

กลไกของการปรับปรุงคุณภาพของดินขาวด้วย กลวิธีโพลิเมอไรเซชัน*

อมลวรรณ พิษฐานิช¹⁾ วิชัย สังวรปทานสกุล²⁾

¹⁾ นักศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

²⁾ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Email: amolvan_p@yahoo.co.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษากลไกของการปรับปรุงคุณภาพของดินขาวจากแหล่งต่างๆ ภายในประเทศ 13 แหล่ง คือ ลำปาง 4 แหล่ง, อุดรดิตถ์, ระนอง, สุราษฎร์ธานี, นราธิวาส, อุตรธานี, ปราจีนบุรี, ระยอง, ราชบุรี และเพชรบุรี ด้วยกลวิธีโพลิเมอไรเซชัน โดยการผสมกับสารผสมต่างๆ กัน ได้แก่ $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, Na_2CO_3 , Na_2HPO_4 , Na_3PO_4 , NaOH และ KOH แล้วกระตุ้นปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันภายใต้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดจนถึงอายุ บ่ม 56 วัน ร่วมกับวิธีคัลลอร์เมตริกเพื่อวัดปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ ร่วมกับการพิจารณาองค์ประกอบทางเคมี องค์ประกอบด้านแร่ดินเหนียว ความสมบูรณ์ของผลึกแร่ดินเหนียว และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ผลการทดสอบพบว่าดินขาวที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ แล้วจะเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันเริ่มแรกหลายรูปแบบ แปรผันตรงกับค่ากำลังรับแรงอัด ซึ่งขึ้นอยู่กับ การประเมินค่าการวัดปริมาณความร้อน และพบว่าดินขาวส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการปรับปรุงคุณภาพ ด้วย KOH และ NaOH ได้แก่ ดินขาวลำปาง ดินขาวเพชรบุรี ดินขาวระยอง ดินขาวสุราษฎร์ธานี ดินขาวระนอง ดินขาวนราธิวาส ดินขาวปราจีนบุรี และดินขาวอุตรธานี ยกเว้นดินขาวอุดรดิตถ์ จะมีแนวโน้มในการปรับปรุงคุณภาพด้วย $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

คำสำคัญ : ดินขาว, การปรับปรุงคุณภาพ, โพลิเมอไรเซชัน, วิธีคัลลอร์เมตริก

* รับต้นฉบับเมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2549 และได้รับบทความฉบับแก้ไขเมื่อวันที่ 30 สิงหาคม 2549

Mechanism of Stabilization of Kaolin by Polymerization Technique^{*}

Amolvan Pisitthavanich¹⁾ Wichai Sungwongpatansaku²⁾

¹⁾ Lecturer, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi.

²⁾ Prof., Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Email:amolvan_p@yahoo.co.th

ABSTRACT

This paper presents stabilization mechanism of Kaolin by Polymerization from 13 locations in Thailand : 4 locations from Lampang, one location each from Uttaradit, Ranong, Suratthani, Nanatiwat, Udonthani, Prachinburi, Rayong, Rachaburi and Phetchaburi. The polymerization was carried out by mixing different substances such as $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, Na_2CO_3 , Na_2HPO_4 , Na_3PO_4 , KOH and NaOH with the specimens. Polymerization reaction was activated under a temperature of 80 degree celcius for 24 hours followed by cooling in room temperature. Tendency of stabilization was studied using compressive strength tests of samples after curing for 56 days along with calorimetric study to determine heat content during stabilization. Chemical elements, clay mineral, clay mineral crytallization and cation exchange capacity were taken into account. Models were proposed to describe the early polymerization mechanism of Kaolin for various maximum compressive strengths based on heat evolution measurements. Most Kaolin samples such as Lampang Kaolin, Phetchaburi Kaolin , Rayong Kaolin, Suratthani Kaolin, Ranong Kaolin, Naratiwat Kaolin, Prachinburi Kaolin, and Udonthani Kaolin showed tendency of stabilization using KOH and NaOH except Uttaradit Kaolin which can be stabilized by using $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Keywords : Kaolin, Stabilization, Polymerization, Calorimetric

^{*} Original manucrypt submitted: July 12, 2006 and Final manuscript received: August 30, 2006

บทนำ

ปัจจุบันการขยายตัวของอุตสาหกรรมการก่อสร้างอาคาร ผู้มีรายได้น้อยมีความเป็นไปได้ต่ำที่จะมีที่อยู่อาศัยเป็นของตนเอง เนื่องจากวัสดุที่นำมาใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้างอาคารที่สำคัญ เช่น ปูนซีเมนต์ต้องใช้พลังงานเชื้อเพลิงในการผลิตสูงมาก อีกทั้งในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์จะทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาวัสดุก่อสร้างเพื่อให้มีความสอดคล้องกับความต้องการของตลาด ซึ่งจะต้องคำนึงถึงต้นทุน และพลังงานที่จะใช้ในการผลิต การนำวัสดุที่หาได้ง่ายในแต่ละท้องถิ่นมาใช้ผลิตเป็นวัสดุทดแทนให้มีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำมาไปใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างได้ เช่น การนำดินขาวมาปรับปรุงคุณภาพจะมีกระบวนการที่ง่ายกว่า และราคาต้นทุนถูกกว่า อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าของดินขาว และเป็นการนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า นอกจากนี้ดินขาวยังมีความสำคัญยิ่งต่ออุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา อิฐ กระเบื้อง กระดาษ ปูนซีเมนต์และอื่นๆ

ดินขาว (Kaolin หรือ China Clay) เป็นแร่ชนิดหนึ่งเรียกว่า คาโอลินไนต์ (Kaolinite) อยู่ในกลุ่มพวกแร่ดิน คือดินที่ประกอบด้วยแร่ดินเหนียวคาโอลินไนต์เป็นส่วนใหญ่ มี Alkali น้อยกว่า 2 % มีเหล็กออกไซด์ ปูนขาว (Lime) แมกนีเซียม (MgO) และไททาเนีย (TiO₂) น้อยมากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินขาวมาตรฐานพบว่า มีซิลิกา (SiO₂) ประมาณ 45% อลูมินา (Al₂O₃) ประมาณ 40% น้ำประมาณ 2% และมลทินประมาณ 2-3% ส่วนประกอบทางเคมีของดินขาวมักจะไม่คงที่ โดยปกติดินขาวจะมีความขาว มีความเหนียว (Plasticity Index, PI) ประมาณ 25-40%

