การนำเถ้าหนักชีวมวลมาเป็นวัสดุถมกลับในหลุมเจาะ

The Use of Bottom Ash from Biomass as Drill Hole Backfill

ณปภัช สมานวงศ์

อาจารย์ประจำ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สาขาวิชาเทคโนโลยีปิโตรเลียม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

E-mail: Napaphat.sm@gmail.com

นลพรรณ ขันติกุลานนท์

อาจารย์ประจำ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สาขาวิชาเทคโนโลยีปิโตรเลียม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

E-mail: bua_non@hotmail.com

จักรพงษ์ จิตต์จำนงค์

อาจารย์ประจำ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สาขาวิชาเทคโนโลยีปิโตรเลียม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

E-mail: Alekjakkrapong@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของเถ้าหนักชีวมวลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นวัสดุถมกลับ โดยใช้เทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนต์สำหรับการวิเคราะห์ธาตุ ค่ากำลังแรงอัด และค่าความหนาแน่นของมอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าหนักจากยางพารา ในการทดลองนี้ใช้เถ้าหนักเป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ในปริมาณร้อยละ 5 ร้อยละ10 และร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก ซึ่งควบคุมให้เถ้าหนักมีการกระจายตัวของอนุภาค โดยแบ่งสภาพเป็นไม่บ่มน้ำ บ่มน้ำ 7 วัน และ บ่มน้ำ 28 วัน จากผลการทดลองพบว่า ความหนาแน่นของมอร์ตาร์มีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าหนักยางพารา กำลังอัดของมอร์ตาร์มีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าหนักยางพาราแม้ว่าหน่วยน้ำหนักจะมีค่าเพิ่มขึ้น การพัฒนากำลังแรงอัดของมอร์ตาร์ที่บ่มน้ำ 28 วันจะเพิ่มขึ้นเมื่อร้อยละการแทนที่ปูนซีเมนต์ของเถ้ายางพาราลดลง กำลังแรงอัดของมอร์ตาร์เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มน้ำเพิ่ม

คำสำคัญ : เถ้าหนัก ชีวมวล วัสดุถมกลับ กำลังแรงอัด

ABSTRACT

The aim of this research was to investigate the basic properties of ash biomass can be utilized as backfill material using X-ray fluorescence (XRF) technique for analysis, compressive strength and density of mortar containing bottom ash from Para-rubber wood. In this experiment, bottom ash was used as cement supplementary material at 5% , 10% , and 15% by weight, which controlled bottom ash with particle size distribution. The conditions are not incubated, incubated 7 days and incubated 28 days. The results show that the density of mortar increases with Para ash replacement. The compressive strength of mortar decreases with Para ash replacement even with the increase in maximum unit weight. The compressive strength of mortar at incubated 28 days can be developed by replacing Para ash in cement increases when the percent of replacement of Para ash in cement decreased. The compressive strength of mortar increases as the curing time increases.

KEYWORDS : Bottom ash, Biomass, Backfill, Compressive strength

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ปัจจุบันเถ้าชีวมวลเป็นเถ้าที่เหลือจากวัสดุทางการเกษตรที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและต้องนำไปกำจัดทิ้งเพราะมีปริมาณมาก ซึ่งอาจเป็นการทิ้งเพื่อถมที่หรือทิ้งในบ่อทิ้งที่เตรียมไว้ นอกจากการนำไปทิ้งแล้วเถ้าชีวมวลบางชนิดสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ นิโรจน์ (2557) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานคอนกรีต เถ้าชีวมวลที่มีศักยภาพที่จะนำไปใช้ในงานคอนกรีตได้ ต้องมีลักษณะดังนี้ เป็นเถ้าที่มีออกไซด์ของซิลิกา หรือ ซิลิกาและอะลูมินาออกไซด์สูงโดยทั่วไปควรมากกว่าร้อยละ 50 ของทั้งหมด มีความละเอียดสูงหรือสามารถทำให้มีความละเอียดสูงได้ และไม่เป็นผลึกคือสามารถทำปฏิกิริยากับด่าง (แคลเซียมไฮดรอกไซด์) ได้ ซึ่งเถ้าชีวมวลที่เข้าข่ายในลักษณะข้างต้น ได้แก่ เถ้าจากการเผาเปลือกยางพารา (para ash) เถ้าจากการเผาแกลบ (rice husk ash) หรือเถ้าจากการเผาแกลบร่วมกับเปลือกไม้ (rice huskbark ash) และเถ้าจากการเผาชานอ้อย (bagasse ash) ประชุม (2553)

