

คุณสมบัติการขยายตัวและกำลังอัดของเร้แอนไฮไดรต์เพสต์ โดยผสมสารตัวเร่งปฏิกิริยา

Swell and Compressive Strength Characteristics of Anhydrite Paste

Mixing with Catalysts

ภาณุวัฒน์ สุริยันต์ และ บุญเที่ยง พึงตาล

ภาควิชาชีวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ประชานุกิจ บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาเพื่อนำมาเรอเร้นไฮไดรต์ซึ่งเป็นผลพอลอยได้หรือเป็นเรทเทล็อกห้องจากการทำเมืองเรอปั้มมาใช้ให้เกิดประ予以ชันสูงสุดและเหมาะสม พร้อมทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าเรอเพื่อใช้สำรองเรทที่มีคุณสมบัติเหมือนกัน หรือใกล้เคียงกันเพื่อที่จะนำไปใช้ทดแทนกันได้ในอนาคตถ้าหากมีการขาดแคลนกิตตี้ชิน การศึกษาทางด้านวิศวกรรมในด้านระบบทราบการก่อตัว การขยายตัว และการรับกำลังอัดของเพสต์เมื่อผสมสารเคมีตามอัตราส่วนผสมต่างๆ โดยสารเคมีที่ใช้มีสามชนิดคือ โพแทลลิเชียมชัลเฟต อัตราส่วนที่ใช้คือร้อยละ 1, 1.2 และ 1.4 ซิงค์ชัลเฟต และ อะกูมิเนียมชัลเฟต อัตราส่วนที่ใช้คือร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 โดยน้ำหนักของเรอเร้นไฮไดรต์ การศึกษาจะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนละเอียดและส่วนหยาบ ส่วนละเอียดเป็นส่วนที่มีเฉพาะอนุภาคที่ละเอียดโดยพิจารณาจากการผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 200 ส่วนที่สองเป็นส่วนหยาบที่มีขนาดคละกัน ตั้งแต่ค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 8 จนถึงผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 200

ผลของการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารเคมี ปฏิกิริยาการก่อตัวที่เกิดก็จะเร็วขึ้น ตัวอย่างที่มีความละเอียดมากกว่าก็จะเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เร็วกว่าตัวอย่างที่หยาบ โครงสร้างของเรอเร้นไฮไดรต์เมื่อผสมสารเคมีจะมีลักษณะโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไป และจะมีความสามารถในการดูดซับปริมาณน้ำเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดการขยายตัวสูงที่ 90 วัน มีค่าคิดเป็นร้อยละ 7.29 โดยใช้สารตัวเร่งปฏิกิริยาที่ปริมาณร้อยละ 1: 0.5: 0.5 ($K_2SO_4 : ZnSO_4 : Al_2(SO_4)_3$) และ ระยะเวลาการก่อตัวเมื่อผสมกับสารเคมีชนิดละอียดค่าการก่อตัวระยะต้นจะอยู่ในช่วง 50 ถึง 178 นาที ระยะปลาย 130 ถึง 345 นาที ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารเร่งปฏิกิริยาที่ใส่เข้าไป สำหรับผลของการรับกำลังอัดพบว่า ส่วนที่ผสมกับสารเร่งปฏิกิริยานิดละอียดมีความสามารถในการรับกำลังอัดได้สูงถึง 410 กก/ตร.ซม โดยใช้อัตราของสารเร่งปฏิกิริยาที่ร้อยละ 1.4: 0.5: 0.5 ($K_2SO_4 : ZnSO_4 : Al_2(SO_4)_3$) ซึ่งสูงกว่าชนิดหยาบถึง 2 เท่าตัว (แบบบ่มด้วยอากาศ) และชนิดละอียดที่มีน้ำหนักน้ำให้ค่ากำลังอัดสูงสุดที่อาบุกามเมที่ 15 วัน เท่ากับ 82 กก/ ตร.ซม หลังจากนั้นให้ค่ากำลังรับแรงอัดลดลงจากการศึกษาจะเห็นว่าวัสดุชนิดละอียดจะสามารถรับกำลังอัดได้สูงกว่าชนิดหยาบมาก โดยที่ไม่จำเป็นต้องใช้ปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสม และกำลังอัดขนาดดังกล่าวของตัวอย่างที่รับกำลังได้สูงสุดถึง 410 กก/ตร.ซม ซึ่งจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการก่อสร้างได้ แต่ถึงอย่างไรก็ตามควรที่จะพิจารณาเป็นเฉพาะงานไป เมื่อจากเมื่อสัมผัสถกับน้ำเป็นเวลานานๆ เรอเร้นไฮไดรต์จะเกิดการขยายตัวที่สูงมาก และกำลังที่ได้จะลดลง

คำสำคัญ: เเรอเร้นไฮไดรต์ / แคลเซียมชัลเฟต / ตัวเร่งปฏิกิริยา / โพแทลลิเชียมชัลเฟต / ซิงค์ชัลเฟต / อะกูมิเนียมชัลเฟต

Abstract

The purpose of this paper is to study the Anhydrite mineral, that is one of the useless products from gypsum mine industries, to be utilized and to be reserved for some mineral which has same properties and may be run out of in near future. To study the initial and final setting times, swell and compressive strength characteristics are using 3 catalysts, which are Potassium sulphate, Zinc sulphate and Aluminium sulphate. Potassium sulphate is used 1, 1.2 and 1.4 percent by weight of anhydrite mineral. Zinc sulphate and Aluminium sulphate are used 0.1, 0.3 and 0.5 percent by weight of anhydrite mineral as well. To study the mineral properties, the anhydrite mineral is divided into 2 groups. The first group is the fine mineral, which is classified by the anhydrite mineral passing through the sieve No.200. The second one is the coarse mineral, which has various sizes that remained on sieve No. 8 and partially passed through sieve No. 200.

The results from the tests indicated that the chemical reaction is faster when the finer mineral is used and more catalyst substances are added into the mixed materials. After mixing the anhydrite mineral with catalyst substances, the structure characteristics are changed. The absorbability of water increases so that the swell behavior at the age of 90 days equal to 7.29 percent times those obtained by using catalyst substances about 1:0.5:0.5 ($K_2SO_4 : ZnSO_4 : Al_2(SO_4)_3$) percent by weight of anhydrite. The initial setting time of the fine mineral with catalyst substances is between 50-178 minutes and the final setting time is between 130-345 minutes. It is shown that the setting time depends on the amount of catalyst substances. The compressive strength of the fine (curing by air) with catalyst substances at 1.4:0.5:0.5 ($K_2SO_4 : ZnSO_4 : Al_2(SO_4)_3$) percent increases up to 410 kg/cm², and is twice that of the higher one for the coarse group with catalyst substances. However, the compressive strength of the fine with curing by water at 15 days has a compressive strength about 82 kg/cm² and decrease after that. From the present study, it is found that without using cement to be a mixture the compressive strength of fine mineral up to 410 kg/cm² is higher than the coarse one. This strength is useful to use in the construction works. However, it should be noted that the compressive strength is decreased due to the high swelling when the structures are directly being attacked in water for a long time period.

