บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดสอบ

5.1.1 จากการออกแบบและพัฒนาแบบหล่อบล็อกอินเตอร์ล็อคกิ้งเป็นแบบหล่อเหล็กโดยคำนึงถึงความแข็งแรงเพื่อการใช้งานที่ยาวนาน บล็อกประสานที่หล่อมีรูปทรงและขนาดตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยแบบหล่อ 1แบบหล่อ มีค่าใช้จ่ายของวัสดุและค่าแรง รวมเป็นเงิน 75,000 บาท

5.1.2 จากการทดสอบกระบวนการผลิตบล็อกประสาน CLC ณ ช่วงเวลา 4.30 ชั่วโมง ที่อัตราส่วนผสมตั้งต้น 2 อัตราส่วนผสม คือ C10 และ C16 เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการตัดบล็อก โดยจะจับเวลาหลังการเทส่วนผสม CLC ลงในแบบหล่อ ทำให้ได้เวลาที่เหมาะสมที่สุดในการตัดบล็อกของอัตราส่วนผสม C10 คือ 140 - 160 นาที และในอัตราส่วนผสม C16 คือ 110 - 130 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่ส่วนผสม CLC สามารถทรงตัวได้ (เริ่มเซ็ตตัว) ไม่ไหลมาติดกันเมื่อทำการดันตัดบล็อก อีกทั้งยังเป็นเวลาที่ส่วนผสม CLC ไม่เซ็ตตัวจนเกินไปทำให้อุปกรณ์สำหรับตัดบล็อกไม่สามารถตัดได้

5.1.3 จากการวิเคราะห์หารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ของบล็อกประสาน CLC ในทุก ๆ ด้าน ที่อัตราส่วน C10 และ C16 เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ มอก. 2601-2556 โดยให้ความสูงคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ±4 mm ความยาวคลาด เคลื่อนได้ไม่เกิน ±5 mm และความหนาคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ±3 mm ได้ดังนี้

- ตัวบล็อกด้านกว้าง ที่อัตราส่วน C10 = 0.020 < 0.400 cm. คือ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และที่อัตราส่วน C16 = 0.023 < 0.400 cm. คือ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด
- ตัวบล็อกด้านยาว อัตราส่วน C10 = 0.021 < 0.500 cm. คือ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และที่อัตราส่วน C16 = 0.017 < 0.300 cm. คือ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด
- ข้างบล็อกด้านซ้าย อัตราส่วน C10 = 0.016 < 0.300 cm. คือ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด และที่อัตราส่วน C16 = 0.016 < 0.300 cm. คือ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด
- ข้างบล็อกด้านขวา อัตราส่วน C10 = 0.025 < 0.300 cm. คือ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดและที่อัตราส่วน C16 = 0.015 < 0.300 cm. คือ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด
- เดือยบล็อก ที่อัตราส่วน C10 และ อัตราส่วน C16 ทุก ๆ ส่วน มีความคลาดเคลื่อนจากที่ออกแบบไว้ น้อยกว่า 1 mm.
- ร่องด้านบนบล็อก ที่อัตราส่วน C10 และ อัตราส่วน C16 ทุก ๆ ส่วน มีความคลาดเคลื่อนจากที่ออกแบบไว้ น้อยกว่า 1 mm.

5.1.4 จากการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของบล็อกประสาน CLC ที่อัตราส่วนผสม C10 และ C16 เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ มอก. 2601-2556 ได้ดังนี้

1) ด้านกว้าง ด้านยาวและด้านข้าง

อัตราส่วนผสม C10

- ความกว้างคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 4 mm. จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบได้ค่า 20.008 cm. ดังนั้น ค่าความกว้างของตัวบล็อกจึงตรงตามที่มาตรฐานกำหนด

- ความยาวคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 5 mm. จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบได้ค่า 60.083 cm. ดังนั้น ค่าความยาวของตัวบล็อกจึงตรงตามที่มาตรฐานกำหนด

- ความหนา (ด้านข้าง) คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 3 mm. จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบข้างบล็อกด้านซ้าย ได้ค่า 8.023 cm. และด้านขวา ได้ค่า 7.969 cm. ดังนั้น ค่าความหนาของข้างบล็อกด้านซ้ายและด้านขวาจึงตรงตามที่มาตรฐานกำหนด

อัตราส่วนผสม C16

- ความกว้างคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 4 mm. จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบได้ค่า 20.087 cm. ดังนั้น ค่าความกว้างของตัวบล็อกจึงตรงตามที่มาตรฐานกำหนด

- ความยาวคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 5 mm. จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบได้ค่า 60.073 cm. ดังนั้น ค่าความยาวของตัวบล็อกจึงตรงตามที่มาตรฐานกำหนด