การสละหลุมถาวร (Plug and Abandonment) ส่วนใหญ่จะทำในหลุมสำรวจ แต่บางครั้งผลการเจาะหลุมเพื่อผลิตก็อาจเป็นหลุมแห้งได้หรือหลุมที่ไม่ใช้ประโยชน์แล้วจะต้องอุดหลุมด้วยซีเมนต์ป้องกันไม่ให้ของไหลที่มีอยู่ในชั้นหินไหลไปสู่ชั้นหินอื่นที่อาจทำลายชั้นหินกักเก็บปิโตรเลียมที่อยู่ใกล้เคียงหรือไหลเข้าไปปนเปื้อนชั้นน้ำใต้ดิน Mostafa et al. (2004) ในกรณีที่มีการทดสอบอัตราการไหลของหลุมต้องทำการอัดซีเมนต์ (Squeeze Cement) เข้าไปในชั้นหินที่ทดสอบทุกช่วงจากนั้นเติมน้ำโคลนลงในหลุมเพื่อรักษาสภาพสมดุลและติดตั้งตัวปิดกั้นหลุม (Bridge Plug) ในท่อกรุชั้นในสุดเหนือชั้นหินดังกล่าว บนตัวปิดกั้นหลุมนี้จะอุดซ้ำด้วยซีเมนต์ (มาตรฐานทั่วไปใช้ซีเมนต์หนาประมาณ 150 ฟุต) ถัดจากซีเมนต์ช่วงนี้จะเป็นน้ำโคลนอีกช่วงหนึ่ง และตามด้วยซีเมนต์โดยมีความหนาประมาณ 300-500 ฟุต การอุดซีเมนต์ในท่อกรุในชั้นถัดมาก็จะทำเช่นเดียวกับช่วงแรกเพียงแต่อาจไม่จำเป็นต้องมีตัวปิดกั้นหลุม Mostafa et al. (2005)

วัสดุถมกลับคือวัสดุเหลือใช้ เศษดิน หิน หางแร่ทิ้ง และของเสีย มาใช้ในการถมกลับเพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยการนำเถ้าหนักมาผสมกันระหว่างน้ำ ซีเมนต์ และเปลือกดินทิ้ง เพื่อใช้ประโยชน์ในการถม

กลับไปยังหลุมเจาะเก่าที่ไม่เสถียรและช่วยในการป้องกันการพังทลายของหลุม สำหรับปัจจุบันนี้มีการนำเถ้าหนักมาใช้ประโยชน์กันหลาย ๆ อย่าง เช่น ใช้เป็นมวลรวมละเอียดในแอลฟัลต์คอนกรีต ใช้เป็นตัวกลางปลูกพืช เป็นต้น ซึ่งเถ้าหนักถือว่าเป็นวัสดุที่เหลือใช้ในปัจจุบัน ถ้าสามารถนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ได้ก็จะเกิดคุณค่าอย่างมากอีกทั้งยังเป็นการขจัดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย นอกจากนี้มีงานวิจัยจำนวนมากที่ได้ศึกษาการใช้วัสดุปอซโซลานหรือเถ้าจากชีวมวลมาแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วนเพื่อพัฒนาให้สามารถต้านทานกำลังแรงอัด Waongkeo et al. (2012) และศึกษาอัตราส่วนผสมการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าชีวมวลในอัตราส่วนร้อยละ 10, 20, 30, 40 และ 50 ของปูนซีเมนต์ พบว่าอัตราส่วนผสมของเถ้าชีวมวลที่เพิ่มขึ้นทำให้ความสามารถในการรับแรงอัดลดลง โดยอัตราส่วนที่มีค่าเหมาะสมไม่ควรเกินร้อยละ 30 Sinsiri et al. (2012) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจและได้ศึกษาความสามารถในการรับกำลังแรงอัด ความหนาแน่น และอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าหนักในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10 และ 15 ของปูนซีเมนต์ เพื่อจะนำมาประยุกต์ใช้ในงานถมกลับภายในหลุมเจาะปิโตรเลียม อีกทั้งยังเป็นประโยชน์จากการใช้ของเหลือทิ้งที่ต้องได้รับการจัดการอย่างเหมาะสมอีกทางหนึ่งด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของเถ้าหนักชีวมวลจากยางพาราเพื่อสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นวัสดุถมกลับได้

3. ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการใช้ประโยชน์จากเถ้าหนักชีวมวลเพื่อใช้ในงานถมกลับในหลุมเจาะปิโตรเลียม โดยทำการศึกษาที่ห้องปฏิบัติการสาขาเทคโนโลยีปิโตรเลียม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

เถ้าหนักที่ใช้ คือ เถ้าหนักจากยางพารา

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแบบกึ่งปริมาณโดยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF)

อัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าหนักในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10 และ 15 ของน้ำหนัก

ทำการศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนผสมต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ที่มีผลต่ออายุการบ่มในสภาพไม่บ่ม บ่ม 7 วัน และบ่ม 28 วัน

ทำการศึกษาอิทธิพลทางกลของมอร์ตาร์ที่ผลิตขึ้นจากปูนซีเมนต์ เปลือกดิน และเถ้าหนัก

4.ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวคิดของงานวิจัย

ในประเทศไทยมีการใช้วัสดุทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และได้ส่วนที่เป็นผลพลอยได้ คือ เถ้าหนัก ซึ่งเถ้าหนักสามารถใช้ในงานคอนกรีตได้เนื่องจากเป็นวัสดุปอซโซลาน มีสารจำพวกซิลิกาหรือซิลิกาและอะลูมินาปนอยู่ อีกทั้งเป็นวัสดุกองถมทิ้งค่อนข้างใหญ่ อย่างไรก็ตามงานวิจัยเกี่ยวกับเถ้าหนักเพื่อใช้ในงานถมกลับทางปิโตรเลียมยังมีอยู่น้อย หากนำเถ้าหนักมาใช้เป็นวัสดุประสานกับปูนซีเมนต์ อาจทำให้ได้วัสดุที่มีโครงสร้างแข็งแรง มีลักษณะเหมือนคอนกรีต และสามารถนำมาใช้งานคอนกรีตได้

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 ระเบียบวิจัย

5.1.1 ทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุ

ทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐานของเถ้าหนักจากยางพารา โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี น้ำที่ใช้ในการผสมมอร์ตาร์ใช้น้ำประปา

5.1.2 วิธีวิจัย

มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

1) กำหนดแหล่งเถ้าหนักที่ใช้ในงานวิจัย โดยงานวิจัยนี้ใช้เถ้าหนักยางพาราจากจังหวัดสงขลา

2) เก็บตัวอย่างเถ้าหนัก ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเถ้าหนักดังกล่าว

3) ทำการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของเถ้าหนักโดยนำเถ้าหนักไปบดให้มีขนาดเล็กลง และคัดขนาดเถ้าหนักผ่านตะแกรงคัดขนาด เบอร์ 30 ธีรวุฒิ และคณะ (2551) ก่อนนำมาศึกษา

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

5) ศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อมอร์ตาร์ เช่น อิทธิพลของปริมาณวัสดุประสาน อิทธิพลของความหนาแน่น อิทธิพลของกำลังอัด และอิทธิพลของการบ่ม

5.1.3 การศึกษาความหนาแน่น

การทดสอบความหนาแน่นโดยใช้ไมโครมิเตอร์ในการวัดขนาดของมอร์ตาร์

1) ทำการทดสอบความหนาแน่นของมอร์ตาร์จากเถ้าหนักบดละเอียดนำไปแทนที่ปูนซีเมนต์ในปริมาณร้อยละ 5, 10 และ 15 โดยน้ำหนักของวัสดุประสาน ผสมใส่แบบหล่อทรงกระบอกขนาด 5×5 เซนติเมตร อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานเท่ากับ 0.6 วันโชค และคณะ (2560) โดยส่วนผสมมอร์ตาร์แสดงในตารางที่ 1

