

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
ABSTRACT	ง
สารบัญ	ฉ
สารบัญตารางประกอบ	ญ
สารบัญภาพประกอบ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 คำนำ	1
1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.3 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำวิจัย	2
บทที่ 2 วรรณคดีวิจารณ์	4
2.1 คำนำ	4
2.2 คุณสมบัติของคอนกรีตผสมซีเมนต์และซีเมนต์	4
2.2.1 วัสดุปอร์ตแลนด์	4
2.2.2 ความต้องการน้ำและความสามารถทำงานได้	6
2.2.3 การคายน้ำ	8
2.2.4 ระยะเวลาการก่อตัว	8
2.2.5 กำลังรับแรงอัด	8
2.2.6 กำลังรับแรงดึง	9
2.2.7 กำลังรับแรงดัด	9
2.3 ลักษณะและพฤติกรรมของอิฐ	10
2.3.1 ขบวนการเกิดเพลิงไหม้	10
2.3.1.1 ช่วงการก่อตัวของไฟ	10
2.3.1.2 ช่วงของการเผาไหม้และช่วงการสลายตัว	12
2.3.2 ปริมาณของไฟ	13
2.3.3 พื้นที่ของช่องเปิด	13

2.3.4	เส้นโค้งมาตรฐานไฟและทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ	13
2.3.5	แนวคิดเกี่ยวกับปริมาณไฟ	14
2.3.6	เส้นโค้งมาตรฐานอุณหภูมิกับเวลา	14
2.3.7	ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของไฟ	14
2.4	อิทธิพลของไฟที่มีต่อคุณสมบัติของวัสดุพื้นฐานที่เป็นส่วนประกอบขององค์อาคาร	16
2.4.1	คำนำ	16
2.4.2	เหล็ก	16
2.4.3	คอนกรีต	16
2.4.3.1	กำลังของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ	16
2.4.3.2	ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ	20
2.4.3.3	การเปลี่ยนแปลงสีของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ	20
2.4.3.4	การหลุดกระเทาะของคอนกรีต	20
บทที่ 3	การทดสอบ	25
3.1	แผนการทดสอบ	25
3.2	วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ	25
3.3	การทดสอบหาคุณสมบัติของวัสดุ	26
3.3.1	การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะ	26
3.3.2	การทดสอบหาสัดส่วนคละ	28
3.4	การเตรียมแท่งตัวอย่าง	28
3.4.1	คอนกรีต	28
3.4.2	เหล็ก	29
3.4.3	แบบหล่อคอนกรีต	29
3.4.4	การผสมคอนกรีตและเทลงในแบบ	30
3.4.5	การบ่มคอนกรีต	30
3.4.6	อายุของคอนกรีตที่ใช้ในการทดสอบ	30
3.4.7	จำนวนแท่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ	30

3.5	การทดสอบกำลังรับแรงอัดและค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น	32
3.6	การทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	34
3.7	การทดสอบเมทาไฟของแท่งตัวล่าง	34
3.7.1	ลักษณะเตาเผาที่ใช้ในการทดสอบ	34
3.7.2	การหาความรุนแรงเสมือนของเตาเผา	36
3.7.3	การดำเนินการทดสอบเมทาไฟ	36
บทที่ 4	ผลการทดสอบและการอภิปราย	45
4.1	คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ	45
4.1.1	ความถ่วงจำเพาะ	45
4.1.2	ค่าโมดูลัสของความเค้นของมวลรวม	45
4.2	กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสม ซีเมนต์กลบ ซีเมนต์ลอย หลังจากถูกไฟไหม้	45
4.2.1	กำลังรับแรงอัดที่มีสัดส่วนผสมของสารซีเมนต์ 100:0:0	45
4.2.2	กำลังรับแรงอัดที่มีสัดส่วนผสมของสารซีเมนต์ 60:20:20	49
4.2.3	กำลังรับแรงอัดที่มีสัดส่วนผสมของสารซีเมนต์ 40:40:20	49
4.2.4	เปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดทั้งสามสัดส่วนผสมของสารซีเมนต์	50
4.3	ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของคอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ผสม ซีเมนต์กลบ ซีเมนต์ลอย หลังจากถูกไฟไหม้	51
4.3.1	ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของคอนกรีตที่มีสัดส่วนผสมของ สารซีเมนต์ 100:0:0	51
4.3.1	ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของคอนกรีตที่มีสัดส่วนผสมของ สารซีเมนต์ 60:20:20	51
4.3.1	ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของคอนกรีตที่มีสัดส่วนผสมของ สารซีเมนต์ 40:40:20	55
4.3.1	เปรียบเทียบค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของคอนกรีตทั้งสาม สัดส่วนผสมของสารซีเมนต์	55
4.4	กำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริมที่ทำจากปูนซีเมนต์ ปอร์ตแลนด์ ผสมซีเมนต์กลบ ซีเมนต์ลอย หลังจากถูกไฟไหม้	56

