

Self-Cleaning and Pollution Reducing Concrete

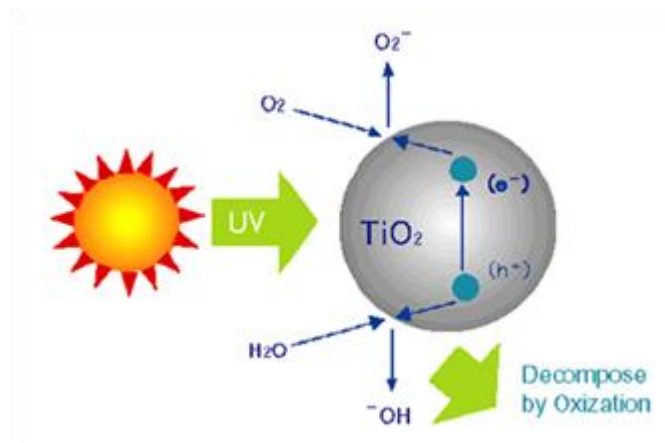
แปลและเรียบเรียงโดย เฉลิมวุฒิ สงวนญาติ

การพัฒนาวัสดุก่อสร้างในปัจจุบันได้ก้าวล้ำด้วยเทคโนโลยีขั้นสูง จนนักวิทยาศาสตร์สามารถทำให้พื้นผิวของวัสดุสามารถทำความสะอาดตัวเอง(Self-cleaning) และลดมลพิษในอากาศ(Pollution reducing) ได้จนสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริง โดยช่วงต้นปี 1990 นักวิจัยของ Italcementi Group ใน Bergamo ประเทศอิตาลี ได้ทดลองผลิตคอนกรีตที่สามารถทำความสะอาดตัวเองได้(Self-cleaning concrete) เพื่อปกป้องพื้นผิวของโครงสร้างตึก อาคารให้ปราศจากความหมองคล้ำจากคราบสิ่งสกปรกและมลพิษในบรรยากาศ ด้วยวิธีการผสมผงสีขาวของไทเทเนียมไดออกไซด์(Titanium dioxide, TiO_2) เข้าไปในส่วนผสมของปูนซีเมนต์เพื่อนำไปผสมเป็นคอนกรีต เมื่ออนุภาค TiO_2 ดูดซับ(Absorb) แสงอัลตราไวโอเลต(Ultraviolet) จะเปลี่ยนสภาพเป็น TiO_2 ที่ว่องไวในการทำปฏิกิริยา(Highly active) และมีความสามารถในการย่อยสลายมลพิษในอากาศที่สัมผัสกับพื้นผิวของคอนกรีต ทำให้คอนกรีตสามารถทำความสะอาดพื้นผิวได้เองและลดมลพิษในอากาศได้

กลไกการทำความสะอาดตัวเองและการลดมลพิษในอากาศทำงานอย่างไร

การที่วัสดุสามารถในการทำความสะอาดตัวเองได้นั้น จำเป็นต้องอาศัยหลักการของปฏิกิริยาโฟโตคะตาไลซิส(Photocatalysis) ของสารที่สามารถถูกกระตุ้นได้ง่ายด้วย

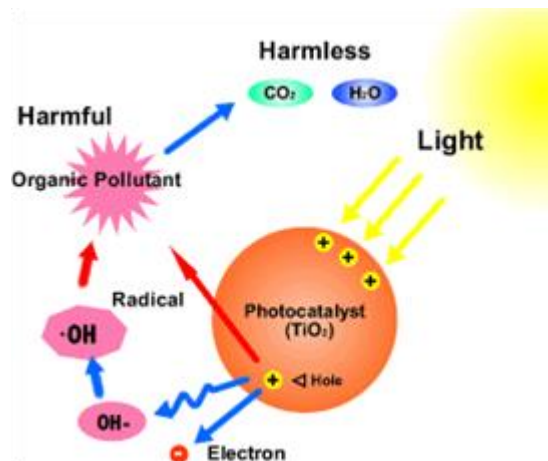
แสง Ultraviolet นักวิจัยพบว่า TiO_2 ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น เป็น Pigment สีขาวในอุตสาหกรรมสี พลาสติก และเครื่องสำอาง และจัดเป็นสารกึ่งตัวนำที่มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยามากเมื่อสัมผัสกับแสง Ultraviolet เนื่องจากแสง Ultraviolet จะไปกระตุ้นให้ TiO_2 สร้าง negative electron(e^-) และ positive-hole(h^+) โดยที่ negative electron(e^-) ของ TiO_2 จะสามารถไปทำปฏิกิริยาเพื่อย่อยสลายโมเลกุลของน้ำทำให้ได้ก๊าซไฮโดรเจน (hydrogen gas, H_2) และไฮดรอกซิลเรดิคัล (hydroxyl radical, OH^-) ส่วน positive-hole(h^+) จะไปทำปฏิกิริยากับโมเลกุลออกซิเจน (O_2) แล้วได้ซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (super oxide anion, O_2^-) โดยวงจรของการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวนี้จะดำเนินต่อเนื่องไปเรื่อยๆ เมื่อ TiO_2 ได้รับแสง ดังรูปที่ 1 ผลลัพธ์ของปฏิกิริยา Photocatalysis ที่กระตุ้นให้เกิดสารออกซิไดซิง (strong oxidizing agent) เช่น OH^- , O_2^- นั้น จะสามารถย่อยสลายมลพิษในอากาศทั้งที่เป็นสารอินทรีย์และอนินทรีย์ (organic and inorganic pollutants) ให้เกิดเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำที่ไม่เป็นอันตราย ดังรูปที่ 2



