

อิทธิพลของสารตัวเร่งปฏิกิริยาต่อคุณสมบัติทางกายภาพและโครงสร้างของแร่แอนไฮไดรต์

Influence of Catalysts on Physical and Structural Properties of Anhydrite

ภาณุวัฒน์ สุริยฉัตร และบุญเที่ยง พึ่งตาล

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

โทร (02) 470-8026 โทรสาร (02) 872-9087

E-mail: phanuwat.sur@kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและโครงสร้างของแร่แอนไฮไดรต์ภายในประเทศ ซึ่งเป็นแร่ที่เหลือทิ้งจากการทำเหมืองแร่ยิปซัม เมื่อผสมและไม่ผสมสารตัวเร่งปฏิกิริยาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร โดยสารตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้มีสามชนิดคือ โพแทสเซียมซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และอะลูมิเนียมซัลเฟต ในอัตราส่วนผสมต่างๆ

ในรายงานแสดงภาพถ่ายขยายขยาย รูป ลักษณะพื้นผิว แร่แอนไฮไดรต์ ทั้งสภาพเป็นก้อนตามธรรมชาติ หลังจากผ่านการบด และเมื่อผสมสารตัวเร่งปฏิกิริยา และผลของกราฟแสดงขนาดสะสมตัวของแร่ และปริมาณกระจายของขนาดแร่ ทั้งชนิดละเอียดและหยาบ ผลของการวิจัยพบว่า ค่าความหนาแน่นก่อนเค้นสารตัวเร่งปฏิกิริยามีค่า 2.88 กรัม/ลบ.ซม. หลังจากเค้นสารตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 2.17 - 2.38 กรัม/ลบ.ซม. จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตัวเร่งปฏิกิริยาที่เติมเข้าไป นอกจากนี้แร่แอนไฮไดรต์มีความเป็นด่างสูง และค่าความเป็นด่างลดลงเมื่อผสมกับสารตัวเร่งปฏิกิริยา ผลของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น แร่แอนไฮไดรต์จะกลายสภาพไปเป็นแร่ยิปซัมบางส่วน แสดงโดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีการหักเหของแสงเอกซเรย์ ซึ่งจุดยอดจะมีค่าความเข้มข้นลดลงเมื่อเกิดการเปลี่ยนสภาพลักษณะโครงสร้างของแร่แอนไฮไดรต์ เมื่อผสมสารตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีลักษณะโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไป สรุปงานวิจัยได้ว่าสารตัวเร่งปฏิกิริยามีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและโครงสร้างของแร่แอนไฮไดรต์

Abstract

The purpose of this paper is to study the influence of catalysts on physical and structural properties of Anhydrite which is a waste material from Gypsum mine. The catalysts used by mixing in various ratios are Potassium Sulphate, Zinc Sulphate and Aluminium Sulphate.

In this paper some analyzed pictures with increasing scale of mineral grain size are presented including the natural Anhydrite, after grinding and after reaction with catalysts. The cumulative and mass populations of grain size distributions are demonstrated. The test results indicated that the density before mixing catalyst substances is equal to 2.88 g/cm³, where as reaction with catalyst substance, its density

decreases to the range between 2.17-2.38 g/cm³. In nature the pH value is high and this value is decreased after mixing with catalyst. Reactions between Anhydrite and catalyst give some portion of mixtures change from Anhydrite to be Gypsum. The results are confirmed from X-ray diffraction tests that the structural properties have changed. In conclusion, the Catalysts influence on the physical and structural properties of Anhydrite.

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

1. บทนำ

แร่แอนไฮไดรต์ (Anhydrite) มาจากภาษากรีก หมายถึง "Without Water" หรือ "ไม่มีน้ำ" ซึ่งต่างจาก แคลเซียมซัลเฟต ชนิดอื่น เช่น ยิปซัม ซึ่งมีน้ำรวมอยู่ด้วย คุณสมบัติทางฟิสิกส์ เป็นรูปผลึกระบบออร์โธโรมบิก (Orthorhombic) แบบที่เกิดเป็นผลึกมีพบน้อยมากมักจะเกิดเป็นชั้นหนาๆ มีเนื้อแน่น มีลักษณะเป็นเส้นหรือเป็นมวลเม็ด มีรอยแตกแนวเรียบ 3 แนว แตกแล้วมีลักษณะคล้ายกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความแข็ง 3-3.5 ถ.พ 2.89-2.98 อนุภาคมีความวาวคล้ายแก้วหรือคล้ายนุกลที่พื้นผิวรอยแตกแนวเรียบ ไม่มีสีไปจนออกสีน้ำเงิน หรือม่วง อาจมีสีขาวอมชมพู สีน้ำตาลหรือสีแดง คุณสมบัติทางเคมี มีสูตรเคมีคือ CaSO₄ มี CaO 41.20 % และ SO₃ 58.80 % มีลักษณะการกำเนิดคล้ายคลึงกับแร่ยิปซัมและเกิดร่วมกับแร่ยิปซัม พบเป็นชั้นแทรกอยู่กับชั้นเกลือในหินที่ปกคลุมโดมหินเกลือ (Salt Domes) และในหินปูนบางครั้งอาจพบในรูปฟองอากาศในหินลาวาชนิด บะซอลต์ แหล่งของแร่ในประเทศไทยเกิดร่วมกับแร่ยิปซัมที่สะพานหิน จ.พิจิตร และ ที่ จ.แม่สอด จ.ตาก จ.สุราษฎร์ธานี และที่ จ.นครศรีธรรมราช และเกิดการแทรกในชั้นหินน้ำมันที่ จ.กระบี่ [1]

งานก่อสร้างทางหลวงแผ่นดินในเขตอำเภอหนองสาหร่าย อำเภอ เวียงสระ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และอำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช มีการใช้แร่แอนไฮไดรต์ เป็นวัสดุในการสร้างทาง เริ่มจากการใช้เป็นวัสดุมวลรวม เพื่อใช้รองพื้นทาง (Subbase) ซึ่งถ้าทำการทดสอบเฉพาะคุณสมบัติที่กำหนดสำหรับมวลรวมทั่วไป ได้แก่ ขนาดคละ ความหนาแน่น สัมพัทธ์ ความถ่วงจำเพาะ การดูดซึม ความแข็ง รูปร่างลักษณะของผิวสารไม่พึงประสงค์ ความแข็งแรงในการบดอัด แร่แอนไฮไดรต์จะผ่าน

RECEIVED 14 OCTOBER, 2002

ACCEPTED 10 FEBRUARY, 2003

การทดสอบเหล่านี้ แต่เมื่อพิจารณาถึงความเสถียรภาพต่อสารเคมี ความคงทน และการแปรสภาพเมื่อสัมผัสกับน้ำ คุณสมบัติเหล่านี้ของแร่แอนไฮไดรต์ต้องได้รับการทดสอบอย่างถี่ถ้วน ก่อนนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวม เนื่องจากแร่แอนไฮไดรต์สามารถเปลี่ยนเป็นแร่ยิปซัมได้ที่สภาวะผิวพื้นดิน โดยกระบวนการเปลี่ยนสภาพนี้ ปริมาตรของแร่จะขยายเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความเสียหายแก่ถนนได้ [2]

ได้มีการนำเอาแร่แอนไฮไดรต์มาผสมกับสารเคมีสองชนิดคือ โพลีเอทิลีนไกลคอล และซิงค์ซัลเฟต [3] เพื่อให้แร่แอนไฮไดรต์ มีค่าการก่อตัวเร็วขึ้นซึ่งจะได้ผลดีสำหรับทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ ปริมาณของอัตราส่วนผสมระหว่างโพลีเอทิลีนไกลคอล และซิงค์ซัลเฟต เท่ากับ 1.7 กรัม ต่อปริมาณของแร่ แอนไฮไดรต์ 100 กรัม ซึ่งจะใช้ซิงค์ซัลเฟต อยู่ระหว่าง 0.2-0.7 ส่วน ต่อน้ำหนักของ โพลีเอทิลีนไกลคอล และเกิดปรากฏการณ์ Gypsification ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาของแคลเซียมซัลเฟตกับน้ำ กลายเป็นยิปซัม [4] ซึ่งอนุภาคผลึกรวมตัวกันน้ำมีผลทำให้เกิดการขยายตัวทางปริมาตรได้ถึงร้อยละ 62 ซึ่งพฤติกรรมนี้คล้ายการขยายตัวของดินเหนียวซึ่งบวมตัวเนื่องจากปฏิกิริยา Hydration ซึ่งมีผลต่อพฤติกรรมทางด้านวิศวกรรมของดินเหนียวในขณะที่มีการขยายตัว การศึกษา ระหว่างตัวอย่างตามธรรมชาติกับตัวอย่างดินที่ทำการสังเคราะห์ขึ้น เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางด้านธรณีเทคนิค และคุณสมบัติการบวมตัวของดินเหนียวที่มีการขยายตัวโดยการเปรียบเทียบระหว่าง ดินเหนียวผสมยิปซัม และดินเหนียวผสมแร่แอนไฮไดรต์ ชาญฤทธิ์ [5] ได้ทำการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำเอาแร่แอนไฮไดรต์ซึ่งเป็นแร่ที่เหลือทิ้งจากการทำเหมืองแร่ยิปซัม มาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพดินเหนียวอ่อนให้มีความสามารถในการรับกำลังให้สูง

