



รายงานการวิจัย

การศึกษาคุณสมบัติดินในจังหวัดนครราชสีมา เพื่อใช้ในงานทางด้านเซรามิก (Characterization Nakhon-Ratchasima Clay for Ceramic Application)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ศิริรัตน์ รัตนจันทร์

สาขาวิชาวิศวกรรมเซรามิก

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

รศ.ดร. จรัสศรี ลอประชูร

อาจารย์ สุธรรม ศรีห่มสั๊ก

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2543

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

สิงหาคม 2545

กิตติกรรมประกาศ

งานโครงการวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนงบประมาณเป็นทุนอุดหนุนการวิจัยทั้งหมด จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ 2543 ในความสำเร็จของ โครงการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รับความร่วมมือและสนับสนุนจาก

1. ดร. วีระบุรุษ ลอประชูร และ รศ.ดร.จรัสศรี ลอประชูร ท่านเป็นผู้ผลักดันให้เกิดงานวิจัยนี้ ทั้งยังให้คำแนะนำ ปรีกษาทางวิชาการ และเป็นกำลังใจให้งานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมทั้ง อ.สุธรรม ศรีหล่มสักที่กรุณาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ และอ. สุขเกษม กังวาน ตระกูล ที่เป็นผู้เสนอขอของบประมาณการวิจัยในครั้งนี้ให้งานวิจัยนี้เกิดขึ้นได้
2. รศ. ดร. วรพจน์ จำพิศ ผู้อำนวยการศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และ คุณศุภรารภรณ์ สกุลภักดี , เจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือ วิเคราะห์ และเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการเซรามิกทุกท่าน ที่เอื้อเพื่อสถานที่และอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย และคุณวิชุด ประกายพรรณที่ช่วยเอื้อเพื่อผลการ วิเคราะห์ตัวอย่างดิน
3. อาจารย์ ชารา เล็กอุทัย อาจารย์ดร.ทวีศักดิ์ ศิลากุล และ อาจารย์ อัมพรศักดิ์ วรรณโกมล สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี ที่ให้คำแนะนำปรีกษาที่มีประโยชน์และออกพื้นที่สำรวจดินเป็น ข้อมูลที่มีประโยชน์อย่างมาก
4. นักศึกษาผู้ช่วยวิจัย จำนวน 7 คน ที่ทำงานด้วยความขยันขันแข็งมาตลอดระยะเวลาโครงการวิจัย ได้แก่ นายอุกฤษฏ์ อาชรวรงค์ นายอุดมศักดิ์ ว่องประชานุกูล นางสาวปิยะภรณ์ ชัยพรรค นางสาวจุฑามณี สุริยะะ นางสาวสุภารัตน์ จำศรี นายเสกสิทธิ์ คมเกษมฐา และนายมนตรี โคตรประโคน
5. คุณปราวณี สิทธิคุณ ที่ให้ความสะดวก และช่วยในการตรวจสอบเอกสารทางการเงิน และ รายงานการวิจัย และ เจ้าหน้าที่ส่วนพิมพ์ดีดกลางทุกท่านที่ช่วยพิมพ์รายงานการวิจัย ทำให้รายงานการวิจัยเสร็จสมบูรณ์ ทันกำหนดเวลา
6. บิดา มารดา และผู้ใกล้ชิด ที่เป็นกำลังใจในการทำงานมาโดยตลอด
ผู้วิจัยจึงใคร่ขอแสดงความขอบคุณต่อสถาบันและบุคคลต่างๆที่กล่าวมาข้างต้นทุกท่านที่มี ส่วนสนับสนุนให้โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ศิริรัตน์ รัตนจันทร์

หัวหน้าโครงการวิจัย

สิงหาคม 2545

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติของดินในจังหวัดนครราชสีมา และความเป็นไปได้ในการนำดินจากแหล่งต่างๆภายในจังหวัดนครราชสีมา มาใช้ในงานทางด้านเซรามิก ดินที่นำมาศึกษามี 7 ชนิด ได้จากการออกสำรวจแหล่งดินที่มีการนำไปใช้งานและที่ไม่ได้นำไปใช้งาน คือ ดินเหนียวค่านเกวียน ดินทรายค่านเกวียน ดินในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 2 ชนิด และดินในเขตอำเภอจักราช 3 ชนิด โดยการเก็บตัวอย่างจำนวนหนึ่ง นำมาวิเคราะห์สมบัติเฉพาะ และ ศึกษาสมบัติก่อนเผาและหลังเผาของดินได้แก่ การหดตัว ความแข็งแรง การดูดซึมน้ำ ความพรุนตัวหลังเผา ความหนาแน่นก่อนและหลังเผา รวมทั้งการปรับปรุงคุณภาพของดิน ซึ่งจากการศึกษาสมบัติต่างๆของดิน ทำให้สามารถเลือกใช้ดินแต่ละชนิดสำหรับผลิตภัณฑ์ทางด้านเซรามิกได้อย่างเหมาะสม

Abstract

This study aims at the investigation of chemical compositions, characterization of clay in Nakhon Ratchasima and its potential use in ceramics. It focuses on seven kinds of clay, both from the usable clay sources and unusable clay sources, namely, Dan Kwian plastic clay and sand, two types of clay in Suranaree University of Technology and three types of clay from Jakkarat District. These clays are analyzed and studied on their specific properties both before and after firing processes such as shrinkage, strength, water absorption, porosity, dried and fired density, and improvement of clay quality. From the study of all clay properties, the specific clay can be selected for the appropriations.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์.....	2
การวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
ระเบียบวิธีการวิจัย	3
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	
การเกิดของดิน.....	5
โครงสร้างผลึกของแร่ดิน	8
ชนิดของแร่ดินเหนียวที่สำคัญ	9
สมบัติที่สำคัญของแร่ดินเหนียว.....	15
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	
วิธีดำเนินการวิจัย	19
การสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน.....	19
ขั้นตอนและวิธีการเก็บตัวอย่างดิน.....	23
ขั้นตอนและวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	24
ขั้นตอนและวิธีการศึกษาคุณสมบัติของดิน.....	28

บทที่ 4 การวิเคราะห์ รายงานผลการวิจัยและการอภิปรายผลการวิจัย	
การสำรวจแหล่งดินในบริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	
และบริเวณข้างเคียง	40
การสำรวจแหล่งดินอำเภอด่านเกวียน จ.นครราชสีมา.....	44
การสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน อ.จักราช จ.นครราชสีมา.....	46
ผลการวิเคราะห์เฟสของสารประกอบด้วย X-ray Diffractometer.....	48
ผลการศึกษารูปทรงและขนาดของอนุภาคดินชนิดต่างๆ.....	58
ผลการศึกษาการกระจายขนาดของอนุภาคดิน โดย wet sieve.....	58
ผลการศึกษารูปร่างและขนาดของอนุภาคดินตัวอย่างด้วย	
เครื่อง Scanning Electron Microscope.....	62
ผลการศึกษาค่า MBI และ Specific surface area ของดินต่างๆ.....	66
ผลการศึกษาการกระจายขนาดของอนุภาคด้วย Laser Particle Size Analysis.....	68
ผลการศึกษาคูสมบัติก่อนเผาของดินตัวอย่าง.....	75
ผลการศึกษาคูสมบัติหลังเผาของดินตัวอย่าง.....	76
วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	80
สรุปผลการทดลอง	98
บรรณานุกรม	100
ภาคผนวก	
ASTM C325-81 Standard Test Method for Wet Sieve	
Analysis of Ceramic Whiteware Clays.....	102
ASTM C 326-82 Standard Test Method for Drying and Firing	
Shrinkages of Ceramic Whiteware Clays.....	104
ASTM C 373-88 Standard Test Method for Water Absorption, Bulk Density,	
Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware	
Products.....	106
ASTM C837-81 Standard Test Method for Methylene Blue Index of Clay.....	107
ASTM C 689 Standard Test Method for Modulus of Rupture of	
Unfired Clays.....	110
ประวัติผู้วิจัย	112

สารบัญตาราง

	หน้า
2.1 แสดงประโยชน์การใช้งานของดินชนิดต่างๆ.....	8
2.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆระหว่างแร่ดินเหนียวที่สำคัญ 3 ชนิด.....	13
4.1 เฟสของสารประกอบที่ตรวจพบในดินที่ทำการศึกษา.....	49
4.2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของดินตัวอย่างด้วย XRF.....	58
4.3 การกระจายขนาดอนุภาคของดินเหนียวค่านเกวียน(C8)	59
4.4 การกระจายขนาดอนุภาคของดินทรายค่านเกวียน(C7).....	59
4.5 การกระจายขนาดอนุภาคของดินขาวมทส.(C4/1)	60
4.6 การกระจายขนาดอนุภาคของดินแดง มทส.(C4/2)	60
4.7 การกระจายขนาดอนุภาคของดินอำเภोजักราช แหล่งJ012	61
4.8 การกระจายขนาดอนุภาคของดินอำเภोजักราช แหล่งJ013	61
4.9 การกระจายขนาดของดินจักราชของแหล่ง J014 โคยวิธี wet sieve.....	62
4.10 ผลการศึกษา Methylene Blue Index และ Specific Surface Area ของดินชนิดต่างๆ.....	66
4.11 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของดินขาว มทส.	68
4.12 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของดินแดง มทส.	69
4.13 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของดินทรายค่านเกวียน.....	70
4.14 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของดินเหนียวค่านเกวียน.....	71
4.15 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของดินจักราช J012	72
4.16 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของดินจักราช J013.....	73
4.17 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของดินจักราช J014.....	74
4.18 สรุปผลการวิเคราะห์การกระจายขนาดอนุภาคของดินด้วย Laser Particle Size Analysis.....	75
4.19 ผลการศึกษาคุณสมบัติก่อนเผาของดินค่านเกวียน.....	75
4.20 ผลการศึกษาคุณสมบัติก่อนเผาของดินในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.....	76
4.21 ผลการศึกษาคุณสมบัติก่อนเผาของดินอำเภोजักราช ที่ผ่านการล้าง.....	76

4.22	ผลการศึกษาคุณสมบัติความแข็งแรงหลังเผาของดินค่านเกวียน.....	76
4.23	ผลการศึกษาคุณสมบัติความแข็งแรงหลังเผาของดินในเขตมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี.....	77
4.24	ผลการศึกษาความแข็งแรงหลังเผาของดินอำเภอจักราช.....	77
4.25	ผลการศึกษาคุณสมบัติการหดตัวหลังเผาของดินค่านเกวียนที่อุณหภูมิต่างๆ.....	77
4.26	ผลการศึกษาคุณสมบัติการหดตัวหลังเผาของดินในเขตมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี.....	78
4.27	ผลการศึกษาการหดตัวหลังเผาของดินอำเภอจักราชที่อุณหภูมิต่างๆ.....	78
4.28	ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของดินค่านเกวียนที่อุณหภูมิต่างๆ.....	78
4.29	ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์ความพรุนตัวหลังเผาของดินค่านเกวียน.....	79
4.30	ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของดินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ ผ่านการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ.....	79
4.31	เปอร์เซ็นต์ความพรุนตัวของดินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ผ่านการเผาที่ ที่อุณหภูมิต่างๆ.....	79
4.32	ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของดิน อ.จักราชที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ ต่างๆ.....	80
4.21	ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์ความพรุนตัวของดิน อ.จักราชที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ ต่างๆ.....	80

สารบัญภาพ

	หน้า
1.1	แผนภาพการเตรียมตัวอย่างดินและการทดสอบ.....4
2.1	โครงสร้างของแผ่นซิลิกา (Silica tetrahedral sheet) และแผ่นอะลูมินา..... 9
2.2	ผลึกโครงสร้างของแร่ดิน Chorite.....14
3.1	แผนที่การสำรวจแหล่งดินภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และบริเวณรอบนอกใกล้เคียง (บ้านวัด โกรกเดือนห้า).....20
3.2	แผนที่การสำรวจแหล่งดินบริเวณหมู่บ้านด่านเกวียน.....21
3.3	แผนที่การสำรวจแหล่งดินอำเภอจักราช จ.นครราชสีมา.....22
3.4	เครื่องมือ GPS.....23
3.5	เครื่อง X-ray Diffractometer รุ่น D5005 บริษัท BRUKER.....25
3.6	ตะแกรงร่อน (Sieve analysis).....26
3.7	เครื่อง Laser particle size analysis บริษัท MALVERN.....27
3.8	เครื่อง Scanning electron microscope.....27
3.9	เครื่องบดหยาบ28
3.10	กระบะพลาสติกสำหรับหมักดิน.....29
3.11	เครื่องร่อนน้ำดินผ่านตะแกรง.....29
3.12	ตู้อบ (Dryer).....31
3.13	เครื่องวัดความแข็งแรงต่อการหัก (Three-point Bending Tester).....34
3.14	เตาเผา (Furnace).....36
4.1	ตำแหน่งที่ C1 วัด โกรกเดือนห้า.....41
4.2	ตำแหน่งที่จุด C3.....42
4.3	ตำแหน่งที่จุด C4.....43
4.4	ตำแหน่งที่จุด C7.....45

4.5	ตำแหน่งที่จุด C8.....	46
4.6	ตำแหน่งที่จุด J012.....	47
4.7	ตำแหน่งที่จุด J013.....	47
4.8	ตำแหน่งที่จุด J014.....	48
4.9	X-ray diffraction pattern ของคินขาวในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา (จุด C4/1).....	51
4.10	X-ray diffraction pattern ของคินแดงในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา (จุด C4/2).....	52
4.11	X-ray diffraction pattern ของคินทรายด้านเกวียน อ. โขกชัย จ. นครราชสีมา (จุด C7).....	53
4.12	X-ray diffraction pattern ของคินเหนียวด้านเกวียน อ. โขกชัย จ. นครราชสีมา (จุด C8).....	54
4.13	X-ray diffraction pattern ของคินอำเภोजักราช จ. นครราชสีมา (จุด J012).....	55
4.14	X-ray diffraction pattern ของคินอำเภोजักราช จ. นครราชสีมา (จุด J013).....	56
4.15	X-ray diffraction pattern ของคินอำเภोजักราช จ. นครราชสีมา (จุด J014).....	57
4.16	ภาพถ่าย SEM ของคินทรายด้านเกวียน.....	63
4.17	ภาพถ่าย SEM ของคินเหนียวด้านเกวียน.....	63
4.18	ภาพถ่าย SEM ของคินขาว มทส.....	64
4.19	ภาพถ่าย SEM ของคินแดง มทส.....	64
4.20	ภาพถ่าย SEM ของคินอำเภोजักราช J012.....	65
4.21	ภาพถ่าย SEM ของคินอำเภोजักราช J013.....	65
4.22	ภาพถ่าย SEM ของคินอำเภोजักราช J014.....	66
4.23	การเปรียบเทียบความแข็งแรงก่อนเผาของคินชนิดต่างๆ.....	81
4.24	การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความชื้นของคินตัวอย่าง.....	82
4.25	การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การหดตัวก่อนเผาของคินตัวอย่าง.....	83
4.26	เปรียบเทียบความหนาแน่นก่อนเผาของคินตัวอย่าง.....	84
4.27	การเปรียบเทียบความแข็งแรงก่อนเผาของคินตัวอย่าง.....	84

4.28	การเปรียบเทียบความแข็งแรงหลังเผาของดินค่านเกวียนที่อุณหภูมิต่างๆ.....	85
4.29	การเปรียบเทียบการหดตัวหลังเผาของดินค่านเกวียนที่อุณหภูมิต่างๆ.....	86
4.30	การเปรียบเทียบความแข็งแรงหลังเผาของดินที่ไม่ผ่านการล้าง.....	87
4.31	การเปรียบเทียบการหดตัวหลังเผาของดินที่ไม่ผ่านการล้าง.....	88
4.32	การเปรียบเทียบความแข็งแรงหลังเผาของดินชนิดต่างๆ.....	89
4.33	การเปรียบเทียบการหดตัวหลังเผาของดินตัวอย่าง.....	90
4.34	การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของดินค่านเกวียน.....	91
4.35	การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความพรุนตัวของดินค่านเกวียน.....	92
4.36	การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของดินตัวอย่าง.....	93
4.37	การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความพรุนตัวของดินตัวอย่าง.....	94
4.38	แสดงสีของดินเหนียวค่านเกวียนหลังเผา.....	95
4.39	แสดงสีของดินทรายค่านเกวียนหลังเผา.....	95
4.40	แสดงสีของดินขาว มทส. หลังเผา.....	96
4.41	แสดงสีของดินแดง มทส. หลังเผา.....	96
4.42	แสดงสีของดินจักราช J012หลังเผา.....	97
4.43	แสดงสีของดินจักราช J013หลังเผา.....	97
4.44	แสดงสีของดินจักราช J014หลังเผา.....	98

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

อุตสาหกรรมเซรามิกและเครื่องปั้นดินเผา จัดเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อประเทศไทยทั้งในด้านการค้า และศิลปวัฒนธรรมของประเทศ ซึ่งเครื่องปั้นดินเผาเป็นผลิตภัณฑ์หัตถกรรมไทยที่มีบทบาทสำคัญและผูกพันกับชีวิตคนไทยมาเป็นเวลานาน นอกจากนี้อุตสาหกรรมเซรามิกยังรวมถึงผลิตภัณฑ์อื่นๆอีกเช่น กระเบื้อง กระฉก อิฐ ในการก่อสร้างซีเมนต์ พวกของชำร่วยและเครื่องถ้วยชาม ฯลฯ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์เซรามิกที่เป็นอุตสาหกรรมระดับชาวบ้าน ได้แก่ พวกเครื่องปั้นดินเผาและอิฐดิน กระจาด โถง ฯลฯ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ต้องการวัตถุดิบที่หาได้ในท้องถิ่น ราคาไม่แพง เพื่อจะสามารถผลิตออกมาเป็นอุตสาหกรรมที่สามารถสร้างรายได้ที่ดีให้แก่ชาวบ้านได้

จังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีเครื่องปั้นดินเผาที่มีชื่อเสียงคือ เครื่องปั้นดินเผาค่านเกวียน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการออกแบบและสีของผลิตภัณฑ์เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของท้องถิ่น และได้มีการทำเป็นอาชีพมานานหลายชั่วอายุคน ในปัจจุบันแม้ได้มีการพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์ออกมามากมายตามทั้งในด้านความสวยงามและคุณภาพ เพื่อดึงดูดความสนใจของลูกค้า แต่สิ่งที่ยากต่อการควบคุมการผลิตคือ ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิตและความสม่ำเสมอของคุณภาพผลิตภัณฑ์ วัตถุดิบที่ใช้คือดินเหนียวซึ่งหาได้ในท้องถิ่นภายในบริเวณบ้านค่านเกวียน แหล่งวัตถุดิบที่หาได้ในท้องถิ่นเหล่านี้มีอยู่หลายแหล่ง ซึ่งแต่ละแหล่งก็มีองค์ประกอบทางเคมีหรือแร่ธาตุ และคุณสมบัติของดินที่แตกต่างกันออกไป ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพที่แตกต่างกันออกไป ตามแหล่งที่ได้วัตถุดิบมา ปัญหาอีกอย่างหนึ่งก็คือ ชาวบ้านหรือผู้ประกอบการที่ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกยังขาดความรู้พื้นฐานในด้านคุณสมบัติของดินที่นำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่จะทำจากประสบการณ์ที่ได้รับถ่ายทอดจากคนรุ่นเก่าหรือทำจากความเคยชินที่ทำกันมา ซึ่งคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ออกมามีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ ทำให้ไม่สามารถควบคุมปริมาณของเสียได้ดีเท่าที่ควร ดังนั้นหากเราทราบองค์ประกอบและคุณสมบัติของดินชนิดต่างๆ เราก็สามารถที่จะกำหนดคุณสมบัติ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ให้มีความสม่ำเสมอตามต้องการได้

ดังนั้น ทางสาขาวิศวกรรมเซรามิก สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้เล็งเห็นความสำคัญของคุณสมบัติของดินที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เซรามิก จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ที่เราจะต้องศึกษาคุณสมบัติของดินที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ทางด้านเซรามิก เพื่อลด และแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้น และเพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้ดินให้เหมาะสมกับงานทางด้านเซรามิก อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น และสามารถสร้างรายได้ที่ดีให้แก่ประชากรของจังหวัดนครราชสีมาได้อีกทางหนึ่งด้วย

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติของดินในจังหวัดนครราชสีมา
2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ที่จะนำดินจากแหล่งต่างๆภายในจังหวัดนครราชสีมา มาใช้งานทางด้านเซรามิก
3. เพื่อเป็นแนวทางการเลือกใช้ดินแต่ละประเภทให้เหมาะสมกับงานทางด้านเซรามิก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบองค์ประกอบและคุณสมบัติของดินที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เซรามิก
2. ทำให้สามารถเลือกใช้ชนิดของดินจากแหล่งต่างๆที่จะนำมาทำผลิตภัณฑ์เซรามิกได้อย่างถูกต้อง
3. ทำให้สามารถทำผลิตภัณฑ์เซรามิกให้มีคุณภาพที่ดีและมีความสม่ำเสมอ
4. ทำให้สามารถเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์เซรามิกของชาวจังหวัดนครราชสีมา

หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ชาวบ้านและผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์เซรามิก ภายในจังหวัดนครราชสีมาและเป็นข้อมูลการนำดินภายในจังหวัดนครราชสีมาไปใช้ในงานด้านอื่นๆด้วย

การวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- งานวิจัยคุณสมบัติดินภายในประเทศ
- งานวิจัยและสำรวจทางด้านธรณีวิทยาของจังหวัดนครราชสีมาและของประเทศไทย

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. การกำหนดพื้นที่ในการเก็บตัวอย่างดิน ที่ได้มาจากแหล่งดินที่ต่างๆในจังหวัดนครราชสีมา ที่คาดว่าจะมีคุณค่าต่อ การใช้งานทางด้านเซรามิก

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

- หาขนาดและการกระจายขนาดของอนุภาคดิน
- หาพื้นที่ผิวจำเพาะของอนุภาคดิน
- หาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในเนื้อดิน
- วิเคราะห์ลักษณะและรูปร่างของอนุภาคดิน
- สีของเนื้อดิน

2.2 วิเคราะห์ทางเคมี

- วิเคราะห์เฟส
- วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

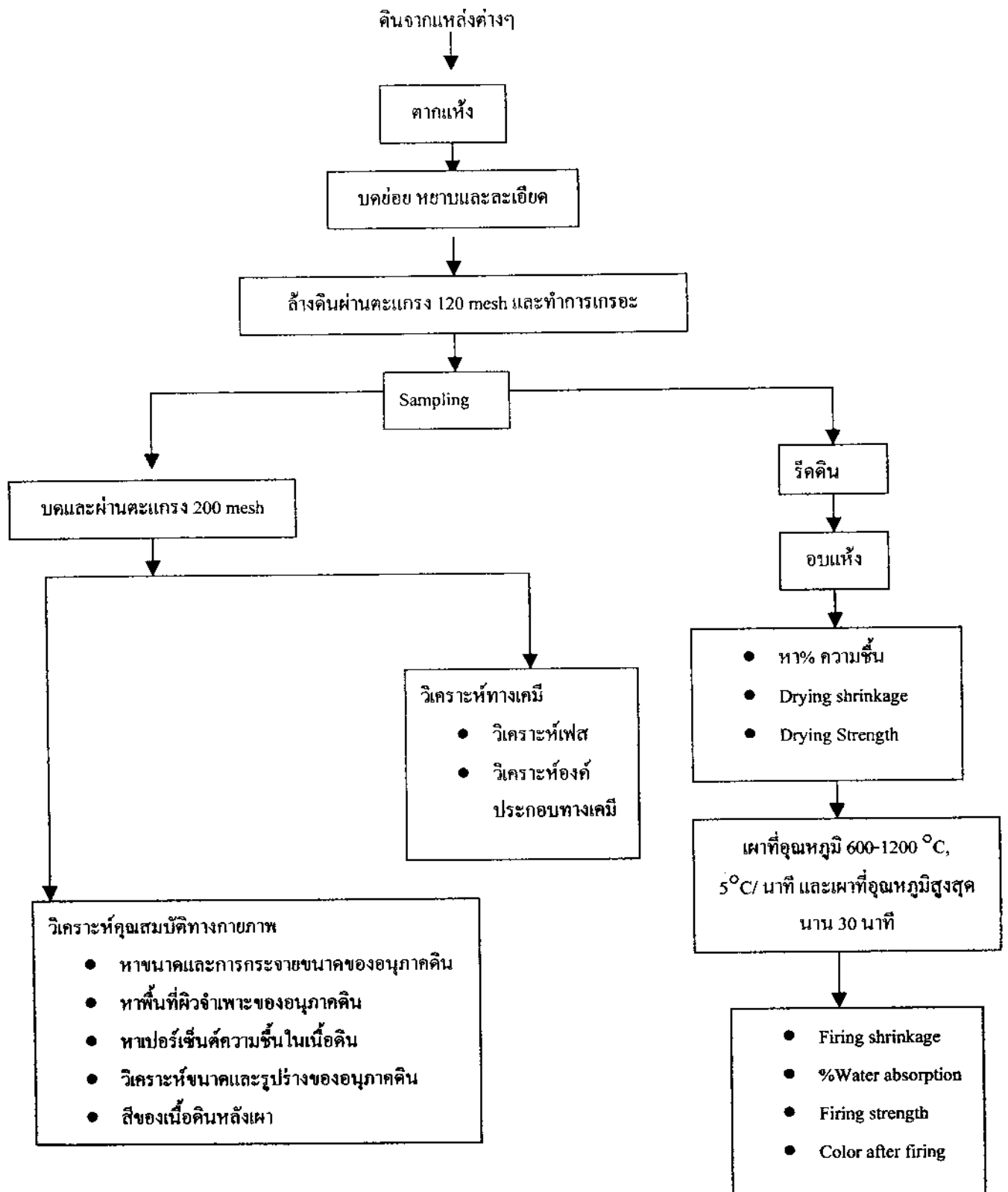
2.3 วิเคราะห์คุณสมบัติทางกล

2.3.1 คุณสมบัติก่อนเผา

- หาเปอร์เซ็นต์ความชื้น
- หาความแข็งแรงเมื่อแห้ง (Drying Strength)
- การหดตัวเมื่อแห้ง (Drying Shrinkage)

2.3.2 คุณสมบัติหลังเผา

- หาการหดตัวหลังเผา (Firing Shrinkage)
- หาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)
- หาความแข็งแรงหลังเผา (Firing Strength)
- สีของเนื้อดินหลังเผา
- หาความหนาแน่นหลังเผา



รูป 1.1 แผนภาพการเตรียมตัวอย่างดินและการทดสอบ

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

วัตถุดิบที่จัดว่ามีความสำคัญที่สุดในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาและเซรามิกคือดิน (clays) ซึ่งดินตามพจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์ อังกฤษ-ไทย พ.ศ. 2520 หมายถึง วัตถุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่มีลักษณะเนื้อเหมือนดิน ซึ่งมีเนื้อละเอียด มีความเหนียวเมื่อเปียกน้ำ แข็งและแกร่งเมื่อแห้ง โดยปกติดิน (clay) จะประกอบด้วยแร่ดิน (clay minerals) ที่มีขนาดเม็ดแร่เล็กละเอียดปนกับสารอินทรีย์และแร่ชนิดอื่นๆ ซึ่งมีขนาดเล็กละเอียดเช่นเดียวกัน แต่มีขนาดเล็กกว่า 0.002 มม. (2 ไมครอน) แร่ชนิดอื่นที่ไม่ใช่แร่ดินได้แก่ ควอตซ์ (quartz) เฟลด์สปาร์ (feldspar) โดโลไมต์ (dolomite) แคลไซต์ (calcite) ซีโอไลต์ (zeolite) เหล็กออกไซด์ (iron oxide) แมงกานีส ออกไซด์ (manganese oxide) ไทเทเนียมออกไซด์ (titanium oxide) และดินยังหมายรวมถึงหินดินดานอีกด้วย [3]

ส่วนดินตามความหมายของ American Ceramic Society ให้ความหมายของดินเหนียวคือ หินขนาดเล็กมาก เมื่อบดให้ละเอียด จะมีความเหนียวเมื่อเปียก จะแข็งเมื่อแห้ง และเมื่อผ่านการเผาจะมีเนื้อคล้ายหินอย่างถาวร

2.1 การเกิดของดิน (Formation of Clays) [8]

ดินเป็นวัสดุทางธรรมชาติที่อยู่ปกคลุมที่ผิวบนของเปลือกโลกซึ่งเกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตบนผิวโลก ดินเกิดจากการผุพังทำลายของหินแกรนิต ชนิดของดินที่เกิดขึ้นจึงถูกกำหนดโดยปัจจัยต่างๆเหล่านี้คือ

1. ชนิดของหินต้นกำเนิด เนื่องจากดินผุพังมาจากหินต่างชนิดกันจึงทำให้มีคุณสมบัติที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งจากข้อมูลของดินสามารถทำให้เราทำแผนที่การกระจายของหินได้
2. ภูมิอากาศ และภูมิประเทศ ถึงแม้ว่าดินที่กำเนิดมาจากหินชนิดเดียวกันก็ตาม แต่คุณสมบัติของดินอาจจะไม่เหมือนกันเมื่อเกิดในบริเวณที่มีภูมิอากาศและภูมิประเทศที่ไม่เหมือนกัน

3. ความสูงของพื้นที่ มีส่วนสำคัญในการกำหนดชนิดของดิน เช่นดินบนยอดเขาจะมีส่วนแตกต่างจากดินบนลาดเขา และดินบนลาดเขาก็ยังแตกต่างจากดินบนพื้นราบที่เชิงเขาได้ แม้ว่าดินทั้งสามชนิดนี้จะทับถมบนหินดินดานเดียวกันก็ตาม
4. กาลเวลา เป็นปัจจัยในการกำหนดชนิดของดินเช่นเดียวกัน เช่นดินที่เกิดขึ้นใหม่ก็จะแตกต่างจากดินที่เกิดขึ้นมาแล้วนับพันปี
5. พืชที่เจริญเติบโตในพื้นที่หนึ่ง จะมีอิทธิพลต่อชนิดของดินที่เกิดขึ้นในท้องถิ่นนั้น เนื่องจากชนิดของดินถูกกำหนดด้วยปัจจัยมากมายเหล่านี้ และเพราะว่าปัจจัยเหล่านี้ได้กระทำร่วมกันในลักษณะต่างๆทั่วพื้นผิวโลก ฉะนั้นจำนวนชนิดของดินที่จะเกิดขึ้นจึงมีมากมายแทบจะจำกัดไม่ได้

