บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ

การดำเนินการศึกษาผลกระทบการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตเสริมเหล็กที่ใช้เป็นโครงสร้างในสภาพสิ่งแวดล้อมทะเล สำหรับอุปกรณ์และวิธีการทดลองดังนี้

3.1 อุปกรณ์

1. เครื่องทดสอบค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าครึ่งแซลล์ (Half-cell potential test)
2. DC Power Supply 0-60 Vdc สามารถปรับแหล่งจ่ายกระแสได้
3. Volt meter ที่มีความละเอียดในย่าน mV
4. Amp meter ที่มีความละเอียดในย่าน μA
5. เครื่องวัดค่าศักย์ไฟฟ้า
6. เครื่องทดสอบการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า
7. สายวัดสัญญาณที่มีสารละลายตัวนำไฟฟ้า
8. เครื่องผสมคอนกรีต
9. แบบหล่อแท่งตัวอย่างพื้นคอนกรีต ขนาด 40 × 40 × 10 เซนติเมตร
10. เครื่องจี้คอนกรีต (Vibrator)
11. เครื่องชั่งน้ำหนัก สามารถอ่านค่าได้ละเอียด 0.01 กรัม
12. อุปกรณ์สำหรับบัดกรี
13. ถังสำหรับแช่ตัวอย่าง ขนาด 1200 ×1500 เซนติเมตร
14. อุปกรณ์สำหรับผสมสารละลาย
15. อุปกรณ์วัดค่าการยุบตัวของคอนกรีต
16. แผ่นพลาสติกใส
17. เทปพันสายไฟ
18. เกรียงเหล็ก
19. ถุงมือยาง

3.2 วิธีการ

3.2.1 วัสดุ

วัสดุสำหรับการศึกษาผลกระทบการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในโครงสร้างคอนกรีตอยู่ในสภาพสิ่งแวดล้อมทะเลประกอบด้วย

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 บริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

Oxides	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3
%	20	5	3	60	1.10	1.50	2.40	2

2) มวลรวม

2.1) มวลรวมหยาบ

หินปูนย่อย (Crushed limestone) ขนาด 3/8 นิ้ว (SSD)

2.2) มวลรวมละเอียด

ทรายแม่น้ำร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (SSD) อิ่มตัวผิวแห้ง

3) เหล็กเสริม

เหล็กผิวเรียบและเหล็กข้ออ้อย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร และ12 มิลลิเมตร คุณสมบติของเหล็ก ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของเหล็กเสริม

Diameter (mm)	Cross Section Area (mm^2)	Yield Strength (ksc)	Ultimate Strength (ksc)
RB9	28&30	2400	3900
DB12	113.10	3000	4900

4) สารละลาย

4.1) สารลายโซเดียมคลอร์ไรด์ (Sodium chloride,NaCL)

สารละลายโซเดียมคลอร์ไรด์ (Sodium chloride,NaCL) มีความเข้มข้นร้อยละ 0, 1, 3, และ 5 ของน้ำหนักซีเมนต์

4.2) สารละลายอิเล็คโทรไลท์

สารละลายอิเล็คโทรไลท์เจลสำหรับเป็นสื่อวัดค่าความต้านทานของกระแสไฟฟ้า

3.2.2 อัตราส่วนผสม

1) คอนกรีต

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการออกแบบอัตราส่วนผสมของคอนกรีตที่กำลังรับแรงอัดคอนกรีตที่อายุ 28 วัน 240 กก./ซม^2 ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 อัตราส่วนผสมของคอนกรีต

Compressive Strength	Materials (kg/m^3)					
(ksc)	Cement	Aggregates 3/8"	Sand	Water	Slump (cm)	Water Cement Ratio
240	450	992	750	180	3-5	0.40

3.3 การเตรียมตัวอย่างคอนกรีต

การดำเนินการเตรียมตัวอย่างคอนกรีตการศึกษาผลกระทบการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในโครงสร้างคอนกรีตอยู่ในสภาพสิ่งแวดล้อมทะเล ดังนี้

3.3.1 การเตรียมวัสดุผสม

การเตรียมหิน ทราย ซีเมนต์และน้ำ ตามอัตราส่วนผสมของคอนกรีตที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยให้หินและทรายอยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้งเพื่อป้องกันการดูดซึมน้ำของมวลรวมหินและทราย

3.3.2 การผสม

นำส่วนผสมใส่ลงในอุปกรณ์ผสมคอนกรีต พร้อมทั้งสารละลายโซเดียมคลอร์ไรด์ (Sodium chloride,NaCL) มีความเข้มข้นร้อยละ 0, 1, 3, และ 5 ของน้ำหนักซีเมนต์ ทำการผสมให้เข้ากันโดยใช้เวลาในการผสม 3-5 นาที หลังจากนั้นจึงใส่น้ำลงไปผสมให้เข้ากันอีกครั้งพร้อมใส่หิน ทำการผสมจนกว่าส่วนผสมเข้ากันได้ดี ดังรูปที่ 3.1