จากการศึกษาที่ผ่านมายังไม่พบผลงานวิจัยในการนำเอาแร่แอนไฮไดรต์มาใช้ประโยชน์ในด้านการก่อสร้าง เนื่องจากได้มีความพยายามที่จะนำเอาแร่แอนไฮไดรต์มาใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้าง ซึ่งการนำมาใช้นั้น ควรมีการศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของแร่ให้ละเอียดเสียก่อน ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางโครงสร้างเมื่อเติมสารเคมีบางชนิดเข้าไป ซึ่งคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปของแร่แอนไฮไดรต์หลังจากเกิดการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมีแล้วมีความเหมาะสมอย่างไร เพื่อทำให้เกิดความมั่นใจและปลอดภัยไม่ทำให้เกิดความเสียหายแก่ถนนที่นำมาใช้นั้น งานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติก่อนและหลังการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้านคุณสมบัติทางด้านกายภาพและทางโครงสร้างเปลี่ยนแปลงอย่างไรเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้างหรือไม่และเพื่อจัดการทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่นนั้นๆ เพื่อที่จะนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเหมาะสมในงานทางด้านวิศวกรรมโยธา

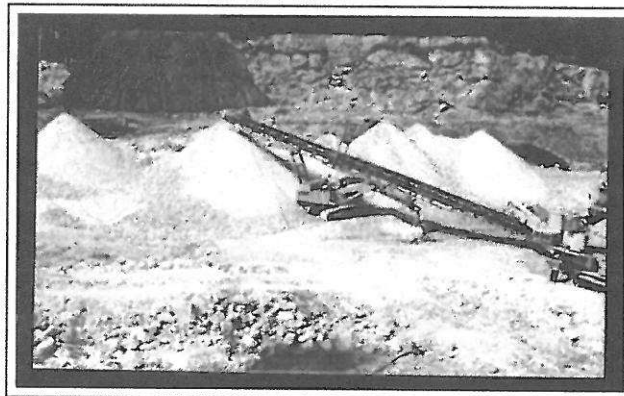
2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

2.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

วัสดุที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย

2.1.1 แร่แอนไฮไดรต์ นำมาจากเหมืองแร่ยิปซัมของบริษัทปูนซิเมนต์ไทยซึ่งอยู่ในเขต กิ่งอำเภอคงเจริญ ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างจังหวัดพิจิตร-นครสวรรค์ ดังแสดงในรูปที่ 1

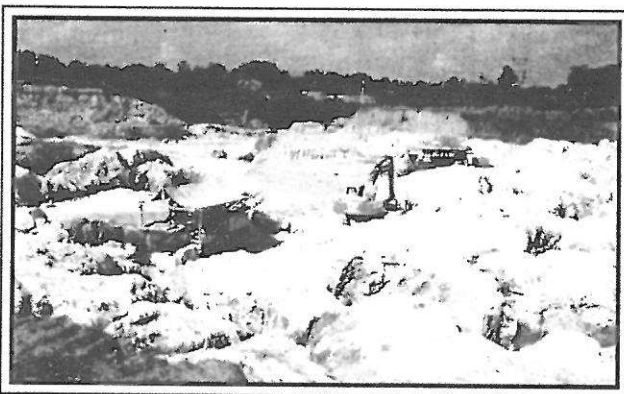
2.1.2 สารตัวเร่งปฏิกิริยาได้แก่ โพลีเอทิลีนไกลคอล ซิงค์ซัลเฟต และอะลูมิเนียมซัลเฟต



(ก) การลำเลียงการทำเหมืองแร่ยิปซัมและแอนไฮไดรต์



(ข) กองแร่แอนไฮไดรต์ที่คัดออกเพื่อนำไปทิ้ง



(ค) สภาพบริเวณที่มีการทำเหมืองแร่

รูปที่ 1 การทำเหมืองแร่ยิปซัมที่ อ.คงเจริญ จ. พิจิตร-นครสวรรค์

2.2 วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้คือ

2.2.1 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

เก็บตัวอย่างของแร่แอนไฮไดรต์ แบบสุ่มหลายจุดจากบริเวณที่ทำเหมือง ซึ่งตัวอย่างที่เก็บมานี้จะมีลักษณะเป็นก้อนซึ่งแต่ละก้อนจะมีน้ำ

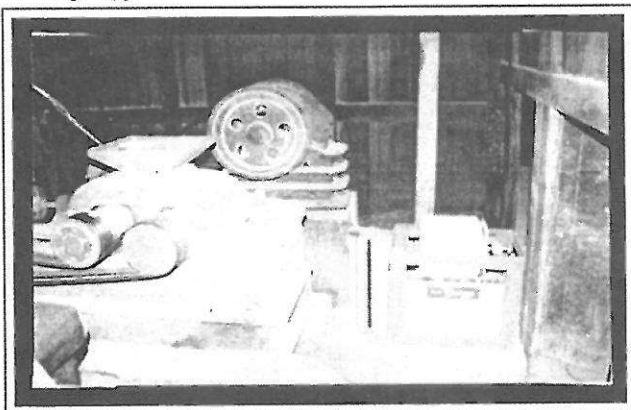
หนักโดยประมาณ 6-8 ก.ก. หลังจากนั้นนำมาทำการย่อยขนาดให้เล็กลง โดยใช้ค้อนทุบเพื่อที่จะให้ได้มีขนาดที่เล็กพอที่จะนำมาเข้าเครื่อง Jaw Crusher ดังแสดงในรูปที่ 2 เพื่อทำการย่อยขนาดในขั้นแรก หลังจากทำการย่อยขนาดในขั้นตอนแรกแล้วก็นำส่วนนี้เข้าเครื่อง Jaw Crusher ตัวที่สองซึ่งเป็นขั้นตอนที่สอง เพื่อทำการย่อยขนาดให้เล็กลงไปอีก หลังจากเสร็จขั้นตอนนี้แล้วก็ทำการแยกแร่ออกเป็นสองส่วน คือ

ส่วนที่หนึ่ง เพื่อนำไปบดโดยใช้เครื่อง Ball Mill ดังแสดงในรูปที่ 3 เพื่อที่จะให้ได้ส่วนละเอียดดังแสดงในรูปที่ 4 (d)

ส่วนที่สอง นำไปเข้าเครื่อง Roll Crusher ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งจะได้แร่ขนาดต่างๆปนกันทั้งหยาบและละเอียดผสมกัน(เรียกส่วนนี้ว่าส่วนหยาบที่ใช้ในการทดลองดังแสดงในรูปที่ 4 (a, b, c)

ตัวอย่างที่นำมาทดสอบนั้นแต่ละอัตราส่วนผสมจะทำการทดสอบอัตราส่วนผสมละ 3 ตัวอย่าง ปริมาณอัตราส่วนผสมระหว่างแร่แอนไฮโดรคิตกับสารเคมีดังแสดงในตารางที่ 1 เช่นตัวอย่างชื่อ AF5 หมายถึงแร่แอนไฮโดรคิตที่ผสม K_2SO_4 เท่ากับ 1% $ZnSO_4$ เท่ากับ 0.3%

$Al_2(SO_4)_3$ เท่ากับ 0.3% รวมตัวอย่างทดสอบทั้งสิ้น 114 ตัวอย่าง



รูปที่ 2 เครื่อง Roll Crusher (ด้านหน้า) และ Jaw Crusher (ด้านหลัง) สำหรับย่อยขนาด

2.2.2 การวิเคราะห์หาขนาดและการกระจายตัวของอนุภาค

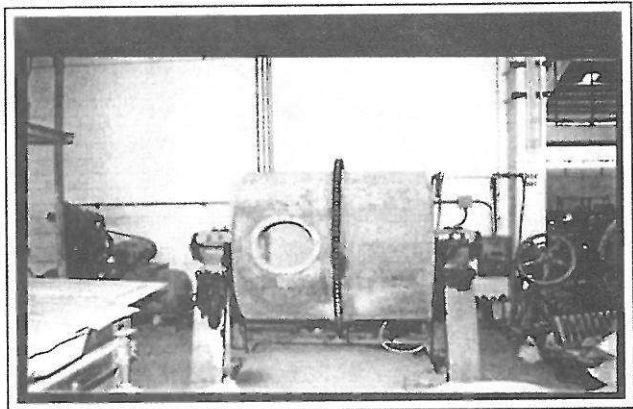
2.2.2.1 เครื่อง Sedigraph 5100 (สำหรับส่วนละเอียดดังแสดงใน รูปที่ 5)

