# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนวิจัยจากงบประมาณเงินแผ่นดิน ประจำปี 2558 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ซึ่งทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีและผลงานส่วนหนึ่งที่เกิดขึ้นในงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ และสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่เป็นกำลังใจและให้คำปรึกษาอย่างดีมาโดยตลอด สุดท้ายนี้ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีที่ได้จากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ธีรินทร์ คงพันธุ์ และคณะ

2 พฤศจิกายน 2558

# บทคัดย่อ

**รหัสโครงการ** : A44/2558
**ชื่อโครงการ** : การพัฒนาสมบัติทางแรงดึงของคอนกรีตผสมขยะพลาสติก
**ชื่อนักวิจัย** : ดร.ธีรินทร์ คงพันธุ์, อาจารย์ปิยนุช ม่วงทอง, อาจารย์สุธน รุ่งเรือง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อนำขยะพลาสติกจากอุตสาหกรรมและครัวเรือน (แผ่นเพลตพลาสติก,โฟมและเม็ดพลาสติก) มาใช้ผสมปูนซีเมนต์ เพื่อผลิตเป็นมอร์ต้าร์ โดยใช้ขยะพลาสติกแต่ละชนิดเป็นวัสดุมวลละเอียดแทนบางส่วนของทราย และ ศึกษา สมบัติเชิงกล ได้แก่ค่ากำลังต้านทานแรงอัดและแรงดึงของมอร์ต้าร์ผสมขยะพลาสติกโดยเริ่มจากนำ มอร์ต้าร์ผสมในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก ซีเมนต์ : น้ำ : ทราย เท่ากับ 1 : 0.485 : 2.75ผสมขยะพลาสติกแต่ละชนิดทดสอบหากำลัง ต้านทานแรงอัดและแรงดึง ของมอร์ต้าร์ ผสมขยะพลาสติกแทนที่ทรายจาก แผ่นเพลตพลาสติก ,โฟมและเม็ดพลาสติกในอัตราส่วน 2.5, 5, 10 % ที่ระยะเวลาการบ่ม7,14และ28วัน

จากผลการทดสอบ พบว่ากำลังอัดอัตราส่วนผสมแผ่นเพลตพลาสติกเท่ากับ 2.5%โดยน้ำหนักที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน มีกำลังอัดเท่ากับ 44.03 MPaซึ่งมีค่ากำลังต้านทานแรงอัดสูงสุดและใกล้เคียง กับมอร์ต้าร์มาตรฐาน เนื่องจากเพลตพลาสติกที่ผ่านการบดมีลักษณะเป็นแท่ง และผิวมีทั้งขรุขระและผิวเรียบ ซึ่งเมื่อผสมกับมอร์ต้าร์จะส่งผลให้กำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์ ดีกว่าวัสดุผสมชนิดอื่นๆ และการทดสอบกำลังต้านทานแรงดึง ที่อัตราส่วนผสมเม็ดพลาสติก2.5% โดยน้ำหนักที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน มีกำลังดึงเท่ากับ 475.00KPaซึ่งมีค่ากำลังดึงสูงสุดและใกล้เคียงกับมอร์ต้าร์มาตรฐาน เนื่องจากเม็ดพลาสติกที่ผลิตพอลิเอทิลีน มีสมบัติเด่นด้าน ความเหนียวและทนทานต่อแรงดึง จึงทำให้มอร์ต้าร์มีกำลังต้านทานแรงดึงที่มากเพิ่มขึ้น

**คำสำคัญ :** ขยะพลาสติก, มอร์ต้าร์, พอลิเอทิลีน,พอลิสไตรีน, โฟม, แผ่นเพลตพลาสติก,เม็ดพลาสติก, กำลังอัด, กำลังดึง

---

**E-mail Address** :teerin.kon@rmutr.ac.th
**ระยะเวลาโครงการ** : 1 ตุลาคม พ.ศ.2557ถึงวันที่ 30 กันยายน 2558

# Abstract

**Code of Project** **: A44/2558**
Project name : Developing of Tensile Properties of Concrete Mixed with Plastic Waste
Researcher name : Dr.TeerinKongpun, Miss PiyanutMuangtong, Mr.SuthonRungruang

The objective of this study is bring plastic trashes from industry and household (plastic plate, foam and plastic beads) to mixing with cement for produce mortar by using plastic trashes each type for material mass resolution instead of partly of sand and study mechanical properties such as value of unconfined compressive strength and tensile strength of mixing plastic trashes with mortar. Starting to mix mortar in ratio wt % cement : water : sand are 1 : 0.485 : 2.75 . Mixing plastic trashes each type to test unconfined compressive strength and tensile strength mixing plastic trash with mortar substituted sand from plastic plate , foam and plastic beads in ratio 2.5, 5, 10 at 7,14 and 28 days, respectively.

