บทที่ 5
สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 <u>สรุปผลงานวิจัย</u>

ผลการวิจัยนี้พบว่าการผลิตคอนกรีตสมรรถนะสูง เพื่อให้คอนกรีตมีคุณสมบัติเหลว มีความสามารถเทได้สูงด้วยการยุบตัวเกินกว่า 20 ซม , การไหลแผ่เกินกว่า 50 ซม. และมีช่วงการทำงานได้มากกว่า 2 ชม. โดยที่เนื้อคอนกรีตไม่แยกตัว และมีกำลังอัดรูปทรงกระบอกที่ 28 วันเกิน 600 กก.ต่อ ตร.ซม. อีกทั้งอายุที่ 1 วันเกินกว่าร้อยละ 50 ของค่ากำลังอัดที่ 28 วัน การศึกษาด้วยการใช้ซิลิกาฟูมแทนที่ซีเมนต์ในปริมาณ 5 - 25 % ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ด้วยสัดส่วนผสมของคอนกรีตที่มีปริมาณซีเมนต์ 500 กก. ต่อ ม.^{3} และสัดส่วนน้ำต่ออนุภาคละเอียด (W/(C+SF)) ระหว่าง 0.26 - 0.32 จากผลการทดสอบและการวิเคราะห์ต่าง ๆ ทั้งปริมาณการเกิดคัลเซียมไฮดรอกไซด์ , การเกิดปริมาณคัลเซียมซิลิเกตไฮเดรตและการพัฒนากำลังตามอายุ ซึ่งสามารถสรุปได้คือ

1. ในซีเมนต์เพสต์ธรรมดาปริมาณคัลเซียมไฮดรอกไซด์จะเกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นอย่างต่อเนื่องโดยช่วงแรกมีแนวโน้มที่เกิดขึ้นในอัตราที่สูงในช่วง 7 วันแรก หลังจากนั้นอัตราการเพิ่มจะค่อย ๆ น้อยลงตามลำดับ แต่สำหรับในเพสต์ที่ผสมซิลิกาฟูมปริมาณคัลเซียมไฮดรอกไซด์จากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นจะเพิ่มขึ้นเฉพาะใน 7 วันแรกด้วยอัตราการเพิ่มที่ต่ำกว่าของเพสต์ธรรมดา หลังจากนั้นปริมาณคัลเซียมไฮดรอกไซด์จะลดลงตามอายุจากปฏิกิริยาปอซโซลานิกซึ่งมีการใช้คัลเซียมไฮดรอกไซด์ให้ลดลง

2. คอนกรีตที่ผสมซิลิกาฟูมในสภาพเหลวจะทำให้ความสามารถทำงานได้ลดลง จากผลการทดสอบการยุบตัวและการไหลแผ่ เพื่อให้คอนกรีตมีสมรรถนะสูงในสภาพเหลวสามารถปรับปรุงความสามารถทำงานได้ด้วยการเติมสารลดปริมาณน้ำพิเศษเพิ่มขึ้น ที่สัดส่วนน้ำต่ออนุภาคละเอียดเท่ากับ 0.32 ถ้าใช้เมื่อใช้ซิลิกาฟูมที่ 10 % ต้องเพิ่มสารลดปริมาณน้ำพิเศษอีก 10 % และที่ซิลิกาฟูม 15 , 20 และ 25 % จะต้องเพิ่มสารลดปริมาณน้ำพิเศษอีก 15 , 30 และ 45 % ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมของคอนกรีตธรรมดา

3. ปฏิกิริยาปอซโซลานิกของซิลิกาฟูมจะเกิดขึ้นตั้งแต่วันแรกของการผสม โดยที่อัตราการใช้คัลเซียมไฮดรอกไซด์จะแปรตามเวลาและปริมาณซิลิกาฟูมที่ผสม จากผลการวิจัยพบว่า ซิลิกาฟูมที่ 5 % มีการใช้คัลเซียมไฮดรอกไซด์ในปฏิกิริยาปอซโซลานิกน้อยสุดส่วนที่ 10 % มีการใช้ปานกลางและที่ 15 , 20และ25 % จะมีการใช้สูงสุดในอัตราการใช้ที่ใกล้เคียงกัน

4. คัลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (CSH) ในเพสต์ผสมซิลิกาฟูมจะเกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นและปฏิกิริยาปอซโซลานิกรวมกันโดยอัตราการเกิดจะเพิ่มขึ้นตามอายุและปริมาณซิลิกาฟูม ในอายุเริ่มแรก (1 - 3 วัน) ปริมาณซิลิกาฟูมน้อย ๆ จะมีผลต่อปริมาณ CSH น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับเพสต์ธรรมดาเนื่องจากใช้วิธีการผสมแบบแทนที่ แต่ที่ปริมาณเกินกว่า 15 % จะเริ่มเห็นผลของปริมาณ CSH ที่เพิ่มขึ้น หลังจากอายุเกิน 7 วัน ปริมาณ CSH จะเกิดมากกว่าในซีเมนต์เพสต์ธรรมดาแม้ที่ปริมาณซิลิกาฟูมเพียง 5 %

5. กำลังอัดของคอนกรีตผสมซิลิกาฟูมจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณคัลเซียมซิลิเกตไฮเดรต ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคัลเซียมซิลิเกตไฮเดรตกับกำลังอัดโดยไม่พิจารณาถึงอายุของคอนกรีตจะเป็นเส้นตรงโดยมีความผิดพลาดเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยในรูปสัมประสิทธิ์การแปรปรวนที่ 0.95 - 1.05

6. ปริมาณซิลิกาฟูมที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในด้านกำลังอัดเท่ากับ 15 % เนื่องจากมีปริมาณคัลเซียมซิลิเกตไฮเดรตมากที่สุด และให้กำลังอัดสูงสุดถึง 897 กก./ซม.^{2} ที่ 28 วัน ที่สัดส่วนน้ำต่ออนุภาคละเอียดเท่ากับ 0.32 แต่ไม่ผ่านพฤติกรรมคอนกรีตสมรรถนะสูง หากจะให้ปริมาณซิลิกาฟูมที่มีประสิทธิภาพทั้งกำลังอัดและความสามารถทำงานได้จะให้ค่าที่ 5 % โดยที่สัดส่วนน้ำต่ออนุภาคละเอียดเท่ากับ 0.32 จะให้ค่ากำลังอัดที่ 1 วัน เท่ากับ 340 กก.ต่อตร.ซม. ที่ 28 วัน เท่ากับ 740 กก.ต่อตร.ซม. มีค่าการยุบตัว 21 ซม. และค่าการไหลแผ่ 50 ซม.

7. ในอัตราส่วนผสมที่ให้กำลังเริ่มแรกที่ปริมาณซิลิกาฟูม 15 % จะเกิดการพัฒนากำลังที่ 1 วันเท่ากับ 55 % , ที่ 3 วัน 90 % และที่ 28 วัน 140 % ของกำลังอัดคอนกรีตธรรมดาที่ 28 วัน และในส่วนผสมที่ให้กำลังช่วงปลายที่ปริมาณซิลิกาฟูม 5 % กำลังอัดที่ 1 , 3 , 28 และ 56 วันจะมีค่าเท่ากับ 50 , 80 , 110 และ 120 % ของกำลังอัดคอนกรีตธรรมดาที่ 28 วัน ตามลำดับ

5.2 <u>ข้อเสนอแนะ</u>

1. การผลิตคอนกรีตสมรรถนะสูงเพื่อใช้งานจริงนั้น จะต้องควบคุมคุณภาพของมวลรวมในแง่ของความสะอาด,ความชื้นและคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุหินทรายให้เป็นไปตามสัดส่วนผสมที่สอดคล้องกับ ASTM C - 33 อย่างเคร่งครัด ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการควบคุมคุณภาพคอนกรีตสมรรถนะสูงเป็นอย่างมาก

2. การผสมคอนกรีตผสมซิลิกาฟูมจะใช้ซิลิกาฟูมผสมแห้งกับหิน , ปูนซีเมนต์ , ทรายก่อนแล้วจึงเติมน้ำในส่วนผสม หลังจากนั้นเติมสารลดปริมาณน้ำพิเศษเป็นขั้นสุดท้ายและผสมต่อไปอีกระยะหนึ่ง

3. คอนกรีตสมรรถนะสูงที่ผสมซิลิกาฟูมจะให้คัลเซียมไฮดรอกไซด์น้อยลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตธรรมดาจะส่งผลให้คุณสมบัติด้านความทนทานดีขึ้นเช่น การทึบน้ำ , การต้านทานซัลเฟต , การทนกรด - ด่างและการเกิดสนิมเหล็ก เป็นต้น