Keywords: Anhydrite Mineral / Calcium Sulphate / Catalyst / Potassium Sulphate / Zinc Sulphate / Aluminium Sulphate

1. บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการผลิตแร่ได้มากกว่า 40 ชนิด แร่ที่ผลิตได้บ้างชนิดผลิตเพื่อการส่งออกและบางชนิดผลิตเพื่อ เป็นต้นทุนสำหรับรองรับอุตสาหกรรมภายนอกในประเทศไทย เพื่อสนอง นโยบายของรัฐบาลในการส่งเสริมการเพิ่มมูลค่าแร่ที่เกี่ยวกับการ บริหารและการจัดการทรัพยากรถถ่าน ซึ่งเน้นการใช้ทรัพยากรถถ่าน เพื่อ เพิ่มมูลค่าเพิ่มและเป็นฐานรองรับภาคอุตสาหกรรมภายนอก ในประเทศไทยต่อไปในอนาคต ในปัจจุบันถึงแม้ว่าการเจริญเติบ

โตทางด้านเศรษฐกิจจะขยายตัวอย่างรวดเร็ว แต่ในอนาคตข้างหน้า ครรภ์ได้ที่ประเทศไทยยังจำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนาต่อไปและคงจะ ต้องมีแนวโน้มที่สูงขึ้นต่อไปอย่างแน่นอนเช่นย่อมที่จะมีการก่อ สร้างมากขึ้นตามมา เพราะฉะนั้นควรที่จะใช้ทรัพยากรถถ่านใน ประเทศไทยในเชิงอนุรักษ์เพื่อที่จะได้ทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการ นำมาใช้ในลักษณะงานประมงต่างๆ ให้ถูกต้องและเหมาะสมใน การนำวัตถุดินที่มีอยู่ภายในประเทศไทยมาใช้

เนื่องจากได้มีการนำเอาเรื่องไอกอิโคร์ตมาใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้างสำหรับใช้เป็นวัสดุในการสร้างถนน เริ่มจากการนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวม (Aggregates) เพื่อปรับองค์ประกอบ (Subbase) ต่อมามีการนำมาใช้เป็นวัสดุพื้นทาง (Base) และสร้างผิวการจราจร (Surface) ซึ่งถ้าทำการทดสอบพบคุณสมบัติที่กำหนดสำหรับมวลรวมห้าไปได้แก่ ขนาดคละ ความหนาแน่นสัมพัทธ์ ความถ่วงจำเพาะ ค่าการดูดซึม ความแข็ง รูปร่างลักษณะของผิว สารไม่เพียงประสงค์ ความเข็งแรงในการบดอัด แร่แอนไซไดร์ตจะผ่านการทดสอบเหล่านี้ เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพของแร่แอนไซไดร์ต มีความแข็งประมาณ 3.5 ความถ่วงจำเพาะประมาณ 3 มีการยึดเกาะมวลติด (Massive) ไม่มีรูพรุนในเนื้อแร่ทำให้ค่าการดูดซึมต่ำ แร่แมกนีเซียมบิสุทัช ทำให้มีสารที่ไม่เพียงประสงค์ต่ำ แต่เมื่อพิจารณาถึงเสียรูปภาพต่อสารเคมี ความคงทน และการแปรสภาพเมื่อสัมผัสน้ำ คุณสมบัติเหล่านี้ของแร่แอนไซไดร์ต (CaSO_4) จะต้องได้รับการทดสอบอย่างถูกต้องก่อนนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวม เนื่องจากแร่แอนไซไดร์ตสามารถเปลี่ยนเป็นเรียบชัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ได้ที่สภาวะผิวน้ำทันใด โดยกระบวนการเปลี่ยนสภาพนี้จะทำให้ปริมาตรของแร่แอนไซไดร์ตเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะทำให้เกิดผลเสียแก่ผู้ทางได้ [1] ก่อนที่จะนำมาใช้ ควรที่จะทำการศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของแร่ให้ละเอียดเสียก่อน การศึกษาครั้นี้จะได้ทำการศึกษาคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปของแร่ทั้งจากเกิดการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมีแล้วสามารถที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในทางด้านวิศวกรรมที่เหมาะสมสมอย่างไรเพื่อทำให้เกิดความมั่นใจและปลอดภัยไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่งานที่จะนำมาใช้นั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของแร่แอนไซไดร์ตภายในประเทศไทยด้านระยะเวลาการก่อตัว การขยายตัว และการรับกำลังอัดของเพสต์ภายในห้องจากให้สารตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีระหว่าง แร่แอนไซไดร์ต โพแทสเซียมชัลไฟต์ ซิงค์ชัลไฟต์ และอะลูมิเนียมชัลไฟต์ ตามอัตราส่วนผสมต่างๆ ว่าสารเคมีที่ติดเชื้อไปตามอัตราส่วนผสมต่างๆนั้น ก่อให้เกิดผลกระทบด้านคุณสมบัติวิศวกรรมอย่างไร และศึกษาหากความเป็นไปได้ในการที่จะนำมาใช้ในงานทางด้านวิศวกรรมโดยท่า ว่าเหมาะสมที่จะนำไปใช้สำหรับงานลักษณะใดจึงจะเหมาะสมและก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

วัสดุที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย

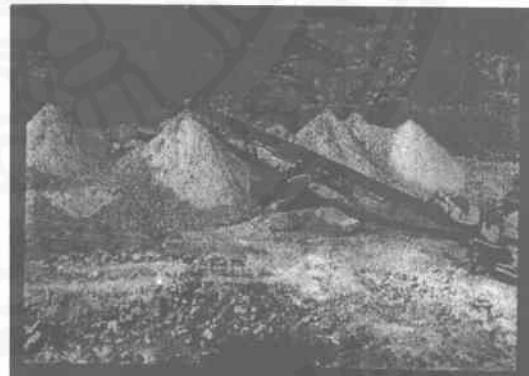
2.1.1 แร่เอนไซด์เรตต์ นำมายาห์เมืองเรียบปัชชามของบริเวณที่อยู่ในเขต กิ่งอำเภอเจริญ ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างจังหวัดพิจิตร-นครสวรรค์ รูปที่ 1

2.1.2 สารตัวเร่งปฏิกิริยา ได้แก่ โพแทสเซียมชัลเฟต์ ซิงค์ชัลเฟต์ และ อะลูมิเนียมชัลเฟต์ [2,3]

(ก) การลำเลียงแร่ยิปซัม



(ข) กองแร่แอนไซโตรต์ที่คัดออกเพื่อนำไปทิ้ง



รูปที่ 1 การทำเหมืองแร่ยิปซัมที่ อ.คงเจริญ

จ. พิจิตร-นครสวรรค์

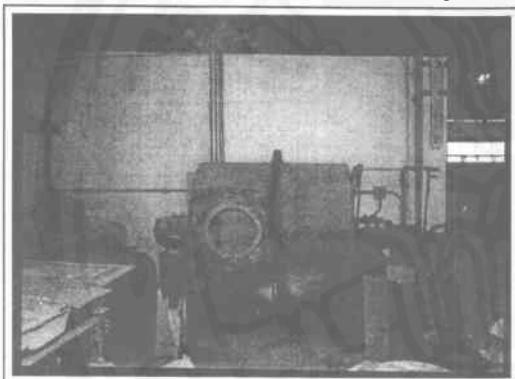
2.2 วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาแบ่งออกเป็นชั้นตอนดังนี้

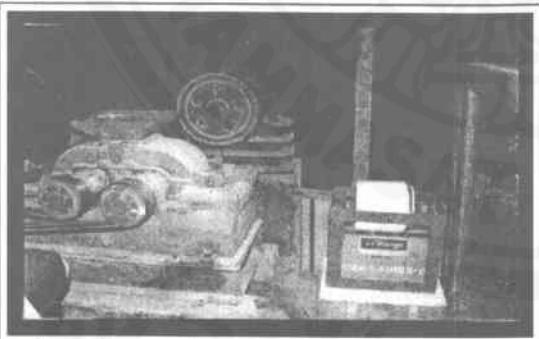
2.2.1 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

เก็บตัวอย่างของแร่แอนไซไดร์ท แบบสุ่มหลาย
จุดจากบริเวณที่ทำเหมือง ซึ่งตัวอย่างที่เก็บมานี้จะมีลักษณะเป็น
ก้อนชิ้งแต่ละก้อนจะมีน้ำหนักโดยประมาณ 6-8 กิโลกรัม หลัง

