การศึกษากำลังอัดของมอร์ต้าร์ผสมเถ้าลอยและหินฝุ่น

ประภาส วันทอง และ ประชุม คำพุฒ*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากำลังอัดของมอร์ต้าร์ผสมเถ้าลอยและหินฝุ่นที่มีอายุการบ่มแตกต่างกัน โดยออกแบบส่วนผสมของมอร์ต้าร์ ให้มีอัตราส่วนระหว่างวัสดุผง : มวลรวมละเอียดเท่ากับ 1 : 2.75 โดยน้ำหนัก และกำหนดอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในสัดส่วนประมาณ 0.52 ให้อัตราส่วนของเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์เท่ากับร้อยละ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 โดยน้ำหนัก ผสมหินฝุ่นแทนทรายร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ตามลำดับ จากนั้นทดสอบกำลังอัดที่อายุการบ่มด้วยน้ำ 7, 14, 21 และ 28 วัน ของตัวอย่างมอร์ต้าร์ขนาด 50 x 50 x 50 มม. จากการทดสอบพบว่า เมื่อใช้หินฝุ่นผสมแทนทรายในอัตราส่วนที่สูงขึ้น จะส่งผลให้มอร์ต้าร์มีกำลังรับแรงอัดสูงขึ้นด้วย และเมื่อเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มกำลังอัดกับอายุการบ่มพบว่าหินฝุ่นสามารถเพิ่มกำลังให้กับมอร์ต้าร์ในช่วงอายุไม่เกิน 21 วัน หลังจากนั้น กำลังของมอร์ต้าร์จะพัฒนาได้เนื่องจากปฏิกิริยาปอซโซลานของเถ้าลอย

คำสำคัญ: กำลังอัด, มอร์ต้าร์, เถ้าลอย, หินฝุ่น

1. บทนำ

เถ้าลอยเกิดจากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตไฟฟ้า ปัจจุบันการก่อสร้างงานคอนกรีตได้ประยุกต์การใช้งานโดยนำเถ้าลอยมาผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตในหลายๆ ด้าน เช่น การเพิ่มความสามารถในการทำงานได้ [1, 2, 3] การลดการหดตัวภายในคอนกรีต [4] อีกทั้งเป็นการช่วยลดเถ้าลอยที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตไฟฟ้าได้อีกทางหนึ่ง หากแต่ข้อด้อยของเถ้าลอย คือ การพัฒนากำลังจะดำเนินไปได้อย่างช้าๆ จึงมีปัญหาในช่วงระยะเวลาแรกเริ่มการใช้งาน กล่าวคือ กำลังอัดที่เกิดขึ้นของมอร์ต้าร์ผสมเถ้าลอยยังต่ำกว่ามอร์ต้าร์ควบคุม ส่วนหินฝุ่นเป็นวัสดุทั่วไปที่ใช้ในงานก่อสร้างอยู่แล้ว ซึ่งโดยส่วนมากจะนำหินฝุ่นมาใช้ในการผลิตอิฐบล็อก และบล็อกปูพื้น

การนำหินฝุ่นมาผสมในมอร์ต้าเพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มกำลังช่วงแรกก่อนที่เถ้าลอยจะดำเนินปฏิกิริยาปอซโซลานได้เพียงพอที่จะเพิ่มกำลังให้กับมอร์ต้าร์ เนื่องจากหินฝุ่นจะเกิดการคละกันในมวลรวมละเอียดกับทราย จึงลดพื้นที่ของซีเมนต์เพสในมอร์ต้าร์ลงเปรียบเทียบดังการคละขนาดในมวลรวมหยาบของคอนกรีต

*ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

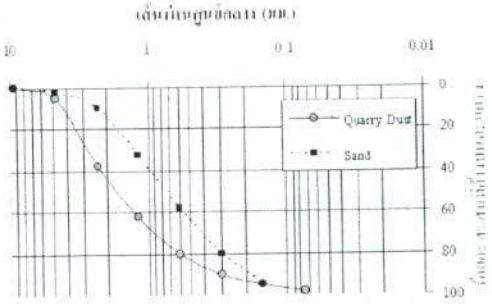
2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

