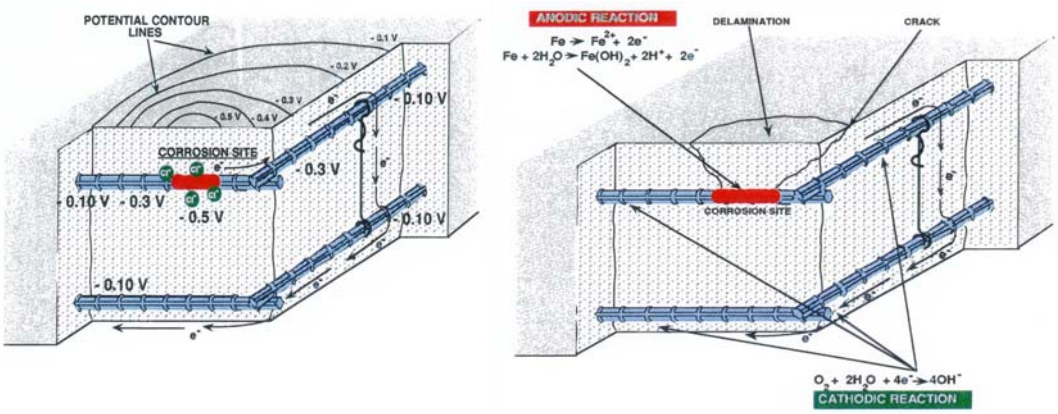
ระบบป้องกันและระงับการเกิดสนิมในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (Impressed Current Cathodic Protection)

การเกิดสนิมในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

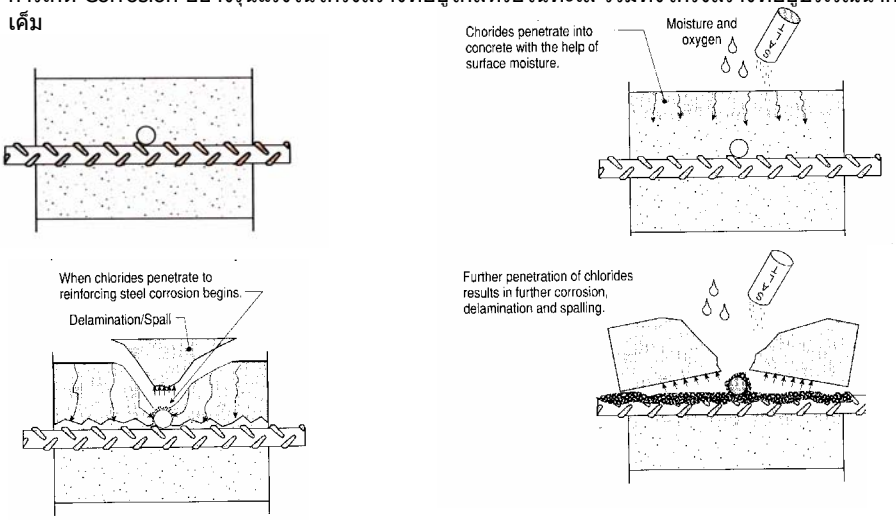


กระบวนการกัดกร่อนเป็นสนิมของเหล็กเสริมในคอนกรีต มีสาเหตุเกิดจากปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมีภายในระบบซึ่งมีหลักการคล้ายกับเซลล์ไฟฟ้าหรือแบตเตอรี่ โดยมีการไหลของกระแสอิเลคตรอนผ่านอิเลคโตรไลท์จากขั้วแอโนด (Anode) ไปยัง ขั้วแคโธด (Cathode) ที่เกิดขึ้นในเหล็กเสริม ปฏิกิริยาไฟฟ้า-เคมีดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีปัจจัย 4 ประการ ต่อไปนี้

บริเวณแอโนด เป็นบริเวณที่เกิดการกัดกร่อน เป็นจุดที่กระแสอิเลกตรอนไหลออก
บริเวณแคโธด เป็นบริเวณที่ไม่เกิดการกัดกร่อนและเป็นจุดที่กระแสอิเลกตรอนไหลไปสู่
อีเลคโตรไลท์ เป็นสื่อไฟฟ้าที่อิออนสามารถเคลื่อนผ่านได้ เช่น ดิน น้ำหรือคอนกรีต
มีความต่อเนื่องของวงจรและมีน้ำและออกซิเจนเพียงพอต่อการเกิดปฏิกิริยา

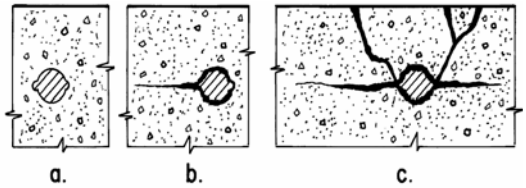
ปกติเหล็กเสริมในคอนกรีตที่มี pH สูงกว่า 12 จะไม่เป็นสนิมเนื่องจากจะเกิดชั้น Gamma ferric oxide ขึ้นมา เคลือบผิวเหล็กไว้ตามธรรมชาติ แต่เมื่อคอนกรีตเกิด Carbonation กับ CO_2 จะทำให้ pH ลดลงและผิว Oxide ที่เคลือบ อยู่จะเสื่อมประสิทธิภาพทำให้เหล็กทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและน้ำจนเกิดเป็นสนิม

ในสภาพที่มี Chloride จากเกลือหรือน้ำทะเลจะทำลายชั้นผิว Oxide ได้รวดเร็วกว่าสาเหตุ Carbonation มาก เหล็กจึงเกิดเป็นสนิมได้อย่างรวดเร็วและทำความเสียหายให้กับโครงสร้างได้อย่างมาก ดังนั้นจึงมักพบปัญหาการเกิด Corrosion อย่างรุนแรงในโครงสร้างที่อยู่ใกล้หรือในทะเล รวมทั้งโครงสร้างที่อยู่บริเวณน้ำกร่อยหรือพื้นที่ดินเค็ม



ความเสียหายจากการเกิดสนิม

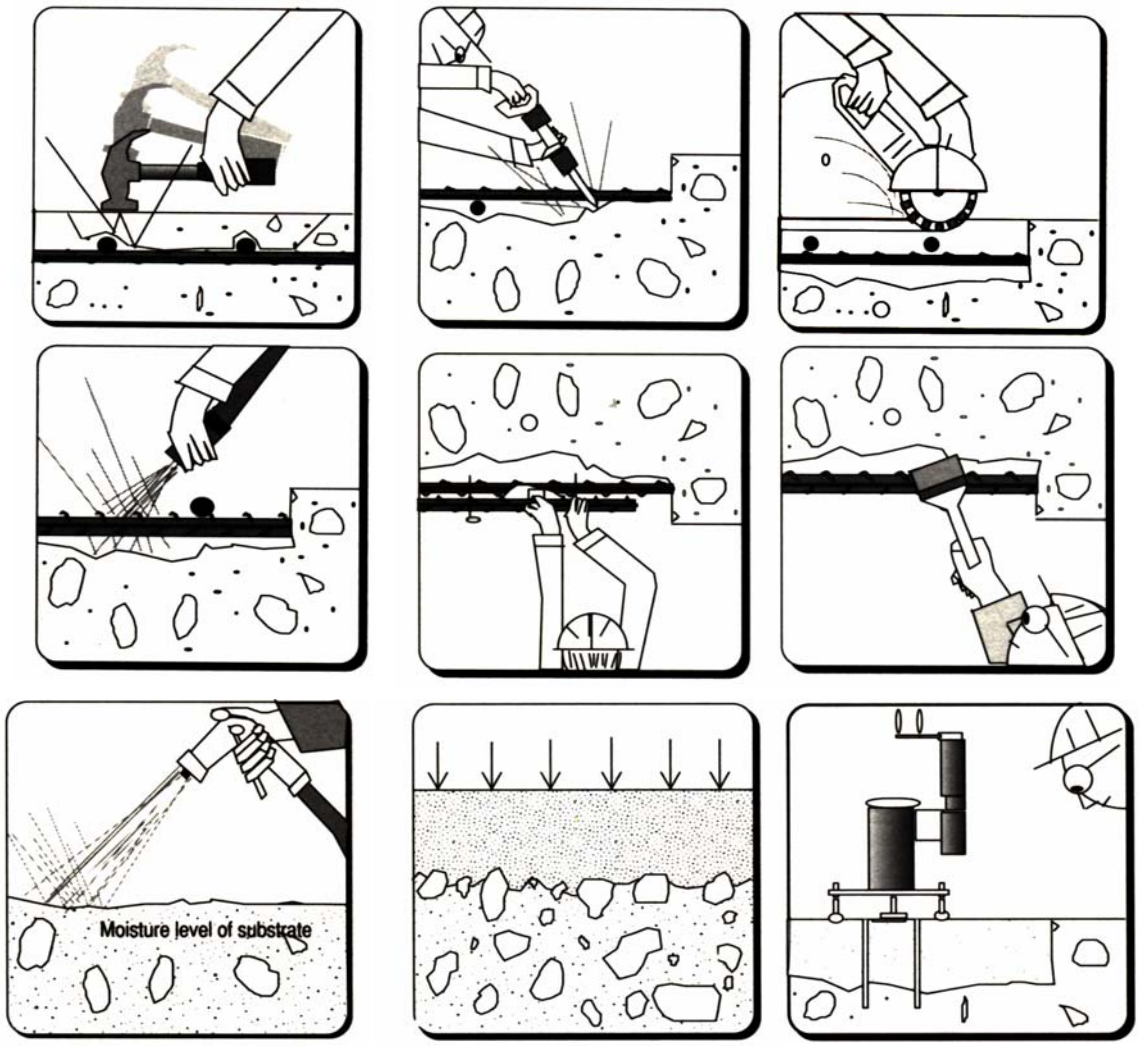
เหล็กเสริมที่เกิดการเป็นสนิมจะขยายปริมาตรออกดันคอนกรีตรอบข้างจนเกิดเป็นรอยแตกตามแนวเหล็กเสริมและทำให้ออกซิเจน น้ำและ Chloride สามารถเข้ามาทำปฏิกิริยาได้มากขึ้นเร่งให้เกิดความเสียหายเร็วขึ้น



ภาพแสดงการเกิดสนิมบนเหล็กเสริมในคอนกรีต
a) หน้าตัดเหล็กเสริมปกติ
b) เริ่มเกิดสนิมและเกิดการขยายตัวทำให้เกิด Crack
c) รอย Crack ขยายตัวออกและดันคอนกรีตแตกออก

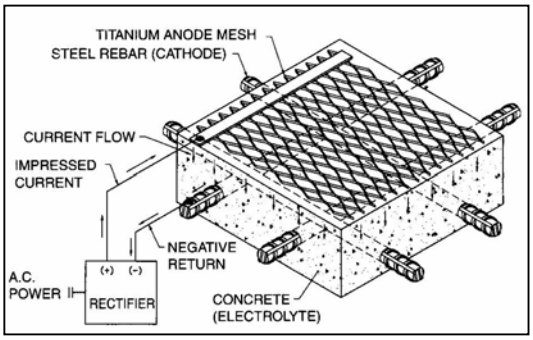
การซ่อมรอยแตกและเหล็กเสริมที่เป็นสนิมแล้วด้วยการฉาบซ่อมด้วย Repair Mortar หรือปูนซีเมนต์ Portlandไม่สามารถหยุดยั้งการเกิดสนิมในโครงสร้างได้เป็นการถาวรเนื่องจากศักย์ไฟฟ้าที่ต่างกันของคอนกรีตเดิมและส่วนที่ซ่อมใหม่จะทำให้บริเวณส่วนที่ซ่อมใหม่ใกล้แนวเชื่อมต่อกลายเป็น Cathode และเกิดสนิมในบริเวณคอนกรีตเดิมซึ่งกลายเป็น Anode ดังภาพด้านล่าง

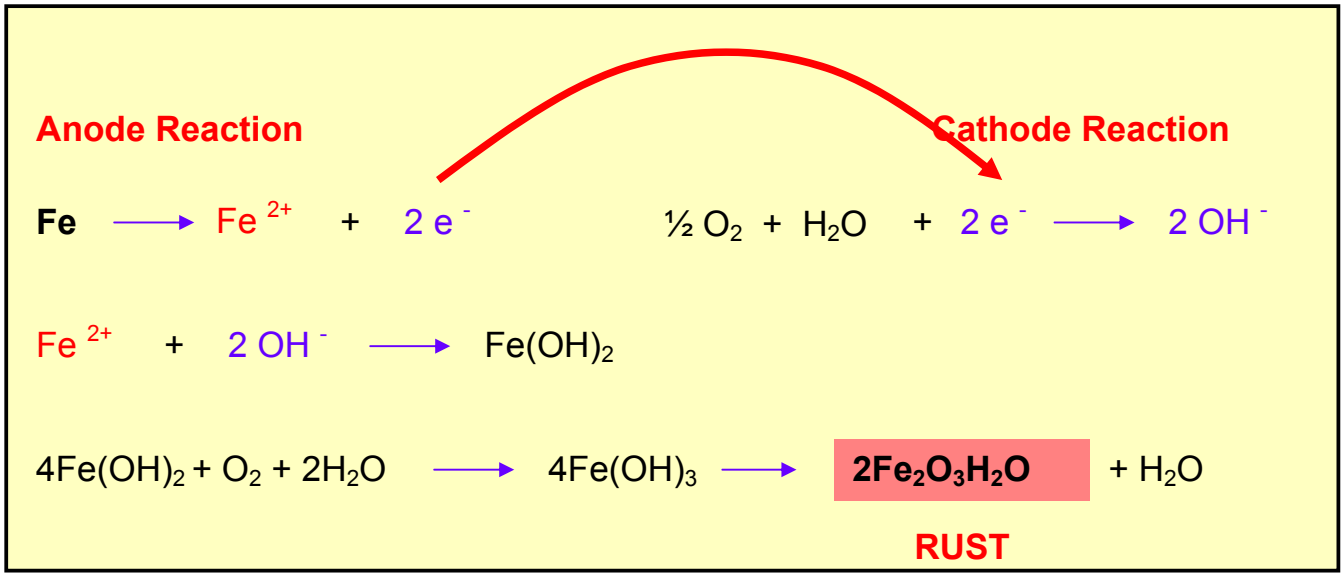
การซ่อมแซม



หลักการเบื้องต้น

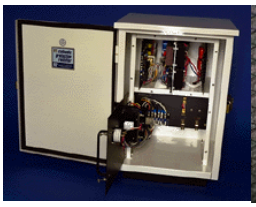
หลักการทำงานของระบบ Cathodic Protection จะจ่ายกระแสอิเลกตรอน จากแหล่งภายนอกเพื่อยับยั้งการเสียอิเลกตรอนของส่วนที่มีแนวโน้มเป็นขั้ว Anode ในเหล็กเสริม โดยหยุดขั้นตอนปฏิกิริยา $Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$ และทำให้กระบวนการเกิดสนิมยุติลง (ศักย์ไฟฟ้าขับเคลื่อนและปริมาณการจ่ายกระแสต้องปรับให้เหมาะสมเพียงพอ)





ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ Cathodic Protection สำหรับโครงสร้างใหม่อยู่ระหว่าง 0.2-2.0 mA/m^2 และสำหรับโครง สร้างเก่าประมาณ 2.0-20 mA/m^2 ดังนั้นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าจะต้องจ่ายพลังงาน 1-3 Watt/1000 m^2 สำหรับโครงสร้างใหม่ และ 3-15 Watt/1000 m^2 สำหรับโครงสร้างเก่า

องค์ประกอบ



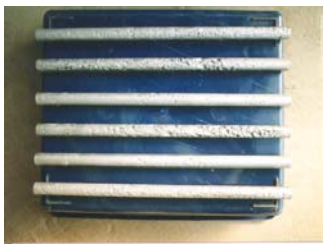
Rectifier
แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า

Titanium Anode Mesh
ขั้วแอโนดชนิด mesh

Titanium Ribbon Mesh
ขั้วแอโนดชนิด ribbon

Reference Cells
เซลล์อ้างอิง

การทดสอบ



ตัวอย่างไม่ติดตั้ง ICCP

ตัวอย่างติดตั้ง ICCP