วัสดุ

1.1 ดินขาว (Kaolin)

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้เก็บดินขาวจากแหล่งที่เปิดเหมืองเชิงพาณิชย์ภายในประเทศ 13 แหล่ง ได้แก่

ภาคเหนือ เก็บจากตำบลบ้านสา ตำบลบุญนาคนพัฒนา ตำบลสันดอนแก้ว และตำบลทุ่งฝาย จังหวัดลำปาง และตำบลผาจุ จังหวัดอุดรธานี

ภาคใต้ เก็บจากตำบลหาดส้มแป้น จังหวัดระนอง, ตำบลขุนทะเล จังหวัดสุราษฎร์ธานี และตำบลจวบ จังหวัดนราธิวาส

ภาคตะวันออก เก็บจากตำบลโคกไม้ลาย จังหวัดปราจีนบุรี และตำบลห้วยยาง จังหวัดระยอง

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เก็บจากตำบลโนนทอง จังหวัดอุดรธานี

ภาคกลาง เก็บจากตำบลด่านทับตะโก จังหวัดราชบุรี และตำบลวังจันทร์ จังหวัดเพชรบุรี

1.2 สารผสมเพิ่ม (Admixture)

สารผสมเพิ่มที่ใช้ผสมกับตัวอย่างดินขาว ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด สารผสมเพิ่มใช้ที่ 10 % โดยน้ำหนักดินขาว ซึ่งใช้แตกต่างกันจำนวน 6 สาร คือ

1. โซเดียมซิลิเกตไฮเดรต (Sodiumsilicate Hydrate, $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
2. โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate, Na_2CO_3)
3. ไดโซเดียมฟอสเฟตหรือไดโซเดียมไฮโดรเจนออร์โทฟอสเฟต (Disodium Hydrogen orthophosphate, Na_2HPO_4)
4. ไตรโซเดียมฟอสเฟต (Trisodium Phosphate, Na_3PO_4)
5. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide, KOH)
6. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide, NaOH)

1.3 น้ำ

น้ำที่ใช้ในการศึกษาเป็นน้ำสะอาด ใช้น้ำที่ปริมาณความชื้นเท่ากับ OMC ของดินกับสารผสมแต่ละสาร

ระเบียบวิธีการวิจัย

Lee, Han และ Choy ได้ศึกษาเรื่องการเปลี่ยนรูปของชั้น Aluminosilicate จาก 2 มิติไปเป็น 3 มิติ เช่น Kaolinite และ Montmorillonite ที่มี Al_2O_3 เป็นหลัก ให้ทำปฏิกิริยาโดยตรงกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100°C ผลที่ได้คือ ได้วัสดุแข็งที่เป็นผลึกของโซดาไลต์ (Sodalite) เป็นรูปทรงลูกบาศก์ ประกอบด้วยโครงข่ายของ Zeolitic Al – O – Si สลับที่กันระหว่าง Al และ Silica Tetrahedral และพบว่ากลไกสำคัญที่ทำให้เกิด Inorganic Soil Stabilization ก็คือแรงยึดเหนี่ยว สำหรับสารเคมีที่เพิ่มเข้าไปจะใช้ 10 % ของดินแห้ง ซึ่งแสดงให้เห็นการปรับปรุงคุณภาพอย่างชัดเจน

Shi และคณะ ศึกษาปฏิกิริยาไฮเดรชัน ของ Alkali-slag cement กับสาร NaOH, $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, Na_3PO_4 , Na_2HPO_4 และ NaF ที่อุณหภูมิ 25 และ 50°C โดยใช้เครื่องมือวัดปริมาณความร้อนที่แสดงสัญญาณปฏิกิริยาไฮเดรชัน พบว่าการวัดค่า pH เริ่มแรกเป็นการแก้วิธีการของตัวกระตุ้น จึงได้ใช้ Alkali-slag cement เป็นตัวกระตุ้นไอออนลบ และการแตกตัวของ Ca^{2+} จากซีโลห์จะมีค่ามากกว่าการวัดค่า pH และพบว่าเกิดรูปแบบ peak เริ่มแรกหลายรูปแบบและอัตราของการประเมินค่าความร้อนรวมของ Alkali-activated slag ใน 24 ชั่วโมง จะประเมินได้ดีกว่าซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ดังนั้น Alkali-slag cement ไม่ถือว่าเป็นซีเมนต์ที่ให้ความร้อนต่ำ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์และวิศวกรรมของดินขาวที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพจากสารประกอบโซเดียมและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และศึกษาแนวโน้มในการปรับปรุงคุณภาพของดินขาวด้วยกลวิธีโพลีเมอร์ไรเซชัน โดยใช้สารประกอบโซเดียมและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โดย

วิธีคัลอรีเมตริก ซึ่งป้อนด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับรายละเอียดของการดำเนินงานมีดังนี้คือ

1 การทดสอบคุณสมบัติทางด้านฟิสิกส์ของดินขาว ได้แก่

1. ความถ่วงจำเพาะ ตามมาตรฐาน ASTM D 854
2. ชีตจำกัดแอสเตอร์เบอร์ก ตามมาตรฐาน ASTM D 4318
3. องค์ประกอบทางเคมี โดยใช้เครื่อง X-Ray Fluorescence รุ่น wavelength Disperse X-Ray Spectrometer PW 2400/Philips ทำการวิเคราะห์โดยเตรียมตัวอย่างดินร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 อบให้แห้ง ดำเนินการทดสอบโดยศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. องค์ประกอบของแร่ดินเหนียว โดยใช้เครื่อง X-Ray Diffraction (XRD) ของ Miniflex ทำการวิเคราะห์โดยเตรียมตัวอย่างดินตัวอย่างดินที่อบแห้ง แล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 นำไปอัดด้วยแรงสม่ำเสมอเท่ากันทุกทิศทางในที่ใส่ตัวอย่าง โดยอาศัยหลักการเลี้ยวเบนและการกระเจิงของรังสีเอกซ์และความรู้เกี่ยวกับระบบโครงสร้างผลึก
5. ศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของดินเหนียว โดยใช้กล้อง Scanning Electron Microscope (SEM) รุ่น LEO 1455VP เพื่อวิเคราะห์รายละเอียดภาพที่กำลังขยาย 4000 เท่า ในโปรแกรมสำเร็จรูปที่ทำงานบนไมโครคอมพิวเตอร์