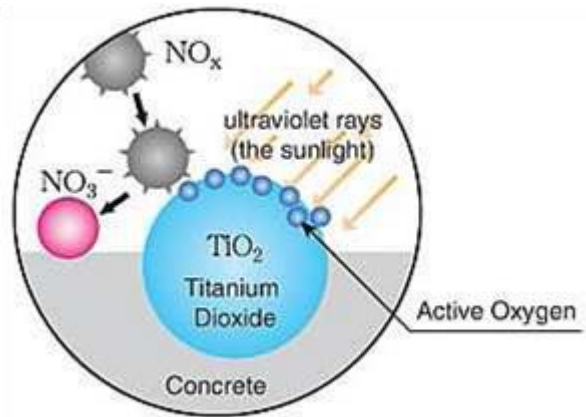
รูปที่ 1 กลไกการเกิดปฏิกิริยา Photocatalysis ของ TiO_2

ดังนั้นเมื่อนำสาร TiO_2 มาผสมในปูนซีเมนต์เพื่อผลิตคอนกรีต ปฏิกริยา Photocatalysis จะช่วยย่อยสลายสาร organic เช่น เขม่า คาร์บอน น้ำมัน เชื้อรา ตะไคร่ สาหร่าย แบคทีเรีย ก๊าซพิษ (ฟอร์มัลดีไฮด์, เบนซีน, คาร์บอนมอนอกไซด์, ไนโตรไดออกไซด์ (NO_x), ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_x)) เป็นต้น ให้กลายเป็นออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ ไนเตรท ซัลเฟตและโมเลกุลอื่นๆ ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อความสกปรกของพื้นผิวและไม่ก่อให้เกิดผลมีพิษต่อสภาพแวดล้อมใน อากาศ สำหรับตัวอย่างกลไกการกำจัด NO_x ให้กลายเป็น ไนเตรท (NO_3) แสดงได้ ในรูปที่ 3

ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ของปฏิกริยา Photocatalysis โดยเฉพาะน้ำ เมื่อเกิดขึ้นบนพื้นผิวจะเคลือบอยู่เต็มพื้นผิว ทำให้เกิดพื้นผิวที่ชอบน้ำ หรือที่เรียกว่า Hydrophilic surface จึงสามารถป้องกันไม่ให้ความชื้นในอากาศรวมตัวเป็นหยดน้ำเกาะบนพื้นผิว ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เกิดการจับตัวของคราบสิ่งสกปรกบนพื้นผิวได้ ดังนั้นเมื่อมีฝนตกหรือใช้การชะล้างแบบเบาๆ พื้นผิวจะสามารถทำความสะอาดได้ง่าย ส่งผลให้โครงสร้างคอนกรีตสามารถสวยงาม สะอาด และดูใหม่ได้ยาวนานขึ้น



รูปที่ 2 กลไกการย่อยสลายมลพิษประเภท Organic ของ TiO_2 [ref:www.tipe.com]



รูปที่ 3 กลไกการการย่อยสลายมลพิษ NO_x ด้วยปฏิกิริยา Photocatalysis ของ TiO₂

[ref:www.concretedecor.net]

