

สารยับยั้งการเกิดสนิมของเหล็กเสริม (Corrosion Inhibitor)

ดร.ภักดิ์วัฒน์ แส่นเจริญ

ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีการก่อสร้างและบำรุงรักษา

สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธรมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

เป็นที่ทราบกันดีว่าการเกิดสนิมของเหล็กเสริมใน โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายทั้งรอยแตกร้าว คราบน้ำสนิม การหลุดร่อนของ คอนกรีต รวมไปถึงการพังทลายของโครงสร้าง ซึ่งสาเหตุหลักของการเกิดสนิมใน โครงสร้าง คอนกรีตเสริมเหล็กที่มักพบในประเทศไทยได้แก่ การเกิดสนิมเนื่องจากคลอไรด์โดยเฉพาะ โครงสร้างที่ตั้งอยู่ใกล้ทะเล ซึ่งมีโอกาสสัมผัสกับน้ำทะเลโดยตรง สัมผัสกับไอทะเล หรือ แม้แต่อาจมีการปนเปื้อนของคลอไรด์ในวัสดุผสมคอนกรีตตั้งแต่ช่วงการก่อสร้าง เช่นน้ำกร่อย หรือทรายทะเล เป็นต้น อีกหนึ่งสาเหตุของการเกิดสนิมในประเทศไทยได้แก่ การเกิดสนิม เนื่องจากกระบวนการเกิดคาร์บอนเนชั่น ซึ่งสามารถพบได้ใน โครงสร้างที่อยู่ในเขตเมืองซึ่งมี ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศอยู่ในระดับสูง

ความเสียหายที่มักพบเนื่องจากสาเหตุการเกิดสนิมได้แก่ คราบน้ำสนิมบนผิว คอนกรีต รอยแตกร้าวเนื่องจากการขยายตัวของสนิมเหล็ก การระเบิดออกของผิวคอนกรีต ซึ่ง หากไม่มีการซ่อมแซม โครงสร้างดังกล่าวอย่างถูกต้องเหมาะสม อาจนำไปสู่การพังทลายของ โครงสร้างได้ โดยวิธีการป้องกัน และการซ่อมแซมโครงสร้างที่เสียหายเนื่องจากการเกิดสนิมมี อยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่นการป้องกันด้วยวิธีการทาเคลือบผิวคอนกรีต การซ่อมแซมด้วยวิธี

กะเทาะคอนกรีตที่ปนเปื้อนคลอไรด์ออก แล้วปะคอนกรีตใหม่เข้าไปแทนที่ หรือการซ่อมแซม และป้องกันด้วยวิธีทางไฟฟ้าเคมี ซึ่งวิธีต่างๆ มีความยุ่งยากในระดับหนึ่งในการดำเนินการ ป้องกัน และซ่อมแซม โดยในบทความฉบับนี้จะขอแนะนำเสนอถึงวิธีการป้องกัน และซ่อมแซม การเกิดสนิมอีกวิธีหนึ่งได้แก่ การใช้สารยับยั้งการเกิดสนิม ซึ่งมีความสะดวกในการดำเนินการ และอาจใช้ควบคู่ไปกับวิธีการป้องกันและซ่อมแซมอื่นๆ ได้ เพื่อให้ระบบการป้องกันและ ซ่อมแซมมีความประสิทธิภาพ และมีความคงทนมากยิ่งขึ้น