2) ภายหลังหล่อมอร์ตาร์ 24 ชั่วโมง นำมาบ่มน้ำสะอาด จากนั้นนำมาทดสอบความหนาแน่นในสภาพไม่บ่ม บ่ม 7 วัน และบ่ม 28 วัน ตามลำดับ การทดสอบความหนาแน่นใช้ตัวอย่างทดสอบอายุทดสอบละ 3 ก้อนตัวอย่างทดสอบ โดยความหนาแน่นสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (1)

$$D = \frac{W}{A} \tag{1}$$

เมื่อกำหนดให้ D คือ ความหนาแน่นหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Kg/m^3), W คือ น้ำหนักของก้อนมอร์ตาร์หน่วยเป็นกิโลกรัม (Kg), A คือ ปริมาตรของก้อนมอร์ตาร์หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร (m^3)

5.1.4 การศึกษากำลังอัด

การศึกษากำลังอัดโดยหลังจากทดสอบความหนาแน่นแล้วนำก้อนมอร์ตาร์มาทดสอบกำลังอัด

1) เตรียมตัวอย่างมอร์ตาร์ที่บ่มน้ำสะอาดที่สภาพไม่บ่ม บ่ม 7 วัน และบ่ม 28 วัน ตามลำดับ การทดสอบกำลังอัดใช้ตัวอย่างทดสอบอายุทดสอบละ 3 ก้อนตัวอย่างทดสอบและหาค่าเฉลี่ยของกำลังอัด

2) เลือกผิวทดสอบที่เรียบ จากนั้นนำมาทดสอบกำลังอัดประลัยตามมาตรฐาน ASTM C684 ที่สภาพไม่บ่ม บ่ม 7 วัน และบ่ม 28 วัน ตามลำดับ

3) วางก้อนตัวอย่างบนแท่นกดด้านล่าง โดยว่างในตำแหน่งที่อยู่กึ่งกลางของแท่นกด (แผ่นของแท่นกดทั้งด้านบนและด้านล่างต้องสะอาด)

4) เปิดเครื่องกดตัวอย่าง โดยเพิ่มแรงกดอย่างสม่ำเสมอด้วยอัตรา 140 Ksc/min จนกระทั้งก้อนตัวอย่างแตกละเอียด และบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของมอร์ตาร์ที่ใช้ศึกษา

% Cement	Cement (g)	Top soil (g)	Bottom Ash (g)	Water (g)
5%	11.5	161.0	57.5	41.0
10%	23.0	161.0	46.5	41.0
15%	34.5	161.0	43.5	41.0

5.2 วิธีเก็บข้อมูล

การศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของเถ้าหนักชีวมวลจากยางพารา มีวิธีการเก็บและรวบรวมข้อมูลใช้ในงานวิจัย ดังนี้

1) ทำการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาของเถ้าหนักเพื่อเป็นแนวทางการศึกษา ทำการศึกษาข้อมูลย้อนหลังจนถึงปัจจุบันขององค์ประกอบทางเคมีของเถ้าหนัก

2) วิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของเถ้าหนัก โดยส่งตัวอย่างวิเคราะห์ทดสอบ ณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

3) ทำการบันทึกผลทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐานของตัวอย่างมอร์ตาร์ ณ ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

5.3 ปัจจัยที่เอื้อต่อการวิจัย

5.3.1 เครื่องมือ

1) เบ้าหล่อคอนกรีต

2) ตะแกรงคัดขนาด

3) เครื่องทดสอบแรงอัด

4) ถังน้ำ

5) เครื่องชั่งน้ำหนัก

5.3.2 วัสดุอุปกรณ์

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และน้ำ

2) เถ้าหนักยางพารา

3) เปลือกดิน

5.4 คำอธิบายสัญลักษณ์

A5 = ซีเมนต์แทนที่ด้วยเถ้าหนักยางพาราร้อยละ 5 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน

A10 = ซีเมนต์แทนที่ด้วยเถ้าหนักยางพาราร้อยละ 10 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน

A15 = ซีเมนต์แทนที่ด้วยเถ้าหนักยางพาราร้อยละ 15 โดยน้ำหนักวัสดุประสาน

6. ผลการวิจัย

6.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุฉมกลับ

ผลการทดสอบเพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุฉมกลับโดยใช้เครื่องเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนต์สเปกโทรมิเตอร์ (X-ray Fluorescence Spectrometer-XRF) จากศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้ผลการทดสอบหาองค์ประกอบทางเคมีของเถ้ายางพารา ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของเถ้ายางพารา

