

บทที่ 6

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและทดลองเกี่ยวกับคอนกรีตกำลังสูงผสมเถ้าลอยแม่เมาะทั้งแบบคัดแยกขนาดและไม่คัดแยกขนาดตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 ถึง บทที่ 3 และจากผลที่ได้และการวิเคราะห์ผลในบทที่ 4 และบทที่ 5 สามารถสรุปผลงานวิจัยและทำการเสนอข้อเสนอนี้ไว้ดังที่จะกล่าวต่อไปนี้

6.1 สรุปผลงานวิจัย

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

6.1.1 จากผลการวิจัย ทำให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน $W/(C+P)$ และความละเอียดของเถ้าลอยกับกำลังอัดของคอนกรีตกำลังสูงที่ผสมเถ้าลอยร้อยละ 0 15 25 และ 35 สำหรับใช้ในการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตกำลังสูงผสมเถ้าลอยแม่เมาะทั้งแบบคัดแยกขนาดและไม่คัดแยกขนาดตามวิธีการของเอซีไอ ตามรูปที่ 5.23 5.24 5.25 และ 5.26 หรือตารางที่ 5.3 ในบทที่ 5

6.1.2 ที่ค่าการยุบตัว 5 – 8 ซม. พบว่า คอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแม่เมาะทั้งแบบคัดแยกและไม่คัดแยกขนาดจะมีความต้องการน้ำในส่วนผสมลดลงเมื่อเทียบกับคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าลอย และจะมีความต้องการน้ำลดลงเมื่อแทนที่ด้วยเถ้าลอยในปริมาณที่มากขึ้น โดยคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอยแม่เมาะแบบคัดแยกขนาดซึ่งมีค่าความละเอียดที่ทดสอบโดยวิธีแบบเบลนเท่ากับ 3688 ซม.²/ก. จะลดความต้องการน้ำได้มากกว่าคอนกรีตที่ใช้เถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดซึ่งมีค่าความละเอียดที่ทดสอบโดยวิธีแบบเบลนเท่ากับ 2517 ซม.²/ก. และมีแนวโน้มว่าเมื่ออัตราส่วน $W/(C+P)$ เพิ่มขึ้นจะทำให้การลดความต้องการน้ำของคอนกรีตที่ผสมด้วยเถ้าลอยทั้งสองแบบลดลง

6.1.3 จากผลการวิเคราะห์กำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอยแม่เมาะทั้งแบบคัดแยกที่มีค่าความละเอียดที่ทดสอบโดยวิธีแบบเบลนเท่ากับ 3688 ซม.²/ก. และไม่คัดแยกขนาดที่มีค่าความละเอียดที่ทดสอบโดยวิธีแบบเบลนเท่ากับ 2517 ซม.²/ก. ในปริมาณร้อยละ 15 25 และ 35 โดยการแทนที่ปูนซีเมนต์ ตามวิธีการของเอซีไอ พบว่าเถ้าลอยแบบคัดแยกขนาดซึ่งมีความละเอียดสูงกว่าและขนาดอนุภาคเล็กกว่าเถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดนั้น เมื่อนำไปใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตที่มีอัตราส่วน $W/(C+P)$ และปริมาณร้อยละการแทนที่ปูนซีเมนต์เหมือนกัน คอนกรีตที่ผสมด้วยเถ้า

ลอบแบบคัตแบกขนาดจะให้กำลังอัดที่สูงกว่า และมีการพัฒนากำลังอัดดีกว่าคอนกรีตที่ผสมด้วยเถ้าลอบแบบไม่คัตแบกที่ทุกอายุ และเมื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอบกับคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าลอบพบว่าคอนกรีตที่ผสมด้วยเถ้าลอบแบบคัตแบกขนาดนั้นจะให้กำลังอัดสูงกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าลอบตั้งแต่อายุ 7 วันขึ้นไปในทุกอัตราส่วน $W/(C+P)$ และทุกปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ โดยที่อายุ 28 วันคอนกรีตที่ผสมด้วยเถ้าลอบแบบคัตแบกร้อยละ 25 จะให้กำลังอัดสูงสุดที่ทุกอัตราส่วน $W/(C+P)$ และที่อายุ 56 วันคอนกรีตที่ผสมด้วยเถ้าลอบแบบคัตแบกร้อยละ 35 จะให้กำลังอัดสูงสุดที่ทุกอัตราส่วน $W/(C+P)$ ส่วนคอนกรีตที่ผสมด้วยเถ้าลอบแบบไม่คัตแบกขนาดจะมีกำลังอัดใกล้เคียงหรือสูงกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าลอบที่อายุ 28 และ 56 วันเมื่อแทนที่ด้วยเถ้าลอบแบบไม่คัตแบกปริมาณร้อยละ 25 และ 35

