

การศึกษาความต้านทานการกัดกร่อนของสารซัลเฟต ของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ผสมเถ้าลอยหรือเถ้าแกลบ

A Study on the Sulfate Resistance of Portland Cement Blended with Fly Ash or Rice Husk Ash

อาภา สธนเสาวภาคย์ (Apha Sathonsaowaphak)* ดร. ปริญญ์ จินดาประเสริฐ (Dr. Prinya Chindaprasirt)**
สุรเชษฐ์ มั่งมีศรี (Surachate Mumgmeesri)***

บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษาความต้านทานการกัดกร่อนของสารซัลเฟตของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอยหรือเถ้าแกลบ โดยหากล้างรับแรงอัด การเปลี่ยนแปลงความยาวและน้ำหนักของมอร์ตาร์เมื่อแช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟตที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เถ้าลอย และเถ้าแกลบบดละเอียด ผสมในอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ต่อเถ้าลอยหรือเถ้าแกลบเท่ากับ 80 : 20 และ 60 : 40

จากการศึกษาพบว่า กำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอยหรือเถ้าแกลบที่แช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟตจะใกล้เคียงกับที่แช่ในน้ำ ในขณะที่กำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่อายุ 90 วันที่แช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟตจะต่ำกว่าที่แช่ในน้ำ สำหรับการเปลี่ยนแปลงความยาวและน้ำหนักของมอร์ตาร์เมื่อแช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟตพบว่า มอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์จะขยายตัวและมีน้ำหนักเพิ่มมากที่สุด โดยการขยายตัวเกิดจากปฏิกิริยาของแคลเซียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรตที่ได้จากปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับสารซัลเฟต ได้เป็นแคลเซียมซัลโฟอลูมิเนตหรือเอ็ทริงไกต์ การขยายตัวของมอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอยร้อยละ 20 จะมากกว่ามอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอยร้อยละ 40 แต่จะมีน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงต่ำกว่า การผสมเถ้าลอยช่วยลดสารแคลเซียมไฮดรอกไซด์และทำให้การซึมผ่านน้ำต่ำ มอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าแกลบมีการขยายตัวลดลงมากโดยมอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าแกลบร้อยละ 40 เกิดการหดตัวเล็กน้อยแทนที่จะขยายตัวและมีน้ำหนักเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เถ้าแกลบมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบที่สูงและความละเอียดสูงทำให้ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา ดังนั้นจึงสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ได้อย่างรวดเร็ว เป็นผลให้ปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยากับสารซัลเฟตลดลง ดังนั้นการขยายตัวจึงลดลง

ABSTRACT

The sulfate resistance of portland cement blended with fly ash or rice husk ash was studied. The compressive strength, length and weight changes of mortars after immersed in a 5% concentration sodium sulfate solution were tested. Portland Cement Type I, fly ash from Mae Moh power plant and ground rice husk ash from open burning of rice husk were used. The blending ratio of portland cement to fly ash or rice husk ash of 80: 20 and 60: 40 were selected.

From the test, it was found that the compressive strength of mortars made from portland cement containing fly ash or rice husk ash immersed in sodium sulfate solution were similar to those immersed in water. Whereas the strength at age 90 days of mortars made from portland cement immersed in sodium sulfate solution was significant lower than that immersed in water. From the test of length and weight changes after immersion in sodium sulfate solution, it was found that mortar made from portland cement resulted in largest expansion and highest weight gain. The expansion was due to the reaction of calcium hydroxide and calcium aluminate hydrated from the hydration of portland cement with sulfate which resulted in calcium sulfoaluminate or ettringite. The expansion of mortar made from portland cement containing 20% fly ash was more than mortar made from portland cement containing 40% fly ash but the weight change was lower. The incorporation of fly ash resulted in the reduction of calcium hydroxide and lowered the permeability. Mortar made from portland cement containing rice husk ash showed the least expansion. Mortar made from portland cement containing 40% rice husk ash showed a small shrinkage instead of expansion and a very small weight change. Rice husk ash with high silica content was in a very fine powder form and very high reactive hence it reacted quickly with calcium hydroxide. This resulted in less calcium hydroxide to react with sulfate and hence lower expansion.

