บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ในบทนี้กล่าวถึงผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลการทดสอบ รวมทั้งเปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่ที่ผ่านมาในอดีตซึ่งได้แก่ ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 3 เถ้าลอยและนาโนซิลิกา ผลกระทบที่เกิดกับคอนกรีตเมื่อทำการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยวัสดุปอซโซลาน รวมทั้งผลการวิเคราะห์กำลังอัดของคอนกรีตโดยการพิจารณาปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบกับกำลังอัดของคอนกรีต รวมทั้งการเสนอแนะการออกแบบคอนกรีต และการเลือกใช้วัสดุปอซโซลานให้มีความเข้าใจมากขึ้นในอนาคต

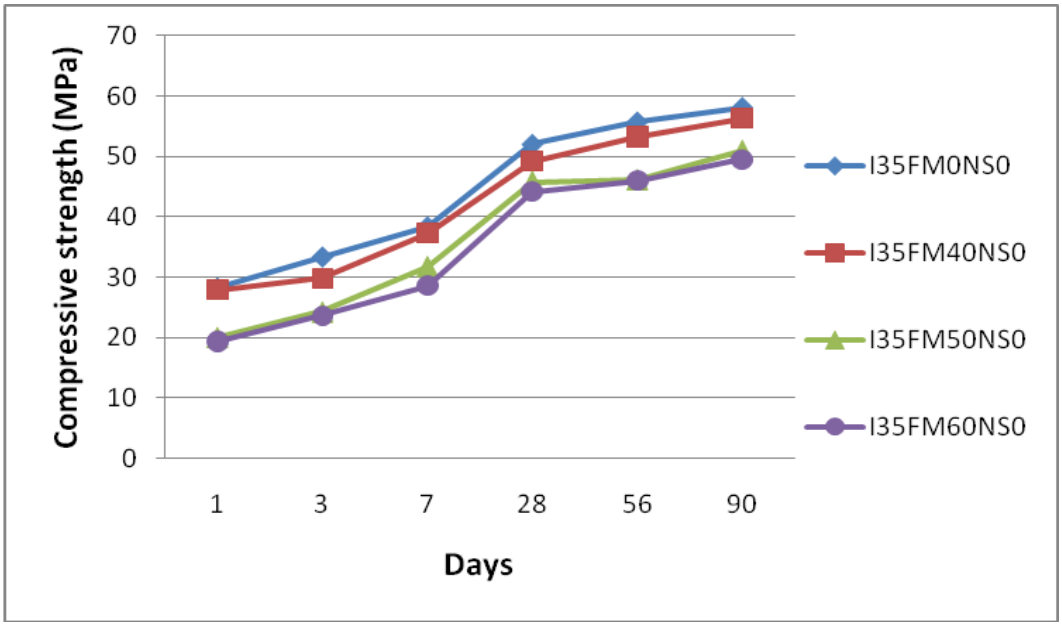
4.1 ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต

ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่มีการแทนที่ด้วยเถ้าลอยและผสมนาโนซิลิกา จะแบ่งขั้นตอนออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1 ศึกษาผลของปริมาณการใช้เถ้าลอยที่ มีต่อการพัฒนากำลังของคอนกรีตในสัดส่วน ร้อยละ 40 50 และ 60 ตามลำดับ ส่วนที่ 2 ศึกษาผลของปริมาณ นาโนซิลิกา ที่มีต่อการพัฒนากำลังของคอนกรีตในสัดส่วน ร้อยละ 4 7 และ 10 และในส่วนที่ 3 ศึกษาผลของปริมาณนาโนซิลิกาที่มีต่อการพัฒนากำลังของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยในปริมาณสูง ในสัดส่วนปูนซีเมนต์ร่วมกับนาโนซิลิกา ร้อยละ 4 7 และ 10 นำมาใช้โดยจะทำการแทนที่ปูนซีเมนต์ร่วมกับเถ้าลอยในสัดส่วน ร้อยละ 40 50 และ 60 ตามลำดับ การศึกษาส่วนนี้จะได้ปริมาณการแทนที่ของนาโนซิลิกาและสัดส่วนผสมระหว่างนาโนซิลิกาและเถ้าลอยที่เหมาะสม

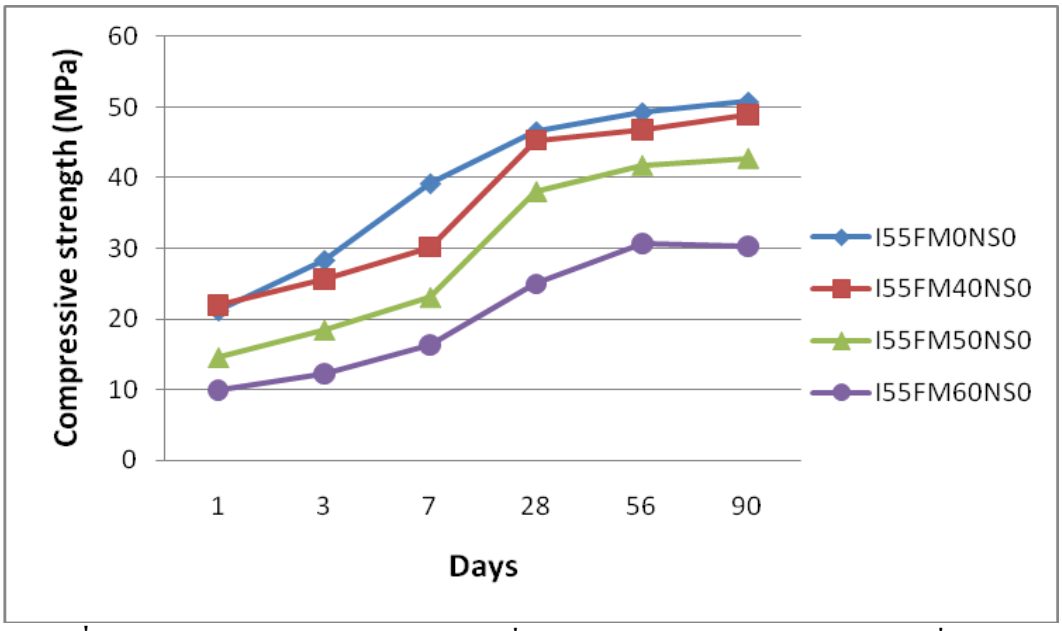
4.1.1 ผลของปริมาณเถ้าลอยที่มีต่อการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีต

ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยในปริมาณสูงในอัตราส่วนร้อยละ 40 50 และ 60 ในการแทนที่ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ผลของการทดสอบกำลังอัดแสดงให้เห็นในรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 สำหรับน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.35 และ 0.55 ตามลำดับ ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 คอนกรีตควบคุมที่อัตราส่วนต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.35 จะให้ค่ากำลังอัดที่สูงกว่าอัตราส่วนต่อวัสดุประสานที่เท่ากับ 0.55 เนื่องจากการใช้น้ำต่อวัสดุประสานน้อยกว่าเมื่อคอนกรีตใส่น้ำในปริมาณที่น้อยกว่าจะทำให้ได้ค่ากำลังอัดที่สูงกว่าที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เท่ากับ 0.35 การแทนที่ร้อยละ 40 ที่อายุของคอนกรีต 28 วัน ให้ค่าสูงกว่าคอนกรีตที่ไม่มีเถ้าลอยเท่ากับ 1.07 เท่า แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าลอยไปเป็นอัตราส่วนร้อยละ 50 และ 60 ค่ากำลังอัดที่ได้มีค่าลดลงน้อยกว่าคอนกรีตควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากการแทนทีเถ้าลอยในปูนซีเมนต์เป็นการลดปริมาณรวมของปูนซีเมนต์ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นได้น้อยลงส่งผลโดยตรงกับปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์

ปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ก็ลดลงจะทำให้การเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานลดลงด้วย และทำให้กำลังรวมของคอนกรีตที่มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานที่เพิ่มมากขึ้นทำให้กำลังอัดของคอนกรีตลดลง



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าลอยในปริมาณที่ต่างกัน ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.35

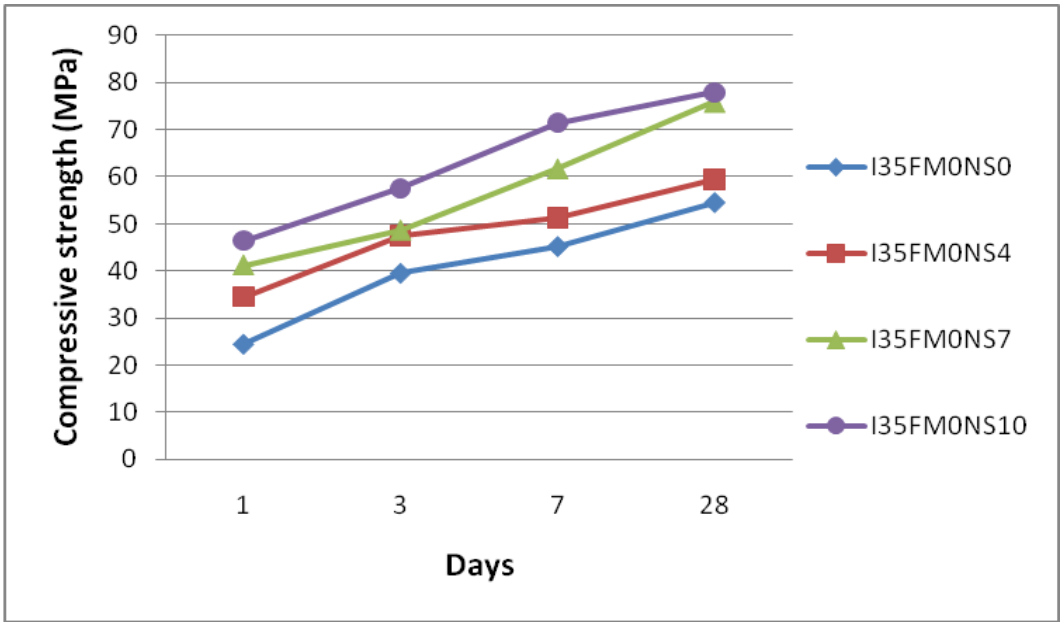


รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าลอยในปริมาณที่ต่างกัน ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.55

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า คอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยในปริมาณสูงในอัตราส่วนร้อยละ 40 50 และ 60 ในการแทนที่ในปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.35 ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 90 วัน มีค่ากำลังที่ต่ำกว่า คอนกรีตควบคุม 0.97 0.88 และ0.85 ส่วนอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.55 ผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 90 วัน มีค่ากำลังที่ต่ำกว่า คอนกรีตควบคุม 0.96 0.84 และ 0.60 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ธีรติและคณะ [18] คอนกรีตที่ใช้คอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 30 และ 50 ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.35 มีค่ากำลังที่ต่ำกว่า คอนกรีตควบคุม 0.90 และ0.85 เท่าที่อายุการบ่มน้ำ 90 วัน และโดยค่าที่ได้มีผลใกล้เคียงกับผลการทดสอบในงานวิจัย [18] เมื่อปริมาณเถ้าลอยเพิ่ม มากขึ้นจะมีผลทำให้กำลังของคอนกรีตลดลงในช่วงอายุต้น ซึ่งการใช้เถ้าลอยทำให้ปริมาณ การใช้ปูนซีเมนต์ลดลงเพราะถูกแทนที่ด้วยปริมาณเถ้าลอย และปฏิกิริยาปอซโซลานเป็นปฏิกิริยาในระยะยาว ทั้งนี้เนื่องจากการแทนที่เถ้าลอยในปูนซีเมนต์เป็นการลดปริมาณรวมของปูนซีเมนต์ ทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานได้น้อยลงด้วยเหตุผลนี้จึงต้องทำการบ่มคอนกรีตในแต่ละอายุ 1 3 7 28 และ 90 วัน เพื่อเพิ่ม กำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอย และคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยมีค่าต่ำกว่าคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ล้วน และกำลังอัดของคอนกรีตจะมีค่าลดลงตามปริมาณที่เพิ่มการแทนที่ของเถ้าลอยเมื่อมีปริมาณการแทนที่มากขึ้น จากการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานของเถ้าลอยเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในช่วงอายุ ปลาย ดังนั้นคอนกรีตที่ผสมด้วยเถ้าลอยในอัตราส่วนที่ไม่มากเกินไป (ร้อยละ 40) ที่มีการบ่มน้ำจะสามารถพัฒนากำลังอัดได้ดีขึ้นในช่วงปลายหลังจากอายุ 28 วันซึ่งได้ค่าที่น้อยกว่าแต่มีความใกล้เคียงกับคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ล้วน ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2

4.1.2 ผลของปริมาณการแทนที่ของนาโนซิลิกาต่อค่ากำลังอัดของคอนกรีต

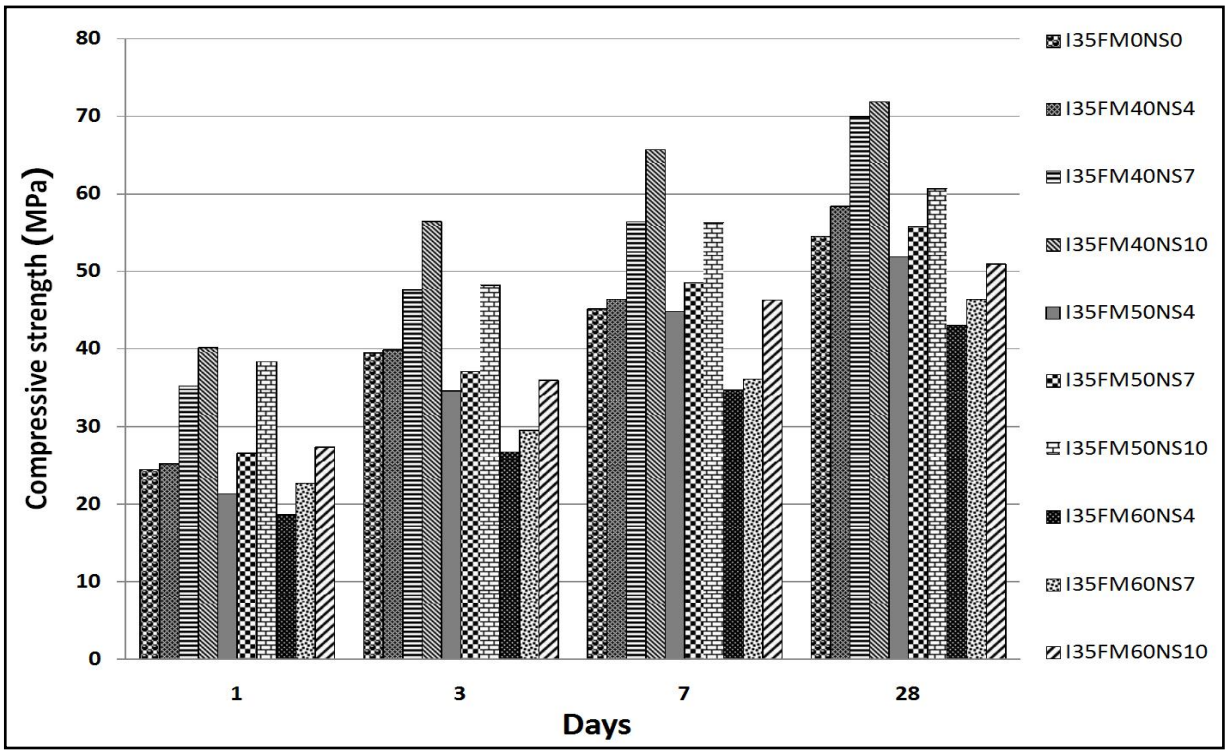
ในการศึกษาผลของปริมาณนาโนซิลิกาที่มีต่อการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีต โดยแปรเปลี่ยนปริมาณการแทนที่ในอัตราส่วนร้อยละ 4 7 และ 10 ผลของการทดสอบกำลังอัดแสดงในรูปที่ 4.3 ในการทดสอบใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.35 และใช้นาโนซิลิกามีขนาดอนุภาค 12 นาโนเมตร ผลการทดสอบกำลังอัดคอนกรีตในการแทนที่ ร้อยละ 4 7 และ 10 ได้ค่าที่มากกว่าคอนกรีตควบคุม ในทุกอายุการทดสอบ และเมื่อครบอายุ 28 วันให้ค่าสูงกว่า คอนกรีตควบคุมซึ่งเท่ากับ 1.09 1.39 และ 1.42 เท่าตามลำดับ เนื่องจากนาโนซิลิกาอนุภาคกลมสามารถเข้าไปอุดช่องว่างทำให้มีความแน่น ความสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานได้เร็วขึ้นสอดคล้องกับค่ากำลังอัดที่ได้ ส่งผลให้ค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และตลอดอายุการทดสอบทำให้มีการพัฒนากำลังสูงขึ้นตามอายุการทดสอบ กำลังของคอนกรีตจะสูงขึ้นตามปริมาณการแทนที่ในช่วงร้อยละ 4 7 และ 10 โดยปริมาณการแทนที่ร้อยละ 10 ให้ค่ากำลังอัดที่สูงสุด