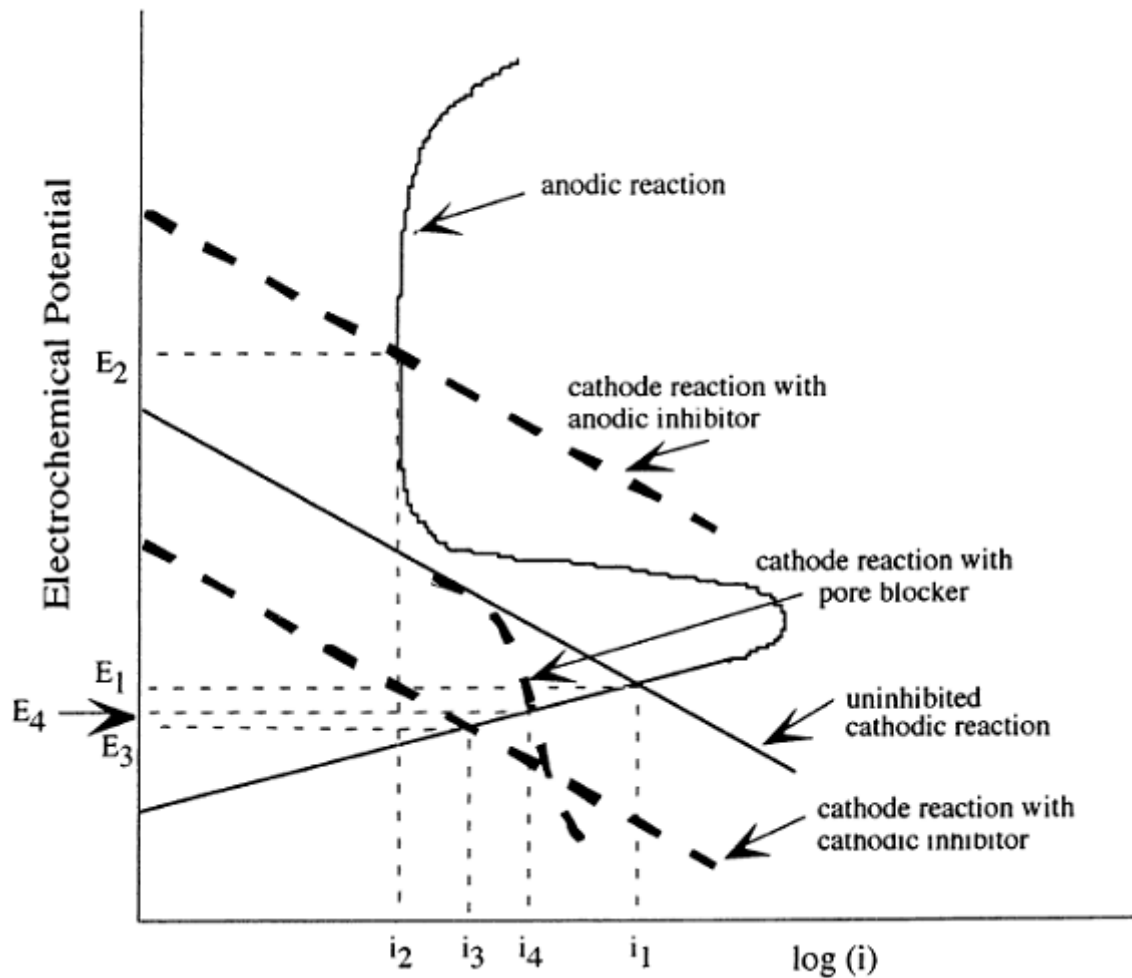
สารยับยั้งการเกิดสนิม หรือ Corrosion Inhibitor เป็นสารผสมเพิ่มในคอนกรีต หรือ สารทาผิวคอนกรีตประเภทหนึ่งที่สามารถลดอัตราการเกิดสนิม หรือแม้กระทั่งสามารถยับยั้ง การเกิดสนิมของเหล็กเสริมใน โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งสารผสมเพิ่มประเภทนี้มี คุณสมบัติพิเศษได้แก่

- เพิ่มความต้านทานต่อการถูกทำลายเนื่องจากคลอไรด์ไอออน หรือคาร์บอนชั้นของพาสซีฟฟิล์ม ซึ่งเป็นชั้นฟิล์มที่ป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กเสริม และ/หรือ
- สร้างชั้นฟิล์มพิเศษป้องกันเหล็กเสริมจากการเกิดสนิม และ/หรือ
- ยับยั้งการซึมผ่านของคลอไรด์ไอออน หรือก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ และ/หรือ
- เพิ่มความสามารถในการยึดจับคลอไรด์ของคอนกรีต และ/หรือ
- ลดปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในสารละลายภายในช่องว่างของคอนกรีต และ/หรือ
- ยับยั้งการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนผ่านช่องว่างภายในคอนกรีต