จากนั้นนำมาทำการย่อยขนาดให้เล็กลงโดยใช้ค้อนทูบเพื่อที่จะให้ได้มีขนาดที่เล็กพอที่จะนำมาเข้าเครื่องย่อยขนาดปากคลาม เพื่อทำการย่อยขนาดในขั้นแรก หลังจากทำการย่อยขนาดในขั้นตอนแรกแล้วก็นำส่วนนี้เข้าเครื่องย่อยขนาดปากคลาม ตัวที่สองซึ่งเป็นขั้นตอนที่สอง เพื่อทำการย่อยขนาดให้เล็กลงไปอีก หลังจากเสร็จขั้นตอนนี้แล้วก็ทำการแยกเรื่อกับเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง นำไปบดโดยใช้เครื่องบดลูกปืน รูปที่ 2 เรียกว่าส่วนนี้ว่าส่วนละเอียด ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 200 ส่วนที่สอง นำไปเข้าเครื่องบดลูกกลิ้ง รูปที่ 3 ซึ่งจะได้ส่วนขนาดต่างๆของแร่ปันกันทั้งหมดและละเอียดผสมกันเรียกว่าส่วนหยาบ ทั้งสองส่วนมีการกระจายตัวของเม็ดแร่ตามรูปที่ 4



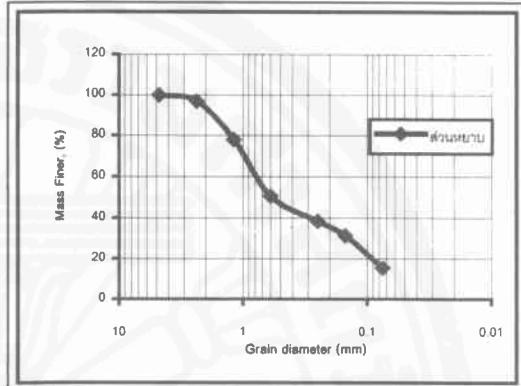
รูปที่ 2 เครื่องบดลูกปืน



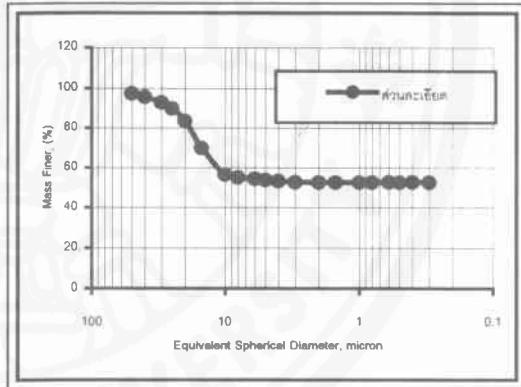
รูปที่ 3 เครื่องบดลูกกลิ้ง (ด้านหน้า) และ เครื่องย่อยขนาดปากคลาม (ด้านหลัง)

ตัวอย่างที่นำมาทดสอบนั้นแต่ละอัตราส่วนผสมจะทำการทดสอบ อัตราส่วนผสมละ 3 ตัวอย่าง ปริมาณอัตราส่วนผสมระหว่างแร่แอนไฮไดรต์กับสารเคมีดังแสดงในตารางที่ 1 เช่นตัวอย่างชื่อ AF5 หมายถึงแร่แอนไฮไดรต์ที่ผสม K_2SO_4 เท่ากับร้อยละ 1 $ZnSO_4$ เท่ากับร้อยละ 0.3 และ $Al_2(SO_4)_3$ เท่ากับร้อยละ 0.3

สัญลักษณ์ AF, BF, CF หมายถึงกลุ่มตัวอย่างขนาดละเอียด บ่มอากาศ CFK กลุ่มตัวอย่างขนาดละเอียด บ่มในน้ำ BC กลุ่มตัวอย่างขนาดหยาบ บ่มอากาศ ตัวอย่างทั้งหมดมีอายุการบ่ม ตั้งแต่ 1 วันถึง 90 วัน หากกลุ่มตัวอย่าง AF5 มีอายุการบ่ม 1 วันให้ชื่อ AF51 รวมตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้น จำนวน 936 ตัวอย่าง



(ก) ส่วนหยาบ



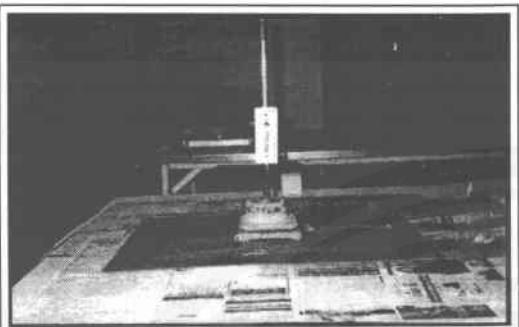
(x) ส่วนละเอียด

รูปที่ 4 การกระจายตัวของอนุภาคของแร่แอนไฮไดรต์

2.2.2 การทดสอบระยะเวลาการก่อตัวของเพสต์

(Setting Time)

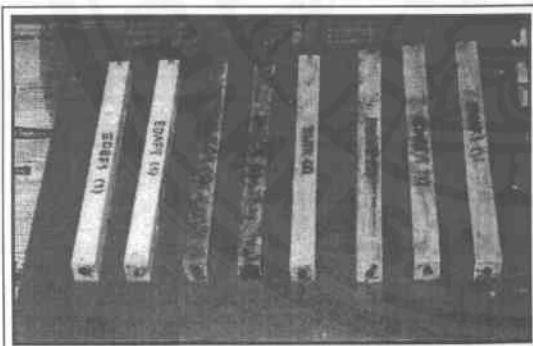
ทำการทดสอบหาระยะเวลาการก่อตัวโดยใช้ Vicat Apparatus รูปที่ 5 เป็นเครื่องมือในการทดสอบ ซึ่งจะใช้ปริมาณน้ำทึบที่โดยในการทดลองครั้งนี้จะใช้ปริมาณน้ำที่ 23 แพร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักของแร่แอนไฮไดรต์ และเพสต์ของแร่แอนไฮไดรต์ทำการผสม โพแทสเซียมชัลฟ์ : ชิကคัลเฟต : อะลูมิเนียมชัลฟ์ ตามอัตราส่วนผสมต่างๆ และทำการทดสอบระยะเวลาของการก่อตัวระยะต้นและการก่อตัวระยะปลายของ



รูปที่ 5 เครื่องมือทดสอบการก่อตัว Vicat Apparatus



(ก) วิธีการใส่ตัวอย่างในเครื่องมือเพื่อทำการวัดค่าการขยายตัว



(ข) ตัวอย่างทดสอบที่บ่มมาสามและแบบบ่มน้ำที่อายุ 90 วัน

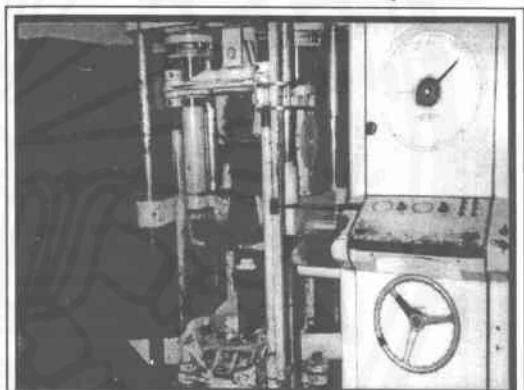
รูปที่ 6 ตัวอย่างและวิธีการใส่ตัวอย่างในเครื่องมือ

เพื่อทำการวัดค่าการขยายตัว

เพสต์ของเรซิ่งจะกระทำตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM: C
191-92 [4]

2.2.3 การทดสอบการขยายตัวเพสต์ของเรซิ่นไอล์ด์

การทดสอบค่าของการขยายตัวเพสต์ของเรซิ่นไอล์ด์ได้รับน้ำสำหรับวัสดุที่ใช้และอัตราส่วนผสมจะใช้แบบเดียวกันกับการผสมเพสต์ของการรับกำลังอัด สำหรับแบบหล่อที่ให้น้ำ จะหล่อตัวอย่างของเพสต์ของเรซิ่นไอล์ด์ในรูปขนาด $2.5 \times 2.5 \times 30$ ลบ.ซม. หลังจากหล่อเสร็จแล้วได้ 24 ชั่วโมง จึงนำออกจากแบบหล่อมาตรวจสอบและทำการวัดระยะความยาวและใช้ความยาวที่วัดได้เมื่อถอดออกจากแบบมาตรวัดเป็นค่าเริ่มต้น สำหรับเบรย์บเที่ยบค่าการขยายตัว หลังจากนั้นนำไปบ่มด้วยน้ำตลอด เมื่อครบกำหนดเวลาอายุบ่มที่ 3, 7, 14, 28, 50, 70 และ 90 วัน และนำมามาวัดค่าการขยายตัว ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 7 เครื่องทดสอบกำลังอัด Universal Testing Machine



