

## สารบัญ

|                                               | หน้า |
|-----------------------------------------------|------|
| กิตติกรรมประกาศ                               | ค    |
| บทคัดย่อภาษาไทย                               | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                            | ฉ    |
| สารบัญ                                        | ช    |
| สารบัญตารางประกอบ                             | ฅ    |
| สารบัญภาพประกอบ                               | ฉ    |
| <b>บทที่ 1 บทนำ</b>                           |      |
| 1.1 บทนำและที่มาของปัญหา                      | 1    |
| 1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง       | 3    |
| 1.2.1 ทฤษฎีการวิบัติของปรีซึม                 | 3    |
| 1.2.2 ทฤษฎีการวิบัติของกำแพง                  | 8    |
| 1.2.3 ผลการทดสอบการวิบัติของปรีซึม            | 11   |
| 1.2.4 ผลการทดสอบการวิบัติของกำแพง             | 12   |
| 1.2.5 ผลของการยึดเหนี่ยวด้านข้าง              | 13   |
| 1.2.6 ผลของความชะลูดของกำแพง                  | 16   |
| 1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา                   | 18   |
| 1.4 ขอบเขตและแนวคิดของการศึกษา                | 18   |
| 1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา            | 18   |
| <b>บทที่ 2 วิธีการวิจัย</b>                   |      |
| 2.1 คอนกรีตบล็อกที่ใช้ทดสอบ                   | 19   |
| 2.2 แผนการทดสอบและวิเคราะห์พฤติกรรม           | 20   |
| 2.2.1 แผนการทดสอบ                             | 20   |
| 2.2.2 การวิเคราะห์พฤติกรรมของกำแพงจากชุดทดสอบ | 23   |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                   | หน้า |
|---------------------------------------------------|------|
| 2.3 การเตรียมตัวอย่างกำแพง                        | 23   |
| 2.3.1 การก่อกำแพง                                 | 23   |
| 2.3.2 การติดตั้งอุปกรณ์                           | 24   |
| 2.3.3 การให้น้ำหนักและการบันทึกผล                 | 24   |
| 2.4 วัสดุและการทดสอบคุณสมบัติ                     | 26   |
| 2.4.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย                       | 26   |
| 2.4.2 การทดสอบคุณสมบัติและผลการทดสอบ              | 28   |
| <b>บทที่ 3 ผลการทดลอง</b>                         |      |
| 3.1 คุณสมบัติเชิงกลของกำแพงคอนกรีตบล็อก           | 31   |
| 3.1.1 กำลังรับแรงอัดของกำแพง                      | 31   |
| 3.1.2 โมดูลัสยืดหยุ่นของกำแพง                     | 31   |
| 3.1.3 หน่วยแรงที่ทำให้เริ่มเกิดรอยร้าว            | 31   |
| 3.2 รูปแบบการแตกร้าวของกำแพงคอนกรีตบล็อก          | 33   |
| <b>บทที่ 4 วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการวิจัย</b>      |      |
| 4.1 ผลของคานเอ็นต่อการขยายตัวทางด้านข้างของกำแพง  | 59   |
| 4.2 ผลของคานเอ็นต่อรูปแบบการแตกร้าว               | 59   |
| 4.2.1 การเริ่มเกิดขึ้นของรอยร้าว                  | 59   |
| 4.2.2 รูปแบบการแตกร้าวเมื่อกำแพงวิบัติ            | 61   |
| 4.3 อิทธิพลของคานเอ็นต่อกำลังของกำแพงคอนกรีตบล็อก | 62   |
| 4.3.1 กำลังของกำแพงคอนกรีตบล็อกเมื่อไม่มีคานเอ็น  | 62   |
| 4.3.2 กำลังของกำแพงคอนกรีตบล็อกเมื่อมีคานเอ็น     | 63   |
| <b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ</b>        |      |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย                                | 66   |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ                                    | 66   |

สารบัญ (ต่อ)

|                               | หน้า |
|-------------------------------|------|
| บรรณานุกรม                    | 67   |
| ภาคผนวก ก. ตารางประกอบ        | 70   |
| ภาคผนวก ข. ภาพประกอบ          | 80   |
| ภาคผนวก ค. รายละเอียดการคำนวณ | 84   |
| ประวัติผู้เขียน               | 91   |

