

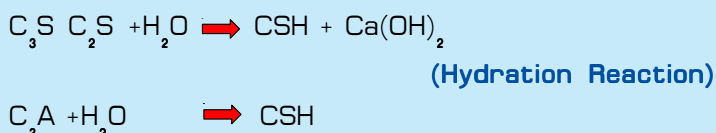
คอนกรีตทนซัลเฟตชนิด

CPAC Sulphate Resisting Concrete

โครงสร้างคอนกรีตทั่วไปที่ต้องสัมผัสกับสภาพแวดล้อมที่มีสารซัลเฟต เช่น ในดินหรือน้ำใต้ดินน้ำเสียจากบ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม หรือจากโรงงานผลิตสารเคมีบางประเภท จะเกิดปัญหาการผุกร่อน พองตัว และแตกร้าวอย่างรุนแรง ทำให้โครงสร้างไม่สามารถใช้งานตามที่ออกแบบไว้ได้ ดังนั้นการเลือกใช้คอนกรีตที่สามารถทนทานต่อความเสียหายจากซัลเฟตได้จึงเป็นสิ่งสำคัญมากที่ต้องพิจารณาเป็นลำดับแรกสำหรับโครงสร้างดังกล่าว

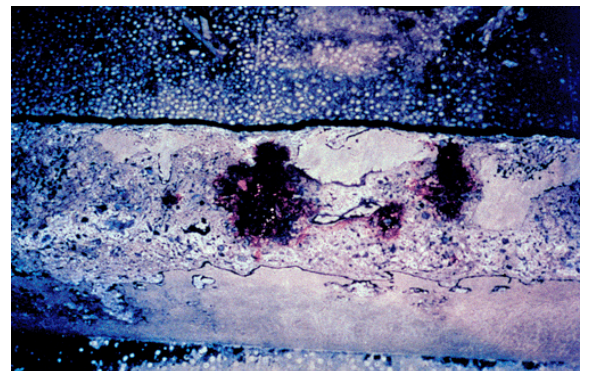
ซัลเฟตทำลายคอนกรีตได้อย่างไร

ปฏิกิริยาไฮเดรชันของ ไตรแคลเซียมซิลิเกต (C_3S) ไดคัลเซียมซิลิเกต (C_2S) และไตรแคลเซียมอลูมิเนต (C_3A) ในน้ำปูนซีเมนต์กับน้ำจะก่อให้เกิดสารประกอบแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) แคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต (CAH) และแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (CSH) ดังสมการ



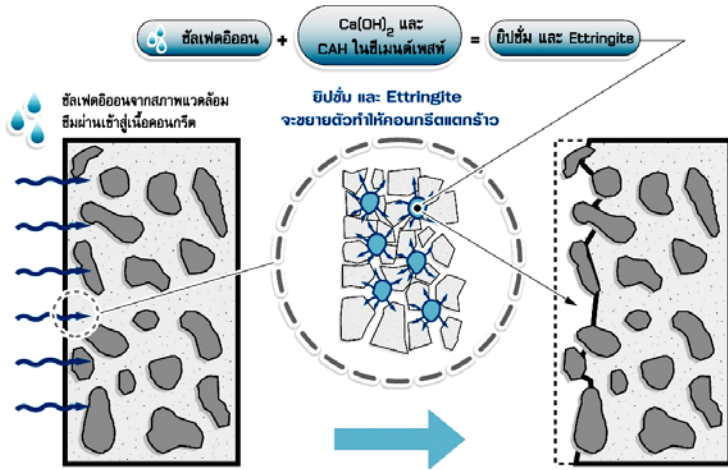
กระบวนการกัดกร่อนของซัลเฟตจะเริ่มจากซัลเฟตอิออนของโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) และ แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) แพร่กระจายเข้าไปในโพรงคอนกรีตแล้วทำปฏิกิริยากับสารประกอบ $Ca(OH)_2$ และ CAH ที่เหลือจากปฏิกิริยาไฮเดรชันเกิดเป็นยิปซัมและคัลเซียมซัลโฟลูมิเนต Ettringite