2.1.1 ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

2.1.2 เถ้าลอย ใช้เถ้าลอย อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง

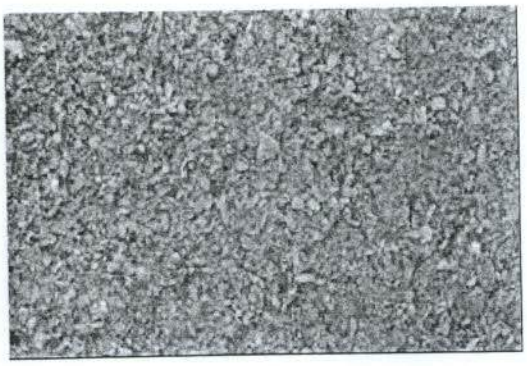
2.1.3 ทรายแม่น้ำ

2.1.4 หินฝุ่น อ.เฉลิมพระเกียรติ จ.สระบุรี



รูปที่ 1 ผลการทดสอบหาขนาดของทรายและหินฝุ่น

หินฝุ่นมีค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 3.68 ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏเท่ากับ 2.71 ค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 0.47 สารอินทรีย์มีค่าความสะอาดเท่ากับเบอร์ 5 ค่าหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 1,695 กก./ม^3 การพองตัวเท่ากับร้อยละ 33.33 ปริมาณดินและฝุ่นผงเท่ากับร้อยละ 4.34 ความทนทานต่อการสึกกร่อนโดยซัลเฟตมีค่าร้อยละการสูญเสียเท่ากับ 5.13 เมื่อนำมาเปรียบกับทรายแล้วมีความใกล้เคียงกันมาก จึงน่าที่จะนำไปใช้ผสมคอนกรีตแทนทรายได้



รูปที่ 2 ภาพถ่ายหินฝุ่นขนาดปกติที่ใช้ในการทดลอง

2.1.5 น้ำประปา

2.2 สัดส่วนของมอร์ต้าร์ที่ใช้ในการทดสอบ

สัดส่วนของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ผสมเถ้าลอยเรียกว่า วัสดุผง ในทำนองเดียวกันสัดส่วนของทรายผสมหินฝุ่น เรียกว่า มวลรวมละเอียด ในการทดลองนี้จะใช้อัตราส่วนระหว่าง วัสดุผง : มวลรวมละเอียดเท่ากับ 1 : 2.75 โดยน้ำหนัก และใช้สัดส่วนน้ำต่อวัสดุผง เท่ากับ 0.52 โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 1 สัดส่วนผสมของมอร์ต้าร์ที่ใช้ในการทดสอบ

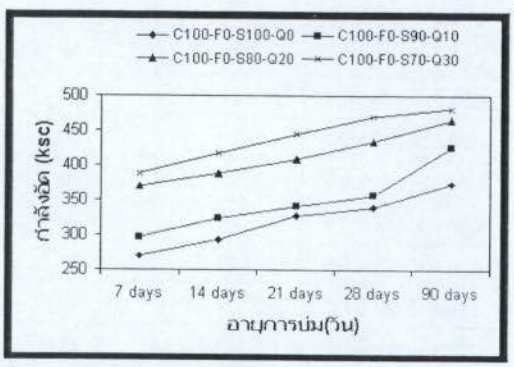
สัญลักษณ์	ร้อยละการแทนที่เถ้าลอยต่อวัสดุผง	ร้อยละการแทนที่หินฝุ่นต่อทราย
C100-F0-S100-Q0	0	0
C100-F0-S90-Q10	0	10
C100-F0-S80-Q20	0	20
C100-F0-S70-Q30	0	30
C90-F10-S100-Q0	10	0
C90-F10-S90-Q10	10	10
C90-F10-S80-Q20	10	20
C90-F10-S70-Q30	10	30
C80-F20-S100-Q0	20	0
C80-F20-S90-Q10	20	10
C80-F20-S80-Q20	20	20
C80-F20-S70-Q30	20	30
C70-F30-S100-Q0	30	0
C70-F30-S90-Q10	30	10
C70-F30-S80-Q20	30	20
C70-F30-S70-Q30	30	30
C60-F40-S100-Q0	40	0
C60-F40-S90-Q10	40	10
C60-F40-S80-Q20	40	20
C60-F40-S70-Q30	40	30
C50-F50-S100-Q0	50	0
C50-F50-S90-Q10	50	10
C50-F50-S80-Q20	50	20
C50-F50-S70-Q30	50	30

