

การป้องกัน และซ่อมแซมการเกิดสนิมของเหล็กเสริม

ตามหลักการทางไฟฟ้าเคมี

ผศ.ดร.พัควัฒน์ แสนเจริญ

ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการก่อสร้าง และบำรุงรักษา

สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

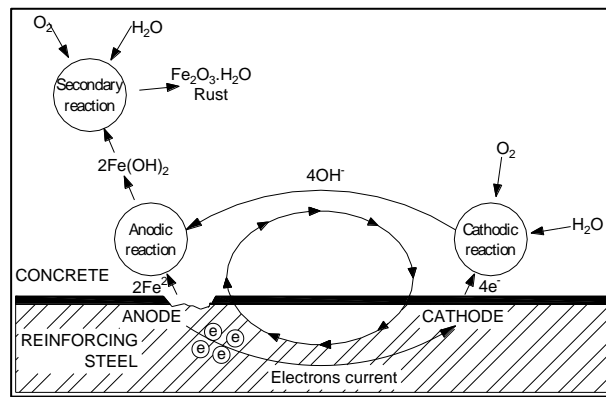
pakawat@siit.tu.ac.th

การเกิดสนิมของเหล็กเสริมในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นปัญหาที่พบได้ทั่วไปโดยเฉพาะโครงสร้างที่อยู่ใกล้ทะเล โครงสร้างที่ผ่านการใช้งานมานาน โดยความเสียหายที่พบมีตั้งแต่คราบน้ำสนิม การแตกร้าวของพื้นผิว การหลุดร่อนของพื้นผิวคอนกรีต การร่วนหล่นของผิวคอนกรีต ไปจนกระทั่งการพังทลายของโครงสร้าง ส่งผลต่อความสามารถในการใช้งานได้ และความปลอดภัยของโครงสร้าง

การเกิดสนิมของเหล็กเสริมมีหลักการคล้ายกับถ่านไฟฉาย โดยมีองค์ประกอบหลักได้แก่ ขั้วบวก (Cathode) ขั้วลบ (Anode) ตัวนำไฟฟ้า (Conductor) และตัวนำไอออน (Electrolyte) โดยอิเล็กตรอน จะไหลจากขั้วลบไปสู่ขั้วบวกผ่านตัวนำไฟฟ้า ในทางตรงกันข้ามไอออนลบจะไหลจากขั้วบวกมายังขั้วลบ เพื่อสร้างสมดุลของประจุในระบบ การจ่ายอิเล็กตรอนจากขั้วลบ ก็คือการเกิดสนิมของโลหะที่ใช้ทำถ่านไฟฉาย จนกระทั่งถ่านไฟฉายหมด นั่นก็คือโลหะเกิดสนิมจนหมดนั่นเอง ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่ากระบวนการทางไฟฟ้าเคมี

ในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่เหล็กเสริมที่ยังไม่เกิดสนิม ที่ผิวเหล็กเสริมจะมีชั้นฟิล์มป้องกันการเกิดสนิมเกิดขึ้นโดยธรรมชาติ ป้องกันการไหลของอิเล็กตรอน นอกจากนั้นศักย์ไฟฟ้าที่ผิวเหล็กเสริมจะมีค่าค่อนข้าง

คงที่ทุกบริเวณ ทำให้ไม่มีความต่างศักย์ไฟฟ้าที่จะทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอน จนกระทั่งโครงสร้างผ่านการใช้งานมาระยะหนึ่ง ความเป็นด่างคอนกรีตรอบผิวเหล็กเสริมที่ลดลงจากคาร์บอนขึ้น หรือการเพิ่มขึ้นของคลอไรด์อิออนที่ผิวเหล็กเสริม จะทำลายชั้นฟิล์มดังกล่าว และเกิดการลดลงของศักย์ไฟฟ้าที่ผิวเหล็กเสริม ณ บริเวณที่ชั้นฟิล์มถูกทำลาย ทำให้เกิดขั้วลบขึ้นในระบบ จึงเริ่มเกิดการไหลของอิเล็กตรอน หรือเหล็กเสริมเริ่มเกิดสนิมดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 เซลล์ไฟฟ้าเคมีของการเกิดสนิมของเหล็กเสริม (Dong, 2017)

จะเห็นได้ว่าการเกิดสนิมของเหล็กเสริมเป็นหนึ่งในกระบวนการไฟฟ้าเคมี ดังนั้นการป้องกัน และซ่อมแซมการเกิดสนิมด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมีจึงเป็นหลักการสำคัญของการบำรุงรักษาโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่เหล็กเสริมเกิดสนิม หลักการของวิธีดังกล่าว ได้แก่ การทำให้กระบวนการทางไฟฟ้าเคมีของการเกิดสนิมไม่ครบ 4 องค์ประกอบหลักที่ได้อธิบายในตอนต้น โดยวิธีการป้องกัน หรือซ่อมแซมการเกิดสนิมของเหล็กเสริมสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 หลักการ ดังแสดงในตารางที่ 1