ใช้เครื่อง Sedigraph 5100 หาขนาดอนุภาคของแร่ว่ามีขนาดและการกระจายตัวของแร่และมีปริมาณของแร่แต่ละขนาดประมาณเท่าใด ซึ่งทำโดยเทตัวอย่างแร่แอนไฮโดรคิตลงในถ้วยตวงประมาณ 10 ml เติมน้ำกลั่นลงในถ้วยตวงประมาณ 50 ml หลังจากนั้นกวนด้วย Magnetic Stirrer จุ่ม Probe ของเครื่อง Sonic Dismenbrator ลงไปยังถ้วยตวงเพื่อให้คลื่น Ultrasonic กระจายอนุภาคให้แตกตัวจากกันแล้วเท Slurry ลงในกระบอกรับตัวอย่างบนเครื่อง Sedigraph 5100 แล้วกวนด้วยเครื่อง Magnetic Stirrer ภายในเครื่องตวง ผลการวิเคราะห์จะประมวลผลออกมาทางเครื่องพิมพ์

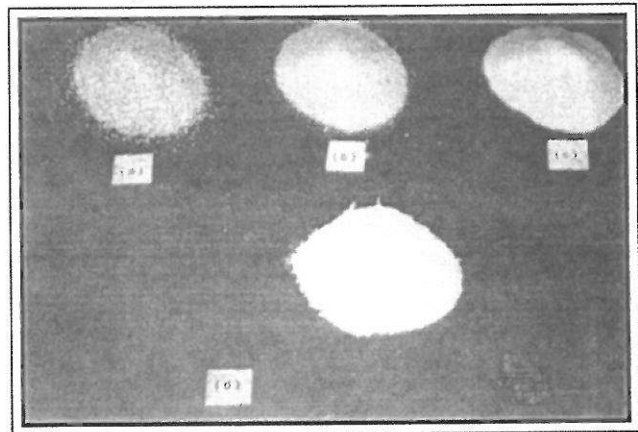
2.2.2.2 Sieve Analysis (สำหรับส่วนหยาบ)

ทำการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D422-63 นำตัวอย่างที่ต้องการหาขนาดใส่ลงในตะแกรงมาตรฐานเรียงขนาดตะแกรงให้ขนาด

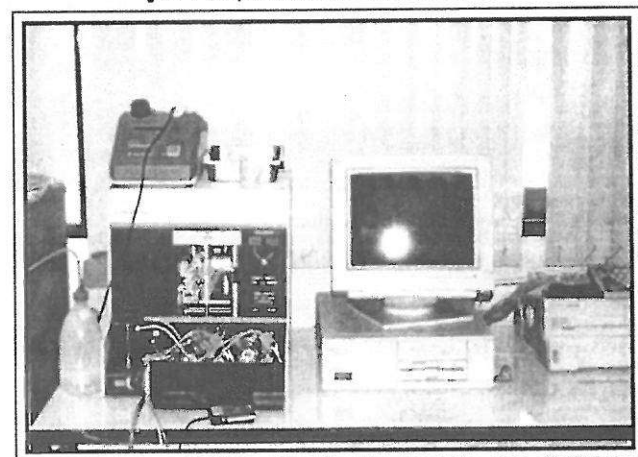
ใหญ่สุดอยู่ด้านบนสุดและขนาดเล็กสุดอยู่ด้านล่างสุดดังแสดงในรูปที่ 6 แล้วเขย่าตะแกรงร่อน เมื่อร่อนเสร็จนำดินตัวอย่างที่ค้างบนตะแกรง แต่ละชั้นมาชั่งน้ำหนักแล้วคำนวณหาส่วนที่ค้างหรือผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ เป็นค่าร้อยละ



รูปที่ 3 เครื่องสำหรับบดตัวอย่างแบบละเอียด



รูปที่ 4 วัสดุที่เตรียมไว้สำหรับการทดสอบ

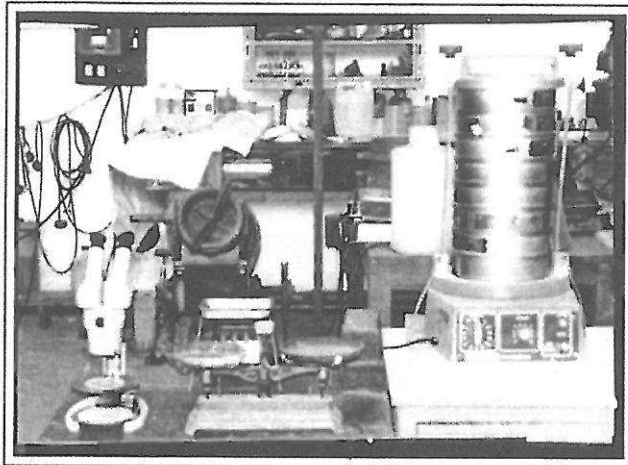


รูปที่ 5 เครื่อง Sedigraph 5100 สำหรับวิเคราะห์ขนาด

2.2.3 การทดสอบหาค่าความหนาแน่น

ทำการหาโดยใช้เครื่องทดสอบที่เรียกว่า True Density ดังแสดงในรูปที่ 7 โดยนำภาชนะสำหรับใส่ตัวอย่างภายในเครื่องที่เรียกว่า Cell มาทำความสะอาดโดยล้างด้วยแอลกอฮอล์แล้วนำไปอบให้แห้งสนิท จากนั้นนำมาวางบนฐานรองกด Wa Switch เครื่องจะทำการ

คำนวณหาน้ำหนักที่ถูกต้องของ Cell เปล่า หลังจากนั้นนำ Cell ออกมาเพื่อใส่ตัวอย่าง



รูปที่ 6 เครื่องมือทดสอบหาขนาดอนุภาคของเม็ดดิน

โดยวิธี Sieve Analysis

การใส่ตัวอย่างให้ใส่จนถึงระดับ Power Level แล้วใส่ Cell กลับเข้าไปใหม่แล้วกด Start Switch เพื่อทำการ Analyze ใช้เวลาประมาณ 50 นาที เครื่องจะทำงานเองโดยอัตโนมัติ เมื่อเครื่องประมวลผลเสร็จจะ Print Out ออกมาทาง Paper Feed



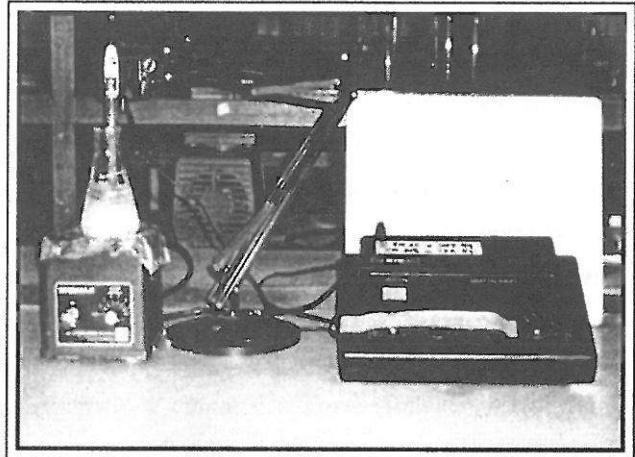
รูปที่ 7 เครื่องมือทดสอบ True Density

2.2.4 การทดสอบหาค่าความเป็นกรด-ด่าง

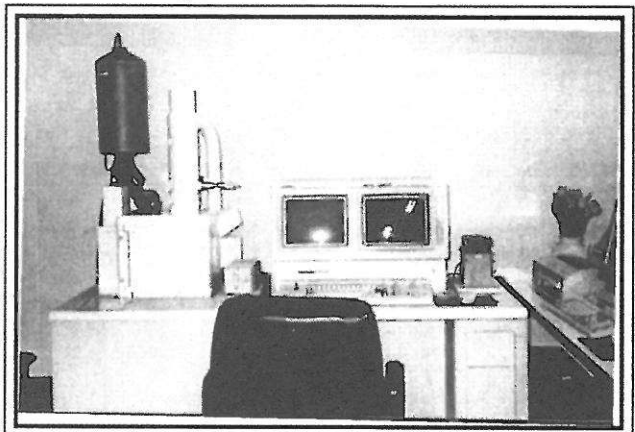
โดยใช้เครื่องมือไฟฟ้าที่เรียกว่า pH meter ดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งใช้วิธีการวัดค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้า การทดสอบหาค่าความเป็น กรด-ด่าง ทำการทดสอบตาม มาตรฐาน ASTM: D 4972-89 [6] นำตัวอย่างของ แร่ที่ผสมและไม่ผสมสารเคมีมาวัดค่า pH โดยใช้เครื่องมือวัดค่า pH (pH Meter) ซึ่งใช้วัสดุวิจัยตัวอย่างละประมาณ 2 กรัม ค่อย น้ำกลั่น 50 ลบ.ซม. เขย่าตัวอย่างให้เข้ากันและทิ้งไว้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งแต่ละตัวอย่างจะต้องใช้เวลาที่เท่ากัน และวัดค่า pH หลังจากที่ใช้ Probe ของ pH Meter วัดค่า pH ในแต่ละครั้ง จะต้องใช้กระบอกฉีดน้ำ ฉีดน้ำกลั่นลงบน Probe เพื่อเป็นการล้าง Probe ให้สะอาด แล้วเช็ดให้แห้งก่อนที่จะทำการวัดค่า pH ต่อไป