ดินเกิดจากการผุพังของหินแกรนิตที่ถูกก๊าซโบรอนและก๊าซฟลูออไรด์ กัดกร่อนทำลายและสลายตัวเป็นหินฟินมัว และเกิดการสลายตัวต่อมาโดยถูกกัดกร่อนด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ การสลายตัวของหินรวมทั้งก๊าซต่างๆ ทำให้เกิดการผุกร่อนจากปฏิกิริยาเคมี หินจึงผุพังกลายเป็นดินในรูปของแร่เซอร์ริไซต์ (sericite) และกลายเป็นแร่เกาลินในที่สุด

ดินสามารถแบ่งออกตามลักษณะการเกิดเป็น 2 ประเภท คือ

1. **ดินปฐมภูมิ (Primary or Residual Clay)** เป็นดินที่เกิดในแหล่งภูเขา เกิดจากหินฟินมัวที่ผุกร่อนและทับถมกันอยู่โดยไม่ได้เคลื่อนย้ายไปไหน เกิดเป็นแร่ดินขาวเกาลินไนต์ (kaolinite or china clay) ดินชนิดนี้จะเป็นดินขาวที่มีความบริสุทธิ์สูง เมื่อดขนาดใหญ่ เนื้อดินจึงมีความเหนียวน้อย ดินประเภทนี้สามารถใช้วิธีฉีบน้ำล้างเพื่อกำจัดมลทิน และล้างเอาดินที่บริสุทธิ์ออกมาได้ง่าย
2. **ดินตะกอน (Sedimentary clay)** เป็นดินที่เกิดในที่ราบลุ่ม หรือเรียกว่าดินย้ายถิ่น เกิดจากอนุภาคของดินในแหล่งต้นกำเนิดถูกพัดพาออกไปจากแหล่งเดิม โดยการพัดพาของกระแสน้ำหรือธารน้ำแข็ง ให้ไปตกตะกอนร่วมกับสารอินทรีย์ และแร่ธาตุอื่นมาถูกพัดพามาด้วย ดังนั้นเนื้อดินจึงมีความละเอียดมากกว่าดินที่เกิดในแหล่งภูเขา เนื่องจากในขณะที่ถูกพัดพามาได้ถูกขัดถูและกัดกร่อน มาตลอดเส้นทางที่น้ำไหลผ่าน เป็นการบดโดยขบวนการทางธรรมชาติ ดินที่ละเอียดนี้ประกอบด้วยแร่ธาตุและอินทรีย์สารมีละเอียดที่ผ่านเข้ามา และตกตะกอนด้วย ทำให้ดินมีสีที่เข้มขึ้นและมีความเหนียวเพิ่มขึ้นด้วย ดินที่เกิดในลักษณะนี้มีเม็ดละเอียด ความเหนียวดี แต่มีมลทินมาก ไม่ค่อยบริสุทธิ์ การล้างดินชนิดนี้จึงทำได้ยากและไม่คุ้มค่ากับการลงทุนมากนัก

ดินและหินดินดานที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก สามารถแบ่งผลิตภัณฑ์เซรามิกออกได้ เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. เครื่องปั้นดินเผา (pottery) ไชนาแวร์ (chinaware) สโตนแวร์ (stoneware) , เครื่องสุขภัณฑ์ กระเบื้องคุณภาพสูง พอร์ซเลน (porcelain) และภาชนะบางชนิดที่ใช้ในเตาเผาและเตาอบ สำหรับดินที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกกลุ่มแรกนี้ อาจจะนำมาจากดินชนิดเดียวหรือหลายชนิด หรือแร่ดินและสารเคมีอื่นๆ มาผสมกันจนได้เนื้อดินที่มีคุณสมบัติตามต้องการ ตัวอย่างเช่น ในการผลิตเครื่องใช้ในครัวเรือน ชนิดสีขาว จะทำจากดินขาว และดินเหนียวบอลเคลย์ (ball clay) เฟลด์สปาร์ (feldspar) หรือ ทัลค์ (talc) หรือ เนเฟลิท (Nepheline) เป็นต้น
2. ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการก่อสร้าง (structural clay products) ได้แก่อิฐก่อสร้าง อิฐปูพื้น ท่อระบายน้ำ กระเบื้องผนังหลังคา และอื่นๆ สำหรับดินที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกกลุ่มนี้ สามารถจะได้จากดินในธรรมชาติ และหินดินดาน ซึ่งเป็นดังตารางที่ 1 แร่ดินตัวสำคัญนั้นได้แก่ เกาลินไนท์ และ อิลไลต์ และยังมีส่วนประกอบอื่นๆ ที่ไม่ใช่แร่ดินด้วย เช่นเหล็กออกไซด์ ซึ่งขณะเผาจะทำหน้าที่เป็นเชื้อลดอุณหภูมิ (flux) โดยปกติดินและหินดินดานที่มีเหล็กออกไซด์ปนอยู่ด้วยนั้น จะทำให้มีความเหนียว มีความคงทนต่อแรงดึง (Tensile strength) มีการหดตัวต่ำ จึงสามารถใช้ทำผลิตภัณฑ์ดินที่ใช้ในงานก่อสร้างได้ดี และเมื่อเผาแล้วจะให้สีแดงหรือสีเหลืองสวยงามด้วย

แร่ดิน (Clay minerals) หมายถึงกลุ่มแร่อลูมิโนซิลิเกต (aluminosilicate minerals) จัดอยู่ในกลุ่ม ฟิลาซิลิเกต (Phyllosilicates) มีโครงสร้างเป็นแผ่น (Sheet structure) ยกเว้นพวกกลุ่มแอตตาปูไกต์ (Attapugite) ซึ่งมีโครงสร้างยาวแบบลูกโซ่ (Chain silicates) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นอลูมินา (Alumina sheet) และแผ่นซิลิกา (Silica sheet) ที่เรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ แบบ 2 หรือ 3 ชั้น มีทั้งชนิดที่ขยายตัวได้และขยายตัวไม่ได้ มักมีไอออน (Ions) ของพวก Fe, Mg, Ca, K, Na และไอออนอื่นๆ ปะปนอยู่ด้วยในโครงสร้าง แร่ดินเหนียวที่พบทั่วไปคือ เกาลินไนท์ (Kaolinite), อิลไลต์ (Illite), มอนต์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite) และเวอร์มิคิวไลต์ (Vermiculite)

ตารางที่ 2.1 แสดงประโยชน์การใช้งานของดินชนิดต่างๆ

ชนิดดิน	ประโยชน์การใช้งานทางเซรามิก
ดินขาว (kaolinite)	ใช้ทำฟิลเลอร์ (Filler) และเคลือบกระดาษ (Coating) ทำผลิตภัณฑ์ทนไฟ (Refractories) ผลิตภัณฑ์เซรามิก (Ceramics)
บอลต์เคลย์ (Ball clay)	ใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิก ผลิตภัณฑ์ทนไฟ
ดินทนไฟ (Fire clay)	ใช้ทำผลิตภัณฑ์ทนไฟ ผลิตภัณฑ์เซรามิก
เบนโตไนต์ (Bentonite)	ทำโคลนเจาะ (Drilling mud) และผสมทรายทำน้ำ หลอม (Foundry sand bond) โดยทำจากเบนโตไนต์ ชนิดพองตัว (Swelling type) ส่วนเบนโตไนต์ชนิดไม่พองตัว (Non swelling type) ใช้ทำสารที่ดูดซับหรือฟอกสี
ฟูเลอร์เอิร์ธ (Fuller's earth)	ใช้ดูดซับ ฟอกสี และประโยชน์ในด้านอื่นๆ
ดินชนิดอื่นๆ (Miscellaneous clays) รวมทั้งหินดินดาน	ใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิก ปูนซีเมนต์ (Cements) และ ผลิตภัณฑ์น้ำหนักเบา

2.2 โครงสร้างของผลึกของแร่ดิน (Structure of clay minerals)

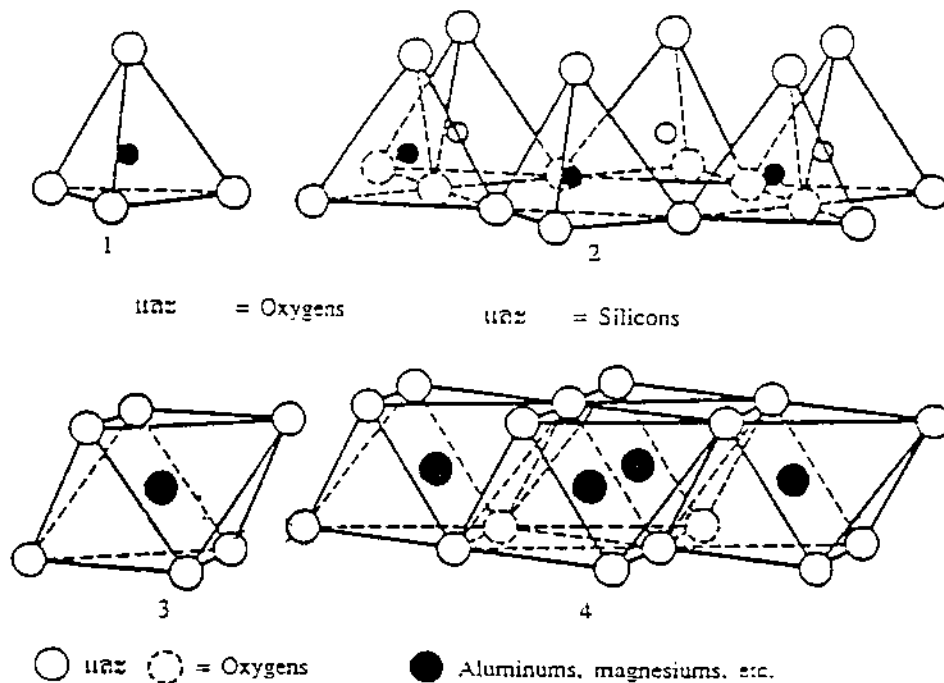
จากการค้นพบรังสี X-ray และเครื่องมือที่ทันสมัยในการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกเล็ก ๆ คือ X-ray Diffraction, Electron microscope และ Differential thermal analysis ทำให้มนุษย์เข้าใจว่าโครงสร้างของแร่ดินไม่ได้อยู่ในสภาพที่ไม่เป็นผลึก (amorphous) และมีรูปร่างคล้ายกับกรวดหรือทรายทั่วไป แต่แร่ดินมีขนาดอนุภาคเล็กมาก และมีสภาพเป็นผลึกแทบทุกชนิด แร่ดินเหนียวสามารถแบ่งได้ 3 พวกใหญ่ ๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงสร้างผลึก ได้แก่ kaolinite, Smectite และ Hydrous mica หรือ Illite นอกจากนั้นยังพบว่ายังมีแร่ดินเหนียวกลุ่มอื่น ๆ อีก เช่น Vermiculite และ Chlorite เป็นต้น

โครงสร้างผลึกของแร่ดินเหนียว ประกอบด้วย

1) Silica tetrahedral unit เป็นหน่วยของโครงสร้างซึ่งประกอบด้วยธาตุซิลิกอน (Si) 1 อะตอมล้อมรอบด้วยธาตุออกซิเจน 4 อะตอม อัดตัวกันโดยมีซิลิกอนอยู่ตรงกลางเกิดเป็นรูปทรงที่มีสี่ด้าน ดังนั้นจึงเรียกว่า silica tetrahedral unit หน่วยโครงสร้างนี้ จะเกาะเชื่อมกันเป็นแผ่น โดยที่มี

การเกาะออกซิเจนร่วมกันระหว่างอะตอมที่อยู่พื้นฐาน ทำให้เกิดเป็นแผ่นที่มีลักษณะเหมือนรังผึ้งขึ้น
คือจะเป็นแผ่นที่มีช่องรูปหกเหลี่ยมอยู่ทั่วไป แผ่นนี้เรียกว่า silica tetrahedral sheet หรือเรียกสั้น ๆ
ว่าแผ่น ซิลิกา (silica sheet) (ดังรูปที่ 2.1)

2) **Alumina octahedral unit** เป็นหน่วยของโครงสร้างอีกชุดหนึ่งซึ่งประกอบด้วย
อะลูมิเนียม (Al) 1 อะตอม ล้อมรอบด้วยธาตุออกซิเจน 6 อะตอม อัดตัวกัน โดยมีอะลูมิเนียมอะตอม
อยู่ตรงกลางเกิดเป็นรูปทรงที่มีแปดด้าน ดังนั้นจึงเรียกว่า alumina octahedral unit หน่วยโครงสร้าง
นี้ จะเกาะเชื่อมกันเป็นแผ่นในแนวระนาบ เช่นเดียวกับ silica tetrahedral unit โดยมีการเกาะ
ออกซิเจนร่วมกัน แต่แผ่นที่เกิดขึ้นจะเป็นแผ่นทึบ ไม่มีช่องรูปหกเหลี่ยมเหมือนอย่างแผ่นซิลิกา
(silica sheet) แผ่นของ alumina octahedral นี้เรียกว่า alumina octahedral sheet หรือแผ่น alumina
sheet (ดังรูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของแผ่นซิลิกา (Silica tetrahedral sheet) และแผ่นอะลูมินา (alumina octahedral sheet) ซึ่งเป็นหน่วยโครงสร้างที่สำคัญของแร่ดินเหนียว (clay mineral) ทั้งหมด

2.3 ชนิดของแร่ดินเหนียวที่สำคัญ

แร่ดินเหนียวทุกชนิดจะประกอบด้วยหน่วยของโครงสร้างดังกล่าวข้างต้นแทบทั้งสิ้น
และความแตกต่างกันระหว่างแร่ดินเหนียวชนิดต่าง ๆ ก็จะขึ้นอยู่กับารเรียงซ้อนกันของแผ่น

ซิลิกา (silica sheet) และแผ่นอะลูมินา (alumina sheet) กับการเปลี่ยนแปลงและแทนที่กันของ Si และ Al ในแผ่นดังกล่าวกับธาตุอื่น ๆ (isomorphous substitution) ชนิดของแร่ดินเหนียวที่สำคัญคือ

เคโอลิไนต์ (Kaolinite) โครงสร้างของเคโอลิไนต์ประกอบด้วยแผ่นซิลิกา (silica sheet) หนึ่งแผ่นประกบทับแผ่นอะลูมินา (alumina sheet) อีกหนึ่งแผ่น โดยที่ Si และ Al จะร่วมกับออกซิเจนตัวเดียวกันในด้านที่ประกบเข้าหากัน จึงทำให้แผ่นสองประสานกันแน่นรวมกันเข้าเป็นผลึกของแร่เคโอลิไนต์มีสูตรทางเคมีคือ $\text{Si}_2\text{Al}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ผลึกของเคโอลิไนต์จะขยายตัวเองออกไปในแนวระนาบได้โดยไม่จำกัด รูปของแผ่นผลึกของเคโอลิไนต์เป็นรูปหกเหลี่ยมมีขอบชัดเจน ผลึกของเคโอลิไนต์ที่อยู่ในธรรมชาติจะเรียงซ้อนกันเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นของแผ่นโครงสร้างที่เรียงซ้อนทับกันมีความหนา 7 \AA (วัดจากขอบบนของผลึกแผ่นบนถึงขอบบนของแผ่นล่างถัดลงมา) ระยะเวลาว่างแผ่นโครงสร้างไม่สามารถจะขยายให้กว้างขึ้นหรือแคบเข้าได้ เนื่องจากถูกยึดไว้ด้วยพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างอะตอมออกซิเจนของแผ่นซิลิกาและอะตอมไฮโดรเจนของแผ่นอะลูมินาระหว่างแผ่นโครงสร้างที่อยู่ติดกัน การที่แผ่นอะลูมินา มี H อะตอมอยู่ด้วยนั้นความจริง H อะตอมนี้เป็นของ hydroxyl group (OH) ซึ่งเกิดขึ้นที่ ออกซิเจนอะตอมที่อยู่ด้านนอกของ แผ่นอะลูมินา โดยธรรมชาติ แล้วไฮโดรเจนและออกซิเจนจะมีสัมพรรคภาพ (affinity) ที่เกาะยึดกันเป็นอย่างมาก ดังนั้นเมื่อต่างเข้ามาอยู่ใกล้กันจึงทำให้เกิดมีแรงยึดระหว่างกันขึ้นค่อนข้างเหนียวแน่นมาก ซึ่งเราเรียกว่าพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bonding) เมื่อแผ่นผลึกของเคโอลิไนต์ที่เรียงซ้อนกันอยู่นั้นมีพันธะไฮโดรเจนช่วยเกาะยึดด้วยก็ทำให้ระยะเวลาว่างแผ่นผลึกนั้นแคบและขยายออกไม่ได้ จึงมีผลทำให้เคโอลิไนต์ไม่ขยายตัวและหดตัวเมื่อเปียกและแห้ง และพื้นที่ผิวภายในชั้นนี้ก็ไม่มีความประโยชน์เนื่องจากถูกยึดอะไรไม่ได้ เพราะน้ำและไอออนต่าง ๆ เข้าไปไม่ได้ ดังนั้นจึงถือว่าพื้นที่ผิวภายในของเคโอลิไนต์ไม่มี จะมีแต่พื้นที่ผิวภายนอกเท่านั้น

แร่ดินเหนียวอื่น ๆ ที่มีโครงสร้างและสูตรเคมีเช่นเดียวกับเคโอลิไนต์ (kaolinite) ได้แก่ hollloysite และ dickite และอื่น ๆ อีกหลายชนิด แต่ไม่ค่อยพบอย่างแพร่หลายในดิน เคโอลิไนต์จะพบมากที่สุด จึงมีความสำคัญมากกว่าแร่ดินเหนียวอื่น ๆ ในกลุ่มเดียวกัน แร่ดินเหนียวในกลุ่มนี้จะแตกต่างกันที่การเรียงซ้อนกันของหน่วยผลึกที่ประกอบกันเป็นอนุภาคของดินเหนียวเท่านั้น เช่น หน่วยผลึกอาจจะเรียงซ้อนกันเป็นแนวตั้ง หรือเอียงไปทางซ้าย หรือเอียงไปข้างหน้า หรือม้วนเป็นหลอด เป็นต้น

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าคุณสมบัติของแร่ดินเหนียวพวกนี้เกี่ยวกับการขยายตัวและหดตัวเมื่อเปียกและแห้งมีน้อยมาก การดูดซับแคตไอออนก็น้อยด้วย เพราะมีแต่พื้นที่ผิวภายนอก (External surface) เท่านั้น เช่นเดียวกันเมื่อดินเปียกจะไม่ค่อยเหนียว ผลึกของแร่ดินเหนียวพวกนี้มีลักษณะโครงสร้างที่แข็งแรงและมีการเรียงตัวกันแน่น อนุภาคของดินเหนียวจึงแตกร้าวและหักพังยาก

ดังนั้นโดยทั่วไปแล้วอนุภาคของดินเหนียวพวกนี้จึงมักจะมีขนาดโตกว่าดินเหนียวพวกอื่นทั้งหมด และขอบของผลึกบางส่วนก็ยังสามารถเห็นได้ชัดเจนว่ามีลักษณะขอบหกเหลี่ยม (hexagonal edge) ขนาดอนุภาคของดินเหนียวพวกนี้จะอยู่ระหว่าง 0.10 ถึง 5 ไมครอน แต่ส่วนใหญ่จะมีขนาดอยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 2 ไมครอน และเนื่องจากเคโอลิไนต์ประกอบด้วยแผ่นอะลูมินาหนึ่งแผ่นประกอบบนแผ่นซิลิกาหนึ่งแผ่น บางครั้งแร่ดินเหนียวพวกนี้จึงถูกเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เป็นพวก 1:1 type clay

สเมกไทต์ (Smectite) แร่ดินเหนียวพวกนี้มีอยู่หลายชนิดที่สำคัญได้แก่ montmorillonite, beidellite, nontronite, saponite และอื่น ๆ อีก ในจำนวนนี้มีมอนต์มอริลโลไนต์ (montmorillonite) เป็นแร่ดินเหนียวที่สำคัญเพราะมีให้พบเห็นอยู่มากในดินทั่ว ๆ ไป รองลงมาได้แก่ beidellite และ nontronite ตามลำดับ

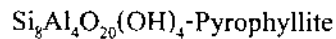
โครงสร้างของแร่ดินเหนียวพวก Smectite นั้นประกอบด้วยแผ่นซิลิกา (silica sheet) สองแผ่นและแผ่นอะลูมินา (alumina sheet) หนึ่งแผ่นสอดอยู่ระหว่างกลางของแผ่นซิลิกาทั้งสอง Si และ Al อะตอมในแผ่นเหล่านี้ต่างก็เกาะยึดออกซิเจนร่วมกันประกอบบนเป็นผลึกของ Smectite เนื่องจากแร่ดินเหนียวพวกนี้ประกอบด้วยแผ่นซิลิกาสองแผ่นและแผ่นอะลูมินา หนึ่งแผ่น จึงมักเรียกกันว่าเป็นพวก 2:1 type clay

ผลึกของ Smectite นี้จะเชื่อมต่อกันไปในแนวระดับ และจะซ้อนกันเป็นชั้น ๆ เช่นเดียวกับกับเคโอลิไนต์ แผ่นโครงสร้างและระยะระหว่างแผ่นที่ซ้อนทับกันนี้มีความหนา 9-21 Å ระยะระหว่างแผ่นอาจขยายกว้างหรือแคบได้ เพราะไม่มีพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ยึดระหว่างแผ่นผลึกที่ซ้อนทับกันอยู่ เนื่องจากทั้งด้านบนและด้านล่างของชั้นระหว่างแผ่นนี้นั้นต่างก็มีออกซิเจนซึ่งเป็นของแผ่นซิลิกาทั้งนั้น ดังนั้นพันธะไฮโดรเจนจึงไม่เกิดขึ้น แต่จะเกิด oxygen-oxygen linkage ขึ้นแทน ซึ่งเป็นแรงเกาะกันที่เบาบางมากไม่สามารถจะยึดแผ่นโครงสร้างของแร่ดินเหนียวให้มีระยะที่คงที่ได้ โมเลกุลของน้ำและแคตไอออนต่าง ๆ ก็แทรกซึมเข้าไปดูดซับอยู่ที่ผิวภายใน (internal surface) ได้โดยง่าย แร่ดินเหนียวพวกนี้จะมีพื้นที่ผิวดูดซับ โมเลกุลของน้ำและแคตไอออนได้มาก การพองตัวและหดตัวก็จะเกิดขึ้นมากด้วยเมื่อดินเปียกหรือแห้งตัวลง ความสามารถในการดูดซับน้ำและแคตไอออนต่าง ๆ จะสูงมาก เมื่อแร่ดินเหนียวพวกนี้เปียกน้ำจะเหนียวไม่ร่วนเหมือนอย่างเคโอลิไนต์

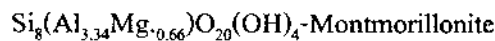
เนื่องจากแร่ดินเหนียวพวกนี้ยึดหดได้ง่ายและมี Ionic substitution มาก โครงสร้างของผลึกจึงไม่แข็งแรง การแตกสลายของผลึกและอนุภาคของดินเหนียวพวกนี้จึงเกิดขึ้นได้ง่ายมาก ในสภาพธรรมชาติทั่วไปจึงพบว่าดินเหนียวพวก smectite นี้จะมีขนาดเล็กมาก เมื่อเปรียบเทียบกับ

เคลอไลต์ คือมีขนาดอยู่ระหว่าง 0.01 ถึง 1.0 ไมครอน ดังนั้นจึงยังมีผลทำให้แร่ดินเหนียวพวกนี้มีพื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface) สูงมากขึ้นอีกขอบของผลึกของแร่ดินเหนียวพวกนี้จะฉีกขาดจนไม่อาจที่จะเห็นขอบของผลึกที่แท้จริงได้ ซึ่งผิดกันกับของเคลอไลต์

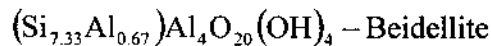
แร่ดินเหนียวในกลุ่ม Smectite จะมีโครงสร้างเหมือนกันแต่จะผิดกันที่ปริมาณการถูกไล่ที่ของ Si หรือ Al ในโครงสร้างของผลึกด้วยธาตุอื่น ๆ ซึ่งเรียกว่า ionic substitution หรือ isomorphous substitution ยกตัวอย่าง เช่น สูตรทั่วไปของแร่ดินเหนียวพวก 2:1 ก็คือ



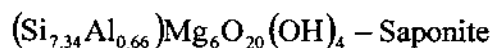
ถ้ามีธาตุ Mg เข้ามาแทนที่ Al บางส่วนในแผ่นอลูมินา (Al-sheet) ก็ได้ 2:1 type clay ที่เรียกว่ามอนต์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite) มีสูตรคือ



ถ้ามีธาตุ Al เข้ามาแทนที่ Si บางส่วนในแผ่นซิลิกา (Si-sheet) ก็จะเกิด 2:1 type clay ชนิดที่เรียกว่า Beidellite ขึ้นมีสูตรคือ



หรือถ้ามี Al เข้ามาแทนที่ Si ในแผ่นซิลิกาบางส่วนและแผ่นอลูมินานั้น Al ถูกแทนที่หมดโดย Mg ก็จะเกิด 2:1 type clay พวก Saponite ขึ้นเป็นต้น



อิลไลต์ (Illite) มีองค์ประกอบของผลึกคล้ายกับพวก smectite มาก และมีโครงสร้างทั่ว ๆ ไปเหมือนกัน ดังนั้นจึงเป็นพวก 2:1 type clay ด้วย แต่จะแตกต่างกันก็ตรงที่ระยะระหว่างแผ่นผลึกโดยวัดจากขอบบนของแผ่น โครงสร้างแผ่นบนถึงขอบบนของแผ่นล่างอัดลงมามีระยะคงที่เท่ากับ 10°A และไม่สามารถยืดหดได้เหมือนอย่าง smectite บางครั้งจึงเรียกพวกนี้ว่าเป็นพวกที่ไม่ยืดตัว (non-expanding lattice) ส่วน Smectite เป็นพวกที่ยืดตัวได้ (expanding-lattice) สาเหตุที่อิลไลต์เป็นพวกที่ไม่ยืดตัวก็เพราะว่า Si อะตอมในแผ่นซิลิกาบาง

ส่วนจะถูกแทนที่โดย Al อะตอม และประจุที่เหลืค้างอยู่ เนื่องจากการแทนที่กันนี้จะถูกชดเชย (satisfied) ทำให้เป็นกลางโดย K^+ ดังนั้น สูตรของอิลไลต์ จึงเขียนได้ดังนี้

$$K_{1.33}(Si_{6.66}Al_{1.33})Al_4O_{20}(OH)_4$$

สำหรับ K^+ ที่เข้ามาทำให้ประจุลบที่ค้างอยู่เป็นกลางนี้จะเข้ามาอยู่ในรูปของ K^+ ที่ฝังตัวอยู่ในระหว่างชั้นภายในช่องรูปหกเหลี่ยมของแผ่นซิลิกาของผลึกที่ซ้อนอยู่ข้างบนและข้างล่าง เลขทำหน้าทีคล้าย ๆ กับคัมหรือกลอนที่ยึดแผ่นผลึกของอิลไลต์ที่เรียงซ้อนกันอยู่นั้นทำให้ยับเขยื้อน ได้ยาก ซึ่งมีผลทำให้ระยะระหว่างแผ่นผลึกของแร่ดินเหนียวขยายและหดตัวไม่ได้เมื่อดินเหนียวนั้นเปียกหรือแห้ง แคลต์ ไอออนต่าง ๆ ก็แทรกซึมเข้าไปลูดยึดกับพื้นที่ภายในไม่ได้ด้วย ซึ่งก็หมายความว่าพื้นที่ผิวภายใน (internal surface) จะมีน้อยมากแต่ก็ยังมากกว่าแร่ดินเหนียวพวกเคโอลิไนต์ ทั้งนี้เพราะ โมเลกุลของน้ำและแคลต์ ไอออนอาจแทรกซึมเข้าไปลูดยึดอยู่ที่พื้นที่ผิวภายในบริเวณใกล้กับขอบของผลึกได้บ้าง ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของ อิลไลต์จะอยู่ระหว่างคุณสมบัติของ สเม็กไทต์ และ เคโอลิไนต์ (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ ระหว่างแร่ดินเหนียวที่สำคัญ 3 ชนิด

สมบัติ	ชนิดของแร่ดินเหนียว		
	Smectite	Illite	Kaolinite
ขนาดของผลึก (ไมโครเมตร)	0.01-1.0	0.1-2.0	0.1-5.0
รูปร่าง	แผ่นบางมีขอบ ไม่สม่ำเสมอ	แผ่นบางมีขอบ ไม่สม่ำเสมอ	แผ่นบางรูป หกเหลี่ยม
พื้นที่ผิวภายนอก	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
พื้นที่ผิวภายใน	สูงมาก	ปานกลาง	ไม่มีเลย
ความเชื่อมแน่นและสภาพพลาสติก (cohesion and plasticity)	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
การขยายตัว (swelling capacity)	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
ความจุแลกเปลี่ยนแคลต์ ไอออน (cation exchange capacity, me/100 g)	80-100	15-40	3-15

อิลไลต์ มีส่วนที่คล้ายคลึงกันกับแร่พวกไมกา (mica) ทั้งนี้เพราะทั้งโครงสร้างและสูตรขององค์ประกอบทางแร่คล้ายกันมาก แต่ที่ผิดกันอยู่ก็คือปริมาณของการแทนที่ Si ด้วย Al ในแผ่นซิลิกาและปริมาณของ K^+ ที่เข้ามาทำให้ประจุลบที่ค้างอยู่เนื่องจากการแทนที่กันเป็นกลางเท่านั้น

