คุณสมบัติต้านทานซัลเฟตของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทต่างๆ

The Sulfate Resisting Property of Various Portland Cements

ว่าที่ร้อยเอกอิทธิพร ศิริสวัสดิ์ (Ittiporn Sirisawat)[1]

สุชาติ ทองรุ่งเรือง (Suchart Thongrungruangchai)[2]

[1]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ [2]นายช่างเทคนิค ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มศว(องครักษ์) e-mail:ittiporn@swu.ac.th

บทคัดย่อ : งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาการเปรียบเทียบคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงอัดเมื่ออยู่ในสภาวะที่ต้องทนต่อการกัดกร่อนของสารซัลเฟต ระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทต่างๆ ได้แก่ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ประเภทที่ 3 ประเภทที่ 5 และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน โดยอัตราส่วนผสมเลือกใช้กรณีส่วนผสมคอนกรีตกำลังสูงมาก ทำการทดสอบโดยการแช่ก้อนคอนกรีตตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ขนาด 10 เซนติเมตร ในสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 20 ที่อายุ 7 , 28 , 60 และ 90 วัน แล้วนำมาเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่บ่มอากาศเพื่อหาค่ากำลังรับแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทั้ง 4 ประเภท จากผลการทดสอบพบว่าในกรณีที่การบ่มแช่ในสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น ร้อยละ 10 คอนกรีตที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน มีค่าการถดถอยของกำลังรับแรงอัดเท่ากับร้อยละ 12.4 ซึ่งเป็นค่าดัชนีที่มีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์อีก 3 ประเภท และการบ่มแช่สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 คอนกรีตที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ประเภทปอร์ตแลนด์ปอซโซลานไม่มีค่าการถดถอยของกำลังรับแรงอัด โดยมีค่าการถดถอยที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์อีก 3 ประเภท จึงกล่าวได้ว่าคอนกรีตที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลานมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนของสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตได้ดีกว่าคอนกรีตที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ประเภทอื่นๆ

ABSTRACT: This study was carried out to compared the compressive strength properties in the sulfate's corrosive resistance condition between portland cement type 1, 3, 5 and pozzolan Portland cement. Mixed ratio proportions were studied and chosen in the super high strength concrete mixed design. Experimental samples were conducted by the cubic dimensions 10 cm. soaked into magnesium sulfate solution, varied concentration by 10 and 20 percent, and curing time of 7, 28, 60 and 90 days then comparing against control sample which was air cured. Finding the compressive strength of concrete samples, comprise of all 4 types of Portland cement. Test result indicated that in case of soaked into 10% magnesium sulfate concentration, pozzolan Portland cement mixture was decreased 12.4 percent of strength, it was provided the lowest index than other types and in the last case of soaked into 20% magnesium sulfate concentrate, pozzolan Portland cement mixture was none decreased regression of strength, and provided the lowest retreat than others. So that pozzolan Portland cement mixing in concrete was higher magnesium sulfate corrosive resistance than Portland cement type 1, 3, and 5 of concrete mixtures.