The results from experiments showed that compressive strength ratio of 2.5 wt% mixing plastic plate at 28 days had highest compressive strength and closed to standard mortar due to plastic plates were grinded to rod shape and also had smooth and rough surface. For tensile test, the2.5 wt%plastic beads ratio at 28 days was 475.00 KPa which the highest value and closed to standard mortar due to plastic beads made from polyethylene were dominant properties about toughness and tensile strength resistance. Therefore, itmade mortar had increased tensile capacity.

**Keywords:** plastic waste, mortar, polyethylene, polystyrene, foam, plastic bead, plastic plate, compressive strength, tensile strength

**E-mail Address :** teerin.kon@rmutr.ac.th
**Period of Project:** 1 October2014 to 30 September 2015

# สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ก

บทคัดย่อภาษาไทย ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ค

สารบัญ ง

สารบัญตาราง ฉ

สารบัญภาพ ฌ

**บทที่ 1 บทนำ 1**

1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย 3

3 สมมติฐานการวิจัย 3

4 กรอบแนวคิดการวิจัย 3

5 นิยามศัพท์ 4

**บทที่ 2ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 6**

1 ทฤษฎี 6

1.1ประวัติปูนซีเมนต์ 6

1.2 กรรมวิธีการผลิต 6

1.3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 8

1.4 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 9

1.5 สารประกอบสำคัญของปูนซีเมนต์ 10

1.6 ปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 12

2 มอร์ต้าร์ 13

3 เพลตพลาสติก 14

4 เม็ดพลาสติก 15

5 โฟม 17

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19

# สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|---|---|
| **บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการ** | **24** |
| 1 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ | 25 |
| 2 แผนการทดสอบ | 31 |
| 2.1 การเตรียมวัตถุดิบ | 32 |
| 2.2 การออกแบบอัตรส่วนผสม | 33 |
| 2.3 การผสมมอร์ต้าร์ | 35 |
| 2.4 การขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ | 35 |
| 2.5 การทดสอบเชิงกลของมอร์ต้าร์ | 37 |
| **บทที่ 4การทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง** | **39** |
| 1 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของมอร์ต้าร์ผสมขยะพลาสติก | 39 |
| 1.1 การทดสอบสมบัติเชิงกลด้านการต้านทานแรงอัด | 39 |
| 1.2 การทดสอบสมบัติเชิงกลด้านการต้านทานแรงดึง | 65 |
| **บทที่ 5สรุป** | **91** |
| 1 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ | 91 |
| 2 ปัญหาและการแก้ไขปัญหา | 92 |
| 3 การนำเอาไปใช้ประโยชน์และแนวทางการประยุกต์ต่อยอดในลักษณะอื่นๆ | 92 |
| **บรรณานุกรม** | **94** |
| **ประวัติผู้วิจัย** | **96** |