สำหรับอิลไลต์จะมีการแทนที่ซิลิกอนเกิดขึ้นน้อยกว่าไมกา กล่าวคือประมาณ 15% ของ Si อะตอมในแผ่น ซิลิกาจะถูกไล่ที่โดย Al อะตอม เมื่อเปรียบเทียบกับไมกาซึ่งประมาณ 25% ของ Si จะถูกไล่ที่โดย Al และอีกประเด็นหนึ่งคือ K^+ ที่เข้ามาทำให้ประจุที่ตกค้างนั้นเป็นกลาง สำหรับอิลไลต์จะมีประมาณ 5% ส่วนของไมกานั้นจะมีประมาณ 12% เนื่องจากโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของอิลไลต์คล้ายกับแร่ไมกามากประกอบกับสมัยก่อนเรียกแร่ดินเหนียวว่า hydrous silicate ดังนั้นจึงมักเรียกอิลไลต์ว่า ไฮดรอสไมกา (hydrous mica)

แร่ดินเหนียวชนิดอื่น ๆ นอกจากแร่ดินเหนียวพวกใหญ่ ๆ 3 พวกซึ่งได้กล่าวมาแล้วนี้ในปัจจุบันยังทราบว่ายังมีพวกอื่น ๆ อีกเป็นจำนวนมาก เช่น เวอร์มิคิวไลต์ (Vermiculite) ซึ่งก็เป็นพวก 2 : 1 type clay คล้ายกับอิลไลต์ (Illite) แต่ Al ในแผ่นออกซิเจนซึ่งเป็น di-octahedral จะถูกแทนที่หมดโดย Mg (trioctahedral) และในระหว่างชั้นของผลึกที่ซ้อนทับกันนั้นจะมี Ca และ Mg คู่อึดอยู่เป็นส่วนใหญ่และโมเลกุลของน้ำสามารถจะแทรกซึมเข้าไปได้น้อยมาก การยึดหดของระยะระหว่างแผ่นก็ง่ายพอ ๆ กันกับของอิลไลต์คลอไรต์ (Chorite) ก็เป็นอีกแร่หนึ่งซึ่งพบว่ามีอยู่ในดินมากแห่ง เป็นแร่ดินเหนียวที่ประกอบด้วยแผ่นผลึกที่คล้ายคลึงกันกับไมกา (mica like unit) และยังมีแผ่นผลึกของ brucite [$Mg(OH)_2$] ประกอบซ้อนทับอย่างมีระเบียบอีกต่อหนึ่งด้วย (regularly interstratified with Brucite-like) ดังรูปที่ 2.2



รูป 2.2 ผลึกโครงสร้างของแร่ดิน Chorite

โดยทั่วไปแล้วในดินแต่ละแห่งจะมีแร่ดินเหนียวปะปนกันอยู่มากมายหลายชนิด และเป็นของธรรมดาที่จะต้องมีการมีแร่ดินเหนียวบางชนิดที่มีองค์ประกอบและโครงสร้างอยู่ระหว่างกลุ่มของแร่ดินเหนียวที่เรารู้จักดี ซึ่งพวกนี้มักเรียกกันว่าเป็น intergrade clay mineral หรือบางครั้งก็จะพบว่าผลึกของแร่ดินเหนียวที่รู้จักกันเหล่านี้มีแผ่นผลึกเรียงซ้อนทับปะปนกับแผ่นผลึกของแร่ดินเหนียวอย่างอื่น ๆ ซึ่งพวกนี้เราเรียกว่า mixed layer หรือ interstratified clay mineral หรือในดินบางแห่งอาจพบว่าผลึกของอิลไลต์ (Illite) และมอนต์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite) เรียงซ้อนทับกันก็ได้ ซึ่งก็เป็น interstratified เหมือนกันและเรียกรวมกันเป็น Illite Montmorillonite เป็นต้น

คอลลอยด์ดินชนิดอื่นนอกจากแร่ดินเหนียว

สารคอลลอยด์ชนิดอื่นในดินนอกจากพวกแร่ดินเหนียวที่สำคัญก็มีพวกไฮดรอกไซด์ (hydrous oxide) ของ Fe และ Al และพวกอินทรีย์วัตถุ (organic colloid) สำหรับพวกไฮดรอกไซด์ (hydrous oxide) ของเหล็กและอะลูมิเนียมจะมีขนาดเล็กในระดับสารคอลลอยด์จนถึงขนาดโตเท่ากับอนุภาคก้อนหินหรือใหญ่กว่านั้นก็มี สำหรับพวกที่มีขนาดอยู่ในระดับของคอลลอยด์จะสังเกตเห็นได้จากสีของมันที่เคลือบเม็ดดินอยู่ โดยเฉพาะดินพวก Lotosol และดิน Red Brown Earth จะมี colloidal hydrous oxide ของ Fe อยู่เป็นจำนวนมาก สีน้ำตาลแดงหรือสีเหลืองปนน้ำตาลของดินเหล่านี้เป็นสีของ colloidal oxide ของ Fe ทั้งสิ้น เวลาจับหรือเป็ยเนื้อผ้าจะเกาะแน่นล้างไม่ค่อยออกเพราะ micelle ของดินเหนียวพวกนี้เข้าไปแทรกซึมในเนื้อผ้า ทำให้ล้างหรือซักออกยาก

Colloidal hydrous oxide ของเหล็กและอะลูมิเนียมมีพื้นที่ผิวต่ำ จะมีแค่พื้นที่ผิวภายนอก (external surface) เท่านั้น ไม่มีช่องว่างระหว่างชั้นหรือ interlayer อย่างพวกแร่ดินเหนียว ดังนั้นสมบัติเกี่ยวกับการดูดซับน้ำและแคตไอออนจะน้อยมาก การขยายตัวและหดตัวเมื่อเป็ยและแห้งนั้นจะต่ำมาก สมบัติเกี่ยวกับสภาพพลาสติก (plasticity) และความเชื่อมแน่น (cohesion) ก็ต่ำ ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลว่าทำไมดินที่มีอยู่มาก ๆ เมื่อเวลาเป็ยจึงไม่ค่อยเหนียวและลื่นเท่ากับดินเหนียวทั่วไปทั้ง ๆ ที่ปริมาณดินเหนียวเท่ากัน เมื่อเป็ยแล้วก็แห้งเร็วมาก ดังนั้นถนนทั่วไปจึงนิยมนิยมหรือปูพื้นด้วยดินลูกรังซึ่งเป็นดินที่มี ไฮดรอกไซด์ของ Fe และ Al เป็นส่วนใหญ่ เมื่อฝนตกแล้วถนนไม่แฉะและลื่นเหมือนปูพื้นด้วยดินอย่างอื่น หลังจากฝนหายตกไปแล้วไม่นานถนนก็แห้งใช้การได้ถึงแม้ว่าเป็นถนนที่ลาดยางหรือคอนกรีตก็ตามมักนิยมนรองพื้นหรือฐานของถนนด้วยดินลูกรังเสียก่อน ทั้งนี้เพราะดินพวกนี้เมื่อเป็ยหรือแห้งก็จะไม่พองตัวและหดตัวมากเหมือนอย่างดินนาภาคกลางซึ่งเป็นการป้องกันไม่ให้พื้นถนนคอนกรีตแตกหรือทรุดได้ในระหว่างที่มีฤดูกาลเปลี่ยนแปลง

2.4 สมบัติที่สำคัญของแร่ดินเหนียว

2.4.1. รูปร่างและขนาด

รูปร่างอนุภาคของแร่ดินเหนียว มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ (flake-like) ประกอบซ้อนกันอยู่เป็นจำนวนมาก อนุภาคของแร่ดินเหนียวทุกชนิดส่วนใหญ่จะทรงไว้ในลักษณะของผลึก บางชนิดจะมีรูปร่างเป็นแผ่นหกเหลี่ยม ได้อย่างชัดเจนเมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน บางชนิดเป็นแผ่นบาง ๆ ส่วนขอบของอนุภาคที่เป็นผลึกเหล่านี้ไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนเพราะมีรอยฉีกขาดอยู่ทั่วไปหมด ส่วนแร่ดินเหนียวบางชนิดก็มีรูปร่างของแผ่น บาง ๆ ที่ม้วนเป็นหลอดคล้ายขนมทองม้วนก็มี เป็นต้น

ขนาดอนุภาคของแร่ดินเหนียวนั้นก็แตกต่างกันออกไปแล้วแต่ชนิด ลักษณะองค์ประกอบทางแร่ (mineralogical organization) และสภาพที่เกิดขึ้น โดยปกติจะมีขนาดตั้งแต่ 0.01 ถึง 5.0 ไมโครเมตร (ตารางที่ 2.2)

2.4.2. พื้นที่ผิว (Surface area)

เนื่องจากอนุภาคของแร่ดินเหนียว มีขนาดเล็กมากและโดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นแผ่นแบนและบางจึงทำให้พื้นที่ผิวจำเพาะ (Specific surface) ซึ่งเป็นพื้นที่ผิวต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักมีค่าสูงมาก อนุภาคของสารที่มีน้ำหนักเท่ากัน แต่เมื่อมีรูปร่างลักษณะแตกต่างกันออกไป เช่น กลม เป็นลูกบาศก์และแบน จะมีพื้นที่ผิวทั้งหมดแตกต่างกันเป็นอย่างมาก อนุภาคที่มีน้ำหนักเท่ากัน อนุภาคเป็นรูปทรงกลมจะมีพื้นที่ผิวน้อยที่สุด ส่วนอนุภาคที่เป็นรูปแบนหรือแผ่นจะมีพื้นที่ผิวมากที่สุด จะเห็นได้ว่าแร่ดินเหนียว มีรูปร่างที่ส่งเสริมให้มีพื้นที่ผิวมากที่สุด ที่กล่าวมาแล้วนี้เป็นพื้นที่ผิวภายนอก (external surface) แต่บางชนิดยังมีพื้นที่ผิวภายในอีกด้วย โดยเป็นพื้นที่ผิวที่อยู่ในระยะระหว่างแผ่นผลึกของแร่ดินเหนียวที่ซ้อนทับกันอยู่เป็นอนุภาค หรือ micelle ของแร่ ดังนั้นแร่ดินเหนียวพวกนี้จะมีพื้นที่ผิวทั้งหมดเป็นจำนวนมาก ยกตัวอย่างเช่น พื้นที่ผิวของดินเหนียวกรุงเทพฯ ในเนื้อที่หนึ่งไร่ ลึก 10 เซนติเมตร จะมีพื้นที่ผิวทั้งหมดมากกว่าพื้นที่ของประเทศไทยทั้งประเทศ 40-50 เท่าตัว การที่พยายามชี้ให้เห็นถึงปริมาณพื้นที่ผิวของแร่ดินเหนียวในดินนั้นก็เนื่องจากเหตุผลที่ว่าปฏิกิริยาต่าง ๆ ในดินทั้งทางเคมีและฟิสิกส์นั้น ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นหรือเกี่ยวข้องกับพื้นที่ผิวของแร่ดินเหนียวดังกล่าวแทบทั้งสิ้น

2.4.3 ความเชื่อมแน่น (cohesion) และสภาพพลาสติก (plasticity)

แร่ดินเหนียว มีคุณสมบัติเกี่ยวกับความเชื่อมแน่นและสภาพพลาสติกแตกต่างกันเป็นอย่างมาก ขึ้นอยู่กับชนิดของดินเหนียวคำว่าความเชื่อมแน่น (Cohesion) นั้นหมายถึงความถึงความสามารถเกาะยึดกันไว้ ระหว่างอนุภาคของดินเหนียว การที่ดินเหนียวชนิดหนึ่งมีความเชื่อมแน่นสูงก็เนื่องจากอนุภาคของดินเหนียว ซึ่งมีความเชื่อมแน่นสูงจะมีสภาพเหนียวและเกาะติดมือ การไถพรวนดินทำได้ลำบากเมื่อดินนั้นเปียก นอกจากนี้เมื่อดินเหนียวมีความชื้นที่เหมาะสมจะมีความอ่อนนุ่มบีบป้อนให้เป็นรูปต่าง ๆ และคงสภาพเช่นนั้นอยู่ได้ คุณสมบัตินี้เราก็มักเรียกว่าสภาพพลาสติก (plasticity) ส่วนดินเหนียวบางชนิดมีความเชื่อมแน่นต่ำคือมีพื้นที่ผิวน้อย จึงมีน้ำเกาะยึดอยู่ที่ผิวน้อยที่จะช่วยยึดอนุภาคของดินเหนียวอื่น ๆ ที่อยู่ถัดไป ดังนั้น จึงมีผลทำให้การเกาะกันระหว่างอนุภาคของดินเหนียวไม่แน่นถึงแม้ว่าดินจะมีความชื้นอยู่ก็ตาม ดังนั้นจึงมีสภาพร่วน ไม้เหนียว และคุณสมบัติเกี่ยวกับสภาพพลาสติกก็คล้ายๆ กัน จะเห็นได้ว่าคุณสมบัติเกี่ยวกับความเหนียวและร่วนของดินนี้เกี่ยวข้องกับพื้นที่ผิวของอนุภาคดินเหนียวเป็นอย่างมาก ดินเหนียวที่มี

ความเชื่อมั่น และสภาพพลาสติกสูงจะเป็นดินเหนียวพวกที่มีพื้นที่ผิวมาก จึงมีโอกาสดูดยึดอนุภาคของน้ำไว้ที่ผิวได้มาก การเกาะกันระหว่างอนุภาคของดินก็จะเกิดขึ้นมากตามไปด้วย

2.4.4 การขยายตัว (swelling) และการหดตัว (shrinking)

ดินเหนียวบางชนิดมีคุณสมบัติเกี่ยวกับการขยายตัวได้สูงมาก บางชนิดก็ขยายตัวได้น้อยทั้งนี้เกี่ยวกับลักษณะทางโครงสร้างของดินเหนียว โดยเฉพาะแร่ดินเหนียวบางชนิดแผ่นผลึกที่ซ้อนทับกันเป็น clay micelle นั้นจะมีช่องหรือระยะระหว่างแผ่นผลึกที่ทับกันค่อนข้างกว้างและไม่เกาะยึดกันเหนียวแน่นนัก โมเลกุลของน้ำสามารถแทรกเข้าไปได้ง่าย แล้วเข้าไปเกาะยึดอยู่กับพื้นที่ผิวภายในของดินเหนียวมาก ๆ ขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อน้ำเข้าไปอยู่ในชั้นระหว่างแผ่น (inter layer) นั้นได้มากขึ้นก็ยิ่งทำให้ระยะระหว่างแผ่น โครงสร้างดินเหนียวพวกนี้ขยายมากขึ้น ดังนั้นจึงมีผลทำให้ดินเหนียวพวกนี้เมื่อเปียกน้ำแล้วจะพองหรือขยายตัวได้ แต่ถ้าทำให้ดินเหนียวนี้แห้งลง เช่นนำเข้าเตาอบเพื่อไล่น้ำออก น้ำที่เกาะอยู่ในชั้นช่องว่างนี้ของดินเหนียวก็จะหลุดโดยการระเหยออกมา เมื่อน้ำออกมาหมดก็ทำให้ระยะช่องว่างของดินเหนียวนั้นยุบตัวลงมา จึงมีผลทำให้ดินเหนียวนั้นหดตัว ตัวอย่างจะเห็นได้อยู่เสมอตามดินในท้องนาทั่วไป เมื่อถึงหน้าแล้งจะเห็นดินแตกกระแหงบางแห่งร่องของระแหงที่แตกนั้นเท้าของคนที่เดินโดยไม่ระวังตัวจะตกลงไป ทำให้เท้าแผลงได้ทีเดียว แต่เมื่อถึงหน้าฝน เมื่อดินเปียกร่มการแตกกระแหงก็จะหายไป ทั้งนี้เพราะดินขยายตัวนั่นเอง

2.4.5 ประจุลบ (Electronegative change) และการดูดซับแคตไอออน

(adsorption of cations)

อนุภาคของดินเหนียวจะมีประจุลบอยู่เป็นจำนวนมาก และเมื่ออยู่ในดินตามธรรมชาติก็จะมีการดูดซับแคตไอออนไว้เป็นจำนวนเท่ากับประจุลบที่มีอยู่ จึงทำให้เกิดสภาพที่เรียกว่า ionic double layer ขึ้นคือสภาพที่มีประจุสองชั้น ชั้นในได้แก่ชั้นของประจุลบที่ผิวของดินเหนียว ชั้นนอกได้แก่ชั้นประจุบวกของแคตไอออน (cation) ที่ถูกดูดซับ (absorbed) อยู่ที่ผิวดินเหนียว ดังนั้นจะเห็นว่าอนุภาคของดินเหนียวนี้มีลักษณะคล้าย ๆ กันกับแอนไอออน (anion) นี้เอง และสามารถที่จะเคลื่อนตัวไปยังข้างบวก ได้เช่นเดียวกับ Cl^- และ SO_4^{2-} และเมื่ออยู่ในสภาพแขวนลอย (suspension) อนุภาคของดินเหนียวก็จะมีน้ำและกลุ่ม แคตไอออนรอบล้อมอยู่เต็มไปหมด ดังนั้นอนุภาคของดินเหนียวที่อยู่ในสภาพเช่นนี้จึงเรียกกันว่า clay micelle ซึ่งคำนี้จะมีความหมายเฉพาะเจาะจงมากกว่าคำว่าอนุภาคดินเหนียว (clay particle) เฉย ๆ ทั้งนี้เพราะได้ระบุว่าอนุภาคดินเหนียวนั้นอยู่ในสภาพใดและมีลักษณะคุณสมบัติอย่างไรด้วย หรือจะกล่าวอีกอย่างหนึ่งก็คือเป็นอนุภาคดินเหนียวที่อยู่ในสภาพใดของคอลลอยด์นั่นเอง

แคตไอออนที่ดูดซับอยู่ที่ผิวของดินเหนียวนั้นเป็นการดูดซับอยู่อย่างหลวม ๆ หรือจะกล่าวได้ว่าแคตไอออนนั้นมีวงโคจรอยู่ใกล้กับพื้นผิวของ clay micelle และสามารถถูกไล่ที่โดยแคต

ไอออนชนิดอื่นได้ ดังนั้นแคตไอออนที่ดูดซับอยู่ที่ผิวดินเหนียว (absorbed cation) จึงมักเรียกว่าเป็นแคตไอออนแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable cation) และกระบวนการที่เกิดการแลกที่หรือไล่ที่กันของ cation ที่พื้นผิวของ clay micelle นั้นเราก็เรียกว่าการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange) ดินโดยทั่วไปจะมีแคตไอออนพวก H^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ และ Na^+ เกาะยึดอยู่ที่ผิวของดินเหนียว เป็นส่วนใหญ่และเป็นสัดส่วนมากน้อยลดหลั่นกันลงไปตามลำดับที่เรียงไว้

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

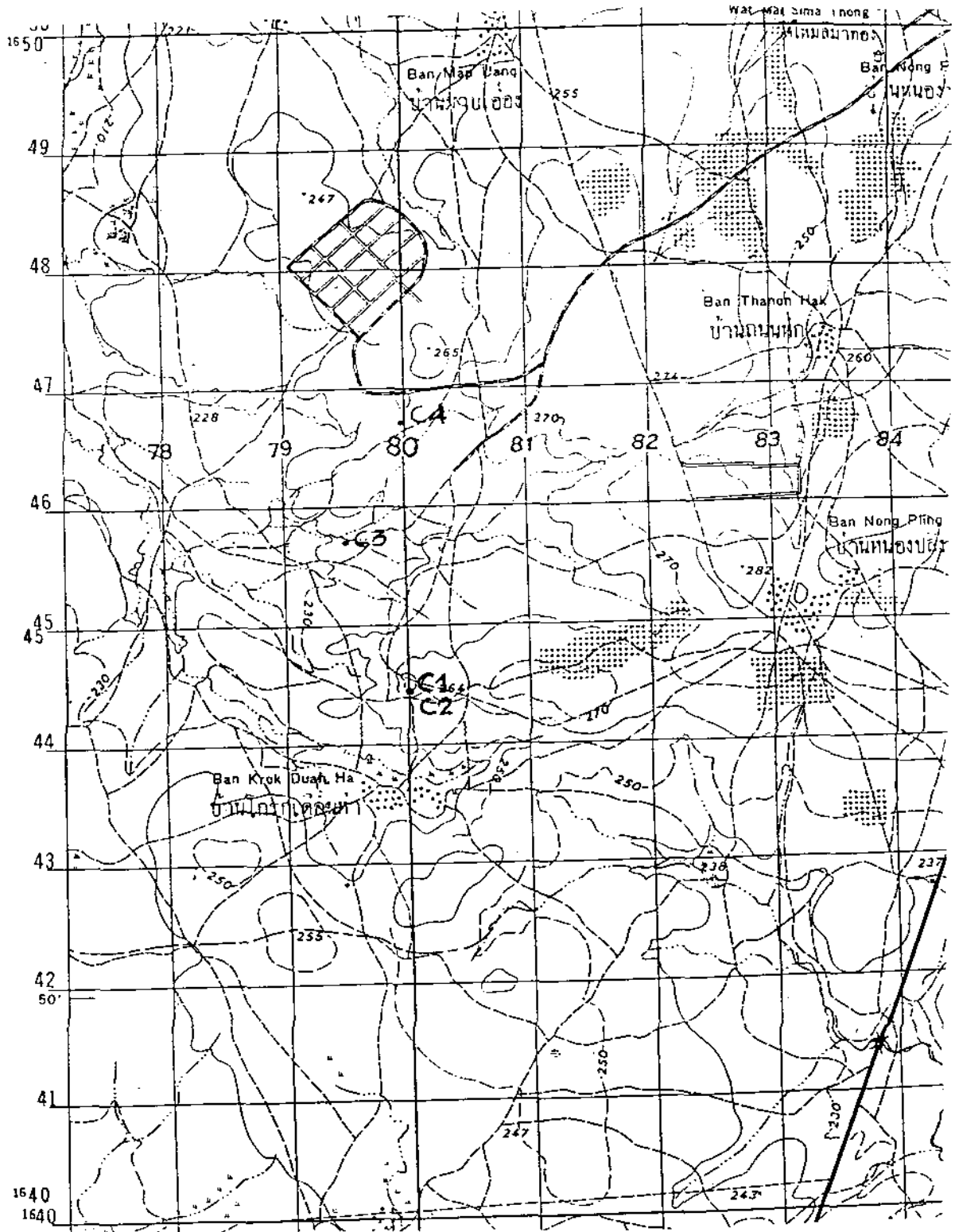
วิธีดำเนินการวิจัย

- 3.1 ขั้นตอนและวิธีการเก็บตัวอย่างดิน
- 3.2 ขั้นตอนและวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.3 ขั้นตอนและวิธีการในการศึกษาคุณสมบัติของดิน

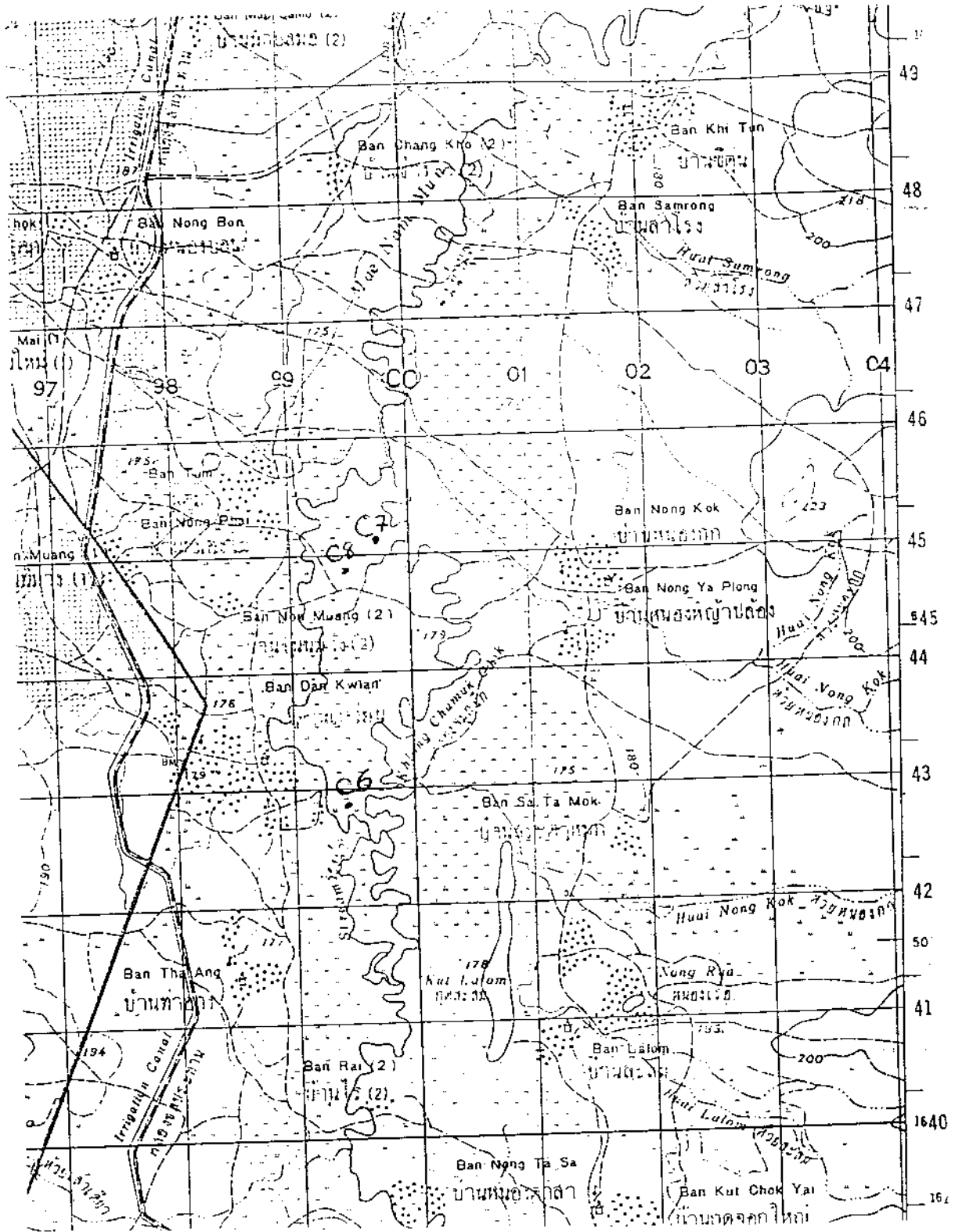
การสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน

จากการสำรวจหาแหล่งดินในจังหวัดนครราชสีมาเพื่อจะนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ได้ดำเนินการสำรวจ 10 จุดในเขตพื้นที่ดังนี้

1. ภายในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และบริเวณรอบนอกใกล้เคียง (บ้านวัดโกรกเดือนห้า) แผนที่สำรวจดังรูปที่ 3.1 (จุดสำรวจ C1, C2, C3 และ C4)
2. บริเวณหมู่บ้านด่านเกวียน เนื่องจากเป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ด่านเกวียน ดังแสดงในแผนที่รูปที่ 3.2 (จุดสำรวจ C6, C7 และ C8)
3. เขตอำเภอจักราช เนื่องจากเป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตอิฐดินซีเมนต์ ดังแสดงในแผนที่รูป 3.3 (จุดสำรวจ J012, J013 และ J014)



รูป 3.1 แผนที่การสำรวจแหล่งดินภายในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และบริเวณรอบนอกใกล้เคียง (บ้านวัดโครกเดือนห้า) แสดงจุด C1-C4



รูป 3.2 แผนที่การสำรวจแหล่งดินบริเวณหมู่บ้านด่านเกวียน อ.โชคชัย จ.นครราชสีมา

แสดงจุด C6-C8

3.1 ขั้นตอนและวิธีการเก็บตัวอย่างดิน

อุปกรณ์ที่ใช้

1. Hand Auger ขนาดยาว 3 เมตร
2. GPS (Global Position System) ดังรูปที่ 3.4
3. อุปกรณ์ชุด
4. ถุงเก็บตัวอย่าง
5. แผนที่ทหาร

ขั้นตอนการสำรวจ

จากการได้รับอ้างอิงจากรายงานการสำรวจลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่มทส.ของสาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี [10] ได้ทำการสำรวจภายในบริเวณมหาวิทยาลัยและบริเวณรอบนอกใกล้เคียง แหล่งที่ทำการสำรวจเลือกจากแหล่งที่มีดินเนื้อละเอียด บางบริเวณที่มีดินอ่อนนุ่ม จะสามารถใช้ Hand Auger เจาะลงไปและเก็บตัวอย่างขึ้นมา ส่วนในบริเวณที่มีหินหรือมีความแข็งมาก จะใช้จอบหรือเสียมขุด และเก็บตัวอย่างตำแหน่งของแหล่งดินที่เก็บมา จะถูกชี้เฉพาะได้ในแผนที่ด้วย GPS



รูป 3.4 เครื่องมือ GPS

การศึกษาคุณสมบัติของดินในเขตจังหวัดนครราชสีมา ได้แก่

1. ดินเหนียวค่านเกวียน อ.โชคชัย จ. นครราชสีมา (จุด C8 ในรูป 3.2)
2. ดินทรายค่านเกวียน อ.โชคชัย จ. นครราชสีมา (จุด C7 ในรูป 3.2)
3. ดินขาวในบริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
(จุด C4 ชั้นดินที่ 1 คือ C4/1 ในรูป 3.1)
4. ดินแดง ในเขตบริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
(จุด C4 ชั้นดินที่ 2 คือ C4/2 ในรูป 3.1)
5. ดินสีแสด อำเภอจักรราช จ.นครราชสีมา แหล่ง บ้านโนนพฤษภูมิ หมู่ที่ 2 ต. จักรราช
อ.จักรราช จ. นครราชสีมา (จุดสำรวจที่ J012 ในรูป 3.3)
6. ดินสีแสด อำเภอจักรราช จ.นครราชสีมา แหล่ง บ้านหนองบัวกลาง
(บริเวณไร่อ้อย)(จุดสำรวจที่ J013 ในรูป 3.3)
7. ดินสีแสด อำเภอจักรราช จ.นครราชสีมา แหล่ง บ้านโคกพลวง หมู่ที่ 9 ต.หินโคน
อ.จักรราช จ.นครราชสีมา (จุดสำรวจที่ J014 ในรูป 3.3)