ในอดีตที่ผ่านมา มีการศึกษาวิจัยและพัฒนาสารเคมีขึ้นมาหลายชนิดเพื่อใช้ในการยับยั้งการเกิดสนิมของเหล็กเสริม โดยมีทั้งประเภทที่เป็นสารผสมเพิ่มในคอนกรีตโดยตรง และ สารประเภททาเคลือบผิวซึ่งจะซึมเข้าไปในเนื้อคอนกรีตในภายหลัง และเนื่องจากกระบวนการเกิดสนิมของเหล็กเสริมเป็นกระบวนการทางไฟฟ้าเคมี ดังนั้นประเภทของสารยับยั้งการเกิดสนิมจึงสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆตามคุณสมบัติในการยับยั้งการเกิดสนิมตามทฤษฎีไฟฟ้าเคมี ได้แก่

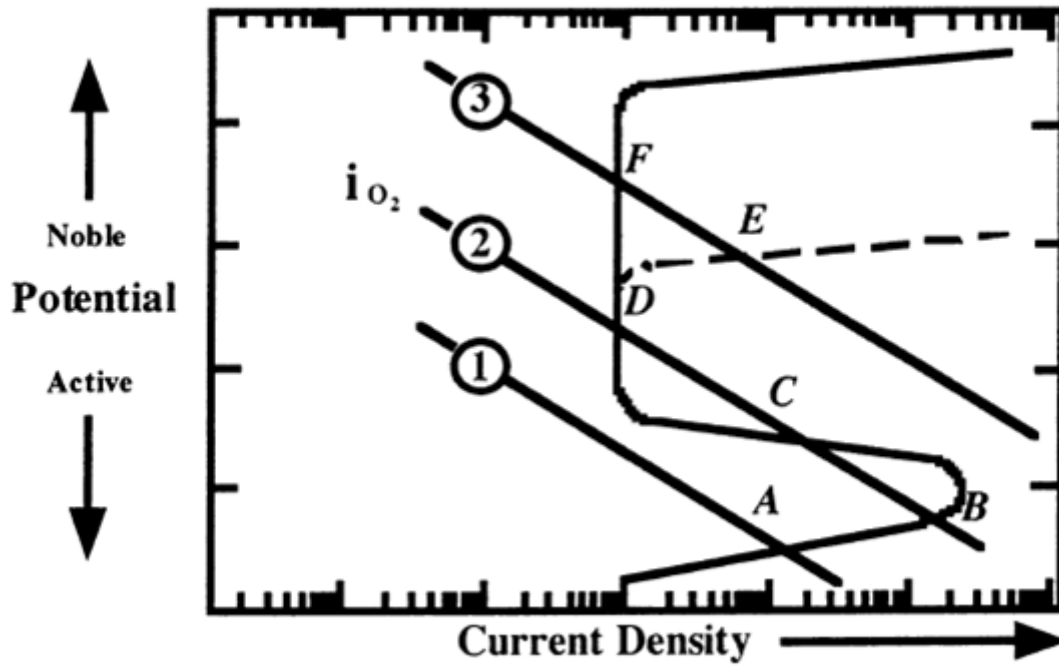
- สารยับยั้งการเกิดสนิมประเภทแอนโนด เป็นสารเคมีที่สามารถยับยั้งกระบวนการเกิดปฏิกิริยาแอนโนดของกระบวนการไฟฟ้าเคมี หรือไปยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาของโลหะ โดยสารเคมีในกลุ่มนี้มักมีองค์ประกอบของ โครเมต หรือไนไตรท์
- สารยับยั้งการเกิดสนิมประเภทแคโทด เป็นสารเคมีที่สามารถยับยั้งกระบวนการเกิดปฏิกิริยาแคโทดของกระบวนการไฟฟ้าเคมี โดยทำปฏิกิริยากับไอออนซึ่งละลายอยู่ในสารละลายก่อนให้เกิดฟิล์มของเกลือซึ่งละลายน้ำได้น้อยลง สารเคมีในกลุ่มนี้ได้แก่ สารเคมีที่มีองค์ประกอบของคาร์บอเนต ฟอสเฟต ซิลิเกต โพลีฟอสเฟต เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสนิมของสารในกลุ่มนี้จะต่ำกว่าประเภทแอนโนด ดังนั้นจึงต้องมีการใช้ในปริมาณที่สูง
- สารยับยั้งการเกิดสนิมประเภทผสมทั้งแอนโนด และแคโทด เป็นสารเคมีที่รวมคุณสมบัติทั้งในการยับยั้งกระบวนการเกิดปฏิกิริยาแคโทด และแอนโนดไปพร้อมกัน โดยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาของโลหะ และขณะเดียวกันก็ไปทำปฏิกิริยากับไอออนในสารละลายที่ทำให้เกิดสนิม สารเคมีในกลุ่มนี้ เช่น สารกลุ่มเอมาอีน เป็นต้น