KEYWORDS: Portland Cement, Sulfate Resistance

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทยเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วและได้มีการประยุกต์วิธีการก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพสูงมากขึ้น การพัฒนาและการปรับปรุงการก่อสร้างให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมโดยมีเป้าหมายสำคัญ 3 ประการ คือ เพื่อต้องการให้งานก่อสร้างแล้วเสร็จในเวลาอันรวดเร็ว เพื่อให้ต้นทุนโดยรวม อันได้แก่ ต้นทุนค่าวัสดุ แรงงาน เวลา และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ลดลง และเพื่อให้ได้สิ่งก่อสร้างที่มีคุณภาพและมีความคงทนต่อสภาพแวดล้อม ดังนั้นทางเลือกในการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพคอนกรีตซึ่งกำลังได้รับความนิยมมากขึ้น คือ การประยุกต์นำเอาคอนกรีตกำลังสูงมาใช้กับโครงสร้าง เช่น การใช้กับโครงสร้างคอนกรีตสำเร็จรูป งานโครงสร้างอาคารสูง งานโครงสร้างในทะเล เป็นต้น คอนกรีตกำลังสูงมากซึ่งรับกำลังอัดเกินกว่า 600 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จะมีคุณสมบัติในการรับแรงอัดสูง มีความสามารถในการรับแรงดึงและแรงเฉือนได้ดี มีค่าการคืบตัวและหดตัวน้อย มีความทนทานสูงเป็นพิเศษ ถ้าพิจารณาในแง่ของกำลังจะทำให้ลดขนาดของโครงสร้างลงและประหยัดวัสดุพื้นฐานได้ ในแง่ของการก่อสร้างสามารถถอดแบบได้อย่างรวดเร็วเป็นการประหยัดแบบหล่อคอนกรีตและก่อสร้างได้เสร็จรวดเร็ว ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับการทำคอนกรีตกำลังสูง การพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตจะต้องมีการคัดเลือกวัสดุผสมที่มีคุณภาพ และมีการศึกษาสัดส่วนของส่วนผสมมาเป็นอย่างดี ซึ่งมีผลทำให้คอนกรีตมีคุณภาพดีด้วย โดยในบางพื้นที่ เช่น พื้นที่น้ำเค็ม น้ำทะเล น้ำกร่อย และพื้นที่ดินเค็มในบริเวณที่มีสารซัลเฟตและคลอไรด์ในปริมาณสูงโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กของสิ่งก่อสร้างอื่นๆ ในพื้นที่ดังกล่าว จะได้รับอันตรายเนื่องจากต้องสัมผัสกับสารซัลเฟตและคลอไรด์ ทำให้โครงสร้างคอนกรีตโดยทั่วไปอาจได้รับความเสียหายและพังทลายได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตเพื่อพัฒนากำลังอัดของคอนกรีต ให้ได้กำลังสูงและทนต่อการกัดกร่อนของสารซัลเฟต

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตที่มีกำลังสูงมากและทนต่อการกัดกร่อนของซัลเฟต ศึกษาการเปรียบเทียบคุณสมบัติการทนต่อการกัดกร่อนของซัลเฟตระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ประเภทที่ 3 ประเภทที่ 5 และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน (ทนน้ำเค็ม ดินเค็ม) และเพื่อศึกษาผลกำลังอัดสูงสุดของคอนกรีตที่มีผลกระทบจากค่าความเข้มข้นของสารซัลเฟต

3. ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้ ใช้วัสดุผสมต่าง ๆ ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเชิงกลดังนี้คือ ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ใช้ประเภทที่ 1 ประเภทที่ 3 ประเภทที่ 5 และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน(ทนน้ำเค็ม ดินเค็ม) น้ำใช้ผสมมีความสะอาดไม่มีสารเจือปนได้แก่ น้ำประปา หรือน้ำบริสุทธิ์ สารเคมีผสมเพิ่มใช้ประเภท F ซึ่งเป็นน้ำยาช่วยลดน้ำปริมาณมาก วัสดุปอซโซลานใช้ประเภทวัสดุซิลิก้าฟูม โดยอัตราส่วนผสมจะศึกษาและเลือกใช้จากผลงานวิจัยในอดีตกรณีส่วนผสมคอนกรีตกำลังสูงมาก ทำการทดสอบโดยการแช่ก้อนคอนกรีตตัวอย่างในสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 และ 20 ที่อายุ 7, 28, 60 และ 90 วัน และใช้ตัวอย่างคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์ขนาด 10 เซนติเมตร เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่บ่มในอุณหภูมิปกติ

4. วิธีการเก็บข้อมูล

4.1 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

- ปูนซีเมนต์ ปูนที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ประเภทที่ 3 ประเภทที่ 5 ที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับมาตรฐาน มอก 15 [1] และปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ปอซโซลาน (ทนน้ำเค็ม ดินเค็ม) ที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับมาตรฐาน มอก 849 [1] โดยก่อนนำมาผสมให้นำไปร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 50 (300 ไมครอน) เพื่อคัดแยกปูนซีเมนต์ที่บรรจุในถุงที่มีการอัดแน่นเนื่องจากการเรียงวางซ้อน ให้แยกกระจายตัวออกและเพื่อเพิ่มอัตราในการทำปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ

- ทราย เลือกใช้ทรายเทียบเท่า ที่มีรูปร่างค่อนข้างกลม นำมาร่อนคัดขนาดให้มีขนาดคละเดียวโดยค้างตะแกรงเบอร์ 30 (600 ไมครอน) ร้อยละ 100 โดยมีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.6 และผ่านการล้างน้ำทำความสะอาดอยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง
- หิน เลือกใช้หินปูนขนาด 3/8 นิ้ว จากจังหวัดสระบุรี ร่อนคัดขนาดให้มีขนาดคละที่เหมาะสมตามมาตรฐาน ASTM C-33 [4] มีค่าร้อยละความต้านทานการสึกกร่อนเท่ากับ 16.2 ค่าความถ่วงจำเพาะ 2.7 ค่าโมดูลัสความละเอียด 6.9 และผ่านการล้างน้ำทำความสะอาดและอยู่ในสภาวะอิ่มตัวผิวแห้ง
- น้ำ ใช้น้ำสะอาดทั่วไป ได้แก่น้ำประปาหรือน้ำบริสุทธิ์ที่ไม่มีสิ่งเจือปน ใช้ในการผสมคอนกรีตและใช้ในการล้างวัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ
- ซิลิก้าฟูม เลือกใช้วัสดุปอซโซลานชนิดซิลิกาฟูมของบริษัท คับบลิว อาร์ เกรซ (แห่งประเทศไทย) จำกัด ตัวแทนจำหน่ายนำเข้าจากประเทศสหรัฐอเมริกา มีค่าความถ่วงจำเพาะ 2.22 โดยก่อนนำมาผสมให้นำไปร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 50 เช่นเดียวกับปูนซีเมนต์ เพื่อให้วัสดุกระจายตัวจากการอัดแน่นในถุงที่บรรจุมา
- สารผสมเพิ่ม ใช้สารเคมีผสมเพิ่มชนิดลดน้ำปริมาณมากประเภท F เลือกใช้ยี่ห้อไมตี้ ผลิตและจำหน่ายโดยบริษัท คาโอ คอมเมอเชียล (แห่งประเทศไทย) จำกัด มีค่าความถ่วงจำเพาะ 1.22 ใช้เพื่อรักษาความสามารถในการทำงานได้ของคอนกรีตสด
- สารซัลเฟต ใช้สารแมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) ชนิดผง จากบริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด

4.2 เลือกใช้อัตราส่วนผสมคอนกรีตกำลังสูงมาก

วัสดุ	น้ำหนัก (กก./ลบ.ม.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)
ปูนซีเมนต์	590.0	0.187
น้ำ	118.0	0.118
มวลรวมละเอียด	505.0	0.194
มวลรวมหยาบ	1,200.0	0.453
ซิลิก้าฟูม	82.6	0.039
สารผสมเพิ่มประเภท F	26.9	0.022
น้ำหนักรวม	2,523.0	1.013

4.3 การผสมคอนกรีต

จัดเตรียมวัสดุก่อนการผสม โดยชั่งน้ำหนักวัสดุผสมต่างๆ ที่จัดเตรียมมาในภาชนะบรรจุปิด ตามปริมาณการออกแบบส่วนผสมคอนกรีต กำหนดปริมาตรในการผสมต่อหนึ่งครั้งเท่ากับ 0.017 ลูกบาศก์เมตรให้เพียงพอในการเก็บก้อนปูนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ขนาด 10x10x10 เซนติเมตร จำนวน 15 ก้อน จัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ เช่นแบบหล่อ โต๊ะเครื่องสั่นเขย่า ฯลฯ ให้พร้อมสำหรับการผสมคอนกรีต นำวัสดุประสาน ได้แก่ ปูนซีเมนต์และซิลิก้าฟูม มาคลุกเคล้าให้เข้ากันกับวัสดุมวลรวม จากนั้นนำวัสดุทั้งหมดที่คลุกเคล้ากันแล้ว เทลงในเครื่องผสมคอนกรีตเกลี่ยให้ส่วนผสมคอนกรีตกระจายโดยทั่ว เดินเครื่องผสมคอนกรีตพร้อมกับเติมน้ำกับสารเคมีผสมเพิ่ม รวมเวลาการผสมไม่เกิน 2 นาที หลังการผสมปล่อยคอนกรีตสดที่ได้ลงถาดแล้ว รีบนำเทลงสู่แบบหล่อที่จัดเตรียมไว้ ทำการแบ่งคอนกรีตสดเทลงแบบหล่อเป็น 4 ชั้นเท่าๆกัน พร้อมวางแบบหล่อสั่นเขย่าบนเครื่องสั่นเขย่าเป็นเวลา 10 วินาทีต่อชั้น ทำการแต่งผิวหน้าคอนกรีตให้เรียบโดยใช้เกรียงเหล็กปาด จัดปิดคลุมผิวหน้าด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น รวมระยะเวลาตั้งแต่ผสมจนแต่งผิวหน้าเสร็จไม่ควรเกิน 10 นาที และไม่เคลื่อนย้ายก้อนตัวอย่างก่อนพ้นระยะเวลาการแข็งตัวระยะต้นของคอนกรีตคือประมาณ 1½ ชั่วโมง

