ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
247548

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการศึกษาผลกระทบการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในคอนกรีตโครงสร้างที่อยู่ในสภาพสิ่งแวดล้อมทะเล

The effect of steel corrosion in concrete structure for Marine Environment

ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรพันธ์ แสงสุวรรณและคณะ

ได้รับทุนวิจัยจาก
เงินผลประโยชน์คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
พ.ศ.2554

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจ
247548
b00232814

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการศึกษาผลกระทบการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในคอนกรีตโครงสร้างที่อยู่ในสภาพสิ่งแวดล้อมทะเล

The Effect of Steel Corrosion in Concrete Structure for Marine Environment

คณะผู้วิจัย	สังกัด
ผศ.จักรพันธ์ แสงสุวรรณ	ม.ราชมงคลพระนคร
รศ.นุกูล ชูทอง	ม.ราชมงคลพระนคร

ได้รับทุนวิจัยจาก
เงินผลประโยชน์คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
พ.ศ.2554

สารบัญ

หน้า

สารบัญ i

สารบัญรูป iii

สารบัญตาราง v

บทที่ 1 บทนำ 1-1

1.1 ความเป็นมาของโครงการ 1-1

1.2 วัตถุประสงค์ 1-2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 1-2

1.4 โครงสร้างของรายงาน 1-2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 2-1

2.1 การเสื่อมสภาพของโครงสร้างเนื่องจากคลอไรด์ (Chloride Attack) 2-1

2.2 หลักการเกิดสนิมของเหล็กเสริม 2-2

2.3 ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ 2-4

2.4 การเกิดสนิมของเหล็กเสริมในคอนกรีต (Corrosion of Steel in Concrete) 2-5

2.5 แบบจำลองการเสื่อมสภาพของคอนกรีตเสริมเหล็ก 2-10

2.6 กลไกการเกิดสนิมของเหล็กเสริม 2-12

2.7 เทคนิคการตรวจเตือนสภาพการเกิดสนิม 2-13

2.7.1 วิธีการศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ 2-14

2.7.2 การวิเคราะห์ข้อมูลของศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ 2-16

2.8 ความต้านทานของคอนกรีต 2-19

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ 3-1

3.1 อุปกรณ์ 3-1

3.2 วิธีการ 3-2

3.2.1 วัสดุ 3-2

3.2.2 อัตราส่วนผสม 3-3

3.3 การเตรียมตัวอย่างคอนกรีต 3-3

3.3.1 การเตรียมวัสดุผสม 3-3

3.3.2 การผสม 3-3

3.4 การเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริม 3-5

3.4.1 การติดตั้งสายไฟฟ้า 3-6

3.4.2 การเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริม 3-6

3.5 การตรวจสอบแนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริม 3-7

3.5.1 การเตรียมสารละลาย 3-7
3.5.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ 3-7
3.5.3 การตรวจสอบแนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริม 3-7
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 4-1
4.1 การเกิดสนิมของเหล็กเสริมในตัวอย่างพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก 4-1
4.1.1 ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ 4-1
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 5-1
5.1 การเกิดสนิมในเหล็กเสริมค่าศักย์ไฟฟ้าของการเกิดสนิมของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่อยู่ในสภาพสิ่งแวดล้อมทะเล 5-1
5.2 ข้อเสนอแนะ 5-1
5.2.1 ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ 5-1
5.2.2 การเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริม 5-1
5.2.3 แนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริม 5-1
5.2.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ 5-2

