การทดสอบกำลังอัดจากตะกรันเหล็กแทนที่ซีเมนต์เพื่อใช้ในงานสละหลุม

The Compressive Strength Test of Steel Slag instead of Cement for Abandonment

ณปภัช คงฤทธิ์[1] ณัฐวุฒิ สุภารัตน์[2] จักรพงษ์ จิตต์จำนงค์[3] และ นภารัตน์ เกษตรสมบูรณ์[4]
สาขาวิชาเทคโนโลยีปิโตรเลียม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา 90000[1, 2, 3, 4]
E-mail: napaphat.s@rmutsv.ac.th[1], nuttawut.s@rmutsv.ac.th[2], jakkrapong.j@rmutsv.ac.th[3], naparat.k@rmutsv.ac.th[4]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ เปรียบเทียบกำลังอัด ระยะเวลาการบ่มระหว่างน้ำทะเลและน้ำจืด และความหนาแน่นของมอร์ตาร์ที่มีตะกรันเหล็กเป็นส่วนผสม โดยใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 กำหนดอัตราส่วนตะกรันเหล็กแทนที่ซีเมนต์ ร้อยละ 5 10 และ 15 โดยน้ำหนัก จากผลการวิจัยพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของตะกรันเหล็กมีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกันกับซีเมนต์ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ 0.6 (41.4 กรัม) เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการหล่อมอร์ตาร์ กำลังอัดของมอร์ตาร์ผสมตะกรันเหล็กที่บ่มในน้ำทะเลให้ค่ากำลังอัดมากกว่ามอร์ตาร์ที่บ่มในน้ำจืด มอร์ตาร์ผสมตะกรันเหล็กในอัตราส่วนแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 15 บ่มในน้ำทะเลเป็นระยะเวลา 21 วัน มีค่ากำลังอัดเท่ากับ 2,028.49 เมกะปาสคาล ความหนาแน่นของมอร์ตาร์ผสมตะกรันเหล็กในอัตราส่วนซีเมนต์แทนที่ร้อยละ 5 บ่มในน้ำจืดเป็นระยะเวลา 7 วัน เท่ากับ 2.37 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร การพัฒนากำลังอัดของมอร์ตาร์ที่บ่มน้ำทะเลเป็นระยะเวลา 21 วัน จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการแทนที่ซีเมนต์ของตะกรันเหล็กร้อยละ 15 โดยกำลังอัดจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้น

Abstract

This research investigates the chemical composition by using X-Ray Fluorescence Spectroscopy (XRF) technique, the ratio of water to cement, the compressive strength comparison, the incubation time between sea water and fresh water and the density of mortar with steel slag as a mixture. The experiment was used Portland cement type 1 to determine the ratio of steel slag instead of cement at 5, 10 and 15 % by weight. In this study, it was found that the chemical composition of steel slag has a property similar to cement. The ratio of water to cement at 0.6 (41.4 g) was an appropriated ratio for casting mortar. In addition, the compressive strength of mortar with steel slag that incubated in sea water was greater than mortar that incubated in fresh water. A mortar with steel slag at a ratio of 15 %wt. that incubated in sea water for 21 days has the compressive strength of 2,028.49 MPa. The

density of mortar with steel slag instead of cement at 5 % incubated in sea water for 7 days was 2.37 g/cm^3. The compressive strength development of mortar which was incubated in sea water for 21 days is increased according to the replacing of steel slag at 15 %wt. that was increased due to the increase of incubation time.

1. บทนำ

คอนกรีต หรือ ซีเมนต์ เป็นวัสดุหลักที่ใช้ในการก่อสร้างอาคารบ้านเรือนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน นอกจากไม้แล้วยังนิยมใช้ปูนซีเมนต์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันที่ใช้ปูนซีเมนต์เพื่อการก่อสร้างมีความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งสิ่งก่อสร้างที่มีขนาดใหญ่ เช่น อาคาร ถนน สะพาน เขื่อนและการใช้ปูนซีเมนต์เพื่อสร้างผลงานทางศิลปะได้แก่ ประติมากรรมต่าง ๆ ก็ได้รับความนิยมเช่นกัน เนื่องจากปูนซีเมนต์สามารถใช้งานได้อย่างไม่จำกัดสถานที่ไม่ว่าจะเป็นบนผิวดิน ใต้พื้นดินหรือแม้กระทั่งในน้ำ ปูนซีเมนต์เป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทานสูง มีราคาไม่แพง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปูนซีเมนต์ผลิตได้จากวัตถุดิบที่มีในธรรมชาติ ได้แก่ หินปูน ดินสอพอง ดินลูกรัง และดินดาน เป็นต้น นำมาผ่านกระบวนการเผาและบด ได้เป็นผงซีเมนต์ จากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์จึงทำให้ปูนซีเมนต์จัดเป็นวัสดุเซรามิกชนิดหนึ่งและมีความสำคัญ ส่วนในงานปิโตรเลียมซีเมนต์มีความสำคัญทั้งใช้ในการยึดระหว่างท่อกับผนังหลุมหลังจากลงท่อกรุ (Casing) รวมไปถึงการใช้เป็นวัสดุถมกลับเมื่อมีการสละหลุม