6.1.4 ความหนาแน่นของคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอบแบบคัตแบกขนาดจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าลอบเพิ่มมากขึ้น ส่วนคอนกรีตที่ผสมด้วยเถ้าลอบแบบไม่คัตแบกขนาดจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าลอบเพิ่มมากขึ้น และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน $W/(C+P)$ กับความหนาแน่นของคอนกรีต พบว่าความหนาแน่นของคอนกรีตมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราส่วน $W/(C+P)$ สูงขึ้นสำหรับทุกปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าลอบ

6.2 วิจัยผลลัพธ์

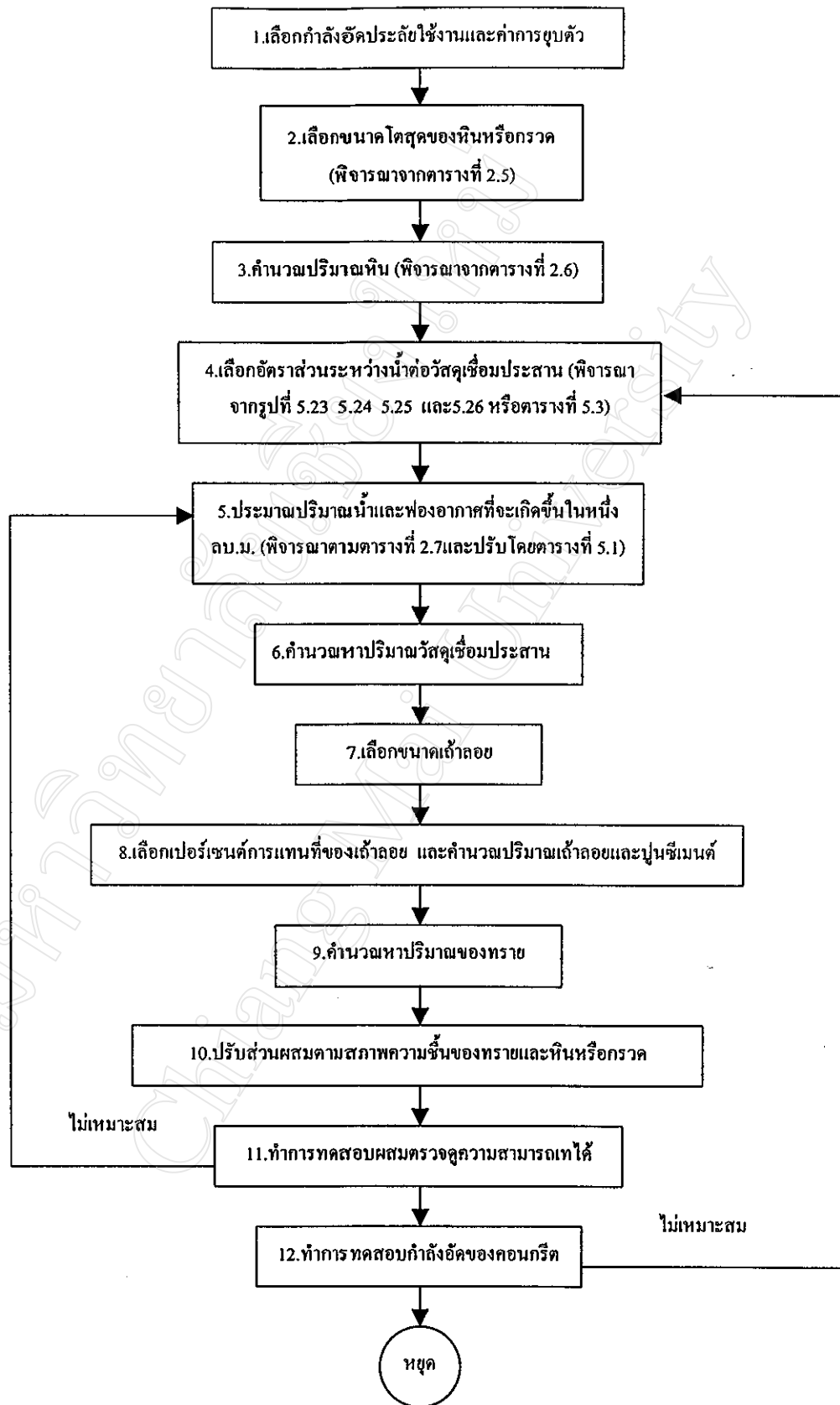
6.2.1. เถ้าลอบแม่เมาะแบบคัตแบกขนาดนั้นสามารถช่วยในการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตได้ดีกว่าเถ้าลอบแม่เมาะแบบไม่คัตแบกขนาดที่ทุกอายุ เนื่องจากเถ้าลอบแม่เมาะแบบคัตแบกขนาดนั้นมีความละเอียดสูงกว่าและมีพื้นที่ผิวมากกว่า จึงสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาไฮเดรชันได้เร็วกว่า