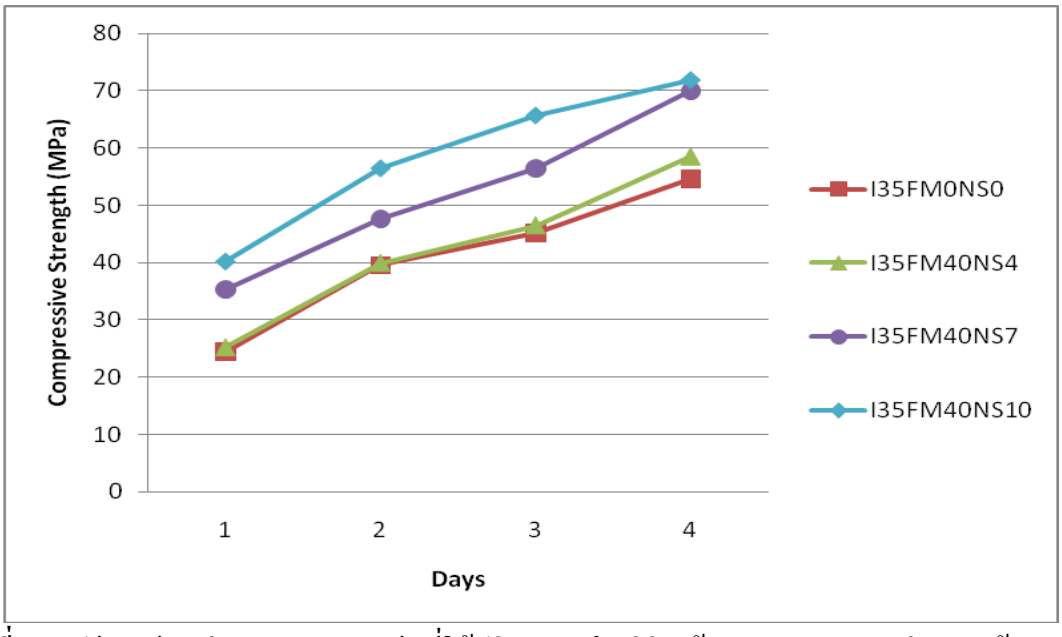
รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดคอนกรีตที่ใช้ผสมนาโนซิลิกาในอัตราส่วนร้อยละ 4 7 และ 10 ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.35

4.1.3 ผลของนาโนซิลิกาที่มีต่อการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอยในปริมาณสูง

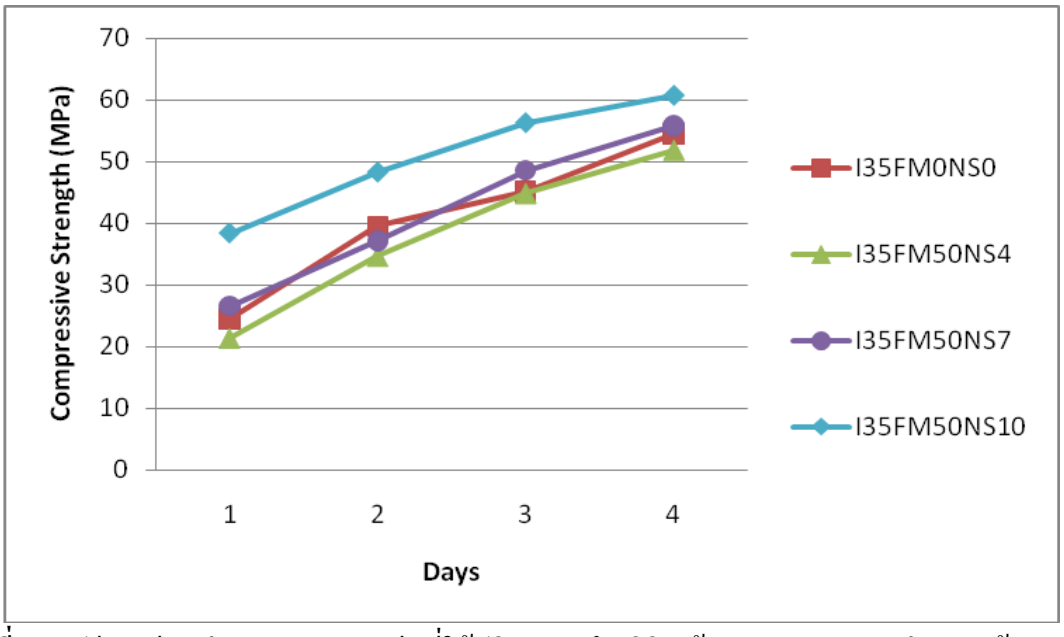
ผลทดสอบนาโนซิลิกาที่ผสมเถ้าลอยในปริมาณสูง ปรากฏว่าในการแทนที่นาโนซิลิกาในอัตราส่วนร้อยละ 4 7 และ 10 ด้วยเถ้าลอยใน อัตราส่วน ร้อยละ 40 50 และ 60 ผลของการทดสอบ ค่ากำลังอัดแสดงให้เห็นในรูปที่ 4.4 สำหรับอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน เท่ากับ 0.35 แสดงให้เห็นว่าการแทนที่นาโนซิลิกาในอัตราส่วนร้อยละ 4 7 และ 10 ด้วยเถ้าลอยใน อัตราส่วน ร้อยละ 40 ให้ค่ากำลังอัดที่ 28 วัน สูงกว่า คอนกรีตควบคุม เท่ากับ 1.07 1.28 และ 1.32 เท่าตามลำดับ เนื่องจากมีความแน่น ความสม่ำเสมอและเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุดสามารถสังเกตได้จากตอนทำการผสมคอนกรีตเนื้อมีความละเอียดมากว่าคอนกรีตปกติ ซึ่งสอดคล้องกับค่ากำลังที่ได้ และค่ากำลังอัดของคอนกรีตจะลดลงเมื่อปริมาณการแทนที่นาโนซิลิกาในอัตราส่วนร้อยละ 4 7 และ 10 ด้วยเถ้าลอยในอัตราส่วน ร้อยละ 50 ค่ากำลังอัดที่ได้จะใกล้เคียงคอนกรีตควบคุม เท่ากับ 0.95 1.02 และ 1.11 เท่าตามลำดับที่อายุของคอนกรีต 28 วัน ส่วนการแทนที่เถ้าลอยในอัตราส่วนร้อยละ 60 ให้ค่าที่น้อยกว่าคอนกรีตควบคุมทุกปริมาณการแทนที่โดยมีค่าเท่ากับ 0.79 0.85 และ 0.93 เท่าตามลำดับที่อายุของคอนกรีต 28 วัน ทั้งนี้เนื่องจากการแทนที่ของเถ้าลอยในส่วนผสมมากขึ้นเป็นการลดปริมาณรวมของปูนซีเมนต์ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นได้น้อยลง คมและคณะ[21] และปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์น้อยลง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลาน ทำให้กำลังรวมของคอนกรีตลดลง