การสละหลุมถาวร (Plug & Abandonment) ส่วนใหญ่มักกระทำในหลุมสำรวจ แต่บางครั้งผลการเจาะหลุมผลิตก็อาจเป็นหลุมแห้งหรือหลุมที่ไม่ใช้ประโยชน์แล้วจะต้องปิดหลุมด้วยซีเมนต์เพื่อป้องกันไม่ให้ของไหลที่มีอยู่ในชั้นหินไหลไปสู่ชั้นหินอื่นที่อาจทำลายชั้นหินกักเก็บปิโตรเลียมที่อยู่ใกล้เคียงหรือไหลเข้าไปปนเปื้อนชั้นน้ำใต้ดิน ในกรณีที่มีการทดสอบอัตราการไหลของหลุมต้องทำการอัดซีเมนต์ (Squeeze Cement) ลงไปในชั้นหินที่ทดสอบทุกช่วงเติมน้ำโคลนลงในหลุมเพื่อรักษาสภาพสมดุล และติดตั้งตัวปิดกั้นหลุม (Bridge Plug)เหนือชั้นหินดังกล่าว โดยส่วนบน Bridge Plug จะอุดซีเมนต์ (มาตรฐานทั่วไปใช้ซีเมนต์หนาประมาณ 150 ฟุต)

ปอซโซลาน (Pozzolan) คือ วัสดุที่มีองค์ประกอบทางเคมีประกอบไปด้วย ซิลิกาและอะลูมินาปริมาณสูง เมื่อบดเป็นผงละเอียดจะมีความสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิปกติ และเมื่อมีความชื้นแล้วเกิดเป็นสารประกอบซึ่งมีสมบัติในการยึดประสาน นอกจากนี้ยังมีสารปอซโซลานประเภทอื่น ๆ เช่น ตะกรันเหล็ก (Steel slag) ซิลิกาฟูม (Silica fume) เถ้ายางพารา (Para-wood Ash) เถ้าชานอ้อย (Bagasse Ash) ดินขาวเผา (Metakaolin) เป็นต้น ซึ่งสามารถนำมาแทนที่สารซีเมนต์บางส่วนเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีต ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและองค์ประกอบของสารเคมีภายในของสารปอซโซลานนั้น

มาตรฐาน ACI 308 ได้กำหนดการบ่มน้ำของคอนกรีตอย่างน้อยที่อายุ 7 วัน สำหรับคอนกรีตที่ใช้ปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 แม้ว่าจะมีข้อกำหนดด้านการบ่มแล้ว แต่ในการสละหลุมอาจมีปัญหาส่วนหนึ่งเกิด

จากสภาพอากาศของประเทศไทยซึ่งเป็นเมืองร้อน จึงทำการบ่มได้ยากและมีประสิทธิภาพต่ำ คอนกรีตบางประเภท เช่น คอนกรีตที่มีอัตราส่วนของน้ำต่อวัสดุประสาน (w/b) ต่ำ, คอนกรีตที่มีกำลังอัดสูง (high strength concrete), คอนกรีตไหลเข้าแบบง่าย (self-compacting concrete) ซึ่งมีความทึบน้ำสูง และคอนกรีตหลา (mass concrete) ซึ่งเป็นคอนกรีตสำหรับโครงสร้างซึ่งมีขนาดใหญ่ น้ำสำหรับการบ่มคอนกรีตสามารถซึมเข้าสู่บริเวณด้านในของคอนกรีตได้น้อย ทำให้การบ่มคอนกรีตไม่ทั่วถึง [1] ด้วยเหตุนี้จึงเป็นการดีหากสามารถลดอิทธิพลของการบ่มโดยการพัฒนาคอนกรีตให้มีผลกระทบเนื่องจากการบ่มต่ำลง โดยการใช้วัสดุประสานร่วมที่เหมาะสม