การเลือกดินทั้ง 7 ชนิดมาทำการศึกษา ได้ใช้เกณฑ์ในการเลือกโดยดูจากความสำเร็จในการนำดินมาใช้ประโยชน์คือ

- ดินในข้อ 1 และ 2 ใช้ทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา ค่านเกวียน
- ดินในข้อ 3 และ 4 นำมาศึกษาความเป็นไปได้ในการทำมวลรวมเบา
- ดินในข้อ 5 6 และ 7 นำไปใช้ทำอิฐดิน อำเภอจักรราช

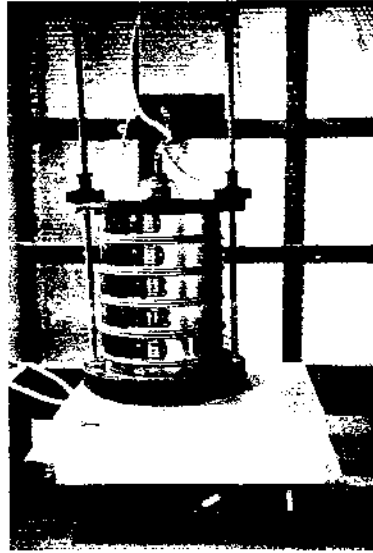
3.2 ขั้นตอนและวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.1 ศึกษาเฟสของสารประกอบด้วยเครื่อง X-ray diffractometer รุ่น D5005 บริษัท BRUKER ณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวิเคราะห์ F1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เก็บตัวอย่างดินจากแหล่งนำดินมาบดให้ละเอียด สุ่มตัวอย่างดินโดยใช้วิธี cone



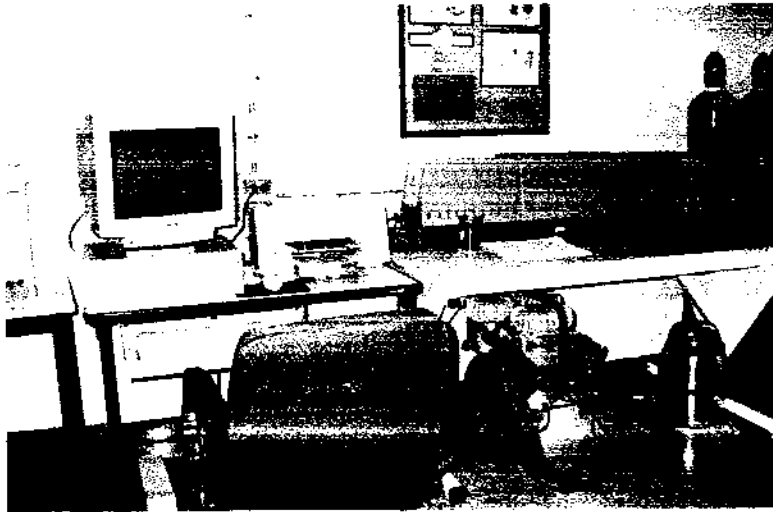
รูป 3.5 เครื่อง X-ray Diffractometer รุ่น D5005 บริษัท BRUKER ณ.ศูนย์เครื่องมือวิเคราะห์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- 3.2.2 ศึกษาส่วนประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง X-ray florescence โดยส่งตัวอย่างเพื่อตรวจสอบที่ Mineral essay
- 3.2.3 ศึกษาการกระจายขนาดอนุภาคของดิน โดยวิธี wet sieve และ Laser particle size analysis บริษัท MALVERN ณ.ศูนย์เครื่องมือวิเคราะห์ F1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



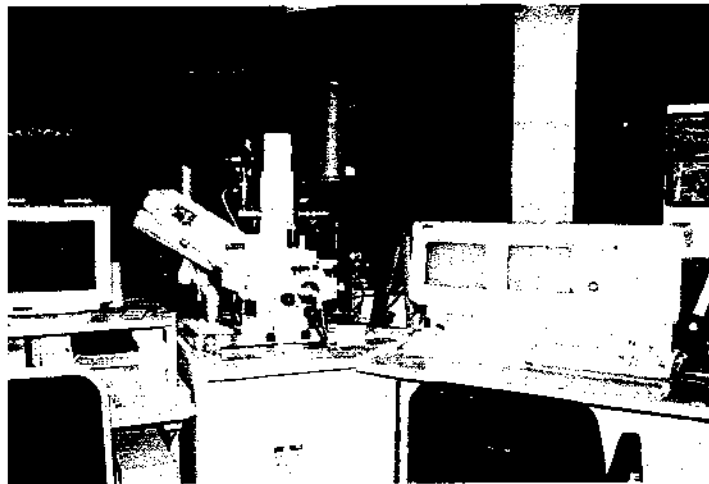
รูป 3.6 ตะแกรงร่อน (Sieve Analysis)

ขนาดตะแกรง (เมซ)	รูเปิด (ไมครอน)
50	297
100	150
140	106
200	75
325	45



รูป 3.7 เครื่อง Laser particle size analysis รุ่นMASTERSIZERS บริษัท MALVERN
ณ ศูนย์เครื่องมือวิเคราะห์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.2 ศึกษารูปร่างและขนาดของอนุภาคดินตัวอย่าง โดยเครื่อง Scanning Electron
Microscope ณ ศูนย์เครื่องมือวิเคราะห์ F1 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูป 3.8 เครื่อง Scanning Electron Microscope รุ่น JSM-6400 บริษัท JEOL
ณ ศูนย์เครื่องมือวิเคราะห์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.3 ศึกษาความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุที่ผิวของอนุภาคดิน (Cation Exchange Capacity) โดยวิธี Methylene Blue Index (รายละเอียดในภาคผนวก)

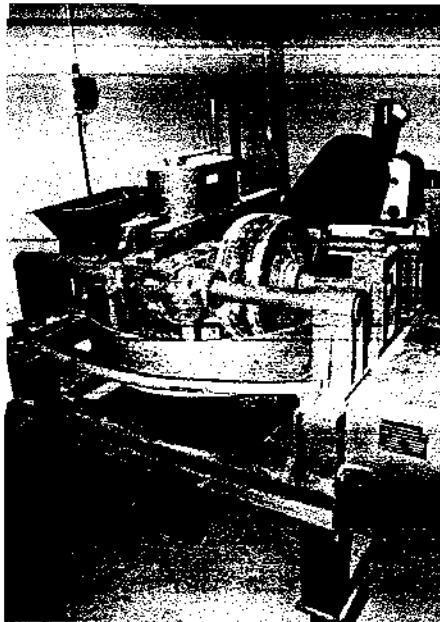
3.3 ขั้นตอนและวิธีการในการศึกษาคุณสมบัติของดิน

การศึกษาคุณสมบัติก่อนเผาของดิน (Drying Properties)

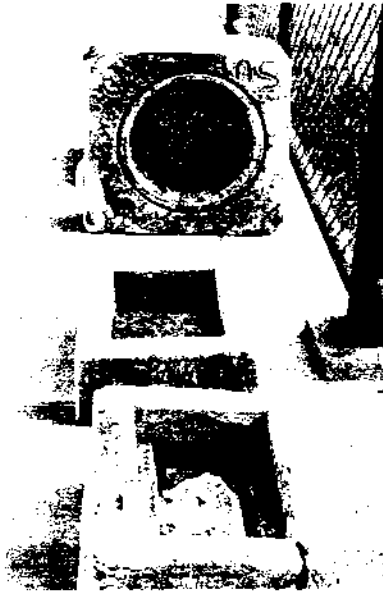
ในการศึกษานี้ได้แบ่งดินแต่ละแหล่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ผ่านการล้าง และ ส่วนที่ไม่ผ่านการล้าง

กระบวนการล้างดิน

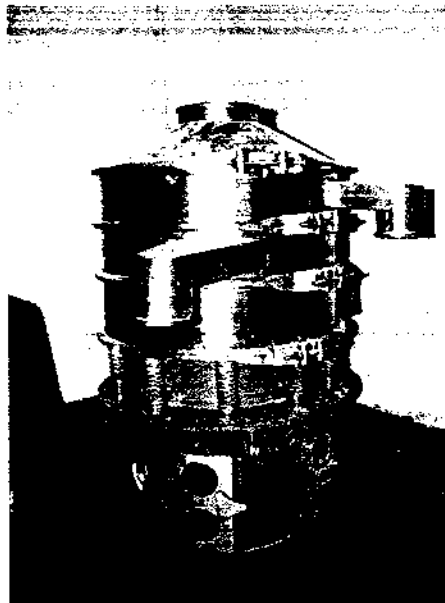
- นำดินจากแหล่ง มาผ่านการบดจนมีอนุภาคละเอียด
- นำดินมาควนป่นในถังควนที่มีใบพัดช่วยกระจายดิน และร่อนน้ำดินผ่านตะแกรงขนาด 150 mesh นำดินส่วนที่ผ่านตะแกรงไปพักทิ้งไว้ให้ดินตกตะกอน คูดน้ำใส ด้านบนออก แล้วนำดินนี้ทำให้แห้ง โดยนำไปเกรอะในบ่อปูนพลาสติก ให้ดินหมักอยู่ในบ่อปูนพลาสติก 2-3 วัน



รูป 3.9 เครื่องบดหยาบ ห้องปฏิบัติการวัสดุศาสตร์ มทส.



รูป 3.10 กระบะพลาสติกสำหรับหมักดิน



รูป 3.11 เครื่องร่อนน้ำดินผ่านตะแกรง

3.3.1 การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่มีในเนื้อดิน

การหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่มีในเนื้อดินคือการหาปริมาณน้ำหนักที่หายไประหว่างที่ชิ้นงานแห้ง ซึ่งน้ำหนักที่หายไปนี้ขึ้นอยู่กับระเหยของน้ำที่อยู่ในเนื้อดิน และสิ่งแวดล้อมโดยรอบ ซึ่งที่สำคัญคือ ความชื้นในอากาศ น้ำหนักที่หายไปหลังอบแห้ง (Drying loss) ไม่ได้รวมอยู่ใน % Loss on ignition แต่จะเป็นน้ำหนักของชิ้นงานที่ไม่ได้ผ่านการเผา ปริมาณความชื้นนี้สามารถบอกได้ โดยเทียบกับชิ้นงานที่ไม่แห้งสนิท (undried basis) หรือ ชิ้นงานที่แห้งสนิท (อบในตู้อบจนน้ำหนักคงที่) เรียกว่า dried basis ดังนั้นจึงจำเป็นต้องระบุว่าเป็นเทียบกับอะไร

Undried basis:

$$\% \text{ Moisture (u)} = \frac{W_u - W_d}{W_u} \times 100$$

เมื่อ W_u คือ น้ำหนักของชิ้นงานที่ไม่แห้งสนิท (หลังขึ้นรูปใหม่ ๆ)

W_d คือ น้ำหนักของชิ้นงานที่แห้งสนิท

Dried basis:

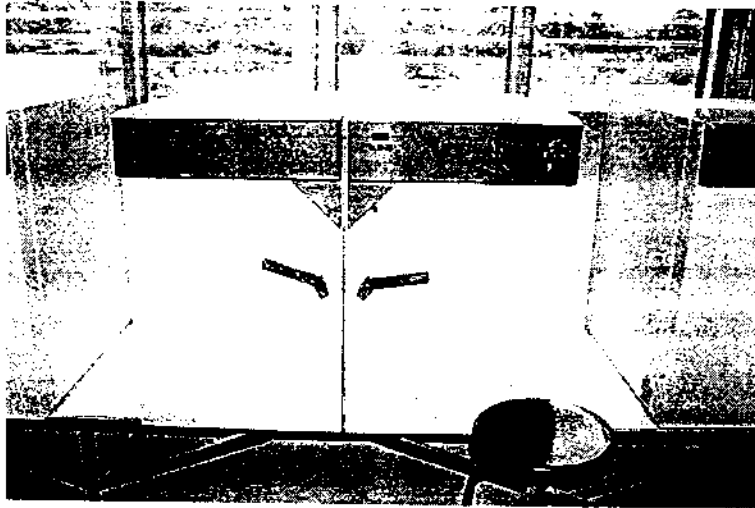
$$\% \text{ Moisture (d)} = \frac{W_u - W_d}{W_d} \times 100$$

การเปรียบเทียบความชื้นของชิ้นงานที่ไม่แห้งสนิทและชิ้นงานที่แห้งสนิท

$$W_u = W_d \left[1 + \frac{\% \text{moisture (d)}}{100} \right]$$

วิธีการทดสอบ

- นำดินที่ทดสอบมาขึ้นรูปโดยการรีดผ่านหัวรีด ขนาดหน้าตัด 1 cm x 1.5 cm โดยตัดชิ้นงานยาว 15 cm จำนวนอย่างน้อย 10 ชิ้นต่อดิน 1 ชนิด
- ชั่งน้ำหนักแห้งดิน บันทึกเป็น W_u ทุกแห่ง
- นำดินอบในตู้อบที่ 110°C จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักอีกครั้งเป็น W_d และบันทึกค่าทุกแห่งทดสอบ
- นำมาหาค่า % Moisture content โดยวิธี dried basis



รูป 3.12 ตู้อบ (dryer) ห้องปฏิบัติการวัสดุศาสตร์ มทส.

3.3.2 การหาเปอร์เซ็นต์การหดตัวก่อนเผาหรือการหดตัวเมื่อแห้ง (%Drying shrinkage)

ชิ้นงานเซรามิกจะมีการเปลี่ยนขนาดหลังจากผ่านการอบแห้ง เนื่องจากน้ำที่มีอยู่ระหว่างอนุภาคหลังขึ้นรูปได้ระเหยหายไป ทำให้ชิ้นงานมีการหดตัว ถ้าปริมาณน้ำที่มีอยู่ในชิ้นงานมีมาก จะเป็นผลให้มีการหดตัวมากตามไปด้วย ดังนั้นมีผลทำให้ชิ้นงานเซรามิกเสียรูปทรง และอาจโค้งงอง่ายหรือ ขนาดไม่ได้ตามที่ต้องการ

การวัดการหดตัว โดยทั่วไปจะวัดเป็นการหดตัวเชิงเส้น (The linear shrinkage) และก็สามารถวัดออกมาเป็นการหดตัวทั้งปริมาตรก็ได้เช่นเดียวกับการหา % ความชื้น การวัด % การหดตัวก็ต้องบอกด้วยว่าเทียบกับอะไร

% การหดตัวอบแห้งเทียบกับชิ้นงานที่เปียกหรือชิ้นงานที่ขึ้นรูปใหม่ ๆ

(% linear drying shrinkage on wet basis)

$$\% \text{LDS}_f = \frac{L_f - L_d}{L_f} \times 100$$

L_f คือความยาวของชิ้นงานที่เปียก

L_d คือความยาวของชิ้นงานที่แห้ง

% การหดตัวบแห้งเทียบกับชิ้นงานที่แห้งหรือผ่านการอบมาแล้ว
(% Linear drying shrinkage on the dried basis)

$$\% \text{LDS}_d = \frac{L_f - L_d}{L_d} \times 100$$

เมื่อ L_f คือความยาวของชิ้นงานที่ขึ้นรูปใหม่ ๆ

L_d คือความยาวของชิ้นงานที่ผ่านการอบแห้ง

% การหดตัวเชิงปริมาตร (% volume drying shrinkage)

$$\% \text{VDS}_f = \frac{V_f - V_d}{V_f} \times 100$$

V_f คือปริมาตรทั้งก้อนของชิ้นงานที่ขึ้นรูปใหม่ ๆ

V_d คือปริมาตรทั้งก้อนของชิ้นงานที่ผ่านการอบแห้ง

และ
$$\% \text{VDS}_d = \frac{V_f - V_d}{V_d} \times 100$$

V_f คือปริมาตรทั้งก้อนของชิ้นงานที่ขึ้นรูปใหม่ ๆ

V_d คือปริมาตรทั้งก้อนของชิ้นงานที่ผ่านการอบแห้ง

วิธีการทดลอง

1. นำดินที่จะทดสอบมารีดขึ้นรูป ผ่านหัวรีดขนาด 1 cm x 1.5 cm แล้วตัดให้มีความยาว แ่งละ 15 cm. จำนวนอย่างน้อย 10 แ่งต่อดิน 1 ชนิด
2. นำแ่งดินมาทำเครื่องหมายยาว 10 cm บันทึกเป็น L_f
3. นำแ่งดินไปอบที่ 110°C จนน้ำหนักคงที่ นำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง บันทึกเป็น L_d
4. นำค่าต่าง ๆ มาคำนวณหา % Linear drying shrinkage โดยวิธี dry basis.

3.3.3 การหาความหนาแน่นของชิ้นงานหลังอบแห้ง (Green density)

ความหนาแน่นของวัสดุ หมายถึง น้ำหนักต่อปริมาตร

หน่วยคือ lb/ft³ หรือ g/cm³

ซึ่งการหาความหนาแน่นของชิ้นงานเซรามิกหลังอบแห้ง จะทำการคำนวณจากน้ำหนักของชิ้นงานหลังอบต่อปริมาตรทั้งก้อน

เนื่องจากการหาปริมาตร ทำได้โดยการแทนที่น้ำ แต่เนื่องจากชิ้นงานเซรามิกที่ไม่ผ่านการเผาจะละลายน้ำได้ จึงใช้การวัดปริมาตรแทน ดังสูตรคำนวณ

$$\text{Green density} = \frac{W_d}{V_d}$$

เมื่อ W_d คือ น้ำหนักของชิ้นงานหลังอบแห้ง

V_d คือ ปริมาตรทั้งก้อน

วิธีการทดสอบ

1. ในการทดลองนี้ได้นำชิ้นงานจากข้อ 3.3.2 มาชั่งน้ำหนักหลังอบ (W_d) และวัดปริมาตร (V_d) อย่างน้อย จำนวน 10 ชิ้น
2. นำมาคำนวณหาค่า Green density แล้วหาค่าเฉลี่ย (Mean) และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

3.3.4 การหาค่าความแข็งแรงหลังอบแห้ง หรือก่อนเผา (Drying strength)

ชิ้นงานเซรามิกก่อนนำไปเผา ต้องแน่ใจว่าชิ้นงานได้แห้งสนิทแล้ว เพราะถ้ามีน้ำเหลืออยู่จะทำให้ขณะเผาเกิดการแตกเสียหาย อย่างรุนแรงได้ นอกจากนี้ชิ้นงานที่แห้งแล้วจะต้องมีความแข็งแรงเพียงพอทั้งก่อนเผาและหลังเผา เพื่อจะได้ทำการเคลื่อนย้ายได้และทนทานต่อการกระทบกระเทือนกันของชิ้นงาน

การหาค่าความแข็งแรงก่อนเผาจึงเป็นค่าหนึ่งที่สำคัญต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ทางเซรามิก โดยการวัดที่นิยมมากที่สุดคือ การวัดความแข็งแรงต่อการหักงอ (Bending strength) ซึ่งทำได้ 2 แบบคือ Three-point bending และ four-point bending ที่สามารถวัดออกมาเป็น modulus of rupture (MOR) มีสูตรในการคำนวณคือ

$$\text{Three point bending: MOR} = \frac{3PL}{2bd^2}$$

เมื่อชิ้นงานมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม

P = น้ำหนักที่กดลงบนชิ้นงานจนชิ้นงานแตกหัก

L = ระยะห่างระหว่างขาตั้งด้านล่าง

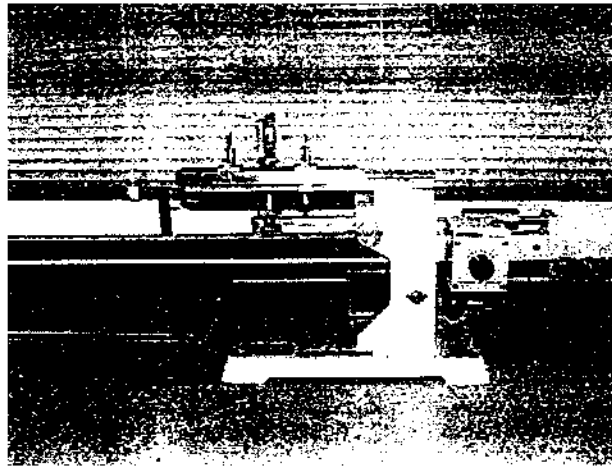
b = ความกว้างของชั้นทดสอบ

d = ความหนาของชั้นทดสอบ

หน่วย = psi (lb/in²), ksi (1000 lb/in²), MPa

ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM C 674-88 for Whitware

ASTM C 689-93 for unfired clay



รูป 3.13 เครื่องวัดความแข็งแรงต่อการแตกหัก (Three-point Bending Tester)

วิธีการทดลอง

1. ในการทดลองนี้ได้นำชิ้นงานจากข้อ 3.3.2 มาทดสอบ โดยวัดขนาดของชิ้นงานผ่านการอบแห้งมาก่อน จำนวนอย่างน้อย 10 แท่ง บันทึกค่า
2. นำชิ้นงานไปวัดด้วยเครื่อง Bending Strength Tester 401 ณ ศูนย์เครื่องมือ ดิควิศวศศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยมี Load range 75, 150, 300, 600 N และ speed 4 = 1, 2, 4, 8 N/s มีระยะ span (L) = 10 cm
3. บันทึกค่า Load ที่ชิ้นงานหัก เป็น (P)

4. คำนวณหา MOR
5. หาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

การศึกษาคุณสมบัติหลังเผาของดิน (Firing Properties)

3.3.5 การหาเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังเผา (Firing shrinkage)

ชิ้นงานเซรามิกที่ผ่านการเผาจะมีการหดตัวลงอีก ทำให้ขนาดของชิ้นงานหลังเผามีขนาดเล็กลง ดังนั้นทำให้นักเซรามิกคำนวณขนาดของแบบเพื่อให้ชิ้นงานที่มีขนาดตามต้องการได้

% การหดตัวหลังเผาเชิงเส้น (% Linear firing shrinkage, LFS)

$$\% \text{LFS} = \frac{L_d - L_f}{L_d} \times 100$$

เมื่อ L_f แทนความยาวของชิ้นงานหลังเผา

% การหดตัวหลังเผาเชิงปริมาตร (% Volume firing shrinkage, VFS)

$$\% \text{VFS} = \frac{V_d - V_f}{V_d} \times 100$$

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของชิ้นงานที่ขึ้นรูปใหม่ ๆ และชิ้นงานหลังเผาเป็นดังนี้

$$\begin{aligned} L_f &= \left(\frac{L_f}{1 - \% \text{LFS}/100} \right) \left(\frac{\% \text{LDS}_d}{100} + 1 \right) \\ &= \frac{L_f}{(1 - \% \text{LFS}/100)(1 - \% \text{LDS}_f/100)} \end{aligned}$$

วิธีการทดสอบ

1. นำดินที่รีดมาจากข้อ 3.3.2 ไปเผาที่อุณหภูมิ 600, 800, 1000, 1100, 1200°C
2. วัดความยาวของเครื่องหมายอีกครั้ง บันทึกค่าเป็น L_f
3. นำค่า L_d, L_f มาคำนวณหาค่า % LFS
4. หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.6 การหา % น้ำหนักที่หายไปหลังเผา (% loss on ignition)

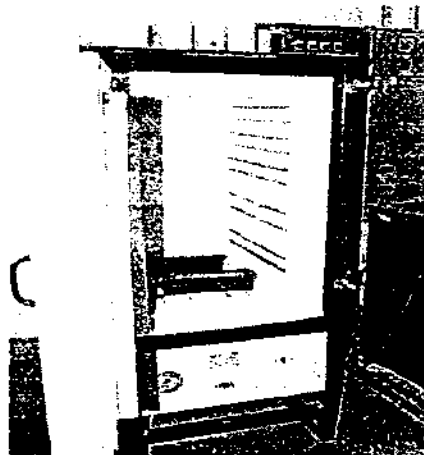
เมื่อวัตถุดิบเซรามิกได้รับความร้อน จะทำให้น้ำหนัก (% LOI) หลังเผาหายไป เนื่องมาจากมีการระเหยหายไปของน้ำหรือก๊าซ เช่น H_2O, CO_2, SO_2 หรือ NO_2 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เผา การหาค่า %LOI มีวิธีการหาตามมาตรฐาน ASTM C 573-81 (1990)

$$\text{หาได้จากค่าคำนวณ } \%LOI = \frac{W_D - W_1}{W_D} \times 100$$

เมื่อ W_D คือ น้ำหนักชิ้นงานที่ผ่านการอบแห้งที่ 110°C

W_1 คือ น้ำหนักชิ้นงานที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิที่ทดสอบ

- วิธีการทดสอบ
1. นำชิ้นงานจากข้อ 3.3.5 มาชั่งน้ำหนัก โดยบันทึกเป็น W_1 ที่อุณหภูมิต่าง ๆ (600, 800, 1000, 1100, 1200°C)
 2. นำค่า W_D , W_1 มาคำนวณ %LOI
 3. หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูป 3.14 เตาเผา (Furnace) ห้องปฏิบัติการวัสดุศาสตร์ มทส.

3.3.7 การหาค่าความแข็งแรงหลังเผา (Firing strength)

ดินหรือชิ้นงานเซรามิกที่ผ่านการเผาจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหลายอย่าง ซึ่งความแข็งแรงหลังเผาก็เป็นค่าที่มีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์เซรามิกมาก

ดินที่ผ่านการเผาจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกและเนื้อจะแน่นขึ้น ทำให้ความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นไปด้วย

การหาค่าความแข็งแรงหลังเผาที่นิยมกันมากคือค่า MOR (Modulus of rupture) ซึ่งมีวิธีการหาเหมือนกับข้อ 3.4 และนอกจากนี้จะมีการวัด Compressive strength คือ ASTM C 773-88 (1994) strength compressive (crushing) of fired Whiteware Materials.

