

## สารบัญ

|  |      |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....   | I    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....  | II   |
| กิตติกรรมประกาศ.....   | III  |
| สารบัญ.....  | IV   |
| สารบัญตาราง.....   | VI   |
| สารบัญภาพ.....   | VIII |
| <br>   |      |
| บทที่  | หน้า |
| 1    บทนำ.....   | 1    |
| 1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา.....   | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา.....  | 2    |
| 1.3 สมมติฐาน.....  | 2    |
| 1.4 ขอบเขตการศึกษา.....  | 2    |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....   | 2    |
| <br>   |      |
| 2    ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                                       | 4    |
| 2.1 แม่พิมพ์หรือแบบหล่อ (Mold).....  | 4    |
| 2.2 ระบบผนังคอนกรีตมวลเบา.....   | 6    |
| 2.3 ระบบผนังบล็อกประสาน (Interlocking Block).....                                    | 8    |
| 2.4 ความเที่ยงตรงหรือความเชื่อมั่น (Reliability).....                                | 9    |
| 2.5 การวัด เหนี่ยวนัยสำคัญ ความคลาดเคลื่อน และการวิเคราะห์เชิงสถิติ.....             | 10   |
| 2.6 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ<br>(มอก. 2601-2556)..... | 17   |
| 2.7 การทดสอบตาม มอก. 2601-2556.....  | 18   |
| 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....   | 19   |
| 2.9 สรุปท้ายบท.....  | 21   |

## สารบัญ (ต่อ)

| บทที่ |   | หน้า |
|-------|---|------|
| 3     | วิธีดำเนินงาน.....  | 22   |
|       | 3.1 การออกแบบรูปทรงของบล็อกประสาน CLC.....  | 23   |
|       | 3.2 การออกแบบและพัฒนาแบบหล่อสำหรับหล่อบล็อกประสาน CLC.....                                      | 26   |
|       | 3.3 กระบวนการผลิตบล็อกประสาน CLC.....   | 31   |
|       | 3.4 การทดสอบความเที่ยงตรงของแบบหล่อบล็อกประสาน CLC.....   | 39   |
|       | 3.5 สรุปท้ายบท.....   | 49   |
| 4     | การวิเคราะห์ข้อมูล.....   | 50   |
|       | 4.1 การวิเคราะห์กระบวนการผลิตบล็อกประสาน CLC เพื่อหาระยะเวลาที่<br>เหมาะสมในการดันตัดบล็อก..... | 51   |
|       | 4.2 การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของตัวบล็อกประสาน CLC.....                                       | 53   |
|       | 4.3 การวิเคราะห์ต้นทุน.....   | 70   |
|       | 4.4 สรุปการวิเคราะห์ข้อมูล.....   | 71   |
| 5     | สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ.....   | 75   |
|       | 5.1 สรุปผลการทดสอบ.....   | 75   |
|       | 5.2 ข้อจำกัด และอุปสรรคในการศึกษา.....  | 78   |
|       | 5.3 ข้อเสนอแนะ.....   | 78   |
|       | บรรณานุกรม.....   | 80   |
|       | ภาคผนวก.....  | 81   |
|       | ภาคผนวก ก รูปภาพแบบหล่อบล็อกประสาน CLC และวัสดุอุปกรณ์ใน<br>การผสม CLC.....                     | 82   |
|       | ภาคผนวก ข มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟอง<br>อากาศ (มอก. 2601-2556).....     | 90   |
|       | ภาคผนวก ค รูปภาพการวัดขนาดบล็อกประสาน CLC เพื่อหาความคลาดเคลื่อน.....                           | 96   |
|       | ประวัติผู้วิจัย.....  | 102  |