ผลของสารยับยั้งการเกิดสนิมประเภทต่างๆ ต่ออัตราการเกิดสนิมแสดงในรูปที่ 1 โดยจะเห็นได้ว่าในกรณีที่ไม่มีการใช้สารยับยั้งการเกิดสนิม จะมีอัตราการเกิดสนิมในอัตราที่สูงที่สุด (i_1) และเมื่อมีการใช้สารยับยั้งการเกิดสนิมประเภทต่างๆ อัตราการเกิดสนิมจะลดลง (i_2, i_3, i_4) เนื่องจากผลของสารยับยั้งการเกิดสนิมต่อปฏิกิริยาแอนโนด หรือแคโทด แล้วแต่ชนิดของสารยับยั้งการเกิดสนิมแต่ละประเภท



รูปที่ 1 - ผลของสารยับยั้งการเกิดสนิมประเภทแอโนด และแคโทดต่ออัตราการเกิดสนิม

ในอดีตที่ผ่านมาสารยับยั้งการเกิดสนิมประเภทไนเตรตได้รับความนิยม และมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา เนื่องจากมีประสิทธิภาพดี แต่อย่างไรก็ตามยังมีความกังวลเกี่ยวกับข้อจำกัดของสารยับยั้งการเกิดสนิมประเภทนี้ โดยหากมีการใช้ปริมาณสารยับยั้งประเภทนี้อยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสม หรือไม่เพียงพอ อาจเป็นการเพิ่มอัตราการเกิดสนิมได้ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 - ผลของปริมาณสารยับยั้งการเกิดสนิมต่ออัตราการเกิดสนิม (1) ไม่มีสารยับยั้งการเกิดสนิม (2) ใช้สารยับยั้งการเกิดสนิมในปริมาณที่ไม่เพียงพอ (3) ใช้สารยับยั้งการเกิดสนิมในปริมาณที่เหมาะสม

จากปัญหาดังกล่าว ปัจจุบันจึงได้มีการคิดค้น พัฒนาสารยับยั้งการเกิดสนิมประเภทใหม่ๆ ขึ้นมา เพื่อลดปัญหาดังกล่าว โดยสารประเภทใหม่ๆ จะสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาทั้งแอโนด และแคโทดไปในคราวเดียวกัน โดยจะมีการป้องกันการถูกทำลายของฟิล์มที่ปกป้องเหล็กเสริมจากการเป็นสนิม และสร้างชั้นป้องกันการซึมผ่านของน้ำ หรือออกซิเจนไปพร้อมๆ กัน แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพ และความเชื่อมั่นต่อความสามารถในการยับยั้งการเกิดสนิมในระยะยาวของสารยับยั้งการเกิดสนิมยังเป็นปัญหาที่ต้องการงานศึกษาวิจัยต่อไปในอนาคต นอกจากนี้การใช้งานสารยับยั้งการเกิดสนิมอาจมีผลกระทบต่อคุณสมบัติอื่นๆ ของคอนกรีตอีก

ด้วย เช่นระยะเวลาการแข็งตัว กำลังอัดของคอนกรีต เป็นต้น ดังที่ได้สรุปไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สารยับยั้งอัตราการเกิดสนิม และผลกระทบต่อคุณสมบัติอื่นๆ ของคอนกรีต