คุณสมบัติของ Photocatalytic Cement

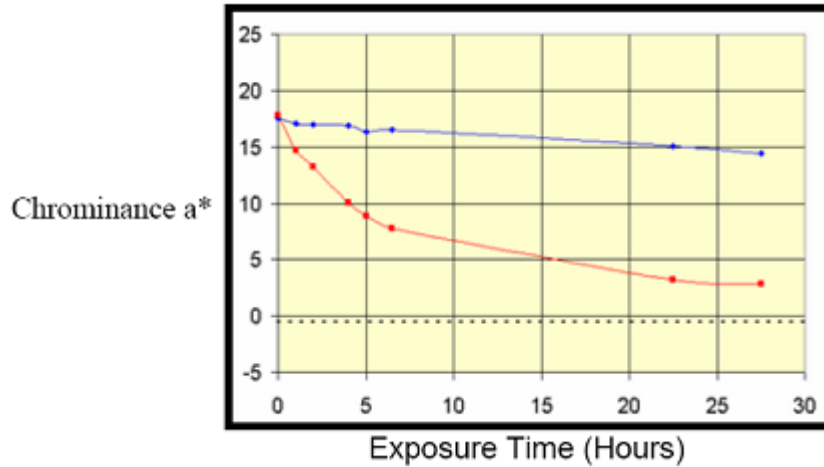
ในปัจจุบันบริษัท Essroc ผู้ผลิตปูนซีเมนต์ชั้นนำในแถบอเมริกาเหนือ และอยู่ในเครือของ Italcementi Group ของอิตาลี ซึ่งมีกำลังการผลิตปูนซีเมนต์ใหญ่เป็นอันดับ 5 ของโลก ได้คิดค้นและผลิตปูนซีเมนต์สำหรับการผลิต Self-cleaning concrete ภายใต้อี่ห้อ TX Active Photocatalytic Cement โดยมีอยู่ 2 เกรด คือ

1. Self-cleaning: มี คุณสมบัติต้านทานมลพิษที่เป็นสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่มาเกาะติดบนพื้นผิว คอนกรีตที่เป็นสาเหตุทำให้สีของคอนกรีตเปลี่ยนแปลง เช่น เขม่าควัน ฝุ่นสกปรก คราบบุหรี่ยา ตะไคร่ สาหร่าย แบคทีเรีย เป็นต้น
2. Self-cleaning and Pollution Reducing: นอกจากจะมีคุณสมบัติทำความสะอาดตัวเองได้แล้ว ยังมีความสามารถในการกำจัดมลพิษในบรรยากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนเราด้วย

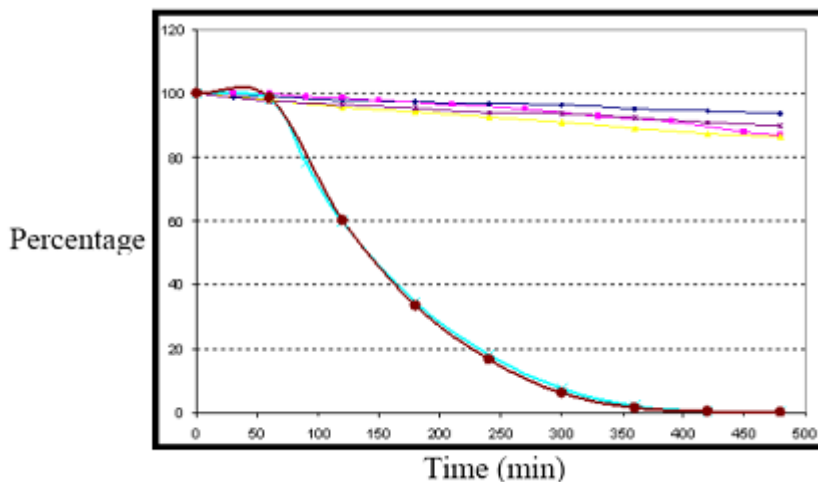
เช่น Nitrogen Oxides(NO_x) , Sulfur Oxides(SO_x) , Ammonia(NH_3) , Carbon Monoxide(CO) เป็นต้น สำหรับการทดสอบคุณสมบัติของ Photocatalytic cement แบ่งการทดสอบเป็น 2 ด้าน ดังนี้

Self Cleaning Test ทดสอบ ด้วยวิธีการวัดค่าความเข้มสีของพื้นผิวคอนกรีตที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา เปรียบเทียบระหว่างคอนกรีตสูตรที่ใช้ปูนซีเมนต์ปกติกับสูตรที่ใช้ Photocatalytic cement โดยนำชิ้นตัวอย่างคอนกรีตที่ทำด้วย Rhodamine dye ไปสัมผัสกับแสง Ultra-violet นาน 24 ชั่วโมง แล้วจึงวัดความเข้มสีที่เวลาต่างๆ ดังผลในรูปที่ 4 ซึ่งจะเห็นว่า คอนกรีตที่ผลิตด้วย Photocatalytic cement(เส้นสีแดง) จะมีความเข้มของแสงสีแดง(Chrominace a*) ลดลงอย่างต่อเนื่องตามเวลา เมื่อเทียบกับคอนกรีตสูตรปกติ(เส้นสีน้ำเงิน) นั้นแสดงว่า สี Rhodamine dye ที่เคลือบอยู่จางลงนั่นเอง