คำสำคัญ: ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าลอย เถ้าแกลบ

Keyword: Portland cement, Fly ash, Rice husk ash

* นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโครงสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*** อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

โครงสร้างคอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ล้วน ที่ต้องสัมผัสกับสภาพแวดล้อมที่มีสารซัลเฟตผสมอยู่ เช่น ในดิน น้ำใต้ดิน น้ำทะเล น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมหรือบ้านเรือนที่มีส่วนประกอบของสารซัลเฟตมาก ซึ่งจะทำให้โครงสร้างเกิดการผุกร่อน พองตัว และแตกร้าวอย่างรุนแรง ทำให้โครงสร้างคอนกรีตไม่สามารถใช้งานได้ตามที่ออกแบบไว้ ดังนั้นการเลือกใช้คอนกรีตที่สามารถทนทานต่อความเสียหายจากสารซัลเฟตจึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่ต้องพิจารณา เพื่อป้องกันคอนกรีตจากสารประกอบซัลเฟตซึ่งจะกระทำกับปูนขาวในซีเมนต์ การศึกษาระยะแรกๆ ได้นำสารปอซโซลานมาเป็นตัวขัดขวางปฏิกิริยา ซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มความทนทานให้มอร์ตาร์ โดยสารปอซโซลานจะทำปฏิกิริยาไฮเดรชันกับปูนขาวอิสระ และป้องกันปฏิกิริยาของสารซัลเฟตได้

สารปอซโซลานที่นำมาใช้ศึกษาคือ เถ้าลอยและเถ้าแกลบ เพราะหาได้ง่ายและมีปริมาณมาก โดยเถ้าลอยได้จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จ.ลำปาง จะมีสารประกอบซิลิกาอลูมินา และเหล็กออกไซด์ในปริมาณสูง ส่วนเถ้าแกลบได้จากน้าแกลบมาเผาแล้วบดละเอียด พบว่ามีปริมาณซิลิกาสูง สามารถนำมาใช้ปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตให้ดีขึ้น ดังนั้นจึงนำเถ้าลอยและเถ้าแกลบ

มาศึกษาหาความสามารถในการต้านทานการกัดกร่อนของสารซัลเฟตของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอยหรือเถ้าแกลบ ที่อัตราส่วนต่างๆ กัน

การทดสอบ

การทดสอบ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. การทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุที่ใช้ คุณสมบัติที่ทดสอบคือความถ่วงจำเพาะ และความละเอียดของสารซีเมนต์ องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยและเถ้าแกลบ

2. การทดสอบหาอัตราส่วนน้ำต่อสารซีเมนต์ของมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอยหรือ

เถ้าแกลบ ที่อัตราส่วนทดแทนร้อยละ 20 และ 40 โดยน้ำหนัก โดยมีค่าการไหลแผ่เท่ากับร้อยละ 110 ± 5 และทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด

3. การทดสอบคุณสมบัติความต้านทานการกัดกร่อนของสารซัลเฟตของมอร์ตาร์ คุณสมบัติที่ทดสอบได้แก่ การทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด และการเปลี่ยนแปลงความยาวและน้ำหนักของมอร์ตาร์ เมื่อแช่ในสารละลายซัลเฟต

วัสดุที่ใช้

1. ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1
2. เถ้าลอย นำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 100 เอาส่วนที่ผ่านตะแกรงมาใช้
3. เถ้าแกลบ นำแกลบจากโรงสี มาเผาแล้วบดละเอียด
4. ทราย ทรายแม่น้ำ อ.พุทไธสง จ.บุรีรัมย์ อยู่ในสภาพอิมัตัวผิวแห้ง
5. น้ำ ใช้น้ำประปา
6. สารเคมี ใช้สารโซเดียมซัลเฟต ผสมกับน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้นร้อยละ 5 ก่อนนำมาใช้ 1 วัน

วิธีทดสอบ

หาความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าลอยและเถ้าแกลบ ตามมาตรฐาน ASTM C188 หาความละเอียดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าลอยและเถ้าแกลบ ตามมาตรฐาน ASTM C204 ทาองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยและเถ้าแกลบ โดยใช้เครื่อง X-ray Fluorescence Spectrometer หาอัตราส่วนน้ำต่อสารซีเมนต์และกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ ตามมาตรฐาน ASTM C204 และ C109 ทดสอบคุณสมบัติความต้านทานการกัดกร่อนของสารซัลเฟตของมอร์ตาร์ โดยใช้สารโซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 5% หากำลังรับแรงอัดของลูกบาศก์มอร์ตาร์ขนาด 50 มม. ซึ่งดัดแปลงจากมาตรฐาน ASTM C267 และหาการเปลี่ยนแปลงความยาวและน้ำหนักของแท่งมอร์ตาร์ ตามมาตรฐาน ASTM C1012

