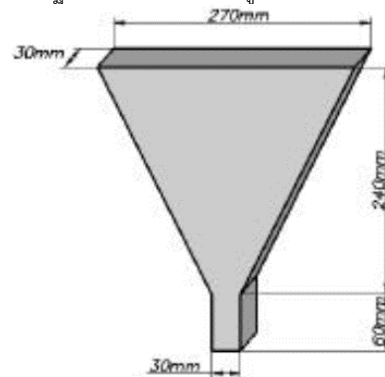
ก่อนการเทมอร์ตาร์ได้ทำการควบคุมระยะเวลาการไหลแผ่ให้อยู่ในระยะ 67.5 ถึง 72.5 เซนติเมตร โดยใช้ระยะเวลาการไหลแผ่ตามมาตรฐาน ASTM C 1611 [3] ขณะเดียวกันใช้ค่าทำการทดสอบเวลาในการไหลที่ระยะ 50 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 2.1 กำหนดอยู่ในช่วง 3 ถึง 7 วินาที โดยใช้ค่ามาตรฐานตาม EFNARC [4] ซึ่งถ้าค่าการไหลไม่เป็นไปตามที่ออกแบบ ทำการปรับปรุงโดยการเติมน้ำเพื่อให้ได้ค่าการไหลเป็นไปตามที่ออกแบบ



รูปที่ 2.1 การทดสอบระยะเวลาการไหลแผ่และเวลาของการไหลที่ระยะ 50 เซนติเมตร

### 2.2 การดำเนินการแยกตัวด้วยการไหลผ่านกล่องทรงวี

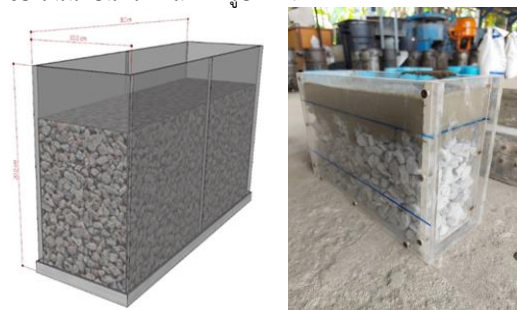
การไหลผ่านกล่องรูปทรงวีจะให้อยู่ในช่วงเวลา 6 - 12 วินาที โดยใช้ค่าเวลาตามมาตรฐาน EFNARC แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 กล่องรูปทรงวี

### 2.3 การทดสอบการไหลซึมผ่านหิน

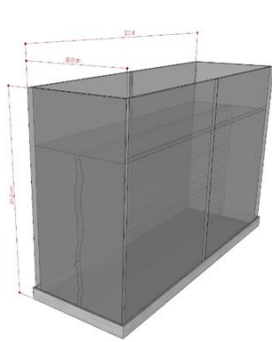
เป็นการจำลองการทดสอบเพื่อประเมินความสามารถในการไหลซึมของซีเมนต์มอร์ตาร์ผ่านหินขนาด 3/4 นิ้ว ซึ่งเป็นหิน ขนาดเท่ากับหินที่ใช้ในชั้นผิวทางของถนนคอนกรีต แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กล่องรูปทรงยาวสำหรับใส่หิน

### 2.4 การทดสอบไหลซึมผ่านรอยแยก

เพื่อประเมินความสามารถในการไหลซึมของซีเมนต์มอร์ตาร์ผ่านรอยแยกขนาด 5 มิลลิเมตร ที่บริเวณผิวหน้า และแนบสนิทที่บริเวณด้านล่าง โดยมีความสูงจากผิวหน้าถึงบริเวณด้านล่าง 150 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นการจำลองรอยแยกที่เกิดขึ้นในพื้นที่ผิวถนนคอนกรีต แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 กล่องรูปทรงยาวจำลองรอยแยก

### 2.5 การทดสอบความต้านทานแรงอัด

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 109/c 109M-95 Standard Test Method for Compression Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or (50 mm) Cubic Specimens) [5] โดยทำการทดสอบที่ 6 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน ใช้ตัวอย่างทดสอบรูปลูกบาศก์ ขนาด 50 มิลลิเมตร x 50 มิลลิเมตร x 50 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การทดสอบหาความต้านทานแรงอัดของซีเมนต์มอร์ตาร์

### 3. การออกแบบตัวอย่างทดสอบ

การนำค่าอัตราส่วนในตารางที่ 3.1 ไปทำการคำนวณหาปริมาตรสัดส่วนใน 1 ลูกบาศก์เมตร แสดงในตารางที่ 3.2 โดยอัตราส่วนวัสดุผสม แปรผันตามความสามารถในการไหลแผ่ของมอร์ตาร์เท่ากับ  $70 \pm 2.5$  เซนติเมตร ใช้น้ำยาผสมเพิ่มสารลดน้ำ 8.04 ลิตร และสารกักกระจายฟองอากาศ 3.90 ลิตร เท่ากันในทุกสูตร

#### 3.1 การอ่านสัญลักษณ์

C1 คือ ซีเมนต์ประเภทที่ 1

S คือ ทราย ตัวเลขต่อท้าย คือ เบอร์ที่ร้อนผ่านตะแกรงเบอร์

WR คือ ลวดสลิง ตัวเลขต่อท้าย คือ เปอร์เซ็นต์ต่อซีเมนต์ของลวดสลิงผสมเพิ่ม

CB คือ เม็ดเซรามิกซ์ ตัวเลขต่อท้าย คือ เปอร์เซ็นต์เม็ดเซรามิกซ์แทนที่ทราย

CT คือ ยางรถยนต์ ตัวเลขต่อท้าย คือ เปอร์เซ็นต์ยางรถยนต์ผสมแทนที่ทราย

ตัวอย่างการอ่านสัญลักษณ์ เช่น C1-S20\_30 คือ ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ค้างตะแกรงเบอร์ 30, C1-S20-CT10 คือ ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ผสมยางรถยนต์แทนที่ทราย ร้อยละ 10 โดยปริมาตร