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะปรับปรุงสมบัติของมอร์ตาร์โดยใช้ตะกรันเหล็กที่ได้จากโรงฝึกสอนเชื่อมในคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นำมาแทนที่ซีเมนต์ นอกจากนี้ศึกษาองค์ประกอบของซีเมนต์และตะกรันเหล็ก ศึกษาอิทธิพลของการบ่มระหว่างน้ำทะเลกับน้ำจืด และศึกษากำลังอัดที่ใช้ตะกรันเหล็กแทนที่ซีเมนต์ เพื่อเป็นแนวทางในการลดปริมาณซีเมนต์ที่ใช้ในการสละหลุมเจาะปิโตรเลียม

2.1 การหาอัตราส่วนของมอร์ตาร์

2.1.1 การหาอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่เหมาะสม

ดังรูปที่ 1 ชุดทดสอบความข้นเหลวของซีเมนต์เพสโดยใช้เครื่องมือไวแคต

รูปที่ 1 ชุดทดสอบความข้นเหลวของซีเมนต์เพสโดยใช้เครื่องมือไวแคต

2.1.2 การหาอัตราส่วนมอร์ตาร์

การหาอัตราส่วนมอร์ตาร์โดยใช้ตะกรันเหล็กแทนที่ซีเมนต์ร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก ผสมใส่แบบหล่อลูกบาศก์ขนาด 5×5×5 ลูกบาศก์เซนติเมตร อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.6 [2] ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนมอร์ตาร์โดยใช้ซีเมนต์แทนที่ร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก

ร้อยละซีเมนต์	ซีเมนต์ (กรัม)	เปลือกดิน (กรัม)	ตะกรันเหล็ก (กรัม)	น้ำ (กรัม)
5	11.5	161.0	57.5	41.4
10	23.0	161.0	46.0	41.4
15	34.5	161.0	34.5	41.4

2.2 ขั้นตอนการเตรียมมอร์ตาร์

1.กำหนดแหล่งเถ้าที่ใช้ในงานวิจัย โดยงานวิจัยนี้ใช้ตะกรันเหล็ก จากโรงฝึกสอนเชื่อมในคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

2. เก็บตัวอย่างตะกรันเหล็ก ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตะกรันเหล็กดังกล่าว

3. ทำการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของตะกรันเหล็กโดยนำตะกรันเหล็กไปบดให้มีขนาดเล็กลง และคัดขนาดตะกรันเหล็กผ่านตะแกรงคัดขนาด เบอร์ 30 [3] ก่อนนำมาศึกษา

4. ทำการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของตะกรันเหล็ก คือ ตรวจสอบหาองค์ประกอบทางเคมี ด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF)

5. ศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อมอร์ตาร์ เช่น อิทธิพลของปริมาณวัสดุประสาน อิทธิพลของความหนาแน่น อิทธิพลของกำลังอัด และอิทธิพลของการบ่ม

2.3 การทดสอบความหนาแน่นและกำลังอัด

2.3.1 การทดสอบความหนาแน่น

การทดสอบความหนาแน่นโดยใช้ไมโครมิเตอร์ในการวัดขนาดของมอร์ตาร์ ดังนี้

1. ทำการทดสอบความหนาแน่นของมอร์ตาร์จากตะกรันเหล็กบดละเอียดโดยใช้ปูนซีเมนต์แทนที่ในปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนัก แสดงดังตารางที่ 1

2. ภายหลังหล่อมอร์ตาร์ 24 ชั่วโมง นำมาบ่มน้ำสะอาด ในสภาพไม่บ่ม, บ่ม 7, 14 และ 21 วัน ตามลำดับ การทดสอบความหนาแน่นใช้ตัวอย่างทดสอบอายุทดสอบละ 3 ก้อนตัวอย่างทดสอบ โดยความหนาแน่นสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (1)

$$D = \frac{W}{A} \qquad (1)$$

โดยที่

D = ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

W = น้ำหนักของก้อนมอร์ตาร์ (กิโลกรัม)

A = ปริมาตรของก้อนมอร์ตาร์ (ลูกบาศก์เมตร)