2.2.5 การถ่ายภาพขยายกำลังสูง

สำหรับการถ่ายภาพขยายกำลังสูงของแร่แอนไฮไดรต์ จะทำโดย ใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope ดังแสดงในรูปที่ 9 เพื่อทำการ ตรวจสอบรูปร่างและลักษณะโครงสร้างของเนื้อวัสดุ



รูปที่ 8 เครื่องมือวัด pH Meter



รูปที่ 9 เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

2.2.6 การทดสอบหาลักษณะประกอบทางเคมีของแร่

หาลักษณะประกอบทางเคมีของแร่โดยใช้เครื่อง X-ray Diffraction ดังแสดงในรูปที่ 10 ซึ่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองจะต้องมีขนาดอนุภาค เล็กกว่า 0.075 มม. ผ่านตะแกรงเบอร์ 200

3. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

คุณสมบัติทางกายภาพของแร่แอนไฮไดรต์ ที่ผสมและไม่ผสม สารตัวเร่งปฏิกิริยา

3.1 สีของแร่แอนไฮไดรต์

สีของแร่แอนไฮไดรต์ที่นำมาจากธรรมชาติ จะมีลักษณะเป็น ก้อนแข็งขนาดใหญ่ มีสีเทาอ่อน หรือ เทาอมขาวเมื่อทุบให้แตกออกแล้ว จะมีลักษณะคล้ายก้อนสีเหลี่ยมผืนผ้าและจะมีความวาวคล้ายแก้ว สำหรับสีของแร่แอนไฮไดรต์หลังจากที่ได้ทำการบดให้ละเอียดแล้วจะมี

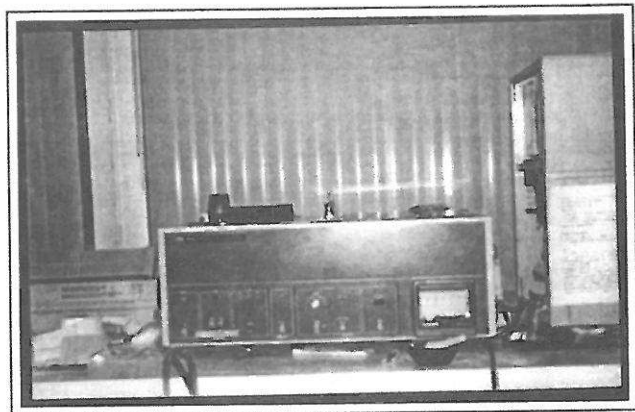
สีขาว แต่เมื่อเปรียบเทียบกับความขาว กับแร่ยิปซัมแล้ว ยิปซัมจะมีความขาวบริสุทธิ์กว่า

3.2 โครงสร้างของอนุภาคขนาดเล็กบนพื้นผิวของแร่แอนไฮไดรต์

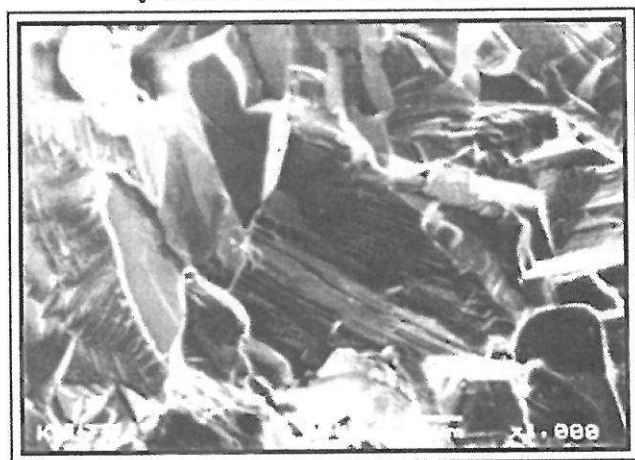
รูปทรงอนุภาคของแร่แอนไฮไดรต์ สามารถมองเห็นได้จากการถ่ายภาพกล้อง Scanning Electron Microscope (SEM) ซึ่งกำลังขยายที่ใช้เท่ากับ 1,000 1,500 และ 2,200 เท่า ดังแสดงในรูปที่ 11 12 13 และ 14 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ข้อค้อย่างและอัตราส่วนผสม

Sample	K ₂ SO 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
FK1			X						
FK2			X			X	X		
FK3			X			X			X



รูปที่ 10 เครื่องทดสอบ X-ray Diffraction



รูปที่ 11 โครงสร้างอนุภาคพื้นผิวของแร่แอนไฮไดรต์ ซึ่งเป็นก้อนแร่

สภาพตามธรรมชาติกำลังขยาย 1,000 เท่า

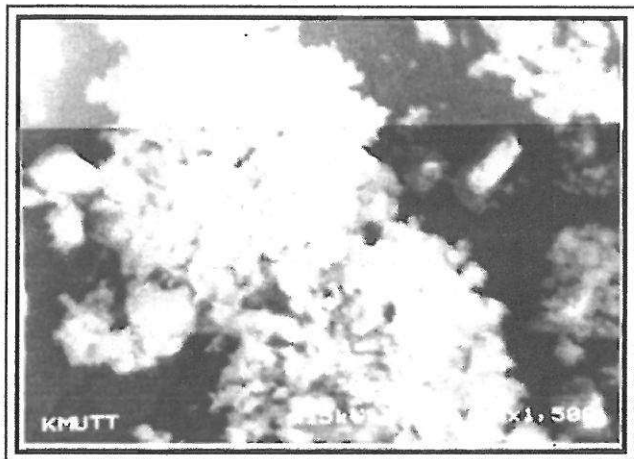
รูปที่ 11 แสดงอนุภาคพื้นผิวของแร่แอนไฮไดรต์ ที่มีสภาพเป็นก้อนแข็งตามธรรมชาติ โดยที่ยังไม่ได้ผ่านการบดให้ละเอียด จากรูปจะเห็นว่าลักษณะสภาพพื้นผิวของแร่มีลักษณะที่เป็นเส้นหรือมวลเม็ด ตรงที่เป็นรอยแตกภายในจะมีลักษณะเนื้อแน่นเมื่อแตกแล้วตรงผิวหน้าแตกนั้น มีผิวหน้าที่เรียบสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันและเนื้อแร่มีความบริสุทธิ์และมีความขาว

รูปที่ 12 แสดงโครงสร้างอนุภาคพื้นผิวของแร่แอนไฮไดรต์ ซึ่งจะมีลักษณะรูปร่างไม่แน่นอน ในสภาพธรรมชาติไม่ใสสารตัวเร่งปฏิกิริยา รวมทั้งจะมีสภาพของโครงสร้างร่วนยุบคล้ายสาลีและมีสีขาวบริสุทธิ์ รูปร่างพื้นผิวไม่มั่นคง

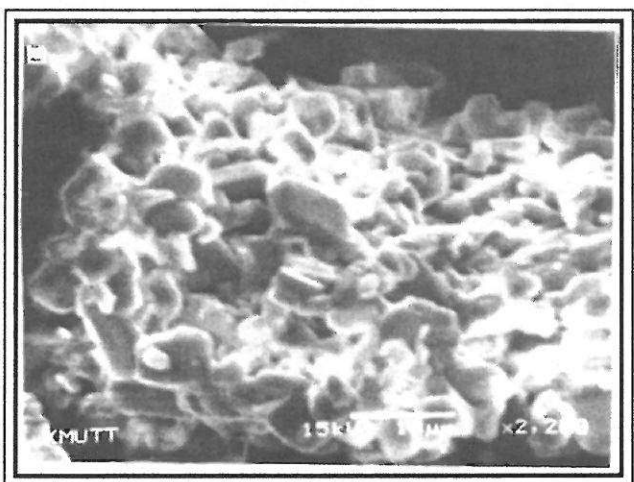
รูปที่ 13 แสดงอนุภาคของแร่แอนไฮไดรต์หลังจากเติมสารตัวเร่งปฏิกิริยาชนิด โพแทสเซียมซัลเฟต (FK1) ซึ่งจากรูปจะเห็นว่าอนุภาคของแร่แอนไฮไดรต์จะเปลี่ยนแปลงไปรวมทั้งลักษณะพื้นผิวเห็นได้ชัดเจนแลดูมันคงขึ้น และมีลักษณะไม่ยุบเหมือนสำลิดังรูปที่ 12 ลักษณะอนุภาคจะคล้ายแผ่นบางๆ เหมือนกลองสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือขนมเปียกปูนมากมายวางเรียงซ้อนกันอยู่และจับตัวกันอย่างมั่นคง