# สารบัญตาราง

| | | |
|---|---|---|
| | | หน้า |
| ตารางที่ 1-1 | ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในระหว่างปี พ.ศ.2550 ถึง พ.ศ.2557 | 1 |
| ตารางที่ 2-1 | ส่วนประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดต่างๆ | 9 |
| ตารางที่ 2-2 | ปริมาณสารประกอบประเภทออกไซด์โดยประมาณของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ | 10 |
| ตารางที่ 3-1 | อัตราส่วนผสมสำหรับขึ้นรูป 5 ก้อน ของการทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ | 34 |
| ตารางที่ 3-2 | อัตราส่วนผสมสำหรับขึ้นรูป 5 ก้อน ของการทดสอบแรงดึงของมอร์ต้าร์ | 34 |
| ตารางที่ 4-1 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเพลตพลาสติกในอัตราส่วน 2.5, 5และ10%โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน | 40 |
| ตารางที่ 4-2 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเพลตพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 14 วัน | 42 |
| ตารางที่ 4-3 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเพลตพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน | 44 |
| ตารางที่ 4-4 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมโฟมในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน | 48 |
| ตารางที่ 4-5 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมโฟมในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 14 วัน | 50 |
| ตารางที่4-6 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมโฟมในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน | 52 |
| ตารางที่ 4-7 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเม็ดพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน | 56 |
| ตารางที่ 4-8 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเม็ดพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 14 วัน | 58 |
| ตารางที่ 4-9 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเม็ดพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน | 60 |
| ตารางที่ 4-10 | การทดสอบความต้านทานแรงดึงของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเพลตพลาสติกพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน | 66 |

# สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า


| | | |
|---|---|---|
| ตารางที่ 4-11 | การทดสอบความต้านทานแรงดึงของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเพลตพลาสติกพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 14 วัน | 68 |
| ตารางที่ 2-1 | ส่วนประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ชนิดต่างๆ | 9 |
| ตารางที่ 2-2 | ปริมาณสารประกอบประเภทออกไซด์โดยประมาณของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ | 10 |
| ตารางที่ 3-1 | อัตราส่วนผสมสำหรับขึ้นรูป 5 ก้อน ของการทดสอบกำลังอัดของมอร์ต้าร์ | 34 |
| ตารางที่ 3-2 | อัตราส่วนผสมสำหรับขึ้นรูป 5 ก้อน ของการทดสอบแรงดึงของมอร์ต้าร์ | 34 |
| ตารางที่ 4-1 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเพลตพลาสติกในอัตราส่วน 2.5, 5และ10%โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน | 40 |
| ตารางที่ 4-2 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเพลตพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 14 วัน | 42 |
| ตารางที่ 4-3 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเพลตพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน | 44 |
| ตารางที่ 4-4 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมโฟมในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน | 48 |
| ตารางที่ 4-5 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมโฟมในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 14 วัน | 50 |
| ตารางที่4-6 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมโฟมในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน | 52 |
| ตารางที่ 4-7 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเม็ดพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน | 56 |
| ตารางที่ 4-8 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเม็ดพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 14 วัน | 58 |
| ตารางที่ 4-9 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเม็ดพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน | 60 |

# สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4-10การทดสอบความต้านทานแรงดึงของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเพลตพลาสติกพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน 66
ตารางที่ 4-11 การทดสอบความต้านทานแรงดึงของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเพลตพลาสติกพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 14 วัน 68
ตารางที่ 4-12การทดสอบความต้านทานแรงดึงของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเพลตพลาสติกพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน 70
ตารางที่ 4-13การทดสอบความต้านทานแรงดึงของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมโฟมในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน 74
ตารางที่ 4-14การทดสอบความต้านทานแรงดึงของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมโฟมในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 14 วัน 76
ตารางที่ 4-15การทดสอบความต้านทานแรงดึงของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมโฟมในอัตราส่วน 2.5%,5% และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน 78
ตารางที่ 4-16การทดสอบความต้านทานแรงดึงของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเม็ดพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน 82
ตารางที่ 4-17การทดสอบความต้านทานแรงดึงของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเม็ดพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 14 วัน 84
ตารางที่ 4-18การทดสอบความต้านทานแรงดึงของมอร์ต้าร์มาตรฐานและมอร์ต้าร์ผสมเม็ดพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก ที่ระยะเวลาการบ่ม 28 วัน 86