2 การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดตามมาตรฐาน ASTM D2166

ในการเตรียมตัวอย่างดินเพื่อทดสอบหาลำรับแรงอัด จะนำตัวอย่างดินที่ผึ่งแห้งหุบด้วยค้อนยาง แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 40 ผสมดินตัวอย่างกับสารผสมเพิ่มที่ 10 % โดยน้ำหนักดินขาว ใช้น้ำที่ปริมาณความชื้นเหมาะสมเท่ากับ OMC ของดินกับสารผสมแต่ละสาร ทำการบดอัดโดยวิธี Static Compaction โดยใช้แบบหล่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร สูง 50 มิลลิเมตร ในการขึ้นรูปตัวอย่างจะใช้แรงอัดที่ 16 MPa ซึ่งเทียบกับการบดอัดแล้วเป็นแบบสูงกว่ามาตรฐาน หลังจากที่ได้ถอดออกจากแบบหล่อแล้ว นำตัวอย่างมาห่อหุ้มด้วยแผ่นฟิล์มอย่างมิดชิดเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น แล้วอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงจากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องที่อายุบ่ม 3, 14, 28, 56 วัน (รูปที่ 1) เพื่อทดสอบกำลังรับแรงอัดจนถึงอายุการบ่ม การนำตัวอย่างเข้าเครื่องกดให้แรงอัดด้วยอัตราความเร็ว 1.14 เปอร์เซนต์ของความสูงตัวอย่าง ทำการบันทึกค่าแรงอัดและระยะการหดตัวจนถึงกระทั่งตัวอย่างทดสอบถึงจุดวิบัติ นำข้อมูลที่ได้เพื่อหาค่ากำลังรับแรงอัด (Unconfined Compressive Strength, UCS) และโมดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity, E_{50})

ในการประเมินผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดจะใช้ค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างรูปทรงกระบอก 3 ตัวอย่าง ซึ่งมีผลแตกต่างกันไม่เกิน 15 เปอร์เซนต์ ในกรณีที่ผลการทดสอบแตกต่างกันเกิน 15 เปอร์เซนต์ จะทดสอบตัวอย่างเพิ่มจนกระทั่งผลการทดสอบแตกต่างกันไม่เกิน 15 เปอร์เซนต์ รวมตัวอย่างที่ใช้ทดสอบทั้งสิ้น 960 ตัวอย่าง



รูปที่ 1 การเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง

3 การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบการวัดค่าลอรีเมตริก

ในการเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบการวัดปริมาณความร้อนของตัวอย่างดิน จะเตรียมตัวอย่างดินผสมกับสารผสมที่ใช้แตกต่างกัน 6 สาร ในอัตราส่วนและใช้น้ำจากค่าปริมาณความชื้นเหมาะสมเช่นเดียวกับการทดสอบกำลังรับแรงอัดตามข้อ 2 นำตัวอย่างที่ผสมแล้วใส่ในถุงร้อนขนาดเล็ก และชั่งน้ำหนัก แล้วจุ่มสายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K (Thermocouple Type K) ลงในตัวอย่างดิน แล้วลงในอ่างน้ำ (Water Baths) ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ ซึ่งเชื่อมต่อเข้ากับเครื่อง Data Logger และ เครื่องคอมพิวเตอร์ (รูปที่ 2) ในการประเมินผลการวัดปริมาณความร้อน รวมจำนวนตัวอย่างที่ใช้ประเมินผลทั้งสิ้น 160 ตัวอย่าง



รูปที่ 2 การเตรียมตัวอย่างดินเพื่อทดสอบการวัดค่าลอรีเมตริก

ลำดับ	แหล่งที่มา	Gs (%)	LL. (%)	PL.(%).	PI. (%)	USC	AASHTO
1	ต.บุญนาพัฒนา จ.ลำปาง	2.65	54.64	32.51	22.13	MH	A-7-5
2	ต.สันดอนแก้ว จ.ลำปาง	2.63	53.43	25.40	28.03	CH	A-7-6
3	ต.ทุ่งฝาย จ.ลำปาง	2.66	40.00	29.16	10.84	ML	A-4(8)
4	ต.บ้านสา จ.ลำปาง	2.69	33.38	10.05	2.69	CL	A-4(8)
5	ต.วังจันทร์ จ.เพชรบุรี	2.70	Non Plastic			ML	A-4(8)
6	ต.โนนทอง จ.อุดรธานี	2.69	Non Plastic			ML	A-4(8)
7	ต.ด่านทับตะโก จ.ราชบุรี	2.69	Non Plastic			ML	A-4(8)
8	ต.ห้วยยาง จ.ระยอง	2.69	65.34	38.25	27.09	MH	A-7-5
9	ต.ขุนทะเล จ.สุราษฎร์ธานี	2.65	50.00	23.22	26.78	CL	A-7-6
10	ต.โคกไม้ลาย จ.ปราจีนบุรี	2.64	37.20	15.48	21.72	CL	A-6(13)
11	ต.หาดส้มแป้น จ.ระนอง	2.64	43.40	22.89	20.51	CL	A-7-6
12	ต.จวบ จ.นราธิวาส	2.66	86.00	52.67	33.33	MH	A-7-5
13	ต.ผาจุ จ.อุดรดิตถ์	2.70	30.48	25.54	4.94	ML	A-4(8)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินขาวแต่ละแหล่ง

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์

ในการทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินขาว 13 แหล่ง ได้ผลการทดสอบของค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity,Gs) ชีดจำกัดความเหลว(Liquid Limit,LL) ชีดจำกัดความเหนียว(Plastic Limit,PL) ดัชนีความเหนียว(Plasticity Index,PI) การจำแนกประเภทตามระบบ Unified Soil Classification (USC) และระบบ American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)แสดงในตารางที่ 1

ในการวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence (XRF) ของดินขาว 13 แหล่ง แสดงในตารางที่ 2

