

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ฅ
รายการสัญลักษณ์	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 วัสดุซีเมนต์ผสมเส้นใย (Fiber Reinforced Cement Composites)	3
2.2 ชนิดของเส้นใยและลักษณะการนำไปใช้งาน	5
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
3. วิธีการดำเนินงาน	12
3.1 การศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล	12
3.2 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ	12
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมืออื่นๆที่ใช้ในการทดสอบ	14
3.4 ขั้นตอนการทดสอบ	20
3.5 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ	32

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์	33
4.1 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีต	33
4.2 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างมอร์ตาร์	34
4.3 กำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริม	35
4.4 ผลการวิเคราะห์กำลังรับแรงดัดและพฤติกรรมการดัดของตัวอย่างคานคอนกรีตเสริมเหล็กควบคุมก่อนและหลังการขยายหน้าตัดด้วย HS-FRC	36
5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	51
5.1 สรุปผลการวิจัย	51
5.2 ข้อเสนอแนะ	51
เอกสารอ้างอิง	53
ภาคผนวก	
ก. ตารางแสดงการคำนวณออกแบบปฏิภาคส่วนผสมคอนกรีต	56
ข. ตารางแสดงการคำนวณออกแบบปฏิภาคส่วนผสมมอร์ตาร์	59
ค. ตารางแสดงผลการทดสอบการรับแรงดึงของเหล็กเสริม	62
ง. ตารางแสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก	64
จ. ตารางแสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างมอร์ตาร์ทรงลูกบาศก์	66
ฉ. รายการคำนวณคานคอนกรีตเสริมเหล็ก	68
ซ. รายการคำนวณคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกขยายหน้าตัดด้วย HS-FRC	71
ประวัติผู้วิจัย	80

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 คุณสมบัติของเส้นใย	5
3.1 คุณสมบัติของเส้นใยหลักแบบตะขोที่ใช้ในการผสมคอนกรีต	13
3.2 รายละเอียดปูนกาวที่ใช้	14
3.3 การเตรียมสภาพผิวตัวอย่างและปริมาณ HS-FRC	20
3.4 อัตราส่วนผสมคอนกรีตโดยน้ำหนัก	21
3.5 อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักของวัสดุ HS-FRC	22
4.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก	34
4.2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์รูปทรงลูกบาศก์	35
4.3 ผลการทดสอบกำลังรับแรงดึงของเหล็กเสริม	35
4.4 กำลังรับแรงคัดของตัวอย่างคานคอนกรีตก่อนและหลังการขยายหน้าตัด	46
4.5 ผลการเปรียบเทียบกำลังรับแรงคัด	49
ก.1 การคำนวณออกแบบปฏิภาคส่วนผสมคอนกรีต โดยวิธีของ ACI – 300 ksc	57
ข.1 การคำนวณออกแบบปฏิภาคส่วนผสมมอร์ตาร์ 400 ksc	60
ค.1 ผลการทดสอบการรับแรงดึงของเหล็กข้ออ้อยขนาด 12 มม.	63
ง.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก	65
จ.1 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างมอร์ตาร์ทรงลูกบาศก์	67

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
2.1 แบบจำลองพฤติกรรมการต้านทานการถูกถอนของเส้นใยกับคอนกรีต	4
2.2 พฤติกรรมการรับแรงดึงระหว่างความเค้นดึงกับความเครียดดึงของชิ้นตัวอย่างคอนกรีตผสมเส้นใยเหล็กแบบตะขอรับแรงดึง	4
3.1 เส้นใยเหล็กแบบตะขอ	13
3.2 ปูนกาวที่ใช้ในการทดสอบ	14
3.3 ตะแกรงวิเคราะห์ขนาด	15
3.4 ตะปูสกรัดผิวคอนกรีต	15
3.5 เครื่องวัดเวอร์เนีย	16
3.6 เครื่องชั่งน้ำหนัก	16
3.7 แบบหล่อตัวอย่างคานคอนกรีตเสริมเหล็กควบคุม	17
3.8 แบบหล่อตัวอย่างมอร์ตาร์	17
3.9 แบบหล่อตัวอย่างคอนกรีตทรงกระบอก	18
3.10 อุปกรณ์อ่านค่าการโก่งตัว	18
3.11 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด	19
3.12 การทดสอบค่าความยุบตัว (Slump Test)	23
3.13 การเทมอร์ตาร์ในแบบหล่อ	23
3.14 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก	24
3.15 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างมอร์ตาร์	24
3.16 ตัวอย่างคานคอนกรีตเสริมเหล็กควบคุม	25
3.17 การเตรียมผิวและขยายหน้าตัดด้วย HS-FRC	26
3.18 การเตรียมสภาพผิวคานคอนกรีตควบคุมสภาพผิวเดิมจากไม้แบบ	27
3.19 การเตรียมสภาพผิวคานคอนกรีตควบคุมสภาพผิวขรุขระ	27
3.20 การเตรียมสภาพผิวคานคอนกรีตควบคุมสภาพผิวปูนกาว	28
3.21 การเท HS-FRC ลงในแบบหล่อ	28
3.22 ตัวอย่างการเท HS-FRC ลงในแบบหล่อ	29
3.23 การทดสอบการตัดแบบสี่จุด หลังทำการขยายหน้าตัดด้วย HS-FRC	30
3.24 แสดงการแผ่กระจายของหน่วยแรง	31
4.1 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงกระบอก	33