รูปที่ 14 แสดงอนุภาคของแร่แอนไฮไดรต์หลังจากเติมสารตัวเร่งปฏิกิริยาสามชนิด คือ โพแทสเซียมซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และ

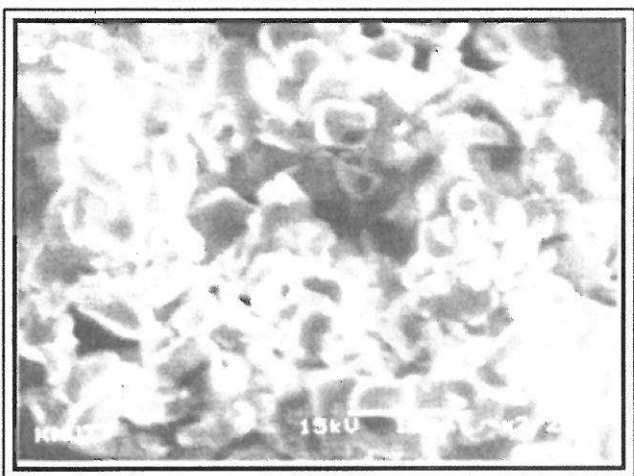
อะลูมิเนียมซัลเฟต (CF6) จากรูปจะมีลักษณะอนุภาคพื้นผิวเหมือนกับตัวอย่าง FK1 ถึงแม้จะใส่สารเคมีถึงสามชนิดก็ตามแต่ลักษณะเป็นก้อนที่เหลี่ยมมีปริมาณที่น้อยลงและเมื่อดูแล้วจะมีโครงสร้างเปลี่ยน



รูปที่ 12 โครงสร้างอนุภาคพื้นผิวของแร่แอนไฮไดรต์ที่บดละเอียด
กำลังขยาย 1,500 เท่า



รูปที่ 13 อนุภาคของแร่แอนไฮไดรต์ที่มีโพแทสเซียมซัลเฟตเป็นสาร
ผสมเพิ่ม (FK1) กำลังขยาย 2,200 เท่า



รูปที่ 14 อนุภาคของแร่แอนไฮไดรต์ที่มี โพแทสเซียมซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต
และอะลูมิเนียมซัลเฟต เป็นสารผสมเพิ่ม (CF6) กำลังขยาย 2,200 เท่า

แปลงไปบางส่วนซึ่งที่เปลี่ยนแปลงไปนี้อาจจะส่งผลต่อการขยายตัวของแร่ มีความสามารถในการดูดซับปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุของการขยายตัวได้มากขึ้นกว่าเดิม

3.3 ความหนาแน่น

สำหรับค่าความหนาแน่นของแร่แอนไฮไดรต์ ที่นำมาจากธรรมชาติที่ยังไม่ได้เติมสารเคมีซึ่งจากการทดสอบนี้นั้นจะได้ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 2.8778 กรัม/ลบ.ซม.สำหรับค่าความหนาแน่นของแร่แอนไฮไดรต์ หลังจากที่มีการผสมสารตัวเร่งปฏิกิริยาแล้วนั้นจะมีค่าความหนาแน่นเปลี่ยนแปลงไปตามแต่ละอัตราส่วนและปริมาณของสารเคมีที่ใส่เข้าไป ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลของการทดสอบหาค่า pH และความหนาแน่นของ
แร่แอนไฮไดรต์ เมื่อผสมสารตัวเร่งปฏิกิริยา

Sample	pH	Density (g/cm ³)	Sample	pH	Density (g/cm ³)
AF1	9.23	2.1732	BF1	11.48	2.2019
AF2	9.05	2.2857	BF2	11.17	2.3529
AF3	8.85	2.3824	BF3	10.10	2.3651
AF4	8.65	2.2899	BF4	8.87	2.2789
AF5	9.64	2.3211	BF5	9.40	2.2159
AF6	8.76	2.3425	BF6	8.65	2.2679
AF7	8.42	2.2730	BF7	8.49	2.3075
AF8	8.42	2.3457	BF8	9.20	2.3274
AF9	8.83	2.3535	BF9	8.85	2.3052
CF1	9.63	2.2691	BC1	8.90	2.5720
CF2	9.46	2.3362	BC2	8.62	2.4581
CF3	9.23	2.3585	BC3	8.50	2.4251
CF4	9.74	2.3170	BC4	8.35	2.3130
CF5	8.88	2.3235	BC5	8.66	2.4269
CF6	8.73	2.3254	BC6	8.30	2.4671
CF7	8.50	2.3575	BC7	8.14	2.3283
CF8	8.80	2.3640	BC8	8.11	2.4493
CF9	8.49	2.3659	BC9	8.20	2.4614
FK1	10.19	2.3566			
FK2	8.50	2.3575			
FK3	8.49	2.3659			

หมายเหตุ ค่าร้อยละของปริมาณน้ำที่ใช้เท่ากับ 23 โดยคิดคำนวณต่อ
น้ำหนักของแร่แอนไฮไดรต์

AF, BF, CF, FK กลุ่มตัวอย่างขนาดละเอียด

BC กลุ่มตัวอย่างขนาดหยาบ

จากตารางที่ 2 นั้นจะเห็นว่า ค่าความหนาแน่นจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของสารตัวเร่งปฏิกิริยาที่เติมเข้าไป และจากการเติมสารตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าไปนี้จะทำให้ค่าความหนาแน่นของแร่แอนไฮไดรต์มีค่าลดลง อยู่ในช่วง 2.1732 – 2.3824 กรัม/ลบ.ซม. จากผลที่ได้นี้แสดงว่าสารตัวเร่งปฏิกิริยาที่เติมเข้าไปจะทำให้ให้น้ำหนักของแร่ชนิดนี้นั้นมีน้ำ

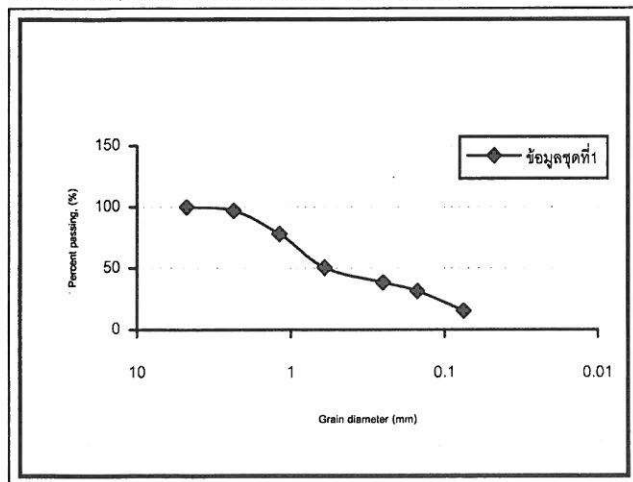
หนักที่เบาลงเมื่อทำการเติมสารตัวเร่งปฏิกิริยา ลงไป และจากการเปลี่ยนแปลงสารตัวเร่งปฏิกิริยาแต่ละชนิดตามปริมาณต่างๆ นั้นจะเห็นว่า สำหรับตัวอย่างชนิด AF1 – AF9 นั้น เมื่อคงปริมาณของ โพแทสเซียมซัลเฟต ไว้ที่ร้อยละ 1 และทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณของ ซิงค์ซัลเฟต และ อะลูมิเนียมซัลเฟต ตั้งแต่ร้อยละ 0.1-0.5 ผลที่ได้จะเห็นว่าค่าความหนาแน่นที่ได้จะมีค่าสูงขึ้นและลดลงเล็กน้อย ตามปริมาณการเปลี่ยนแปลงของสาร ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เติมเข้าไปทั้งสองชนิด สำหรับตัวอย่างชนิด BF1-BF9 และ CF1-CF9 ซึ่งคงปริมาณของโพแทสเซียมซัลเฟตไว้ที่ร้อยละ 1.2 และร้อยละ 1.4 ตามลำดับนั้น เกิดผลที่สอดคล้องเช่นเดียวกับ ตัวอย่างชนิด AF1-AF9 ค่าความหนาแน่นจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณของ ค่าโพแทสเซียมซัลเฟตที่เพิ่มขึ้น แต่ค่าความหนาแน่นที่เปลี่ยนแปลงนั้น มีค่าไม่มากนัก ซึ่งก็จะเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 2.2019 - 2.3651 กรัม/ลบ. ซม. ถือว่ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