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ระบบของเซลล์กัลป์วานิก; การเกิดปฏิกิริยา Oxidation ที่ขั้ว anode และการเกิดปฏิกิริยา Reduction ที่ขั้ว cathode 2-3
รูปที่ 2.2 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ Anode และ Cathode 2-6
รูปที่ 2.3 การเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าทั้งภายในและภายนอกเหล็กเสริม 2-7
รูปที่ 2.4 ปริมาตรของเหล็กเสริมที่เกิดสนิม 2-7
รูปที่ 2.5 เซลล์ตัวนำไฟฟ้าที่ทำให้เหล็กเกิดสนิมในคอนกรีต 2-8
รูปที่ 2.6 เส้นกราฟโพลาไรซ์แสดงถึงผลกระทบของความต้านทานทางไฟฟ้าของคอนกรีต 2-9
รูปที่ 2.7 วงจรไฟฟ้าเทียบเท่าของการเกิดสนิมของเหล็ก 2-9
รูปที่ 2.8 แบบจำลองกระบวนการเกิดสนิมของเสริมเหล็กในคอนกรีต 2-10
รูปที่ 2.9 แบบจำลองระยะเวลาการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในคอนกรีต 2-11
รูปที่ 2.10 แบบจำลองกระบวนการเสื่อมสภาพโดยคลอไรด์สำหรับชิ้นส่วนโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีระยะหุ้มคอนกรีตหนา 2 นิ้ว (50 มม.) 2-12
รูปที่ 2.11 กลไกการเกิดสนิมของเหล็กเสริม 2-13
รูปที่ 2.12 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับใช้ทดสอบด้วยวิธีการศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ ตามมาตรฐาน ASTM C 876 โดยการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าที่ผิวของคอนกรีต 2-14
รูปที่ 2.13 ตัวอย่างแผนที่เส้นชั้นความสูงของศักย์ไฟฟ้าที่สำรวจได้จาก half-cell potential 2-16
รูปที่ 2.14 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าการเกิดสนิม(i_{corr})กับศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ 2-18
รูปที่ 2.15 การทดสอบวัดค่าความต้านทานของคอนกรีตด้วย 4 ขั้วไฟฟ้า 2-20
รูปที่ 2.16 เปรียบเทียบความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าการเกิดสนิม (i_{corr}) และค่าความต้านทานของชิ้นส่วนคอนกรีต 2-22
รูปที่ 3.1 การผสมคอนกรีต 3-4
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างพื้นคอนกรีต 3-4
รูปที่ 3.3 รายละเอียดแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กและตำแหน่งการวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้า 3-5
รูปที่ 3.4 การเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริม 3-6
รูปที่ 3.5 การตรวจสอบความสม่ำเสมอของกระแสไฟฟ้า 3-6
รูปที่ 3.6 สารละลายคอมเปอร์ซัลเฟต (Copper Sulfate) 3-7
รูปที่ 3.7 การเชื่อมต่อสายไฟฟ้าขั่วบอกและขั่วลบกับตัวอย่างทดสอบ 3-8
รูปที่ 3.8 การตรวจสอบแนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริมด้วยเครื่องมือ Half-cell Potential Test 3-8
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของศักย์ไฟฟ้าการเกิดสนิมของเหล็กในแผ่นพื้นคอนกรีตที่ไม่เร่งการเกิดสนิมบริเวณตำแหน่งจุดตัดกันของเหล็กเสริมโดยวิธีการของ Half-Cell Potential 4-4

รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของศักย์ไฟฟ้าการเกิดสนิมของเหล็กในแผ่นพื้นคอนกรีตที่ไม่เร่งการเกิดสนิม บริเวณตำแหน่งตรงกลางของเหล็กเสริมโดยวิธีการของ Half-Cell Potential 4-4
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ของศักย์ไฟฟ้าการเกิดสนิมของเหล็กในแผ่นพื้นคอนกรีตที่ใช้กระแสไฟฟ้าเร่งการเกิดสนิมบริเวณตำแหน่งจุดตัดกันของเหล็กเสริมโดยวิธีการของHalf-Cell Potential..... 4-5
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ของศักย์ไฟฟ้าการเกิดสนิมของเหล็กในแผ่นพื้นคอนกรีตที่ใช้กระแสไฟฟ้าเร่งการเกิดสนิมบริเวณตำแหน่งตรงกลางของเหล็กเสริมโดยวิธีการของHalf-Cell Potential..... 4-5

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของคอนกรีตและความเสี่ยงของการเกิดสนิม 2-21
ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของคอนกรีตและความเป็นไปได้ในการเกิดสนิม 2-21
ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ 3-2
ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของเหล็กเสริม 3-2
ตารางที่ 3.3 อัตราส่วนผสมของคอนกรีต 3-3
ตารางที่ 3.4 ความต่างศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์และแนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริม ASTM C 876 3-8
ตารางที่ 4.1 ความต่างศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์และแนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริม ASTM C 876 4-1
ตารางที่ 4.2 ค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่อยู่ในสภาพสิ่งแวดล้อมทะเล 4-2
ตารางที่ 4.3 ค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่อยู่ในสภาพสิ่งแวดล้อมทะเล 4-2
ตารางที่ 4.4 ค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่อยู่ในสภาพสิ่งแวดล้อมทะเล 4-2
ตารางที่ 4.5 ค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ของแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กที่อยู่ในสภาพสิ่งแวดล้อมทะเล 4-3