4.4.1	กำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริมที่มีสัดส่วนผสม ของสารซีเมนต์ 100:0:0	58
4.4.2	กำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริมที่มีสัดส่วนผสม ของสารซีเมนต์ 80:20:20	60
4.4.3	กำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริมที่มีสัดส่วนผสม ของสารซีเมนต์ 40:40:20	60
4.4.4	เปรียบเทียบกำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริม ทั้งสามสัดส่วนผสมของสารซีเมนต์	61
4.5	วิเคราะห์ผลการทดสอบ	61
บทที่ 5	สรุปผลการทดสอบ	65
5.1	สรุปผลการทดสอบ	65
5.2	ข้อเสนอแนะ	66
	บรรณานุกรม	67
	ภาคผนวก	69
	ประวัติผู้เขียน	89

สารบัญตารางประกอบ

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ ซีเมนต์เกรด และซีเมนต์ลอส (ปริศนา, 2529)	7
ตารางที่ 2.2 แสดงสีผิวของคอนกรีตเมื่อเวลาถูกไฟไหม้ที่ระดับอุณหภูมิต่างๆกัน	20
ตารางที่ 3.1 สัดส่วนผสมของคอนกรีตที่ใช้ในการทดสอบ	29
ตารางที่ 3.2 จำนวนแท่งตัวอย่างที่ใช้ทดสอบกำลังก่อนและหลังทดสอบเผาไฟ	31
ตารางที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของเคาเผาที่ใช้ในการทดสอบ	37
ตารางที่ 3.4 จำนวนแท่งตัวอย่างที่ทำการทดสอบเผาไฟ	43
ตารางที่ 4.1 กำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างหลังทำการทดสอบเผาไฟเป็นเวลา 1 ชั่วโมง	46
ตารางที่ 4.2 ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของแท่งตัวอย่างหลังทำการทดสอบเผาไฟ เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง	52
ตารางที่ 4.3 กำลังยึดเหนี่ยวของแท่งตัวอย่างหลังทำการทดสอบเผาไฟเป็นเวลา 1 ชั่วโมง	57
ตารางผนวก ก.1 เส้นโค้งมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาสำหรับ ทดสอบไฟตามมาตรฐาน ASTM E119	70
ตารางผนวก ก.2 เส้นโค้งมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาสำหรับ ทดสอบไฟตามมาตรฐาน ISO	72
ตารางผนวก ข.1 ผลการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของหิน	73
ตารางผนวก ข.2 ผลการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของทราย	73
ตารางผนวก ข.3 ผลการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ซีเมนต์เกรดดำ และซีเมนต์ลอส	74
ตารางผนวก ข.4 สรุปผลการทดสอบหาค่าโมดูลัสของความละเอียด (FM) ของมวลรวม	74
ตารางผนวก ข.5 ผลการทดสอบหาขนาดผลัดด้วยตะแกรงของทราย	75
ตารางผนวก ข.6 ผลการทดสอบหาขนาดผลัดด้วยตะแกรงของหิน	78

สารบัญตารางประกอบ(ต่อ)