# สารบัญภาพ

| | | หน้า |
|---|---|---|
| ภาพที่ 1-1 | ขยะพลาสติกจากชุมชน และจากโรงงานอุตสาหกรรม | 2 |
| ภาพที่ 3-1 | ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง | 24 |
| ภาพที่ 3-2 | ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่1 | 26 |
| ภาพที่3-3 | ทราย | 26 |
| ภาพที่ 3-4 | กล่องโฟมบรรจุอาหาร | 27 |
| ภาพที่ 3-5 | เพลตพลาสติก | 27 |
| ภาพที่ 3-6 | เม็ดพลาสติก | 28 |
| ภาพที่ 3-7 | เครื่องผสม | 28 |
| ภาพที่ 3-8 | แบบหล่อก้อนทดสอบทรงลูกบาศก์ ขนาด5×5×5 ซม. | 29 |
| ภาพที่ 3-9 | แบบหล่อบริเคท์ | 29 |
| ภาพที่ 3-10 | ตะแกรงร่อน | 30 |
| ภาพที่ 3-11 | เครื่องทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด | 30 |
| ภาพที่ 3-12 | เครื่องทดสอบแรงดึง | 31 |
| ภาพที่ 3-13 | ขยะพลาสติกก่อนทำการบด | 32 |
| ภาพที่ 3-14 | ขยะพลาสติกหลังทำการบด | 32 |
| ภาพที่ 3-15 | การทดสอบส่วนคละมวลรวมของเม็ดพลาสติก | 33 |
| ภาพที่ 3-16 | การร่อนขยะพลาสติกผ่านตะแกรงเบอร์20และค้างตะแกรงเบอร์30 | 33 |
| ภาพที่ 3-17 | การผสมวัตถุดิบ | 35 |
| ภาพที่ 3-18 | การขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ | 36 |
| ภาพที่ 3-19 | การบ่มชิ้นงานทดสอบ | 36 |
| ภาพที่ 3-20 | การทดสอบหากำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์ | 37 |
| ภาพที่ 3-21 | การทดสอบแรงดึงของมอร์ต้าร์ | 38 |
| ภาพที่ 4-1 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์ผสมเพลตพลาสติก | 39 |
| ภาพที่ 4-2 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมเพลตพลาสติกและกำลังต้านทานแรงอัดในระยะเวลาการบ่ม 7 วัน | 41 |
| ภาพที่ 4-3 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมเพลตพลาสติกและกำลังต้านทานแรงอัด ในระยะเวลาการบ่ม 14 วัน | 43 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| | | หน้า |
|---|---|---|
| ภาพที่ 4-4 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมเพลตพลาสติกและกำลังต้านทานแรงอัดในระยะเวลาการบ่ม 28 วัน | 45 |
| ภาพที่ 4-5 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและระยะเวลาการบ่มของมอร์ต้าร์ผสมเพลตพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก และมอร์ต้าร์มาตรฐานที่ระยะเวลาการบ่ม 7,14และ28 วัน | 46 |
| ภาพที่ 4-7 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมโฟมและกำลังต้านทานแรงอัดในระยะเวลาการบ่ม 7 วัน | 49 |
| ภาพที่ 4-8 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมโฟมและกำลังต้านทานแรงอัดในระยะเวลาการบ่ม 14 วัน | 51 |
| ภาพที่ 4-9 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมโฟมและกำลังต้านทานแรงอัดในระยะเวลาการบ่ม 28 วัน | 53 |
| ภาพที่ 4-10 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและระยะเวลาการบ่มของมอร์ต้าร์ผสมโฟมในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก และมอร์ต้าร์มาตรฐานที่ระยะเวลาการบ่ม 7,14และ28 วัน | 54 |
| ภาพที่ 4-11 | การทดสอบกำลังต้านทานแรงอัดของมอร์ต้าร์ผสมเม็ดพลาสติก | 55 |
| ภาพที่ 4-12 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมเม็ดพลาสติกและกำลังต้านทานแรงอัดในระยะเวลาการบ่ม 7 วัน | 57 |
| ภาพที่ 4-13 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมเม็ดพลาสติกและกำลังต้านทานแรงอัดในระยะเวลาการบ่ม 14 วัน | 59 |
| ภาพที่ 4-14 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมเม็ดพลาสติกและกำลังต้านทานแรงอัดในระยะเวลาการบ่ม 28 วัน | 61 |
| ภาพที่ 4-15 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและระยะเวลาการบ่มของมอร์ต้าร์ผสมเม็ดพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก และมอร์ต้าร์มาตรฐานที่ระยะเวลาการบ่ม 7,14และ28 วัน | 62 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)