#### ตารางที่ 3.1 กำหนดอัตราส่วนผสมพื้นฐาน

มวลรวมละเอียดต่อซีเมนต์	อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุผสม	สารลดน้ำ	สารกักกระจายฟองอากาศ
2.75	แปรผันตามความสามารถในการไหลแผ่ของมอร์ตาร์ เท่ากับ $70 \pm 2.5$ เซนติเมตร	0.015	0.01

#### ตารางที่ 3.2 อัตราส่วนมอร์ตาร์ใน 1 ลูกบาศก์เมตร

สัญลักษณ์	ซีเมนต์ (กก.)	ทราย (กก.)	ลวดสลิง (กก.)	เม็ดเซรามิกซ์ (กก.)	ยางรถยนต์ (กก.)
C1-S20_30	535.79	1473.49	-	-	-
C1-S30_40	535.79	1473.49	-	-	-
C1-S20	535.79	1473.49	-	-	-
C1-S20-WR05	535.77	1473.36	26.79	-	-
C1-S20-WR10	535.75	1473.31	53.57	-	-
C1-S20-WR15	535.73	1473.25	80.36	-	-
C1-S20-CB01	535.79	1458.69	-	20.2	-
C1-S20-CB02	535.79	1443.79	-	40.41	-
C1-S20-CB03	535.79	1429.22	-	60.61	-
C1-S20-CT10	535.79	1326.08	-	-	50.23
C1-S20-CT20	535.79	1178.74	-	-	100.46
C1-S20-CT30	535.79	1031.4	-	-	150.69

#### ตารางที่ 3.3 แสดงจำนวนชิ้นตัวอย่างทดสอบ

รายการทดสอบ	V funnel	Flow Cone	ไหลซึมผ่านหิน	ไหลซึมผ่านรอยแยก	รวมจำนวน
C1-S20_30	1	1	1	1	4
C1-S30_40	1	1	1	1	4
C1-S20	1	1	1	1	4
C1-S20-WR05	1	1	1	1	4
C1-S20-WR10	1	1	1	1	4
C1-S20-WR15	1	1	1	1	4
C1-S20-CB01	1	1	1	1	4
C1-S20-CB02	1	1	1	1	4
C1-S20-CB03	1	1	1	1	4
C1-S20-CT10	1	1	1	1	4
C1-S20-CT20	1	1	1	1	4
C1-S20-CT30	1	1	1	1	4
รวมทั้งหมก					48

### 4. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

จากการทดสอบทั้งหมด 5 วิธีการทดสอบ และนำมาเปรียบเทียบผลการทดสอบกับมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ทรายร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 หรือมอร์ตาร์ควบคุมมีผลการทดสอบแสดงดังนี้

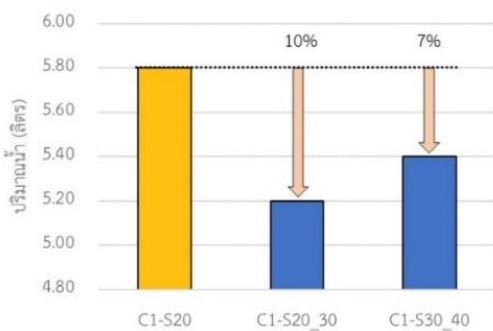
#### 4.1 การทดสอบการไหลแผ่และเวลาการไหล

##### 4.1.1 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1

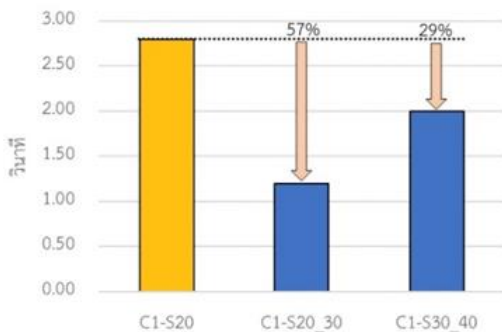
จากการทดสอบการไหลและเวลาการไหลพบว่า ความต้องการน้ำของซีเมนต์ประเภทที่ 1 โดยสูตร C1-S20 มีความต้องการน้ำมากที่สุด ผลการทดสอบสูตร C1-S20\_30, C1-S30\_40 มีความต้องการน้ำลดลงลดร้อยละ 10, 7 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.1

ระยะเวลาการไหลที่ระยะ 50 เซนติเมตร ของซีเมนต์ประเภทที่ 1 จะเปรียบเทียบการใช้ขนาดของมวลรวมโดยสูตร C1-S20 มีระยะเวลาการไหลมากที่สุด ผลการทดสอบสูตร C1-S20\_30, C1-S30\_40 ลดลงร้อยละ 57, 29 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.2

จะสังเกตได้ว่าเมื่อขนาดของมวลรวมมีการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลต่อความต้องการน้ำของซีเมนต์มอร์ตาร์และเวลาการไหล การใช้มวลรวมที่มีขนาดคละกัน คือ มอร์ตาร์ควบคุมพบว่ามีความต้องการน้ำและใช้เวลาการไหลมากที่สุด และการใช้มวลรวมที่มีขนาดเดียวจะส่งผลให้ความต้องการน้ำและการไหลลดลง



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบความต้องการน้ำ ของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1



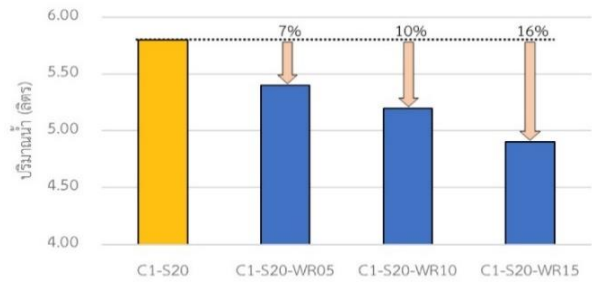
รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบเวลาการไหลที่ระยะ 50 เซนติเมตร ของมอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1