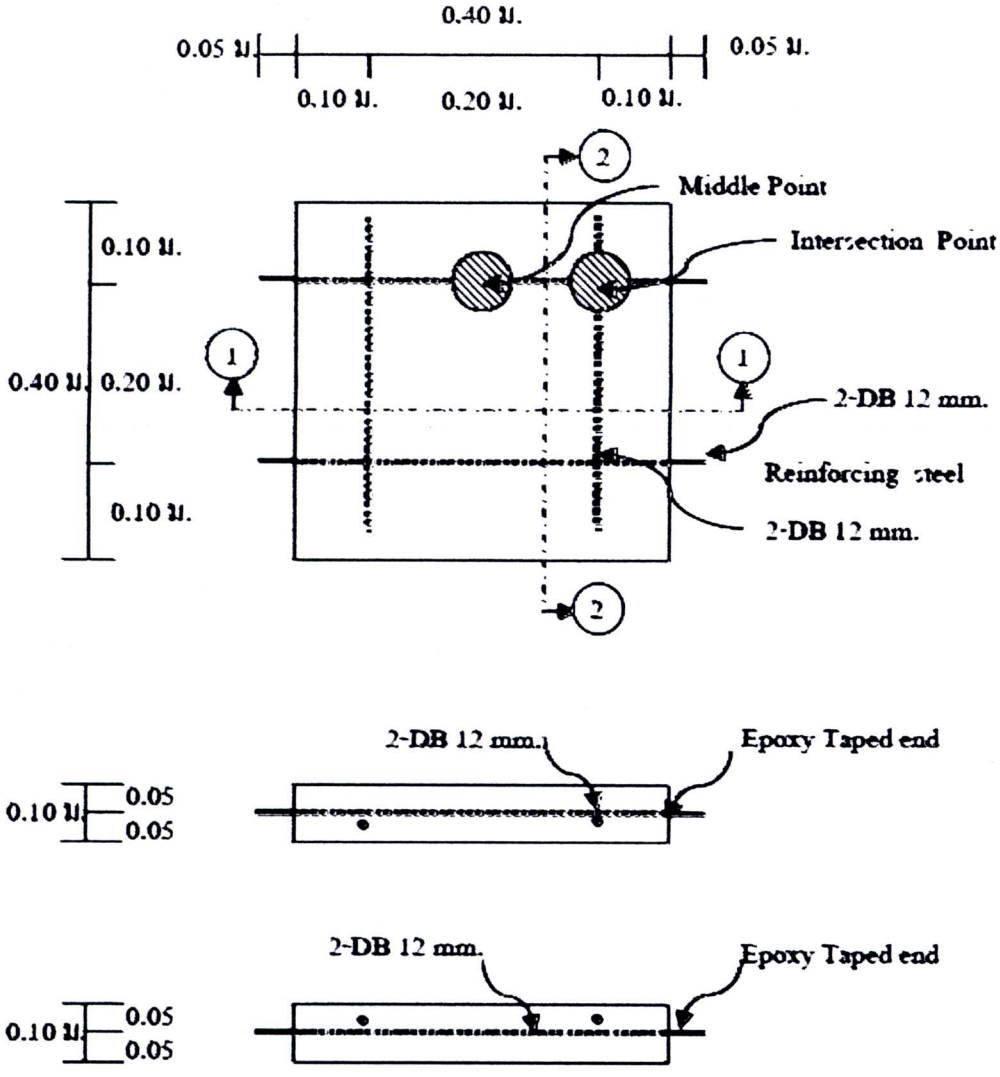
รูปที่ 3.1 การผสมคอนกรีต

1) การเทลงแบบหล่อ

นำคอนกรีตเทลงแบบหล่อตัวอย่างพื้นคอนกรีตขนาด 40×40×10 เซนติเมตร และเก็บไว้ในอุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ดังรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างพื้นคอนกรีต

สำนักการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



รูปที่ 3.3 รายละเอียดแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กและตำแหน่งการวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้า

2) การบ่ม

การบ่มตัวอย่างรูปคานคอนกรีตและคอนกรีตรูปทรงกระบอก เลือกการบ่มตัวอย่างด้วยน้ำระยะเวลา 28 วัน

3.4 การเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริม

การเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในพื้นคอนกรีต เนื่องจากสภาพความเป็นจริงการเกิดสนิมของเหล็กเสริมตามธรรมชาติของโครงสร้างสิ่งแวดล้อมทะเลมีระยะเวลานาน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริมด้วยไฟฟ้ากระแสตรงโดยอ้างอิงจากงานวิจัยที่ผ่านมา

3.4.1 การติดตั้งสายไฟฟ้า

การติดตั้งสายไฟฟ้าเพื่อเชื่อมต่อกระแสไฟฟ้าขั้วบวกกับแท่งทองแดงและขั้วลบกับเหล็กเสริมที่อยู่ในตัวอย่างพื้นคอนกรีต