วิธีการป้องกัน และซ่อมแซมการเกิดสนิมของเหล็กเสริมมีหลากหลายวิธี ซึ่งการพิจารณาเลือก วิธีที่เหมาะสมจำเป็นต้องพิจารณาหลายองค์ประกอบ เช่น ความเป็นไปได้ทางวิศวกรรม ระยะเวลา ค่าใช้จ่าย อายุการ

ใช้งาน ความปลอดภัย สิ่งแวดล้อม และอื่นๆ การใช้โลหะอื่นๆ เกิดสนิมแทนเหล็กเสริม (Sacrificial Anode Cathodic Protection) และการใช้แหล่งจ่ายไฟภายนอก จ่ายอิเล็กตรอนแทนเหล็กเสริม (Impressed Current Cathodic Protection) ถือเป็นวิธีการป้องกัน และซ่อมแซมของเหล็กที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในโครงสร้างเหล็ก เช่น ระบบท่อส่งก๊าซใต้ดิน โครงสร้างแท่นขุดเจาะน้ำมันในทะเล หรือเรือเดินสมุทร เป็นต้น แต่วิธีดังกล่าวกลับไม่เป็นที่นิยมในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กในประเทศไทย เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการติดตั้งที่สูงในระยะแรก และผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบระบบ อย่างไรก็ตามหากต้องการใช้โครงสร้างในระยะยาว หรือการปิดโครงสร้างเพื่อการซ่อมแซมเป็นไปได้ยาก วิธีดังกล่าวจะสามารถลดค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างลงได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับวิธีการที่จำเป็นต้องซ่อมแซมโครงสร้างเป็นระยะๆ อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวต้องมีการออกแบบ และติดตั้งโดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อยืนยันถึงประสิทธิภาพ และอายุการใช้งานของระบบ

### ตารางที่ 1 วิธีการป้องกัน และซ่อมแซมการเกิดสนิมของเหล็กเสริมตามหลักการทางไฟฟ้าเคมี

หลักการ	รายละเอียด	วิธีการ
การป้องกันการเกิดแอโนด	การป้องกันไม่ให้ชั้นฟิล์มป้องกันสนิมถูกทำลาย	การเพิ่มความหนาของคอนกรีตหุ้มเหล็กเสริม
		การเพิ่มความทึบของคอนกรีต
		การทาสีเคลือบผิวคอนกรีต
	การป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียอิเล็กตรอนจากเหล็กเสริม	การทาสีเคลือบผิวเหล็กเสริม
		การเพิ่มความแข็งแรงของชั้นฟิล์มด้วยสารยับยั้งการเกิดสนิม
		การใช้โลหะอื่นๆ เกิดสนิมแทนเหล็กเสริม
การป้องกันการเกิดแคโทด	การป้องกันไม่ให้เกิดการรับอิเล็กตรอน	การใช้แหล่งจ่ายไฟภายนอก จ่ายอิเล็กตรอนแทนเหล็กเสริม
		การลดปริมาณก๊าซออกซิเจน เช่น ทำให้คอนกรีตอิ่มตัวด้วยน้ำ หรือการทาเคลือบผิวลดการซึมผ่านของก๊าซ

การซ่อมแซมบริเวณที่เกิดแอโนดแล้ว	กระบวนการที่ทำให้ชั้นฟิล์มถูกสร้างขึ้นใหม่  การป้องกันไม่ให้เกิดการสูญเสียอิเล็กตรอนจากเหล็กเสริม	การสกัดคอนกรีตที่เสื่อมสภาพออก เช่นความเป็นด่างต่ำ หรือมีคลอไรด์ปนเปื้อน และแทนที่ด้วยวัสดุซ่อมแซม
		การเพิ่มความเป็นด่างในคอนกรีตด้วยวิธี Re-alkalization ด้วยวิธีการแพร่ หรือใช้แรงดันไฟฟ้า
		การดึงคลอไรด์ออกจากคอนกรีตด้วยวิธี Chloride Extraction ด้วยแรงดันไฟฟ้า
		การเพิ่มความแข็งแรงของชั้นฟิล์มด้วยสารยับยั้งการเกิดสนิม
		การใช้โลหะอื่นๆ เกิดสนิมแทนเหล็กเสริม
การลดการไหลของประจุในคอนกรีต	ลดอัตราการแลกเปลี่ยนประจุระหว่างขั้วบวกและขั้วลบ หรือลดอัตราการเกิดสนิมลง	การใช้แหล่งจ่ายไฟภายนอก จ่ายอิเล็กตรอนแทนเหล็กเสริม
		เพิ่มความต้านทานทางไฟฟ้าของคอนกรีต เช่น ลดอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน การใช้แก้วลอย หรือลดความชื้นในคอนกรีต