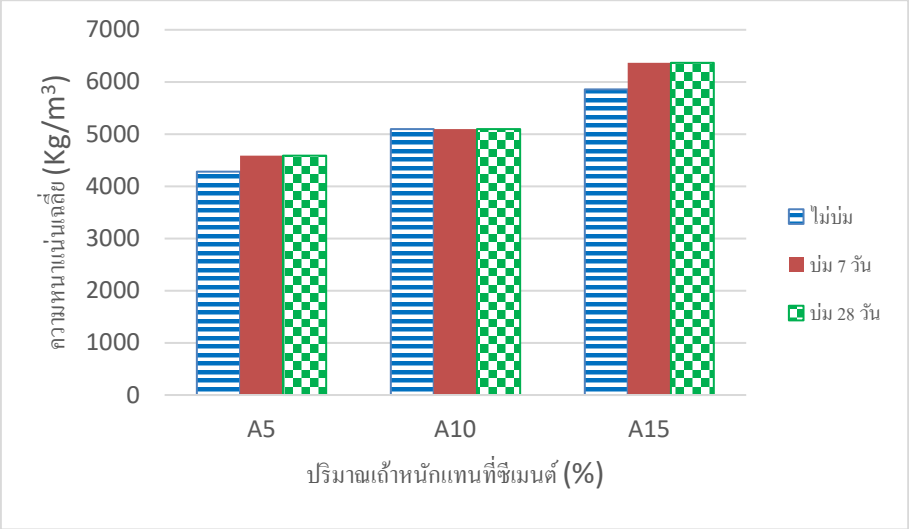
องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละขององค์ประกอบทางเคมี
โซเดียมออกไซด์ Na_2O	-
แมกนีเซียมออกไซด์ MgO	1.03
อะลูมิเนียมออกไซด์ Al_2O_3	3.95
ซิลิคอนไดออกไซด์ SiO_2	30.33
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ SO_3	0.35
โพแทสเซียมออกไซด์ K_2O	2.84
แคลเซียมออกไซด์ CaO	7.5
ไทเทเนียมไดออกไซด์ TiO_2	0.21
เฟอร์ริกออกไซด์ Fe_2O_3	0.65
ฟอสฟอรัสเพนต็อกไซด์ P_2O_5	0.94
คอปเปอร์ออกไซด์ CuO	0.07

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า วัสดุเถ้ายางพารามีองค์ประกอบของซิลิคอนไดออกไซด์ (ร้อยละ 30.33) อลูมิเนียมออกไซด์ (ร้อยละ 3.95) ดังนั้นเถ้ายางพาราอาจจะมีคุณสมบัติในการเชื่อมประสาน โดยก่อให้เกิดสารประกอบแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (CSH) และ/หรือ แคลเซียมอลูมิเนตไฮเดรต (CAH) หลังจากที่ทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ทำให้มีคุณสมบัติเป็นวัสดุปอซโซลานที่เหมาะกับงานคอนกรีต ทำให้คอนกรีตมีคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ดีขึ้น เช่น กำลังอัด ความทนทาน Malhotra et al. (1996)

6.2 ความหนาแน่นของวัสดุฉมกลับ

ผลการทดสอบค่าความหนาแน่นของมอร์ตาร์ผสมเถ้าหนักยางพาราที่ 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งสภาพการบ่ม คือ ไม่บ่ม บ่มน้ำ 7 วัน และบ่มน้ำ 28 วัน แสดงในรูปที่ 1 เมื่อทำการบ่มก้อนมอร์ตาร์เป็นเวลา 7 วัน และ 28 วัน โดยหลังจากการบ่มได้ทำการวัดการขยายตัวและชั่งน้ำหนัก พบว่าการความหนาแน่นของก้อนมอร์ตาร์ที่มีการบ่มมีค่ามากกว่าก้อนมอร์ตาร์ที่ไม่บ่ม และการแทนที่ของเถ้ายางพาราในปูนซีเมนต์จากร้อยละ 5 (A5) ถึง 15 (A15) ความหนาแน่นจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการขยายตัวเพิ่มขึ้นของก้อนมอร์ตาร์ และจาก

