สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัย โดยใช้ขี้เถ้าลอยหรือขี้เถ้าแกลบ แทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนนี้ สรุปได้ว่าทั้งขี้เถ้าลอย และขี้เถ้าแกลบ เป็นสารที่เหมาะสมในการผสมแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน ดังนี้

5.1.1 การพัฒนากำลังรับแรงและการพัฒนาสารเชื่อมประสาน ของส่วนผสมที่มีอัตราส่วน ขี้เถ้าที่เหมาะสม จะให้ลักษณะการพัฒนากำลังรับแรงและสารเชื่อมประสานที่อายุช่วงแรกน้อยกว่าปูนซีเมนต์ล้วน แต่ในช่วงอายุหลังกำลังรับแรงและสารเชื่อมประสานจะมากกว่าปูนซีเมนต์ล้วน

5.1.2 สารประกอบภายใน ซึ่งวิเคราะห์โดย X-Ray Diffraction จะพิจารณา Diffraction peak ของสารประกอบไดคัลเซี่ยมซิลิเกต (C_2S) และสารประกอบไทรคัลเซี่ยมซิลิเกต (C_3S) ซึ่งเป็นสารประกอบหลักในปูนซีเมนต์ที่มุม $2\theta = 34.37^{\circ}$ และ $2\theta = 32.22^{\circ}$ ตามลำดับ และพิจารณา Diffraction peak ของสารประกอบคัลเซี่ยมซิลิเกตไฮเดรท (C - S - H) ซึ่งเป็นสารเชื่อมประสานที่มุม $2\theta = 18.09^{\circ}$

เมื่อปูนซีเมนต์ผสมขี้เถ้าทำปฏิกิริยากับน้ำ Intensity ของ สารประกอบ C_2S และ C_3S จะลดลงเรื่อย ๆ ตามเวลาบ่มที่เพิ่มขึ้น แต่ Intensity ของสารประกอบ C - S - H จะเพิ่มขึ้นตามเวลาบ่ม จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณขี้เถ้าที่เหมาะสมในการผสมแทนที่ปูนซีเมนต์ในส่วนผสม จะทำให้การพัฒนาสารประกอบ C - S - H ต่ำกว่าในอายุช่วงแรกแต่ในอายุช่วงหลังกลับมากกว่าปูนซีเมนต์ล้วน ปริมาณขี้เถ้าที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ Intensity ของสารประกอบ C - S - H ในอายุช่วงแรกลดลงเป็นลำดับ ตามปริมาณขี้เถ้าที่เพิ่ม แต่ในอายุช่วงหลังปริมาณขี้เถ้าที่เพิ่มขึ้นกลับทำให้ Intensity ของสารประกอบ C - S - H เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณขี้เถ้าตั้งแต่ 0 ถึง 20% แต่ถ้าเพิ่มปริมาณขี้เถ้ามากกว่า 20% จะทำให้ Intensity ของสารประกอบ C - S - H มีแนวโน้มลดลง

5.1.3 ปริมาณขี้เถ้าที่เหมาะสมแก่การผสมแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน คือปริมาณที่ใช้แทนที่ได้มาก แต่ยังคงให้คุณสมบัติทางด้านกำลังรับแรง หรือการพัฒนาสารเชื่อมประสานที่ดี เมื่อเทียบกับปูนซีเมนต์ล้วน จากผลการวิจัยพบว่าปริมาณที่เหมาะสมของทั้งขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าแกลบ คือ ประมาณ

20 เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนัก

5.1.4 เปรียบเทียบผลของขี้เถ้าลอย และขี้เถ้าแกลบต่อการผสมแทนที่ในปูนซีเมนต์บางส่วน

- ด้านการพัฒนากำลังรับแรงอัด ขี้เถ้าลอยให้ผลดีกว่าขี้เถ้าแกลบเล็กน้อย คือ ในอัตราส่วนขี้เถ้า 20% ที่อายุ 90 วัน กำลังรับแรงอัดของปูนซีเมนต์ ผสมขี้เถ้าลอยเท่ากับ 453 กก/ซม.^{2} กำลังรับแรงอัดของปูนซีเมนต์ผสมขี้เถ้าแกลบเท่ากับ 415 กก/ซม.^{2}