De-Pollution Test เป็นการทดสอบความสามารถในการกำจัดก๊าซ NO_x ใน chamber ที่ทราบปริมาณความเข้มข้นของ NO_x ที่แน่นอน และภายใน chamber จะติดตั้ง UV lamp เพื่อกระตุ้นการทำงานของ Photocatalytic cement แล้วนำชิ้นทดสอบที่ทำมาจากปูนซีเมนต์สูตรปกติกับสูตร Photocatalytic Cement เข้าไปวางใน chamber แล้ววัดปริมาณมลพิษของ NO_x ที่เหลืออยู่ที่เวลาต่างๆ ดังผลในรูปที่ 5 ซึ่งจะเห็นว่า ชิ้นทดสอบที่ทำจาก Photocatalytic cement(เส้นสีน้ำตาลและสีฟ้า) สามารถกำจัดก๊าซ NO_x ที่อยู่ใน chamber ได้ดีกว่าปูนซีเมนต์ปกติ



รูปที่ 4 ผลการทดสอบ Self-Cleaning Test [ref: Essroc, Italcementi Group]



รูปที่ 5 ผลการทดสอบ De-Pollution Test [ref: Essroc, Italcementi Group]

การนำไปประยุกต์ในงานของ Photocatalysis

ปัจจุบันในยุโรปและญี่ปุ่นมีการนำเทคโนโลยี Photocatalysis ของ TiO_2 ไปใช้แล้วเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะยุโรปถือว่าเป็นแห่งแรกที่มีการนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้งาน เช่น โบสถ์ Jubilee Church ในกรุงโรม ดังรูปที่ 6 สร้างเสร็จเมื่อปี 2003 โดยเป็น โครงสร้างที่

วารสารคอนกรีต TCA e-magazine



ประกอบด้วย Precast จำนวน 256 ชิ้น และ Post-tensioned concrete ที่ใช้ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์สีขาว(White Portland Cement) ที่มีการใส่สาร Photocatalytic ซึ่งผลิตจาก Italcementi Group และใช้หินอ่อนเป็น aggregate เพื่อให้ได้โครงสร้างที่มีสีขาวสดใส โดยคาดหมายว่า โครงสร้างนี้จะคงความสวยงาม สะอาด และดูใหม่เป็นเวลานานถึง 1,000 ปี



รูปที่ 6 โบสถ์ Jubilee ในกรุงโรมที่สร้างด้วยเทคโนโลยี Photocatalysis [ref:www.essroc.com]

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>

วารสารคอนกรีต TCA e-magazine



ในญี่ปุ่นโดยบริษัท Mitsubishi ได้มีการนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ผลิตเป็น Concrete Paver ภายใต้ชื่อยี่ห้อ Noxer ดังรูปที่ 7 ที่สามารถทำความสะอาดตัวเองได้และยังมีจุดประสงค์เพื่อลดมลพิษในอากาศ จากผลการศึกษาพบว่า Photocatalytic paver สามารถลดปริมาณ NO_x ที่ปล่อยจากรถยนต์ที่วิ่งบนท้องถนนได้ถึง 15% ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าการปลูกต้นไม้ไว้ 2 ข้างทางของถนนเสียอีก และถ้าท้องถนน ทางเดินเท้า และพื้นผิวด้านนอกของโครงสร้างอาคารนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้แล้ว คุณภาพของอากาศโดยรวมจะดีขึ้นถึง 80% นอกจากนี้บริษัท Toto ยังนำไปใช้กับกระเบื้องเซรามิก เพื่อให้ได้กระเบื้องที่สามารถทำความสะอาดตัวเองได้



รูปที่ 7 Concrete paver ในญี่ปุ่นที่สร้างด้วย

เทคโนโลยี Photocatalysis[ref:www.concretdecor.net]

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>

วารสารคอนกรีต

TCA e-magazine



เอกสารอ้างอิง:

1. www.tipe.com
2. www.concretedecor.net
3. Product data sheet, TA Active Photocatalytic cement ,Essroc, Italcementi Group
4. www.essroc.com

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>