#### 4.4.2 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมกับลวดสลิ้ง

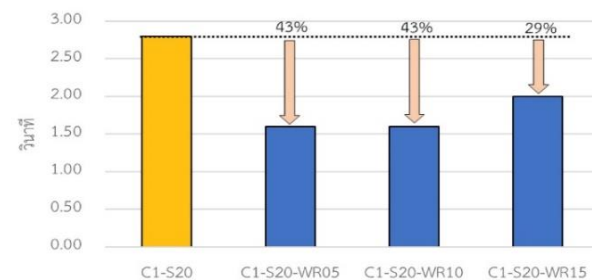
จากการทดสอบการไหลและเวลาการไหลพบว่า ความต้องการน้ำของซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมลวดสลิ้ง มีผลการทดสอบมอร์ตาร์สูตร C1-S20-WR05, C1-S20-WR10 และ C1-S20-WR15 มีความต้องการน้ำลดลงลดร้อยละ 7, 10 และ 16 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุม แสดงดังรูปที่ 4.3

ระยะเวลาการไหลที่ระยะ 50 เซนติเมตร ของมอร์ตาร์ที่ผสมลวดสลิ้ง มีผลการทดสอบของสูตร C1-S20-WR05, C1-S20-WR10 และ C1-S20-WR15 มีเวลาการไหลลดลงร้อยละ 43, 43 และ 29 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุมแสดงดังรูปที่ 4.4

จากการที่นำลวดสลิ้งมากผสมเพิ่มพบว่า เมื่อปริมาณลวดสลิ้งเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความต้องการน้ำลดลง ส่วนเวลาการไหลที่ระยะ 50 เซนติเมตร เมื่อปริมาณลวดสลิ้งเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เวลาการไหลลดลงเมื่อเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุม



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบความต้องการน้ำ โดยผสมลวดสลิ้ง



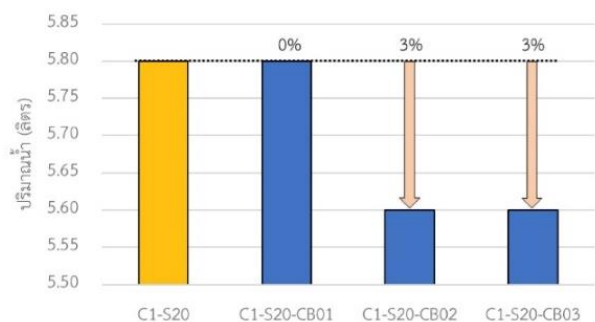
รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบระยะเวลาการไหลที่ระยะ 50 เซนติเมตร โดยผสมลวดสลิ้ง

#### 4.1.3 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมเม็ดเซรามิกซ์

จากการทดสอบการไหลและเวลาการไหลพบว่า ความต้องการน้ำของซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมเม็ดเซรามิกซ์ มีผลการทดสอบมอร์ตาร์ C1-S20-CB01, C1-S20-CB02 และ C1-S20-CB03 มีความต้องการน้ำลดลงลดร้อยละ 0, 3 และ 3 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุม แสดงดังรูปที่ 4.5

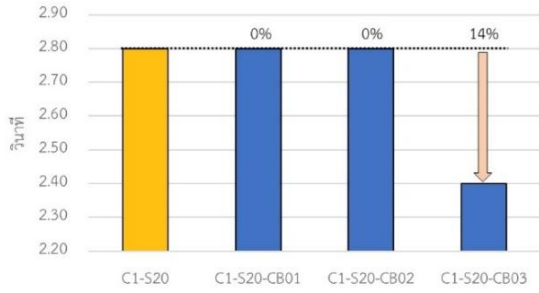
ระยะเวลาการไหลที่ระยะ 50 เซนติเมตร ของมอร์ตาร์ที่ผสมเม็ดเซรามิกซ์ มีผลการทดสอบของสูตร C1-S20-CB01, C1-S20-CB02 และ C1-S20-CB03 มีเวลาการไหลลดลงร้อยละ 0, 0 และ 14 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุมแสดงดังรูปที่ 4.6

จากการทดสอบพบว่าเมื่อมีการใช้เม็ดเซรามิกซ์ผสมกับมอร์ตาร์มากขึ้น จะทำให้ความต้องการน้ำและเวลาการไหลที่ระยะ 50 เซนติเมตรลดลง



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบความต้องการน้ำ โดยผสมเม็ดเซรามิกซ์





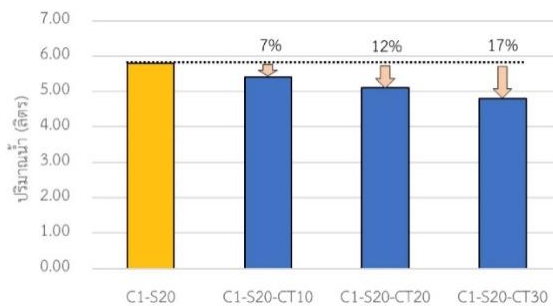
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบระยะเวลาการไหลผ่านที่ 50 เซนติเมตร โดยผสมเม็ดเซรามิกซ์