วิธีการทดสอบ

1. นำดินที่รีดเป็นแท่ง เหมือนข้อ 3.4 นำมาเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ที่ต้องการทดสอบ (600, 800, 1000, 1100, 1200°C)
2. วัดขนาดของชิ้นงานหลังเผา บันทึกค่า b, d
3. นำไปวัดโดยเครื่อง Bending strength tester แบบ 3-point โดยใช้
Span = 10 cm และ Load 300, 600N
4. บันทึก Load ที่ชิ้นงานแตกหัก คำนวณค่า MOR ของชิ้นงานหลังเผา
5. หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.8 การหาค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ความหนาแน่นทั้งก้อน

(Bulk density) ของดินที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity SG) คืออัตราส่วนของความหนาแน่นของวัสดุต่อความหนาแน่นของน้ำบริสุทธิ์ เนื่องจากความหนาแน่นของวัสดุและน้ำมีหน่วยเดียวกัน ดังนั้นความถ่วงจำเพาะจึงไม่มีหน่วย

การหาค่าความถ่วงจำเพาะตามมาตรฐานคือ ASTM C329-88, C373-88 for Fired Whitewares, หากาก Specific gravity = $\frac{W_D}{W_D - W_{SS}}$

ความหนาแน่นทั้งก้อน (Bulk density) เป็นค่าความหนาแน่นที่ใช้กันมากในการวัดสมบัติของดินหลังเผา ซึ่งหาได้จาก

$$\text{Bulk density, } f_b = \frac{W_d}{V_b} = \frac{W_d \times f_l}{W_s - W_{ss}}$$

เมื่อ W_d คือ น้ำหนักของชิ้นงานหลังเผา (แห้ง)

f_l คือ ความหนาแน่นของของเหลว (น้ำ)

W_s คือ น้ำหนักที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated weight)

W_{ss} คือ น้ำหนักที่อิ่มตัวด้วยน้ำ เมื่อแขวนลอยในน้ำ (Suspended-weight)

วิธีการทดลอง

1. นำดินตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักประมาณ 50 g นำผงดินมาทำให้ชื้น แล้วทำให้เม็ดกลม (granulation)
2. นำเม็ดดินกลม อัดให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 cm หนาประมาณ 1 cm โดยอัดด้วย hydraulic press ด้วยความดัน 1-2 tons
3. อัดชิ้นงานตามข้อ 2 อย่างน้อย 5 ชิ้นต่อดิน 1 ตัวอย่าง
4. นำชิ้นงานที่ได้ไปเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ (600, 800, 1000, 1100, 1200°C) โดยใช้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 5°C/นาที และเผาแซ่วีที่อุณหภูมิที่ต้องการ 30 นาที ปิดเตาและปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัวในเตาเผา
5. นำชิ้นงานที่ได้จากการเผามาชั่งน้ำหนักเป็น W_0
6. นำชิ้นงานนี้ไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลาประมาณ 4 ชั่วโมงให้น้ำเข้าไปแทนที่ในรูพรุนของชิ้นงาน
7. นำชิ้นงานขึ้นจากน้ำ ใช้ผ้าขนหนูเปียกซับน้ำที่ผิวออก
8. นำไป ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง เป็น W_s
9. นำชิ้นงานข้อ 8 นี้ไปชั่งน้ำหนัก โดยแขวนลอยในน้ำ บันทึกค่าเป็น W_{ss}
10. นำมาคำนวณหา Bulk volume และ Specific gravity ของดินที่อุณหภูมิเผาต่าง ๆ และหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่า Standard deviation

3.3.9 การหาค่า % การดูดซึมน้ำ (% Water absorption) และ % ความพรุนตัว

(%porosity) ของดินเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ

การดูดซึมน้ำ (%A) คือความสามารถในการดูดซึมน้ำของชิ้นงาน หาได้จาก

$$\%A = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100$$

เมื่อ W_s คือ น้ำหนักของชิ้นงานที่อิ่มตัวด้วยน้ำ

W_d คือ น้ำหนักของชิ้นงานหลังเผา (แห้ง)

ปกติแล้วค่าการดูดซึมน้ำใช้บอกปริมาณรูพรุนที่มีอยู่ในชิ้นงานได้ด้วย นั่นคือ วัสดุที่มีความพรุนตัวมาก ก็จะทำให้น้ำหรือก๊าซสามารถซึมผ่านเข้าไปในวัสดุได้มากเช่นกัน ซึ่งจะมีผลต่อโครงสร้างของวัสดุขณะใช้งาน เช่น อิฐ และกระเบื้อง

ส่วนพวกถ้วยจานชามที่ไม่เคลือบ ถ้ามีการดูดซึมน้ำจะทำให้ล้างทำความสะอาดยาก และคราบสกปรกติดถาวร แต่ในวัสดุบางอย่างก็ต้องการความพรุนตัวเช่น ฉนวนความร้อนหรือตัวกรองต่าง ๆ แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณ ขนาดของรูพรุนมีผลต่อความแข็งแรงของวัสดุด้วย ความพรุนตัวจึงหาได้จาก

$$\% P_a = \frac{V_{op}}{V_b} \times 100$$

เมื่อ V_{op} คือ ปริมาตรของรูพรุนเปิด

V_b คือ ปริมาตรทั้งหมด

ในการทดลองหาได้จาก

$$\% P_a = \frac{W_s - W_d}{W_s - W_{ss}} \times 100$$

เมื่อ W_s คือ น้ำหนักของชิ้นงานที่อิมมิดด้วยน้ำ

W_d คือ น้ำหนักของชิ้นงานหลังเผา (แห้ง)

W_{ss} คือ น้ำหนักของชิ้นงานที่แขวนลอยในน้ำ

ตามมาตรฐาน ASTM C 373-88 for Fired Whitewares

วิธีการทดสอบ

- นำผลการทดลองจากตอนที่ 3.8 คือค่า W_s , W_{ss} , W_d มาคำนวณหาค่า % Water absorption และ % Porosity ของดินเผาอุณหภูมิต่าง ๆ
- หาค่าเฉลี่ย (Mean) และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

บทที่ 4

การวิเคราะห์ รายงานผลการวิจัย และการอภิปรายผลการวิจัย

4.1 การสำรวจแหล่งดินในบริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและบริเวณข้างเคียง

เมื่อวันที่ 19 มกราคม 2543

แหล่งที่สำรวจ

แหล่งที่ 1 เรียกว่าจุด C1 ดินวัดโกรกเดือนห้าเป็นจุดสำรวจที่อยู่ติดกับปากทางเข้าหมู่บ้าน โกรกเดือนห้าและติดกับสำนักงานกรมโยธาธิการที่ 5 ตำแหน่งจากเครื่อง GPS วัดได้พิกัด UTM ZONE 48P

พิกัด 0180069

1644368

North 14° 51.344'

East 102° 01.611'

ในบริเวณจุดสำรวจมีลักษณะเป็นบ่อขุดเพื่อกักเก็บน้ำและ Road cut ซึ่งทำให้สามารถสังเกตชั้นหินได้ จึงแบ่งจุดสำรวจเป็น 2 จุดดังนี้

จุดสำรวจ C1

บริเวณที่เป็นบ่อขุด (สระน้ำ) และข้างรั้วของสำนักงานกรมโยธาธิการที่ 5 จะพบชั้นหินดังนี้

- 1) Gravel เป็นกรวดอยู่ผิวบนสุด มีเม็ดกรวดขนาดตั้งแต่ 2-10 มิลลิเมตรมีหลายขนาดปะปนกัน เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการขุดรวมดินด้านบนและมีการคัดเอากรวดไปใช้ประโยชน์จึงทำให้ไม่สามารถบอกความหนาของชั้นกรวดที่จุดนี้ได้ สำหรับชนิดของเม็ดกรวดที่เราสำรวจพบมีหลายชนิดเช่น quartzite, siltstone, limestone, flint และ chert เป็นต้น เม็ดกรวดส่วนใหญ่มีความกลมมันค่อนข้างสูง (Sub-rounded to rounded)
- 2) White siltstone เป็นชั้นที่อยู่ระหว่าง gravel และชั้น Brown silt ซึ่ง white silt มีความหนาประมาณ 0.5 เมตร บางช่วงจะมี siliceous shale (chert) แทรกอยู่ด้านบน ชั้น silt นี้จะอยู่ง่ายมีสีขาวอมเหลือง

- 3) ชั้นที่ 3 Brown siltstone เป็นชั้นสุดท้ายที่พบในจุดนี้มีความหนามากกว่า 0.5 เมตร เนื้อหิ่่นค่อนข้างอ่อน มีลักษณะลื่นเมื่อโดนน้ำและผุง่าย

ตำแหน่งที่ C1 วัดโกรกเดือนห้า เก็บตัวอย่างมาดังนี้

- 1) C1/1 ชั้นบนเป็น Gravel bed กรวดหินเม็ดขนาดใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-4 cm
- 2) C1/2 ชั้นที่ 2 เป็น white silt ถึงสีนวลขนาดเม็ดละเอียด
- 3) C1/3 ชั้นที่ 3 เป็น Red silt ถึงสีน้ำตาลมีขนาดเม็ดหยาบ
- 4) ชั้นที่ 4 มีสีแดงเข้มขึ้น



รูป 4.1 ตำแหน่งที่ C 1 วัด โกรกเดือนห้า

แหล่งที่ 2 เรียกว่า ตำแหน่ง C2

ทางทิศ ตะวันออก ห่างจาก C1 ประมาณ 5 เมตร

ลักษณะ : 1) C2/1 ดินไม่ค่อยเกาะตัว

2) C2/2 มีชั้น white silt หนากว่า C1/2

3) C2/3 เป็น Red silt สีแดง มีเม็ดหยาบหรือละเอียดกว่า

พิกัด

48P	0180180	N 14° 51.315'
	1644313	E 102° 01.673'

แหล่งที่ 3 เรียกว่า ตำแหน่ง C3

บริเวณรางน้ำภายใน มทส. บริเวณห่างจากเขตโนรธานีเล็กน้อย

ลักษณะ : เก็บดินบริเวณที่ระบายน้ำ โดยสีกกลงจากผิวดินระดับประมาณ 1-3 ฟุต ดินมีความเหนียวและสีเทา

พิกัด

48P	0179465	N 14° 52.091'
	1645754	E 102° 01.264'



รูป 4.2 ตำแหน่งที่จุด C3

แหล่งที่ 4 เรียกว่า ตำแหน่ง C4

บริเวณสถานีขนส่งในมหาวิทยาลัยฯ (อาคารยานยนต์)

- ลักษณะ :
- 1) Gravel bed เม็ดหยาบ สีแดงถึงน้ำตาลแดง
 - 2) ชั้นที่ 2 C4/1 เป็น white silt สีนวลถึงสีขาวขนาดเม็ดละเอียดน้อยกว่าที่ C1 มีความหนา ของชั้นน้อยกว่า แต่พบในบริเวณใกล้เคียงกัน (ห่างออกไปประมาณ 50 m) พบชั้นสีขาวหนากว่า
 - 3) ชั้นที่ 3 C4/2 เป็น Red silt สีแดงถึงน้ำตาลแดง เม็ดละเอียดแข็งมากอัดตัวกันแน่น

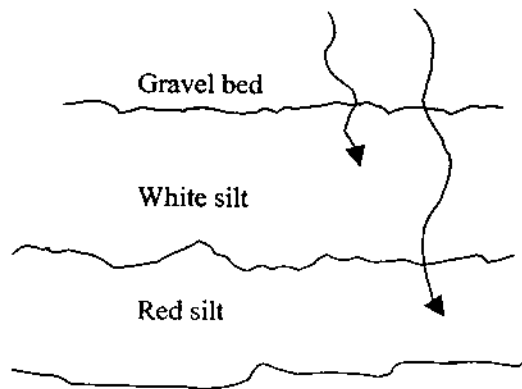
พิกัด

48P	0179924	N 14° 52.606'
	1646699	E 102° 01.513'



รูป 4.3 ตำแหน่งที่จุด C4

การสันนิษฐานการเกิด



เกิดจากขบวนการ Weathering และเกิดการผุกร่อนผุพังลงไปกรองอยู่ในระดับน้ำบาดาลเดิม โดยในสมัยก่อนระดับน้ำบาดาลยังอยู่ในระดับสูงเกิดการชะล้างและกัดกร่อนนำ silicate ลงมากรองอยู่ในชั้นที่เป็นระดับน้ำบาดาลซึ่งจากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของดินชนิดสีขาวพบว่า มีปริมาณ SiO_2 สูงกว่า Red silt แต่ในชั้น Red silt พบปริมาณ Fe สูงกว่า ทั้งนี้เมื่อระดับน้ำบาดาลลดระดับแต่การผุกร่อนยังคงต่อไปและถูกทับถมอยู่เหนือระดับน้ำบาดาลเดิมนี้นี้ ทำให้ปรากฏเป็นชั้นสีขาวและเป็นคราบสีขาวความหนาประมาณ 1 ฟุต-1 เมตร และมีความหนาไม่แน่นอนในแต่ละบริเวณ

4.2 การสำรวจแหล่งดินอำเภอด่านเกวียน จ. นครราชสีมา

เมื่อวันที่ 29 มกราคม 2543

แหล่งดินด่านเกวียน

- ปัญหาที่พบ**
- 1) มีการเปลี่ยนแปลงไม่สม่ำเสมอของส่วนประกอบทางเคมีในดินมากทำให้ไม่สามารถควบคุมคุณภาพได้ และขบวนการในการนำดินมาใช้งานจะนำดินมาจากแหล่ง นำมาบดหยาบ และร่อนผ่านตะแกรงหยาบและหมักดินในถังให้เม็ดหยาบแตกออก จึงนำไปนวด
 - 2) สันนิษฐานการเกิดมาจากทางน้ำลำน้ำมูลหน้าน้ำหลากเกิดมีกระแส น้ำแรงทำให้ลำน้ำตัดเส้นทางใหม่โดยตัดข้ามลำน้ำหรือร่องน้ำเดิม ทำให้น้ำท่วมและขังอยู่ในลำน้ำเดิมและตกตะกอนทับถมกันกลายเป็นดินเหนียว ซึ่งจะพบดินเหนียวอยู่ในบริเวณที่เรียกว่า Oxbowlegde ซึ่งคือบริเวณที่มีตะกอน

ขนาดเล็กทับถมกันเนื่องจากถูกระแสน้ำพัดพา ส่วนดินทรายเกิดในบริเวณใกล้กับร่องน้ำ ริมๆ ลำน้ำหรือคันของมูลหลงจึงมีเม็ดหยาบกว่า

จุดสำรวจและเก็บตัวอย่าง

แหล่งที่ 5 เรียกว่า จุด C6

ดินทราย 48P 0199598/1642899 UTM ลักษณะ silty ผสม sand สีน้ำตาล

แหล่งที่ 6 เรียกว่า จุด C7

ดินทราย 48P 0199773/1645178 UTM ลักษณะ silty sand สีน้ำตาลแดง



รูป 4.4 ตำแหน่งจุดที่ C7

แหล่งที่ 7 เรียกว่า จุด C8

ดินเหนียวหนาประมาณ 1-2 เมตร และมีความลึกจากหน้าดิน ~ 1 ฟุต มีสีออกน้ำตาลแดง มีความเหนียว มีพิกัด คือ 48P 0199504/1644943 UTM มีชั้นบน gravel หนาประมาณ 1 ฟุต ชั้นล่างเป็น Brown silt มีความเหนียวเนื้อละเอียด



รูป 4.5 ตำแหน่งที่จุด C8

4.3 การสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน อ. จักราช จ. นครราชสีมา

เมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2543

แรงจูงใจ :

มูลนิธิจักราชพัฒนาได้ทำการผลิตอิฐดินสีนวล-สีแดง เพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมในท้องถิ่นโดยใช้ดินในท้องถิ่น นำมาผลิตอิฐดินสีนวล เพื่อใช้ในการก่อสร้างเป็นเสาหรือกำแพง ที่ให้ความสวยงามไม่แพ้อิฐมอญ แต่เนื่องจากประสบปัญหาดินที่มีคุณภาพไม่คงที่สม่ำเสมอ และขบวนการผลิตที่ไม่ได้มาตรฐาน ความแข็งแรงของอิฐดินไม่ได้มาตรฐานและราคาของอิฐดินสูงกว่าอิฐทั่วไปในท้องตลาด ทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของตลาดเท่าที่ควร จึงออกสำรวจและเก็บตัวอย่างดินนำมาวิเคราะห์เพื่อเป็นประโยชน์ในอุตสาหกรรมทั้งทางเซรามิกและอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

แหล่งที่ 8 เรียกว่า จุด J012

ดินปนทราย เปิดหน้าดินประมาณ 50 เซนติเมตร ขุดดินได้ถึงความลึก 4-5 เมตร ดินมีลักษณะสีแดงมีเนื้อละเอียดและมีเม็ดทรายปน บริเวณบ้านโนนพฤษภูมิ หมู่ที่ 2

ต. จักราช อ. จักราช จ. นครราชสีมา ตำแหน่ง 48P 0222324 UTM 1664358



รูป 4.6 ตำแหน่งที่จุด J012

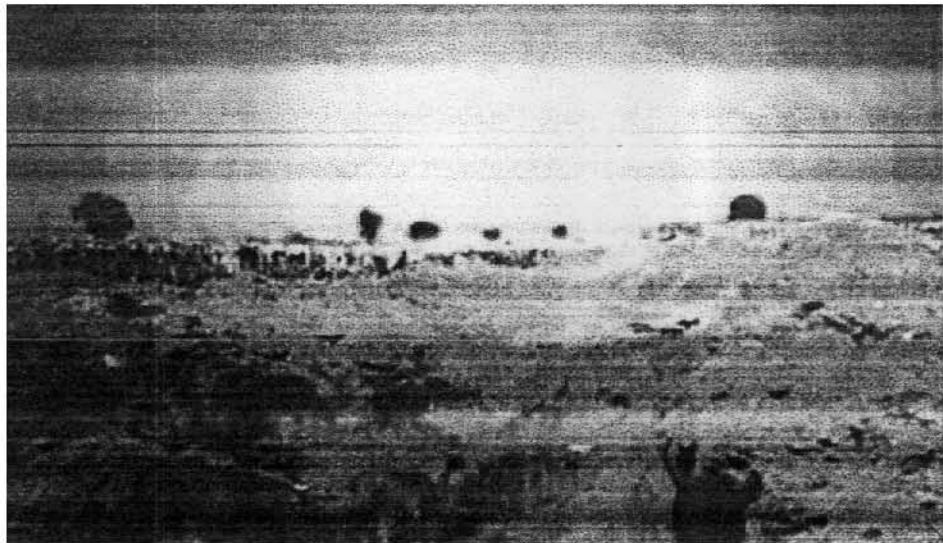
แหล่งที่ 9 เรียกว่าจุด J013 บ้านหนองบัวกลาง บริเวณไร่อ้อย เปิดหน้าดินประมาณ 50 เซนติเมตร และขุดลงไปประมาณ 1-2 เมตร
ตำแหน่ง 48P 0226353 UTM 1665286



รูป 4.7 แหล่งที่จุด J013

แหล่งที่ 10 เรียกว่าจุด J014

บ้านโคกพลวง หมู่ที่ 9 ต. หินโคน อ. จักราช เป็นหน้าดิน 50 เซนติเมตรถึง 1 เมตร ดินมีสีแดงจัด และความหนา 4-6 เมตร เนื้อละเอียดคล้ายดินลูกรัง ดินแหล่งนี้ยังไม่เคยนำมาผลิตอิฐดินเลย คาดว่าจะเป็นแหล่งเป้าหมายต่อไป
ตำแหน่ง คือ 48P 0228884 UTM 1661927



รูป 4.8 แหล่งที่จุด J 014

การศึกษาดินในรายงานฉบับนี้ได้ศึกษาสมบัติเฉพาะของดินจากแหล่งสำรวจเพียง 7 แหล่งเท่านั้นคือ ดินขาวในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (จุดที่ C4/1) , ดินแดงในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (จุดที่ C4/2), ดินทรายด่านเกวียน (จุดที่ C7), ดินเหนียวด่านเกวียน (จุดที่ C8), ดินอำเภोजักราช จาก 3 แหล่ง (จุดสำรวจที่ J012, J013 และ J014)

4.4 ผลการศึกษาเฟสของสารประกอบด้วยเครื่อง X-ray Diffractometer รุ่น D5005

บ. BRUKER aXS วัดมุมตั้งแต่ $2\theta = 10.00-90.00$, Step = 0.020° , Anode Cu

จากการศึกษาเฟสของตัวอย่างดินด้วยเครื่อง X-ray diffractometer โดยวัดมุม 2θ ตั้งแต่ 10 ถึง 90 องศา พบว่า ดินขาวมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (จุด C4/1) มีส่วนประกอบของควอartz (quartz) เป็นหลักและยังพบ Montmorillonite ($\text{Na}_{0.3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)

และ Hyalophane $(K,Ba)(Al,Si)_2Si_2O_8$ ซึ่งเป็นแร่ลูมิโนซิลิเกตดังแสดงในรูปที่ 4.9 ส่วนดินแดงในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (จุด C4/2) มีส่วนประกอบหลักคือ Hyalophane $(K,Ba)(Al,Si)_2Si_2O_8$ และซิลิกา (SiO_2) และพบ Montmorillonite $(Na_{0.3}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot 8H_2O)$, Hematite (Fe_2O_3) ที่ทำให้เกิดสีแดงในดินแดงชนิดนี้อีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 4.10

จากการตรวจสอบเฟสของดินทรายค่าแควียน (จุด C7) ได้ผลดังนี้คือ พบควอร์ต (SiO_2) เป็นหลัก และพบ Montmorillonite เพียงเล็กน้อยจึงทำให้ดินทรายค่าแควียนมีลักษณะเป็นทราย มีความเหนียวน้อยมาก ดัง X-ray diffraction pattern ในรูป 4.11 ส่วนดินเหนียวค่าแควียน อำเภอ โชคชัย (จุด C8) ได้ผลดังนี้คือ มีส่วนประกอบหลักเป็นควอร์ต (SiO_2) และพบ Montmorillonite $(Na_{0.3}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot 8H_2O)$ และ Chamosite $(Fe_3Si_2O_5(OH)_4)$ ซึ่งทำให้ดินเหนียวค่าแควียนมีความเหนียวและมีสีแดงเพราะมีส่วนประกอบของเหล็ก ดัง X-ray diffraction pattern ในรูป 4.12

จากการตรวจสอบเฟสของดินอำเภอจักราช 3 แห่ง ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้คือ ดินจักราชแหล่ง J012 มีส่วนประกอบหลักเป็นควอร์ต (SiO_2) และพบ Albite $(NaAlSi_3O_8)$ และ Hematite (Fe_2O_3) จึงทำให้ดินแหล่ง J012 มีความเหนียวและมีสีแดง ดัง X-ray diffraction pattern ในรูป 4.13 ส่วนดินจักราชแหล่ง J013 และ J014 มีส่วนประกอบที่คล้ายกันมากคือ ส่วนประกอบหลักเป็นควอร์ต และพบ kaolinite $(Al_2Si_2O_5(OH)_4)$ และ Hematite (Fe_2O_3) ดังแสดงในรูป 4.14 และ 4.15 ตามลำดับ ผลการศึกษาเฟสของดินตัวอย่างทั้ง 7 แห่ง ได้สรุปดังตารางที่ 4.1

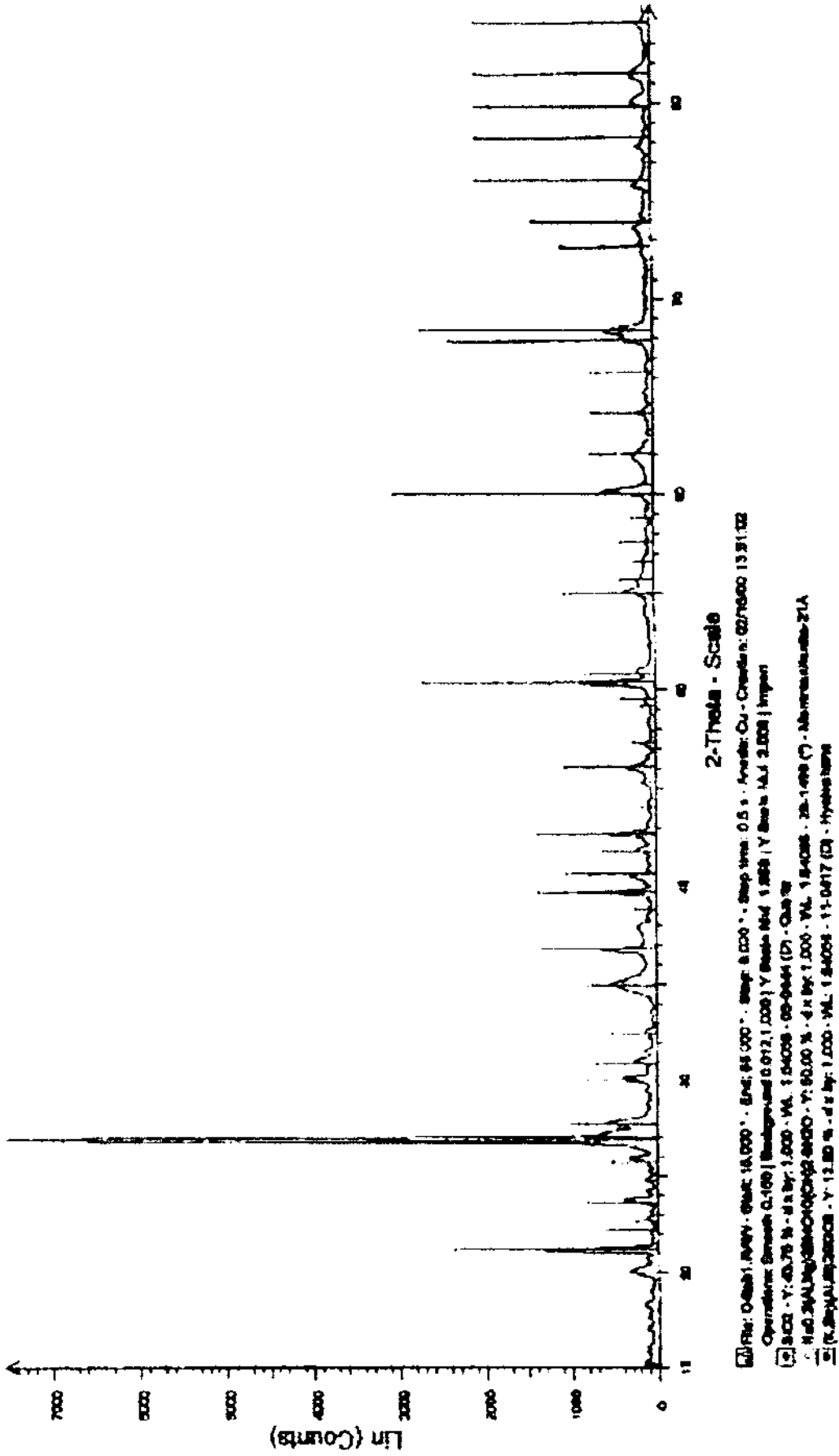
ตาราง 4.1 เฟสของสารประกอบที่ตรวจพบในดินที่ทำการศึกษา

ชนิดดิน	เฟสที่ปรากฏ
ดินขาว มทส.	<ul style="list-style-type: none"> ♥ Quartz (SiO_2) ♥ Montmorillonite $(Na_{0.3}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot 8H_2O)$ ♥ Hyalophane $(K,Ba)(Al,Si)_2Si_2O_8$
ดินแดง มทส.	<ul style="list-style-type: none"> ♥ Quartz (SiO_2) ♥ Montmorillonite $(Na_{0.3}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot 8H_2O)$ ♥ Hyalophane $(K,Ba)(Al,Si)_2Si_2O_8$ ♥ Hematite (Fe_2O_3)

ตาราง 4.1 เฟสของสารประกอบที่ตรวจพบในดินที่ทำการศึกษา (ต่อ)

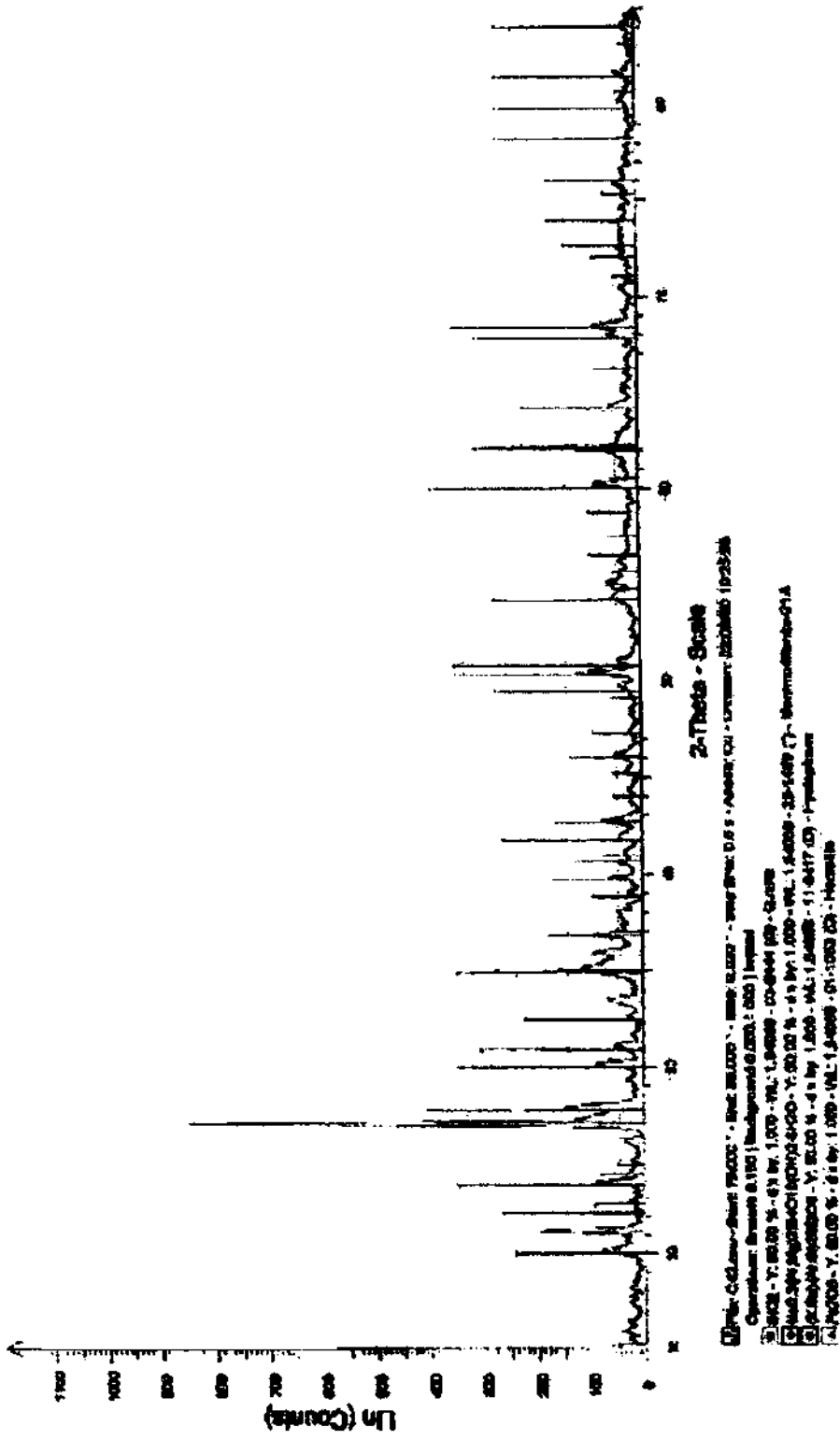
ชนิดดิน	เฟสที่ปรากฏ
ดินทรายค้ำแก้ว	<ul style="list-style-type: none"> ♥ Quartz (SiO_2) ♥ Montmorillonite ($\text{Al}(\text{OH})_2)_{0.33} \text{Al}_1(\text{Si}_{3.67} \text{Al}_{0.33} \text{O}_{10})(\text{OH})_2$)
ดินเหนียวค้ำแก้ว	<ul style="list-style-type: none"> ♥ Quartz (SiO_2) ♥ Montmorillonite ($\text{Na}_{0.3}(\text{AlMg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) ♥ Chamosite ($\text{Fe}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)
ดินจักราช (J012)	<ul style="list-style-type: none"> ♥ Quartz (SiO_2) ♥ Hematite (Fe_2O_3) ♥ Albite ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$)
ดินจักราช (J013)	<ul style="list-style-type: none"> ♥ Quartz (SiO_2) ♥ Hematite (Fe_2O_3) ♥ Kaolinite ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)
ดินจักราช (J014)	<ul style="list-style-type: none"> ♥ Quartz (SiO_2) ♥ Hematite (Fe_2O_3) ♥ Kaolinite ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$)