ลำดับ	แหล่งที่มา	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	K ₂ O(%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Na ₂ O(%)	MgO(%)	CaO(%)	TiO ₂ (%)
1	ต.บุญนาพัฒนา จ.ลำปาง	61.96	27.14	7.09	1.61	0.48	0.85	0.5	0.11
2	ต.สันดอนแก้ว จ.ลำปาง	66.97	24.10	3.60	2.35	0.30	1.10	0.46	0.83
3	ต.ทุ่งผาย จ.ลำปาง	66.48	25.11	5.76	0.99	0.66	0.49	0.12	0.05
4	ต.บ้านสา จ.ลำปาง	68.75	23.34	5.43	1.10	0.72	0.21	0.12	0.05
5	ต.วังจันทร์ จ.เพชรบุรี	70.23	17.59	5.49	3.34	0.13	1.46	0.06	1.04
6	ต.โนนทอง จ.อุดรธานี	75.79	14.21	5.44	2.78	0.82	0.47	0.03	0.18
7	ต.ด่านทับตะโก จ.ราชบุรี	73.00	15.72	6.25	2.38	0.06	1.33	0.04	0.95
8	ต.ห้วยยาง จ.ระยอง	50.98	32.17	0.29	14.25	-	1.19	0.34	0.43
9	ต.ขุนทะเล จ.สุราษฎร์ธานี	64.46	30.83	1.14	1.51	-	0.42	0.08	1.30
10	ต.โคกไม้ลาย จ.ปราจีนบุรี	75.90	20.60	0.78	0.87	0.19	0.24	0.09	0.88
11	ต.หาดส้มแป้น จ.ระนอง	57.45	36.57	2.80	2.29	0.09	0.2	0.03	0.12
12	ต.จวบ จ.นราธิวาส	58.85	36.82	1.81	0.83	-	0.38	0.03	1.14
13	ต.ผาจุจ จ.อุดรดิตถ์	74.92	13.73	6.77	2.92	0.50	0.64	0.12	0.23

ตารางที่ 2 ผลของการวิเคราะห์ดินขาวด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence

ในการวิเคราะห์แร่ดินเหนียวด้วยเครื่อง X-Ray Diffraction (XRD) และศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของดินขาวด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (SEM) พิจารณาจากรูปที่ 3 และรูปที่ 4 พบว่า

- ดินขาวตำบลบุญนาพัฒนา จังหวัดลำปาง และตำบลผาจุจ จังหวัดอุดรดิตถ์ จะเห็นได้ว่าลักษณะผลึกเป็นแผ่นเกล็ดค่อนข้างขนาดใหญ่ ของแร่ดินเหนียวกลุ่ม Kaolinite แสดงว่ามีความสมบูรณ์ของการก่อรูปผลึกค่อนข้างสูง

- ดินขาวตำบลวังจันทร์ จังหวัดเพชรบุรี และดินขาวตำบลโนนทอง จังหวัดอุดรธานีลักษณะผลึกเป็นแผ่นเกล็ดขนาดปานกลางของแร่ดินเหนียวกลุ่ม Kaolinite แสดงว่ามีความสมบูรณ์ของการก่อรูปผลึกปานกลาง

- ดินขาวตำบลห้วยยาง จังหวัดระยอง และตำบลจวบ จังหวัดนราธิวาส จะเห็นได้ว่าลักษณะผลึกเป็นแผ่นเกล็ดขนาดเล็กปนแผ่นเกล็ดเปื่อยของแร่ดินเหนียวกลุ่ม Kaolinite แสดงว่ามีความสมบูรณ์ของการก่อรูปผลึกไม่ได้สัดส่วน

- ดินขาวตำบลขุนทะเล จังหวัดสุราษฎร์ธานี และดินขาวตำบลโคกไม้ลาย จังหวัดปราจีนบุรี ลักษณะผลึกเป็นแผ่นเกล็ดขนาดเล็กของแร่ดินเหนียวกลุ่ม Kaolinite แสดงว่ามีความสมบูรณ์ของการก่อรูปผลึกค่อนข้างต่ำ

- ดินขาวตำบลหาดส้มแป้น จังหวัดระนอง จะเห็นได้ว่าลักษณะผลึกเป็นเส้นยาวของแร่ดินเหนียวกลุ่ม Attapulgite เป็นส่วนใหญ่ แสดงว่ามีความสมบูรณ์ของการก่อรูปผลึกไม่ได้สัดส่วน

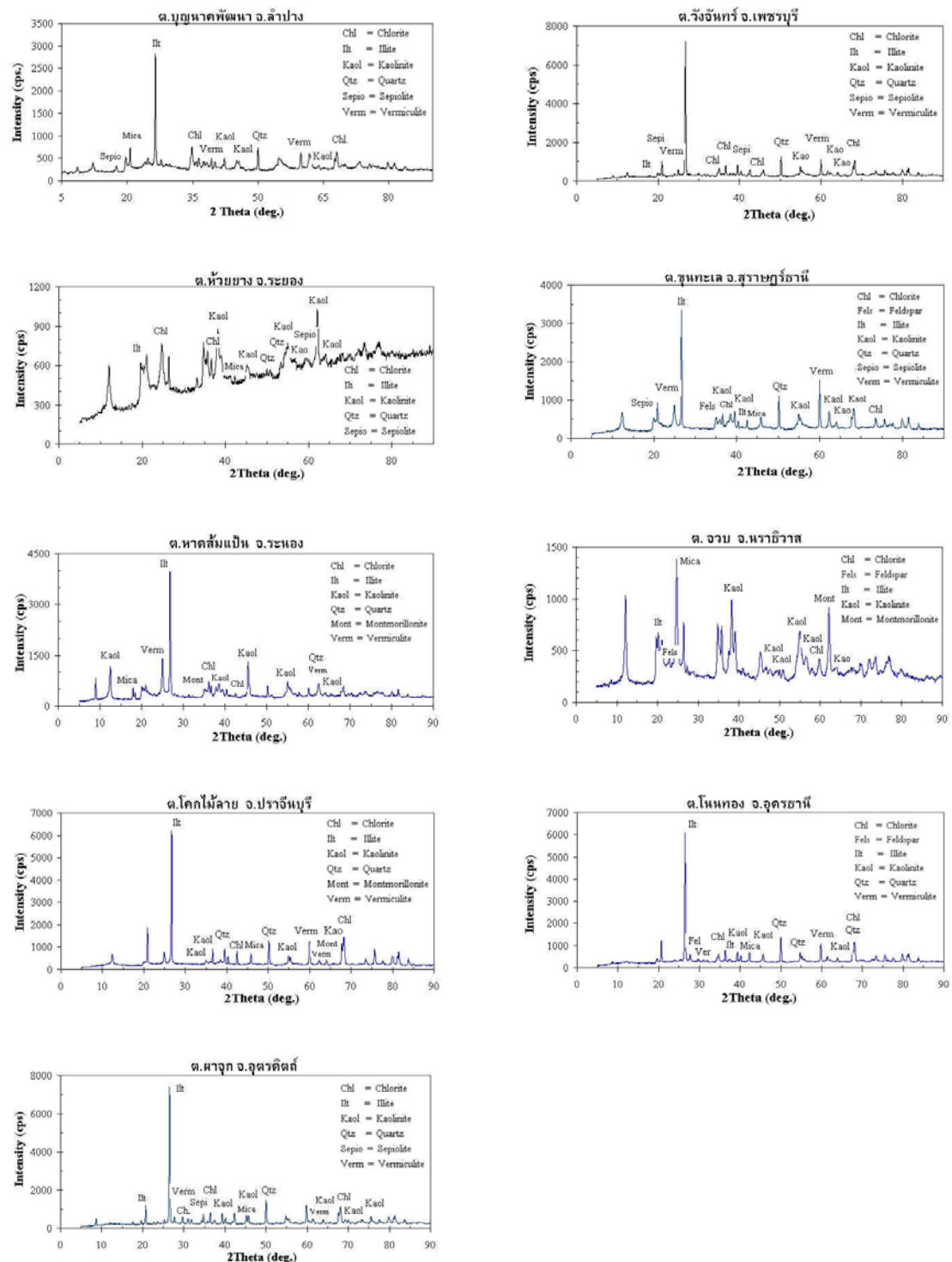
ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัด

ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของดินขาวแหล่งต่างๆในรูปที่ 5 ส่วนใหญ่พบว่ามีค่ากำลังรับแรงอัดสูงสุดที่สาร KOH และ NaOH ตามลำดับซึ่งก็คือ ดินขาวลำปาง 4 แหล่งมีค่าเฉลี่ย 22.20 MPa และ 12.24 MPa, ดินขาวเพชรบุรีมีค่า 20.49 MPa และ 6.35 MPa, ดินขาวระยองมีค่า 16.22 MPa และ 14.48 MPa, ดินขาวสุราษฎร์ธานีมีค่า 14.33 MPa และ 14.17 MPa, ดินขาวระนองมีค่า 10.94 MPa และ 15.35 MPa, ดินขาวนราธิวาสมีค่า 9.44 MPa และ 16.52 MPa, ดินขาวปราจีนบุรีมีค่า 14.36 MPa ของสาร KOH, ดินขาวอุดรธานีมีค่า 10.55 MPa ของสาร KOH และดินขาวอุดรดิตถ์มีค่า 7.56 MPa ของสาร $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

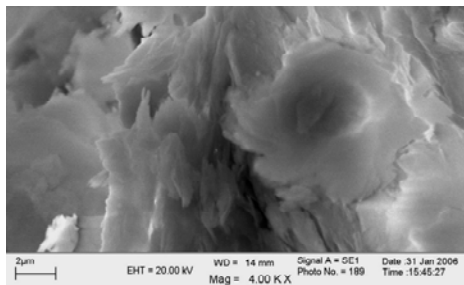
จากการพิจารณาเส้นกราฟของดินขาวที่ปรับปรุงคุณภาพด้วย KOH และ NaOH จะพบว่า ค่ากำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มสูงขึ้นหรือมีแนวโน้มคงที่ หรือลดลงเพียงเล็กน้อยตามอายุการบ่มมากขึ้นที่อายุ 56 วัน ยกเว้นดินขาวอุดรดิตถ์มีแนวโน้มที่ปรับปรุงคุณภาพด้วย $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ค่ากำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มสูงขึ้นที่อายุ 28 วัน หลังจากนั้นแนวโน้มลดลง จากรูปที่ 6 จะเห็นว่าโมดูลัสยืดหยุ่น (E_{50}) ส่วนใหญ่มีแนวโน้มสอดคล้องกับค่ากำลังรับแรงอัด กล่าวคือเมื่อค่ากำลังรับแรงอัดสูงขึ้น จะมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นสูงขึ้นด้วย

ผลการทดสอบการวัดค่าลอรีเมตริกของตัวอย่างดินขาว

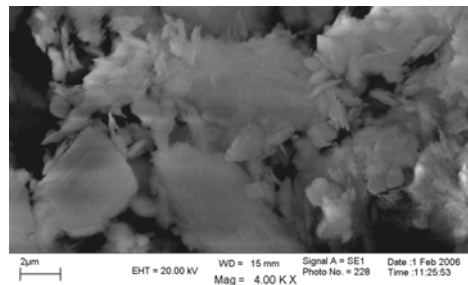
ผลการทดสอบการวัดปริมาณความร้อนของตัวอย่างดินดังแสดงรูปที่ 7 พบว่ากลุ่มตัวอย่างดินขาวที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้วจะเกิดปริมาณความร้อนในช่วงแรกมีแนวโน้มสูงขึ้น หลังจากนั้นไม่เกิดปริมาณความร้อนอีก และยังพบว่ากลุ่มดินขาวส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการปรับปรุงคุณภาพด้วย KOH และ NaOH ยกเว้นดินขาวอุดรดิตถ์มีแนวโน้มในการปรับปรุงคุณภาพด้วย $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$



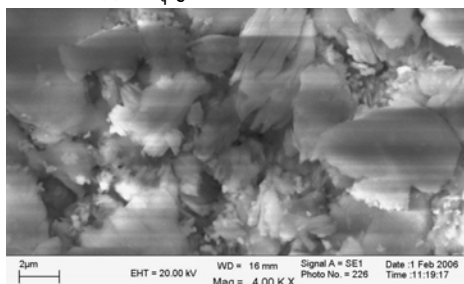
รูปที่ 3 ผลการวิเคราะห์ของตัวอย่างดินแหล่งต่างๆ ด้วยเครื่อง X-Ray Diffraction