3.4.2 การเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริม

การเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริมโดยการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงอย่างสม่ำเสมอเป็นระยะเวลา 60 วัน ด้วยความต่างศักย์ไฟฟ้า 6 โวทต์ ดังรูปที่ 3.4 และรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.4 การเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริม

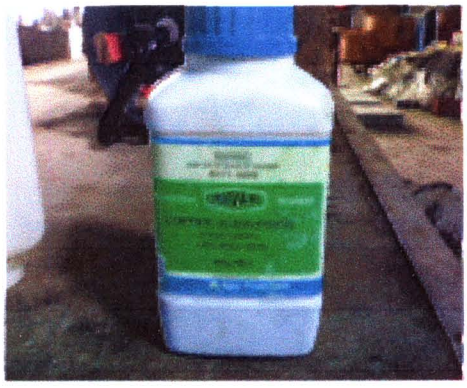
รูปที่ 3.5 การตรวจสอบความสม่ำเสมอของกระแสไฟฟ้า

3.5 การตรวจสอบแนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริม

การตรวจสอบแนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริม โดยทำการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่อยู่ในตัวอย่างทดสอบจีโอโพลิเมอร์คอนกรีตจากเถ้าลอย เถ้าแกลบ ดินขาว และคอนกรีต ซึ่งใช้เครื่องมือตรวจสอบแนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริม Half Cell Potential Test ตามมาตรฐาน ASTM C 876

3.5.1 การเตรียมสารละลาย

สารละลายคอมเปอร์ซัลเฟต (Copper Sulfate) ในการเตรียมสารละลายนั้นทุกครั้งในการผสมสารละลายต้องทำการผสมให้สารละลายอิ่มตัวก่อนที่จะนำสารละลายไปใช้ในการทดสอบ ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 สารละลายคอมเปอร์ซัลเฟต (Copper Sulfate)

3.5.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

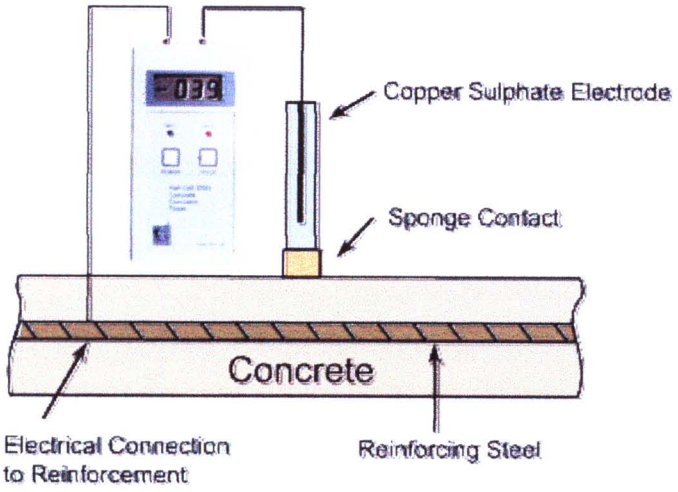
นำตัวอย่างพื้นคอนกรีตขึ้นจากการให้กระแสไฟฟ้าทำความสะอาดตัวอย่างด้วยน้ำ และทำเครื่องหมายที่ตำแหน่งต่างๆ บนแผ่นพื้นที่ต้องการทำการวัดศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ โดยกำหนดตำแหน่งตรงจุดตัดและบริเวณตรงกลางของเหล็กเสริมที่มีการเชื่อมต่อกับกระแสไฟฟ้า

3.5.3 การตรวจสอบแนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริม

การตรวจสอบแนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริมของตัวอย่างพื้นคอนกรีต ราดน้ำให้ทั่วแผ่นพื้นให้ชุ่มเพื่อให้น้ำซึมเข้าไปภายในตัวอย่างพื้นคอนกรีต นำผ้าชนิดหนาชุบน้ำมาคลุมไว้เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำจากแผ่นพื้นและรีบทดสอบทันที การตรวจสอบค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าด้านบนของตัวอย่าง ทำการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า จนครบ 60 วัน ดังรูปที่ 3.8 จากการตรวจสอบค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM C 876 สามารถแบ่งระดับของการเกิดสนิมของเหล็กเสริมดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ความต่างศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์และแนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริม ASTM C 876

Half-cell Potential (mV)	Percentage chance of active corrosion
>-350	90%
-200 to -350	50%
>-200	10%



รูปที่ 3.7 การเชื่อมต่อสายไฟฟ้าขั้วบอกและขั้วลบกับตัวอย่างทดสอบ

รูปที่ 3.8 การตรวจสอบแนวโน้มการเกิดสนิมของเหล็กเสริมด้วยเครื่องมือ Half-cell Potential Test