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

คุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุที่ใช้

จากการทดสอบพบว่าความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าลอยและเถ้าแกลบมีค่าเท่ากับ 3.10, 2.13 และ 2.14 ตามลำดับ ความละเอียดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าลอยหรือเถ้าแกลบ มีค่าเท่ากับ 2,900, 2,500 และ 15,000 ซม.²/กรัม ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยและเถ้าแกลบ พบว่าเถ้าลอยและเถ้าแกลบมีผลรวมร้อยละออกไซด์ของซิลิกอน อลูมินา และเหล็กเท่ากับ 79.69 และ 99.88 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีของสารปอชโซลานตามมาตรฐาน ASTM C618-96 จะเป็นไปตามชั้นคุณภาพ F ในเถ้าแกลบมีสารซิลิกามากถึงร้อยละ 98.97 ทำให้มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยา

อัตราส่วนน้ำต่อสารซีเมนต์และกำลังรับแรงอัด

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของมอร์ตาร์ ที่มีอัตราส่วนทรายต่อสารซีเมนต์เท่ากับ 2.75 และค่าการไหลแผ่ร้อยละ 110 ± 5 พบว่ามอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอยหรือเถ้าแกลบ มีความต้องการน้ำลดลงเมื่อทดแทนปริมาณเถ้าลอยเพิ่มขึ้น เพราะรูปร่างของเถ้าลอยเป็นทรงกลมทำให้ลดความเสียดทานระหว่างซีเมนต์เพสต์กับทราย (Pinnarat, 1984) และจะมีความต้องการน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อทดแทนปริมาณเถ้าแกลบเพิ่มขึ้น เพราะเถ้าแกลบมีความละเอียดสูงมากทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสมาก จึงต้องการน้ำเคลือบผิวมากเพื่อการหล่อลื่นอนุภาค (ปริญญ, อินทรชัย, 2528)

รูปที่ 1 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของลูกบาศก์มอร์ตาร์ พบว่า ที่อายุ 28 และ 90 วัน มอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอยหรือเถ้าแกลบ มีการพัฒนากำลังดีขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาปอชโซลาน โดยส่วนผสม RHA20 มีกำลังรับแรงอัดมากที่สุด เนื่องจากเถ้าแกลบมีความละเอียดสูงและมีซิลิกาที่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา และปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์อิสระที่เกิดขึ้นประมาณ 20-25% จะพอดีทำปฏิกิริยากับซิลิกาที่เพิ่มขึ้น

คุณสมบัติความต้านทานการกัดกร่อนของสารซัลเฟต

รูปที่ 2 แสดงผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของมอร์ตาร์ที่บ่มในน้ำ และที่บ่มในน้ำก่อน 7 วัน แล้วนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟตความเข้มข้นร้อยละ 5 พบว่าส่วนผสม OPC ที่แช่ในสารละลายโซเดียมซัลเฟตมีการพัฒนากำลังรับแรงอัดลดลงหลังจากอายุ 28 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับที่บ่มในน้ำ และมีการสูญเสียกำลังรับแรงอัดมากที่สุด เนื่องจากสารละลายโซเดียมซัลเฟตทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)_2) ที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชันของปูนซีเมนต์ ก่อให้เกิดเอททริงไคต์ที่มีปริมาตรเพิ่มขึ้นแทนที่ปริมาตรเดิม ทำให้เกิดการสูญเสียการยึดเกาะระหว่างกัน (Adhesion) และกำลังรับแรงลดลง สำหรับมอร์ตาร์ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอยหรือเถ้าแกลบ ที่แช่ในสารละลายซัลเฟตมีการพัฒนากำลังรับแรงอัดเหมือนกับที่บ่มในน้ำและมีกำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกัน เนื่องจากปฏิกิริยาปอชโซลานช่วยลดการซึมผ่าน และลดปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในซีเมนต์เพสต์ที่แข็งตัวแล้ว ทำให้สารละลายซัลเฟตเข้าทำปฏิกิริยาได้ยากและน้อยลง (Cao et al., 1997)