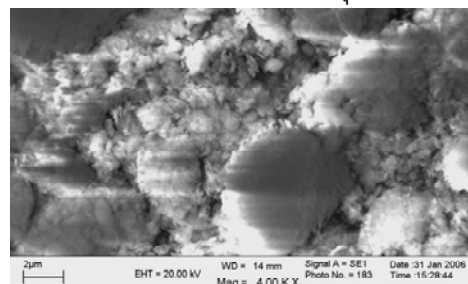
(a) ต.บุญนาคพัฒนา จ.ลพบุรี



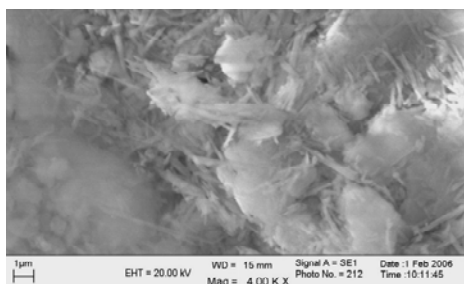
(b) ต.วังจันทร์ จ.เพชรบุรี



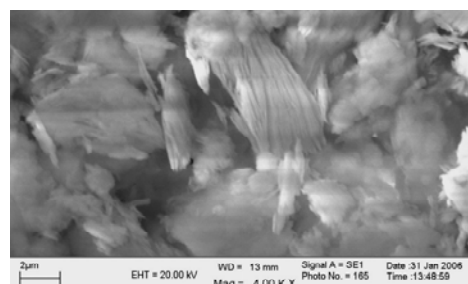
(c) ต.ห้วยยาง จ.ระยอง



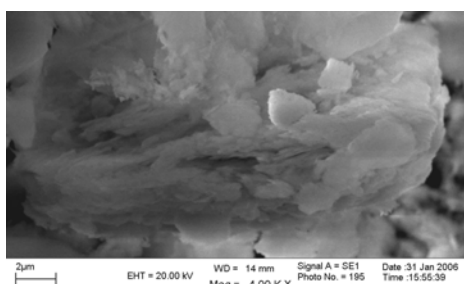
(d) ต.ขุนทะเล จ.สุราษฎร์ธานี



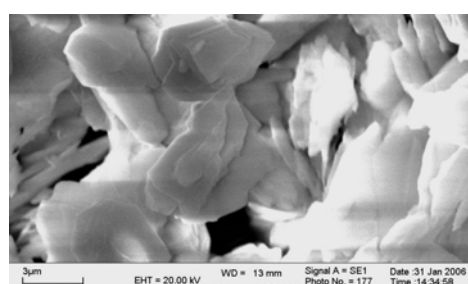
(e) ต.หาดส้มแป้น จ.ระนอง



(f) ต.จวบ จ.นราธิวาส

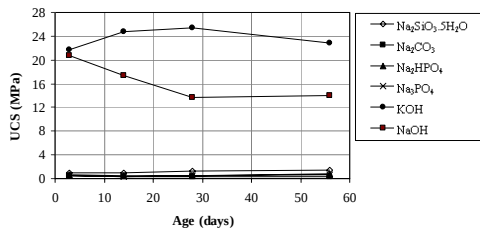


(g) ต.โคกไม้ลาย จ.ปราจีนบุรี

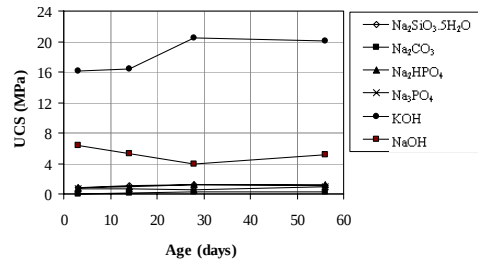


(h) ต.ผาจุ จ.อุดรธานี

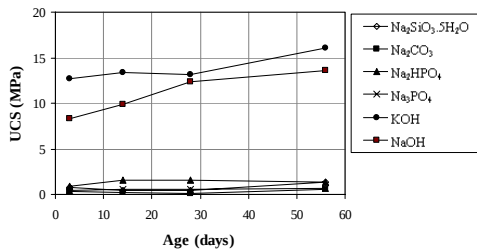
รูปที่ 4 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างระดับจุลภาคของตัวอย่างดินแหล่งต่างๆ ด้วย Scanning Electron Microscope