เมื่อผสมวัสดุดังกล่าวแล้ว จากนั้นจะทำการทดสอบหาค่ากำลังอัดที่อายุการบ่มด้วยน้ำ 7, 14, 21 และ 28 วัน ของตัวอย่างมอร์ต้าร์ขนาด 50 x 50 x 50 มม.

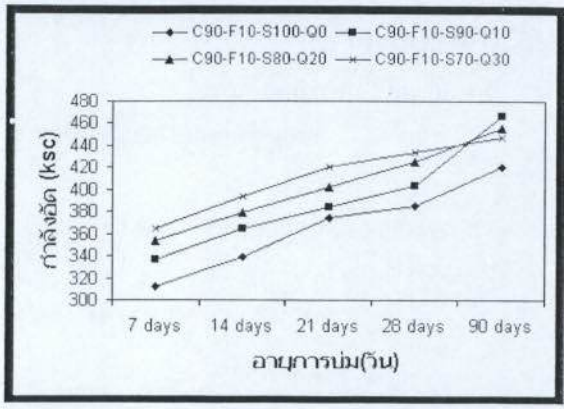
3. ผลและการวิเคราะห์ผล

3.1 กำลังอัดของมอร์ต้าร์กับอายุการบ่ม

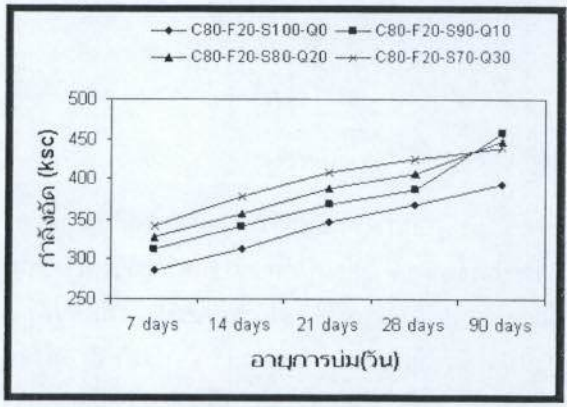
จากการผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ผสมกับมวลรวมละเอียดประกอบด้วยส่วนผสมทรายและหินฝุ่นอัตราส่วนต่างๆ พบว่ากำลังอัดของมอร์ต้าร์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม แต่จะมีแนวโน้มของกำลังอัดมอร์ต้าร์ที่มีส่วนผสมของหินฝุ่นแทนที่ทรายในสัดส่วนร้อยละ 10 มีอัตราการเพิ่มกำลังอัดมากขึ้นอย่างชัดเจนในระยะเวลาบ่มที่ 28 จนถึง 90 วัน ขณะที่กำลังอัดของหินฝุ่นแทนที่ทรายในสัดส่วนร้อยละ 30 มีอัตราการเพิ่มกำลังอัดที่ลดลงอย่างชัดเจนในระยะเวลาบ่มที่ 28 จนถึง 90 วันเช่นเดียวกัน และพฤติกรรมนี้จะพบได้ชัดเจนขึ้นเมื่อผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 40 ดังรูปที่ 3 ถึง รูปที่ 8



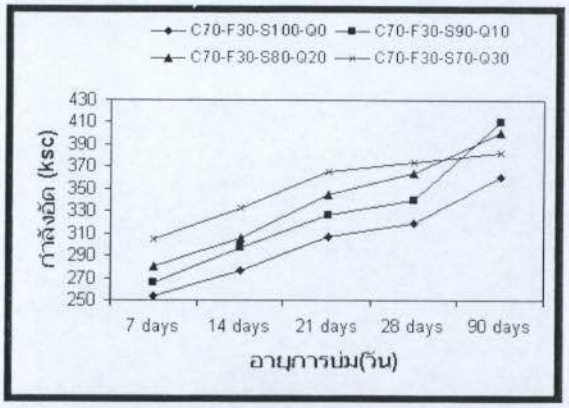
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัด และอายุการบ่ม เมื่อมวลรวมละเอียดแตกต่างกัน