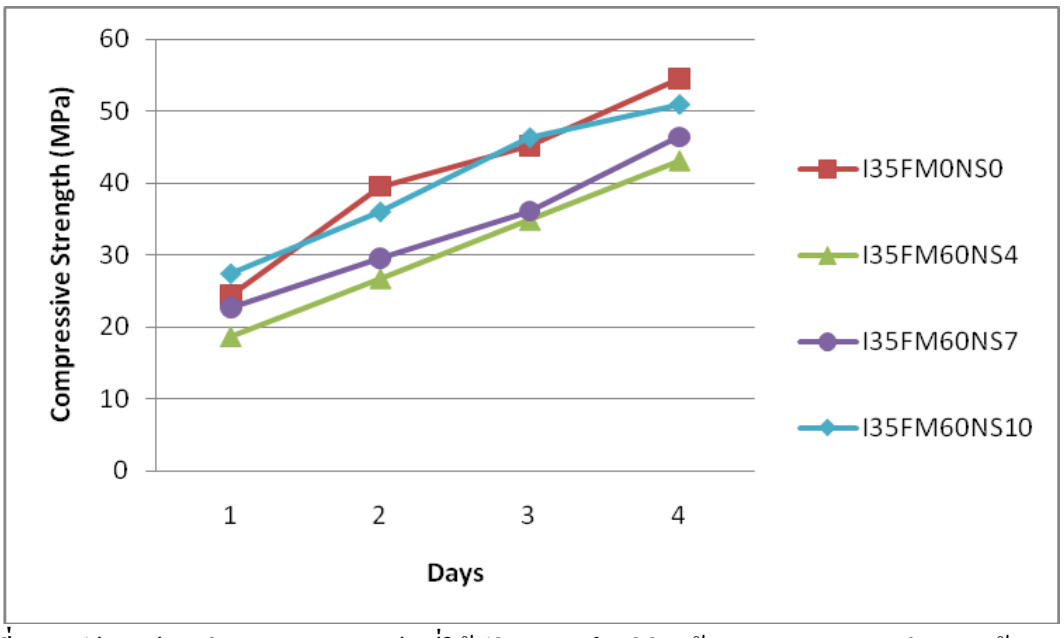
รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดคอนกรีตที่ใช้ปริมาณนาโนซิลิการ้อยละ 4 7 และ10 ร่วมกับเถ้าลอย ในปริมาณสูงร้อยละ 40 50 และ60 ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.35



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดคอนกรีตที่ใช้ปริมาณนาโนซิลิการ้อยละ 4 7 และ10 ร่วมกับเถ้าลอย ในปริมาณสูงร้อยละ 40 ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.35



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดคอนกรีตที่ใช้ปริมาณนาโนซิลิการ้อยละ 4 7 และ10 ร่วมกับเถ้าลอยในปริมาณสูงร้อยละ 50 ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.35



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบค่ากำลังอัดคอนกรีตที่ใช้ปริมาณนาโนซิลิการ้อยละ 4 7 และ10 ร่วมกับเถ้าลอยในปริมาณสูงร้อยละ 60 ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.35

จากรูปที่ 4.5 - 4.7 ในช่วงอายุต้นค่ากำลังอัดที่ได้ของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอย และนาโนซิลิกา พัฒนากำลังช้าเมื่อเทียบกับคอนกรีตควบคุม เนื่องจากคอนกรีตที่ผสมวัสดุปอซโซลาน จะต้องมีการนำไปบ่มเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์ได้ต่อเนื่อง และเกิดปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์มากขึ้นซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานเพิ่มขึ้นเช่นกัน จะเห็นได้ว่าการพัฒนากำลังอัดเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตธรรมดาที่อายุมากกว่า 28 วัน แต่ก็ยังมีการพัฒนากำลังอัดเพิ่มสูงขึ้นไปเรื่อยๆ ตามอายุในการบ่มโครงสร้างของเนื้อคอนกรีตจะแน่นขึ้น และมีความแข็งแรงมากขึ้น การใช้นาโนซิลิการ่วมกัน เถ้าลอยสามารถพัฒนากำลังของคอนกรีตได้ และการใช้นาโนซิลิกาอย่างเดียวในสัดส่วนร้อยละ 10 ของการแทนที่ในปูนซีเมนต์ จะให้ค่ากำลังอัดสูงที่สุด โดยมีกำลังมากกว่าคอนกรีตควบคุม 1.42 เท่า โดยจะมีความสอดคล้องกับงานของ Jo และคณะ [7] ที่ได้นำนาโนซิลิกาที่มีอนุภาคขนาด 40 นาโนเมตรมาแทนที่ปูนซีเมนต์ในสัดส่วนร้อยละ 10 ค่ากำลังอัดที่ได้จะมีกำลังมากกว่ามอร์ต้าร์ควบคุม 2.66 เท่า สรุปได้ว่าปริมาณการแทนที่ด้วยนาโนซิลิกาส่งผลโดยตรงกับการพัฒนากำลังอัด ในการแทนที่เถ้าลอยด้วยนาโนซิลิกาในสัดส่วนที่มากขึ้นจะได้ค่ากำลังอัดที่สูงขึ้นด้วย ในการเกิดปฏิกิริยาความเป็นปอซโซลาน ดังนั้นการที่กำลังอัดของคอนกรีตในส่วนผสมที่มีนาโนซิลิกาอย่างเดียวสูงกว่าส่วนผสมอื่น ๆ น่าจะเป็นผลของปฏิกิริย าปอซโซลานที่เกิดได้รวดเร็วที่สุดมีความเป็นปอซโซลานมากกว่าส่วนผสมทั้งหมด อย่างไรก็ตามส่วนผสมนี้ถ้าพิจารณาในแง่ของต้นทุนก็จะสูงที่สุดด้วยเช่นกัน เนื่องจากใช้นาโนซิลิกามากที่สุด การใช้นาโนซิลิกาในสัดส่วนต่าง ๆ ก็อาจเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับความคุ้มค่าระหว่างค่ากำลังที่ต้องการเป็นตัวกำหนด

4.2 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการใช้นาโนซิลิกา

จะทำการเปรียบเทียบราคาที่ใช้นาโนซิลิกาโดยแทนที่ร้อยละ 10 ที่อายุการบ่ม 90 วัน เนื่องจากส่งผลให้ค่ากำลังอัดมากที่สุดจะทำให้เห็นภาพรวมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งจะเปรียบเทียบราคา ปูนซีเมนต์ เถ้าลอย นาโนซิลิกา หินทรายกับน้ำจะใช้ในปริมาณอัตราส่วนที่เท่าๆกันจึงไม่นำมาคิด เพื่อที่จะต้องการให้เห็นผลของการเปรียบเทียบราคาที่ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงทำการใช้ปูนซีเมนต์เริ่มต้นเปรียบเทียบที่ 100 กิโลกรัม ส่วนวัสดุตัวอื่นๆจะใช้อัตราส่วนผสมตามตารางที่ 4.1