#### 4.1.4 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมยางรถยนต์

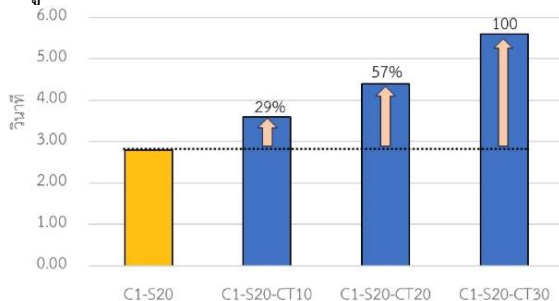
จากการทดสอบการไหลผ่านและเวลาการไหลพบว่า ความต้องการน้ำของซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมยางรถยนต์ มีผลการทดสอบมอร์ตาร์ C1-S20-CT10, C1-S20-CT20 และ C1-S20-CT30 มีความต้องการน้ำลดลง ร้อยละ 7, 12 และ 17 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุมแสดงดังรูปที่ 4.7

ระยะเวลาการไหลผ่านที่ระยะ 50 เซนติเมตร ของมอร์ตาร์ที่ผสมยางรถยนต์มีผลการทดสอบมอร์ตาร์ C1-S20-CT10, C1-S20-CT20 และ C1-S20-CT30 มีเวลาการไหลเพิ่มขึ้นร้อยละ 29, 57 และ 100 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุมแสดงดังรูปที่ 4.8

จากผลการทดสอบการนำยางรถยนต์มาผสมเพิ่มกับมอร์ตาร์พบว่า เมื่อมีการใช้ยางรถยนต์มาผสมเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้มอร์ตาร์มีความต้องการน้ำลดลง แต่จะทำให้มอร์ตาร์มีความหนืดเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน จึงเป็นผลให้การไหลที่ระยะ 50 เซนติเมตรของมอร์ตาร์ที่ผสมยางรถยนต์ ใช้เวลาการไหลเพิ่มมากขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของยางรถยนต์



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบความต้องการน้ำ โดยผสมยางรถยนต์



รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบระยะเวลาการไหลผ่านที่ 50 เซนติเมตร โดยยางรถยนต์

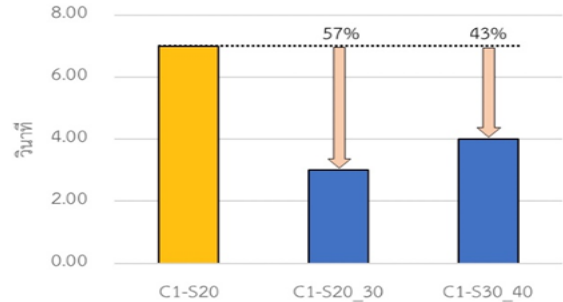
## 4.2 การทดสอบไหลผ่านกลองรูปทรงวี

### 4.2.1 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1

ระยะเวลาในการไหลผ่านกลองรูปทรงวีของซีเมนต์ประเภทที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบขนาดของมวลรวม โดยสูตร C1-S20 มีระยะเวลาการไหลมากที่สุด

ผลการทดสอบสูตร C1-S20\_30, C1-S30\_40 เร็วขึ้นร้อยละ 57, 43 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.9

ขนาดของมวลรวมที่ต่างกันจะส่งผลให้เวลาการไหลผ่านกลองรูปทรงวีแตกต่างกันไปด้วย โดยมอร์ตาร์ควบคุมที่ใช้มวลรวมที่มีขนาดละเอียดจะไม่ดีเท่าและใช้เวลานานกว่ามอร์ตาร์ที่ใช้มวลรวมเพียงขนาดเดียว

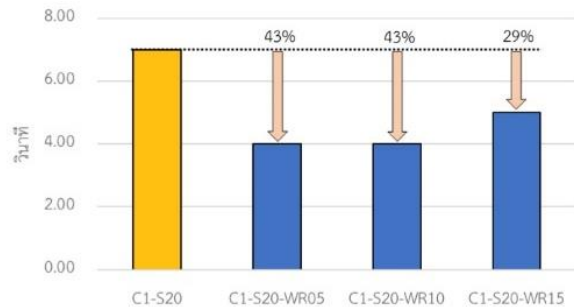


รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบการไหลผ่านกลองรูปทรงวี ซีเมนต์ประเภทที่ 1

### 4.2.2 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมกับลาวาสลิ่ง

เวลาในการไหลผ่านกลองของซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมลาวาสลิ่ง มีผลการทดสอบมอร์ตาร์สูตร C1-S20-WR05, C1-S20-WR10 และ C1-S20-WR15 ใช้เวลาในการไหลลดลงร้อยละ 43, 43 และ 29 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุมแสดงดังรูปที่ 4.10

จากผลการทดสอบเมื่อปริมาณลาวาสลิ่งที่ใช้ผสมมอร์ตาร์เพิ่มมากขึ้น จะทำให้การไหลผ่านกลองรูปทรงวีไหลได้ดีขึ้น ใช้เวลาในการไหลผ่านกลองรูปทรงวีน้อยลง

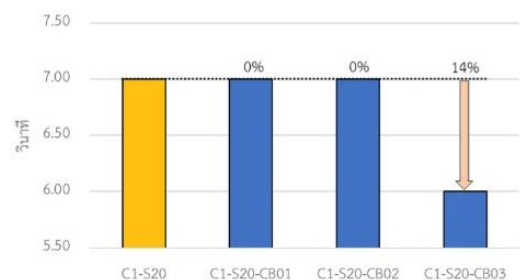


รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบการไหลผ่านกลองรูปทรงวี โดยลาวาสลิ่ง

### 4.2.3 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมเม็ดเซรามิกซ์

เวลาการไหลผ่านกลองรูปทรงวีของซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมเม็ดเซรามิกซ์ มีผลการทดสอบมอร์ตาร์ C1-S20-CB01, C1-S20-CB02 และ C1-S20-CB03 ใช้เวลาในการไหลผ่านกลองรูปทรงวีลดลง 0%, 0% และ 14% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุมแสดงดังรูปที่ 4.11

จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อปริมาณของเม็ดเซรามิกซ์เพิ่มขึ้น ส่งผลให้การไหลผ่านกลองรูปทรงวีใช้เวลาในการไหลได้เร็วขึ้น