| | | หน้า |
|---|---|---|
| ภาพที่ 4-16 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและระยะเวลาการบ่มของมอร์ต้าร์ผสมเพลตพลาสติก,โฟม, เม็ดพลาสติกในอัตราส่วน 2.5%โดยน้ำหนัก และมอร์ต้าร์มาตรฐานที่ระยะเวลาการบ่ม 7, 14 และ28 วัน | 62 |
| ภาพที่ 4-17 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและระยะเวลาการบ่มของมอร์ต้าร์ผสมเพลตพลาสติกในอัตราส่วน 2.5, 5 และ10% โดยน้ำหนัก และมอร์ต้าร์มาตรฐานที่ระยะเวลาการบ่ม 7, 14 และ28 วัน | 64 |
| ภาพที่ 4-18 | การทดสอบความต้านทานแรงดึงของมอร์ต้าร์ผสมเพลตพลาสติก | 65 |
| ภาพที่ 4-19 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมเพลตพลาสติกและความต้านทานแรงดึงในระยะเวลาการบ่ม 7 วัน | 67 |
| ภาพที่ 4-20 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมเม็ดพลาสติกและความต้านทานแรงดึงในระยะเวลาการบ่ม 14 วัน | 69 |
| ภาพที่ 4-21 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมเพลตพลาสติกและความต้านทานแรงดึงในระยะเวลาการบ่ม 28 วัน | 71 |
| ภาพที่ 4-22 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังแรงดึงและระยะเวลาการบ่มของมอร์ต้าร์ผสมเพลตพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก และมอร์ต้าร์มาตรฐานที่ระยะเวลาการบ่ม 7,14และ28 วัน | 72 |
| ภาพที่ 4-23 | การทดสอบความต้านทานแรงดึงของมอร์ต้าร์ผสมโฟม | 73 |
| ภาพที่ 4-24 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมโฟมและความต้านทานแรงดึงในระยะเวลาการบ่ม 7 วัน | 75 |
| ภาพที่ 4-25 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมโฟมและความต้านทานแรงดึงในระยะเวลาการบ่ม 14 วัน | 77 |
| ภาพที่ 4-26 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมโฟมและความต้านทานแรงดึงในระยะเวลาการบ่ม 28 วัน | 79 |
| ภาพที่ 4-27 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดึงและระยะเวลาการบ่มของมอร์ต้าร์ผสมโฟมในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนัก และมอร์ต้าร์มาตรฐานที่ระยะเวลาการบ่ม 7,14และ28 วัน | 80 |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| | | หน้า |
|---|---|---|
| ภาพที่ 4-28 | การทดสอบความต้านทานแรงดึงของมอร์ต้าร์ผสมเม็ดพลาสติก | 81 |
| ภาพที่ 4-29 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมเม็ดพลาสติกและความต้านทานแรงดึงในระยะเวลาการบ่ม 7 วัน | 83 |
| ภาพที่ 4-30 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมเม็ดพลาสติกและความต้านทานแรงดึงในระยะเวลาการบ่ม 14 วัน | 85 |
| ภาพที่ 4-31 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมเม็ดพลาสติกและความต้านทานแรงดึงในระยะเวลาการบ่ม 28 วัน | 87 |
| ภาพที่ 4-32 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดึงและระยะเวลาการบ่มของมอร์ต้าร์ผสมเม็ดพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5 และ10% โดยน้ำหนักและมอร์ต้าร์มาตรฐานที่ระยะเวลาการบ่ม 7,14และ28 วัน | 88 |
| ภาพที่ 4-33 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดึงและระยะเวลาการบ่มของมอร์ต้าร์ผสมเพลตพลาสติก,โฟม,เม็ดพลาสติกในอัตราส่วน 2.5%โดยน้ำหนักและมอร์ต้าร์มาตรฐานที่ระยะเวลาการบ่ม 7, 14 และ28 วัน | 89 |
| ภาพที่ 4-34 | กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังดึงและระยะเวลาการบ่มของมอร์ต้าร์ผสมเม็ดพลาสติกในอัตราส่วน 2.5,5 และ10 โดยน้ำหนัก และมอร์ต้าร์มาตรฐานที่ระยะเวลาการบ่ม 7,14 และ28 วัน | 90 |