ทางด้านราคาปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ราคาอยู่ที่ 2.0 บาท /กก (อ้างอิงจากบมจ.ปูนซีเมนต์เอเซีย) เถ้าลอย ราคาอยู่ที่ 1.1 บาท /กก (อ้างอิงจากบจก.โอ อาร์ ซี พรีเมียร์) นาโนซิลิการาคาอยู่ที่ 300 บาท /กก (อ้างอิงจาก Jebsen & Jesssen Group of Companies South East Asia, Thailand)

จากตารางที่ 4. 2-4.7 จะเห็นได้ว่าค่ากำลังอัดที่เพิ่มมากขึ้นตามสัดส่วนในการใช้นาโนซิลิกาในการแทนที่ในอัตราส่วนร้อยละ 4 7 10 เมื่อมีการใช้นาโนซิลิกาที่มากขึ้นค่ากำลังอัดที่ได้นั้นก็มีค่าที่เพิ่มขึ้นและยังมีต้นทุนที่สูงตามเช่นเดียวกัน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตควบคุมกับการใช้นาโนซิลิกาแทนที่ในอัตราส่วนร้อยละ 10 ให้ค่ากำลังอัดที่สูงที่สุดมีค่าเพิ่มขึ้นทุกอายุการทดสอบที่ 1 3 7 และ 28 วันประมาณ 1.90 1.50 1.58 และ 1.42 เท่าตามลำดับ ส่วนด้านราคานั้นจะเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 6.84 5.52 4.45 และ 4.08 บาท/กก/ซม^2 เมื่อเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1และเมื่อเปรียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 ที่อายุการทดสอบที่ 1 3 7 และ 28 วันประมาณ 1.52 1.44 1.79 และ 1.39 เท่าตามลำดับ ซึ่งเมื่อมาพิจารณาการใช้นาโนซิลิกา ได้ค่ากำลังอัดที่สูงกว่าในทุกๆ อายุการทดสอบในปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 และ 3 ในส่วนของการเติมทั้งนาโนซิลิกาและเถ้าลอยร่วมกับปูนซีเมนต์ในการแทนที่เถ้าลอยร้อยละ 40 นาโนซิลิการ้อยละ 10 ให้ค่าที่สูงที่สุดจึงควรเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 ที่อายุการทดสอบที่ 1 3 7 และ 28 วันประมาณ 1.31 1.41 1.64 และ 1.27 เท่าตามลำดับ ส่วนด้านราคานั้นจะเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 7.82 5.56 4.78 และ 4.37 บาท/กก/ซม^2 จากข้อมูลในส่วนของราคาที่เพิ่ม จากตารางที่ 4.2-4.7 พบว่าการใช้การแทนที่เถ้าลอยร้อยละ 50 นาโนซิลิการ้อยละ 4 7 10 ในอายุที่ 28 วันมีการพัฒนากำลังประมาณ 0.92 0.99 และ 1.07 เท่าส่วนด้านราคานั้นจะเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 2.60 4.02 และ 5.16 บาท/กก/ซม^2 ในการนำมาเปรียบเทียบไม่มีความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ แต่มีความคุ้มค่าในแง่ของสิ่งแวดล้อมเพราะช่วยลดการใช้ปูนซีเมนต์ลง และมีการแทนที่ค่อนข้างมาก ซึ่งสามารถจะนำไปใช้ได้เหมือนกัน เพื่อเป็นการลดต้นทุน ในการนำนาโนซิลิกามาใช้เหมาะกับงานโครงสร้างที่ต้องการรับกำลังอัดสูง เช่น โครงสร้างจำพวกเสาหรือฐานราก

ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบราคาวัสดุประสาน (Binder) และอัตราส่วนผสมในปริมาณและวัสดุที่ใช้ในแต่ละชนิดต่อซีเมนต์ 100 กิโลกรัม

ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณและวัสดุที่ใช้ในแต่ละชนิด (ต่อซีเมนต์ 100 กิโลกรัม)					
	ปูนซีเมนต์		เถ้าลอย		นาโนซิลิกา	
	ปริมาณที่ใช้ (กก.)	ราคาวัสดุ (บาท/กก.)	ปริมาณที่ใช้ (กก.)	ราคาวัสดุ (บาท/กก.)	ปริมาณที่ใช้ (กก.)	ราคาวัสดุ (บาท/กก.)
I35FM0NS0	100	2.0	-	1.1	-	300
T35FM0NS0	100	3.2	-	1.1	-	300
I35FM40NS0	60	2.0	40	1.1	-	300
I35FM50NS0	50	2.0	50	1.1	-	300
I35FM60NS0	40	2.0	60	1.1	-	300
I35FM0NS4	96	2.0	-	1.1	4	300
I35FM0NS7	93	2.0	-	1.1	7	300
I35FM0NS10	90	2.0	-	1.1	10	300
I35FM40NS4	56	2.0	40	1.1	4	300
I35FM40NS7	53	2.0	40	1.1	7	300
I35FM40NS10	50	2.0	40	1.1	10	300
I35FM50NS4	46	2.0	50	1.1	4	300
I35FM50NS7	43	2.0	50	1.1	7	300
I35FM50NS10	40	2.0	50	1.1	10	300
I35FM60NS4	36	2.0	60	1.1	4	300
I35FM60NS7	33	2.0	60	1.1	7	300
I35FM60NS10	30	2.0	60	1.1	10	300

หมายเหตุ หินทรายกับน้ำจะใช้ในปริมาณอัตราส่วนที่เท่าๆกันจึงไม่นำมาคิด

ตารางที่ 4.2 ตารางเปรียบเทียบราคาของวัสดุประสานร่วมทุกชนิดในส่วนผสมที่ใช้ในการผสมคอนกรีตต่อซีเมนต์ 100 กิโลกรัมอายุการทดสอบที่ 1 วัน โดยเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1

ชนิดตัวอย่าง	ราคารวมปูนซีเมนต์ (บาท)	ราคารวมเถ้าลอย (บาท)	ราคารวมนาโนซิลิกา (บาท)	ราคารวมวัสดุทั้งหมด (บาท)	ค่ากำลังอัดที่ได้ กก.ซม^2	ค่าที่เพิ่มจากคอนกรีตควบคุม (เท่า)	1 กก/ซม^{2}บาท/กก/ซม^2
I35FM0NS0	200	-	-	200	245	-	0.81
I35FM40NS0	120	44	-	164	279	1.14	0.52
I35FM50NS0	100	55	-	155	201	0.82	1.29
I35FM60NS0	80	66	-	146	194	0.79	0.75
I35FM0NS4	192	-	1,200	1,392	345	1.41	4.03
I35FM0NS7	186	-	2,100	2,286	412	1.68	5.55
I35FM0NS10	180	-	3,000	3,180	465	1.90	6.84
I35FM40NS4	112	44	1,200	1,356	252	1.03	5.38
I35FM40NS7	106	44	2,100	2,250	353	1.44	6.37
I35FM40NS10	100	44	3,000	3,144	402	1.64	7.82
I35FM50NS4	92	55	1,200	1,347	214	0.87	6.29
I35FM50NS7	86	55	2,100	2,241	266	1.09	8.42
I35FM50NS10	80	55	3,000	3,135	384	1.57	8.16
I35FM60NS4	72	66	1,200	1,338	186	0.76	7.19
I35FM60NS7	66	66	2,100	2,232	227	0.93	9.83
I35FM60NS10	60	66	3,000	3,126	273	1.11	11.45