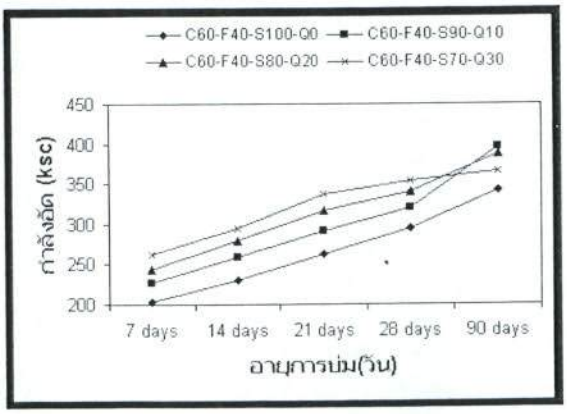
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและอายุการบ่มเมื่อผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 10 ในมวลรวมละเอียดที่แตกต่างกัน



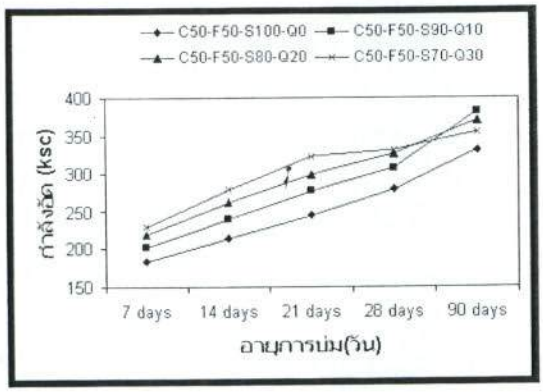
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัด และอายุการบ่ม เมื่อผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 20 ในมวลรวมละเอียดที่แตกต่างกัน



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัด และอายุการบ่มเมื่อผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 30 ในมวลรวมละเอียดที่แตกต่างกัน



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและอายุการบ่มเมื่อผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 40 ในมวลรวมละเอียดที่แตกต่างกัน

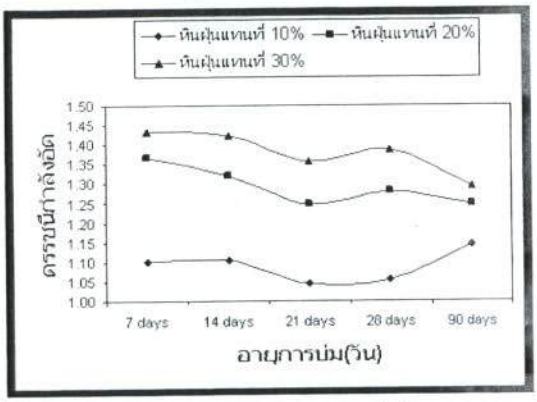


รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดและอายุการบ่มเมื่อผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 10 ในมวลรวมละเอียดที่แตกต่างกัน

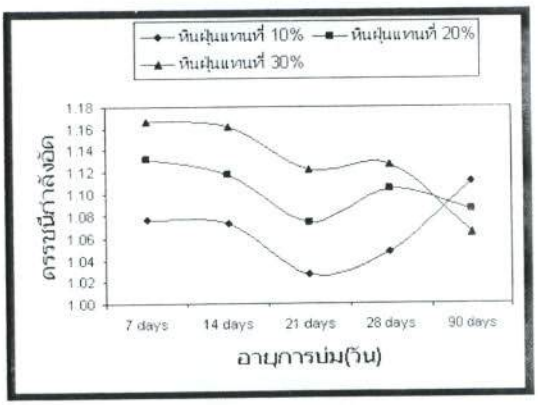
3.2 ร้อยละกำลังอัดของมอร์ต้าร์กับอายุการบ่ม

ร้อยละกำลังอัดของมอร์ต้าร์ คือ กำลังอัดมอร์ต้าร์ในส่วนผสมหินฝุ่นต่างๆ ต่อกำลังอัดมอร์ต้าร์ไม่ผสมหินฝุ่น จากรูปที่ 9 - 14 เมื่อนำร้อยละกำลังอัดมาเปรียบเทียบกับอายุการบ่มจะเห็นว่าร้อยละกำลังอัดมีค่ามากกว่า 1 ทั้งหมด บ่งบอกให้เห็นว่าการผสมหินฝุ่นในมอร์ต้าร์สามารถเพิ่มกำลังอัดได้เป็นอย่างดี เนื่องจากหินฝุ่นเกิดการคละกันในมวลรวมละเอียดกับทราย หากแต่ร้อยละกำลังอัดจะมีค่าใกล้เคียงกันที่อายุการบ่ม ประมาณ 70 วัน เนื่องจากวัสดุที่ผสมจากการแทนที่หินฝุ่นในมวลรวมละเอียด ร้อยละ 30 มีร้อยละกำลังอัดลดลง ในทางตรงข้ามวัสดุที่ผสมจากการแทนที่หินฝุ่นในมวลรวมละเอียดร้อยละ 10 กลับเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน พฤติกรรมนี้เกิดจากการพัฒนากำลังของมอร์ต้าร์ในช่วงก่อนอายุการบ่มประมาณ 28 วัน เกิดการพัฒนากำลังจากหินฝุ่นที่เข้ามาแทนที่ทรายจึงก่อให้เกิดร้อยละกำลังสูงในส่วนผสมที่มีหินฝุ่นปริมาณมาก ส่วนในระยะหลังจาก อายุการบ่มประมาณ 28 วัน ซึ่งเป็นช่วงที่ปฏิกิริยาปอซโซลานเริ่มจะดำเนินได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้วกำลังอัดของมอร์ต้าร์จะมีการพัฒนาจากเถ้าลอยจะเห็นได้ชัดในวัสดุที่มีเถ้าลอยในปริมาณสูง

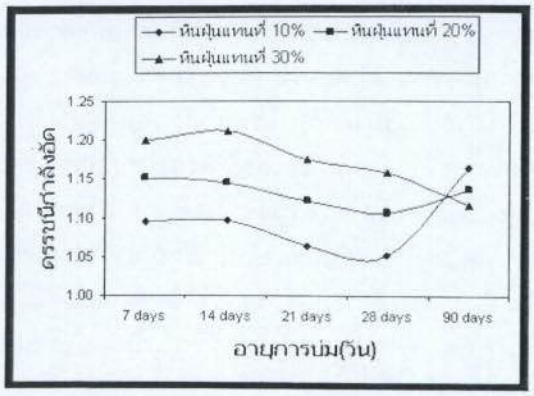
การไม่ผสมเถ้าลอยในมอร์ต้าร์จะทำให้ร้อยละกำลังอัด ของทุกส่วน ผสมมีค่าใกล้เคียงกันในอายุการบ่มที่มากกว่า 90 วัน ดังรูปที่ 9



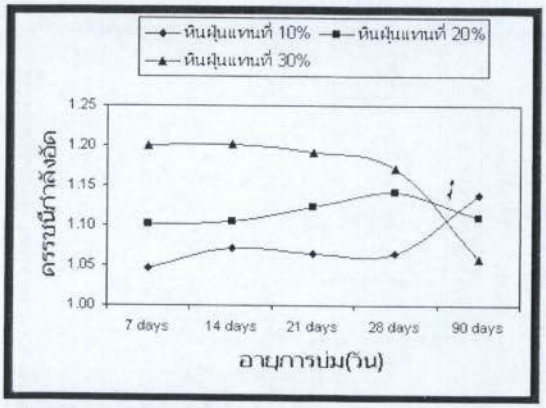
รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างดรรชนีกำลังอัดที่เพิ่มและอายุการบ่มในมวลรวมละเอียดที่แตกต่างกัน