รูปที่ 3 แสดงผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงความยาวและน้ำหนักของมอร์ตาร์ เมื่อแช่ในสารละลายซัลเฟต พบว่าส่วนผสม OPC จะมีการขยายตัวและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นมากที่สุด เนื่องจากสารแคลเซียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรตในเพสต์ที่แข็งตัวแล้วทำปฏิกิริยากับสารซัลเฟต ก่อให้เกิดยิบซัมและเอททริงไคต์ซึ่งมีขนาดใหญ่ทำให้มีการขยายตัว รองลงมาคือส่วนผสม FA 20 ที่มีการขยายตัวมากกว่า FA40 แต่จะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นน้อยกว่า เนื่องจากอัตราส่วนน้ำต่อสารซีเมนต์ของเถ้าลอยมีผลต่อความหนาแน่นและความทึบน้ำของมอร์ตาร์ โดยที่อัตราส่วนน้ำต่อสารซีเมนต์ต่ำและเถ้าลอยที่มีความละเอียดสูง จะทำให้มอร์ตาร์มีความทึบน้ำสูง และช่วยต้านทานการขยายตัวเนื่องจากการกัดกร่อนของสารซัลเฟต (สพลา, 2543) ส่วนผสมที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าแกลบมีการขยายตัวและมีน้ำหนักเปลี่ยนแปลงต่ำ ส่วนผสม RHA40 มีการหดตัวเล็กน้อยแทนที่จะขยายตัวและมีน้ำหนักเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ทั้งนี้เนื่อง

จากเถ้าแกลบมีความละเอียดสูงและมีสารซิลิกาเป็นองค์ประกอบสูง ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสารซิลิเคียมไฮดรอกไซด์ได้อย่างรวดเร็ว จากการศึกษาของ Mahmohan, Mehta (1981 อ้างถึงใน Swamy, 1986) พบว่า การเพิ่มเถ้าแกลบในคอนกรีตปูนซีเมนต์ จะทำให้ช่องว่าง (Pore) มีการจัดเรียงตัวที่ดีขึ้น หรือช่องว่างที่ซึมน้ำขนาดใหญ่เปลี่ยนเป็นช่องว่างที่ทึบน้ำขนาดเล็ก ทำให้สารละลายซิลิเกตซึมผ่านได้ยาก ดังนั้นในมอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าแกลบจะมีความพรุน (Porosity) และ ปริมาณ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ลดลงสาเหตุที่มอร์ตาร์มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเนื่องจากเกิดการตกตะกอนของยิบซัมหรือเอททริงไคต์และเกลือในช่องว่างทำให้มอร์ตาร์มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นในระยะแรก Yeginobali Dilek (1996) พบว่าเมื่อระยะเวลาแช่สารละลายซิลิเกตนานขึ้น มอร์ตาร์จะเริ่มมีน้ำหนักลดลงเนื่องจากมอร์ตาร์จะแตกแยกออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ

บทสรุป

จากการทดสอบสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าลอย และเถ้าแกลบ มีค่าเท่ากับ 3.10, 2.13 และ 2.14 ตามลำดับ
2. ความละเอียดของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เถ้าลอย และเถ้าแกลบมีค่าเท่ากับ 2,900, 2,500 และ 15,000 ซม.²/กรัม ตามลำดับ
3. ผลรวมร้อยละของออกไซด์ของซิลิกา อลูมินา และเหล็กในเถ้าลอยมีค่าเท่ากับ 79.69 ส่วนเถ้าแกลบมีปริมาณซิลิกาสูงถึงร้อยละ 98.97
4. มอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ผสมเถ้าลอยในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จะมีความต้องการน้ำลดลงโดยที่อัตราส่วนน้ำต่อสารซีเมนต์ลดลง เมื่อมอร์ตาร์มีค่าการไหลแผ่กระจาย เนื่องจากเถ้าลอยมีรูปร่างเป็นทรงกลมซึ่งช่วยให้ส่วนผสมไหลได้ดี และมอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าแกลบในปริมาณที่เพิ่มขึ้น จะมีความต้องการน้ำเพิ่มขึ้นโดยที่อัตราส่วนน้ำต่อสารซีเมนต์เพิ่มขึ้น เนื่องจากเถ้าแกลบมีความละเอียดสูง
5. มอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์