หมายเหตุ หินทรายกับน้ำจะใช้ในปริมาณอัตราส่วนที่เท่าๆกันจึงไม่นำมาคิด

จะเห็นได้ว่าในการแทนที่เถ้าลอยในปูนซีเมนต์ในปริมาณต่างๆ ได้ค่ากำลังที่ใกล้เคียงกับคอนกรีตควบคุมและในการแทนที่ร้อย 40 ในปูนซีเมนต์ให้ค่าเพิ่มจากคอนกรีตควบคุม 1.14 เท่าซึ่งมีความคุ้มค่ามากกว่าคอนกรีตควบคุมเมื่อนำมาคิดความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ส่วนการใช้นาโนซิกาในการแทนที่ในปูนซีเมนต์ให้ค่ากำลังอัดสูงกว่าปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ค่อนข้างมากและเมื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์มีราคาที่สูงมากกว่าคอนกรีตธรรมดามากจึงควรเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 เนื่องจากค่ากำลังอัดที่อายุต้นสูง ในส่วนของกลุ่มที่เติมทั้งนาโนซิลิกาและเถ้าลอยร่วมกับปูนซีเมนต์ในการแทนที่เถ้าลอยร้อยละ 40 นาโนซิลิการ้อยละ 10 ให้ค่าที่สูงที่สุดจึงควรเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 เพราะกำลังที่อายุต้นสูงจึงไม่คุ้มค่าในการนำมาเปรียบเทียบ

ทางด้านเศรษฐศาสตร์ แต่มีความคุ้มค่าในแง่ของสิ่งแวดล้อมเพราะช่วยลดการใช้ปูนซีเมนต์ลง และมีการแทนที่ค่อนข้างมาก

ตารางที่ 4.3 ตารางเปรียบเทียบราคาของวัสดุประสานร่วมทุกชนิดในส่วนผสมที่ใช้ในการผสมคอนกรีตต่อซีเมนต์ 100 กิโลกรัมอายุการทดสอบที่ 3 วัน โดยเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1

ชนิดตัวอย่าง	ราคารวมปูนซีเมนต์ (บาท)	ราคารวมเถ้าลอย (บาท)	ราคารวมนาโนซิลิกา (บาท)	ราคารวมวัสดุทั้งหมด (บาท)	ค่ากำลังอัดที่ได้ กก.ซม^2	ค่าที่เพิ่มจากคอนกรีตควบคุม (เท่า)	1 กก/ซม^{2}บาท/กก/ซม^2
I35FM0NS0	200	-	-	200	395	-	0.51
I35FM40NS0	120	44	-	164	298	0.75	0.49
I35FM50NS0	100	55	-	155	243	0.62	0.64
I35FM60NS0	80	66	-	146	236	0.60	0.61
I35FM0NS4	192	-	1,200	1,392	475	1.02	2.93
I35FM0NS7	186	-	2,100	2,286	487	1.23	4.69
I35FM0NS10	180	-	3,000	3,180	576	1.50	5.52
I35FM40NS4	112	44	1,200	1,356	399	1.01	3.40
I35FM40NS7	106	44	2,100	2,250	477	1.21	4.71
I35FM40NS10	100	44	3,000	3,144	565	1.43	5.56
I35FM50NS4	92	55	1,200	1,347	346	0.88	3.89
I35FM50NS7	86	55	2,100	2,241	371	0.94	6.04
I35FM50NS10	80	55	3,000	3,135	483	1.22	6.49
I35FM60NS4	72	66	1,200	1,338	267	0.68	5.01
I35FM60NS7	66	66	2,100	2,232	295	0.75	7.57
I35FM60NS10	60	66	3,000	3,126	360	0.91	8.68

หมายเหตุ หินทรายกับน้ำจะใช้ในปริมาณอัตราส่วนที่เท่าๆกันจึงไม่นำมาคิด

จะเห็นได้ว่าในการแทนที่เถ้าลอยในปูนซีเมนต์ในปริมาณต่างๆ ได้ค่าน้อยกว่าคอนกรีตควบคุมเมื่ออายุการทดสอบที่ 3 วันซึ่งลดความคุ้มค่าลงเมื่อนำมาคิดทางด้านเศรษฐศาสตร์ ส่วนการใช้นาโนซิกาในการแทนที่ในปูนซีเมนต์ให้ค่ากำลังอัดสูงกว่าปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ค่อนข้างมากและเมื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์มีราคาที่สูงมากกว่าคอนกรีตธรรมดามากจึงควรเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 เนื่องจากค่ากำลังอัดที่อายุต้นสูง ในส่วนของกลุ่มที่เติมทั้งนาโนซิลิกาและ

เถ้าลอยร่วมกับปูนซีเมนต์ในการแทนที่เถ้าลอยร้อยละ 50 นาโนซิลิการ้อย 4 ให้ค่าที่ใกล้เคียงกันปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ในการนำมาเปรียบทางด้านเศรษฐศาสตร์ แต่มีความคุ้มค่าในแง่ของสิ่งแวดล้อมเพราะช่วยลดการใช้ปูนซีเมนต์ลง และมีการแทนที่ค่อนข้างมาก

ตารางที่ 4.4 ตารางเปรียบเทียบราคาของวัสดุประสานร่วมทุกชนิดในส่วนผสมที่ใช้ในการผสมคอนกรีตต่อซีเมนต์ 100 กิโลกรัมอายุการทดสอบที่ 7 วันโดยเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1

ชนิดตัวอย่าง	ราคารวมปูนซีเมนต์ (บาท)	ราคารวมเถ้าลอย (บาท)	ราคารวมนาโนซิลิกา (บาท)	ราคารวมวัสดุทั้งหมด (บาท)	ค่ากำลังอัดที่ได้ กก.ซม^2	ค่าที่เพิ่มจากคอนกรีตควบคุม (เท่า)	1 กก/ซม^{2}บาท/กก/ซม^2
I35FM0NS0	200	-	-	200	452	-	0.44
I35FM40NS0	120	44	-	164	373	0.83	0.43
I35FM50NS0	100	55	-	155	318	0.70	0.49
I35FM60NS0	80	66	-	146	286	0.63	0.51
I35FM0NS4	192	-	1,200	1,392	513	1.14	2.71
I35FM0NS7	186	-	2,100	2,286	617	1.37	3.71
I35FM0NS10	180	-	3,000	3,180	715	1.58	4.45
I35FM40NS4	112	44	1,200	1,356	467	1.03	2.90
I35FM40NS7	106	44	2,100	2,250	564	1.25	3.99
I35FM40NS10	100	44	3,000	3,144	657	1.45	4.78
I35FM50NS4	92	55	1,200	1,347	448	0.99	3.01
I35FM50NS7	86	55	2,100	2,241	486	1.08	4.61
I35FM50NS10	80	55	3,000	3,135	563	1.25	5.57
I35FM60NS4	72	66	1,200	1,338	348	0.77	3.84
I35FM60NS7	66	66	2,100	2,232	361	0.80	6.18
I35FM60NS10	60	66	3,000	3,126	463	1.02	6.75

หมายเหตุ หินทรายกับน้ำจะใช้ในปริมาณอัตราส่วนที่เท่าๆกันจึงไม่นำมาคิด

จะเห็นได้ว่าที่อายุการทดสอบที่ 7 วันในกลุ่มที่เติมทั้งนาโนซิลิกาและเถ้าลอยร่วมกับปูนซีเมนต์ในการแทนที่เถ้าลอยร้อยละ 40 นาโนซิลิการ้อย 10 ให้ค่าที่สูงค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 เพราะได้ค่ากำลังอัดสูงและมีความคุ้มค่าในแง่ของสิ่งแวดล้อมเพราะช่วยลดการใช้ปูนซีเมนต์ลง และมีการแทนที่ค่อนข้างมาก

ตารางที่ 4.5 ตารางเปรียบเทียบราคาของวัสดุประสานร่วมทุกชนิดในส่วนผสมที่ใช้ในการผสมคอนกรีตต่อซีเมนต์ 100 กิโลกรัมอายุการทดสอบที่ 28 วันโดยเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1