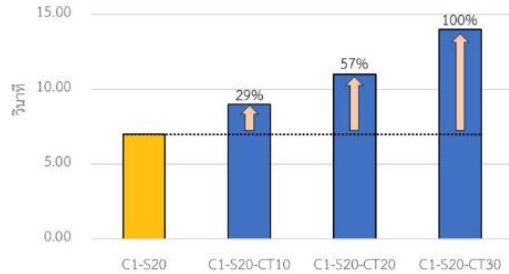


รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบการไหลผ่านกลองรูปทรงวี โดยเม็ดเซรามิกซ์

#### 4.2.4 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมยางรถยนต์

เวลาการไหลผ่านกล่องทรงวีของซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมยางรถยนต์ มีผลการทดสอบมอร์ตาร์ C1-S20-CT10, C1-S20-CT20 และ C1-S20-CT30 ใช้เวลาในการไหลผ่านกล่องทรงวีเพิ่มขึ้นร้อยละ 29, 57 และ 100 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุมแสดงดังรูปที่ 4.12

จากการทดสอบพบว่าเมื่อปริมาณยางรถยนต์เพิ่มมากขึ้นจะทำให้มอร์ตาร์มีความหนืดเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้เวลาการไหลผ่านกล่องทรงวีใช้เวลาไหลเพิ่มมากขึ้น



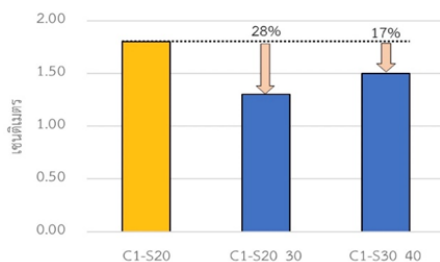
รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบการไหลผ่านกล่องทรงวี โดยยางรถยนต์

#### 4.3 การไหลซึมผ่านหิน

##### 4.3.1 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1

การไหลซึมผ่านหินของซีเมนต์ประเภทที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบขนาดมวลรวม โดยที่สูตร C1-S20 มีการไหลซึมมากที่สุด ผลการทดสอบสูตร C1-S20\_30 และ C1-S30\_40 ลดลงร้อยละ 28 และ 17 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.13

จากผลการทดสอบจะสังเกตว่า มอร์ตาร์ที่ใช้มวลรวมที่มีขนาดคละกัน คือ มอร์ตาร์ควบคุมไหลซึมผ่านหินได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ที่ใช้มวลรวมเพียงขนาดเดียว

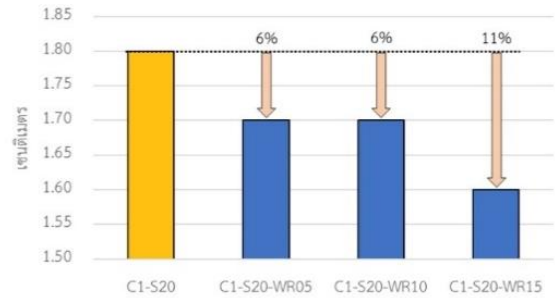


รูปที่ 4.13 การไหลซึมผ่านหินของซีเมนต์ประเภทที่ 1

##### 4.3.2 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมกับลวดสลิ้ง

การไหลผ่านหินของซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมลวดสลิ้ง มีผลการทดสอบมอร์ตาร์สูตร C1-S20-WR05, C1-S20-WR10 และ C1-S20-WR15 มีระยะการซึมผ่านลดลงร้อยละ 6, 6 และ 11 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุมแสดงดังรูปที่ 4.14

จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อปริมาณลวดสลิ้งเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้การซึมผ่านหินของตัวมอร์ตาร์ลดลงตามการเพิ่มขึ้นของลวดสลิ้ง

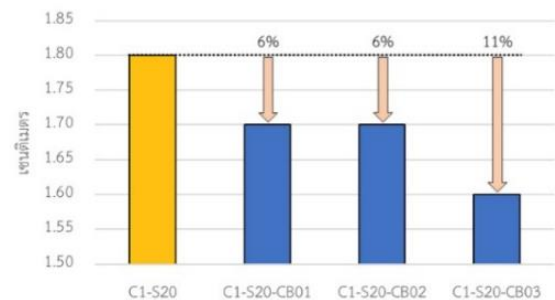


รูปที่ 4.14 การไหลซึมผ่านหิน โดยลวดสลิ้ง

##### 4.3.3 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมเม็ดเซรามิกซ์

การไหลผ่านหินของซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมเม็ดเซรามิกซ์ มีผลการทดสอบมอร์ตาร์ C1-S20-CB01, C1-S20-CB02 และ C1-S20-CB03 มีระยะการซึมผ่านลดลงร้อยละ 6, 6 และ 11 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุมแสดงดังรูปที่ 4.15

จากการทดสอบพบว่ามอร์ตาร์ที่นำเม็ดเซรามิกซ์มาผสมเพิ่มเมื่อปริมาณเม็ดเซรามิกซ์เพิ่มขึ้นจะทำให้การไหลซึมผ่านหินลดลงตามการเพิ่มขึ้นของเม็ดเซรามิกซ์

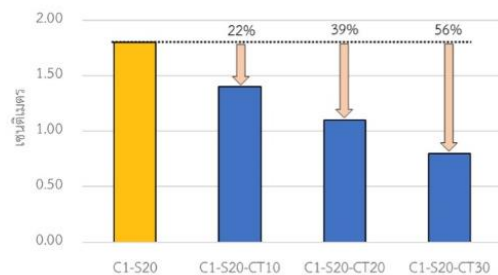


รูปที่ 4.15 การไหลซึมผ่านหิน โดยเม็ดเซรามิกซ์

##### 4.3.4 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมยางรถยนต์

การไหลผ่านหินของซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมยางรถยนต์ มีผลการทดสอบมอร์ตาร์ C1-S20-CT10, C1-S20-CT20 และ C1-S20-CT30 ระยะการซึมผ่านลดลงร้อยละ 22, 39 และ 56 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุมแสดงดังรูปที่ 4.16

จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อปริมาณยางรถยนต์ที่ผสมกับมอร์ตาร์เพิ่มมากขึ้นจะทำให้การไหลซึมผ่านหินมีระยะการไหลซึมลดลง



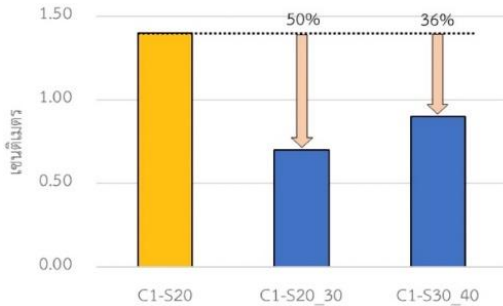
รูปที่ 4.16 การไหลซึมผ่านหิน โดยยางรถยนต์

#### 4.4 การไหลซึมผ่านรอยแยก

##### 4.4.1 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1

การไหลซึมผ่านรอยแยกของซีเมนต์ประเภทที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบขนาดของมวลรวม โดยที่สูตร C1-S20 มีการไหลซึมผ่านรอยแยกมากที่สุด

C1-S20\_30 และ C1-S30\_40 ลดลงร้อยละ 50 และ 36 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4.17

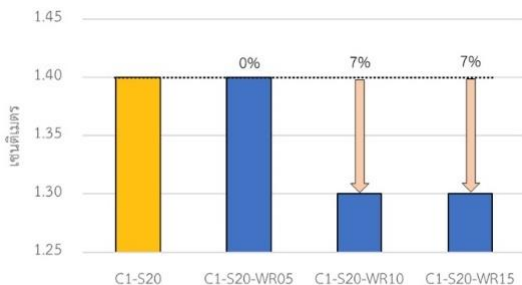


รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบการไหลซึมผ่านรอยแยก ซีเมนต์ประเภทที่ 1

#### 4.4.2 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมกับลวดสลิ้ง

การไหลผ่านรอยแยกของซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมลวดสลิ้ง มีผลการทดสอบมอร์ตาร์สูตร C1-S20-WR05, C1-S20-WR10 และ C1-S20-WR15 มีระยะการซึมผ่านลดลงร้อยละ 0, 7 และ 7 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุมแสดงดังรูปที่ 4.18

จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อปริมาณลวดสลิ้งเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้การซึมผ่านรอยแยกของตัวมอร์ตาร์ลดลงตามการเพิ่มขึ้นของลวดสลิ้ง

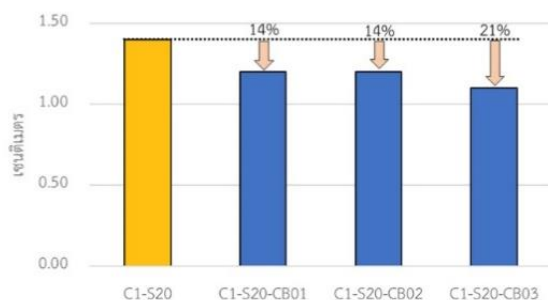


รูปที่ 4.18 การไหลซึมผ่านรอยแยก โดยลวดสลิ้ง

#### 4.4.3 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมเม็ดเซรามิกซ์

การไหลผ่านรอยแยกของซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมเม็ดเซรามิกซ์ มีผลการทดสอบมอร์ตาร์ C1-S20-CB01, C1-S20-CB02 และ C1-S20-CB03 มีระยะการซึมผ่านลดลงร้อยละ 14, 14 และ 21 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุมแสดงดังรูปที่ 4.15

จากการทดสอบพบว่ามอร์ตาร์ที่นำเม็ดเซรามิกซ์มาผสมเพิ่มเมื่อปริมาณเม็ดเซรามิกซ์เพิ่มขึ้นจะทำให้การไหลซึมผ่านหินลดลงตามการเพิ่มขึ้นของเม็ดเซรามิกซ์

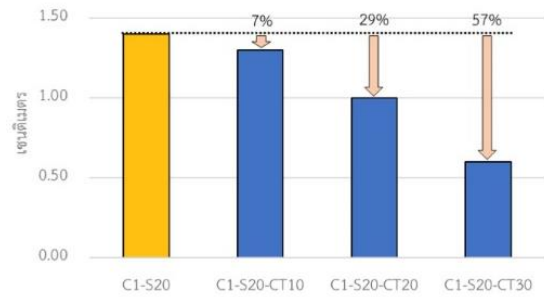


รูปที่ 4.19 การไหลซึมผ่านรอยแยก โดยเม็ดเซรามิกซ์

#### 4.4.4 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมยางรถยนต์

การไหลผ่านรอยแยกของซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมยางรถยนต์ มีผลการทดสอบมอร์ตาร์ C1-S20-CT10, C1-S20-CT20 และ C1-S20-CT30 ระยะการซึมผ่านลดลงร้อยละ 7, 29 และ 57 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับมอร์ตาร์ควบคุมแสดงดังรูปที่ 4.20

จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อปริมาณยางรถยนต์ที่ผสมกับมอร์ตาร์เพิ่มมากขึ้นจะทำให้การไหลซึมผ่านรอยแยกมีระยะการไหลซึมลดลง