รูปที่ 8 ตัวอย่างที่ใช้สำหรับทดสอบกำลังอัด

2.2.4 การทดสอบกำลังอัดเพสต์ของเร็นเน่-ไอล์ดอร์ต

ทำการทดสอบกำลังอัดเพสต์ของเรนเน่-ไอล์ดอร์ตด้วยเครื่อง Universal Testing Machine รูปที่ 7 และทำการหล่อโดยใช้แบบรูปทรงลูกบาศก์ขนาด $5\Phi 5\Phi 5$ ลบ.ซม. รูปที่ 8 โดยทดสอบตามมาตรฐาน ASTM: C 109M-95 [5] เลือน้ำมาทดสอบกำลังอัดที่อายุ 1, 3, 7, 14, 28, 60 และ 90 วัน ตามลำดับ

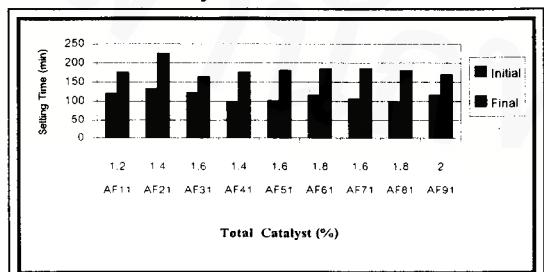
ตารางที่ 1 ชื้อตัวอย่างและอัตราส่วนผสม

Name	K_2SO_4 (%)			$ZnSO_4$ (%)			$Al_2(SO_4)_3$ (%)		
	1.0	1.2	1.4	0.1	0.3	0.5	0.1	0.3	0.5
AF1	X			X			X		
AF2	X			X			X		
AF3	X			X			X		
AF4	X			X			X		
AF5	X			X			X		
AF6	X			X			X		
AF7	X			X			X		
AF8	X			X			X		
AF9	X			X			X		
BF1		X		X			X		
BF2		X		X			X		
BF3		X		X			X		
BF4		X		X			X		
BF5		X		X			X		
BF6		X		X			X		
BF7		X		X			X		
BF8		X		X			X		
BF9		X		X			X		
CF1			X	X			X		
CF2			X	X			X		
CF3			X	X			X		
CF4			X	X			X		
CF5			X	X			X		
CF6			X	X			X		
CF7			X	X			X		
CF8			X	X			X		
CF9			X	X			X		
BC1		X		X			X		
BC2		X		X			X		
BC3		X		X			X		
BC4		X		X			X		
BC5		X		X			X		
BC6		X		X			X		
BC7		X		X			X		
BC8		X		X			X		
BC9		X		X			X		
CFK1			X				X		
CFK2			X				X		
CFK3			X				X		

3. ผลการทดลองและการวิจารณ์

3.1 ระยะเวลาการก่อตัวเริ่มแรก (Initial Setting Time)

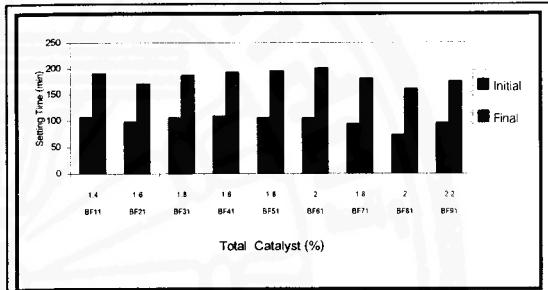
ค่าระยะเวลาการก่อตัวเริ่มแรก (Initial Setting Time) และระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้น (Final Setting Time) ของเรนเน่-ไอล์ดอร์ต เพสต์ ดังแสดงในรูปต่อไปนี้



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้น

และการก่อตัวระยะปลายของกลุ่มตัวอย่าง AF

รูปที่ 9 แสดงปริมาณของสารเคมีที่ใช้และระยะเวลาการก่อตัวของเพสต์เรนเน่-ไอล์ดอร์ตเมื่อใช้ปริมาณหน้ากากที่ร้อยละ 23 ต่อน้ำหนักของเรนเน่-ไอล์ดอร์ตกลุ่มตัวอย่าง AF จะสังเกตุเห็นว่า ระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting) ของตัวอย่าง AF81 จะมีค่าเท่ากับ 96 นาที ซึ่งเป็นค่าที่มีการก่อตัวเร็วที่สุดของตัวอย่างชนิด AF ซึ่งระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นของตัวอย่างชนิดนี้จะอยู่ในช่วง 96 – 132 นาที และค่าการก่อตัวระยะปลาย (Final Setting) จะอยู่ในช่วง 165 – 225 นาที

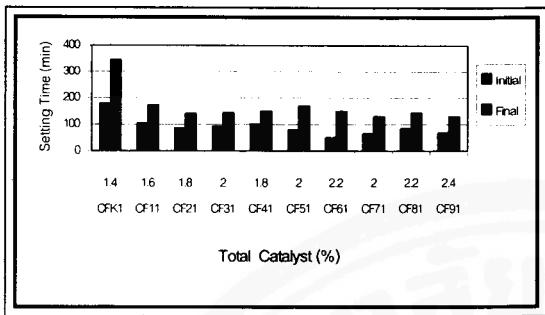


รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้น

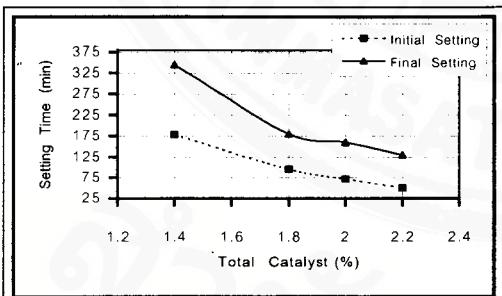
และการก่อตัวระยะปลายของกลุ่มตัวอย่าง BF

รูปที่ 10 ปริมาณของสารเคมี ซิงค์ชัลเฟต และอะลูมิเนียมชัลเฟต เท่าเดิมซึ่งจะเปรียบปริมาณอยู่ในช่วงร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 แต่ทำการปรับปรุงปริมาณของ โพแทลสเตรียมชัลเฟต เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 1 เป็น 1.2 เมื่อสังเกตุตัวอย่างที่ให้ค่าระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้นที่เร็วที่สุดคือ ตัวอย่างชนิด BF81 ให้ค่าระยะเวลาการ ก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting) เท่ากับ 72 นาที ซึ่งจะเห็นว่าเร็วกว่าตัวอย่าง AF ที่ผ่านมา แสดงว่ามีปริมาณของสารเคมีเพิ่มขึ้น ก็จะเพิ่มระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้น และค่าการก่อตัวระยะปลายก็จะเพิ่มขึ้นแต่ก็จะมีความแตกต่างที่น้อยมาก ที่แตกต่างก็คือตัวอย่างชนิด BF81 และพิจารณาค่าการก่อตัวระยะต้น โดยเฉลี่ยจะมีค่าประมาณ 98 นาที ซึ่งจะมีค่าการก่อตัวที่เร็วกว่าตัวอย่าง AF ที่ผ่านมา และค่าก่อตัวระยะปลายมีค่าประมาณ 183 นาที ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ผ่านมาที่มีค่าการก่อตัวระยะต้น 182 นาที