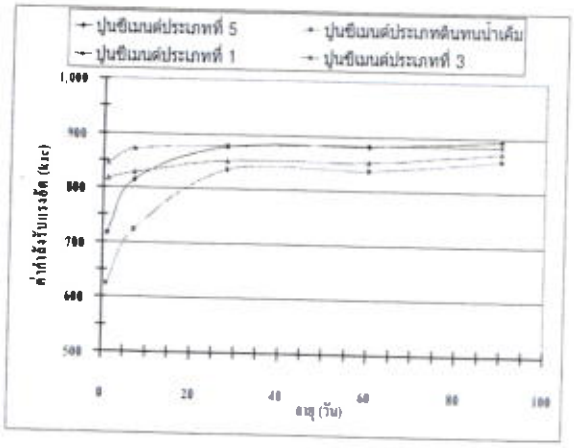
4.4 การทดสอบคอนกรีต

การเก็บตัวอย่าง การผสมคอนกรีตจะผสมทั้งหมด 16 ชุดซึ่งมีก้อนตัวอย่างรวม 216 ลูก โดยแยกออกเป็นประเภทของปูนซีเมนต์ทั้ง 4 ประเภท โดยจะมีก้อนตัวอย่างประเภทละ 54 ลูก และในแต่ละประเภทจะมีการแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ แบ่งเป็นชุดที่หนึ่งแช่สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตร้อยละ 10 ของน้ำหนักของน้ำสะอาด 27 ลูก และชุดที่สองแช่สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตร้อยละ 20 ของน้ำหนักของน้ำสะอาด 27 ลูก โดยมีการแบ่งออกเป็น 9 ชุด โดยมีชุดละ 3 ลูก ใน 9 ชุดนี้ แบ่งออกเป็นตัวอย่างที่บ่มในอากาศ และแช่สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ณ เวลา 7, 28, 60

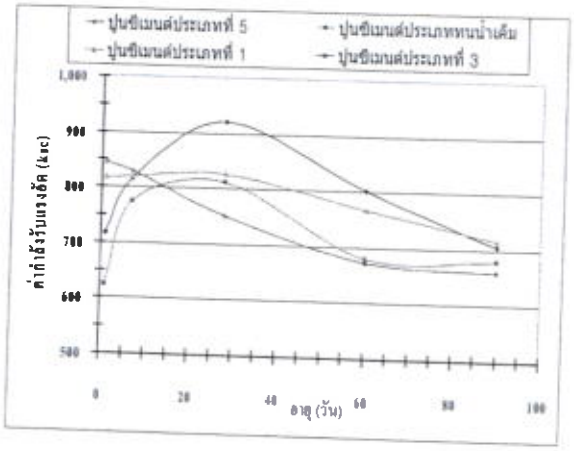
และ90 วัน เมื่อครบอายุการบ่ม นำก้อนตัวอย่างขึ้นจากถังแช่สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตไปผึ่งเพื่อให้อยู่ในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง ทำความสะอาดผิวหน้าที่ต้องการจะกดทดสอบแล้ว ก่อนจะนำไปชั่งน้ำหนักและวัดขนาดเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของขนาดและปริมาตรเนื่องจากโดนกัดกร่อนจากสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต จากนั้นนำก้อนตัวอย่างไปกดทดสอบเพื่อหากำลังรับแรงอัดก่อนนำค่าที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ต่อไป