2.3.2 การทดสอบกำลังอัด

การศึกษากำลังอัดจะทำหลังจากทดสอบความหนาแน่น ดังนี้

1. เตรียมตัวอย่างมอร์ตาร์ที่บ่มน้ำสะอาดที่สภาพไม่บ่ม, บ่ม 7, 14 และ 21 วัน ตามลำดับ การทดสอบกำลังอัดใช้ตัวอย่างทดสอบอายุทดสอบละ 3 ก้อนตัวอย่างทดสอบและหาค่าเฉลี่ยของกำลังอัด

2. เลือกผิวทดสอบที่เรียบ จากนั้นนำมาทดสอบกำลังอัดประลัยตามมาตรฐาน ASTM C684 [4] ที่สภาพไม่บ่ม, บ่ม 7, 14 และ 21 วัน ตามลำดับ

3. วางก้อนตัวอย่างบนแท่นกดด้านล่าง โดยวางในตำแหน่งที่อยู่กึ่งกลางของแท่นกด (แผ่นของแท่นกดทั้งด้านบนและด้านล่างต้องสะอาด)

4. เปิดเครื่องกดตัวอย่าง โดยเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอด้วยอัตรา 140 Ksc/min จนกระทั้งก้อนตัวอย่างแตกละเอียด และบันทึกผลการทดลอง

3. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

3.1 องค์ประกอบทางเคมี

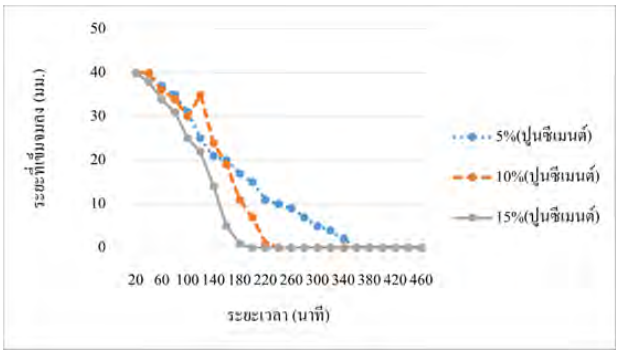
ผลการทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุถมกลับ ได้แก่ ซีเมนต์และตะกรันเหล็ก โดยใช้เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์สเปกโทรมิเตอร์ (X-ray Fluorescence Spectrometer-XRF) จากศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 2 มีค่าดังนี้ ตะกรันเหล็กพบองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) และแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ที่ปริมาณ 36.521, 28.755 และ 0.868 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของตะกรันเหล็กนั้นมีคุณสมบัติในการเชื่อมประสานที่

ดี เนื่องจากตะกรันเหล็กมีองค์ประกอบหลักทางเคมีซึ่งล้วนเป็นองค์ประกอบหลักของซีเมนต์ ดังนั้นจึงทำให้ตะกรันเหล็กมีคุณสมบัติในการเชื่อมประสานที่ใกล้เคียงกับซีเมนต์มากที่สุด [5]

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของซีเมนต์ และตะกรันเหล็ก

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละองค์ประกอบทางเคมี	
	ซีเมนต์	ตะกรันเหล็ก
โซเดียมออกไซด์Na_2O	0.102	3.185
แมกนีเซียมออกไซด์MgO	1.654	0.198
อะลูมิเนียมออกไซด์Al_2O_3	6.005	36.521
ซิลิคอนไดออกไซด์SiO_2	19.632	28.755
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์SO_3	3.948	1.308
คลอรีนCl_2	0.022	5.129
โพแทสเซียมออกไซด์K_2O	1.012	0.528
แคลเซียมออกไซด์CaO	59.355	0.868
ไทเทเนียมไดออกไซด์TiO_2	0.491	0.115
โครเมียมออกไซด์Cr_2O_3	0.023	0.033
แมงกานีสออกไซด์MnO	0.028	0.048
เฟอร์ริกออกไซด์Fe_2O_3	3.586	2.329