สำหรับตัวอย่างชนิด BC1- BC9 นั้นจะเป็นตัวอย่างชนิดหยาบ โดยจะคงค่าโพแทสเซียมซัลเฟตไว้ที่ร้อยละ 1.2 ผลที่ได้ค่าความหนาแน่นจะมีค่าลดลงอยู่ในช่วงจาก 2.572 – 2.313 กรัม/ลบ. ซม. สูงกว่าผลจากชนิดละเอียด 2.1732-2.3824 กรัม/ลบ. ซม. ทั้งนี้เป็นไปด้วยเหตุผลที่ว่า โอกาสที่แร่ละเอียดกว่าซึ่งมีพื้นที่ผิวของอนุภาคมากกว่า มีโอกาสทำปฏิกิริยาทางเคมีได้มากกว่า

เมื่อพิจารณาขนาดอนุภาคของแร่แอนไฮไดรต์ระหว่างชนิดละเอียดและชนิดหยาบโดยไม่ผสมสารเคมีแล้วจะเห็นว่า ชนิดละเอียดค่าความหนาแน่น ที่ได้จากการทดลองเท่ากับ 2.8778 กรัม/ลบ. ซม. และชนิดหยาบค่าความหนาแน่นที่ได้จากการทดลองเท่ากับ 2.7161 กรัม/ลบ. ซม. ซึ่งจะเห็นว่าอนุภาคที่ละเอียดกว่าจะมีค่าความหนาแน่นที่สูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุชนิดเดียวกัน เหตุผลอาจเนื่องจากขนาดอนุภาคที่เล็กกว่าช่องว่างระหว่างอนุภาคจะลดลง และปริมาณเนื้อวัสดุจะเพิ่มขึ้น จึงทำให้ค่าความหนาแน่นชนิดละเอียดมีค่ามากขึ้นด้วย

3.4 การกระจายตัวของอนุภาค (Grain Size Distribution)

3.4.1 ส่วนอนุภาคที่หยาบวิเคราะห์โดย Sieve Analysis

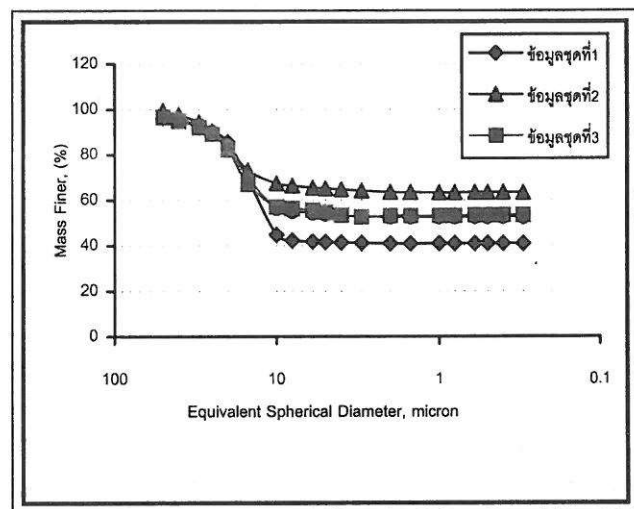


รูปที่ 15 การกระจายตัวของอนุภาคส่วนหยาบของแร่แอนไฮไดรต์

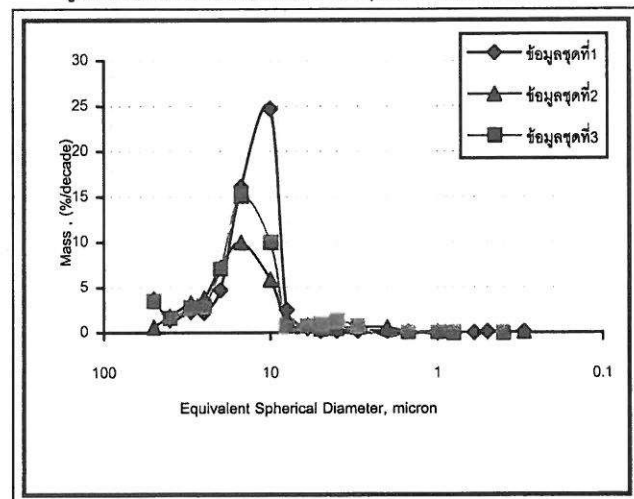
จากรูปที่ 15 จะเห็นว่า การกระจายตัวของอนุภาคของแร่แอนไฮไดรต์ มีขนาดของอนุภาคอยู่ในช่วง 5 ถึง 0.075 มม. หรือเล็กกว่า เพราะยังมีส่วนของอนุภาคส่วนหนึ่งที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 และค้างบน Pan และเมื่อพิจารณาที่ขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่ร้อยละ 50 ของร้อยละสะสมของการผ่านตะแกรง จะได้ขนาดอนุภาคเฉลี่ยของแร่แอนไฮไดรต์เท่ากับ 0.6 มม. ค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 2.893

3.4.2 ส่วนละเอียดวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Sedigraph 5100

จากรูปที่ 16 จะเห็นว่า การกระจายตัวของอนุภาคส่วนละเอียดของแร่แอนไฮไดรต์จะมีขนาดอนุภาคจากการวิเคราะห์อยู่ในช่วง 50 ถึง 0.3 μm และจะมีลักษณะของการกระจายตัวตั้งแต่ 10 ถึง 0.3 μm เกือบเป็นระดับแนวเดียวกันแสดงว่าใน



รูปที่ 16 การกระจายตัวของอนุภาคของแร่แอนไฮไดรต์



รูปที่ 17 ปริมาณการกระจายของขนาดอนุภาคของแร่แอนไฮไดรต์

ช่วงที่เส้นกราฟเกือบเป็นแนวราบนี้จะมีปริมาณของอนุภาคน้อยมาก และเมื่อดูรูปที่ 17 ขนาดของอนุภาคที่อยู่ในช่วง 15 ถึง 10 μm จะมีปริมาณที่มาก ซึ่งแสดงว่าสำหรับอนุภาคส่วนที่ละเอียดปริมาณขนาดอนุภาคที่มีมากจะอยู่ในช่วง 15 ถึง 10 μm

3.5 ความเป็นกรด-ด่าง (pH Value)

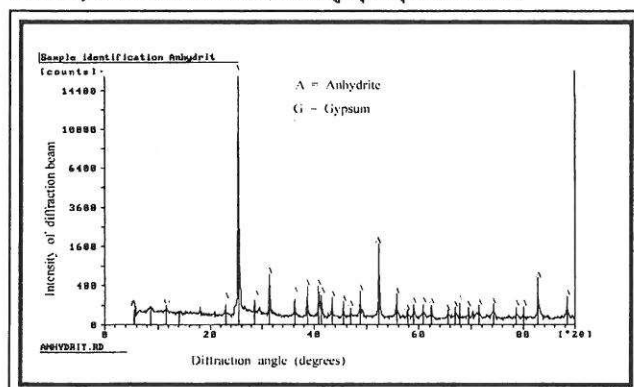
ค่าความเป็น กรด-ด่าง ของแร่แอนไฮโดรต์ที่ยังไม่ผสมสารเคมี นั้นจะมีค่า pH ประมาณ 8.63 จะอยู่ในสภาพที่เป็นด่าง และมีความเป็น ด่างที่ไม่สูงมากนัก จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าเมื่อปริมาณของสารตัวเร่ง ปฏิกิริยาที่ใช้เติมลงไปนี้มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นค่า pH ก็จะลดลงตามไปด้วย เมื่อพิจารณาตัวอย่าง FK1 ที่เติมสารเคมีโพแทสเซียมซัลเฟตลงในตัวอย่างร้อยละ 1.4 จะมีค่า pH เท่ากับ 10.19 และเมื่อพิจารณาตัวอย่างชนิด AF, BF, CF และ BC ที่ใส่ปริมาณโพแทสเซียมซัลเฟตที่ร้อยละ 1, 1.2, 1.4 และ 1.2 ตามลำดับ จะเห็นว่าค่า pH ที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเติมสาร ตัวเร่งปฏิกิริยาอีก 2 ชนิด ตามอัตราส่วนผสมต่างๆ คือ ซิงค์ซัลเฟต และ อะลูมิเนียมซัลเฟตลงไปแล้วทำให้ค่า pH ที่ได้ลดลงตามการเปลี่ยนแปลง ของสารตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้เติมลง

ผลที่เกิดขึ้นนั้นอาจใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกใช้อัตรา ส่วนที่เหมาะสมในการใช้สารเคมี เพราะถ้าใช้สารเคมีในปริมาณที่มาก เกินไปก็สิ้นเปลืองโดยเปล่าประโยชน์และก็ไม่ส่งผลคืออะไรเพิ่มขึ้นมาก นกเมื่อนำไปใช้ประโยชน์