สารประกอบยิปซัมและ Ettringite ที่เกิดขึ้นนี้จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจากเดิมกว่า 2 เท่า ทำให้เกิดการขยายตัวของซีเมนต์เพสต์ที่จนแตกร้าว ซึ่งเป็นสาเหตุให้น้ำและความชื้นสามารถซึมผ่านรอยแตกเหล่านี้เข้าทำลายเหล็กเสริมทำให้เหล็กเสริมเกิดสนิม และพองตัวดันให้คอนกรีตแตกร้าวมากยิ่งขึ้น จนสูญเสียความสามารถในการรับกำลังในที่สุด และสิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งสำหรับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กคือพื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริมจะลดลงด้วย นอกจากนั้นปฏิกิริยาของ $MgSO_4$ ยังก่อให้เกิดการสลายตัวของ CSH ทำให้ความสามารถในการรับกำลังของคอนกรีตลดลงอีกด้วย



โครงสร้างคอนกรีตที่เสียหายจากการกัดกร่อนของซัลเฟต

Sulphate Deterioration Process



ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการกัดกร่อน

อัตราการเสียหายของคอนกรีตจากซัลเฟตจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

- ปริมาณรวมของ CAH และ $Ca(OH)_2$ ในคอนกรีต ยิ่งปริมาณรวมของ CAH และ $Ca(OH)_2$ ในคอนกรีตมีมากเท่าใด อัตราการเสียหายจะมากขึ้นเท่านั้น
- อัตราส่วนน้ำต่อตัวเชื่อมประสาน และปริมาณซีเมนต์ การซึมผ่านของซัลเฟตไอออนจะลดลง ถ้าคอนกรีตมีอัตราส่วนน้ำต่อตัวเชื่อมประสานที่ต่ำและมีปริมาณซีเมนต์ที่เหมาะสม

ความรุนแรงของปริมาณซัลเฟต

เกณฑ์การพิจารณาระดับความรุนแรงของปริมาณซัลเฟตจากสภาพแวดล้อม อ้างอิงมาตรฐาน ACI Committee 201: Guide for Durable Concrete

ระดับความรุนแรงของซัลเฟต	ซัลเฟตในสภาพแวดล้อม (ppm)
เบาบาง	0 - 150
ปานกลาง	150 - 1,500
รุนแรง	1500 - 10,000
รุนแรงมาก	> 10,000

คุณสมบัติที่เหนือกว่าคอนกรีตทั่วไป

จากการวิจัยเกี่ยวกับความเสียหายที่เกิดจากซัลเฟตในคอนกรีตของทีมีวิศวกรผู้เชี่ยวชาญของซีแพคอย่างต่อเนื่อง โดยนำปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการกัดกร่อนมาพิจารณาอย่างละเอียด ทำให้ซีแพคสามารถพัฒนาส่วนผสมคอนกรีตที่มีความสามารถในการต้านทานความเสียหายจากซัลเฟตได้สูงสุด และเหมาะกับการใช้งานในประเทศ

CPAC Sulphate Resisting Concrete คือ คอนกรีตพิเศษที่ซีแพควิจัยและพัฒนาขึ้นเพื่อให้มีความสามารถในการต้านทานความเสียหายจากซัลเฟตสูงสุด ด้วยหลักการลดปริมาณรวมของ CAH และ $Ca(OH)_2$ ที่เป็นสาเหตุหลักของความเสียหาย ด้วยการออกแบบส่วนผสมจากทีมีวิศวกรผู้เชี่ยวชาญของซีแพค ทำให้มีอัตราส่วนน้ำต่อตัวเชื่อมประสาน (W/B) ที่ต่ำที่สุด โดยการปรับปริมาณซีเมนต์และวัสดุปอซโซลานที่เหมาะสมในส่วนผสมคอนกรีต ซึ่งนับเป็นวิธีการแก้ปัญหาความเสียหายจากซัลเฟตที่ต้นเหตุอย่างแท้จริง