รูปที่ 11 ซึ่งเป็นตัวอย่างชนิด OF และ CFK1 จะเห็นว่า เมื่อเทียบกับตัวอย่างทั้งสองชนิดที่ผ่านมา ชนิด AF และ BF แต่เพิ่มปริมาณของ โพแทลสเตรียมชัลเฟต เป็นร้อยละ 1.4 และตัวอย่างที่ให้ค่าการก่อตัวเริ่มต้น (Initial Setting) คือตัวอย่าง



รูปที่ 11 ความล้มเหลวระหว่างระยะเวลาการก่อตัวเริ่มต้น และการก่อตัวระยะปลายของกลุ่มตัวอย่าง CF และ CFK1 ชนิด CF81 ซึ่งมีค่าการก่อตัวเริ่มต้นเท่ากับ 50 นาที ซึ่งจะก่อตัวเร็วกว่าหัวส่องตัวอย่างที่ผ่านมาเมื่อใช้ปริมาณของ โพแทสเซียม ชั้นเฟต เพิ่มขึ้นจากเดิมและค่าการก่อตัวระยะปลายของตัวอย่างนี้มีค่าเร็วขึ้น ค่าการก่อตัวระยะเริ่มต้นและระยะปลาย โดยเฉลี่ยของตัวอย่างชนิด CF มีค่าเท่ากับ 81 และ 147 นาที ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของการก่อตัวก็จะมีค่าเร็วขึ้น เมื่อพิจารณาตัวอย่างชนิด CFK1 ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ได้เฉพาะปริมาณของสาร โพแทสเซียม ชั้นเฟต แต่เพียงอย่างเดียวที่ร้อยละ 1.4 ค่าการก่อตัวเริ่มต้นที่ได้คือ 178 นาที และการก่อตัวระยะปลายเท่ากับ 345 นาที ซึ่งจะให้ค่าการก่อตัวที่นานกว่า ซึ่งตัวอย่างหัวสามชนิดที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าถ้าใช้เฉพาะปริมาณของ โพแทสเซียมชั้นเฟต เพียงอย่างเดียว ก็จะให้การก่อตัวที่ช้ากว่าการผสมเพิ่มของสารเคมีอีกสองชนิด คือ ซิงค์ชั้นเฟต และ อะลูมิเนียมชั้นเฟต



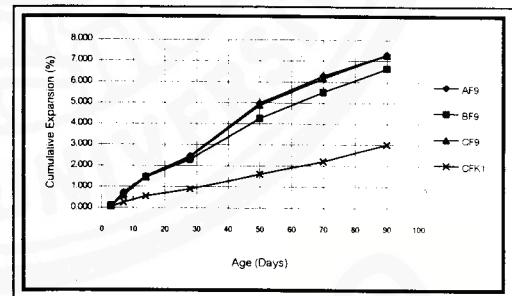
**รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถในการก่อตัวเริ่มต้นและ
การก่อตัวระยะปลายกับปริมาณของสารเคมีที่เพิ่มขึ้น**

จากการทดลองการก่อตัวของเพส์ติร์เรแอนด์ไครต์ของตัวอย่างชนิด AF, BF, CF, CFK และจากวุปที่ 12 สามารถสรุปได้ว่า ถ้าปริมาณของสารเคมีที่ใช้มีปริมาณที่เพิ่มขึ้น ระยะเวลาของการก่อตัวของเพส์ติร์จะเร็วขึ้นตามปริมาณของสารเคมีที่ใช้เพิ่มขึ้น และตัวอย่างชนิด CFK1 ที่มีการใช้เฉพาะปริมาณของ

โพแทสเซียมชัลเฟต์ ที่ร้อยละ 1.4 จะเห็นว่าจะมีระยะเวลาการก่อตัวทั้งระยะการก่อตัวเริ่มต้นและการก่อตัวระยะปลายใช้เวลานานมาก เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างชนิด CF81 ซึ่งได้ปริมาณของโพแทสเซียมชัลเฟต์ ที่ร้อยละ 1.4 เท่านั้น แต่จะมีปริมาณของสารเคมีของ ชิงค์ชัลเฟต และ อะลูมิเนียมชัลเฟตเพิ่มขึ้นมาเท่ากับร้อยละ 0.5 และ 0.3 ตามลำดับ จะมีความแตกต่างกันของระยะเวลาการก่อตัวเร็วขึ้น 3.56 เหตุของที่เดิมและพะโพแทสเซียมชัลเฟต และที่การก่อตัวระยะปลายประมาณ 2 เท่า และสำหรับตัวอย่างชนิด AF81, BF81 และ CF81 เมื่อปริมาณของสารเคมีที่ใช้เพิ่มขึ้น คือปริมาณของ โพแทสเซียมชัลเฟต จะเพิ่มจากร้อยละ 1, 1.2 และ 1.4 ตามลำดับ และปริมาณของชิงค์ชัลเฟต และ อะลูมิเนียมชัลเฟต จะใช้ปริมาณคงที่ คือร้อยละ 0.3 และ 0.5 ตามลำดับ ระยะเวลาการก่อตัวเร็วขึ้นประมาณ 1.3 - 1.4 เท่า สำหรับการก่อตัวเริ่มต้น และ 1.13 - 1.23 เท่าสำหรับการก่อตัวระยะปลาย

3.2 ผลการทดสอบค่าการขยายตัวของแร่ในไฮ-

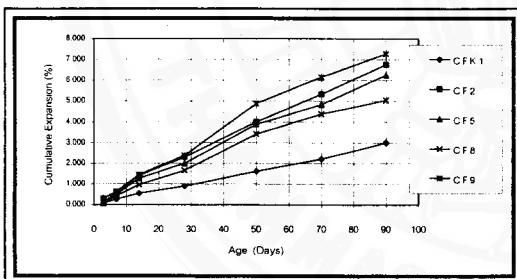
เมื่อผลสารเคมีตามอัตราส่วนผสมต่างๆ หลังจากที่ทำการถอดแบบแล้วที่อายุ 1 วัน นำไปปั่นในน้ำตกลดเวลาหลังจากนั้นนำขึ้นมาเพื่อทดสอบผลของค่าการขยายตัวตามช่วงอายุต่างๆ



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างการขยายตัว^{และอายุเพลสต์ของเร้เอนไบเดรท์}

รูปที่ 13 จะเป็นการเปรียบเทียบค่าการขยายตัวของตัวอย่างที่ใช้ปริมาณของ โพแทสเซียมชัลเฟต์ ต่างกันที่ร้อยละ 1, 1.2 และ 1.4 โดยปริมาณของ ซิงค์ชัลเฟต และ อะลูมิเนียมชัลเฟต์ ใช้ปริมาณที่เท่ากัน ซึ่งตัวอย่างที่ใช้เปรียบเทียบจะมีอุณหภูมิ 4 ตัวอย่าง จะเห็นว่าตัวอย่างชนิด AF9 และ CF9 เมื่อพิจารณาตามช่วงอายุต่างๆ ตัวอย่างทั้งสองชนิดนี้จะมีการขยายตัวสูง

กว่าตัวอย่างอีกสองชนิดและทั้งสองตัวอย่างนี้จะมีอัตราการขยายตัวตามช่วงต่างๆ ที่เทียบเท่ากันและตัวอย่างชนิด CFK ที่ผสมสารเคมีเฉพาะ โพแทสเซียมชัลเฟต จะมีค่าการขยายตัวสูงที่อายุ 90 วัน น้อยที่สุดคือ จะมีค่าการขยายตัวเพียงร้อยละ 3.01 และตัวอย่างที่มีการขยายตัวมากที่สุดคือตัวอย่างชนิด AF9 มีค่าการขยายตัวที่ 90 วัน เท่ากับร้อยละ 7.29 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าการขยายตัวสูงสุดและต่ำสุดของทั้งสองตัวอย่างจะมีค่าต่างกันประมาณ 2.43 เท่า แสดงให้เห็นว่าปริมาณของโพแทสเซียมชัลเฟต เมื่อทำปฏิกริยา กับแร่แอนไฮดราต์และนำไปบ่มด้วยน้ำจะมีอัตราการขยายตัวที่น้อยมาก แต่สารเคมีชนิด ชิงค์ชัลเฟต และ อะลูมิเนียมชัลเฟต จะมีผลกระทบต่อการเกิดการขยายตัวเมื่อสัมผัสน้ำ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบเป็นporoئิค์ ถือว่ามีค่าสูงมากคือ สูงถึงร้อยละ 243 หรือประมาณ 2.5 เท่าตัวโดยประมาณ เมื่อพิจารณารูปที่ 14 ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ใช้โพแทสเซียมชัลเฟต หรือร้อยละ 1.4 จะเห็นว่าตัวอย่างที่มีค่าการขยายตัวสูงสุดคือตัวอย่างชนิด CF9 ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ใช้ปริมาณของ ชิงค์ชัลเฟต หรือร้อยละ 0.5 และ อะลูมิเนียมชัลเฟต หรือร้อยละ 0.5 เท่านั้น จะมีค่าการขยายตัว