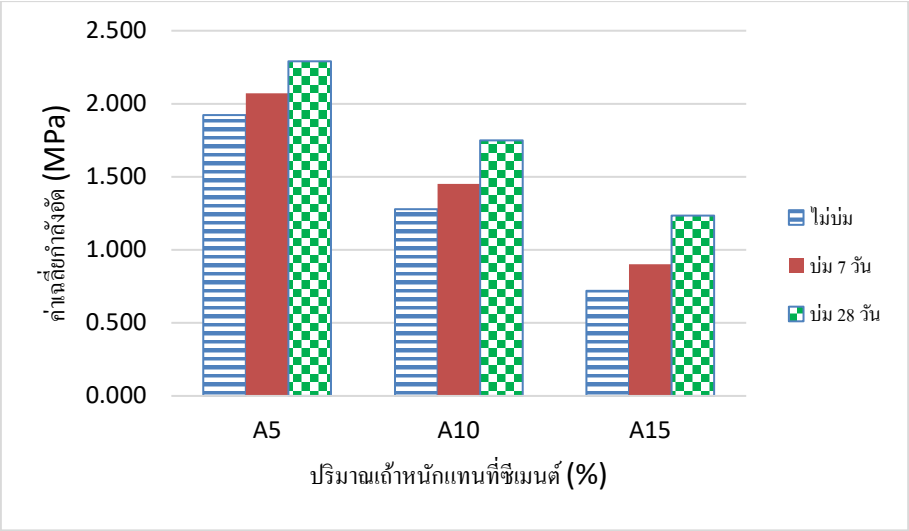
อนุภาคของเถ้ายางพารามีพื้นที่ผิวในการดูดซับน้ำมาก สาเหตุมาจากเถ้ายางพารามีความละเอียดมากกว่าปูนซีเมนต์ อีกทั้งจากองค์ประกอบทางเคมีของเถ้ายางพาราที่มีอัลคาไลน์ในสัดส่วนที่สูงจึงทำให้การขยายตัวมีค่ามากขึ้น Hewlett (1996)



รูปที่ 1 ค่าความหนาแน่นของก้อนมอร์ตาร์กับอัตราส่วนผสมของเถ้ายางพารา โดยแบ่งสภาพเป็นไม่บ่มน้ำ บ่มน้ำ 7 วัน และ บ่มน้ำ 28 วัน

6.3 การทดสอบกำลังอัดของก้อนมอร์ตาร์

ผลการทดสอบกำลังอัดของมอร์ตาร์ผสมเถ้าหนักยางพาราในอัตราส่วนร้อยละ 5 10 และ15 แสดงในรูปที่ 2 ผลการทดสอบการบ่มที่สภาพไม่บ่ม บ่ม 7 วัน และบ่ม 28 วัน พบว่ากำลังอัดของมอร์ตาร์ที่ผสมเถ้าหนักยางพาราในอัตราส่วนร้อยละ 15 (A15) มีค่าต่ำกว่ามอร์ตาร์ในทุกส่วนผสม การแทนที่เถ้าหนักในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้กำลังอัดของมอร์ตาร์ลดลง ยกตัวอย่างเช่น ที่อายุบ่ม 28 วัน กำลังอัดของมอร์ตาร์ A5, A10 และ A15 มีค่าเท่ากับ 2.30, 1.75 และ 1.24 เมกะปาสคาล ตามลำดับ และหากพิจารณาจากรูปที่ 2 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าหนักกำลังอัดมีแนวโน้มเริ่มลดลง และในทุกช่วงอายุการบ่มน้ำกำลังอัดของมอร์ตาร์ A5 ที่อายุการบ่มน้ำ 28 วัน มีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับมอร์ตาร์อื่น ๆ การพัฒนากำลังอัดมอร์ตาร์มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออายุการบ่มเพิ่มขึ้น เช่น มอร์ตาร์ A5 ที่สภาพอายุการบ่ม คือ ไม่บ่ม บ่ม 7 วัน และบ่ม 28 วัน มอร์ตาร์มีกำลังอัดเท่ากับ 1.92, 2.07 และ 2.29 เมกะปาสคาล จะเห็นได้ว่าการลดของอัตราส่วนกำลังอัดมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกันกับอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเปลือกดินทั้งสองค่า หรืออาจกล่าวได้ว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าหนักยางพารายังไม่แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของเถ้ายางพาราในด้านกำลังอัด อย่างไรก็ตาม ที่อายุการบ่มน้ำที่มากขึ้นส่งผลให้กำลังอัดมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาปอซโซลานซึ่งต้องใช้เวลานานในการพัฒนาปฏิกิริยา สำเร็จ (2556)