3.2 อัตราส่วนของมอร์ตาร์



รูปที่ 2 ระยะที่เข็มจมลงกับระยะเวลาการก่อตัวของมอร์ตาร์

จากรูปที่ 2 ระยะที่เข็มจมลงกับระยะเวลาการก่อตัวของมอร์ตาร์ แสดงค่าอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ที่ 0.6 (41.4 กรัม) โดยจับเวลาตั้งแต่ 20 ถึง 460 นาที และปล่อยเข็มลงทุก ๆ 40 นาที วัดระยะที่เข็มจมลงโดยใช้ชุดทดสอบความข้นเหลวของซีเมนต์เพส เข็มวัดขนาด 0.5 มิลลิเมตร ยาว 5 เซ็นติเมตร พบว่าระยะเวลาเริ่มก่อตัวของมอร์ตาร์ที่อัตราส่วนน้ำ 0.6 (41.4 กรัม) ต่อซีเมนต์ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ เวลา 20 นาที มีค่าระยะเข็มที่จมลงเท่ากับ 40 มิลลิเมตร และที่ระยะเวลา 220 นาที พบว่าค่าระยะเข็มที่จมลงเท่ากับ 0 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ตัวอย่างเกิดการแข็งตัว เนื่องจากปริมาณของน้ำ ซีเมนต์ และเถ้าหนักอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม

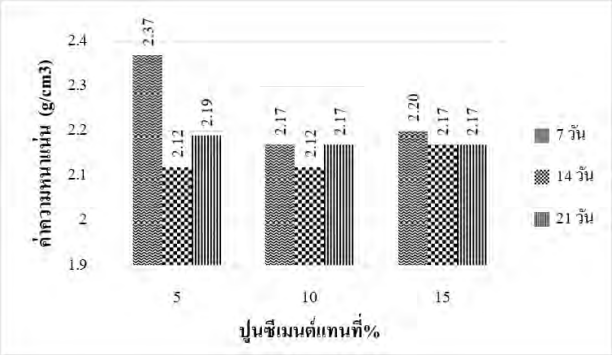
3.3 ความหนาแน่นของมอร์ตาร์

รูปที่ 3 การวัดขนาดของมอร์ตาร์

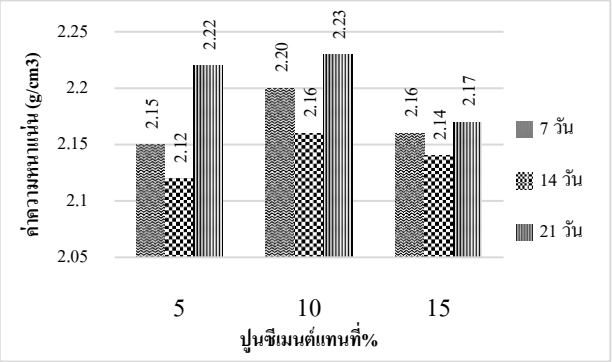
มอร์ตาร์ที่ผสมตะกรันเหล็กในการบ่มด้วยน้ำจืดระยะเวลา 7, 14 และ 21 วัน แสดงในรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่ามอร์ตาร์ที่ผสมตะกรันเหล็กในการบ่มด้วยน้ำจืดระยะเวลา 7 วัน ในอัตราส่วนซีเมนต์แทนที่ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความหนาแน่น เท่ากับ 2.37, 2.17 และ 2.20 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ มอร์ตาร์ที่ผสมตะกรันเหล็กในการบ่มด้วยน้ำจืดระยะเวลา 14 วัน มีค่าความหนาแน่น เท่ากับ 2.12, 2.12 และ 2.17 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ และมอร์

ตาร์ที่ผสมตะกรันเหล็กในการบ่มด้วยน้ำจืดระยะเวลา 21 วัน มีค่าความหนาแน่น เท่ากับ 2.19, 2.17 และ 2.17 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรตามลำดับ ตามลำดับ พบว่ามอร์ตาร์ที่มีค่าความหนาแน่นสูงสุดในการบ่มน้ำจืด คือ มอร์ตาร์ผสมตะกรันเหล็กที่ผ่านการบ่มระยะเวลา 7 วัน ในอัตราส่วนซีเมนต์แทนที่ 5 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากหินฝุ่นในซีเมนต์สามารถลดการดูดซึมน้ำภายในเนื้อคอนกรีตได้ดี โดยเป็นผลมาจากการที่เนื้อของคอนกรีตมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น [6]