6.2.2. สำหรับคอนกรีตที่ผสมเถ้าลอบแม่เมาะแบบคัตแบกขนาดมีแนวโน้มที่ความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าลอบเพิ่มมากขึ้น ซึ่งชี้ให้เห็นว่านอกจากเถ้าลอบแม่เมาะแบบคัตแบกขนาดจะทำปฏิกิริยาปอซโซลานิกแล้ว ด้วยคุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าลอบแม่เมาะแบบคัตแบกขนาดที่มีรูปร่างเป็นทรงกลมขนาดเล็ก ยังสามารถช่วยในการลื่นไหลของมวลรวมและเข้าไปอุดช่องว่างในเนื้อคอนกรีตได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับเถ้าลอบแม่เมาะแบบไม่คัตแบกขนาด ซึ่งมีแนวโน้มของความหนาแน่นลดลงเมื่อแทนที่ด้วยเถ้าลอบเพิ่มขึ้น

6.3 การออกแบบส่วนผสมคอนกรีตกำลังสูงผสมเถ้าลอยแม่เมาะทั้งแบบคัดแยกขนาดและไม่คัดแยกขนาดโดยปรับปรุงตามมาตรฐานเอซีไอ

จากการศึกษาทดลองตามที่ได้กล่าวมา ได้ผลการทดลองในรูปแบบความสัมพันธ์ของปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยและขนาดของเถ้าลอย กับปริมาณความต้องการน้ำที่ลดลงของส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 5.1 และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสาน ขนาดของเถ้าลอย และปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอย กับกำลังอัดของคอนกรีตกำลังสูงผสมเถ้าลอยแม่เมาะ ในรูปแบบแผนภูมิดังรูปที่ 5.23 5.24 5.25 และ 5.26 และรูปแบบตารางดังตารางที่ 5.3

โดยผลที่ได้เหล่านี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตกำลังสูงผสมเถ้าลอยแม่เมาะ ในขั้นตอนของการเลือกปริมาณน้ำสำหรับค่าการยุบตัวที่กำหนด และขั้นตอนของการเลือกอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานสำหรับกำลังอัดประลัยที่ต้องการ ส่วนขั้นตอนอื่นๆ ให้ปฏิบัติตามแผนภาพแสดงขั้นตอนการออกแบบส่วนผสมสำหรับคอนกรีตกำลังสูงผสมเถ้าลอยแม่เมาะทั้งแบบคัดแยกขนาดและไม่คัดแยกขนาดโดยปรับปรุงตามมาตรฐานเอซีไอ ดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการออกแบบส่วนผสมสำหรับคอนกรีตกำลังสูงผสมถ้ำลอยแม่
เมาะ

6.4 ข้อเสนอแนะ

6.3.1 ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตกำลังสูงผสมเถ้าลอยแม่เมาะทั้งแบบคัดแยกขนาดและไม่คัดแยกขนาดตามวิธีการของเอซีไอ เพื่อมุ่งเน้นศึกษาผลกระทบของปริมาณเถ้าลอยแม่เมาะและความละเอียดของเถ้าลอยที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีต จึงมีขอบเขตจำกัดในการศึกษาโดยกำหนดค่าการยุบตัวอยู่ในช่วง 5 – 8 ซม. ซึ่งสามารถทำได้ที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานที่ 0.35 ขึ้นไป โดยไม่ใส่สารลดน้ำ เมื่อแทนที่ด้วยเถ้าลอยแบบคัดแยกและไม่คัดแยกขนาด ในปริมาณร้อยละ 0 15 25 และ 35 ดังนั้นเพื่อให้สามารถใช้งานในช่วงค่าการยุบตัวที่มากขึ้น และ/หรือที่อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานต่ำกว่า 0.35 จึงควรทำการศึกษาผลของการใช้สารลดน้ำหรือสารผสมเพิ่มอื่นๆ ที่ช่วยเพิ่มค่าการยุบตัวให้คอนกรีตสดเพิ่มเติม (โดยในส่วนของอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานต่ำกว่า 0.35 ได้ทำการทดลองส่วนผสมบางส่วนเพื่อทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตสดและกำลังอัดเมื่ออายุได้ 28 วันคงภาคผนวก จ)