ผสมเถ้าลอยหรือเถ้าแกลบ จะมีการพัฒนากำลังรับแรงอัดดีขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาปอซโซลาน และมอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าแกลบร้อยละ 20 จะมีการพัฒนากำลังรับแรงอัดมากที่สุดเนื่องจากเถ้าแกลบมีความละเอียดสูงและมีซิลิกาที่ว่องไวในการทำปฏิกิริยา

6. ก่อนลูกบาศก์มอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ที่แช่ในสารละลายโซเดียมซิลิเฟต ที่อายุ 90 วัน มีการสูญเสียกำลังรับแรงอัดมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกส่วนผสม สำหรับมอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอยหรือเถ้าแกลบที่แช่ในสารละลายโซเดียมซิลิเฟต จะมีการพัฒนากำลังรับแรงอัดเหมือนกับที่แช่ในน้ำ และมีค่ากำลังรับแรงอัดใกล้เคียงกัน

7. แท่งมอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ จะมีการขยายตัวและมีน้ำหนักเพิ่มมากที่สุด เมื่อแช่ในสารละลายโซเดียมซิลิเฟต เนื่องจากสารซิลิเฟตเข้าทำปฏิกิริยากับซิลิเคียมไฮดรอกไซด์และซิลิเคียมอลูมิเนตไฮเดรตเกิดเป็นเอททริงไคต์ทำให้มอร์ตาร์ขยายตัวสำหรับแท่งมอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอย จะมีการขยายตัวลดลง เนื่องจากปฏิกิริยาปอซโซลานของเถ้าลอย ช่วยลดปริมาณซิลิเคียมไฮดรอกไซด์และทำให้การซึมน้ำต่ำ ในขณะที่มอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าแกลบจะมีการขยายตัวลดลงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งมอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าแกลบร้อยละ 40 จะเกิดการหดตัวเล็กน้อยแทนที่จะขยายตัวและมีน้ำหนักเปลี่ยนแปลงน้อยมากเนื่องจากเถ้าแกลบมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบที่สูง และความละเอียดสูงทำให้ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา จึงสามารถทำปฏิกิริยากับซิลิเคียมไฮดรอกไซด์ได้อย่างรวดเร็ว เป็นผลให้ปริมาณซิลิเคียมไฮดรอกไซด์ที่ทำปฏิกิริยากับสารซิลิเฟตลดลง ดังนั้นการขยายตัวจึงลดลง

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาและเปรียบเทียบเกี่ยวกับการควบคุมค่า pH ที่ระดับต่าง ๆ และผลของสารละลายซิลิเฟตชนิดต่าง ๆ ต่อคุณสมบัติการต้านทานซิลิเฟตและศึกษาโครงสร้างภายในของมอร์ตาร์หรือคอนกรีตที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอยหรือเถ้าแกลบ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้ ให้สำเร็จสมบูรณ์ลุล่วงไปด้วยดี และภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ช่วยสนับสนุนอุปกรณ์เครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ปริญญญา จินดาประเสริฐ, อินทรชัย หอวิจิตร. 2528. ปูนซีเมนต์ผสมเถ้าลอยแม่เมาะ. ขอนแก่น: สำนักงานเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาชนบท คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สทลภ หอมวุฒิวงศ์. 2543. การเปลี่ยนแปลงปริมาตรและการต้านทานสารเคมีของมอร์ตาร์ที่ทำจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และเถ้าลอยคัดขนาดพิเศษ. ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Cao HT, Bucea L, Ray A, Yozghatlians. 1997. The effect of cement composition and pH of environment on sulfate resistance of Portland Cements and Blended Cements. *Cement and Concrete Composites*. 19: 161-171.
- Neville AM, Brooks JJ. 1990. *Concrete technology*. Singapore: Longman Singapore Publisher.
- Pinnarat C. 1984. *A study of Portland Cement containing Mae-Moh Fly Ash*. Khon Kaen: The Graduate school, Khon Kaen University.
- Swamy RN, compiler. 1986. *Concrete technology and design Volume 3: Cement replacement materials*. London: Surrey University Press.
- Yeginobali A, Dilek FT. 1996. A comparative study on sulfate resistance of mortars containing Silica Fumes and Fly Ash. *Proceedings of the Seventh International Conference on Durability of building Materials and Components 7 DBMC*. Great Britain: St Edmundsbury Press. pp.361-371.