รูปที่ 5 แสดงมอร์ตาร์ที่ผสมตะกรันเหล็กในการบ่มด้วยน้ำทะเลระยะเวลา 7, 14 และ 21 วัน พบว่ามอร์ตาร์ที่ผสมตะกรันเหล็กในการบ่มด้วยน้ำทะเลระยะเวลา 7 วัน ในอัตราส่วนซีเมนต์แทนที่ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความหนาแน่น เท่ากับ 2.15, 2.20 และ 2.16 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ มอร์ตาร์ที่ผสมตะกรันเหล็กในการบ่มด้วยน้ำทะเลระยะเวลา 14 วัน มีค่าความหนาแน่น เท่ากับ 2.12, 2.16 และ 2.14 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ มอร์ตาร์ที่ผสมตะกรันเหล็กในการบ่มด้วยน้ำทะเลระยะเวลา 21 วัน มีค่าความหนาแน่น เท่ากับ 2.22, 2.23 และ 2.17 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ พบว่ามอร์ตาร์ที่มีความหนาแน่นสูงสุดในการบ่มน้ำทะเล คือ มอร์ตาร์ผสมตะกรันเหล็กที่ผ่านการบ่มระยะเวลา 21 วัน ในอัตราส่วนซีเมนต์แทนที่ 10 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากคอนกรีตที่แทนที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 สามารถต้านการซึมผ่านของคลอไรด์ได้ดี และการแทนที่ของตะกรันเหล็กที่มากขึ้น พบว่าการซึมผ่านของคลอไรด์จากน้ำทะเลจะลดลง [7]



รูปที่ 4 ค่าความหนาแน่นมอร์ตาร์ตะกรันเหล็กในการบ่มด้วยน้ำจืดที่ 7, 14 และ 21 วัน



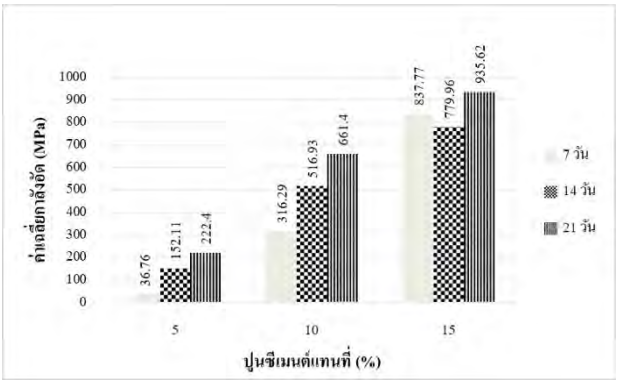
รูปที่ 5 ค่าความหนาแน่นมอร์ตาร์ตะกรันเหล็กในการบ่มด้วยน้ำทะเลที่ 7, 14 และ 21 วัน

3.4 กำลังอัดของมอร์ตาร์

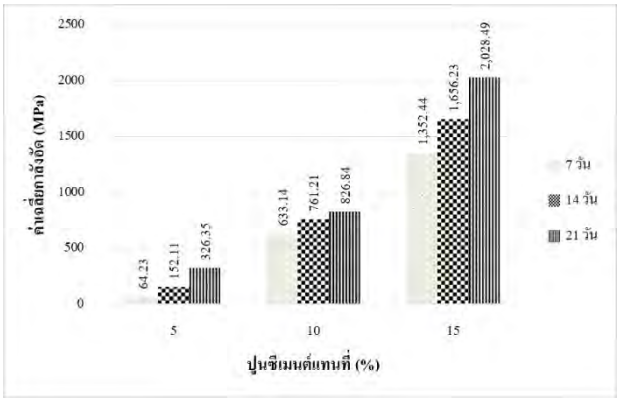
รูปที่ 6 การทดสอบกำลังอัดมอร์ตาร์

รูปที่ 6 การทดสอบกำลังอัดมอร์ตาร์โดยการนำมอร์ตาร์เข้าเครื่องทดสอบ GOTECH กดด้วยแรง