Inhibitor	Corrosion resistance against chlorides	Comments	Reference
Sodium nitrite	Improved	Reduced compressive strength	Craig and Wood 1970 (7)
Sodium benzoate	Unchanged	Inexpensive Reduced compressive strength	Bhaskara Rao et al. 1988 (8) Craig and Wood 1970 (7)
Potassium chromate	Unchanged	Reduced compressive strength	Craig and Wood 1970 (7)
Stannous chloride	Conflicting results	Insufficient solubility Increased compressive strength	Hope and Ip 1987 (1) Berke 1991 (9)
Na ₂ PO ₃ F	Improved	Relatively expensive	Arber and Vivian 1961 (10)
OCIA*	Improved	— <10% strength reduction	Andrade et al. 1992 (11) Nmai et al. 1992 (12)
GPH†	Improved	—	Monticelli et al. 1992 (13)
Calcium nitrite	Improved	Increased compressive strength Can act as an accelerator Slight increase in shrinkage	Tomosawa et al. 1990 (14) Berke and Rosenberg, 1989 (15) Hope and Ip 1987 (1) Andrade et al. 1986 (16)

* Organic corrosion inhibiting admixture: mixture of amines and esters in a water medium.

† Disodium β-glycerophosphate.

จะเห็นได้ว่ามีสารยับยั้งการเกิดสนิม ณ ปัจจุบันให้เลือกมากมายหลายชนิดในตลาด ผู้ใช้งานควรมีความเข้าใจถึงชนิด และประเภทของผลิตภัณฑ์ และผลกระทบที่จะมีต่อระยะเวลาการเกิดสนิม อัตราการเกิดสนิมทั้งในระยะสั้น และระยะยาว รวมทั้งผลที่อาจจะมีต่อคุณสมบัติอื่นๆ ของคอนกรีต หากผู้ใช้งานสามารถเลือกผลิตภัณฑ์ได้เหมาะสมต่อลักษณะการใช้งาน และ

สภาพแวดล้อมของโครงสร้าง จะก่อให้เกิดความเสียดก และความคงทนในการป้องกันและซ่อมแซมโครงสร้างได้

Inhibitor	Corrosion resistance against chlorides	Comments	Reference
Sodium nitrite	Improved	Reduced compressive strength	Craig and Wood 1970 (7)
Sodium benzoate	Unchanged	Inexpensive	Bhaskara Rao et al. 1988 (8)
		Reduced compressive strength	Craig and Wood 1970 (7)
Potassium chromate	Unchanged	Reduced compressive strength	Craig and Wood 1970 (7)
Stannous chloride	Conflicting results	Insufficient solubility	Hope and Ip 1987 (1)
		Increased compressive strength	Berke 1991 (9)
Na ₂ PO ₃ F	Improved	Relatively expensive	Arber and Vivian 1961 (10)
		—	Andrade et al. 1992 (11)
OCIA*	Improved	<10% strength reduction	Nmai et al. 1992 (12)
GPH†	Improved	—	Monticelli et al. 1992 (13)
Calcium nitrite	Improved	Increased compressive strength	Tomosawa et al. 1990 (14)
		Can act as an accelerator	Berke and Rosenberg, 1989 (15)
		Slight increase in shrinkage	Hope and Ip 1987 (1)
			Andrade et al. 1986 (16)

วารสารคอนกรีต

TCA e-magazine



บรรณานุกรม

1. Soeda, K., and Ichimura, T., 2003, “Present state of corrosion inhibitors in Japan”, *Cement and Concrete Composites*, Vol. 25, pp.117-122.
2. Hansson, C.M., Mammoliti, L., and Hope, B.B., 1998, “Corrosion inhibitors in Concrete – Part 1: The principles”, *Cement and Concrete Research*, Vol.28, No.12, pp.1775-1781.

สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย

ชั้น 3 อาคารสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 487 รามคำแหง 39 ถ.รามคำแหง แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310
โทรศัพท์ 0-2935-6539 โทรสาร 0-2935-6538 Email : thaitca@gmail.com Homepage : <http://www.thaitca.or.th>