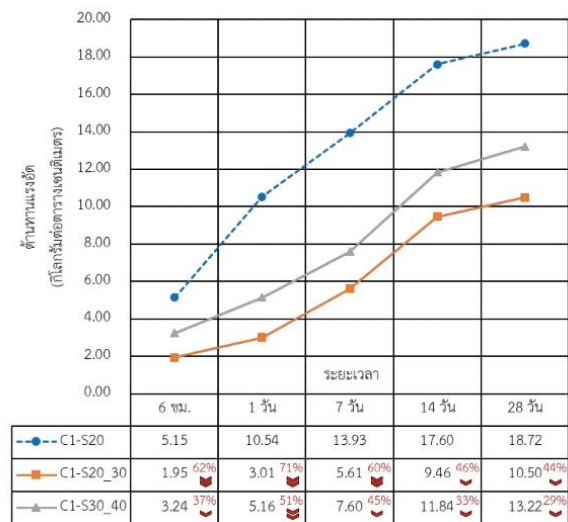


รูปที่ 4.20 การไหลซึมผ่านรอยแยก โดยยางรถยนต์

#### 4.5 การทดสอบความต้านทานแรงอัด

##### 4.5.1 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1

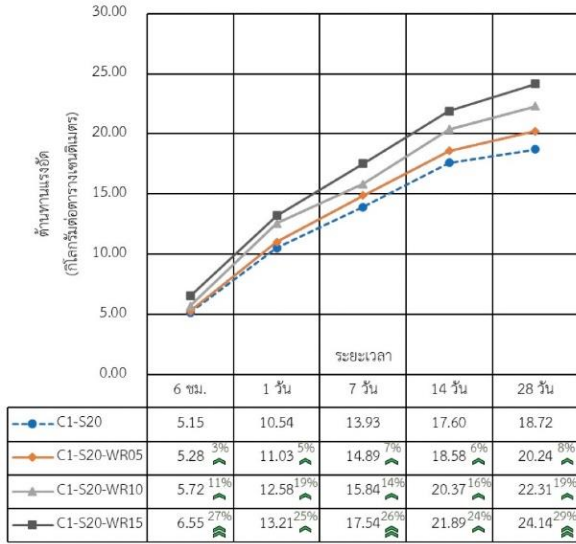
เป็นการเปรียบเทียบถึงความแตกต่างขนาดของมวลรวมทั้ง 3 สูตรพบว่าขนาดของมวลรวมมีผลต่อความต้านทานแรงอัด โดยขนาดมวลรวมของสูตร C1-S20 ที่ใช้ทรายแม่น้ำร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 ให้ค่าความต้านทานแรงอัดสูงที่สุด แสดงดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบความต้านทานแรงอัดของซีเมนต์ประเภทที่ 1

##### 4.5.2 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมกับลวดสลิ้ง

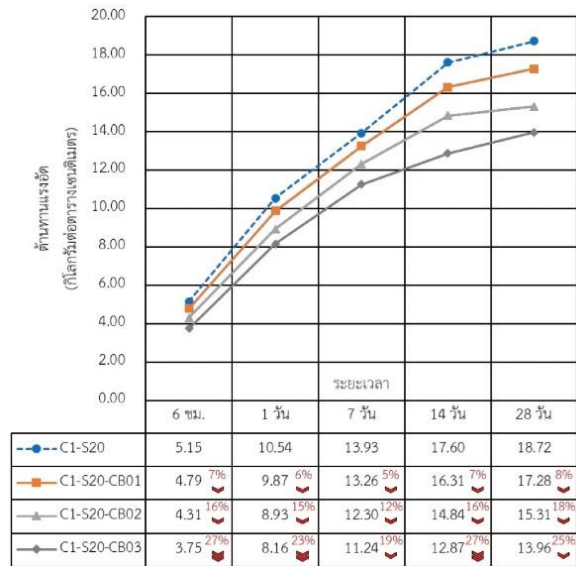
ผลการทดสอบด้านทานแรงอัดของมอร์ตาร์ที่นำลวดสลิ้งมาผสมพบว่าเมื่อปริมาณลวดสลิ้งเพิ่มขึ้น จะส่งผลต่อความต้านทานแรงอัดของมอร์ตาร์เพิ่มขึ้นตามไปด้วยโดยมอร์ตาร์ที่ผสมลวดสลิ้งสูตร C1-S20-WR15 มีความต้านทานแรงอัดมากที่สุด แสดงดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบความต้านทานแรงอัด โดยลวดสลิ้ง

#### 4.5.3 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมเม็ดเซรามิกซ์

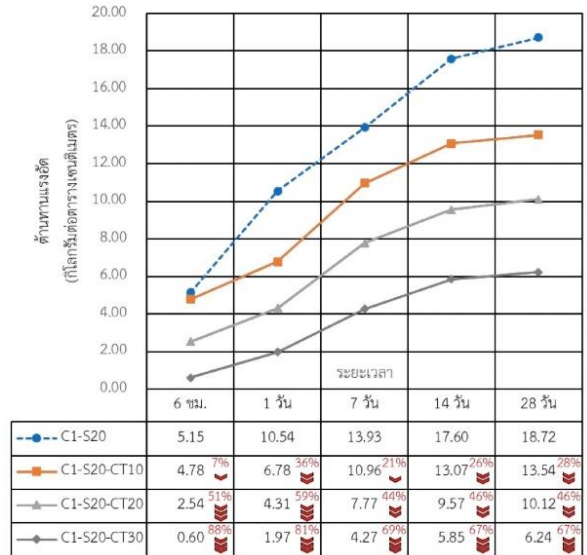
ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของมอร์ตาร์ที่ผสมเม็ดเซรามิกซ์พบว่าเมื่อปริมาณเม็ดเซรามิกซ์เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความต้านทานแรงอัดของมอร์ตาร์ลดลง เมื่อเปรียบเทียบความมอร์ตาร์ควบคุม แสดงดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 เปรียบเทียบความต้านทานแรงอัด โดยเม็ดเซรามิกซ์