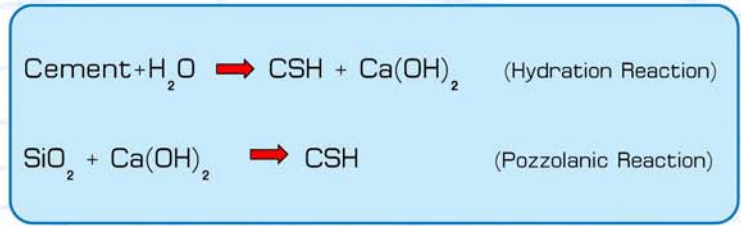


การตรวจวัดการขยายตัวของก้อนตัวอย่างที่แช่ในสารละลายซัลเฟต

ขั้นตอนทำให้คอนกรีตทนซัลเฟตได้อย่างไร

ในการออกแบบส่วนผสมให้มีความทนทานต่อซัลเฟตนั้น วัสดุปอซโซลาน (Pozzolanic Materials) ถือเป็นหัวใจสำคัญที่ทำให้ CPAC Sulphate Resisting Concrete ทนทานต่อการกัดกร่อนของซัลเฟตได้อย่างมีประสิทธิภาพโดย

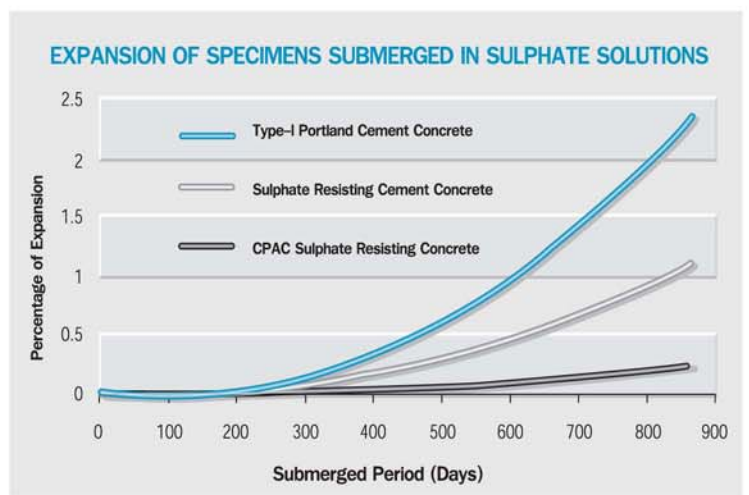
1. การผสมวัสดุปอซโซลานในคอนกรีต จะส่งผลให้ปริมาณ C_3A รวมในคอนกรีตลดลง ซึ่งทำให้ CAH ลดลงด้วย ทำให้สารประกอบยิปซัม และ Ettringite เกิดน้อยลง อัตราการขยายตัวและการแตกร้าวจึงลดลงด้วย
2. ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ในวัสดุปอซโซลาน จะทำให้ปฏิกิริยาปอซโซลานกับ $Ca(OH)_2$ ที่เหลือจากปฏิกิริยาไฮเดรชันทำให้ $Ca(OH)_2$ ในคอนกรีตลดลง นั่นก็คือเป็นการลดสารประกอบต้นเหตุในการขยายตัวของซีเมนต์ และยังส่งผลให้เกิด CSH เพิ่มขึ้น ประกอบกับการออกแบบส่วนผสมให้มีอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุเชื่อมประสานที่ต่ำที่สุดและมีปริมาณซีเมนต์ในระดับที่เหมาะสม ทำให้คอนกรีตมีเนื้อแน่นขึ้น เนื่องจากโพรงในคอนกรีตลดลง CPAC Sulphate Resisting Concrete จึงสามารถลดการซึมผ่านของซัลเฟตได้ออน และมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนของซัลเฟตได้มากกว่าคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภททนซัลเฟต



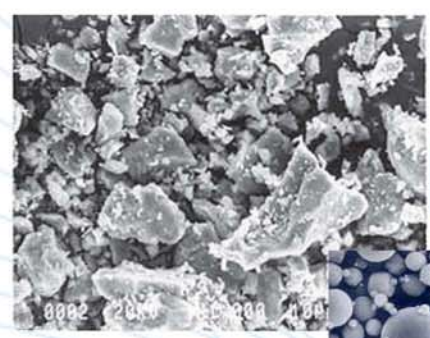
ยืนยันความมั่นใจด้วยผลทดสอบ

ด้วยผลการทดสอบโดยสถาบันกลางเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการต้านทานความเสียหายจากการขยายตัวเมื่อแช่ก้อนตัวอย่างในซัลเฟตเข้มข้นระหว่าง CPAC Sulphate Resisting Concrete กับคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์

ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 และประเภททนซัลเฟต เป็นระยะเวลา นานมากกว่า 2 ปี จนเป็นที่มั่นใจได้ว่า CPAC Sulphate Resisting Concrete สามารถต้านทานความเสียหายจากซัลเฟตได้สูงสุด

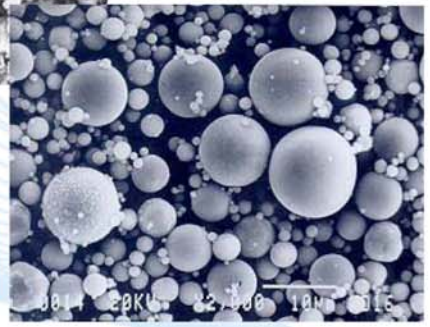


ผลทดสอบเปรียบเทียบความต้านทานการกัดกร่อนจากซัลเฟตระหว่าง CPAC Sulphate Resisting Concrete กับคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 และ ประเภททนซัลเฟต ตามมาตรฐาน ASTM C 1012



อนุภาคซีเมนต์
Cement Particles

อนุภาควัสดุปอซโซลาน
Pozzolan Particles



คุณสมบัติเด่น

1. โครงสร้างคอนกรีตได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้นและทนทานกว่า โดยปริมาณรวมของ CAH และ Ca(OH)_2 ซึ่งเป็นส่วนที่มีอัตราการเสียหายง่ายที่สุดลดลง นอกจากนี้ปริมาณตัวเชื่อมประสาน (CSH) ที่เพิ่มขึ้นจากปฏิกิริยาปอซโซลาน จะทำให้โครงสร้างคอนกรีตได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น ดังนั้น CPAC Sulphate Resisting Concrete จึงมีความแข็งแรงและทนทาน ใช้งานได้ยาวนานกว่าคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภททนซัลเฟต

2. กำลังอัดในระยะยาวสูงกว่าคอนกรีตทั่วไป ปฏิกิริยาปอซโซลานจะเกิดอย่างต่อเนื่อง ทำให้กำลังอัดในระยะยาวของ CPAC Sulphate Resisting Concrete สูงกว่าคอนกรีตทั่วไป

3. เพิ่มความรวดเร็วและความสะดวกในการเท ด้วยอนุภาคที่กลมของปอซโซลาน ทำให้ CPAC Sulphate Resisting Concrete สามารถไหลและแทรกตัวเข้าไปอยู่ระหว่างเหล็กเสริมที่หนาแน่นได้ดี ทำให้การเทและการจี้เขย่าทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพดีขึ้น

การบ่มคอนกรีต

- สำหรับคอนกรีตประเภทนี้ ควรทำการบ่มด้วยการให้ความชื้นกับคอนกรีต โดยใช้กระสอบเปียกชื้นคลุมบ่มหรือการชั่งน้ำอย่างต่อเนื่อง ไม่น้อยกว่า 14 วัน หมั่นทำการฉีดน้ำลงบนกระสอบเพื่อรักษาสภาพความเปียกชื้นอย่างสม่ำเสมอ
- การบ่มด้วยสารเคมี (Curing Compound) โดยการฉีดพ่นที่ผิวคอนกรีต อาจได้ประสิทธิภาพที่แตกต่างจากการบ่มด้วยความชื้น จึงควรให้วิศวกรที่รับผิดชอบเป็นผู้พิจารณาความเหมาะสม



การบ่มด้วยกระสอบ

ข้อแนะนำในการใช้งานคอนกรีตอย่างมีประสิทธิภาพ

การควบคุมคุณภาพคอนกรีตหน้างาน

- ไม่ทำการเพิ่มค่ายุบตัวของคอนกรีต โดยการเติมน้ำเพิ่มลงในคอนกรีตที่หน้างานอีก
- การจี้เขย่าคอนกรีตอย่างถูกต้องไม่ให้เกิดโพรงในคอนกรีต จะทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรงและคงทนเพิ่มขึ้น



การบ่มด้วยวิธีการขังน้ำ