C4/1



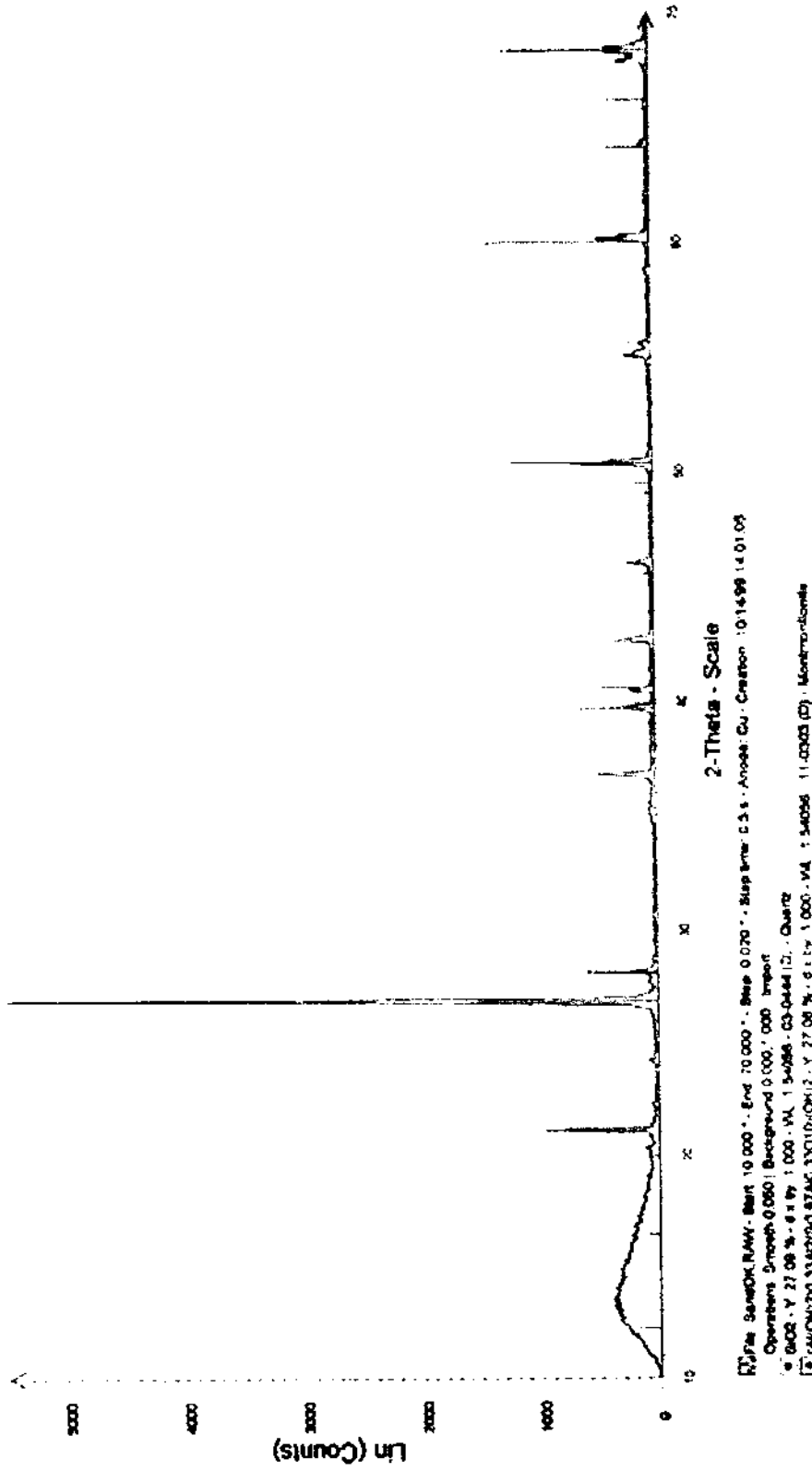
รูป 4.9 X-ray diffraction pattern ของดินขาวในเขตมหาวิทยาลัยสุรนารี จ.นครราชสีมา (จุด C4/1)

C4/2



รูป 4.10 X-ray diffraction pattern ของดินแดงในเขตมหาวิทยาลัยสุรนารี นครราชสีมา (จุด C4/2)

sand



รูป 4.11 X-ray diffraction pattern ของดินทรายที่นำกลับมา อ. โชคชัย จ. นครราชสีมา (จุด C7)

4.5 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ของดินชนิดต่างๆ

ตาราง 4.2 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของดินตัวอย่างด้วย XRF

องค์ประกอบ	ดินเหนียว ค่าเฉลี่ย (C8)	ดินทราย ค่าเฉลี่ย (C7)	ดินขาว มทส. (C4/1)	ดินแดง มทส. (C4/2)	ดินจ๊กราช (J012)	ดินจ๊กราช (J013)	ดินจ๊กราช (J014)
SiO ₂	54.7	81.4	71.6	61.2	87.4	85.0	76.5
Al ₂ O ₃	21.3	7.56	11.6	14.4	6.26	7.08	11.9
Fe ₂ O ₃	6.63	2.91	2.64	7.48	2.17	2.31	4.24
MgO	0.90	0.38	1.63	1.90	0.08	0.10	0.13
CaO	0.18	0.29	0.13	0.21	0.02	0.06	0.05
Na ₂ O	0.21	0.80	0.13	0.11	<0.05	<0.05	<0.05
K ₂ O	1.34	0.75	4.87	5.60	0.06	0.09	0.16
TiO ₂	0.98	0.85	0.46	0.60	0.55	0.63	0.71
P ₂ O ₅	0.05	0.04	0.06	0.03	0.01	0.02	0.02
MnO	0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.01	0.06	0.03
Cr ₂ O ₃	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
LOI	13.8	4.72	6.38	9.04	3.75	4.16	6.34

4.6 ผลการศึกษาการกระจายขนาดของอนุภาคดินโดยวิธี Wet sieve

จากผลการศึกษาการกระจายขนาดของอนุภาคดินตัวอย่างก่อนนำไปผ่านการล้าง โดยวิธี wet sieve พบว่า ดินเหนียวค่าเฉลี่ย ดินทรายค่าเฉลี่ย และดินแดงในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีอนุภาคละเอียด ดินที่มีอนุภาคละเอียดที่สุด คือ ดินแดงมทส. (C4/2) มีขนาดเล็กกว่า 325 ไมครอนถึง 99.16% และดินเหนียวค่าเฉลี่ย(C8) และดินทรายค่าเฉลี่ย(C8) ที่มีขนาดเล็กกว่า 325 ไมครอน อยู่ 95.55% และ 86.18% ตามลำดับ

ส่วนดินที่หยาบที่สุดคือ ดินจากอำเภอจ๊กราชแหล่ง J012 ซึ่งมีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 325 ไมครอนเพียง 29.21% เท่านั้น ส่วนดินขาวในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (C4/1) มีขนาดเล็กกว่า 325 ไมครอนอยู่ 63.27% ซึ่งสรุปได้ว่าดินจากอำเภอจ๊กราชมีอนุภาคของดินหยาบกว่าดินเหนียวค่าเฉลี่ยมาก

4.6.1 ผลการกระจายขนาดของดินเหนียวผ่านเกวียน

ตาราง 4.3 การกระจายขนาดของดินเหนียวผ่านเกวียน (C8) โดยวิธี wet sieve

ขนาด ตะแกรง (เมช)	ขนาดรูเปิด (micron)	น้ำหนักที่ค้าง ตะแกรง(g)	เปอร์เซ็นต์ที่ ค้างตะแกรง (%)	%เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะสมที่ ขนาดเล็กกว่ารูเปิดของ ตะแกรง	%เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะสม ที่ขนาดใหญ่กว่ารูเปิดของ ตะแกรง
ใหญ่กว่า 50	> 297	-	-	100	0
50	297	0.91	0.36	99.64	0.36
100	150	1.38	0.55	99.09	0.91
140	106	1.63	0.65	98.44	1.56
200	75	2.13	0.85	97.59	2.41
325	45	5.1	2.04	95.55	4.45
Pan	< 45	238.85	95.54	0	100

4.6.2 การกระจายขนาดของดินทรายผ่านเกวียน

ตาราง 4.4 การกระจายขนาดของดินทรายผ่านเกวียน (C7) โดยวิธี wet sieve

ขนาด ตะแกรง (เมช)	ขนาดรูเปิด ตะแกรง (micron)	น้ำหนักที่ค้าง ตะแกรง (g)	เปอร์เซ็นต์ที่ ค้างตะแกรง (%)	%เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะสมที่ ขนาดเล็กกว่ารูเปิดของ ตะแกรง	%เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะสม ที่ขนาดใหญ่กว่ารูเปิดของ ตะแกรง
ใหญ่กว่า 50	> 297	-	-	100	0
50	297	2.37	0.95	99.05	0.95
100	150	7.75	3.1	95.95	4.05
140	106	7.36	2.94	93.01	6.99
200	75	11.47	4.59	88.42	11.58
325	45	5.6	2.24	86.18	13.82
Pan	< 45	215.45	86.18	0	100

4.6.3 การกระจายขนาดของดินขาวในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง 4.5 การกระจายขนาดของดินขาว มทส. (C4/1) โดยวิธี wet sieve

ขนาด ตะแกรง (มม)	ขนาดรูเปิด ตะแกรง (micron)	น้ำหนักที่ค้าง ตะแกรง (g)	เปอร์เซ็นต์ที่ ค้างตะแกรง (%)	%เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะสมที่ ขนาดเล็กรูเปิดของ ตะแกรง	%เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะสมที่ ขนาดใหญ่อูเปิดของ ตะแกรง
ใหญ่กว่า 50	> 297	0	0	100	0
50	297	32.32	12.93	87.07	12.93
100	150	34.82	13.93	73.14	26.86
140	106	8.41	3.36	69.78	30.22
200	75	8.21	3.28	66.5	33.5
325	45	8.07	3.23	63.27	36.73
Pan	< 45	158.17	63.27	0	100

4.6.4 การกระจายขนาดของดินแดงในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตาราง 4.6 การกระจายขนาดของดินแดง มทส. (C4/2) โดยวิธี wet sieve

ขนาด ตะแกรง (มม)	ขนาดรูเปิด ตะแกรง (micron)	น้ำหนักที่ค้าง ตะแกรง (g)	เปอร์เซ็นต์ที่ ค้างตะแกรง (%)	%เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะสมที่ ขนาดเล็กรูเปิดของ ตะแกรง	%เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะสมที่ ขนาดใหญ่อูเปิดของ ตะแกรง
ใหญ่กว่า 50	> 297	-	-	100	0
50	297	1.17	0.47	99.53	0.47
100	150	0.34	0.14	99.39	0.61
140	106	0.1	0.04	99.35	0.65
200	75	0.17	0.07	99.28	0.72
325	45	0.3	0.12	99.16	0.84
Pan	< 45	247.92	99.17	0	100

4.6.5 การกระจายขนาดของดินจักราช J 012

ตาราง 4.7 การกระจายขนาดของดินจักราชแหล่ง J012 โดยวิธี wet sieve

ขนาด ตะแกรง (เมช)	ขนาดรูเปิด ตะแกรง (micron)	น้ำหนักที่ค้าง ตะแกรง (g)	เปอร์เซ็นต์ที่ ค้างตะแกรง (%)	%เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะสม ที่ขนาดเล็กกว่ารูเปิดของ ตะแกรง	%เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะสมที่ ขนาดใหญ่กว่ารูเปิดของ ตะแกรง
ใหญ่กว่า 50	> 297	-	-	100	0
50	297	31.76	12.7	87.3	12.7
100	150	85.1	34.04	53.26	46.74
140	106	20.8	8.32	44.94	55.06
200	75	26.84	10.74	34.2	65.8
325	45	12.47	4.99	29.21	70.79
Pan	< 45	73.03	29.21	0	100

4.6.6 การกระจายขนาดของดิน จักราช J 013

ตาราง 4.8 การกระจายขนาดของดินจักราชแหล่ง J013 โดยวิธี wet sieve

ขนาด ตะแกรง (เมช)	ขนาดรูเปิด ตะแกรง (micron)	น้ำหนักที่ค้าง ตะแกรง (g)	เปอร์เซ็นต์ที่ ค้างตะแกรง (%)	%เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะสม ที่ขนาดเล็กกว่ารูเปิดของ ตะแกรง	%เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะสมที่ ขนาดใหญ่กว่ารูเปิดของ ตะแกรง
ใหญ่กว่า 50	> 297	-	-	100	0
50	297	43.11	17.24	82.76	17.24
100	150	82.95	33.18	49.58	50.42
140	106	20.55	8.22	41.36	58.64
200	75	20.38	8.15	33.21	66.79
325	45	5.56	2.22	30.99	69.01
Pan	> 45	77.45	30.98	0	100

4.6.7 การกระจายขนาดของดินจักราช J014

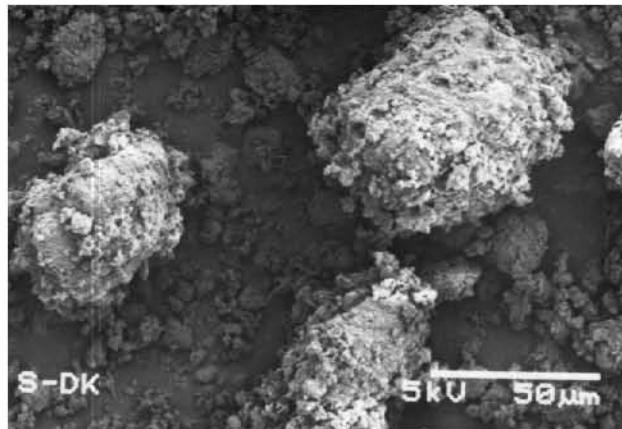
ตาราง 4.9 การกระจายขนาดของดินจักราชแหล่ง J014 โดยวิธี wet sieve

ขนาด ตะแกรง (เมซ)	ขนาดรูเปิด ตะแกรง (micron)	น้ำหนักที่ค้าง ตะแกรง (g)	เปอร์เซ็นต์ที่ ค้างตะแกรง (%)	%เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะสม ที่ขนาดเล็กกว่ารูเปิดของ ตะแกรง	%เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสะสม ที่ขนาดเล็กกว่ารูเปิดของ ตะแกรง
ใหญ่กว่า 50	> 297	-	-	100	0
50	297	22.35	8.94	91.06	8.94
100	150	44.31	17.72	73.34	26.66
140	106	19.1	7.64	65.7	34.3
200	75	27.37	10.95	54.75	45.25
325	45	9.25	3.7	51.05	48.95
Pan	< 45	127.62	51.05	0	100

4.7 ผลการศึกษารูปร่างและขนาดของอนุภาคดินตัวอย่าง โดยเครื่อง Scanning Electron Microscope

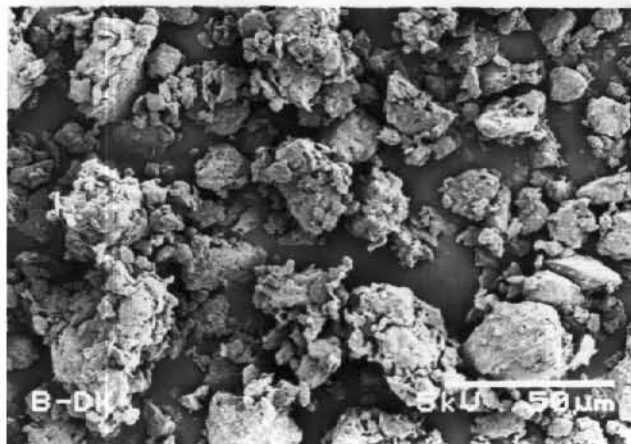
ผลการศึกษารูปร่างและขนาดของอนุภาคดินตัวอย่าง โดยเครื่อง Scanning Electron Microscope พบว่าผลของขนาดอนุภาคสอดคล้องกับผลการศึกษาการกระจายขนาดด้วยวิธี Wet sieve และพบว่าดินเหนียวด้านเหนียว (C8) และดินทรายด้านเหนียว (C7) มีลักษณะรูปร่างเป็นแผ่นและเกาะกันเป็นก้อนโตเนื่องจากมีส่วนประกอบของ Montmorillonite ส่วนดินขาว (C4/1) และดินแดง (C4/2) ในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีจะเป็นขนาดอนุภาคเล็กๆ ค่อนข้างกลมและมีรูพรุนที่ผิว ส่วนดินจากอำเภोजักราช (J012, J013 และ J014) จะเป็นเหลี่ยมและมีบางส่วนเกาะกันจนเป็นก้อนขนาดใหญ่เฉลี่ยประมาณ 20-70 ไมครอน

รูปร่างและขนาดอนุภาคของดินทรายด้านเหนียว (C7) มีขนาดประมาณ 3-50 ไมครอน ลักษณะของรูปร่างมีลักษณะเป็นแผ่นๆ และเกาะกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ขึ้น ดังแสดงในรูป 4.16



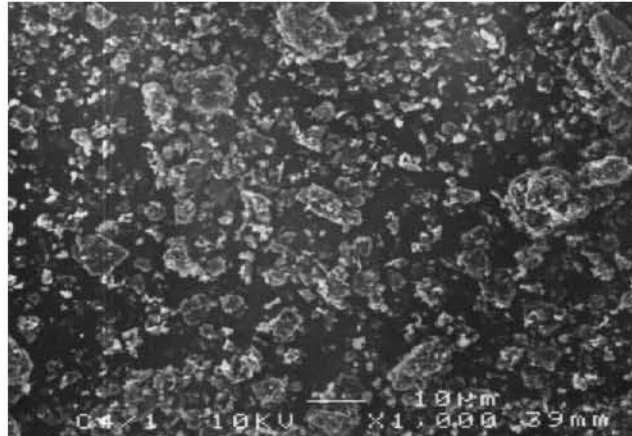
รูป 4.16 ภาพถ่าย SEM ของดินทรายค้ำนเกวียน (C7)

รูปร่างและขนาดอนุภาคของดินเหนียวค้ำนเกวียน (C8) มีขนาดประมาณ 3-20 ไมครอน ลักษณะของรูปร่างมีลักษณะเป็นแผ่นๆ และเกาะกันเป็นก้อนโตขึ้น



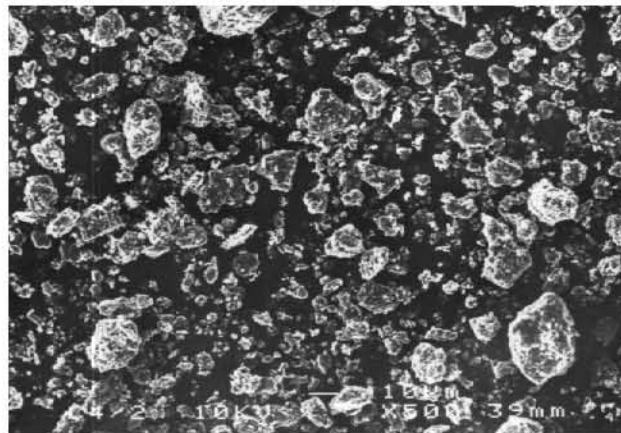
รูป 4.17 ภาพถ่าย SEM ของดินเหนียวค้ำนเกวียน (C8)

รูปร่างและขนาดอนุภาคของดินขาวในเขตนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (C4/1) ขนาดประมาณ 1-8 ไมครอน ลักษณะเป็นแผ่นๆ และบางส่วนเกาะเป็นก้อนขนาดใหญ่ขึ้น



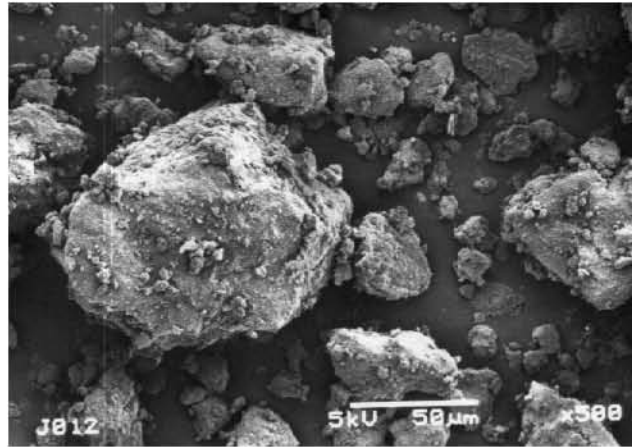
รูป 4.18 ภาพถ่าย SEM ของดินขาว มทส. (C4/1)

รูปร่างและขนาดอนุภาคของดินแดงในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (C4/2) ขนาดประมาณ 3-12 ไมครอน มีลักษณะของรูปร่างเป็นอนุภาคเล็กๆ รูปร่างค่อนข้างกลม มน และมีรูพรุนที่ผิว



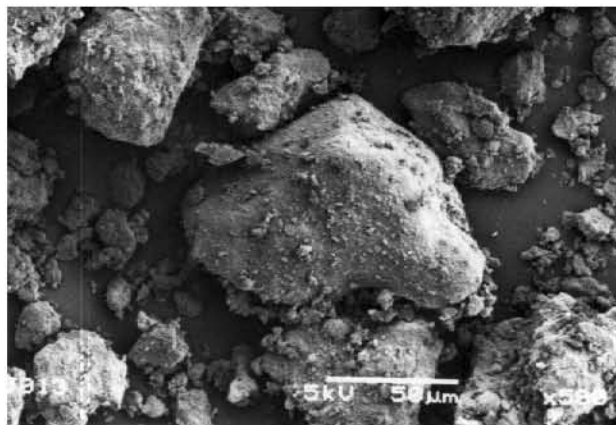
รูป 4.19 ภาพถ่าย SEM ของดินแดง มทส. (C4/2)

รูปร่างและขนาดอนุภาคของดินอำเภोजักราช J012 ขนาดประมาณ 20-70 ไมครอน



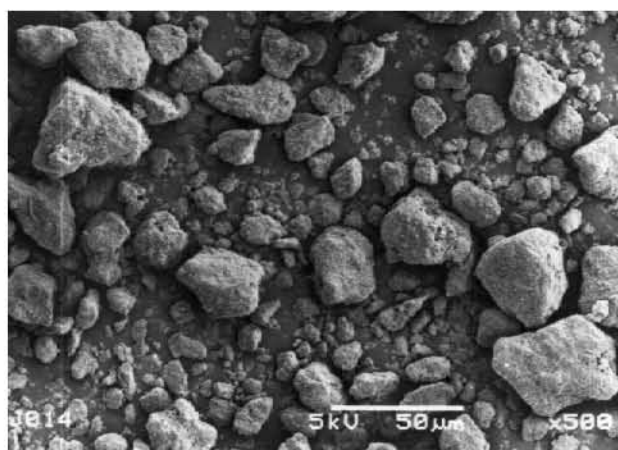
รูปที่ 4.20 ภาพถ่าย SEM ของดินอำเภोजักราช J012

รูปร่างและขนาดอนุภาคของดินอำเภोजักราช J013 ขนาดประมาณ 10-60 ไมครอน



รูปที่ 4.21 ภาพถ่าย SEM ของดินอำเภोजักราช J013

รูปร่างและขนาดอนุภาคของดินอำเภอจักราช J014 ขนาดประมาณ 10-25 ไมครอน ลักษณะค่อนข้างกลมและมน



รูปที่ 4.22 ภาพถ่าย SEM ของดินอำเภอจักราช J014

4.8 ผลการศึกษาค่า MBI (Methylene Blue Index) และ Specific Surface Area ของดินต่างๆ

ค่า MBI (M) คือ ค่า Milliequivalent of Methylene blue ที่ถูกดูดซับจนถึงจุด Optimum flocculation ของดิน 100 กรัม

เราจะสามารถคำนวณหา Specific Surface Area ของดินได้จาก :

$$\text{Specific Surface Area (m}^2\text{/g)} = M \times A \times 6.02 \times 0.01$$

$$\text{เมื่อ } A = \text{พื้นที่ผิวของ Methylene blue cation} = 129.2 \text{ A}^{\circ 2}$$

ตาราง 4.10 ผลการศึกษา Methylene Blue Index และ Specific Surface Area ของดินชนิดต่างๆ

ชนิดดิน	ปริมาณ Methylene Blue ที่ใช้ (ml)	ค่า MBI (Milliequivalent /ดิน 100 g)	Specific Surface Area (m ² /g)
ดินเหนียวค่านเกวียน	24	12	93.33
ดินทรายค่านเกวียน	5.5	2.75	21.39
ดินขาว มทส.	16	8	62.22
ดิน แดง มทส.	23	11.5	89.45
ดินจักราช J012	4	2	15.56
ดินจักราช J013	5	2.5	19.45
ดินจักราช J014	4	2	15.56

ผลการศึกษา Methylene Blue Index (MBI) และพื้นที่ผิวจำเพาะของดินตัวอย่าง สรุปได้ว่า ดินที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะมากที่สุดคือ ดินเหนียวค่านเกวียน (จุด C8) มีถึง 93.33% รองลงมาคือดิน แดงมทส. (จุด C4/2) มีพื้นที่ผิวจำเพาะ 89.45% ส่วนดินทรายค่านเกวียน (C7) และดินจากอำเภอ จักราชทั้ง 3 แหล่ง มีพื้นที่ผิวจำเพาะและความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุน้อยมาก

วง 4.12 ผลวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของดินแดง มทส. (จุด C4/2)

Result: Histogram Report

Sample ID: red clay sut
 Sample File: (Result Not Saved)
 Sample Path: C:\SIZERS\DATA\
 Sample Notes: SHP disperse water mixer 0.2 %
 ultrasonic 5 min.

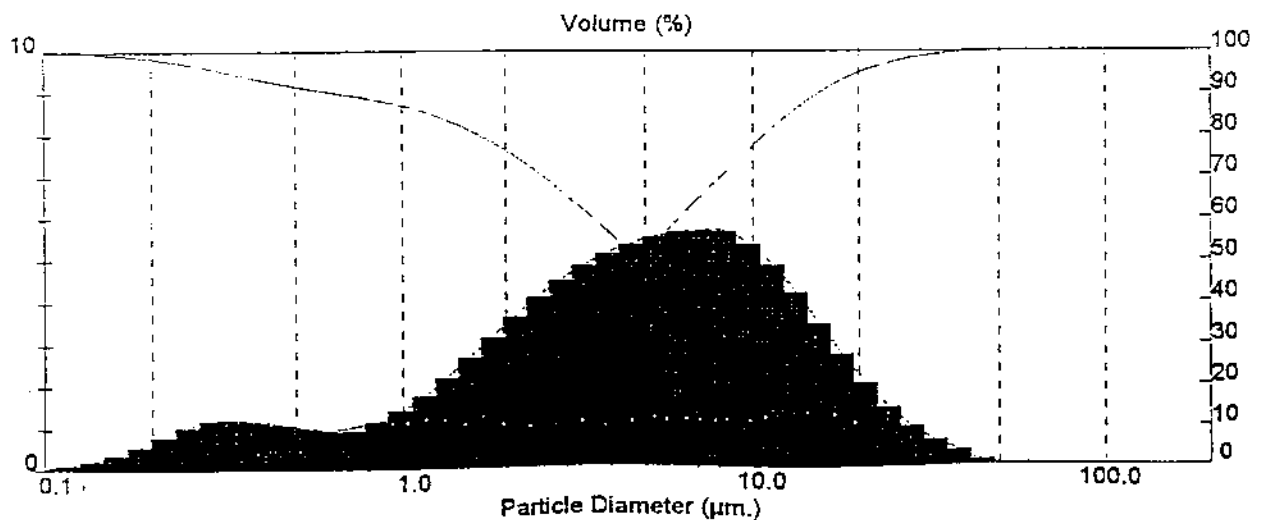
Sample Details
 Run Number: 1

Measured: 26 Jan 2000 15:09PM
 Analysed: 26 Jan 2000 15:09PM
 Result Source: Analysed

System Details
 Range Lens: 300RF mm Beam Length: 2.40 mm Sampler: MS17 Obscuration: 17.3 %
 Presentation: 3CHD [Particle R.I. = (1.5295, 0.1000); Dispersant R.I. = 1.3300] Residual: 0.349 %
 Analysis Model: Polydisperse
 Modifications: None

Result Statistics
 Distribution Type: Volume Concentration = 0.0073 %Vol Density = 1.000 g / cub. cm Specific S.A. = 3.6087 sq. m / g
 Mean Diameters: D (v, 0.1) = 0.56 um D (v, 0.5) = 4.75 um D (v, 0.9) = 15.43 um
 D [4, 3] = 6.80 um Q [3, 2] = 1.66 um Scan = 3.108E+00 Uniformity = 9.769E-01

Size (um)	Volume Under %	Size (um)	Volume Under %	Size (um)	Volume Under %	Size (um)	Volume Under %
0.055	0.00	0.635	9.75	7.31	65.83	84.15	100.00
0.061	0.00	0.700	10.34	8.06	69.48	92.79	100.00
0.067	0.01	0.772	10.96	8.89	73.12	102.3	100.00
0.074	0.02	0.851	11.66	9.80	76.62	112.8	100.00
0.082	0.03	0.938	12.47	10.81	79.95	124.4	100.00
0.090	0.06	1.03	13.39	11.91	83.07	137.2	100.00
0.099	0.10	1.14	14.43	13.14	85.93	151.3	100.00
0.109	0.15	1.26	15.64	14.49	88.50	166.8	100.00
0.121	0.23	1.39	17.02	15.97	90.77	183.9	100.00
0.133	0.35	1.53	18.60	17.62	92.74	202.8	100.00
0.147	0.52	1.69	20.37	19.42	94.40	223.6	100.00
0.162	0.75	1.86	22.33	21.42	95.78	246.6	100.00
0.178	1.06	2.05	24.49	23.62	96.89	271.9	100.00
0.196	1.46	2.26	26.86	26.04	97.78	299.8	100.00
0.217	1.95	2.49	29.42	28.72	98.48	330.6	100.00
0.239	2.55	2.75	32.16	31.66	99.01	364.6	100.00
0.263	3.23	3.03	35.06	34.92	99.41	402.0	100.00
0.290	3.99	3.34	38.10	38.50	99.72	443.3	100.00
0.320	4.79	3.69	41.27	42.45	99.89	488.8	100.00
0.353	5.59	4.07	44.56	46.81	99.98	539.0	100.00
0.389	6.37	4.48	47.95	51.62	100.00	594.3	100.00
0.429	7.11	4.94	51.42	56.92	100.00	655.4	100.00
0.473	7.82	5.45	54.96	62.76	100.00	722.7	100.00
0.522	8.50	6.01	58.56	69.21	100.00	796.9	100.00
0.576	9.14	6.63	62.19	76.32	100.00	878.7	100.00



ตาราง 4.13 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของดินทรายค่านเกวียน (จุด C7)