5. ผลการทดลอง

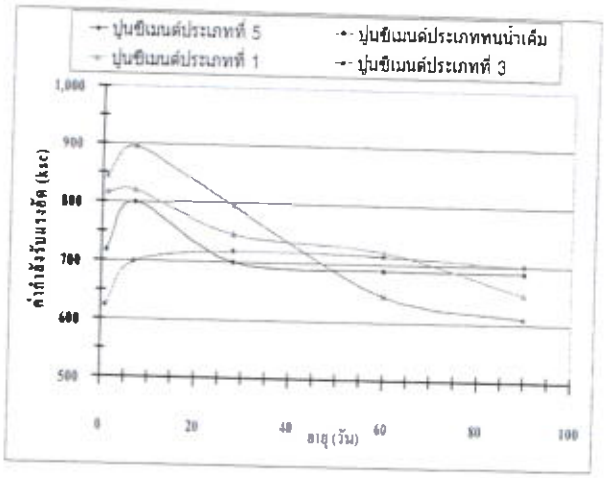
ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตที่ผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทต่าง ๆ แสดงผลไว้ดังรูปที่ 5.1 ถึง 5.3 โดยการเปรียบเทียบค่ากำลังรับแรงอัดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทต่าง ๆ บ่มในอากาศและแช่ในสารละลายซัลเฟตร้อยละ 10 และ 20



รูปที่ 5.1 การเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทต่าง ๆ บ่มในอากาศ



รูปที่ 5.2 การเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทต่าง ๆ แช่ซัลเฟตร้อยละ 10



รูปที่ 5.3 การเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทต่าง ๆ แช่ซัลเฟตร้อยละ 20

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบค่ากำลังรับแรงอัดที่ตัวอย่างแช่แมกนีเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยใช้กำลังที่ระยะเวลา 7 วัน เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ

ระยะเวลาแช่ซัลเฟต 10% (วัน)	กำลังรับแรงอัดแต่ละประเภทของปูนซีเมนต์ (ร้อยละ)			
	ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 3	ประเภทที่ 5	ปอซโซลาน
7	100.00	100.00	100.00	100.00
28	100.83	90.57	112.92	104.82
60	93.78	81.15	98.25	87.72
90	87.43	79.51	86.50	87.63

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบค่ากำลังรับแรงอัดที่ตัวอย่างแช่แมกนีเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยใช้กำลังที่ระยะเวลา 7 วัน เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ

ระยะเวลาแช่ซัลเฟต 20% (วัน)	กำลังรับแรงอัดแต่ละประเภทของปูนซีเมนต์ (ร้อยละ)			
	ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 3	ประเภทที่ 5	ปอซโซลาน
7	100.00	100.00	100.00	100.00
28	91.06	88.90	87.44	102.63
60	87.75	72.22	86.08	102.04
90	79.39	68.23	85.99	100.15

จากผลการทดสอบ พบว่า [2] ในกรณีที่การบ่มแช่สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 คอนกรีตที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ประเภททนน้ำเค็มดินเค็ม มีค่าการถดถอยของกำลังรับแรงอัดจากอายุ 7 วัน เท่ากับร้อยละ 12.4 ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์อีก 3 ประเภท และ การบ่มแช่สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 คอนกรีตที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ประเภททนน้ำเค็มดินเค็มพบไม่มีค่าการถดถอยของกำลังรับแรงอัด โดยมีค่าการถดถอยที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์อีก 3 ประเภท จึงอาจกล่าวได้ว่าคอนกรีตที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ประเภททนน้ำเค็มดินเค็ม มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนของสารละลายแมกนีเซียมซัลเฟตได้ดีกว่าคอนกรีตที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ประเภทอื่นๆ โดยเฉพาะเมื่อมีความเข้มข้นของสารซัลเฟตสูงๆ จึงมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ก่อสร้างโครงสร้างที่อยู่ในบริเวณที่มีผลกระทบของสารซัลเฟต เช่น โครงสร้างในทะเล ชายฝั่งทะเล และบริเวณพื้นที่ดินเค็ม โดยอาจผสมวัสดุปอซโซลานอื่นๆ เพิ่มเติมอีกได้ [3]