3.6 องค์ประกอบทางแร่วิทยาของแร่แอนไฮโดรต์โดย X-ray Diffraction

จากผลการวิเคราะห์โครงสร้างของผลึกเพื่อหาองค์ประกอบทาง แร่วิทยาของแร่แอนไฮโดรต์ด้านการเกิดผลึก (Crystalline) โดยใช้เครื่อง X-ray Diffraction พบว่าจะมีสารประกอบใหม่เกิดขึ้น ดังนี้คือ

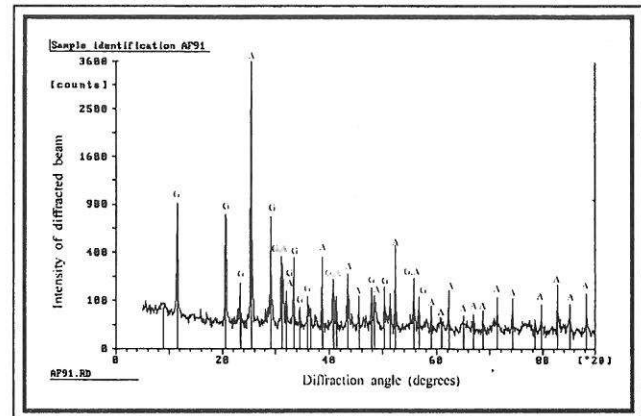
รูปที่ 18 แสดงผลการทดสอบหารูปแบบ (Pattern) ของโครงสร้างส่วนประกอบทางแร่วิทยาของแร่แอนไฮโดรต์ตามธรรมชาติ ผลของ การทดลองสามารถบอกได้ว่าตัวอย่างแร่แอนไฮโดรต์ที่นำมาทดลองนั้น ถือว่าเป็นแร่ที่มีความบริสุทธิ์สูงมาก เพราะเมื่อสังเกตจากกราฟการ สะท้อนจุดพิค (Peak) ของกราฟตั้งแต่มุมของการสะท้อนที่ประมาณ 25 ° จนถึง 88 ° นั้น Peak แต่ละ Peak นั้นจะเป็นของแร่แอนไฮโดรต์เกือบทั้ง หมด แทบจะไม่มี Peak ที่จะแสดงให้เห็นว่ามีแร่ชนิดอื่นเจือปนอยู่เลย และเมื่อพิจารณาการสะท้อนของผลึกจะมีค่าความเข้มข้นของแสง (Intensity of Diffraction Beam, IDB) สูงสุดที่มุมประมาณ 25°



รูปที่ 18 โครงสร้างของแร่แอนไฮโดรต์

รูปที่ 19 แสดงผลการทดสอบหา Pattern ของโครงสร้างส่วน ประกอบทางแร่วิทยาหลังจากที่เติมปริมาณสารตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าไปตาม อัตราส่วนผสมต่างๆตัวอย่าง AF9 จากผลที่ได้จะเห็นว่าที่มุมของการ

สะท้อนที่ 25° ซึ่งจุดนี้จะมีค่า IDB ของผลึกที่สูงมากแต่จะลดลงมาเช่น เดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดที่ไม่เติมสารตัวเร่งปฏิกิริยาและหลังจาก จุดนี้ไปค่า IDB ก็จะลดลงและจะเพิ่มสูงขึ้นแต่จะไม่สูงมากนักเมื่อเปรียบ เทียบกับ Peak สูงสุด แต่ถึงอย่างนั้นรูปแบบของการสะท้อนของผลึกก็ยังคงเป็น ตำแหน่งของแร่แอนไฮโดรต์เช่นเดิม จากการทดลองหลังจากที่เติมปริมาณ สารตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าไป



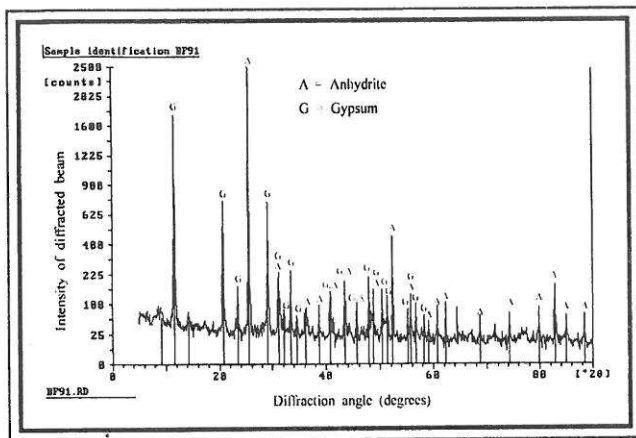
รูปที่ 19 โครงสร้างของแร่แอนไฮโดรต์ ตัวอย่าง AF9

ตามอัตราส่วนผสมต่างๆ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ ไม่เติมสารตัวเร่งปฏิกิริยากับตัวอย่างที่เติมสารตัวเร่งปฏิกิริยา 3 ชนิด ของตัวอย่างชนิด AF ค่า IDB ที่มุม 25° จะมีค่าลดลงและ Peak ต่างๆที่ ปรากฏโดยรวม ก็จะมีค่า IDB ลดลงตลอด แต่เมื่อสังเกตดู Peak จากช่วง 10° ถึง 25° จะมี Peak เพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์สามารถกล่าวได้ว่าส่วนที่ เพิ่มขึ้นมานี้จะเป็น Peak ของแร่ยิปซัมและเมื่อพิจารณาองค์ประกอบโดย รวมทั้งหมดของกราฟชนิด AF ส่วนขององค์ประกอบของแร่ที่เพิ่มขึ้นมา นี้อะไรยิปซัม ซึ่งสรุปได้ว่าเมื่อแร่แอนไฮโดรต์ผสมกับน้ำที่มีสารเคมีผสม อยู่ด้วย สภาพของแร่บางส่วนจะเกิดการแปรสภาพไปเป็นแร่ยิปซัมบาง ส่วน แต่ถึงอย่างไรก็ตามสารเคมีที่เติมเข้าไปในนั้นจะไม่ปรากฏให้เห็น และแร่ได้กลายสภาพไปเป็นแร่ยิปซัมบางส่วน และปริมาณของสารเคมีที่ เติมเข้าไปก็ถือว่าเป็นปริมาณที่น้อยมาก

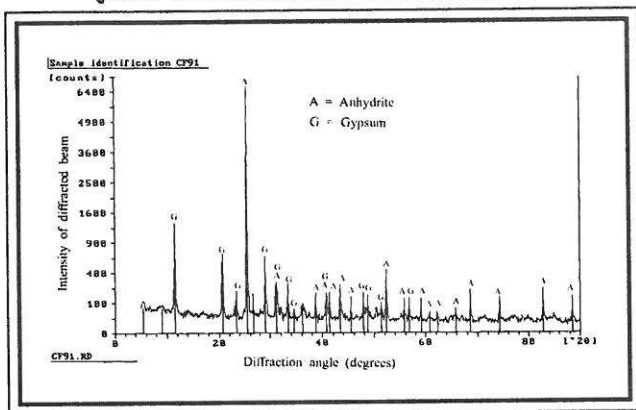
เมื่อวิเคราะห์กราฟทั้งชนิด AF ในรูปที่ 19, BF ในรูปที่ 20, CF ในรูปที่ 21 และ FK ในรูปที่ 22 เปรียบเทียบกันกราฟที่ได้จะไม่แตก ต่างกันมากและองค์ประกอบที่เพิ่มขึ้นมาก็เหมือนกันคือมียิปซัมที่เพิ่มขึ้น มาและจะมีแร่อยู่ 2 ชนิดคือ แอนไฮโดรต์และยิปซัมเท่านั้น แต่ถึงอย่างไร ก็ตาม Peak สูงสุดที่แสดงนั้นยังคงเป็นตำแหน่งเดิม คือที่ประมาณ 25° เหมือนเดิมแต่มีปริมาณค่า IDB ลดลง

4. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

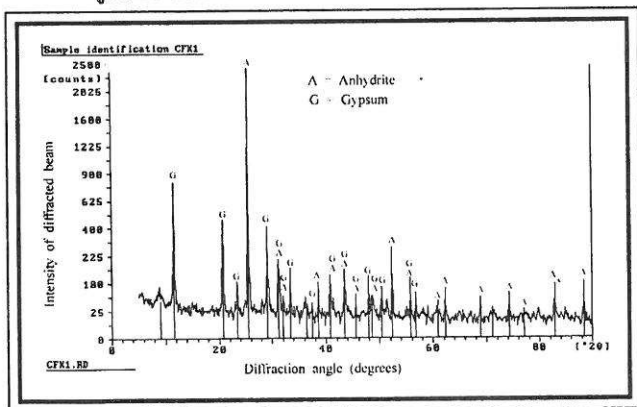
ผลของการทดสอบที่ผ่านมาเมื่อผสมแร่แอนไฮโดรต์กับ ตัวเร่ง ปฏิกิริยา 3 ชนิด คือ โพแทสเซียมซัลเฟต ซิงค์ซัลเฟต และอะลูมิเนียมซัล เฟต และใช้ปริมาณน้ำคงที่ ที่ร้อยละ 23 การใช้ปริมาณของสารตัวเร่ง ปฏิกิริยา ในอัตราส่วนผสมต่างๆ ผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า