ชนิด ตัวอย่าง	ราคารวม ปูนซีเมนต์ (บาท)	ราคารวม เถ้าลอย (บาท)	ราคารวม นาโนซิลิกา (บาท)	ราคารวม วัสดุ ทั้งหมด (บาท)	ค่ากำลัง อัดที่ได้ กก.ซม^2	ค่าที่เพิ่มจาก คอนกรีต ควบคุม (เท่า)	1 กก/ซม^2 บาท/กก/ซม^2
I35FM0NS0	200	-	-	200	545	-	0.37
I35FM40NS0	120	44	-	164	492	0.90	0.33
I35FM50NS0	100	55	-	155	458	0.84	0.34
I35FM60NS0	80	66	-	146	442	0.81	0.33
I35FM0NS4	192	-	1,200	1,392	594	1.09	2.34
I35FM0NS7	186	-	2,100	2,286	759	1.39	3.01
I35FM0NS10	180	-	3,000	3,180	779	1.42	4.08
I35FM40NS4	112	44	1,200	1,356	584	1.07	2.32
I35FM40NS7	106	44	2,100	2,250	700	1.28	3.21
I35FM40NS10	100	44	3,000	3,144	719	1.31	4.37
I35FM50NS4	92	55	1,200	1,347	519	0.95	2.60
I35FM50NS7	86	55	2,100	2,241	558	1.02	4.02
I35FM50NS10	80	55	3,000	3,135	607	1.11	5.16
I35FM60NS4	72	66	1,200	1,338	430	0.79	3.11
I35FM60NS7	66	66	2,100	2,232	464	0.85	4.81
I35FM60NS10	60	66	3,000	3,126	509	0.93	6.14

หมายเหตุ หินทรายกับน้ำจะใช้ในปริมาณอัตราส่วนที่เท่าๆกันจึงไม่นำมาคิด

จะเห็นได้ว่าการทดสอบที่อายุ 28 วันในกลุ่มที่เติมทั้งนาโนซิลิกาและเถ้าลอยร่วมกับปูนซีเมนต์ในการแทนที่เถ้าลอยร้อยละ 40 นาโนซิลิการ้อย 10 ให้ค่าที่สูงค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 เพราะได้ค่ากำลังอัดสูงและและการแทนที่เถ้าลอยร้อยละ 50 โดยใช้นาโนซิลิการ้อยละ 4 7 10 ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับคอนกรีตธรรมดาแต่ลดการใช้ปูนซีเมนต์ลงไปได้มากจึงมีความคุ้มค่าในแง่ของสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 4.6 ตารางเปรียบเทียบราคาของวัสดุประสานร่วมทุกชนิดในส่วนผสมที่ใช้ในการผสมคอนกรีตต่อซีเมนต์ 100 กิโลกรัมอายุการทดสอบที่ 1 วันโดยเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3

ชนิดตัวอย่าง	ราคารวมปูนซีเมนต์ (บาท)	ราคารวมเถ้าลอย (บาท)	ราคารวมนาโนซิลิกา (บาท)	ราคารวมวัสดุทั้งหมด (บาท)	ค่ากำลังอัดที่ได้ กก.ซม^2	ค่าที่เพิ่มจากคอนกรีตควบคุม (เท่า)	1 กก/ซม^{2}บาท/กก/ซม^2
T35FM0NS0	320	-	-	320	306	-	1.05
I35FM40NS0	120	44	-	164	279	1.09	0.59
I35FM50NS0	100	55	-	155	201	0.66	0.77
I35FM60NS0	80	66	-	146	194	0.63	0.75
I35FM0NS4	192	-	1,200	1,392	345	1.13	4.03
I35FM0NS7	186	-	2,100	2,286	412	1.35	5.55
I35FM0NS10	180	-	3,000	3,180	465	1.52	6.84
I35FM40NS4	112	44	1,200	1,356	252	0.82	5.38
I35FM40NS7	106	44	2,100	2,250	353	1.15	6.37
I35FM40NS10	100	44	3,000	3,144	402	1.31	7.82
I35FM50NS4	92	55	1,200	1,347	214	0.70	6.29
I35FM50NS7	86	55	2,100	2,241	266	0.87	8.42
I35FM50NS10	80	55	3,000	3,135	384	1.25	8.16
I35FM60NS4	72	66	1,200	1,338	186	0.61	7.19
I35FM60NS7	66	66	2,100	2,232	227	0.74	9.83
I35FM60NS10	60	66	3,000	3,126	273	0.89	11.45

หมายเหตุ หินทรายกับน้ำจะใช้ในปริมาณอัตราส่วนที่เท่าๆกันจึงไม่นำมาคิด

จะเห็นได้ว่าในการแทนที่เถ้าลอยในปูนซีเมนต์ในปริมาณต่างๆ ได้ค่ากำลังที่น้อยกว่าคอนกรีตควบคุมในช่วงอายุต้นเมื่อเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 จึงไม่มีความความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์เมื่อนำมาเปรียบเทียบ ส่วนการใช้นาโนซิกาในการแทนที่ในปูนซีเมนต์ให้ค่ากำลังอัดสูงกว่าปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 เมื่อนำมาเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์มีราคาที่สูงมาก เนื่องจากค่ากำลังอัดที่อายุต้นสูงในส่วนของกลุ่มที่เติมทั้งนาโนซิลิกาและเถ้าลอยร่วมกับปูนซีเมนต์ในช่วงอายุที่ 1 วันยังมีการพัฒนากำลังได้น้อยกว่าปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3

ตารางที่ 4.7 ตารางเปรียบเทียบราคาของวัสดุประสานร่วมทุกชนิดในส่วนผสมที่ใช้ในการผสมคอนกรีตต่อซีเมนต์ 100 กิโลกรัมอายุการทดสอบที่ 3 วันโดยเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3

ชนิด ตัวอย่าง	ราคารวม ปูนซีเมนต์ (บาท)	ราคารวม เถ้าลอย (บาท)	ราคารวม นาโนซิลิกา (บาท)	ราคารวม วัสดุ ทั้งหมด (บาท)	ค่ากำลัง อัดที่ได้ กก.ซม^2	ค่าที่เพิ่มจาก คอนกรีต ควบคุม (เท่า)	1 กก/ซม^2 บาท/กก/ ซม^2
T35FM0NS0	320	-	-	320	400	-	0.80
I35FM40NS0	120	44	-	164	298	0.75	0.49
I35FM50NS0	100	55	-	155	243	0.61	0.64
I35FM60NS0	80	66	-	146	236	0.59	0.61
I35FM0NS4	192	-	1,200	1,392	475	1.19	2.93
I35FM0NS7	186	-	2,100	2,286	487	1.22	4.69
I35FM0NS10	180	-	3,000	3,180	576	1.44	5.52
I35FM40NS4	112	44	1,200	1,356	399	1.00	3.40
I35FM40NS7	106	44	2,100	2,250	477	1.19	4.71
I35FM40NS10	100	44	3,000	3,144	565	1.41	5.56
I35FM50NS4	92	55	1,200	1,347	346	0.87	3.89
I35FM50NS7	86	55	2,100	2,241	371	0.93	6.04
I35FM50NS10	80	55	3,000	3,135	483	1.21	6.49
I35FM60NS4	72	66	1,200	1,338	267	0.67	5.01
I35FM60NS7	66	66	2,100	2,232	295	0.74	7.57
I35FM60NS10	60	66	3,000	3,126	360	0.90	8.68