6.3.2 จากการศึกษาทดลองในงานวิจัยนี้พบว่า เถ้าลอยที่ทำการคัดแยกขนาดเพื่อให้ได้ขนาดอนุภาคที่เล็กลงและมีพื้นที่ผิวจำเพาะมากขึ้นนั้น เมื่อนำไปผสมในส่วนผสมคอนกรีตโดยการแทนที่ปูนซีเมนต์นั้นจะทำให้การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตดีกว่าคอนกรีตที่ใช้เถ้าลอยแบบไม่คัดแยกขนาดเป็นส่วนผสม และมีการพัฒนากำลังอัดได้สูงกว่าคอนกรีตที่ไม่ผสมเถ้าลอยตั้งแต่อายุ 7 วันในแต่ละอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานและปริมาณร้อยละการแทนที่ปูนซีเมนต์ต่างๆ ดังนั้นถ้าต้องการให้กำลังอัดของคอนกรีตกำลังสูงผสมเถ้าลอยนี้พัฒนากำลังอัดที่อายุต้นๆ ได้เร็วขึ้นก็อาจทำได้โดยการใช้เถ้าลอยที่มีความละเอียดสูงมากขึ้นแต่ต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในแง่พลังงานที่สูญเสียไปจากการคัดแยกด้วย หรืออาจใช้ซิลิกาฟูมเป็นส่วนผสมร่วมด้วย หรือใช้สารผสมเพิ่มประเภทสารเร่งกำลังร่วมกับส่วนผสมคอนกรีตผสมเถ้าลอย

6.3.3 ผลการศึกษาที่ได้จากการทำวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เพื่อการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตกำลังสูงผสมเถ้าลอยจากแม่เมาะที่ทำการคัดแยกขนาดได้ความละเอียดที่ทดสอบโดยวิธีแบบเบลนเท่ากับ 3688 ซม.²/ก. และเถ้าลอยที่ไม่คัดแยกขนาดซึ่งมีความละเอียดที่ทดสอบโดยวิธีแบบเบลนเท่ากับ 2517 ซม.²/ก. หากใช้เถ้าลอยจากแหล่งอื่นหรือเถ้าลอยแม่เมาะที่มีค่าความละเอียดต่างจากงานวิจัยนี้มากอาจนำผลที่ได้นี้มาใช้เป็นแนวทางอย่างคร่าวๆ แต่ทั้งนี้ต้องตรวจสอบคุณสมบัติของเถ้าลอยจากแหล่งอื่นๆ ด้วยว่ามีคุณสมบัติได้มาตรฐานของวัสดุปอซโซลานมากน้อยเพียงใด

6.3.4 ในการศึกษาของงานวิจัยนี้มุ่งเน้นหาผลกระทบของขนาดและปริมาณการแทนที่ด้วยเถ้าลอยแม่เมาะที่มีต่อกำลังอัดของคอนกรีตกำลังสูงผสมเถ้าลอยที่ออกแบบโดยมาตรฐานเอซีไอ จึงมีขอบเขตจำกัดในการใช้วัสดุ เช่น การใช้หิน 3/8 นิ้ว ทรายที่มีความละเอียดต่ำ เป็นต้น อีก

ทั้งหินและทรายที่ใช้ในส่วนผสมได้ทำการล้างน้ำจนสะอาดและอบแห้ง ดังนั้นเพื่อให้สามารถใช้งานได้ในวงกว้างควรทำการศึกษาผลของกำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอยเมื่อคุณสมบัติของวัสดุผสมที่เปลี่ยนไปด้วย

6.3.5 จากการศึกษาทดลองในงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่าเมื่อเถ้าลอยที่ผ่านเครื่องคัดแยกขนาดของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ 1 ครั้ง (จะได้เถ้าลอยที่ถูกคัดแยกขนาดให้เล็กลงประมาณร้อยละ 40 ของเถ้าลอยที่ใส่เข้าเครื่องคัดแยกทั้งหมด) เมื่อนำมาผสมคอนกรีตก็สามารถทำให้การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นการพัฒนาในการเก็บเถ้าลอยโดยการติดตั้งเครื่องคัดแยกขนาดด้วยจะทำให้ได้เถ้าลอยที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีขึ้นเหมาะกับการนำไปใช้เป็นส่วนผสมคอนกรีตกำลังสูง