บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของขนาดคละมวลรวมต่อสภาพแข็งตัวของคอนกรีตสมรรถนะสูงในงานวิจัยนี้สามารถสรุปการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

1.การทดสอบคุณสมบัติของมวลรวมที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตตามท้องตลาด ขนาดคละมวลรวมที่ใช้มีขนาดที่ไม่สอดคล้องกับมาตรฐานของ ASTM และข้อกำหนดของ ACI การปรับปรุงขนาดคละมวลรวม โดยการรวมขนาดคละของหินเล็กขนาด 3/8" กับหินกลางขนาด 3/4" ในสัดส่วน ระหว่าง 25:75 ถึง 45:55 พบว่าสัดส่วน 40:60 เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการผสม

2.สัดส่วนของมวลรวมละเอียดต่อมวลรวมหยาบที่เหมาะสม สามารถหาในรูปสัดส่วนทรายต่อมวลรวม โดยพิจารณาในขอบเขตระหว่าง 0.43 ถึง 0.47 พบว่าสัดส่วนทรายต่อมวลรวมเท่ากับ 0.45 ทำให้เกิดเสถียรภาพของส่วนผสมของคอนกรีตได้ดีที่สุด และค่าโมดูลัสความละเอียดของหินและทรายที่เหมาะสมในการผลิตคอนกรีต จะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 6.32 - 6.74 และ 2.62 - 3.25. ตามลำดับ

3.จากการทดสอบส่วนผสมของคอนกรีต ในด้านความสามารถทำงานได้และกำลังอัด พบว่าอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c) ในช่วงระหว่าง 0.24 - 0.34 จะให้ค่าคุณสมบัติในด้านการไหลตัวและกำลังอัดของคอนกรีตตามข้อกำหนด โดยการใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมเริ่มที่ประมาณ 450 กก./ลบ.ม. และสามารถทำการปรับแต่งกำลัง โดยสารไมโครซิลิกาในอัตราการใช้ประมาณ 10 - 20 % ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ ในอัตราการเพิ่มกำลัง 10 - 26 % และการปรับแต่งในด้านความข้นเหลวสามารถใช้ขี้เถ้าลอยในอัตราการใช้ 10 - 15 % ของน้ำหนักปูนซีเมนต์

4.การปรับแต่งกำลังและความข้นเหลวของคอนกรีตสมรรถนะสูง ทำโดยการใช้ปริมาณสารลดน้ำพิเศษในการเพิ่มความข้นเหลวและลดปริมาณน้ำที่ใช้ในส่วนผสมของคอนกรีต มีผลในการเพิ่มกำลังของคอนกรีต ในอัตราการใช้ 1.20 - 2.40 % แต่อัตราการลดปริมาณน้ำจะต้องอยู่ในช่วง 30 - 40 %

5.คุณสมบัติในสภาพแข็งตัวของคอนกรีตสมรรถนะสูง

กำลัง

1.กำลังอัดที่อายุ 1 และ 28 วันมีค่าเฉลี่ย 350 และมากกว่า 600 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ

2.กำลังดึงแตกแยกสามารถหาความสัมพันธ์เทียบกับกำลังอัดของคอนกรีต ดังสมการ

$$f_{sp} = 2.90 \sqrt{f'_c} - 6.65$$

3.กำลังเฉือนทำการวิเคราะห์โดยวิธีของมอร์ หาความสัมพันธ์กับกำลังอัดของคอนกรีต ดังสมการ

$$f_v = 5.96 \sqrt{f'_c} - 55$$

4.กำลังดัดสามารถหาความสัมพันธ์กับกำลังอัดของคอนกรีต ดังสมการ

$$f_b = 6.12 \sqrt{f'_c} - 85$$

5.ความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียด มีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับมาตรฐานและงานวิจัยของคอนกรีตกำลังสูงและมีค่าสูงขึ้นเมื่อกำลังอัดของคอนกรีต

6.โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตสมรรถนะสูงจะมีลักษณะคล้ายกับคอนกรีตทั่วๆไป คือแปรตามกำลังอัดของคอนกรีต เขียนสมการความสัมพันธ์ ดังสมการ

$$E_c = 13,900 \sqrt{f'_c} - 18,710$$

7.อัตราส่วนพัวซองของคอนกรีต จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.19 - 0.24 ซม./ซม.และมีค่าลดลงเมื่อกำลังอัดของคอนกรีตเพิ่มขึ้น สามารถหาความสัมพันธ์กับกำลังอัด ดังสมการ

$$\nu = 0.354 - 0.0002 f'_c$$

ความทนทาน

1.การซึมผ่านของน้ำแสดงในรูปของสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อค่าอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ลดต่ำลง หาความสัมพันธ์กับค่าของอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ ดังสมการ

$$k = 81.36 (w/c)^{3.29} \times 10^{-06}$$

2.ค่าการดูดซึมของน้ำจะมีค่าลดลงเมื่อกำลังอัดสูงขึ้น มีความสัมพันธ์เทียบกับกำลังอัด ดังสมการ

$$\% \text{ Absopr.} = 2.32 - 0.0006 f'_c$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.การเพิ่มสารปอซโซลาน ไมโครซิลิการและขี้เถ้าลอยช่วยให้คุณสมบัติในสภาพแข็งตัวมีการพัฒนาสูงขึ้น

7.จากผลการทดสอบสามารถนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตสมรรถนะสูง ได้ โดยพิจารณาจากกำลังอัด, ขนาดมวลรวม, ปริมาณปูนซีเมนต์, อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เป็นหลัก ทั้งนี้สามารถปรับแต่งคุณสมบัติโดยการใช้สารปอซโซลาน ไมโครซิลิกาในการปรับแต่งกำลังอัด และขี้เถ้าลอยในการปรับแต่งความสามารถทำงานได้

5.2. ข้อเสนอแนะ

1.มวลรวมที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตสมรรถนะสูงควรมีการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพให้ได้ตามที่กำหนด

2.การออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเฉลี่ยจากผลการทดสอบ โดยค่ากำลังอัดที่ใช้ในการออกแบบจะอยู่ในช่วง 600 - 750 กก./ตร.ซม.

3.การใช้ขี้เถ้าลอยควรมีการตรวจสอบก่อนการใช้ทุกครั้ง เนื่องจากคุณสมบัติและส่วนประกอบของขี้เถ้าลอยมีความไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากคุณภาพของวัตถุดิบถ่านหิน

4.การใช้ไมโครซิลิกาในการเพิ่มกำลังอัดของคอนกรีต จะมีผลต่อความข้นเหลวของคอนกรีต ควรทำการตรวจสอบคุณสมบัติในสภาพเหลวและปรับแต่งส่วนผสมด้วยสารลดน้ำพิเศษ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย