

ประสิทธิภาพของการใช้งานสารยับยั้งการเกิดสนิม ของเหล็กเสริมในโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

ดร. ภัควัฒน์ แสนเจริญ และ ศ.ดร.สมนึก ตั้งเต็มสิริกุล

ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการก่อสร้างและบำรุงรักษา

สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

1. ที่มาของปัญหา

ปัจจุบันมีการใช้งานสารยับยั้งการเกิดสนิมของเหล็กเสริม (Corrosion Inhibitor) อย่างแพร่หลายใน โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ทั้งการใช้งานกับโครงสร้างใหม่ และ โครงสร้างที่เกิดความเสียหายเนื่องจากการเกิดสนิมของเหล็กเสริมขึ้นแล้ว โดยจุดประสงค์หลักของการใช้งานสารยับยั้งการเกิดสนิม ได้แก่ การชะลอการเกิดสนิมของเหล็กเสริม หรือลด อัตราการเกิดสนิมของเหล็กเสริมในกรณีที่เหล็กเสริมเกิดสนิมแล้ว การใช้งานสารยับยั้งการเกิดสนิมที่นิยมใช้ในประเทศไทย แบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่ การใช้งานโดยการผสม สารยับยั้งการเกิดสนิมในคอนกรีต การใช้งาน โดยทาสารยับยั้งการเกิดสนิมที่ผิวเหล็กเสริม และการใช้งาน โดยการทาสารยับยั้งการเกิดสนิมที่ผิวคอนกรีต ประสิทธิภาพของสารยับยั้งการเกิดสนิมจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น องค์ประกอบทางเคมีของสารยับยั้งการเกิดสนิม ของแต่ละผู้ผลิต ปริมาณการใช้สารยับยั้งการเกิดสนิม ระดับความรุนแรงของการเกิดสนิม สภาพแวดล้อม เป็นต้น ซึ่งการใช้งานสารยับยั้งการเกิดสนิมในบางกรณีไม่สามารถชะลอการเกิดสนิม หรือลดอัตราการเกิดสนิมได้ตามวัตถุประสงค์ ในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารยับยั้งการเกิดสนิมประเภท สารผสมเพิ่มในคอนกรีต และชนิดทาเคลือบที่ผิวคอนกรีต ในการลดอัตราการเกิดสนิมของตัวอย่างที่มีปริมาณคลอไรด์ปนเปื้อน ตั้งแต่ขั้นตอนการผสม

คอนกรีต) คลอไรด์ภายใน (และตัวอย่างที่มีการแทรกซึมของคลอไรด์จากภายนอกของคอนกรีตที่มีสัดส่วนผสม และวัสดุประสานแตกต่างกัน

2. การดำเนินการศึกษา

ในการวิจัยเบื้องต้นได้เลือกสารยับยั้งการเกิดสนิมที่เป็นที่นิยมแพร่หลายในประเทศไทย ทั้งในแบบสารผสมเพิ่ม และแบบทาเคลือบที่ผิวคอนกรีต โดยเป็นสารกลุ่ม Amine Carboxylate และส่วนผสมของ Amino Alcohol ตามลำดับ ปริมาณสารยับยั้งการเกิดสนิมทั้งในแบบสารผสมเพิ่ม และแบบทาเคลือบที่ผิว จะใช้ปริมาณตามคำแนะนำของผลิตภัณฑ์ และปริมาณ 2 เท่าของคำแนะนำ โดยสารยับยั้งแบบผสมเพิ่มจะผสมขณะทำการผสมคอนกรีต ส่วนสารยับยั้งแบบทาที่ผิวคอนกรีตจะดำเนินการ หลังจากบ่มคอนกรีตแล้วเสร็จ

การเตรียมชิ้นตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยอ้างอิงมาจากมาตรฐาน ASTM G109 และปรับเปลี่ยนสัดส่วนผสมของคอนกรีต โดยปรับเปลี่ยนสัดส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน ปริมาณการแทนที่ของถ้ำลอย และปริมาณคลอไรด์เริ่มต้น ในการเตรียมชิ้นตัวอย่างจะดำเนินการหล่อคอนกรีตเป็น สองส่วน ได้แก่ ส่วนของคอนกรีตที่หุ้มเหล็กเสริมเส้นบนซึ่งเป็นเหล็กเสริมที่จะเร่งให้มีการเกิดสนิม และส่วนที่หุ้มเหล็กเสริมเส้นล่างซึ่งเป็นเหล็กเสริมอ้างอิง โดยจะทิ้งให้คอนกรีตแข็งตัว 1 วัน ก่อนทาน้ำยาประสานคอนกรีต และหล่อคอนกรีตในส่วนที่เหลือ และรอให้แข็งตัวอีก 1 วัน ก่อนทำการบ่มโดยหุ้มด้วยพลาสติก เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ เป็นระยะเวลา 21 วัน

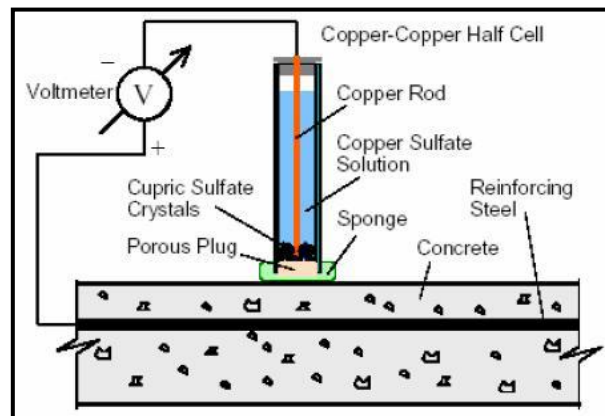
การทดสอบการเกิดสนิมในเหล็กเสริม สามารถทำได้โดยใช้วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM G109-99 และตามมาตรฐาน ASTM C876-91 ดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3



รูปที่ 1 ชิ้นตัวอย่างขณะทำการทดสอบ



รูปที่ 2 การวัดกระแสของการเกิดสนิมตามมาตรฐาน ASTM G109-99



รูปที่ 3 การวัดค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์

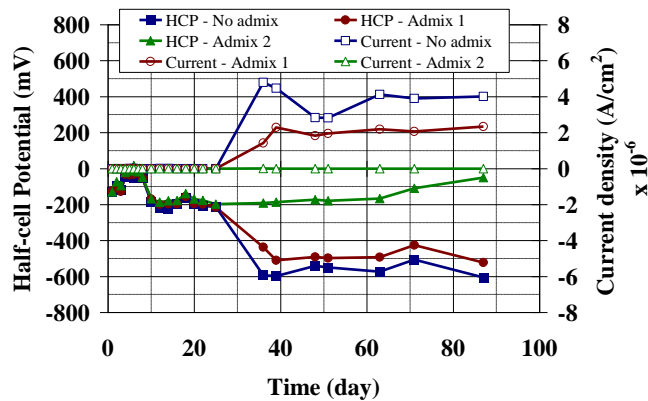
3. ผลการศึกษา

3.1 ประสิทธิภาพของสารยับยั้งการเกิดสนิม ประเภทสารผสมเพิ่ม

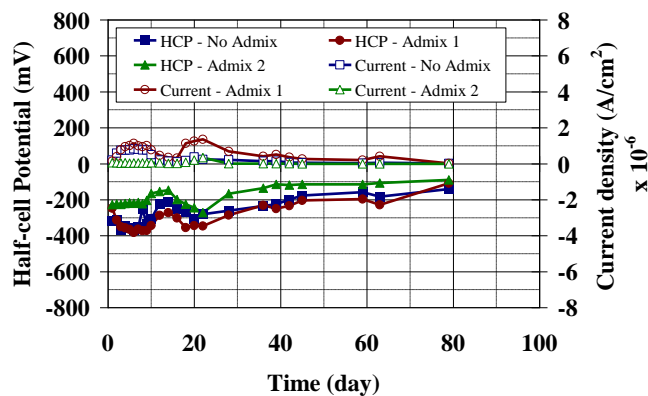
ในกรณีที่คลอไรด์มาจากภายนอก รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารยับยั้งการเกิดสนิมประเภทสารผสมเพิ่มในชั้นตัวอย่างที่มี W/B เท่ากับ 0.5 โดยแรงให้เกิดสนิมโดยการขังสารละลายโซเดียมคลอไรด์ จากผลการทดสอบพบว่า สารยับยั้งการเกิดสนิมประเภทผสมเพิ่ม สามารถชะลอการเริ่มต้นของการเกิดสนิม ได้เป็นอย่างดี ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 4 ซึ่งชั้นตัวอย่างที่ไม่มีการผสมสารยับยั้งการเกิดสนิม เกิดสนิมขึ้นก่อน ทั้งข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ และการวัดความหนาแน่นของกระแส นอกจากนี้ การใช้ปริมาณสารยับยั้งเป็นปริมาณ 2 เท่าของผู้ผลิตแนะนำ สามารถชะลอระยะเวลาเริ่มต้นของการเกิดสนิมออกไปได้อีกด้วย แสดงให้เห็นว่าปริมาณการใช้มีผลต่อประสิทธิภาพของสารยับยั้งการเกิดสนิมประเภทผสมเพิ่ม หลังจากที่เหล็กเสริมเริ่มเกิดสนิม สารยับยั้งการเกิดสนิมชนิดผสมเพิ่มยังสามารถลดอัตราการเกิดสนิมลงได้ ดังแสดงในรูปที่ 4 ที่ชั้นตัวอย่างที่มีการผสมสารยับยั้งการเกิดสนิมมีความหนาแน่นของกระแสต่ำกว่าชั้นตัวอย่างที่ไม่ได้มีการผสม

ในกรณีที่มีการปนเปื้อนของคลอไรด์ในคอนกรีตตั้งแต่เริ่มต้น รูปที่ 5 แสดงผลการทดสอบชั้นตัวอย่างที่มี W/B เท่ากับ 0.6 และผสมคลอไรด์ร้อยละ 0.4 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน จากผลการทดสอบพบว่าชั้นตัวอย่างที่ไม่มีการผสมสารยับยั้งการเกิดสนิม และชั้นตัวอย่างที่มีการผสมสารยับยั้งการเกิดสนิมตามปริมาณที่แนะนำของผู้ผลิต มีค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์ที่วัดได้มีค่าติดลบมากกว่า 350- mV และค่าความหนาแน่นของกระแสมีค่าประมาณ 1.0 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ซึ่งแสดงว่าเหล็กเสริมของชั้นตัวอย่างดังกล่าวเริ่มเกิดสนิมแล้ว ซึ่งสาเหตุเนื่องมาจากปริมาณซีเมนต์ของชั้นตัวอย่างที่มี W/B เท่ากับ 0.6 มีปริมาณน้อย ทำให้ปริมาณคลอไรด์อิสระมีมากเพียงพอที่จะทำลายชั้นฟิล์มป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กเสริมได้ แต่หากมีการใช้สารยับยั้งการเกิดสนิมเป็นปริมาณ 2 เท่าของปริมาณที่แนะนำ จะพบว่าค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์จะมีค่าติดลบน้อยกว่า - 280 mV และค่าความหนาแน่นของกระแสก็อยู่ที่ประมาณ $0 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ แสดงว่าการใช้สารยับยั้งการเกิดสนิมในปริมาณสูงชันสามารถลดการเกิดสนิมเนื่องจากการปนเปื้อน

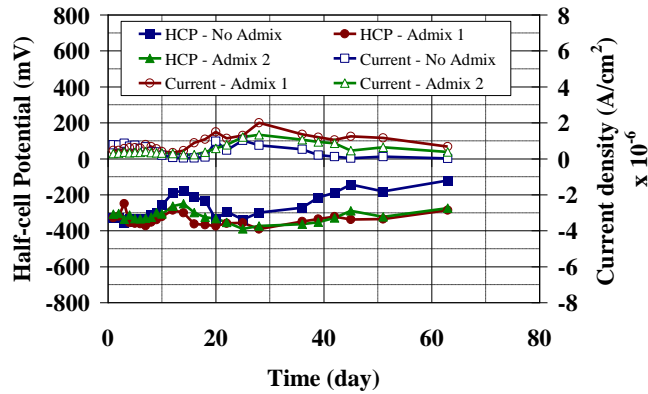
ของคลอไรด์ในคอนกรีตลงได้ แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของสารยับยั้งการเกิดสนิมยังขึ้นอยู่กับปริมาณคลอไรด์ที่ปนเปื้อนอีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งสารยับยั้งการเกิดสนิมชนิดผสมเพิ่มไม่สามารถยับยั้งการเกิดสนิมได้ในทุกปริมาณการใช้งาน เนื่องจากปริมาณคลอไรด์สูงเกินไป



รูปที่ 4 ผลการทดสอบสารยับยั้งการเกิดสนิมประเภทผสมเพิ่มปริมาณต่างๆ กัน ในชั้นตัวอย่าง W/B เท่ากับ 0.5 ที่ขังสารละลายคลอไรด์



รูปที่ 5 ผลการทดสอบสารยับยั้งการเกิดสนิมประเภทผสมเพิ่มปริมาณต่างๆ กัน ในชั้นตัวอย่าง W/B เท่ากับ 0.6 ที่ผสมคลอไรด์เริ่มต้นร้อยละ 0.4



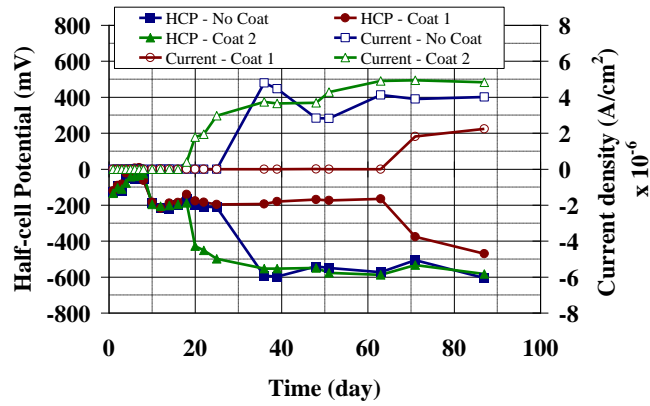
รูปที่ 6 ผลการทดสอบสารยับยั้งการเกิดสนิมประเภทผสมเพิ่มปริมาณต่างๆ กัน ใน
ชั้นตัวอย่าง W/B เท่ากับ 0.6 ที่ผสมคลอไรด์เริ่มต้นร้อยละ 0.8

3.2 ประสิทธิภาพของสารยับยั้งการเกิดสนิม ประเภทสารทาเคลือบที่ผิวคอนกรีต

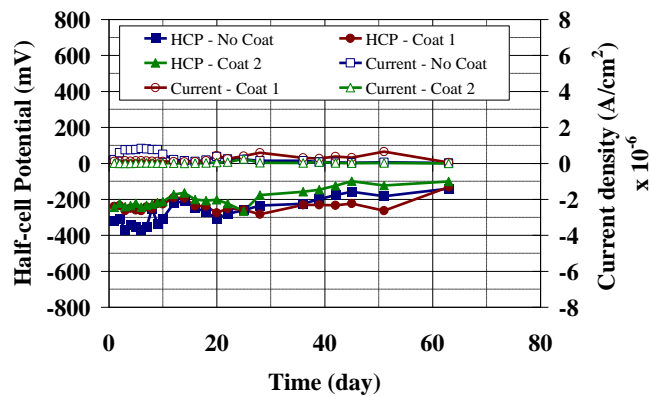
จากผลการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งไม่มีคลอไรด์ตั้งแต่เริ่มต้น พบว่าการใช้
งานสารยับยั้งการเกิดสนิมประเภททาที่ผิวคอนกรีตที่ไม่มีคลอไรด์ผสมอยู่ มีแนวโน้มที่จะเร่ง
การเกิดสนิมของชั้นตัวอย่าง เมื่อเทียบกับชั้นตัวอย่างที่ไม่ได้ทาสารยับยั้งการเกิดสนิม

ในกรณีที่มีชั้นตัวอย่างที่มี W/B เท่ากับ 0.6 และคลอไรด์ผสมอยู่ร้อยละ 0.4 พบว่าใน
ช่วงแรกมีการเกิดสนิมขึ้นในตัวอย่างที่ไม่มีการทาสารยับยั้งการเกิดสนิม และตัวอย่างที่มีการ
ทาสารยับยั้งการเกิดสนิมตามปริมาณที่แนะนำของผู้ผลิต แต่ตัวอย่างที่ทาสารยับยั้งปริมาณ 2
เท่าของคำแนะนำ สามารถยับยั้งการเกิดสนิมได้ ดังแสดงในรูปที่ 8

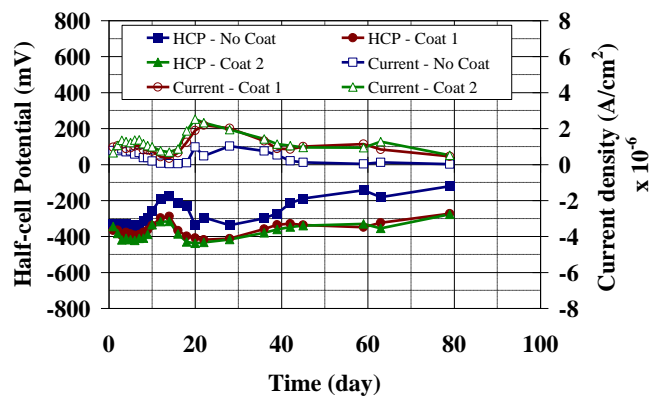
ในกรณีของชั้นตัวอย่างที่มีการผสมคลอไรด์ร้อยละ 0.8 พบว่าในช่วงแรกชั้น
ตัวอย่างมีการเกิดสนิมในทุกชั้นตัวอย่าง และสารยับยั้งการเกิดสนิมชนิดทาที่ผิวไม่สามารถ
ยับยั้งการเกิดสนิมได้ ดังแสดงในรูปที่ 9 อย่างไรก็ตาม การเกิดสนิมมีแนวโน้มลดลงตาม
ระยะเวลาที่ทดสอบ ซึ่งอาจเกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์เอง หรือเกิดจากการแทรกซึม
ของสารยับยั้งการเกิดสนิมจากผิวคอนกรีตจนไปถึงผิวเหล็กเสริมต้องใช้เวลา จึงจะเห็น
ประสิทธิภาพของสารยับยั้งการเกิดสนิมได้



รูปที่ 7 ผลการทดสอบสารยับยั้งการเกิดสนิมประเภททาที่ผิวคอนกรีตปริมาณต่างๆ กัน ในชั้นตัวอย่าง W/B เท่ากับ 0.5 ที่ขังสารละลายคลอไรด์



รูปที่ 8 ผลการทดสอบสารยับยั้งการเกิดสนิมประเภททาที่ผิวปริมาณต่างๆ กัน ในชั้นตัวอย่าง W/B เท่ากับ 0.6 ที่ผสมคลอไรด์เริ่มต้นร้อยละ 0.4



รูปที่ 9 ผลการทดสอบสารยับยั้งการเกิดสนิมประเภททาที่ผิวปริมาณต่างๆ กัน ในชั้นตัวอย่าง W/B เท่ากับ 0.6 ที่ผสมคลอไรด์เริ่มต้นร้อยละ 0.8

4. สรุปผลการวิจัย

- สารยับยั้งชนิดผสมเพิ่ม มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสนิมทั้งคลอไรด์ที่มาจากภายใน และคลอไรด์จากภายนอก
- ประสิทธิภาพของสารยับยั้งชนิดผสมเพิ่ม ขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้งาน สัดส่วนผสมคอนกรีต และปริมาณคลอไรด์ในคอนกรีต อย่างไรก็ตาม ปริมาณคลอไรด์ที่สามารถใช้งานสารยับยั้งการเกิดสนิมได้อย่างมีประสิทธิภาพอยู่ระหว่างร้อยละ 0.4 ถึง 0.8 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน โดยขึ้นอยู่กับอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน
- สารยับยั้งชนิดทาที่ผิวคอนกรีตไม่เหมาะสมสำหรับโครงสร้างใหม่ ที่ไม่มีการปนเปื้อนของคลอไรด์ เพราะมีแนวโน้มในการเร่งการเกิดสนิมของเหล็กเสริม แต่สามารถยับยั้งการเกิดสนิมในกรณีโครงสร้างมีการปนเปื้อนของคลอไรด์ โดยประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับปริมาณคลอไรด์ และอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสาน
- ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพของสารยับยั้งการเกิดสนิมประเภทอื่นๆ ที่นิยมใช้กันในประเทศไทยเพิ่มเติม

เอกสารอ้างอิง

- [1] Sancharoen, P., Tsai, S.H., W., Tangmitpracha, J., and Tangtermsirikul, S., 2009, APPLICATION OF HALF-CELL POTENTIAL MEASUREMENT TO INSPECT CORROSION OF REINFORCING STEEL, Proceedings of the 14th national conference in civil engineering of engineering institute of Thailand, Suranaree University of Technology, Thailand, pp.1837-1841.
- [2] Chansuriyasak, K., Wanichlamlert, C., Sancharoen, P., Kongprawechon, W., and Tangtermsirikul, S., 2009, Comparison between half-cell potential measurements of concrete exposed to carbon dioxide and chloride environment, Proceedings of the fifth annual concrete conference of Thai Concrete Association, Nakhon Ratchasima, Thailand.

- [3] Prarom, P., Wanaratwijit, P., Sancharoen, P., Pansuk, W., and Tangtermsirikul, S.,
Effect of chloride content and mix proportion on effectiveness of corrosion inhibitor to
prevent corrosion of reinforcing steel, Proceedings of the 15th national conference in
civil engineering of engineering institute of Thailand, Ubonratchathani, Thailand, 2010.