รูปที่ 2 ค่ากำลังอัดของก้อนมอร์ตาร์กับอัตราส่วนผสมของเถ้ายางพารา โดยแบ่งสภาพเป็นไม่บ่มน้ำ บ่มน้ำ 7 วัน และ บ่มน้ำ 28 วัน

6.4 อิทธิพลของอายุการบ่ม

จากการทดสอบหาค่ากำลังแรงอัด โดยพิจารณาอายุการบ่ม ดังแสดงในรูปที่ 2 เมื่อพิจารณาที่ทุกอายุการบ่ม พบว่าอายุการบ่มมีผลต่อการพัฒนากำลังแรงอัดและมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ การเพิ่มขึ้นของกำลังแรงอัดตามอายุการบ่มที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาซีเมนต์ไฮเดรชั่นของอนุภาคซีเมนต์กับน้ำในก้อนตัวอย่าง ทำให้เกิดการยึดเกาะของเม็ดดินเข้าด้วยกัน เป็นผลทำให้ก้อนมอร์ตาร์สามารถรับแรงอัดได้ดีขึ้น โดยเฉพาะเมื่อระยะเวลาการบ่ม 28 วัน จะเห็นการพัฒนาที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเถ้ายางพาราประกอบด้วยซิลิกาทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลาน หลังจากเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชั่น ซึ่งเป็นผลทำให้อายุการบ่มเพิ่มขึ้น ก้อนมอร์ตาร์สามารถพัฒนากำลังแรงอัดเพิ่มขึ้น รุ้งลาวัลย์ และคณะ (2546)

7. สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปแนวทางในการพัฒนารูปแบบของวัสดุชีวมวลที่ใช้ในการผสมซีเมนต์ โดยวัสดุชีวมวลที่ใช้ คือเถ้าหนักยางพารา พบว่าอัตราส่วนของวัสดุเถ้าหนักยางพารา และระยะเวลาการบ่มมีผลต่อกำลังแรงอัดของมอร์ตาร์ โดยที่อัตราส่วนเถ้าหนักยางพาราแทนปูนซีเมนต์ร้อยละ 5 ที่ระยะการบ่ม 28 วัน จะให้กำลังอัดสูงสุด ส่วนในระยะเวลาในการบ่มที่ 0 วัน และ 7 วัน จะมีกำลังแรงอัดลดลงตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการบ่มมีผลต่อการพัฒนากำลังอัดของมอร์ตาร์ในทุก ๆ อัตราส่วนผสม ซึ่งมอร์ตาร์ที่ไม่มีการบ่มจะมีกำลังอัดน้อยกว่ามอร์ตาร์ที่มีการบ่มน้ำ อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาของการบ่มน้ำเพิ่มขึ้นจะทำให้การพัฒนากำลังอัดดีขึ้น อีกทั้งกำลังอัดของมอร์ตาร์มีค่าลดลงตามการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนการแทนที่ด้วยเถ้าหนักยางพารา แม้ว่าความหนาแน่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นไม่ได้เป็นตัวควบคุมกำลังอัด แต่ตัวแปรหลักที่ควบคุมการพัฒนากำลังอัดคือปฏิกิริยาไฮเดรชันเกิดจากปูนซีเมนต์ Chindaprasirt et al. (2010)

8. อภิปรายผล

ก้อนตัวอย่างที่ผสมเถ้าหนักจากยางพาราสามารถรับกำลังแรงอัดสูงสุด ที่มีระยะการบ่ม 28 วัน โดยลักษณะของการรับแรงอัดมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อมีระยะการบ่มเพิ่มขึ้น และจากการศึกษาพบว่าเถ้ายางพาราที่นำมาศึกษาสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้งโดยการนำมาแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน โดยที่ไม่ส่งผลเสียต่อกำลังมอร์ตาร์และยังสามารถลดปริมาณปูนซีเมนต์ลงได้ การวิจัยนี้สามารถเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาวัสดุที่ใช้ในงานถมกลับหลุมเจาะได้ต่อไป

9. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยครั้งนี้ใช้วัสดุปอซโซลานคือเถ้าหนักยางพาราแทนที่ปูนซีเมนต์เพื่อศึกษาด้านกำลังอัด ความหนาแน่น และระยะเวลาการบ่ม ในการศึกษาครั้งต่อไปอาจศึกษาความละเอียดของเถ้าหนักต่อคุณสมบัติทางด้านกำลังแรงอัด อายุการบ่มในระยะเวลาที่มากขึ้น ความทนทานต่อสารเคมีต่าง ๆ และศึกษาโครงสร้างภายในของมอร์ตาร์เพื่อสร้างความมั่นใจแก่อุตสาหกรรมปิโตรเลียมในการใช้เถ้าหนักในงานถมกลับในหลุมเจาะที่ใช้ส่วนผสมของปูนซีเมนต์ ทั้งนี้เพื่อลดต้นทุนการผลิตและเป็นการพัฒนางานทางด้านการถมกลับของประเทศไทยอย่างยั่งยืนและต่อเนื่องต่อไป

10.เอกสารอ้างอิง

ประชุม คำพุฒ. 2553. **การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของคอนกรีตบล็อกดินขาวผสมเถ้าแกลบ**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีธัญบุรี.

นิโรจน์ เงินพรหม. 2557. **การศึกษาคุณสมบัติของชั้นทางผสมดินลูกรังปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์และตะกรันเหล็ก**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

Mostafa B., Fall M. and Belem T. 2004. **A contribution to understanding the hardening process of cemented pastefill**, Minerals Engineering, 141-152**.**

Mostafa B., Fiset J.F., Bussiere B., Villeneuve M. and Plante B. 2005. **Sludge recycling within Cemented paste backfill: Study of the mechanical and leachability properties**, Minerals Engineering.

Malhotra V.M. and Mehta P.K. 1996. **Pozzolanic and Cementitious Materials**. Canada: Gordon and Breach Publishers.

Wongkeo, W., Thongsanitgarn, P., Pimraksa, K., Chaipanich, A. 2012. **Compressive strength, flexural strength and thermal conductivity of autoclaved concrete block made using bottom ash as cement replacement materials**, Material and Design, 35: 434-439.

Sinsiri, T., Kroehong, W., Jaturapitakkul, C. Chindaprasirt, P. 2012. **Assessing the effect of biomass ashes with different finenesses on the compressive strength of blended cement paste**, material and Design, Vol. 42, pp. 424-433.

ธีรวุฒิ มูฮำหมัด และสุรินทร์ มายูร. 2551. **การศึกษาผลกระทบของเถ้าลอยปาล์มน้ำมันจากแหล่งต่างๆ ต่อคุณสมบัติของมอร์ตาร์ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์,** การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 13, 14-16 พฤษภาคม, โรงแรมจอมเทียน ปาล์ม บีช พัทยา, จ.ชลบุรี.

วันโชค เครือหงส์ และอภิวิชญ์ พูลสง. 2560. **สมบัติทางกลโครงสร้างจุลภาค การนำความร้อนและการหดตัวแห้งของคอนกรีตมวลเบาเซลลูล่าผสมเถ้าชานอ้อย**, The Journal of Industrial Technology, Vol. 13, No.2.

Hewlett, P. 1998. **Lea's Chemistry of Cement and Concrete**, Edward Arnold Ltd., New York, 4th Edition.

สำเร็จ สารมาคม. 2556. **การประยุกต์ใช้เถ้าลอยในการผลิตบล็อกประสาน**, วิทยานิพนธ์สาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

รุ้งลาวัลย์ ราชัน และสุขสันต์ หอพิบูลย์สุข. 2546. **การศึกษาการอัดตัวคายน้ำและการซึมผ่านน้ำของดินเหนียวซีเมนต์**, วิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา, 14, 3.

Chindaprasirt, P., Jaturapitakkul, C., Sinsiri, T. 2007. **Effect of fly ash fineness on microstructure of blended cemented paste**, Construction and Building Materials, Vol.21, No.7, pp. 1534-1541.