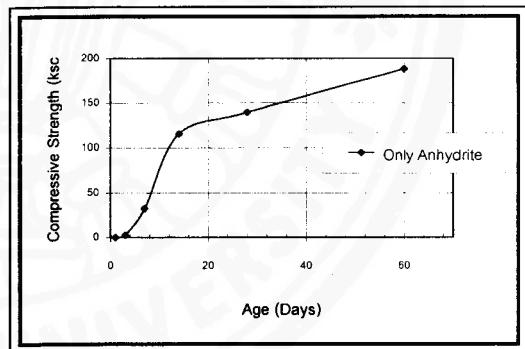
รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างการขยายตัว และอายุเพสต์ของแร่แอนไฮไดรต์

สะสมที่ 90 วัน เท่ากับร้อยละ 7.27 และตัวอย่างที่มีค่าการขยายตัวน้อยที่สุดที่ 90 วัน คือตัวอย่างชนิดที่ผสมเฉพาะโพแทสเซียมชัลเฟต คือมีค่าการขยายตัวเท่ากับร้อยละ 3.01 และจากตัวอย่างที่ใช้ทดลองต่างๆ ตามรูปจะเห็นว่า ตัวอย่างชนิด CF2, CF5 และ CF8 ซึ่งทั้งสามตัวอย่างนี้จะมีอัตราการขยายตัวที่ใกล้เคียงกันและจะใช้ปริมาณของ อะลูมิเนียมชัลเฟต ที่ปริมาณที่เท่ากันคือร้อยละ 0.3 แต่จะมีปริมาณของ ชิงค์ชัลเฟต แตกต่างกันคือร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 ตามลำดับ ทั้งสามตัวอย่างนี้ ตัวอย่างที่ใช้ค่าการขยายตัวสูงสุดคือ ตัวอย่างชนิด CF2 ใช้ปริมาณของ ชิงค์ชัลเฟตที่ร้อยละ 0.1 และ อะลูมิเนียมชัลเฟต

ที่ 0.3 % และเมื่อเพิ่มปริมาณของ ชิงค์ชัลเฟต เพิ่มขึ้นค่าการขยายตัวจะลดลงตามปริมาณของ ชิงค์ชัลเฟต ที่เพิ่มขึ้น ดังผลที่แสดงในตัวอย่าง CF5 และ CF8 ซึ่งผลการทดสอบของตัวอย่างจะมีความไวต่อสารเคมีมากคือมีค่าการขยายตัวที่สูงมาก ซึ่งในการที่จะตัดสินใจในการนำไปใช้งานนั้นจะต้องพิจารณาให้ละเอียดและถ้าหาก่อนเพาะาะอาจจะส่งผลกระทบต่องานนั้นๆ ได้ซึ่งในการนำไปใช้ควรพิจารณาเป็นเฉพาะงานไป

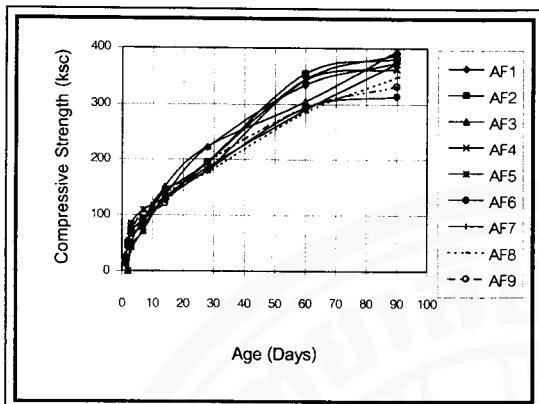
3.3 การทดสอบกำลังอัดเพสต์ของแร่แอนไฮไดรต์

รูปที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอายุเพสต์ของแร่แอนไฮไดรต์ บ่มด้วยอากาศและไม่ใส่สารเคมีที่อายุ 1 วัน จะไม่สามารถกดดันแบบได้เพราะตัวอย่างยังไม่ถูกตัวและที่อายุ 3 วัน เมื่อกดดันแบบแล้วน้ำไปบ่มน้ำจะละลายมีแก๊สออกมือ และเมื่อน้ำไปทดสอบกำลังอัดจะสามารถรับกำลังอัดได้เพียง 2.60 กก./ตร.ซม. เท่านั้น และการพัฒนากำลังอัดที่ 14 วัน จะเร็วมาก คือค่าเท่ากับ 115.36 กก./ตร.ซม. (ksc) และที่ 90 วัน มีค่าเท่ากับ 187.96 กก./ตร.ซม. กำลังอัดที่ 14 วัน คิดเป็นร้อยละ 63 ของกำลังอัดที่ 90 วัน

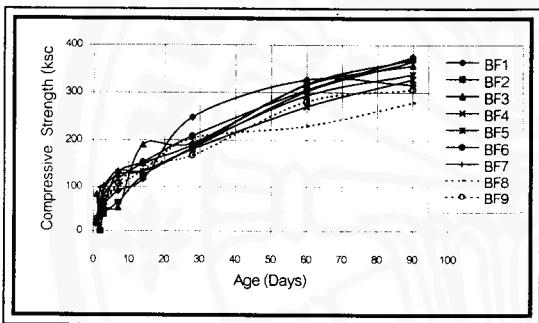


รูปที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังอัดกับอายุเพสต์ ของแร่แอนไฮไดรต์ (บ่มอากาศ)

ส่วนจะอีดแบบบ่มด้วยอากาศและใส่สารเคมี การพัฒนากำลังจะมีค่าเพิ่มขึ้น ค่ากำลังอัดที่ 90 วัน จะมีค่าใกล้เคียงกับมากทั้งชนิด AF,BF และ CF จากตัวอย่างแต่ละชนิด ค่ากำลังอัดที่ได้จะมีค่าลดลงและเพิ่มขึ้นตามปริมาณของสารเคมีที่เพิ่มเข้าไป ดังรูปที่ 16,17 และ 18



รูปที่ 16 การพัฒนาค่ากำลังอัดของเรอโนไซด์เรตต์ dgefdgdfdf ตัวอย่างชนิด AF (ปมวากก)

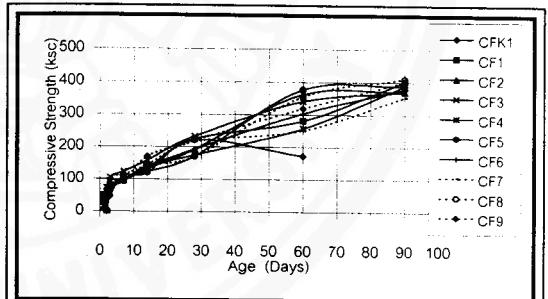


รูปที่ 17 การพัฒนาค่ากำลังอัดของเรอโนไซด์เรตต์ ตัวอย่างชนิด BF (ปมวากก)