#### 4.5.4 มอร์ตาร์ที่ใช้ซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผสมยางรถยนต์

ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดของมอร์ตาร์ที่ผสมยางรถยนต์พบว่าเมื่อปริมาณยางรถยนต์เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความต้านทานแรงอัดของมอร์ตาร์ลดลง เมื่อเปรียบเทียบความมอร์ตาร์ควบคุม แสดงดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 เปรียบเทียบความต้านทานแรงอัด โดยยางรถยนต์

## 5. สรุปผลการทดสอบ

5.1 ขนาดของมวลรวมส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงกายภาพของมอร์ตาร์ โดยที่มอร์ตาร์ที่ใช้มวลรวมที่มีขนาดละเอียดจะมีความต้องการน้ำเพิ่มมากขึ้น ใช้เวลาในการไหลที่ระยะที่ 50 เซนติเมตรและเวลาการไหลผ่านกล่องทรงรีมากที่สุด แต่จะมีความสามารถไหลซึมผ่านหินและรอยแยกที่ต่ำกว่ามอร์ตาร์ที่ใช้มวลรวมเพียงขนาดเดียว และมอร์ตาร์ที่ใช้มวลรวมที่มีขนาดละเอียดจะมีความต้านทานแรงอัดมากกว่ามอร์ตาร์ที่ใช้มวลรวมเพียงขนาดเดียว

5.2 มอร์ตาร์ที่ใช้ลวดสลิ้งมาผสมเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของมอร์ตาร์สรุปได้ว่า เมื่อปริมาณลวดสลิ้งเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มีความต้องการน้ำลดลง การไหลที่ระยะ 50 เซนติเมตรเร็วขึ้น เวลาการไหลผ่านกล่องทรงรีเร็วขึ้น แต่การไหลซึมผ่านหินและไหลซึมผ่านรอยแยกลดลง การต้านทานแรงอัดของมอร์ตาร์ที่ผสมลวดสลิ้งพบว่าลวดสลิ้งส่งผลให้มอร์ตาร์มีความสามารถในการต้านทานแรงอัดเพิ่มขึ้น

5.3 มอร์ตาร์ที่ใช้เม็ดเซรามิกซ์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของมอร์ตาร์สรุปได้ว่า เมื่อปริมาณเม็ดเซรามิกซ์เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มีความต้องการน้ำลดลง การไหลที่ระยะ 50 เซนติเมตรเร็วขึ้น เวลาการไหลผ่านกล่องทรงรีเร็วขึ้น แต่การไหลซึมผ่านหินและไหลซึมผ่านรอยแยกลดลง การต้านทานแรงอัดของมอร์ตาร์ที่ผสมเม็ดเซรามิกซ์พบว่าเม็ดเซรามิกซ์ส่งผลให้มอร์ตาร์มีความสามารถในการต้านทานแรงอัดลดลง

5.4 มอร์ตาร์ที่ใช้ยางรถยนต์เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของมอร์ตาร์สรุปได้ว่าเมื่อปริมาณยางรถยนต์เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มีความต้องการน้ำลดลง การไหลที่ระยะ 50 เซนติเมตรช้าขึ้น เวลาการไหลผ่านกล่องทรงรีช้าลง และการไหลซึมผ่านหินและไหลซึมผ่านรอยแยกลดลง การต้านทานแรงอัดของมอร์ตาร์ที่ผสมยางรถยนต์พบว่ายางรถยนต์ทำให้มอร์ตาร์มีความต้านทานแรงอัดลดลง

5.5 จากการที่นำวัสดุผสมพิเศษได้แก่ ลวดสลิ้ง เม็ดเซรามิกซ์ และยางรถยนต์ พบว่าลวดสลิ้งจะช่วยเพิ่มคุณสมบัติของมอร์ตาร์ได้ดีที่สุด และเพิ่มความสามารถในการต้านทานแรงอัดให้แก่มอร์ตาร์ให้มีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น เม็ดเซรามิกซ์จะช่วยเพิ่มคุณสมบัติของมอร์ตาร์ แต่จะไม่สามารถช่วยในการเพิ่มความต้านทานแรงอัดให้แก่มอร์ตาร์ได้ และยางรถยนต์ไม่สามารถช่วยในการเพิ่มคุณสมบัติให้แก่มอร์ตาร์และไม่สามารถช่วยในเรื่องความต้านทานแรงอัด



5.6 มอร์ตาร์ทุสตรการผสมในวิจัยนี้เมื่อนำมาใช้ซ่อมแซมพื้นผิวถนนพบว่า มอร์ตาร์ทุสตรที่ดีที่สุด คือ มอร์ตาร์ทุสตรที่ผสมลวงสลิงที่ร้อยละ 15 มีความสามารถในการแทรกซึมผ่านหินและรอยแยกได้ดีและทำให้ชั้นผิวถนนคอนกรีตแข็งแรงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรการผสมอื่น

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบสำนักบริหารบำรุงทางกรมทางหลวง (2550). คู่มือตรวจสอบและประเมินสภาพความเสียหายของผิวทาง.
- [2] จุฑา มีพฤษ (2554). การพัฒนาคอนกรีตสมรรถนะสูงมากเพื่อการซ่อมแซมพื้นผิวถนนคอนกรีตโดยวิธีเทพื้นหน้า. วิทยานิพนธ์. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา. คณะวิศวกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [3] ASTM (American Society for Testing and Materials), 2019, ASTM C 1611: Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete. ASTM INTERNATIONAL. [www.astm.org](http://www.astm.org).
- [4] EFNARC (European Federation of National Associations Representing producers and applicators of specialist building products for Concrete), 2002. specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete. [www.efnarc.org](http://www.efnarc.org).
- [5] ASTM (American Society for Testing and Materials), 2012. ASTM C109/C109M – Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars. ASTM INTERNATIONAL. [www.astm.org](http://www.astm.org).