- ด้านความข้นเหลวปกติ ความข้นเหลวของส่วนผสมเป็นส่วนสำคัญในการใช้งาน (Workability) และมีผลต่อการพัฒนากำลังรับแรง โดยขี้เถ้าลอยจะช่วยเพิ่มความข้นเหลวปกติ คือ ความต้องการน้ำรวม [W/(c + FLY ASH)] จะลดลง 0.01 ทุก ๆ 10% ของปริมาณขี้เถ้าลอยที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ขี้เถ้าแกลบจะทำให้ความข้นเหลวลดลง คือ ความต้องการน้ำรวม [W/(c + RHA)] เพิ่มขึ้น 0.038 ทุก ๆ 10% ของขี้เถ้าแกลบที่เพิ่มขึ้น

สาเหตุที่ทำให้ขี้เถ้าแกลบมีคุณสมบัติด้อยกว่าขี้เถ้าลอย คือ ความละเอียด ขี้เถ้าแกลบมีขนาด 47 ไมครอน ซึ่งใหญ่กว่าขี้เถ้าลอยที่มีขนาด 7 ไมครอนมาก ทำให้ขี้เถ้าแกลบเข้าแทนที่ในช่องว่างของมวลรวมไม่ดีพอ และ พื้นที่ผิวอนุภาคที่จะทำปฏิกิริยาเคมีน้อย อีกทั้งมี ถ.พ. ต่ำ คือ 2.04 ทำให้การแทนที่ปูนซีเมนต์โดยน้ำหนัก ต้องใช้ปริมาณมาก จากสาเหตุทั้งสองนี้ทำให้ปริมาณน้ำที่ต้องการ W/c ของส่วนผสมขี้เถ้าแกลบเพิ่มขึ้น 0.127 ทุก ๆ 10% ของขี้เถ้าแกลบที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ W/c ของส่วนผสมขี้เถ้าลอย เพิ่มขึ้นเพียง 0.055 ทุก ๆ 10% ของขี้เถ้าลอยที่เพิ่มขึ้น ซึ่งทั้งหมดมีผลโดยตรงต่อการพัฒนากำลังและสารเชื่อมประสาน

ดังนั้น ถ้าทำการบดขี้เถ้าแกลบให้มีขนาดอนุภาคเล็กละเอียดเท่ากับ หรือเล็กกว่าขี้เถ้าลอยอาจส่งผลให้การพัฒนากำลังรับแรงและสารเชื่อมประสานดีขึ้นเท่าเทียม หรือดีกว่า ผลจากขี้เถ้าลอย

5.2 ความประหยัด

จากการวิจัย เมื่อพิจารณาค่าปริมาณขี้เถ้าที่ใช้แทนที่ปูนซีเมนต์ได้มาก แต่ยังคงให้คุณสมบัติด้านกำลังรับแรงและอื่น ๆ ดีขึ้น หรือคงเดิม คือปริมาณขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าแกลบ ประมาณ 20% โดยน้ำหนัก ดังนั้นในการใช้งานเราจะสามารถประหยัดปูนซีเมนต์ได้เป็นจำนวนมาก เป็นการลดต้นทุนในการก่อสร้างลง

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ทำการบดขี้เถ้าแกลบให้ละเอียดเทียบเท่าหรือละเอียดกว่าขี้เถ้าลอย แล้วทำการทดสอบเปรียบเทียบกันใหม่ ซึ่งขี้เถ้าแกลบอาจให้ผลดีกว่าขี้เถ้าลอยก็ได้

5.3.2 ทำการทดสอบโดยเติมสารใด ๆ ที่ให้ธาตุคัลเซี่ยมเพิ่มขึ้น ในส่วนผสมปูนซีเมนต์กับขี้เถ้า เพื่อเพิ่มสารประกอบคัลเซียมไฮดรอกไซด์ [$Ca(OH)_2$] อิสระ ซึ่งอาจทำให้สามารถเพิ่มปริมาณขี้เถ้าลอย หรือขี้เถ้าแกลบมากขึ้นกว่าปกติ

5.3.3 ควรทำการศึกษา การพัฒนาสารเชื่อมประสาน ของปูนซีเมนต์ผสมขี้เถ้าลอยหรือขี้เถ้าแกลบ โดยหม้อนึ่งอบความดันไอ (Auto Clave) ซึ่งจะทำให้ทราบจุดสิ้นสุดของการเกิดสารเชื่อมประสานและ อัตราการเกิดสารเชื่อมประสานที่แน่นอน