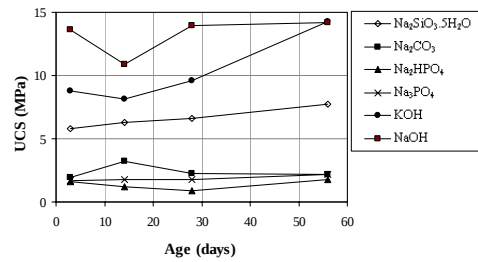
(a) ต.บุญนาพัฒนา จ.ลำปาง



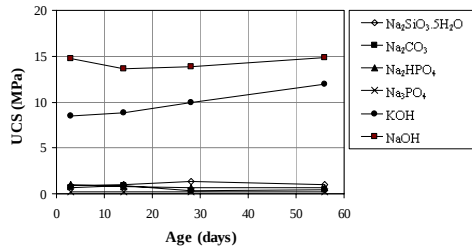
(b) ต.วังจันทร์ จ.เพชรบุรี



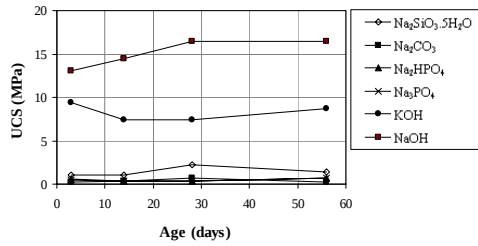
(c) ต.ห้วยยาง จ.ระยอง



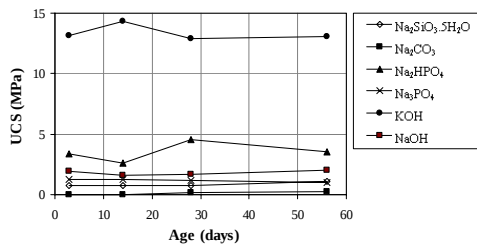
(d) ต.ขุนทะเล จ.สุราษฎร์ธานี



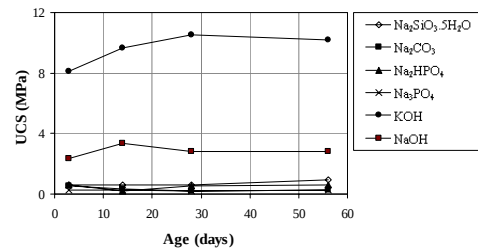
(e) ต.หาดส้มแป้น จ.ระนอง



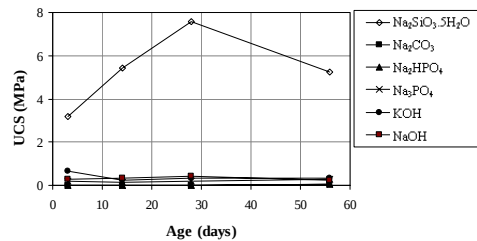
(f) ต.จวบ จ.นราธิวาส



(g) ต.โคกไม้ลาย จ.ปราจีนบุรี

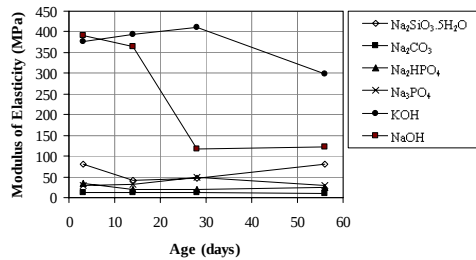


(h) ต.โนนทอง จ.อุดรธานี

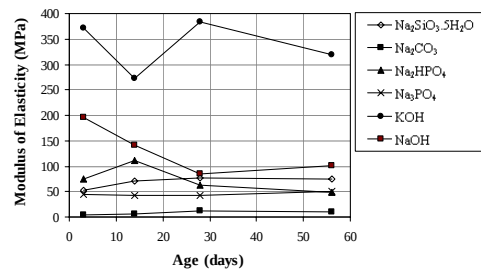


(i) ต.ผาจุจ จ.อุดรดิตถ์

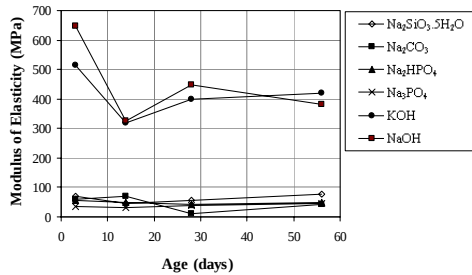
รูปที่ 5 กำลังรับแรงอัดของตัวอย่างดินขาวแหล่งต่างๆที่บ่มในอุณหภูมิห้อง



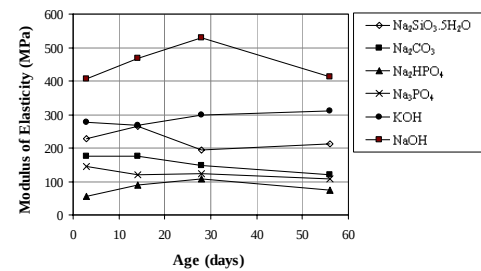
(a) ต.บุญนาคพัฒนา จ.ลำปาง



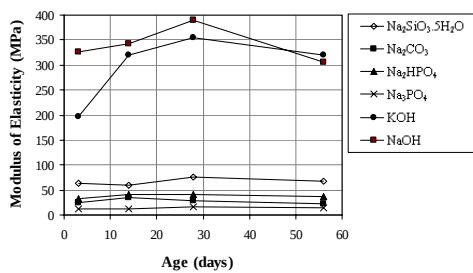
(b) ต.วังจันทร์ จ.เพชรบุรี



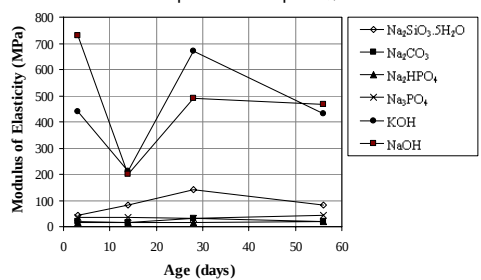
(c) ต.ห้วยยาง จ.ระยอง



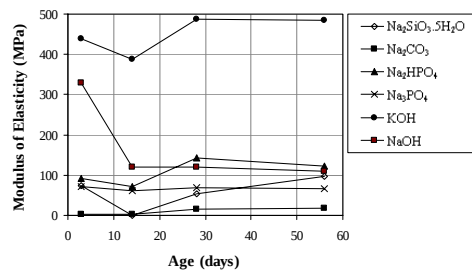
(d) ต.ขุนทะเล จ.สุราษฎร์ธานี



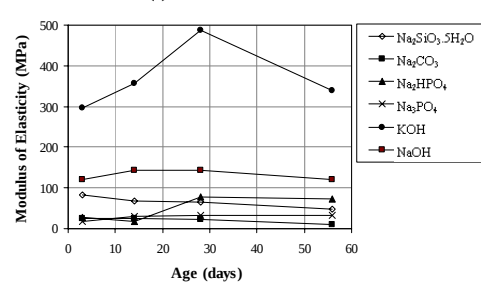
(e) ต.หาดส้มแป้น จ.ระนอง



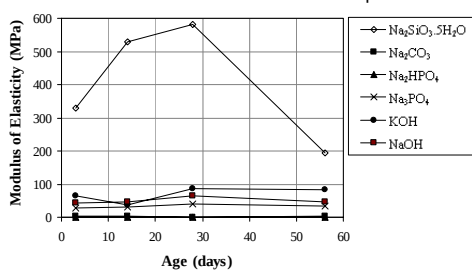
(f) ต.จวบ จ.นราธิวาส



(g) ต.โคกไม้ลาย จ.ปราจีนบุรี

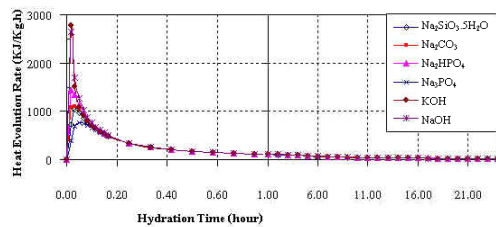


(h) ต.โนนทอง จ.อุดรธานี

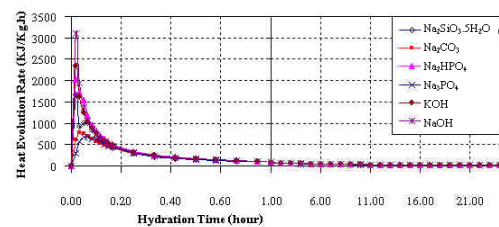


(i) ต.ผาจุจก จ.อุดรดิษฐ์

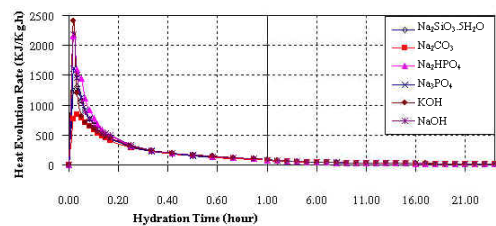
รูปที่ 6 โมดูลัสยืดหยุ่นของตัวอย่างดินขาวแหล่งต่างๆ