## สารบัญตารางประกอบ

| ตาราง                                                        | หน้า |
|--------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 รายการทดสอบกำแพงและตัวแปรที่เกี่ยวข้อง                   | 22   |
| 2.2 สัดส่วนโดยปริมาตรและคุณสมบัติของปูนก่อมาตรฐาน            | 27   |
| 2.3 สัดส่วนโดยปริมาตรของปูนกรอกตามมาตรฐาน ASTM C476          | 28   |
| 2.4 กำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของปูนทรายที่ใช้ในงานวิจัย           | 30   |
| 3.1 คุณสมบัติทั่วไปของกำแพงคอนกรีตบล็อก                      | 32   |
| 4.1 กำลังของกำแพงคอนกรีตบล็อกจากสูตรต่างๆเทียบกับ ชุดทดสอบ C | 62   |
| ก-1 ขนาดคละของทรายที่ใช้ในงานวิจัย                           | 71   |
| ก-2 ค่าความชื้นเหลือปกติของซีเมนต์ที่ใช้ในงานวิจัย           | 72   |
| ก-3 ระยะเวลาการก่อตัวของซีเมนต์ที่ใช้ในงานวิจัย              | 72   |
| ก-4 กำลังรับแรงอัดของปูนก่อ                                  | 73   |
| ก-5 กำลังรับแรงอัดของปูนกรอก                                 | 74   |
| ก-6 กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกสำเร็จ                      | 76   |
| ก-7 การดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อก                             | 77   |
| ก-8 การหาพื้นที่หน้าตัดสุทธิ                                 | 78   |
| ก-9 คุณสมบัติทั่วไปของปรีซึมคอนกรีตบล็อก                     | 79   |

## สารบัญภาพประกอบ

| รูป                                                                                  | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1.1 ตำแหน่งของคานเอ็นโดยทั่วไป                                                       | 2    |
| 1.2 แบบจำลองอิฐก่อในการวิเคราะห์ของ Hildorf                                          | 4    |
| 1.3 แบบจำลองอิฐก่อในการวิเคราะห์ของ Francis et al.                                   | 4    |
| 1.4 ลักษณะของแรงที่กระทำต่อปริซึมคอนกรีตบล็อกแบบกลวง                                 | 6    |
| 1.5 ลักษณะการปริแยกของอิฐและแนวปูนก่อในแนวตั้ง                                       | 8    |
| 1.6 ลักษณะการรูดของแนวปูนก่อในแนวราบและการปริแยก<br>ของแนวปูนก่อในแนวตั้ง            | 9    |
| 1.7 ลักษณะการแยกตัวกลางระนาบของกำแพง<br>(Middle Plane Spalling)                      | 9    |
| 1.8 การวิบัติของบล็อกเมื่อวางปูนก่อเฉพาะเปลือกหน้า<br>(Shell face) ของบล็อก          | 10   |
| 1.9 การแตกร้าวของปริซึมคอนกรีตบล็อก ในกรณีที่ปลาย<br>มีการยึดรั้งด้วยแรงเสียดทาน     | 12   |
| 1.10 การแตกร้าวของปริซึมคอนกรีตบล็อก ในกรณีที่ปลาย<br>ไม่มีการยึดรั้งด้วยแรงเสียดทาน | 12   |
| 1.11 ลักษณะการวิบัติของกำแพงซึ่งก่อจากอิฐท้องถิ่น                                    | 13   |
| 1.12 ลักษณะของวัตถุเมื่อมีแรงในแนวราบกระทำเป็นบางจุด                                 | 14   |
| 1.13 ลักษณะการวิบัติเนื่องจากมีแรงเสียดทานที่ปลาย                                    | 15   |
| 1.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง $h/d$ และกำลังของคอนกรีตรูป<br>ทรงกระบอก                    | 16   |
| 1.15 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความชะลูดกับกำลังของกำแพง                                 | 17   |
| 2.1 ลักษณะของคอนกรีตบล็อกที่ใช้ก่อ                                                   | 19   |
| 2.2 ลักษณะของคอนกรีตบล็อกที่ใช้ทำคานเอ็น                                             | 19   |
| 2.3 ลักษณะตัวอย่างทดสอบ ชุดทดสอบ C (ชุดควบคุม)                                       | 20   |

## สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

| รูป                                              | หน้า |
|--------------------------------------------------|------|
| 2.4 ลักษณะตัวอย่างทดสอบ ชุดทดสอบ T               | 21   |
| 2.5 ลักษณะตัวอย่างทดสอบ ชุดทดสอบ M               | 21   |
| 2.6 ลักษณะตัวอย่างทดสอบ ชุดทดสอบ S               | 22   |
| 2.7 ลักษณะของคานเหินในกำแพงคอนกรีตบล็อก          | 23   |
| 2.8 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆในการทดสอบ             | 25   |
| 2.9 ลักษณะการวิบัติของคอนกรีตบล็อกเมื่อรับแรงอัด | 29   |
| 3.1 ลักษณะการแตกร้าวของกำแพง C1                  | 35   |
| 3.2 ลักษณะการแตกร้าวของกำแพง C2                  | 36   |
| 3.3 ลักษณะการแตกร้าวของกำแพง C3                  | 37   |
| 3.4 ลักษณะการแตกร้าวของกำแพง T1                  | 38   |
| 3.5 ลักษณะการแตกร้าวของกำแพง T2                  | 39   |
| 3.6 ลักษณะการแตกร้าวของกำแพง T3                  | 40   |
| 3.7 ลักษณะการแตกร้าวของกำแพง M1                  | 41   |
| 3.8 ลักษณะการแตกร้าวของกำแพง M2                  | 42   |
| 3.9 ลักษณะการแตกร้าวของกำแพง M3                  | 43   |
| 3.10 ลักษณะการแตกร้าวของกำแพง S1                 | 44   |
| 3.11 ลักษณะการแตกร้าวของกำแพง S2                 | 45   |
| 3.12 ลักษณะการแตกร้าวของกำแพง S3                 | 46   |
| 3.13 พฤติกรรมของกำแพง C1                         | 47   |
| 3.14 พฤติกรรมของกำแพง C2                         | 48   |
| 3.15 พฤติกรรมของกำแพง C3                         | 49   |
| 3.16 พฤติกรรมของกำแพง T1                         | 50   |
| 3.17 พฤติกรรมของกำแพง T2                         | 51   |
| 3.18 พฤติกรรมของกำแพง T3                         | 52   |
| 3.19 พฤติกรรมของกำแพง M1                         | 53   |

## สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

| รูป                                                                          | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------|------|
| 3.20 พฤติกรรมของกำแพง M2                                                     | 54   |
| 3.21 พฤติกรรมของกำแพง M3                                                     | 55   |
| 3.22 พฤติกรรมของกำแพง S1                                                     | 56   |
| 3.23 พฤติกรรมของกำแพง S2                                                     | 57   |
| 3.24 พฤติกรรมของกำแพง S3                                                     | 58   |
| 4.1 ตำแหน่งที่เริ่มเกิดรอยร้าวในชุดทดสอบ C M และ S                           | 60   |
| 4.2 ตำแหน่งที่เริ่มเกิดรอยร้าวในชุดทดสอบ T และ S                             | 60   |
| 4.3 ตำแหน่งที่เริ่มเกิดรอยร้าวในชุดทดสอบ C และ T                             | 61   |
| 4.4 พฤติกรรมของคานเอ็นที่อยู่บนสุดของกำแพง                                   | 62   |
| 4.5 ลักษณะของแรงดัดข้างที่กระทำกับวัตถุ                                      | 63   |
| 4.6 แรงที่กระทำกับกำแพง                                                      | 64   |
| 4.7 ลักษณะการรับแรงของกำแพงทางด้านหน้า                                       | 64   |
| 4.8 ลักษณะการรับแรงของกำแพงทางด้านกว้างและอิทธิพลของการยึดครั้งแรกต่อความสูง | 65   |
| ข-1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดของปรีซึมคอนกรีตบล็อกสูง 3 ชั้น  | 81   |
| ข-2 ส่วนประกอบของกำแพง                                                       | 83   |