สม่ำเสมอด้วยอัตรา 140 Ksc/min ที่ความเร็ว 6 mm/min บันทึกค่าและวิเคราะห์ดังรูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่ามอร์ตาร์ที่ผสมตะกรันเหล็กโดยปูนซีเมนต์แทนที่ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ และผ่านการบ่มด้วยน้ำจืดระยะเวลา 7, 14 และ 21 วัน โดยระยะเวลาการบ่มที่ 7 วัน ปูนซีเมนต์แทนที่ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยกำลังอัด เท่ากับ 36.76, 316.29 และ 837.77 MPa ตามลำดับ มอร์ตาร์ที่ผสมตะกรันเหล็กและผ่านการบ่มด้วยน้ำจืดเป็นเวลา 14 วัน ปูนซีเมนต์แทนที่ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยกำลังอัดเท่ากับ 152.11, 516.93 และ 779.96 MPa ตามลำดับ มอร์ตาร์ที่ผสมตะกรันเหล็กและผ่านการบ่มด้วยน้ำจืดระยะเวลา 21 วัน ปูนซีเมนต์แทนที่ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยกำลังอัด เท่ากับ 222.40, 661.40 และ 935.62 MPa ตามลำดับ และจากรูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่ามอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าจากตะกรันเหล็กโดยปูนซีเมนต์แทนที่ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ และผ่านการบ่มด้วยน้ำทะเลระยะเวลา 7, 14 และ 21 วัน ระยะเวลาการบ่มที่ 7 วัน มอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าจากตะกรันเหล็กปูนซีเมนต์แทนที่ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยกำลังอัด เท่ากับ 64.23, 633.14 และ 1,352.44 MPa ตามลำดับ มอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าจากตะกรันเหล็กและผ่านการบ่มด้วยน้ำทะเลเป็นเวลา 14 วัน ปูนซีเมนต์แทนที่ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยกำลังอัด เท่ากับ 152.11, 761.21 และ 1,656.23 MPa ตามลำดับ มอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าจากตะกรันเหล็กและผ่านการบ่มด้วยน้ำทะเลเป็นเวลา 21 วัน ปูนซีเมนต์แทนที่ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยกำลังอัด เท่ากับ 326.35, 826.84 และ 2,028.49 MPa ตามลำดับ จากรูปที่ 7 และ รูปที่ 8 พบว่ามอร์ตาร์ที่มีค่าเฉลี่ยกำลังอัดสูงที่สุดคือ มอร์ตาร์ผสมตะกรันเหล็กที่ผ่านการบ่มน้ำทะเลเป็นระยะเวลา 21 วัน ในอัตราส่วนซีเมนต์แทนที่ 15 เปอร์เซ็นต์ ค่ากำลังอัด เท่ากับ 2,028.49 MPa เนื่องจากการบ่มในน้ำทะเลมีผลต่อการพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตมากกว่าการบ่มในน้ำจืดในทุก ๆ ส่วนผสม ตัวอย่างคอนกรีตที่มีระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นจะทำให้มีระยะเวลาพัฒนาทนต่อกำลังอัดนานขึ้นเช่นกัน [8]



รูปที่ 7 ค่ากำลังอัดมอร์ตาร์ตะกรันเหล็กในการบ่มด้วยน้ำจืดที่ 7, 14 และ 21 วัน



รูปที่ 8 ค่ากำลังอัดมอร์ตาร์ตะกรันเหล็กในการบ่มด้วยน้ำทะเลที่ 7, 14 และ 21 วัน

3.5 ระยะเวลาการบ่ม

จากรูปที่ 8 มอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าจากตะกรันเหล็กโดยปูนซีเมนต์แทนที่ 15 เปอร์เซ็นต์ และผ่านการบ่มด้วยน้ำทะเลระยะเวลา 7, 14 และ 21 มีค่ากำลังอัด เท่ากับ 1,352.44, 1,656.23 และ 2,028.49 MPa จะเห็นได้ว่าระยะเวลาการบ่มในน้ำทะเลมีผลต่อการพัฒนากำลังอัดของมอร์ตาร์มากกว่าการบ่มในน้ำจืดในทุก ๆ อัตราส่วนปูนซีเมนต์แทนที่ มอร์ตาร์ที่มีระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นจะทำให้มีระยะเวลาพัฒนาทนต่อกำลังอัดนานขึ้นเช่นกัน เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) และแคลเซียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานิกของตะกรันเหล็ก ในขณะที่เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานของตะกรันเหล็กที่เกิดขึ้นในช่วงอายุยาว ที่ระยะเวลาการบ่มที่ 21 วัน ซึ่งเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันมีปริมาณของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (CSH) ที่มากพอทำให้เกิดกำลังอัดที่สูงขึ้น [9] อีกทั้งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์มีแนวโน้มการต้านทานการซึมผ่านของคลอไรด์ในสภาพแวดล้อมที่เป็นน้ำทะเลได้ดี โดยตะกรันเหล็กมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ คือ ซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) และแคลเซียมออกไซด์ (CaO) มอร์ตาร์ที่มีส่วนผสมของตะกรันเหล็กที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับปูนซีเมนต์ทำให้ความสามารถในการผสานกับปูนซีเมนต์ได้มากขึ้นและใช้ทดแทนปูนซีเมนต์ได้ในอัตราส่วนที่เหมาะสม [7]