## สารบัญตาราง

| ตารางที่ |   | หน้า |
|----------|---|------|
| 2.1      | แสดงตัวอย่างการนับจำนวนเลขนัยสำคัญ และความคลาดเคลื่อน.....                      | 12   |
| 2.2      | แสดงคอนกรีตบล็อกมวลเบาแบ่งตามความหนาแน่นเชิงปริมาตรของ (มอก. 2601-2556).....    | 18   |
| 2.3      | แสดงขนาดของคอนกรีตบล็อกมวลเบา.....  | 18   |
| 3.1      | แสดงค่าหน่วยน้ำหนักของ CLC ที่ชนิด C10 และ C16 ตามมาตรฐาน (มอก. 2601-2556)..... | 31   |
| 3.2      | แสดงกระบวนการผลิตบล็อกประสาน CLC (อัตราส่วนผสมที่ชนิด C10).....                 | 40   |
| 3.3      | แสดงกระบวนการผลิตบล็อกประสาน CLC (อัตราส่วนผสมที่ชนิด C16).....                 | 41   |
| 3.4      | แสดงการทดสอบการวัดความคลาดเคลื่อนของตัวบล็อก.....                               | 43   |
| 3.5      | แสดงการทดสอบการวัดความคลาดเคลื่อนด้านข้างบล็อก (C10).....                       | 44   |
| 3.6      | แสดงการทดสอบการวัดความคลาดเคลื่อนด้านข้างบล็อก (C16).....                       | 45   |
| 3.7      | แสดงการทดสอบการวัดความคลาดเคลื่อนด้านเดือยบล็อก.....                            | 47   |
| 3.8      | แสดงการทดสอบการวัดความคลาดเคลื่อนร่องด้านบนบล็อก.....                           | 48   |
| 4.1      | แสดงระยะเวลาที่เหมาะสมในการดันตັบล็อก (อัตราส่วนผสม CLC ชนิด C10).....          | 51   |
| 4.2      | แสดงระยะเวลาที่เหมาะสมในการดันตັบล็อก (อัตราส่วนผสม CLC ชนิด C16).....          | 52   |
| 4.3      | แสดงการทดสอบการวัดความคลาดเคลื่อนของตัวบล็อก.....                               | 54   |
| 4.4      | แสดงการทดสอบการวัดความคลาดเคลื่อนด้านข้างบล็อก (C10).....                       | 55   |
| 4.5      | แสดงการทดสอบการวัดความคลาดเคลื่อนด้านข้างบล็อก (C16).....                       | 56   |
| 4.6      | แสดงการทดสอบการวัดความคลาดเคลื่อนด้านเดือยบล็อก.....                            | 58   |
| 4.7      | แสดงการทดสอบการวัดความคลาดเคลื่อนร่องด้านบนบล็อก.....                           | 59   |
| 4.8      | แสดงเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (ด้านกว้าง ด้านยาว และด้านข้าง).....             | 61   |
| 4.9      | แสดงเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (ด้านเดือยบล็อก).....                            | 62   |
| 4.10     | แสดงเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (ร่องด้านบนบล็อก).....                           | 64   |
| 4.11     | แสดงรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE).....                              | 65   |
| 4.12     | แสดงค่าเฉลี่ย (Mean).....   | 67   |
| 4.13     | แสดงค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) .....  | 68   |
| 4.14     | แสดงความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย ( $\bar{X} \pm SD$ ).....                  | 68   |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ |   | หน้า |
|----------|---|------|
| 4.15     | แสดงการถ่ายทอดความคลาดเคลื่อน ( $V \pm \gamma V$ ).....                 | 70   |
| 4.16     | แสดงราคาค่าวัสดุของแบบหล่อบล็อกประสาน CLC (ต่อ 1 แบบหล่อ).....          | 70   |
| 4.17     | แสดงราคาค่าวัสดุและค่าแรงในการหล่อบล็อกประสาน CLC (ต่อ 1 แบบหล่อ) ..... | 71   |