- ความหนา (ด้านข้าง) คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 3 mm. จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบข้างบล็อกด้านซ้าย ได้ค่า 8.036 cm. และด้านขวา ได้ค่า 8.038 cm. ดังนั้น ค่าความหนาของข้างบล็อกด้านซ้ายและด้านขวาจึงตรงตามที่มาตรฐานกำหนด

2) ด้านเดือยบล็อก

อัตราส่วนผสม C10

- จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบของฐานเดือยได้ค่า 4.008 cm. ดังนั้น ค่าความกว้างของฐานเดือยจึงมีความคลาดเคลื่อนจากที่ได้ออกแบบ เท่ากับ 0.008 cm.

- จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบของปลายเดือยได้ค่า 2.055 cm. ดังนั้น ค่าความกว้างของปลายเดือยจึงมีความคลาดเคลื่อนจากที่ได้ออกแบบ เท่ากับ 0.055 cm.

- จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบของความสูงเดือยได้ค่า 1.985 cm. ดังนั้น ค่าความสูงเดือยจึงมีความคลาดเคลื่อนจากที่ได้ออกแบบ เท่ากับ 0.015 cm.

- จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบของความยาวเดือยได้ค่า 56.679 cm. ดังนั้น ค่าความยาวเดือยจึงมีความคลาดเคลื่อนจากที่ได้ออกแบบ เท่ากับ 0.121 cm.

อัตราส่วนผสม C16

- จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบของฐานเดือยได้ค่า 3.894 cm. ดังนั้น ค่าความกว้างของฐานเดือยจึงมีความคลาดเคลื่อนจากที่ได้ออกแบบ เท่ากับ 0.106 cm.

- จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบของปลายเดือยได้ค่า 2.148 cm. ดังนั้น ค่าความกว้างของปลายเดือยจึงมีความคลาดเคลื่อนจากที่ได้ออกแบบ เท่ากับ 0.148 cm.

- จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบของความสูงเดือยได้ค่า 2.059 cm. ดังนั้น ค่าความสูงเดือยจึงมีความคลาดเคลื่อนจากที่ได้ออกแบบ เท่ากับ 0.059 cm.

- จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบของความยาวเดือยได้ค่า 56.783 cm. ดังนั้น ค่าความยาวเดือยจึงมีความคลาดเคลื่อนจากที่ได้ออกแบบ เท่ากับ 0.017 cm.

3) ร่องด้านบนบล็อก

อัตราส่วนผสม C10

- จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบของด้านซ้ายได้ค่า 2.039 cm. ดังนั้น ค่าความกว้างของด้านซ้ายจึงมีความคลาดเคลื่อนจากที่ได้ออกแบบ เท่ากับ 0.039 cm.

- จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบของส่วนกลางได้ค่า 3.985 cm. ดังนั้น ค่าความกว้างของส่วนกลางจึงมีความคลาดเคลื่อนจากที่ได้ออกแบบ เท่ากับ 0.015 cm.

- จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบของด้านขวาได้ค่า 2.031 cm. ดังนั้น ค่าความกว้างของด้านขวาจึงมีความคลาดเคลื่อนจากที่ได้ออกแบบ เท่ากับ 0.031 cm.

- จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบของความลึกได้ค่า 3.988 cm. ดังนั้น ค่าความลึกจึงมีความคลาดเคลื่อนจากที่ได้ออกแบบ เท่ากับ 0.012 cm.

อัตราส่วนผสม C16

- จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบของด้านซ้ายได้ค่า 2.072 cm. ดังนั้น ค่าความกว้างของด้านซ้ายจึงไม่มีความคลาดเคลื่อนจากที่ได้ออกแบบไว้ เท่ากับ 0.072 cm.

- จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบของส่วนกลางได้ค่า 4.012 cm. ดังนั้น ค่าความกว้างของส่วนกลางจึงไม่มีความคลาดเคลื่อนจากที่ได้ออกแบบไว้ เท่ากับ 0.012 cm.

- จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบของด้านขวาได้ค่า 2.072 cm. ดังนั้น ค่าความกว้างของด้านขวาจึงมีความคลาดเคลื่อนจากที่ได้ออกแบบ เท่ากับ 2.072 cm.

- จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบของความลึกได้ค่า 3.988 cm. ดังนั้น ค่าความลึกจึงมีความคลาดเคลื่อนจากที่ได้ออกแบบ เท่ากับ 0.012 cm.