รูปที่ 20 โครงสร้างของแร่แอนไฮไดรต์ ตัวอย่าง BF9



รูปที่ 21 โครงสร้างของแร่แอนไฮไดรต์ ตัวอย่าง CF9



รูปที่ 22 โครงสร้างของแร่แอนไฮไดรต์ ตัวอย่าง FK1

1. ลักษณะของแร่แอนไฮไดรต์ถือว่าเป็นแร่ที่มีความบริสุทธิ์สูง การยึดเกาะมวลรวมดีมีความวาว เมื่อทุบให้แตกแล้วผิวหน้าจะเรียบเสมอกันและเมื่อนำไปผ่านการบดรูปร่างของอนุภาคจะมีลักษณะขี้กิ้งก่า ลำไส้ และเมื่อเติมสารตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเดียวคือ โพแทสเซียมซัลเฟต ลักษณะรูปร่างของอนุภาคจะเกิดการเปลี่ยนแปลงจากเดิมคือจะมีลักษณะคล้ายเป็นแผ่นบางๆ เหมือนกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือขนมเปียกปูนมากมายวางเรียงซ้อนกันอยู่ และเมื่อทำการเติมสารตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งสามชนิดเข้าไปลักษณะแผ่นที่วางเรียงซ้อนกันจะมีขนาดที่เล็กลง และจะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างไปจากเดิม การเปลี่ยนแปลงนี้อาจทำให้มีความสามารถในการดูดซับปริมาณน้ำที่

เพิ่มขึ้นและเป็นสาเหตุของการเกิดการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นจากเดิมเป็นอย่างมาก

2. ค่าความหนาแน่นของแร่แอนไฮไดรต์ที่นำมาจากธรรมชาติที่ยังไม่เติมสารเคมีมีค่าเท่ากับ 2.8778 กรัม/ลบ.ซม และจะมีค่าลดลงเมื่อเติมสารเคมีเข้าไปซึ่งจะอยู่ในช่วง 2.1732 – 2.3824 กรัม/ลบ.ซม จากผลที่ได้นี้แสดงว่าสารเคมีที่เติมเข้าไปจะทำให้ความหนาแน่นลดลง ซึ่งค่าความหนาแน่นที่ได้จากการทดลองนี้จะมีค่าการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณของสารเคมีต่างๆ สารโพแทสเซียมซัลเฟตจะไปเร่งการก่อตัวของแร่เร็วขึ้นและช่วยลดความหนาแน่นและปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นสมบูรณ์มากขึ้น เมื่อซิงค์ซัลเฟต และ อะลูมิเนียมซัลเฟตทำปฏิกิริยาต่อกันและจะเกิดฟองอากาศซึ่งเกิดจากก๊าซ Hydrogen Ion (H^+) ในเนื้อของเพสต์แร่แอนไฮไดรต์ ทำให้ค่าความหนาแน่นลดลงตามอัตราส่วนต่างๆ ที่ใส่เข้าไป ซึ่งค่าความหนาแน่นนี้จะแปรผันตามปริมาณสารเคมีที่ใส่เข้าไปแต่ละชนิด
3. ขนาดอนุภาคของแร่แอนไฮไดรต์ที่ใช้ในการทดสอบในครั้งนี้แบ่งออกเป็นส่วนของอนุภาคที่หยาบและส่วนของอนุภาคที่ละเอียดจะเห็นว่าขนาดอนุภาคที่ละเอียดกว่าจะมีค่าความหนาแน่นสูงกว่าและการทำปฏิกิริยากับสารตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีการทำปฏิกิริยาที่ดีและสมบูรณ์กว่าเมื่อใช้ปริมาณสารเคมีในปริมาณที่เท่ากัน
4. ค่าความเป็น กรด - ด่าง แร่แอนไฮไดรต์ที่ยังไม่ผสมสารตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีค่า pH ประมาณ 8.63 จะอยู่ในสภาพที่เป็นด่าง แต่สารตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งสามชนิดเมื่อละลายในน้ำแล้วจะมีสภาพที่เป็นกรด ซึ่งปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบสเรียกว่าปฏิกิริยาการสะเทิน (Neutralization) จะเห็นว่าแร่แอนไฮไดรต์ จะกลายสภาพไปเป็นอิปซัมบางส่วน
5. จากการวิเคราะห์หาลักษณะประกอบทางแร่วิทยาของแร่แอนไฮไดรต์โดยใช้เครื่อง X - ray Diffraction หลังจากเติมสารตัวเร่งปฏิกิริยาพบว่าจะเกิดสารประกอบใหม่เกิดขึ้น คือ จะเปลี่ยนสภาพเป็นแร่อิปซัมบางส่วนและเมื่อพิจารณาการสะท้อนของผลึกจะมีค่า IDB ลดลงซึ่งอาจกล่าวได้ว่า เมื่อมวลของแร่แอนไฮไดรต์ถูกเติมด้วยน้ำและสารเคมีนั้นจะมีองค์ประกอบบางส่วนที่กลายสภาพไปเป็นอิปซัม แต่ถึงอย่างไรก็ตามก็จะมีบางส่วนที่ทนทานที่กลายสภาพและการที่จะกลายสภาพไปเป็นอิปซัมโดยสมบูรณ์ ตามธรรมชาติจะต้องใช้เวลานานและจะมีการเติมน้ำและอยู่ภายใต้ความกดดันและความร้อนตามสภาพธรรมชาติเป็นเวลานาน รูปผลึกโครงสร้างของโมเลกุล จึงจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นอิปซัมโดยสมบูรณ์
6. การวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าแร่แอนไฮไดรต์สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุทดแทนแร่อิปซัมได้ถ้าหากในอนาคตหากเกิดการขาดแคลนแร่อิปซัมขึ้น นอกจากนี้แร่แอนไฮไดรต์ยังสามารถนำมาใช้ทำหมังบำรุงรูป ฝ้าเพดานและใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดินใช้เป็นวัสดุทดแทนสำหรับการผลิตปูนซีเมนต์ ซึ่งแร่แอนไฮไดรต์อาจจะเป็นทาง

เลือกใหม่สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ก็ได้ แต่ถึงอย่างไรก็ตามปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ ที่เกิดขึ้นจำเป็นที่น่านจะศึกษาให้ถ่องแท้ต่อไป

7. การศึกษาผลกระทบและคุณสมบัติต่างๆของแร่แอนไฮไดรต์ ที่จะ เป็นปัญหาต่อการนำมาใช้งานทางด้านวิศวกรรมซึ่งแร่ชนิดนี้เมื่อสัมผัสกับสารเคมีบางชนิดและอยู่ภายใต้ความชื้นแล้วควรมีการศึกษาเพิ่มเติมอิทธิพลของการขยายตัวและกำลัง ซึ่งอาจจะไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้างโครงสร้างที่สัมผัสกับดินหรืออยู่ใต้ดินที่มีความชื้นหรือใช้ปรับปรุงคุณภาพดินให้มีคุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมดีขึ้นเพราะอาจจะส่งผลกระทบในระยะยาวได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ นาย ณรงค์ ยืนยงหัตถภรณ์ ที่ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นด้านต่างๆ ตลอดจนช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบคุณ กรมทรัพยากรธรณี ฝ่ายแต่งแร่ กองการเหมืองแร่ และเจ้าหน้าที่ประจำฝ่ายต่างๆ ท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์วัสดุและอุปกรณ์ทดสอบ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ภาณุวัฒน์ สุริยฉัตร “ การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นของโครงการเหมืองแร่ยิปซัม” การประชุมวิชาการกรมทรัพยากรธรณี ห้องประชุมกรมทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2538 หน้า 447-450.
- [2] พัทธกษ รัตนจารุรักษ์ “การใช้ประโยชน์ของแร่แอนไฮไดรต์” ฝ่ายแร่และหินอุตสาหกรรม กองเศรษฐกิจ กรมทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2542 11 หน้า
- [3] Ridsdale, J.W., “Catalyst for Quick Setting Anhydrite Plaster”, British Patent No. 554952, 1943, pp. 1-7.
- [4] 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, 2000, pp. 538-542.
- [5] ชานุกฤทธิ์ ปูนนิ่ม “การศึกษาการใช้แร่แอนไฮไดรต์ในการปรับปรุงคุณภาพดินเหนียว อ่อนกรุงเทพฯ ในห้องปฏิบัติการ” การศึกษาพิเศษตามหลักสูตรประกาศนียบัตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2543 193 หน้า
- [6] American Society for Testing and Materials, “ASTM D4972-89 : American Society for Testing and Materials Standard Test Method for pH Soils,” in 1991 Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.01, ASTM, 1991, pp. 212 – 214.