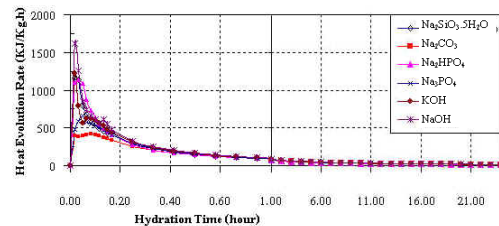
(a) ต.บุญนาพัฒนา จ.ลำปาง



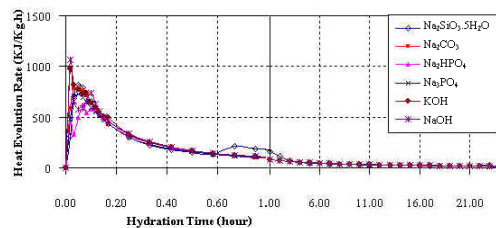
(b) ต.วังจันทร์ จ.เพชรบุรี



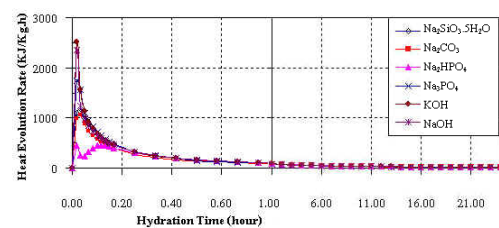
(c) ต.ห้วยยาง จ.ระยอง



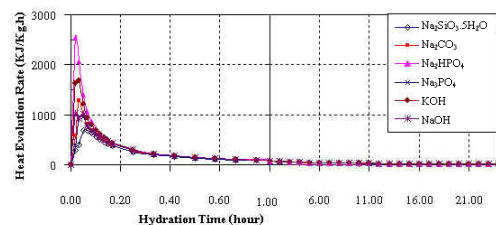
(d) ต.ขุนทะเล จ.สุราษฎร์ธานี



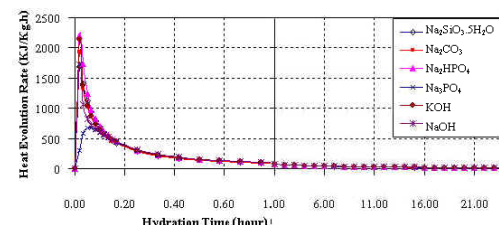
(e) ต.หาดส้มแป้น จ.ระนอง



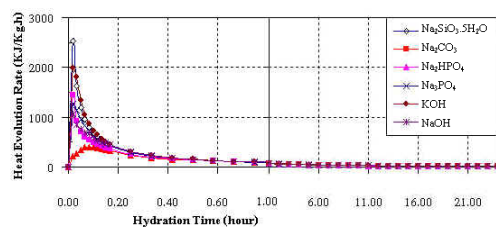
(f) ต.จวบ จ.นราธิวาส



(g) ต.โคกไม้ลาย จ.ปราจีนบุรี



(h) ต.โนนทอง จ.อุดรธานี



(i) ต.ผาจุจก จ.อุดรดิตถ์

รูปที่ 7 ผลการวัดแคลอรีเมตริกของตัวอย่างดินขาวแหล่งต่างๆที่บ่มในอ่างน้ำ

สรุปผลการศึกษา

จากผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดและการวัดค่าลอรีเมตริกของดินขาว สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ดินขาวส่วนใหญ่มีแนวโน้มในการปรับปรุงคุณภาพด้วย KOH และ NaOH ยกเว้นดินขาว อูตรดิตถ์ จะมีแนวโน้มในการปรับปรุงคุณภาพด้วย $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

2. กำลังรับแรงอัดที่ปรับปรุงคุณภาพด้วย KOH และ NaOH ของดินขาวลำปาง, เพชรบุรี, ระยอง, สุราษฎร์ธานี, ระนอง, นราธิวาส, ปราจีนบุรี, อูตรธานี มีค่าสูงเพียงพอที่จะใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ในงานก่อสร้างอาคาร หรือใช้ในงานอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา อิฐ กระเบื้องและอื่นๆได้ แต่ยังคงมีการสูญเสียกำลังอัดในช่วงแรกต้องควบคุมความชื้นของดินขาวไว้ให้คงที่ตลอดเวลา และการลดอุณหภูมิที่ 80°C ลงเหลืออุณหภูมิบรรยากาศไม่ให้เป็นอันตรายเกินไปจนเกิดรอยแตกร้าวในเนื้อวัสดุได้

3. ผลของการวัดค่าลอรีเมตริกพบว่าดินขาวส่วนใหญ่ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วย KOH, NaOH และดินขาวอูตรดิตถ์ที่ปรับปรุงคุณภาพด้วย $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ จะมีค่าปริมาณความร้อนในช่วงแรกมีแนวโน้มสูงขึ้นซึ่งแปรผันตรงกับค่ากำลังรับแรงอัด ค่าอัตราของการประเมินค่าความร้อนรวมดังกล่าวใน 24 ชั่วโมงสามารถประเมินได้ ดังนั้นดินขาวที่ปรับปรุงคุณภาพด้วย KOH, NaOH และ $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ไม่ถือว่าเป็นสารผสมที่ให้ความร้อนต่ำ

4. การศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้อัตราส่วนผสม และกระตุ้นปฏิกิริยาการวัดค่าลอรีเมตริกที่ 80°C ที่ค่าเดียวจึงเป็นเพียงการศึกษาความเป็นไปได้ของการประยุกต์ใช้ในเบื้องต้นเท่านั้น ควรศึกษาอัตราส่วนผสมและอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้กระตุ้นปฏิกิริยาของดินขาว เพื่อให้ได้ดินขาวแต่ละท้องถิ่นมาเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีราคาถูกและมีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำไปใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรมได้

เอกสารอ้างอิง

สมฤทัย เสือคำราม. 2546. การปรับปรุงคุณภาพดินขาวจากจังหวัดปราจีนบุรีโดยกลวิธีโพลีเมอร์ไลเซชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. : 114 หน้า.

Grim, Ralph E. 1968. **Clay Mineralogy**. Second Edition, Mc Graw-Hill Book Company. New York.

Ingles O.G. & Metcalf. 1972. **Soil Stabilization Principles and Practice**. Sydney, Butterworths.

Mitchell, James K. 1993. **Fundamentals of Soil Behavior**. Second Edition, University of California. John Wiley & Sons Inc. Canada.: 18-40.

Kuznetsov, D. 1969. **Chemical Engineering**. MIR Publishers, Moscow.: 163-168.

Lee, S.R., Han, Y.S. & Choy, J.H., 2002. **2D and 3D Transformation of layered Aluminosilicate Upon Base Treatment**. Science direct. Vol.4, : 343-346.

Shi, C. & Day, R.L.1995. **A calorimetric study of Early Hydration of Alkali- slay cements**. Vol.25, : 1333-1346.