## สารบัญภาพ

| ภาพประกอบที่   | หน้า |
|--|------|
| 1.1 แสดงอิฐมวลเบา ACC และ CLC.....   | 1    |
| 2.1 แสดงอิฐมวลเบาและผนังอิฐมวลเบาที่ใช้ระบบการผลิตผ่านกระบวนการ<br>อบไอน้ำภายใต้ความดันสูงแบบ AAC (Autoclaved Aerated Concrete)..... | 7    |
| 2.2 แสดงอิฐมวลเบาและผนังอิฐมวลเบาในระบบที่ไม่ผ่านกระบวนการอบไอน้ำ<br>ภายใต้ความดันสูง (Non-Autoclaved System).....                   | 8    |
| 2.3 แสดงอิฐบล็อกประสานและผนังอิฐบล็อกประสาน.....   | 9    |
| 2.4 แสดงตัวอย่างการอ่านสเกล.....   | 11   |
| 2.5 แสดงตำแหน่งวัดความกว้าง ความยาว และความหนา.....  | 19   |
| 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน.....   | 22   |
| 3.2 แสดงขนาดและรูปด้านของบล็อกประสาน CLC (ขนาด 0.200×0.600×0.080 m.)....   | 23   |
| 3.3 แสดงร่องด้านบนและเดือยของบล็อกประสาน CLC.....  | 24   |
| 3.4 แสดงร่องครึ่งวงกลมด้านข้างของบล็อกประสาน CLC.....  | 24   |
| 3.5 แสดงรูปแบบการก่อบล็อกประสาน CLC ในแนวราบ.....  | 25   |
| 3.6 แสดงร่องวงกลมสำหรับปูนก่อและเหล็กเสริมแนวตั้ง.....   | 26   |
| 3.7 แสดงรูปสามมิติของแบบหล่อบล็อกประสาน CLC.....   | 27   |
| 3.8 แสดงรูปด้านของแบบล่าง (ฐานและลิ้ม).....  | 28   |
| 3.9 แสดงรูปด้านบนของแบบข้างส่วน A และ B.....   | 28   |
| 3.10 แสดงรูปด้านต่าง ๆ ของแบบข้างส่วน A.....   | 29   |
| 3.11 แสดงรูปด้านต่าง ๆ ของแบบข้างส่วน B.....   | 29   |
| 3.12 แสดงรูปด้านของตัวครอบสามเหลี่ยม.....  | 30   |
| 3.13 แสดงรูปด้านข้างของแท่นวางแบบหล่อ.....   | 31   |
| 3.14 แสดงการประกอบแบบล่างและแบบข้าง บนแท่นยกแบบหล่อระบบไฟฟ้า<br>(Hydraulic).....   | 32   |
| 3.15 แสดงการประกอบแบบหล่อสมบูรณ์.....  | 33   |
| 3.16 แสดงส่วนผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1.....   | 33   |
| 3.17 แสดงส่วนผสมทรายละเอียด.....   | 34   |
| 3.18 แสดงส่วนผสมน้ำ.....   | 34   |
| 3.19 แสดงการตวงสารกำมะถันโปมลงในบีกเกอร์.....  | 34   |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพประกอบที่  | หน้า |
|---|------|
| 3.20 แสดงเครื่องอัดความดันและเครื่องกำเนิดโฟม.....                | 35   |
| 3.21 แสดงการเทส่วนผสม ทราซและน้ำ ลงเครื่องผสม.....                | 35   |
| 3.22 แสดงการเทปูนลงเครื่องผสม.....                                | 35   |
| 3.23 แสดงการฉีดฟองโฟมลงเครื่องผสม.....                            | 36   |
| 3.24 แสดงการเทส่วนผสม CLC ลงในแบบหล่อ.....                        | 36   |
| 3.25 แสดงการแต่งหน้าส่วนผสม CLC หลังเทลงแบบหล่อ.....              | 36   |
| 3.26 แสดงการวางตัวครอบสามเหลี่ยม.....                             | 37   |
| 3.27 แสดงการแต่งหน้าส่วนผสม CLC หลังวางตัวครอบสามเหลี่ยม.....     | 37   |
| 3.28 แสดงการถอดตัวครอบสามเหลี่ยม.....                             | 38   |
| 3.29 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับตัดบล็อก.....                     | 38   |
| 3.30 แสดงการปรับตั้งอุปกรณ์สำหรับตัดบล็อก.....                    | 38   |
| 3.31 แสดงการดันตัดบล็อก.....                                      | 39   |
| 3.32 แสดงการแกะบล็อกออกจากแบบหล่อ.....                            | 39   |
| 4.1 แสดงการวัดขนาดบล็อกด้วย คัลิบเมตรและเวอร์เนียร์คาลิเปอร์..... | 50   |