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป		หน้า
4.2	การทดสอบกำลังรับแรงอัดของตัวอย่างมอร์ตาร์ทรงลูกบาศก์	34
4.3	พฤติกรรมการคัดของคานคอนกรีตเสริมเหล็กควบคุมก่อนและหลังการเสริมกำลังด้วย HS-FRC	36
4.4	ตัวอย่างลักษณะการพังทลายของตัวอย่างคานคอนกรีตเสริมเหล็กควบคุมสภาพผิวเรียบที่ถูกขยายหน้าตัดด้วย HS-FRC	38
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์คัดและการโก่งตัวที่กึ่งกลางคานของตัวอย่างคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกเสริมกำลังด้วย HS-FRC สภาพผิวเรียบ	39
4.6	ตัวอย่างลักษณะการพังทลายของตัวอย่างคานคอนกรีตเสริมเหล็กควบคุมสภาพผิวขรุขระที่ถูกขยายหน้าตัดด้วย HS-FRC	40
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์คัดและการโก่งตัวที่กึ่งกลางคานของตัวอย่างคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกเสริมกำลังด้วย HS-FRC สภาพผิวขรุขระ	40
4.8	ตัวอย่างลักษณะการพังทลายของตัวอย่างคานคอนกรีตเสริมเหล็กควบคุมสภาพผิวขรุขระที่ถูกขยายหน้าตัดด้วย HS-FRC	41
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์คัดและการโก่งตัวที่กึ่งกลางคานของตัวอย่างคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกเสริมกำลังด้วย HS-FRC สภาพผิวปูนขาว	42
4.10	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์คัดและการโก่งตัวที่กึ่งกลางคานของของการเสริมกำลังคานในสภาพผิวต่างๆด้วย HS-FRC ที่ปริมาณ $V_f = 0.5\%$	43
4.11	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์คัดและการโก่งตัวที่กึ่งกลางคานของของการเสริมกำลังคานในสภาพผิวต่างๆด้วย HS-FRC ที่ปริมาณ $V_f = 1.0\%$	44
4.12	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์คัดและการโก่งตัวที่กึ่งกลางคานของของการเสริมกำลังคานในสภาพผิวต่างๆด้วย HS-FRC ที่ปริมาณ $V_f = 1.0\%$	45
4.13	เปรียบเทียบกำลังรับแรงคัดที่เพิ่มขึ้นในสภาพผิวต่างๆและการเสริมกำลังด้วย HS-FRC ในปริมาณต่างๆ	48
ณ.1	แสดงการแผ่กระจายของหน่วยแรงคานคอนกรีตเสริมเหล็ก	69
ช.1	แสดงการแผ่กระจายของหน่วยแรงคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกขยายหน้าตัดด้วย HS-FRC ปริมาณเส้นใยที่ 0.5 %	72

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป		หน้า
ช.2	แสดงการแผ่กระจายของหน่วยแรงคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกขยายหน้าตัดด้วย HS-FRC ปริมาณเส้นใยที่ 1.0 %	74
ช.3	แสดงการแผ่กระจายของหน่วยแรงคานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ถูกขยายหน้าตัดด้วย HS-FRC ปริมาณเส้นใยที่ 1.5 %	77

รายการสัญลักษณ์

ACI	=	American Concrete Institute
A_s	=	พื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริม
ASTM	=	American Society for Testing and Materials
Average	=	ค่าเฉลี่ย
b	=	ความกว้างคาน
C	=	แรงอัด
c	=	ระยะจากขอบที่มีความเครียดสูงสุดถึงแกนสะเทินในทิศทางตั้งฉากกับแกนสะเทิน
cm	=	เซนติเมตร
cm^2	=	ตารางเซนติเมตร
d	=	ความลึกประสิทธิภาพของคาน
Deflection	=	การโก่งตัว
f'_c	=	กำลังอัดสูงสุดของคอนกรีตรูปทรงกระบอก เมื่ออายุ 28 วัน
f_y	=	ความเค้นที่จุดครากของเหล็กเสริม
h	=	ความลึกคาน
kg	=	กิโลกรัม
ksc	=	กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
kN	=	กิโลนิวตัน
L	=	ความยาวของตัวอย่างคานคอนกรีตเสริมเหล็กควบคุม
Load	=	การให้น้ำหนักบรรทุก
MPa	=	เมกะปาสกาล
M_n	=	โมเมนต์ประลัยด้านทาน
m	=	เมตร
mm	=	มิลลิเมตร
mm^2	=	ตารางมิลลิเมตร
P	=	หน่วยน้ำหนัก
Stiffness	=	ค่าความแข็งแกร่ง
T	=	แรงดึง
t	=	ความหนา
ρ	=	อัตราส่วนเหล็กเสริม

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

ρ_b	=	อัตราส่วนเหล็กเสริมที่ภาวะสมดุล
$\rho_{\min}$	=	อัตราส่วนเหล็กเสริมที่น้อยที่สุด
$\rho_{\max}$	=	อัตราส่วนเหล็กเสริมที่มากที่สุด
β_1	=	Factor of Whitney
ε_c	=	ความเครียดคลากในคอนกรีต
ε_s	=	ความเครียดคลากในเหล็กเสริม