6. สรุป

ในโครงสร้างคอนกรีตทั่วไปที่ต้องสัมผัสกับสภาพแวดล้อมที่มีสารซัลเฟต เช่น ในดิน น้ำเสียจากบ้านเรือน หรือจากโรงงานอุตสาหกรรม อาจจะเกิดปัญหาการผุกร่อนและแตกร้าวอย่างรุนแรง ทำให้โครงสร้างไม่สามารถใช้งานตามที่ออกแบบไว้ ดังนั้นการเลือกใช้คอนกรีตที่คุณสมบัติต้านทานสารซัลเฟตได้จึงเป็นสิ่งสำคัญมาก โดยในปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของสารประกอบไตรคัลเซียมซิลิเกต(C_3S) ไดคัลเซียมซิลิเกต(C_2S) ไตรแคลเซียมอลูมิเนต (C_3A) และเททระคัลเซียมอลูมิโนเฟอร์ไรต์ (C_4AF) ในปูนซีเมนต์กับน้ำจะก่อให้เกิดสารประกอบแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$) แคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต (CAH) และแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (CSH) เมื่อมีกระบวนการกัดกร่อนของซัลเฟตซึ่งเริ่มจากซัลเฟตอิออนของโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) และแมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) แพร่กระจายเข้าในโพรงคอนกรีต ทำปฏิกิริยากับสารประกอบ $Ca(OH)_2$ และ CAH ที่เหลือจากปฏิกิริยาไฮเดรชั่นเกิดเป็นยิปซั่มและคัลเซียมซัลโฟอลูมิเนต (Ettringite) สารยิปซั่มและเอ็ททริงไงต์ที่เกิดขึ้นนี้จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจากเดิมกว่าสองเท่า ทำให้เกิดการขยายตัวของซีเมนต์เพสต์จนแตกร้าว หลังการแตกร้าวน้ำและความชื้นจะซึมผ่านรอยแตกเข้าทำลายเหล็กเสริมในคอนกรีตทำให้เหล็กเกิดสนิมและพองตัวดันให้คอนกรีตแตกร้าวมากขึ้น จนสูญเสียความสามารถในการรับกำลังในที่สุด นอกจากนี้ปฏิกิริยาของสารละลาย $MgSO_4$ ยังก่อให้เกิดการสลายตัวของสาร CSH ทำให้ความสามารถในการรับกำลังของคอนกรีตลดลงอีกด้วย [5]

ดังนั้นเพื่อทำให้คอนกรีตมีความสามารถในการต้านทานความเสียหายจากสารซัลเฟตสูงสุด ควรอาศัยหลักการลดปริมาณรวมของสาร CAH และ $Ca(OH)_2$ ที่เป็นสาเหตุหลักของความเสียหาย โดยการผสมวัสดุปอซโซลานในส่วนผสมคอนกรีตหรือใช้ปูนซีเมนต์ปอซโซลานผสมในปริมาณที่เหมาะสมประกอบกับการออกแบบปฏิภาคส่วนผสมคอนกรีตให้มีค่าอัตราส่วนน้ำต่อตัวเชื่อมประสานที่ต่ำ จะเป็นวิธีการแก้ปัญหาความเสียหายของคอนกรีตจากสารซัลเฟตได้อย่างเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

[1] มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มอก.15 และ 849, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2532.

[2] วรนาถ จิตรีเที่ยงและคณะ คอนกรีตกำลังสูงต้านทานซัลเฟต, โครงงานวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มศว, นครนายก, 2547.

[3] ทิพาพร คันทะคงและคณะ คอนกรีตปอซโซลานทนทานซัลเฟต, วิทยาสารกำแพงแสน ปีที่ 3 ฉบับพิเศษ ธันวาคม 2548.

[4] American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards 2001, Volume 04.01 and 04.02, West Conshohocken, U.S.A. 2001.

[5] Neville, A.M., Properties of Concrete, Final Edition, Longman Group Limited, 1995.