หมายเหตุ หินทรายกับน้ำจะใช้ในปริมาณอัตราส่วนที่เท่าๆกันจึงไม่นำมาคิด

จะเห็นได้ว่าในการแทนที่เถ้าลอยในปูนซีเมนต์ในปริมาณต่างๆ ได้ค่ากำลังที่น้อยกว่าในช่วงอายุต้น เมื่อเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 จึงไม่มีความความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์เมื่อนำมาเปรียบเทียบ ส่วนการใช้นาโนซิกาในการแทนที่ในปูนซีเมนต์ให้ค่ากำลังอัดสูงกว่าปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 เมื่อนำมาเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์มีราคาที่สูงมาก เนื่องจากค่ากำลังอัดที่อายุต้นสูง และในการแทนที่นาโนซิลิการ้อยละ 4 เมื่อเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 ให้ค่าที่สูงกว่า 1.19 เท่า และเมื่อเทียบความคุ้มค่าเท่ากับ 2.93 เท่า ในส่วนของกลุ่มที่เติมทั้งนาโนซิลิกาและเถ้าลอยร่วมกับปูนซีเมนต์ในช่วงอายุที่ 3 วันในการแทนที่เถ้าลอยร้อยละ 50 นาโนซิลิการ้อยละ 4 7 10 มีการพัฒนา

กำลังได้ใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 ไม่คุ้มค่าในการนำมาเปรียบทางด้านเศรษฐศาสตร์ แต่มีความคุ้มค่าในแง่ของสิ่งแวดล้อมเพราะช่วยลดการใช้ปูนซีเมนต์ลง และมีการแทนที่ค่อนข้างมาก

ตารางที่ 4.8 ตารางเปรียบเทียบราคาของวัสดุประสานร่วมทุกชนิดในส่วนผสมที่ใช้ในการผสมคอนกรีตต่อซีเมนต์ 100 กิโลกรัมอายุการทดสอบที่ 7 วันโดยเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3

ชนิดตัวอย่าง	ราคารวมปูนซีเมนต์ (บาท)	ราคารวมเถ้าลอย (บาท)	ราคารวมนาโนซิลิกา (บาท)	ราคารวมวัสดุทั้งหมด (บาท)	ค่ากำลังอัดที่ได้ กก.ซม^2	ค่าที่เพิ่มจากคอนกรีตควบคุม (เท่า)	1 กก/ซม^{2}บาท/กก/ซม^2
T35FM0NS0	320	-	-	320	480	-	0.67
I35FM40NS0	120	44	-	164	373	0.93	0.43
I35FM50NS0	100	55	-	155	318	0.80	0.49
I35FM60NS0	80	66	-	146	286	0.71	0.51
I35FM0NS4	192	-	1,200	1,392	513	1.28	2.71
I35FM0NS7	186	-	2,100	2,286	617	1.54	3.71
I35FM0NS10	180	-	3,000	3,180	715	1.79	4.45
I35FM40NS4	112	44	1,200	1,356	467	0.97	2.90
I35FM40NS7	106	44	2,100	2,250	564	1.41	3.99
I35FM40NS10	100	44	3,000	3,144	657	1.64	4.78
I35FM50NS4	92	55	1,200	1,347	448	0.93	3.01
I35FM50NS7	86	55	2,100	2,241	486	1.01	4.61
I35FM50NS10	80	55	3,000	3,135	563	1.17	5.57
I35FM60NS4	72	66	1,200	1,338	348	0.73	3.84
I35FM60NS7	66	66	2,100	2,232	361	0.75	6.18
I35FM60NS10	60	66	3,000	3,126	463	0.96	6.75

หมายเหตุ หินทรายกับน้ำจะใช้ในปริมาณอัตราส่วนที่เท่าๆกันจึงไม่นำมาคิด

จะเห็นได้ว่าในการแทนที่เถ้าลอยในปูนซีเมนต์ในปริมาณต่างๆ ได้ค่ากำลังที่น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 จึงไม่มีความความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ส่วนการใช้นาโนซิกาในการแทนที่ในปูนซีเมนต์ให้ค่ากำลังอัดสูงกว่าปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 เมื่อนำมาเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์มีราคาที่สูง ในส่วนของกลุ่มที่เติมทั้งนาโนซิลิกาและเถ้าลอยร่วมกับปูนซีเมนต์ในช่วงอายุที่ 7 วันในการแทนที่เถ้าลอยร้อยละ 50 นาโนซิลิการ้อยละ 4 7 10 มีการพัฒนากำลังได้

ใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 ไม่คุ้มค่าในการนำมาเปรียบทางด้านเศรษฐศาสตร์ แต่มีความคุ้มค่าในแง่ของสิ่งแวดล้อมเพราะช่วยลดการใช้ปูนซีเมนต์ลง และมีการแทนที่ค่อนข้างมาก

ตารางที่ 4.9 ตารางเปรียบเทียบราคาของวัสดุประสานร่วมทุกชนิดในส่วนผสมที่ใช้ในการผสมคอนกรีตต่อซีเมนต์ 100 กิโลกรัมอายุการทดสอบที่ 28 วันโดยเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3

ชนิดตัวอย่าง	ราคารวมปูนซีเมนต์ (บาท)	ราคารวมเถ้าลอย (บาท)	ราคารวมนาโนซิลิกา (บาท)	ราคารวมวัสดุทั้งหมด (บาท)	ค่ากำลังอัดที่ได้ กก.ซม^2	ค่าที่เพิ่มจากคอนกรีตควบคุม (เท่า)	1 กก/ซม^{2}บาท/กก/ซม^2
T35FM0NS0	320	-	-	320	565	-	0.57
I35FM40NS0	120	44	-	164	492	0.87	0.33
I35FM50NS0	100	55	-	155	458	0.81	0.34
I35FM60NS0	80	66	-	146	442	0.78	0.33
I35FM0NS4	192	-	1,200	1,392	594	1.05	2.34
I35FM0NS7	186	-	2,100	2,286	759	1.34	3.01
I35FM0NS10	180	-	3,000	3,180	779	1.39	4.08
I35FM40NS4	112	44	1,200	1,356	584	1.03	2.32
I35FM40NS7	106	44	2,100	2,250	700	1.23	3.21
I35FM40NS10	100	44	3,000	3,144	719	1.27	4.37
I35FM50NS4	92	55	1,200	1,347	519	0.92	2.60
I35FM50NS7	86	55	2,100	2,241	558	0.99	4.02
I35FM50NS10	80	55	3,000	3,135	607	1.07	5.16
I35FM60NS4	72	66	1,200	1,338	430	0.76	3.11
I35FM60NS7	66	66	2,100	2,232	464	0.82	4.81
I35FM60NS10	60	66	3,000	3,126	509	0.90	6.14

หมายเหตุ หินทรายกับน้ำจะใช้ในปริมาณอัตราส่วนที่เท่าๆกันจึงไม่นำมาคิด

จะเห็นได้ว่าในการแทนที่เถ้าลอยในปูนซีเมนต์ในปริมาณต่างๆ ได้ค่ากำลังที่น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 ในทุกๆอายุการทดสอบจึงไม่มีความความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ส่วนการใช้นาโนซิกาในการแทนที่ในปูนซีเมนต์ให้ค่ากำลังอัดสูงกว่าปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 เมื่อนำมาเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์มีราคาที่สูงมากกว่า และในส่วนของกลุ่มที่เติมทั้งนาโนซิลิกาและเถ้าลอยร่วมกับปูนซีเมนต์ในช่วงอายุที่ 28 วันในการแทนที่เถ้าลอยร้อยละ 50 นาโนซิลิกา

ร้อยละ 4 7 10 มีการพัฒนากำลังได้ใกล้เคียงกับปูนซีเมนต์ประเภทที่ 3 ไม่คุ้มค่าในการนำมาเปรียบทางด้านเศรษฐศาสตร์ แต่มีความคุ้มค่าในแง่ของสิ่งแวดล้อมเพราะช่วยลดการใช้ปูนซีเมนต์ลง และมีการแทนที่ค่อนข้างมาก