4. สรุปผล

จากการทดสอบกำลังอัดจากตะกรันเหล็กแทนที่ซีเมนต์ สามารถสรุปได้ดังนี้

4.1 การบ่มมีผลต่อกำลังอัดของมอร์ตาร์ในทุก ๆ ส่วนผสม ตัวอย่างมอร์ตาร์ที่บ่มด้วยน้ำทะเลระยะเวลา 7 วัน จะมีกำลังอัดน้อยกว่ามอร์ตาร์ที่บ่มด้วยน้ำทะเลระยะเวลา 21 วัน

4.2 เมื่อเปรียบเทียบมอร์ตาร์ตะกรันเหล็กที่บ่มด้วยน้ำทะเลและบ่มด้วยน้ำจืด ที่ปูนซีเมนต์แทนที่และระยะเวลาการบ่มเดียวกัน พบว่า มอร์ตาร์ตะกรันเหล็กที่บ่มด้วยน้ำทะเลมีค่ากำลังอัดที่สูงกว่ามอร์ตาร์ตะกรันเหล็กที่บ่มด้วยน้ำจืด

4.3 มอร์ตาร์ตะกรันเหล็กที่บ่มน้ำทะเลมีค่ากำลังอัดสูงกว่ามอร์ตาร์ตะกรันเหล็กที่บ่มน้ำจืด และกำลังอัดของมอร์ตาร์มีค่าสูงขึ้นตามปริมาณการใช้ปูนซีเมนต์แทนที่ตะกรันเหล็กที่เพิ่มขึ้น

4.4 การใช้ตะกรันเหล็กแทนที่ซีเมนต์โดยผ่านการบ่มด้วยน้ำทะเลสามารถเพิ่มกำลังอัดของมอร์ตาร์ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ความสะดวกในการใช้เครื่องทดสอบกำลังอัดสำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Srichan, T. and Chatveera, B., 2011, A study on curing sensitivity of concrete with different cement type and mineral admixtures, KMUTT Research and Development Journal, Vol.34, No.4, pp. 383-394. (in thai)

[2] Wanchok, K. and Apiwit, P., 2017, Mechanical Properties, Microstructure, Thermal Conductivity and Drying Shrinkage of Cellular Lightweight Concrete Containing Bagasse Ash. The Journal of Industrial Technology, Vol. 13, No.2. (in Thai)

[3] Surin, M. and Teerawut, M., 2007, Influences of Palm Oil Fuel Ash from Upper southern Part of Thailand on Properties of Mortar Portland Cement. M.Eng. Thesis, King Mongkut's University of Technology Thonburi. (in Thai)

[4] Naganathan S., Razak H. and Hamid S.N.A., 2012, Properties of controlled low-strength material made using industrial waste incineration bottom ash and quarry dust. Mater Des, 33, 56–63.

[5] Chatsanguthai, P., Khaodhian, S. and Lohwongwatana, B., 1999, Stabilization of arc furnace slag using Portland cement and/or lime. Environ Eng. Thesis, Chulalongkorn University. (in Thai)

[6] Hussin, M.W., & A.S.M.A. Awal. (1996). Palm oil fuel ash – A potential pozzolanic material in concrete construction. In: Proceedings of the International Conference on Urban Engineering in Asian Cities in the 21st Century, Bangkok. pp, D361-D366. (in Thai)

[7] Chalee, W., Teekavanit, M. and Jaturapitakkul, C., 2007, Effect of seawater on compressive strength, chloride penetration and corrosion of steel in fly ash concrete for 4-year exposure in marine environment, KMUTT Research and Development Journal, Vol.30, No.1, pp. 153-166. (in thai)

[8] Samrej, S., 2013, Usage of Fly Ash for Manufacturing Interlocking Block. M.Eng. Thesis, Suranaree University of Technology. (in Thai)

[9] Runglawan, R. and Suksun, H., 2003, Consolidation and Permeability Characteristics of Cemented Clays, Research and Development Journal, Vol.14, No.3. (in Thai)