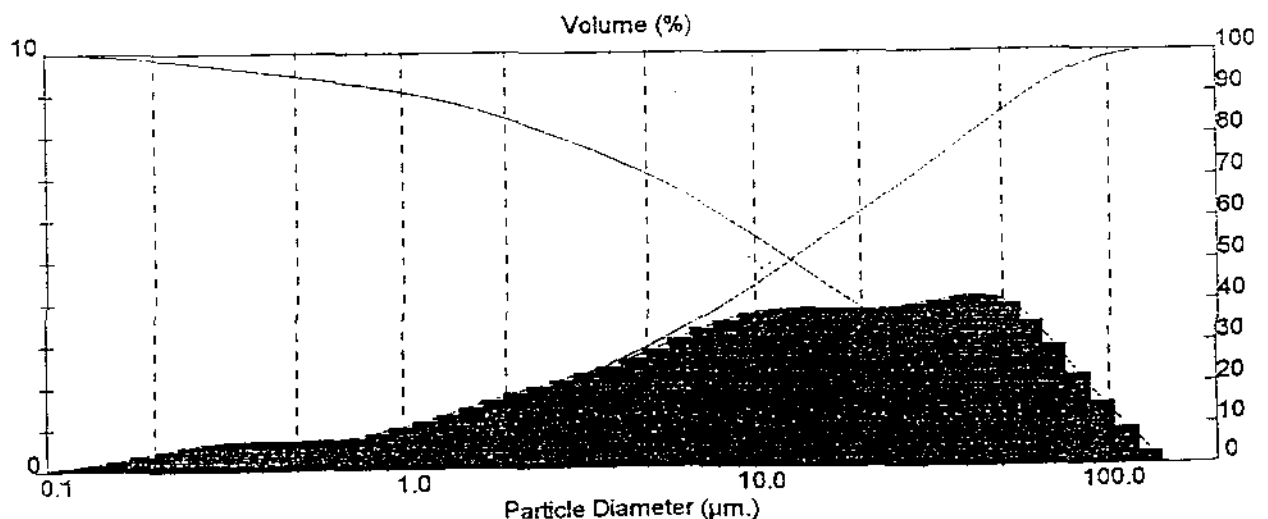
Result: Histogram Report

Sample Details		
Sample ID: sand	Run Number: 13	Measured: 21 Mar 2000 12:55PM
Sample File: ANU	Record Number: 60	Analysed: 21 Mar 2000 12:55PM
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\		Result Source: Analysed
Sample Notes:		

System Details			
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler: MS17	Obscuration: 12.9 %
Presentation: 3OHD	[Particle R.I. = (1.5295, 0.1000);	Dispersant R.I. = 1.3300]	Residual: 0.929 %
Analysis Model: Polydisperse			
Modifications: None			

Result Statistics			
Distribution Type: Volume	Concentration = 0.0084 %Vol	Density = 1.000 g / cub. cm	Specific S.A. = 2.4621 sq. m / g
Mean Diameters:	D (v, 0.1) = 1.11 um	D (v, 0.5) = 12.63 um	D (v, 0.9) = 59.91 um
D [4, 3] = 22.71 um	D [3, 2] = 2.44 um	Span = 4.653E+00	Uniformity = 1.425E+00

Size (um)	Volume Under %	Size (um)	Volume Under %	Size (um)	Volume Under %	Size (um)	Volume Under %
0.055	0.00	0.635	6.63	7.31	36.81	84.15	96.47
0.061	0.01	0.700	7.12	8.06	39.02	92.79	97.69
0.067	0.02	0.772	7.63	8.89	41.32	102.3	98.62
0.074	0.04	0.851	8.19	9.80	43.68	112.8	99.32
0.082	0.06	0.938	8.80	10.81	46.08	124.4	99.77
0.090	0.09	1.03	9.46	11.91	48.53	137.2	99.99
0.099	0.14	1.14	10.18	13.14	50.98	151.3	100.00
0.109	0.20	1.26	10.96	14.49	53.45	166.8	100.00
0.121	0.29	1.39	11.82	15.97	55.90	183.9	100.00
0.133	0.40	1.53	12.75	17.62	58.35	202.8	100.00
0.147	0.55	1.69	13.74	19.42	60.80	223.6	100.00
0.162	0.73	1.86	14.80	21.42	63.24	246.6	100.00
0.178	0.95	2.05	15.93	23.62	65.69	271.9	100.00
0.196	1.22	2.26	17.13	26.04	68.17	299.8	100.00
0.217	1.54	2.49	18.39	28.72	70.67	330.6	100.00
0.239	1.91	2.75	19.71	31.66	73.21	364.6	100.00
0.263	2.33	3.03	21.08	34.92	75.78	402.0	100.00
0.290	2.78	3.34	22.52	38.50	78.41	443.3	100.00
0.320	3.25	3.69	24.01	42.45	81.06	488.8	100.00
0.353	3.73	4.07	25.57	46.81	83.71	539.0	100.00
0.389	4.22	4.48	27.21	51.62	86.30	594.3	100.00
0.429	4.70	4.94	28.94	56.92	88.77	655.4	100.00
0.473	5.18	5.45	30.76	62.76	91.07	722.7	100.00
0.522	5.67	6.01	32.68	69.21	93.15	796.9	100.00
0.576	6.15	6.63	34.70	76.32	94.96	878.7	100.00



ตาราง 4.14 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของดินเหนียวด้านเวียมน (จุด C8)

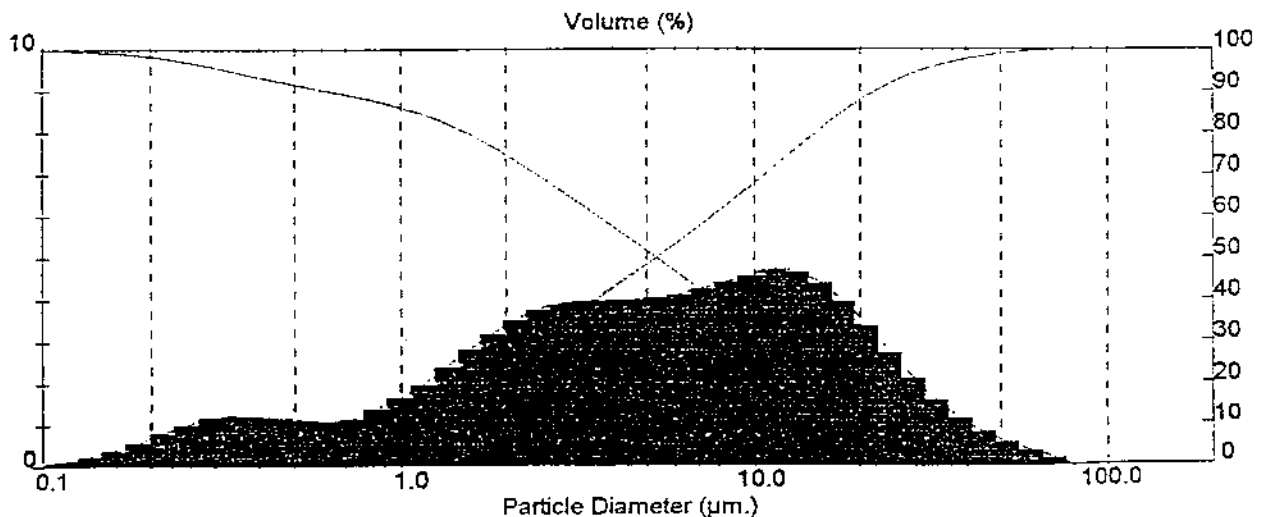
Result: Histogram Report

Sample Details		
Sample ID: Dankwain clay	Run Number: 10	Measured: 21 Mar 2000 12:34PM
Sample File: ANU	Record Number: 59	Analysed: 21 Mar 2000 12:34PM
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\		Result Source: Analysed
Sample Notes:		

System Details			
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler: MS17	Obscuration: 16.7 %
Presentation: 30HD	[Particle R.I. \pm (1.5295, 0.1000);	Dispersant R.I. = 1.3300]	Residual: 0.427 %
Analysis Model: Pclydisperse			
Modifications: None			

Result Statistics			
Distribution Type: Volume	Concentration = 0.0072 %Vol	Density = 1.000 g / cub. cm	Specific S.A. = 3.6258 sq. m / g
Mean Diameters:	D (v, 0.1) = 0.63 μ m	D (v, 0.5) = 5.31 μ m	D (v, 0.9) = 22.15 μ m
D [4, 3] = 9.10 μ m	D [3, 2] = 1.65 μ m	Span = 4.055E+00	Uniformity = 1.308E+00

Size (μ m)	Volume Under %	Size (μ m)	Volume Under %	Size (μ m)	Volume Under %	Size (μ m)	Volume Under %
0.055	0.00	0.635	10.05	7.31	58.68	84.15	100.00
0.061	0.01	0.700	10.75	8.06	61.45	92.79	100.00
0.067	0.01	0.772	11.49	8.89	64.29	102.3	100.00
0.074	0.03	0.851	12.32	9.80	67.19	112.8	100.00
0.082	0.04	0.938	13.26	10.81	70.16	124.4	100.00
0.090	0.07	1.03	14.31	11.91	73.18	137.2	100.00
0.099	0.12	1.14	15.49	13.14	76.19	151.3	100.00
0.109	0.18	1.26	16.83	14.49	79.13	166.8	100.00
0.121	0.27	1.39	18.34	15.97	81.95	183.9	100.00
0.133	0.40	1.53	20.01	17.62	84.61	202.8	100.00
0.147	0.58	1.69	21.85	19.42	87.07	223.6	100.00
0.162	0.82	1.86	23.84	21.42	89.29	246.6	100.00
0.178	1.13	2.05	25.98	23.62	91.26	271.9	100.00
0.196	1.53	2.26	28.24	26.04	92.97	299.8	100.00
0.217	2.02	2.49	30.61	28.72	94.42	330.6	100.00
0.239	2.60	2.75	33.05	31.66	95.63	364.6	100.00
0.263	3.27	3.03	35.53	34.92	96.64	402.0	100.00
0.290	4.02	3.34	38.03	38.50	97.45	443.3	100.00
0.320	4.80	3.69	40.55	42.45	98.12	488.8	100.00
0.353	5.60	4.07	43.07	46.81	98.65	539.0	100.00
0.389	6.39	4.48	45.60	51.62	99.08	594.3	100.00
0.429	7.15	4.94	48.14	56.92	99.42	655.4	100.00
0.473	7.90	5.45	50.71	62.76	99.68	722.7	100.00
0.522	8.64	6.01	53.32	69.21	99.88	796.9	100.00
0.576	9.35	6.63	55.97	76.32	99.98	878.7	100.00



ตาราง 4.15 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของดินจักราช J012 (แหล่ง J012)

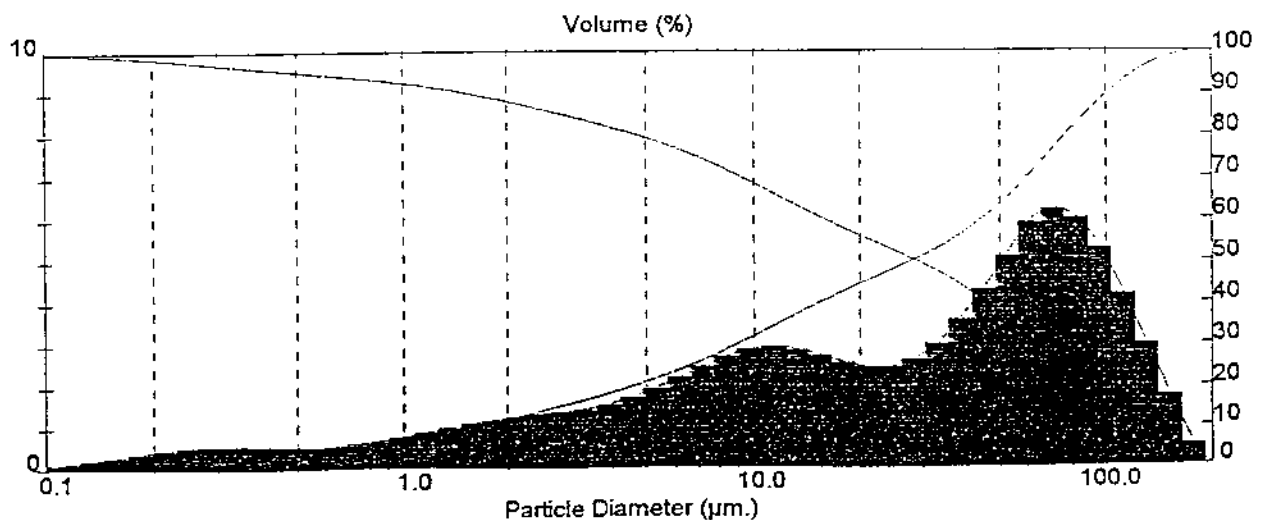
Result: Histogram Report

Sample Details		
Sample ID: Jakkarat clay	Run Number: 1	Measured: 21 Mar 2000 11:13PM
Sample File: ANU	Record Number: 56	Analysed: 21 Mar 2000 11:14PM
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\		Result Source: Analysed
Sample Notes: 012		

System Details			
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler: MS17	Obscuration: 12.8 %
Presentation: 30HD	[Particle R.I. = (1.5295, 0.1000);	Dispersant R.I. = 1.3300]	Residual: 0.728 %
Analysis Model: Polydisperse			
Modifications: None			

Result Statistics			
Distribution Type: \Volume	Concentration = 0.0111 %Vol	Density = 1.000 g/cub. cm	Specific S.A. = 2.1216 sq. m/g
Mean Diameters:	D (v, 0.1) = 1.50 um	D (v, 0.5) = 28.47 um	D (v, 0.9) = 101.94 um
D [4, 3] = 41.80 um	D [3, 2] = 2.83 um	Span = 3.528E+00	Uniformity = 1.161E+00

Size (um)	Volume Under %	Size (um)	Volume Under %	Size (um)	Volume Under %	Size (um)	Volume Under %
0.055	0.01	0.635	5.67	7.31	26.23	84.15	83.13
0.061	0.02	0.700	6.02	8.06	27.87	92.79	86.79
0.067	0.04	0.772	6.38	8.89	29.59	102.3	90.12
0.074	0.06	0.851	6.79	9.80	31.40	112.8	93.01
0.082	0.10	0.938	7.23	10.81	33.24	124.4	95.41
0.090	0.15	1.03	7.72	11.91	35.11	137.2	97.31
0.099	0.22	1.14	8.24	13.14	36.96	151.3	98.70
0.109	0.30	1.26	8.82	14.49	38.78	166.8	99.58
0.121	0.41	1.39	9.45	15.97	40.53	183.9	99.96
0.133	0.55	1.53	10.12	17.62	42.21	202.8	100.00
0.147	0.71	1.69	10.83	19.42	43.83	223.6	100.00
0.162	0.91	1.86	11.58	21.42	45.39	246.6	100.00
0.178	1.14	2.05	12.36	23.62	46.94	271.9	100.00
0.196	1.41	2.26	13.17	26.04	48.51	299.8	100.00
0.217	1.70	2.49	14.00	28.72	50.15	330.6	100.00
0.239	2.03	2.75	14.86	31.66	51.91	364.6	100.00
0.263	2.39	3.03	15.74	34.92	53.85	402.0	100.00
0.290	2.76	3.34	16.65	38.50	56.02	443.3	100.00
0.320	3.14	3.69	17.59	42.45	58.46	488.8	100.00
0.353	3.52	4.07	18.58	46.81	61.19	539.0	100.00
0.389	3.90	4.48	19.63	51.62	64.23	594.3	100.00
0.429	4.27	4.94	20.75	56.92	67.62	655.4	100.00
0.473	4.63	5.45	21.96	62.76	71.35	722.7	100.00
0.522	4.98	6.01	23.28	69.21	75.27	796.9	100.00
0.576	5.33	6.63	24.70	76.32	79.24	878.7	100.00



ตาราง 4.16 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของดินจ๊กราช J013 (แหล่ง J013)

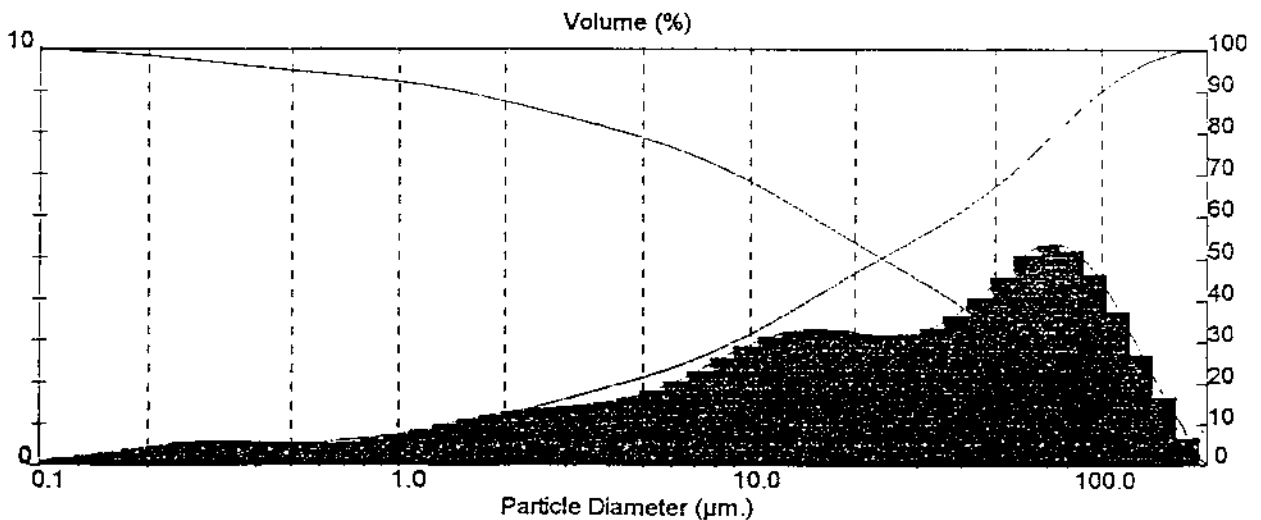
Result: Histogram Report

Sample Details		
Sample ID: Jakkarat clay	Run Number: 4	Measured: 21 Mar 2000 11:33PM
Sample File: ANU	Record Number: 57	Analysed: 21 Mar 2000 11:33PM
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\		Result Source: Analysed
Sample Notes: 013		

System Details			
Range Lens: 300RF mm	Beam Length: 2.40 mm	Sampler: MS17	Obscuration: 12.0 %
Presentation: 3OHD	[Particle R.I. = (1.5295, 0.1000);	Dispersant R.I. = 1.3300]	Residual: 0.713 %
Analysis Model: Polydisperse			
Modifications: None			

Result Statistics			
Distribution Type: Volume	Concentration = 0.0100 %Vol	Density = 1.000 g/cub. cm	Specific S.A. = 2.2039 sq. m/g
Mean Diameters:	D (v, 0.1) = 1.45 um	D (v, 0.5) = 23.75 um	D (v, 0.9) = 99.60 um
D [4, 3] = 39.34 um	D [3, 2] = 2.72 um	Span = 4.132E+00	Uniformity = 1.313E+00

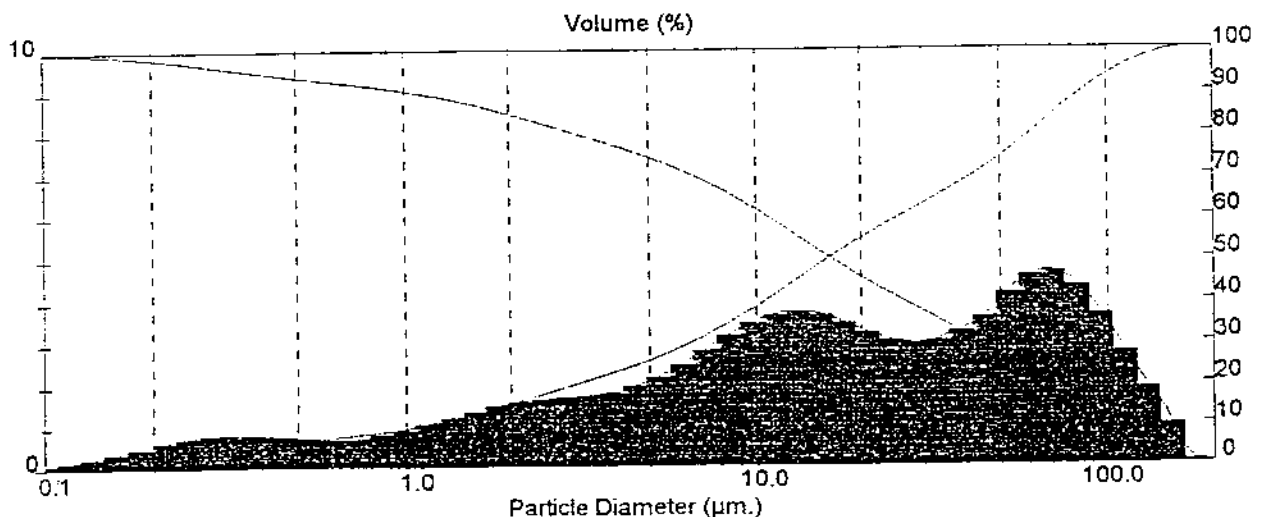
Size (um)	Volume Under %	Size (um)	Volume Under %	Size (um)	Volume Under %	Size (um)	Volume Under %
0.055	0.01	0.635	5.89	7.31	26.40	84.15	84.64
0.061	0.02	0.700	6.24	8.06	27.97	92.79	87.84
0.067	0.04	0.772	6.60	8.89	29.65	102.3	90.78
0.074	0.07	0.851	7.00	9.80	31.46	112.8	93.35
0.082	0.11	0.938	7.45	10.81	33.36	124.4	95.52
0.090	0.16	1.03	7.94	11.91	35.36	137.2	97.24
0.099	0.23	1.14	8.47	13.14	37.42	151.3	98.55
0.109	0.32	1.26	9.06	14.49	39.51	166.8	99.45
0.121	0.44	1.39	9.71	15.97	41.63	183.9	99.94
0.133	0.58	1.53	10.40	17.62	43.73	202.8	100.00
0.147	0.76	1.69	11.14	19.42	45.81	223.6	100.00
0.162	0.96	1.86	11.93	21.42	47.86	246.6	100.00
0.178	1.21	2.05	12.75	23.62	49.88	271.9	100.00
0.196	1.48	2.26	13.61	26.04	51.89	299.8	100.00
0.217	1.80	2.49	14.49	28.72	53.92	330.6	100.00
0.239	2.14	2.75	15.38	31.66	55.98	364.6	100.00
0.263	2.51	3.03	16.30	34.92	58.13	402.0	100.00
0.290	2.90	3.34	17.23	38.50	60.40	443.3	100.00
0.320	3.30	3.69	18.18	42.45	62.82	488.8	100.00
0.353	3.70	4.07	19.16	46.81	65.42	539.0	100.00
0.389	4.09	4.48	20.18	51.62	68.21	594.3	100.00
0.429	4.46	4.94	21.25	56.92	71.22	655.4	100.00
0.473	4.83	5.45	22.40	62.76	74.45	722.7	100.00
0.522	5.19	6.01	23.63	69.21	77.83	796.9	100.00
0.576	5.54	6.63	24.96	76.32	81.26	878.7	100.00



ตาราง 4.17 ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของดินจ๊กราช J014 (แหล่ง J014)

Result: Histogram Report

Sample Details							
Sample ID: Jakkarat clay		Run Number: 7		Measured: 21 Mar 2000 11:44PM			
Sample File: ANU		Record Number: 58		Analysed: 21 Mar 2000 11:44PM			
Sample Path: C:\SIZERS\DATA\				Result Source: Analysed			
Sample Notes: 014							
System Details							
Range Lens: 300RF mm		Beam Length: 2.40 mm		Sampler: MS17		Obscuration: 12.1 %	
Presentation: 30HD		[Particle R.I. = (1.5295, 0.1000);		Dispersant R.I. = 1.3300]		Residual: 0.779 %	
Analysis Model: Polydisperse							
Modifications: None							
Result Statistics							
Distribution Type: Volume		Concentration = 0.0085 %Vol		Density = 1.000 g/cub. cm		Specific S.A. = 2.5778 sq. m / g	
Mean Diameters:		D (v, 0.1) = 1.06 um		D (v, 0.5) = 16.24 um		D (v, 0.9) = 86.71 um	
D [4, 3] = 32.11 um		D [3, 2] = 2.33 um		-Span = 5.274E+00		Uniformity = 1.619E+00	
Size (um)	Volume Under %	Size (um)	Volume Under %	Size (um)	Volume Under %	Size (um)	Volume Under %
0.055	0.00	0.635	7.34	7.31	31.81	84.15	89.18
0.061	0.01	0.700	7.77	8.06	33.70	92.79	91.77
0.067	0.03	0.772	8.22	8.89	35.74	102.3	94.04
0.074	0.05	0.851	8.71	9.80	37.91	112.8	95.96
0.082	0.08	0.938	9.25	10.81	40.18	124.4	97.50
0.090	0.12	1.03	9.84	11.91	42.52	137.2	98.68
0.099	0.18	1.14	10.49	13.14	44.90	151.3	99.55
0.109	0.27	1.26	11.20	14.49	47.28	166.8	99.93
0.121	0.38	1.39	11.97	15.97	49.61	183.9	99.99
0.133	0.53	1.53	12.80	17.62	51.88	202.8	100.00
0.147	0.72	1.69	13.69	19.42	54.06	223.6	100.00
0.162	0.96	1.86	14.62	21.42	56.14	246.6	100.00
0.178	1.25	2.05	15.59	23.62	58.13	271.9	100.00
0.196	1.59	2.26	16.60	26.04	60.06	299.8	100.00
0.217	1.98	2.49	17.63	28.72	61.95	330.6	100.00
0.239	2.42	2.75	18.68	31.66	63.85	364.6	100.00
0.263	2.90	3.03	19.75	34.92	65.80	402.0	100.00
0.290	3.42	3.34	20.84	38.50	67.84	443.3	100.00
0.320	3.95	3.69	21.95	42.45	69.98	488.8	100.00
0.353	4.47	4.07	23.10	46.81	72.25	539.0	100.00
0.389	4.99	4.48	24.31	51.62	74.76	594.3	100.00
0.429	5.49	4.94	25.58	56.92	77.50	655.4	100.00
0.473	5.98	5.45	26.96	62.76	80.41	722.7	100.00
0.522	6.45	6.01	28.44	69.21	83.39	796.9	100.00
0.576	6.90	6.63	30.05	76.32	86.35	878.7	100.00



ตาราง 4.18 สรุปผลการวิเคราะห์การกระจายขนาดอนุภาคของดินด้วย Laser Particle Size Analysis

ชนิดของดิน	ขนาดอนุภาคที่ 10% (μm) D (v,0.1)	ขนาดอนุภาคที่ 50% (μm) D (v,0.5)	ขนาดอนุภาคที่ 90% (μm) D (v,0.9)
ดินขาว มทส. (จุด C4/1)	0.55	4.11	18.56
ดินแดง มทส. (จุด C4/2)	0.66	4.75	15.43
ดินทรายค้ำนเกวียน (จุด C7)	1.11	12.63	59.91
ดินเหนียวค้ำนเกวียน (จุด C8)	0.63	5.31	22.15
ดินอำเภोजักราช J012	1.50	28.47	101.94
ดินอำเภोजักราช J013	1.45	23.75	99.60
ดินอำเภोजักราช J014	1.06	16.24	86.71

พบว่าดินขาว มทส. (จุด C4/1) หลังผ่านการล้างจะมีขนาดอนุภาคละเอียดขึ้นมาก และมีขนาดอนุภาคที่ 50% โดยปริมาตรเท่ากับ 4.11 ไมครอน และดินแดง มทส. (C4/2) และดินเหนียวค้ำนเกวียน หลังผ่านการล้างจะมีขนาดอนุภาคที่ 50% โดยปริมาตร เท่ากับ 4.75 และ 5.31 ไมครอน ตามลำดับ ส่วนดินจากอำเภोजักราชทั้ง 3 แหล่ง หลังผ่านการล้างจะมีขนาดอนุภาคเล็กลงคือ ดินจากแหล่ง J012, J013, J014 มีขนาดอนุภาคที่ 90% โดยปริมาตร เท่ากับ 101.94, 99.60 และ 86.71 ไมครอน ตามลำดับ

4.10 ผลการศึกษาคุณสมบัติก่อนเผาของดินตัวอย่าง

ตาราง 4.19 ผลการศึกษาคุณสมบัติก่อนเผาของดินค้ำนเกวียน

Drying Properties ชนิดดิน	ความหนาแน่น Green Density (g/cm^3)	% ความชื้น (%moisture content)	% การหดตัว (%Drying Shrinkage)	ความแข็งแรง (MOR, MPa)
ดินเหนียวล้าง (C8)	1.78 ± 0.34	51.78 ± 1.68	13.91 ± 1.46	4.05 ± 1.45
ดินเหนียวไม่ล้าง (C8)	1.69 ± 0.02	44.95 ± 2.54	12.77 ± 0.84	5.17 ± 0.87
ดินทรายล้าง (C7)	1.76 ± 0.15	21.06 ± 1.68	4.51 ± 0.8	2.18 ± 0.14
ดินทรายไม่ล้าง (C7)	1.76 ± 0.03	2.38 ± 1.77	2.82 ± 1.71	2.48 ± 0.20

ตาราง 4.20 ผลการศึกษาคุณสมบัติก่อนเผาของดินในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Drying Properties ชนิดดิน	ความหนาแน่น Green Density (g/cm ³)	% ความชื้น (%moisture content)	% การหดตัว (%Drying Shrinkage)	ความแข็งแรง (MOR, MPa)
ดินขาวล้าง	1.24±0.57	8.47±0.62	8.67±2.53	7.36±0.65
ดินขาวไม่ล้าง	1.51±0.01	3.18±0.06	6.66±2.52	3.22±0.21
ดินแดงล้าง	1.79±0.02	8.15±0.15	12.73±0.82	18.18±2.62
ดินแดงไม่ล้าง	1.76±0.02	5.55±0.18	13.01±0.78	9.71±0.68

ตาราง 4.21 ผลการศึกษาคุณสมบัติก่อนเผาของดินอำเภอจักราช ที่ผ่านการล้าง

Drying Properties ชนิดดิน	ความหนาแน่น Green Density (g/cm ³)	% ความชื้น (%moisture content)	% การหดตัว (%Drying Shrinkage)	ความแข็งแรง (MOR, MPa)
J013 ล้าง	1.85±0.05	18.14±1.41	9.12±0.61	1.38±0.24
J014 ล้าง	1.78±0.02	22.05±0.31	5.94±0.27	2.38±0.20