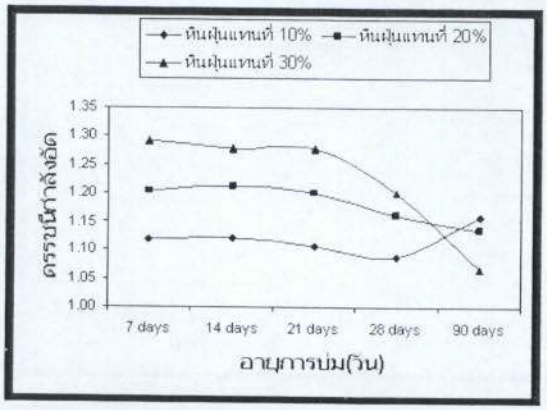
รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างดรรชนีกำลังอัดที่เพิ่มและอายุการบ่มเมื่อผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ ร้อยละ 10 ในมวลรวมละเอียดที่แตกต่างกัน



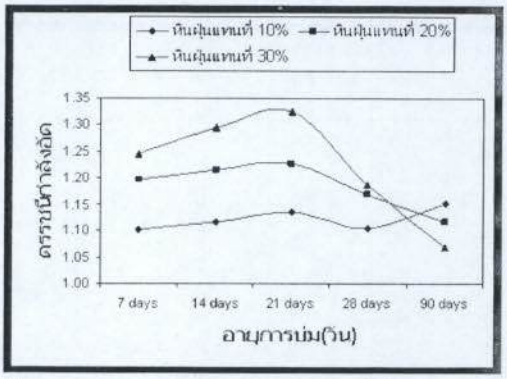
รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างความสัมพันธ์กำลังอัดที่เพิ่ม และ อายุการบ่ม เมื่อผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ ร้อยละ 20 ในมวลรวมละเอียดที่แตกต่างกัน



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างความสัมพันธ์กำลังอัดที่เพิ่ม และ อายุการบ่ม เมื่อผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ ร้อยละ 30 ในมวลรวมละเอียดที่แตกต่างกัน



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างความสัมพันธ์กำลังอัดที่เพิ่ม และอายุการบ่ม เมื่อผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 40 ในมวลรวมละเอียดที่แตกต่างกัน



รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างความสัมพันธ์กำลังอัดที่เพิ่ม และ อายุการบ่ม เมื่อผสมเถ้าลอยแทนที่ปูนซีเมนต์ ร้อยละ 50 ในมวลรวมละเอียดที่แตกต่างกัน

4. สรุปผลการทดลอง

4.1 หินฝุ่นสามารถเพิ่มกำลังอัดของมอร์ตาร์ได้ดีในระยะเวลา 28 วัน หลังจากนั้น หินฝุ่นจะไม่ช่วยเพิ่มกำลังอัดได้ดีกว่ามอร์ต้าร์ปกติ และมีแนวโน้มใกล้เคียงกันในเวลาการบ่มหลัง 90 วัน

4.2 การใช้เถ้าลอยหรือวัสดุอื่นที่ก่อให้เกิดปอซโซลาน ในการพัฒนากำลังมอร์ต้าร์ควรใช้หินฝุ่นผสมในมวลรวมละเอียด ประมาณร้อยละ 30 ของทรายโดยน้ำหนัก เพื่อพัฒนากำลังอัดในระยะเวลาสั้นก่อนการเกิดกำลังอัดจากปอซโซลาน

5. ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการปรับปรุงขนาดของมวลรวมละเอียดให้มีขนาดคละที่เหมาะสมที่สุด

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณประจำปี 2549 จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] พิชัย นิมิตรยงสกุล และ มาโกโตะ อาชิโน, คุณสมบัติของคอนกรีตผสมเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ, เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง ศักยภาพการนำเถ้าลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ สำนักวิจัยและพัฒนา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.

[2] Lane, R.E., and Best, J.F., 1982. Properties and Use of Fly Ash in Portland Cement Concrete. Concrete International: Design and Construction Vol.4, No.7, pp.81-92.

[3] Malhotra, V. M., 1994. Fly Ash in Concrete. Mineral Science Labratories, CANMET, Natural Resources Canada, Ottawa, Ontorio Canada 2nd Edition 1994.

[4] บุรฉัตร ฉัตรวีระ และ ฉรงค์ศักดิ์ มากุล, 2546. ความทนทานของปูนซีเมนต์เถ้าลอยผสมฝุ่นหินปูน. การประชุมวิชาการคอนกรีตแห่งชาติ ครั้งที่ 1.