หน้า

ตารางผนวก ค.1	ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีต ที่อายุหลังจากทำการทดสอบเผาไฟ และมีสัดส่วนผสมของสารซีเมนต์ 100:0:0 (OPC:RHA:FA), Slump = 10.50 cm.	80
ตารางผนวก ค.2	ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีต ที่อายุหลังจากทำการทดสอบเผาไฟ และมีสัดส่วนผสมของสารซีเมนต์ 60:20:20 (OPC:RHA:FA), Slump = 15.00 cm.	81
ตารางผนวก ค.3	ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างคอนกรีต ที่อายุหลังจากทำการทดสอบเผาไฟ และมีสัดส่วนผสมของสารซีเมนต์ 40:40:20 (OPC:RHA:FA), Slump = 7.00 cm.	82
ตารางผนวก ง.1	ผลการทดสอบค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของแท่งตัวอย่างที่อายุหลังจากทำการทดสอบเผาไฟ และมีสัดส่วนผสมของสารซีเมนต์ 100:0:0 (OPC:RHA:FA), Slump = 10.50 cm.	83
ตารางผนวก ง.2	ผลการทดสอบค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของแท่งตัวอย่างที่อายุหลังจากทำการทดสอบเผาไฟ และมีสัดส่วนผสมของสารซีเมนต์ 60:20:20 (OPC:RHA:FA), Slump = 15.00 cm.	84
ตารางผนวก ง.3	ผลการทดสอบค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของแท่งตัวอย่างที่อายุหลังจากทำการทดสอบเผาไฟ และมีสัดส่วนผสมของสารซีเมนต์ 40:40:20 (OPC:RHA:FA), Slump = 7.00 cm.	85
ตารางผนวก จ.1	ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริม ที่อายุหลังจากทำการทดสอบเผาไฟ และมีสัดส่วนผสมของสารซีเมนต์ 100:0:0 (OPC:RHA:FA), Slump = 10.50 cm.	86
ตารางผนวก จ.2	ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริม ที่อายุหลังจากทำการทดสอบเผาไฟ และมีสัดส่วนผสมของสารซีเมนต์ 60:20:20 (OPC:RHA:FA), Slump = 15.00 cm.	87
ตารางผนวก จ.3	ผลการทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริม ที่อายุหลังจากทำการทดสอบเผาไฟ และมีสัดส่วนผสมของสารซีเมนต์ 40:40:20 (OPC:RHA:FA), Slump = 7.00 cm.	88

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงพฤติกรรมความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของไฟที่เกิดขึ้นจริง	11
2.2 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาตามมาตรฐานไฟ ASTM E119	15
2.3 แสดงการแปลงความรุนแรงเสมือน	17
2.4 กำลังคลาก กำลังประลัย ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น และพิกัดเส้นตรงของเหล็กที่อุณหภูมิต่างๆ	18
2.5 กำลังคลากของลวดอัดแรงที่อุณหภูมิต่างๆ	19
2.6 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ในช่วง 0.3-0.7 ต่อการลดลงของค่ากำลังรับแรงอัดที่อุณหภูมิต่างๆ	21
2.7 ผลกระทบของการเปลี่ยนมวลรวมที่ใช้ในการผสมคอนกรีตที่มีต่อการลดลงของค่ากำลังรับแรงอัดที่อุณหภูมิต่างๆ	22
2.8 ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ	23
3.1 เครื่องบดซีเมนต์แบบกลบ	27
3.2 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัดและค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของคอนกรีต	33
3.3 เครื่องทดสอบกำลังยึดเหนี่ยวของคอนกรีตกับเหล็กเสริม	33
3.4 ลักษณะเตาเผาที่ใช้ในการทดสอบเผาไฟ	35
3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของเตาเผาที่ใช้ในการทดสอบ	38
3.6 แสดงการแปลงความรุนแรงของไฟที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส	39
3.7 แสดงการแปลงความรุนแรงของไฟที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส	40
3.8 แสดงการแปลงความรุนแรงของไฟที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส	41
3.9 แสดงการแปลงความรุนแรงของไฟที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส	42
3.10 ลักษณะการวางแท่งตัวอย่างที่ทำการทดสอบเผาไฟ	44
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างกับอายุหลังจากทำการทดสอบเผาไฟ ที่อุณหภูมิ 300, 400 และ 450 องศาเซลเซียส	47
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดของแท่งตัวอย่างกับอายุหลังจากทำการทดสอบไฟ ของสัดส่วนผสมของสารซีเมนต์ 100:0:0, 60:20:20 และ 40:40:20	48

สารบัญภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของแท่งตัวอย่างกับอายุหลังจากทำการทดสอบเผาไฟ ที่อุณหภูมิ 300, 400 และ 450 องศาเซลเซียส	53
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของแท่งตัวอย่างกับอายุหลังจากทำการทดสอบไฟของสัดส่วนผสมของสารซีเมนต์ 100:0:0, 60:20:20 และ 40:40:20	54
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดเหนือผิวของคอนกรีตกับเหล็กเสริมของแท่งตัวอย่างกับอายุหลังจากทำการทดสอบไฟ ที่อุณหภูมิ 300, 400 และ 450 องศาเซลเซียส	58
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดเหนือผิวของคอนกรีตกับเหล็กเสริมของแท่งตัวอย่างกับอายุหลังจากทำการทดสอบไฟของสัดส่วนผสมของสารซีเมนต์ 100:0:0, 60:20:20 และ 40:40:20	59
4.7 ค่าการลดลงของน้ำหนักของคอนกรีตที่อุณหภูมิต่างๆ	63
4.8 การขยายตัวและหดตัวของซีเมนต์เพสต์กับมวลรวมที่อุณหภูมิต่างๆ	64