5.1.5 จากการวิเคราะห์หาการถ่ายทอดความคลาดเคลื่อนของบล็อกประสาน CLC ในทุก ๆด้านที่อัตราส่วน C10 และ C16 ได้ดังนี้

- ตัวบล็อก ที่อัตราส่วน C10 มีการถ่ายทอดความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 0.097 ± 0.013 m^3 และที่อัตราส่วน C16 การถ่ายทอดความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 0.097 ± 0.011 m^3

- เดือยบล็อก ที่อัตราส่วน C10 มีการถ่ายทอดความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 0.034 ± 0.032 m^3 และที่อัตราส่วน C16 การถ่ายทอดความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 0.035 ± 0.030 m^3

- ร่องด้านบนบล็อก ที่อัตราส่วน C10 มีการถ่ายทอดความคลาดเคลื่อน เท่ากับ0.095 ± 0.001 m^3 และที่อัตราส่วน C16 การถ่ายทอดความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 0.096 ± 0.076 m^3

เมื่อนำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์หาการถ่ายทอดความคลาดเคลื่อนของบล็อกประสาน CLC ของ (ตัวบล็อก + เดือยบล็อก – ร่องด้านบนบล็อก) จะได้ปริมาตรของตัวบล็อก ที่อัตราส่วน C10 เท่ากับ $0.965 + 0.034 - 0.095 = 0.904$ cm^3 บล็อก ที่อัตราส่วน C16 เท่ากับ $0.970 + 0.035 - 0.076 = 0.929$ cm^3

5.1.6 จากการวิเคราะห์ต้นทุนวัสดุเพื่อพัฒนาแบบหล่อบล็อกประสาน CLC รวมเป็นเงิน 77,000 บาท และต้นทุนวัสดุการหล่อบล็อกที่อัตราส่วนผสม C10 รวมทั้งค่าแรง (ต่อ 1 แบบหล่อ) รวมเป็นเงิน 413 บาท เมื่อคิดราคาบล็อก C10 ต่อก้อนเป็นเงิน 34.42 บาท และที่อัตราส่วนผสม C16 รวมทั้งค่าแรง (ต่อ 1 แบบหล่อ) รวมเป็นเงิน 463 บาท เมื่อคิดราคาบล็อก C16 ต่อก้อนเป็นเงิน 38.58 บาท

5.2 ข้อจำกัด และอุปสรรคในการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ สามารถสรุป ปัญหา อุปสรรคได้ ดังนี้

5.2.1 เนื่องจากได้มีการออกแบบรูปทรงของบล็อกประสาน CLC (CLC Interlocking Block) มาใหม่ จึงทำให้การประกอบ แบบหล่อ (Mold) ด้วยการเชื่อมแปะ เป็นไปอย่างไม่สมบูรณ์และสวยงาม เนื่องจาก ผู้ทดลองไม่มีประสบการณ์ด้านการเชื่อมมาก่อน

5.2.2 การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ มอก. 2601-2556 กำหนด ต้องใช้ความละเอียดและรอบคอบเป็นอย่างมากในทุก ๆ ด้าน

5.2.3 เพื่อให้ได้บล็อกประสาน CLC ที่สมบูรณ์ทั้งในด้าน รูปทรง ขนาด ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ มอก. 2601-2556 ได้กำหนดไว้ ต้องมีการแก้ไขและปรับปรุงแบบหล่ออยู่หลายครั้ง

5.2.4 เพื่อให้ได้ผลการคำนวณถูกต้อง และแม่นยำ ต้องมีการแก้ไขผลการคำนวณอยู่หลายครั้ง

5.3 ข้อเสนอแนะ

หากผู้ใดสนใจที่จะศึกษาต่อหรือทำงานวิจัยต่อ ควรที่จะทำการศึกษาและพัฒนาแบบหล่อ (Mold) ให้มีค่าความเที่ยงตรงและมีกำลังการผลิตต่อครั้งมากขึ้น แล้วทำการเก็บข้อมูลการทดสอบ เพื่อข้อมูลมีความละเอียดมากยิ่งขึ้น โดยอ้างอิงจาก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ มอก.2601-2556 ที่ชนิด C6-C16 โดยศึกษา และทำการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนเพื่อให้ได้แบบหล่อที่มีค่าความเที่ยงตรงสูงขึ้น

จากการทดสอบกระบวนการผลิตบล็อกด้วยแบบหล่อบล็อกประสาน CLC เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงของแบบหล่อ เกิดความคลาดเคลื่อนที่ขนาดของตัวบล็อก เนื่องมาจากขั้นตอนการประกอบแบบหล่อทำได้ไม่เที่ยงตรง และแม่นยำ ส่งผลให้ขนาดของบล็อกที่ผลิตมีขนาดคลาดเคลื่อนจากที่ออกแบบไว้