จากรูปที่ 16 ค่ากำลังอัดของเพลตต์ของเรอโนไซด์เรตต์ที่ได้จะมีค่ากำลังรับแรงอัดจะไม่แตกต่างกันมากนักและค่ากำลังอัดที่สูงสุดของตัวอย่างชนิด AF คือตัวอย่างชนิด AF3 โดยใช้ปริมาณของ โพแทสเซียมชัลเฟต์ เท่ากับร้อยละ 1 ให้ชิงค์ชัลเฟต ที่ร้อยละ 0.1 และ อะลูมิเนียมชัลเฟต์ที่ร้อยละ 0.5 จะให้กำลังสูงสุดที่ 394.74 กก./ตร.ซม. และเมื่อให้ชิงค์ชัลเฟตที่ร้อยละ 0.1 เมื่อเปรียบเทียบของอะลูมิเนียมชัลเฟต ตามร่างร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 จะเห็นว่าค่ากำลังอัดจะมีค่าเพิ่มขึ้นและจะสูงที่สุดที่อะลูมิเนียมชัลเฟตที่ร้อยละ 0.5 แต่ที่ร้อยละ 0.3 และ 0.5 ของชิงค์ชัลเฟต เมื่อเปรียบเทียบของอะลูมิเนียมชัลเฟต ที่ร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 ค่ากำลังอัดก็จะมีค่าลดลง ที่ร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 ของอะลูมิเนียมชัลเฟต ซึ่งเปรียบเทียบปริมาณตามท่วงต่างๆ ของชิงค์ชัลเฟต ที่ร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 จะเห็นว่าค่ากำลังอัดจะมีค่าสูงสุดที่ปริมาณของชิงค์ชัลเฟต น้อยที่สุดคือที่ร้อยละ 0.1 ของชิงค์ชัลเฟต และร้อยละ 0.5 ของอะลูมิเนียมชัล

เฟต และเมื่อปริมาณของชิงค์ชัลเฟต เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.3 และ 0.5 ค่ากำลังอัดก็จะมีค่าลดลง

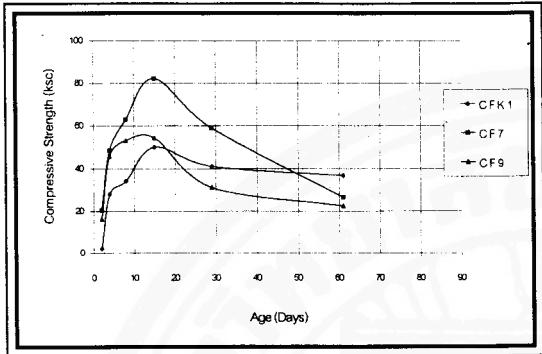
จากรูปที่ 17 ค่ากำลังอัดมีแนวโน้มของการฟื้นในแนวทางเดียวกันแต่ค่ากำลังอัดสูงสุดที่ได้ก็จะมีค่าต่ำกว่ากำลังอัดชนิด AF เมื่อพิจารณาจากค่ากำลังอัดสูงสุดคือ ค่ากำลังอัดชนิด AF จะมีค่ากำลังอัดสูงสุดที่ 90 วัน เท่ากับ 394.74 ksc และของชนิด BF ที่ 90 วัน มีค่าเท่ากับ 373.41 ksc แต่ค่ากำลังอัดที่อายุ 1 วัน นั้นตัวอย่างชนิด BF จะมีค่ากำลังอัดสูงกว่าชนิดของตัวอย่าง AF ซึ่งตัวอย่างชนิด AF และ BF จะมีปริมาณของสารเคมีต่างกันตรงที่ตัวอย่างชนิด AF จะใช้ปริมาณของ โพแทสเซียมชัลเฟต เท่ากับร้อยละ 1 ต่อน้ำหนักของเรอโนไซด์เรตต์ และตัวอย่างชนิด BF ใช้ร้อยละ 1.2 เมื่อที่ร้อยละ 0.1 ของชิงค์ชัลเฟต เมื่อค่าของอะลูมิเนียมชัลเฟต เปลี่ยนแปลงไปที่ร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 ค่าของกำลังอัดก็จะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยแต่ก็มีแนวโน้มค่ากำลังอัดลดลงแต่ก็ไม่มากนัก และเมื่อสังเกตุที่ร้อยละ 0.3 ของชิงค์ชัลเฟต ค่ากำลังอัดก็จะมีแนวโน้มของกำลังที่สูงขึ้นและที่ร้อยละ 0.5 ของชิงค์ชัลเฟต ค่ากำลังอัดก็จะมีค่าลดลง เมื่อปริมาณของอะลูมิเนียมชัลเฟตวิบเปรียบมากเพิ่มขึ้น



รูปที่ 18 การพัฒนาค่ากำลังอัดของเรอโนไซด์เรตต์ ตัวอย่างชนิด CF (ปมวากก)

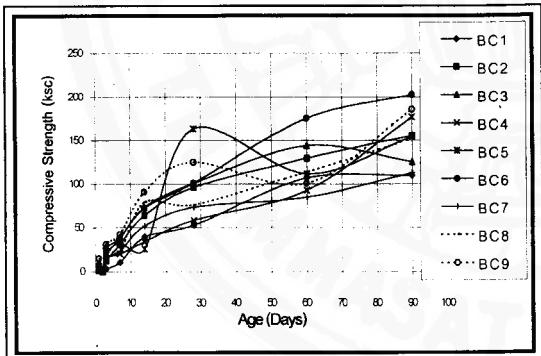
สำหรับตัวอย่างชนิด CF รูปที่ 18 ค่ากำลังอัดสูงสุดมีค่าเท่ากับ 410.21 ksc เมื่อที่ร้อยละ 0.1 ของชิงค์ชัลเฟต จะให้ค่ากำลังอัดที่ลดลงเมื่อปริมาณของอะลูมิเนียมชัลเฟต มีค่าเพิ่มขึ้น และที่ชิงค์ชัลเฟตที่ร้อยละ 0.3 และ 0.5 ก็จะให้กำลังเพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อมากกว่าที่อะลูมิเนียมชัลเฟตที่ร้อยละ 0.3 และที่ร้อยละ 0.1 ของอะลูมิเนียมชัลเฟต และร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 ของชิงค์ชัลเฟต ก็จะมีค่ากำลังลดลงเมื่อปริมาณของชิงค์ชัลเฟตเพิ่มขึ้น แต่ที่ร้อยละ 0.3 และ 0.5 ของอะลูมิเนียมชัลเฟต เมื่อ

ปริมาณของชิงค์ซัลเฟต มีค่าเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 จะมีค่ากำลังเพิ่มสูงขึ้น



รูปที่ 19 การพัฒนากำลังอัดของเร erre และ CFK

ส่วนละเยื่อแบบบ่มด้วยน้ำและใส่สารเคมี ค่ากำลังอัดที่ได้จะมีค่ากำลังอัดสูงสุดที่ 15 วัน หลังจากเลี้ยง 15 วัน ไปแล้วค่าการรับจำลังอัดก็จะลดลงและยิ่งปั่นนานขึ้นค่าการรับจำลังก็จะลดลงมากขึ้นและมีค่าไก่ตัวเดียวกันเมื่ออายุการบ่มนานขึ้น ดังรูปที่ 19



รูปที่ 20 การพัฒนากำลังอัดของแร่เอโนไซด์
ตัวอย่างชนิด BC (บ่อมากาค)

สำหรับส่วนใหญ่ค่าการรับกำลังอัคชันชนิดที่อยู่ในบ่มด้วยอาการนั้น กำลังอัคที่ได้จะต่ำกว่านิยมโดยมาก เมื่อเปรียบเทียบค่าการรับกำลังอัคที่ 90 วัน ค่าการรับกำลังอัคชันชนิดที่อยู่ในบ่มค่าต่ำกว่าประมาณเกือบ 2 เท่า ของกำลังอัคชันชนิดที่ 90 วัน และค่ากำลังอัคที่ได้จะมีค่าไม่ต่ออย่างแน่นอน สาเหตุอาจจะเกิดจากการใช้ปริมาณสารเคมีเพียงเล็กน้อยนั้นในการที่สารเคมีจะทำปฏิกิริยาได้สมบูรณ์สุดๆ ที่จะนำมาผสมจะต้องมีขนาดที่ละเอียดเพื่อที่การทำปฏิกิริยาที่ได้จะให้ผลที่แน่นอนและทั่วถึง กว่าซึ่งถ้าใช้วัสดุที่มีขนาดต่างกัน และมีขนาดที่ใหญ่ การทำ

ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นจะไม่ทั่วถึงและการทำงานปฏิกริยาต่ออนุภาคของ
แร่จะเกิดสมมูลรูปไม่เท่ากันทั่วทั้งห้อง ผลที่ได้จะไม่สามารถสรุป
ค่าได้แน่นอนเท่าที่ควร ดังที่รูปที่ 20

4. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติในด้านระยะเวลา การก่อตัวเพลท์ของแร่แอนไไฮไดรต์ การขยายตัว และการรับกำลังอัดของแร่แอนไไฮไดรต์ที่มีอยู่ภายใต้ประเทศหรือที่เหลือทิ้งมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดอย่างคุ้มค่า โดยผสานด้วยสารตัวเร่งปฏิกิริยา ผลการศึกษาได้อธิบายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติเหล่านี้ เช่น ขนาดของเม็ดแร่ ยั่งวาระส่วนผสมของ แร่แอนไไฮไดรต์ น้ำ สารตัวเร่งปฏิกิริยา อายุปั่น และมีข้อเสนอแนะดังนี้

4.1 ในการวิจัยนี้ เป็นการวิจัยที่มุ่งเน้นการคึกคักคุณสมบัติในด้านต่างๆ เพื่อนำเข้าเรียนรู้โดยตรงที่มีอยู่ภายในประเทศไทยหรือ ที่เหลือทั่วโลกจากการทำเหมืองแร่ยังปัจจุบันใช้หัวเกิดประโยชน์สูงสุดอย่างคุ้มค่า จากผลการวิจัยนี้สามารถใช้เรียนรู้ ไฮไดรต์สำหรับเป็นวัสดุในการรับกำลังอัดได้ในระดับหนึ่งและไม่ละลายในน้ำหลังจากใช้สารผสมเพิ่ม แสดงว่ามีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ในงานรับกำลังที่ไม่สูงมากนักและไม่สัมผัสถกันน้ำ แต่ยังต้องมีการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อทบทวนถูกต้อง หรือวัสดุที่จะมาใช้เป็นวัสดุผสมเพื่อพัฒนาในด้านการรับกำลังอัดและแรงดึงเพื่อที่จะได้นำวัสดุไปใช้ตามประเภทของงานต่างๆ ได้อย่างแพร่หลายยิ่งขึ้น

4.2 ได้กำหนดปริมาณน้ำให้คงที่โดยมีการเมืองเป็นสารเคมีเพิ่มในกระบวนการช่วยให้การไหลและร่างปฏิกิริยาการก่อตัวให้เร็วขึ้น แต่ถึงอย่างไรความท้าทายมีวัสดุผสมเพิ่มหรือวัสดุสังเคราะห์เพิ่มเข้ามาปริมาณน้ำที่เหมาะสมสมควรควรที่จะมีการทดลองทางปริมาณน้ำที่เหมาะสมใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับวัสดุที่ใช้ผสมเพิ่มเข้ามาเพื่อให้เหมาะสมกับแต่ละชนิดของวัสดุ

4.3 การวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบขนาดอนุภาคของแร่แอลูมิโนไครท์ที่ต่างกันในห้องปฏิบัติการ คือ ขนาด 0.5, 1.0 และ 2.0 μm ซึ่งจะสังเคราะห์ให้เป็นรูปแบบเดียวกัน คือ รูปแบบทรงกระบอก ขนาด 0.5 μm ที่มีขนาดเล็กที่สุด จึงสามารถเข้าสู่เซลล์ได้มากที่สุด แต่เมื่อเพิ่มขนาดเป็น 1.0 μm และ 2.0 μm ความเข้าสู่ของแร่แอลูมิโนไครท์ลดลงอย่างมาก แสดงให้เห็นว่าขนาดของอนุภาคมีผลต่อการเข้าสู่ของแร่แอลูมิโนไครท์ในเซลล์

4.4 แร่แอนไฮดราต์สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนเรียบปั้มได้ถ้าหากในอนาคตถ้าเกิดมีการขาดเคลนเรียบปั้มขึ้น นอกจากนี้แร่แอนไฮดราต์ยังสามารถนำมาใช้ทำผังสำรองอีกด้วย ผ้าเพเดานและใช้ในการปรับปรุงคุณภาพพื้นให้เป็นวัสดุทดแทนสำหรับการผลิตปูนซีเมนต์ ซึ่งแร่แอนไฮดราต์อาจเป็นทางเลือกใหม่สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ก็ได้ แต่ถึงอย่างไรก็ตามปฏิริยาทางเคมีต่างๆ ที่เกิดขึ้นจะเป็นที่น่าจะศึกษาให้มีความเข้าใจอย่างชัดเจนมากขึ้น

4.5 ปัญหาที่จะส่งผลกระทบและคุณสมบัติต่างๆ ที่จะเป็นปัญหาต่อการนำมาใช้งานทางด้านวิศวกรรมซึ่งแร่ชนิดนี้มีอัลตราฟลูโซลิโนส์ที่มีความซึ้งและอ่อนไหวต่อความชื้นแล้วจะเกิดการขยายตัวอย่างมากดังนั้น จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้างโครงสร้างที่ล้มลุกบินหรืออยู่ใต้ดินที่มีความชื้นหรือใช้ปรับปรุงคุณภาพพื้นให้มีคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมดีขึ้น เพราะอาจส่งผลกระทบในระยะยาวได้ เพราะแร่ชนิดนี้ถึงแม้ว่าจะมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่ดีก็มีความเสี่ยงและการยึดเกาะมวลรวมดี เป็นแร่ที่มีความบริสุทธิ์สูงและมีคุณสมบัติที่ดีเมื่ออยู่ในสภาพปกติ แต่แร่ชนิดนี้มีอัลตราฟลูโซลิโนส์ที่มีความซึ้งและอ่อนไหวต่อการประปาหัตเตฟ์ แล้วจะทำให้เกิดการขยายตัวสูง และถ้าอัลตราฟลูโซลิโนส์ในน้ำเป็นเวลานานจะกลایสภาพไปเป็นอิปั้มได้[6] ซึ่งจะทำให้กำลังลดลง

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดขอขอบคุณ นาย ณรงค์ ยืนยันหัตถการน์ ที่ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นด้านต่างๆ ตลอดจนช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบคุณ กรมวิชาการธุรกิจ ฝ่ายแต่งเรยว่า กองการเหมืองแร่ และเจ้าหน้าที่ประจำฝ่ายทุกๆ ท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุและอุปกรณ์ ทดสอบ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] พิทักษ์ รัตนจารุรักษ์, ความเหมาะสมในการนำแร่แอนไฮดราต์มาใช้เป็นวัสดุมวลรวมในการสร้างทางหลวง, กองเครื่องจักรและวิทยา กรมทวารพยการธุรกิจ, 11 น., 2542.
- [2] Ridsdale, J.W., Catalyst for Quick Setting Anhydride Plaster, British Patent No. 554952, 1-7 pp., 1943.
- [3] Colak, A., Density and Strength Characteristics of Foamed Gypsum, Department of Civil Engineering, Istanbul University, Cement and Concrete Composites, 193-200 pp., 2000.
- [4] American Society for Testing and Material, ASTM C191-92 : Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic Cement by Vicat Needle, ASTM Standards, Vol. 04.01, Philadelphia, ASTM, 158-160 pp., 1995.
- [5] American Society for Testing and Material, ASTM C109M-95 : Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars, Philadelphia, ASTM Standards, Vol. 04.01, 68-72 pp., 1995.
- [6] Azam, S. and Abduljauwad, S.N., Influence of Gypsification on Engineering Behavior of Expansive Clay, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 126, No. 6, June, 538-542 pp., 2000.