หมายเหตุ ผลการศึกษาของดิน J012 ไม่ได้ทำการศึกษาเนื่องจากมีจำนวนดินที่ผ่านการล้างไม่เพียงพอสำหรับทำการทดสอบ เมื่อผ่านการล้างเนื้อดินที่ได้มีเพียงเล็กน้อย และดินที่ไม่ผ่านการล้างไม่สามารถนำมาขึ้นรูปโดยการรีดได้

4.11 ผลการศึกษาคุณสมบัติหลังเผาของดินตัวอย่าง

ตาราง 4.22 ผลการศึกษาคุณสมบัติความแข็งแรงหลังเผา (Firing Strength) ของดินค่านเกวียน

ชนิดดิน อุณหภูมิเผา (°C)	ดินเหนียวล้าง (C8)	ดินเหนียวไม่ล้าง (C8)	ดินทรายล้าง (C7)	ดินทรายไม่ล้าง (C7)
600	2.08±0.19	1.13±0.11	2.513±0.16	2.17±0.21
800	2.21±0.46	5.56±1.48	2.56±0.18	2.31±0.14
1000	30.16±4.73	24.02±2.32	3.73±0.23	3.08±0.38
1100	46.42±5.22	37.12±4.65	7.37±0.29	6.27±0.69
1200	50.72±9.43	50.45±9.16	12.27±0.41	11.75±0.96

ตาราง 4.23 ผลการศึกษาคุณสมบัติความแข็งแรงหลังเผา (Firing Strength) ของดินในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชนิดดิน / อุณหภูมิเผา (°C)	ดินขาวล้าง (C4/1) MPa	ดินขาวไม่ล้าง (C4/1) MPa	ดินแดงล้าง (C4/2) MPa	ดินแดงไม่ล้าง (C4/2) MPa
600	5.37±0.53	2.92±0.2	2.06±0.41	2.35±0.21
800	10.24±0.94	3.79±0.21	4.32±2.67	3.21±0.38
1000	>79.65	7.82±0.59	45.99±7.29	20.46±1.23
1100	>79.65	16.85±1.04	57.06±10.32	37.54±3.54
1200	18.76±4.14	19.70±1.42	13.37±2.67	14.07±0.48

ตาราง 4.24 ผลการศึกษาความแข็งแรงหลังเผาของดินอำเภोजักราช

ชนิดดิน / อุณหภูมิเผา (°C)	ดิน J013 ที่ผ่านการล้าง MPa	ดิน J014 ที่ผ่านการล้าง MPa
600	1.527±0.22	3.09±0.38
800	1.68±0.24	2.03±0.28
1000	2.13±0.52	3.80±0.79
1100	3.53±0.78	6.07±0.6
1200	6.09±1.08	8.73±0.66

ตาราง 4.25 ผลการศึกษาคุณสมบัติการหดตัวหลังเผา (Firing Shrinkage) ของดินค่านเกวียนที่อุณหภูมิต่างๆ

ชนิดดิน / อุณหภูมิเผา (°C)	ดินเหนียวล้าง (C8) %	ดินเหนียวไม่ล้าง (C8) %	ดินทรายล้าง (C7) %	ดินทรายไม่ล้าง (C7) %
600	0.24±0.2	0.53±0.29	0.34±0.12	0.82±1.21
800	0.18±0.1	0.34±0.26	0.11±0.04	0.35±0.82
1000	3.71±0.27	3.10±0.25	0.73±0.53	0.38±0.40
1100	8.81±0.11	7.41±2.72	1.42±0.90	0.82±0.22
1200	9.34±0.2	9.0±0.22	3.14±0.57	2.91±2.36

ตาราง 4.26 ผลการศึกษาคุณสมบัติการหดตัวหลังเผา (Firing Shrinkage) ของดินในเขต
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่อุณหภูมิเผาต่างๆ

ชนิดดิน / อุณหภูมิเผา (°C)	ดินขาวล้าง (C4/1) %	ดินขาวไม่ล้าง (C4/1) %	ดินแดงล้าง (C4/2) %	ดินแดงไม่ล้าง (C4/2) %
600	0.13±0.2	0.17±0.10	0.61±0.72	0.28±0.17
800	0.14±0.23	0.21±0.10	0.06±0.07	0.38±0.26
1000	2.81±0.35	1.31±1.26	2.82±0.70	2.38±0.34
1100	12.2±0.26	7.83±0.22	10.27±3.36	8.18±0.32
1200	7.41±0.43	11.52±1.15	2.96±0.83	2.37±0.87

ตาราง 4.27 ผลการศึกษาการหดตัวหลังเผาของดินอำเภोजักราชที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

ชนิดดิน / อุณหภูมิเผา (°C)	ดิน J013 ล้าง %	ดิน J014 ล้าง %
600	0.11±0.17	0.39±0.29
800	0.05±0.07	0.09±0.26
1000	0.35±0.66	0.57±0.31
1100	0.23±0.13	0.84±0.12
1200	0.70±0.17	3.36±0.17

ตาราง 4.28 ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของดินค่านเกวียนที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

ชนิดดิน / อุณหภูมิเผา (°C)	ดินทรายค่านเกวียนไม่ล้าง (C7)	ดินทรายค่านเกวียนล้าง (C7)	ดินเหนียวค่านเกวียนไม่ล้าง (C8)	ดินเหนียวค่านเกวียนล้าง (C8)
600	-	-	29.42±2.8	34.25±2.32
800	-	-	32.7±2.9	34.43±1.29
1000	-	25.17±0.73	29.17±3.02	28.54±2.36
1100	17.72±0.43	20.72±0.37	20.51±1.84	14.31±1.07
1200	17.7±0.48	16.28±0.31	12.09±1.56	9.90±1.5

ตาราง 4.29 ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์ความพรุนตัวหลังเผาของดินค่านเกวียน

ชนิดดิน อุณหภูมิเผา (°C)	ดินทรายค่าน เกวียน ไม่ล้าง	ดินทรายค่านเกวียน ล้าง	ดินเหนียวค่านเกวียน ไม่ล้าง	ดินเหนียวค่านเกวียน ล้าง
	(C7)	(C7)	(C8)	(C8)
600	-	-	44.11±2.2	48.49±1.65
800	-	-	47.02±2.07	48.47±0.80
1000	-	40.17±0.71	44.27±2.63	43.95±2.01
1100	30.98±0.58	35.40±0.41	35.6±4.17	29.62±1.39
1200	30.94±0.65	22.9±0.40	24.27±2.3	20.91±2.5

ตาราง 4.30 ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของดินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

ชนิดดิน อุณหภูมิเผา (°C)	ดินขาวมทส. ไม่ล้าง	ดินขาว มทส. ล้าง	ดินแดง มทส. ไม่ล้าง	ดินแดง มทส. ล้าง
	(C4/1)	(C4/1)	(C4/2)	(C4/2)
600	-	-	-	-
800	-	37.29±1.5	-	33.83±0.47
1000	32.54±0.74	28.65±0.23	27.72±0.5	21.94±1.25
1100	16.48±0.6	5.06±0.65	9.09±0.71	3.18±0.59
1200	-0.12±0.61	0.13±0.05	0.37±0.05	0.06±0.01

ตาราง 4.31 ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์ความพรุนตัวของดินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

ชนิดดิน อุณหภูมิเผา (°C)	ดินขาวมทส. ไม่ล้าง	ดินขาว มทส. ล้าง	ดินแดง มทส. ไม่ล้าง	ดินแดง มทส. ล้าง
	(C4/1)	(C4/1)	(C4/2)	(C4/2)
600	-	-	-	-
800	-	49.21±1.0	-	47.48±0.35
1000	44.0±0.46	42.56±0.2	40.58±0.5	36.62±1.28
1100	28.03±0.64	11.13±1.3	18.22±1.13	7.52±1.31
1200	-0.28±1.34	0.30±0.10	0.66±0.08	0.09±0.02

ตาราง 4.32 ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของดินอำเภอจักราช ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

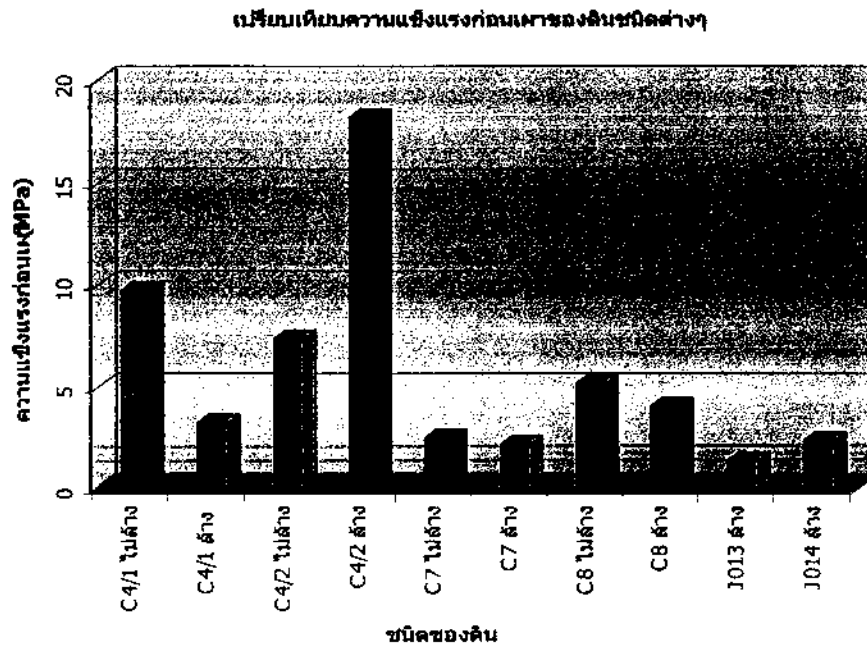
ชนิดดิน อุณหภูมิเผา (°C)	ดิน J012 ไม่ล้าง (J012)	ดิน J013 ไม่ล้าง (J013)	ดิน J014 ไม่ล้าง (J014)
600	14.54±0.3	17.21±2.3	11.82±0.92
800	14.29±1.26	16.36±0.65	14.10±1.77
1000	15.06±0.43	16.25±0.48	14.42±1.4
1100	13.16±0.6	15.75±0.79	14.78±1.1
1200	14.81±0.14	14.42±1.14	14.58±1.44

ตาราง 4.33 ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์ความพรุนตัวของดินอำเภอจักราช ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

ชนิดดิน อุณหภูมิเผา (°C)	ดิน J012 ไม่ล้าง (J012)	ดิน J013 ไม่ล้าง (J013)	ดิน J014 ไม่ล้าง (J014)
600	-	-	24.01±1.4
800	26.92±2.24	-	27.25±2.43
1000	28.20±0.61	29.66±0.65	27.01±1.83
1100	24.59±0.75	27.99±1.45	27.35±1.43
1200	27.69±0.2	26.47±1.91	26.76±1.62

วิเคราะห์ผลการทดลอง

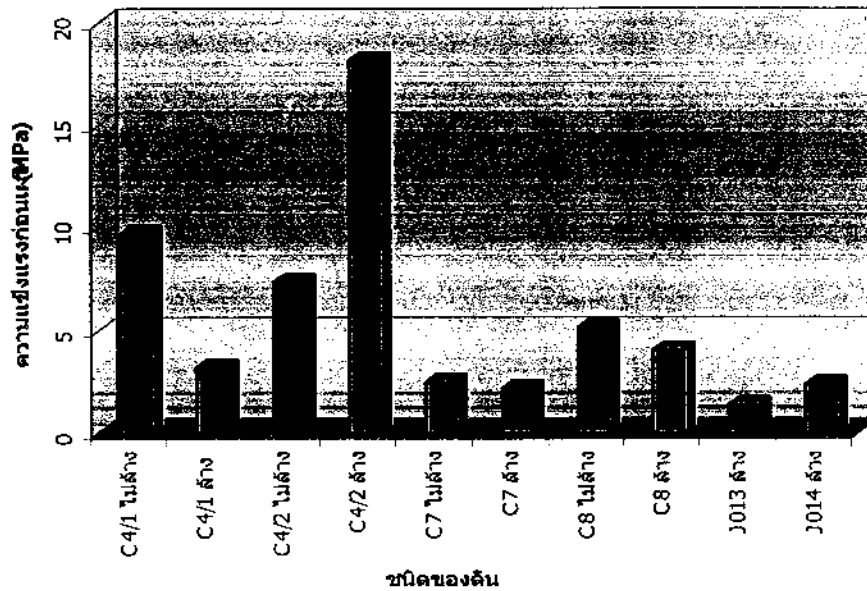
จากผลการศึกษาคุณสมบัติก่อนเผาในด้านความแข็งแรงก่อนเผา ดังแสดงในรูป 4.23 พบว่า ดินเหนียวด่านเกวียน (C8) และดินทรายด่านเกวียน (C7) ที่ผ่านการล้างจะมีความแข็งแรงก่อนเผาน้อยกว่าดินชนิดเดียวกันที่ไม่ผ่านการล้างเล็กน้อย การล้างดินจึงทำให้ได้เนื้อดินที่มีความละเอียดมากขึ้น ซึ่งจะเหมาะในการนำมาทำผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็ก หรือการขึ้นรูปแบบเทหล่อ แต่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแข็งแรงก่อนเผาตกลงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงก่อนเผาของดินแดง มทส. (C4/2) และดินขาว มทส. (C4/1) พบว่าดินชนิดนี้ที่ผ่านการล้างจะมีความแข็งแรงก่อนเผาสูงกว่ามาก เนื่องจากดินแดง มทส. (C4/2) และดินขาว มทส. (C4/1) มีกรวดและทรายที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ปนอยู่มาก ดังนั้นการล้างดินจะทำให้ได้เนื้อดินที่ผ่านการล้างน้อยมาก



รูป 4.23 การเปรียบเทียบความแข็งแรงก่อนเผาของดินชนิดต่างๆ

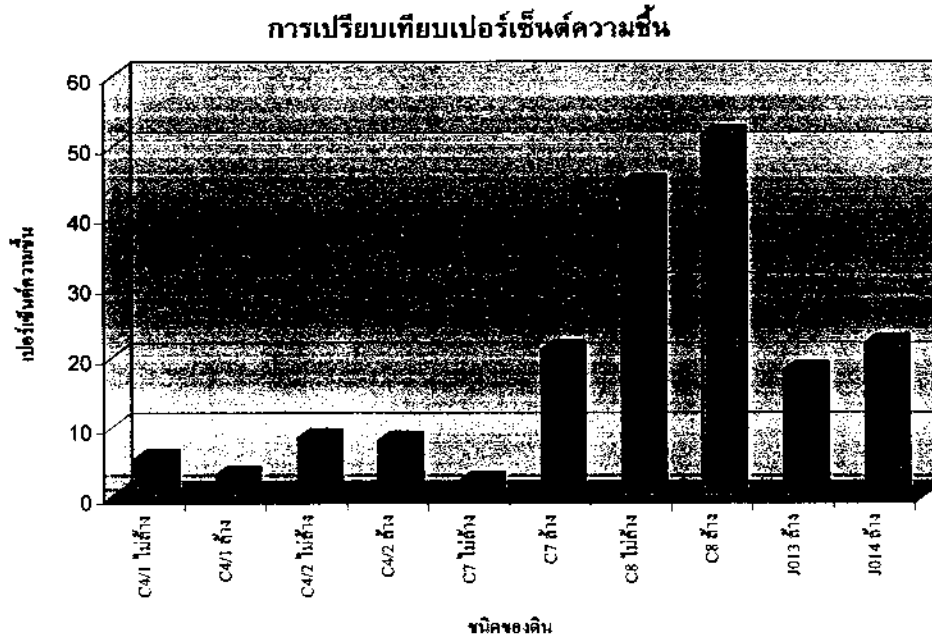
เมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงก่อนเผาของดินอำเภอจักราช (J012, J013, J014) พบว่าดินชนิดนี้ที่ไม่ได้ผ่านการล้างจะไม่สามารถนำมารีดเป็นแท่งทดสอบได้ ดินจากแหล่ง J014 มีความแข็งแรงก่อนเผาสูงกว่าแหล่ง J013 เนื่องจากอนุภาคของแหล่ง J014 มีขนาดเล็กกว่า จากการเปรียบเทียบความแข็งแรงก่อนเผาของดินชนิดต่างๆ ดินแดง มทส. (C4/2) ที่ผ่านการล้างจะมีความแข็งแรงก่อนเผาสูงที่สุดคือ 18.18 ± 2.62 MPa ซึ่งมีความแข็งแรงมากกว่าดินเหนียวจากอำเภอด่านเกวียน (C8) เนื่องมาจากอนุภาคของดินแดง มทส. (C4/2) ที่ผ่านการล้างมีขนาดอนุภาคเล็กและละเอียดกว่า คือมีขนาดอนุภาคที่ 90% โดยปริมาตร มีขนาด 15.43 ไมครอน และมีส่วนประกอบของ Montmorillonite และ Hyalophane ซึ่งเป็นอะลูมิเนียมซิลิเกตที่ทำให้เกิดความเหนียวในเนื้อดิน

เปรียบเทียบความแข็งแรงก่อนเผาของดินชนิดต่างๆ



รูป 4.23 การเปรียบเทียบความแข็งแรงก่อนเผาของดินชนิดต่างๆ

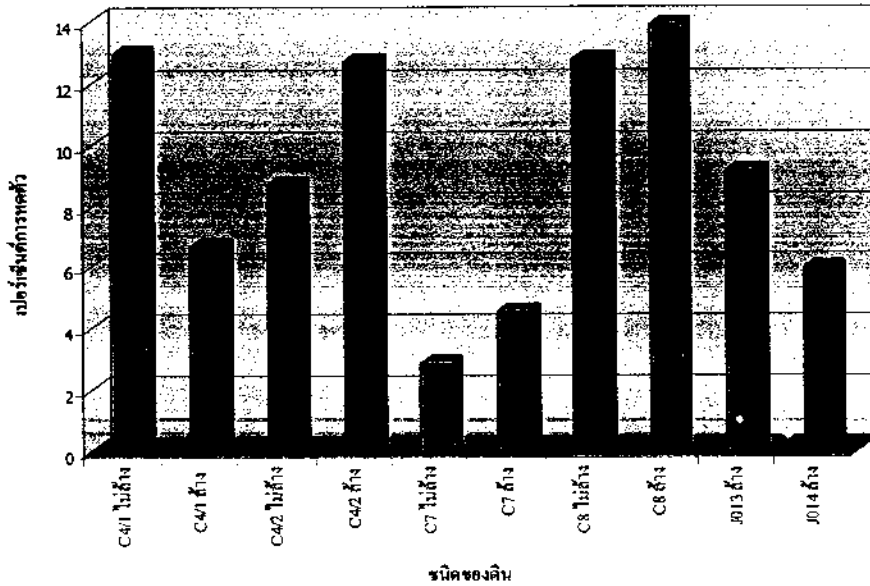
เมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงก่อนเผาของดินอำเภอจักราช (J012, J013, J014) พบว่าดินชนิดนี้ที่ไม่ได้ผ่านการล้างจะไม่สามารถนำมาวัดเป็นแห่งทดสอบได้ ดินจากแหล่ง J014 มีความแข็งแรงก่อนเผามากกว่าแหล่ง J013 เนื่องจากอนุภาคของแหล่ง J014 มีขนาดเล็กกว่า จากการเปรียบเทียบความแข็งแรงก่อนเผาของดินชนิดต่างๆ ดินแดง มทส. (C4/2) ที่ผ่านการล้างจะมีความแข็งแรงก่อนเผาสูงที่สุดคือ 18.18 ± 2.62 MPa ซึ่งมีความแข็งแรงมากกว่าดินเหนียวจากอำเภอด่านเกวียน (C8) เนื่องมาจากอนุภาคของดินแดง มทส. (C4/2) ที่ผ่านการล้างมีขนาดอนุภาคเล็กและละเอียดกว่า คือมีขนาดอนุภาคที่ 90% โดยปริมาตร มีขนาด 15.43 ไมครอน และมีส่วนประกอบของ Montmorillonite และ Hyalophane ซึ่งเป็นอะลูมิเนียมซิลิเกตที่ทำให้เกิดความเหนียวในเนื้อดิน



รูป 4.24 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินตัวอย่าง

จากการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินตัวอย่างที่ผ่านการล้างและไม่ผ่านการล้าง พบว่า ดินเหนียวด่านเกวียน (C8) ดินทรายด่านเกวียน (C7) และดินแดง มทส. (C4/2) ที่ผ่านการล้างจะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงขึ้น โดยเฉพาะดินเหนียวด่านเกวียน (C8) และดินทรายด่านเกวียน (C7) ที่ผ่านการล้างจะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงขึ้นมาก เนื่องจากการกำจัดอนุภาคหยาบออกไป ดังนั้นในการเตรียมเนื้อดินปั้นด่านเกวียนที่มีส่วนผสมของดินเหนียวและดินทรายด่านเกวียนจะมีการหาคัดหัวที่ต่างกันมาก ซึ่งจะเป็นสาเหตุทำให้ชิ้นงานมีการแตกเสียหายได้ง่าย ดังนั้นจึงควรระวังในการเตรียมเนื้อดินปั้น ซึ่งอาจมีการเติมส่วนผสมอื่นที่ช่วยลดการหดตัวอย่างมากของดินเหนียว เช่น ควอตซ์ (Quartz) หรือ เฟลสปาร์ (Feldspar)

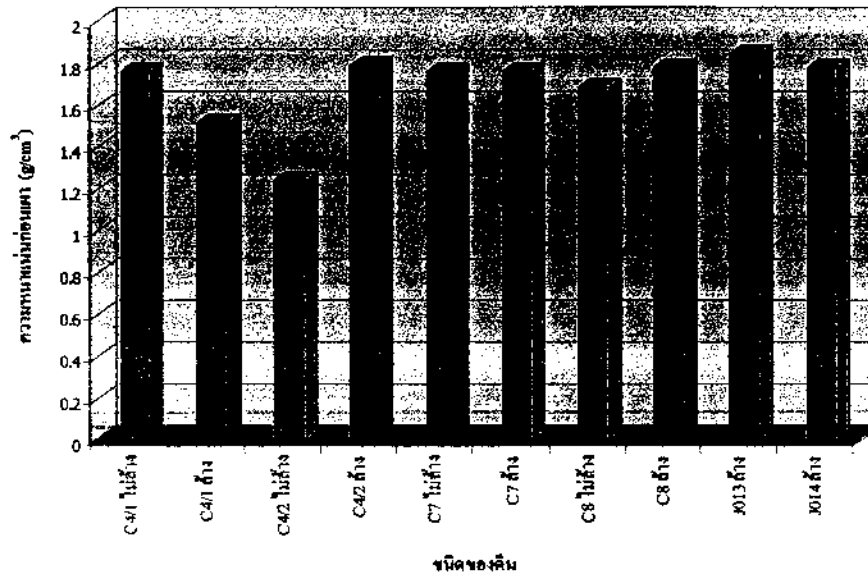
การเปรียบเทียบการหดตัวก่อนเผาของดินตัวอย่าง



รูป 4.25 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การหดตัวก่อนเผาของดินตัวอย่าง

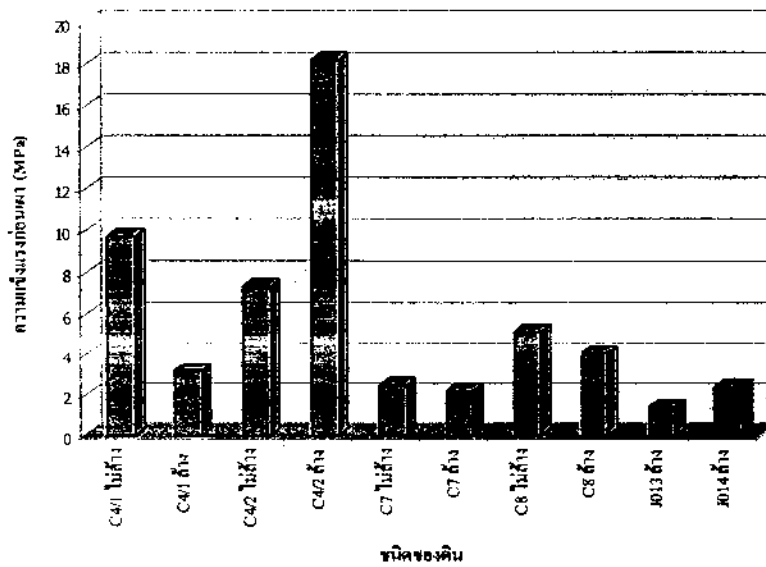
จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การหดตัวก่อนเผา พบว่าดินเหนียวด่านเกวียน (C8) และดินทรายด่านเกวียน (C7) ที่ผ่านการล้างจะมีการหดตัวสูงขึ้นเล็กน้อย ดังรูป 4.25 แต่มีการหดตัวก่อนเผาของดินสองชนิดนี้แตกต่างกันมาก ส่วนดินแดง มทส. (C4/2) และดินขาว มทส. (C4/1) ที่ผ่านการล้างจะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงขึ้นมากและมีการหดตัวเมื่อแห้งเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังรูป 4.25 ถึงแม้ว่าการล้างดินแดง มทส. จะมีการกำจัดส่วนหยาบออกไปเพียง 0.65% เท่านั้น ดังนั้นดินแดง มทส. (C4/2) ที่ผ่านการล้างจะมีอนุภาคที่ละเอียดมาก ส่วนดินขาว มทส. (C4/1) ที่ผ่านการล้างมีการกำจัดส่วนหยาบออกถึง 30.22% ส่วนดินอำเภोजักราช (J012) มีกรวดทรายและหยาบมาก ทำให้ดินที่ผ่านการล้างมีปริมาณน้อยมาก และไม่สามารถนำมาทำการทดสอบได้ ส่วนดินแหล่ง J013 และ J014 ที่ไม่ผ่านการล้าง มีกรวดทรายและไม่มีควมเหนียวเพียงพอที่จะนำมาขึ้นรูปได้ จึงไม่มีผลการทดสอบดิน J013 และ J014 ที่ไม่ผ่านการล้าง เมื่อเปรียบเทียบดิน J013 และ J014 ที่ผ่านการล้าง พบว่าดิน J014 จะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นและการหดตัวก่อนเผาสูงกว่า J013 เนื่องมาจากการที่ดิน J014 มีอนุภาคละเอียดกว่า และมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นและการหดตัวก่อนเผาใกล้เคียงดินทรายด่านเกวียน (C7)

การเปรียบเทียบความหนาแน่นก่อนเผาของดินตัวอย่าง



รูป 4.26 การเปรียบเทียบความหนาแน่นก่อนเผาของดินตัวอย่าง

เปรียบเทียบความแข็งแรงก่อนเผา

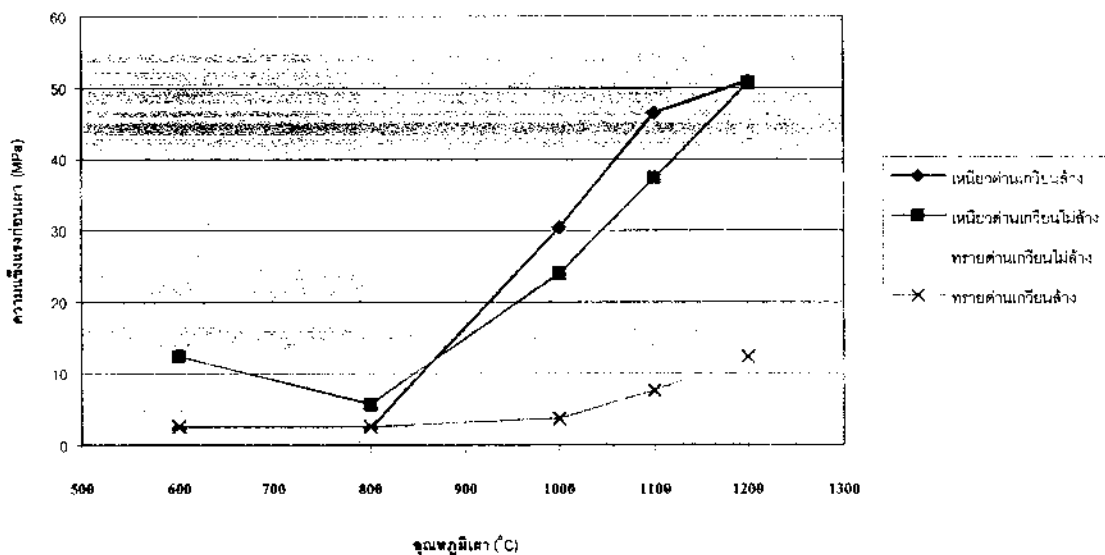


รูป 4.27 การเปรียบเทียบความแข็งแรงก่อนเผาของดินตัวอย่าง

จากการเปรียบเทียบความหนาแน่นก่อนเผาและความแข็งแรงก่อนเผา (Drying Strength) ของดินตัวอย่างพบว่ามีความสอดคล้องกัน คือ ดินเหนียวดำนเกวียน (C8) และดินทรายดำนเกวียน (C7) ที่ผ่านการล้างมีความหนาแน่นก่อนเผาและความแข็งแรงก่อนเผาน้อยกว่าดินที่ไม่ผ่านการล้าง ส่วนดินที่มีความหนาแน่นและความแข็งแรงก่อนเผามากที่สุดคือ ดินแดง มทส. (C4/2) ที่ผ่านการล้างซึ่งมีค่าความหนาแน่นก่อนเผา 1.79 g/cm^3 และความแข็งแรงก่อนเผา 18.181 MPa เนื่องจากอนุภาคของดินมีความละเอียดและมีส่วนประกอบของ Montmorillonite

ส่วนดินจากอำเภอจักราช พบว่าดินจากแหล่ง J013 ที่ผ่านการล้าง มีความหนาแน่นก่อนเผาและการหดตัวก่อนเผามากกว่า ดิน J014 แต่ดิน J014 มีความแข็งแรงก่อนเผามากกว่าดิน J013 ดังนั้นการนำดินอำเภอจักราช จากแหล่ง J014 มาผลิตอิฐดินประเภทที่ไม่ผ่านการเผา จะมีความแข็งแรงสูงกว่าและมีน้ำหนักเบากว่าดินจากแหล่ง J013

เปรียบเทียบความแข็งแรงหลังเผาของดินค่านเกวียน

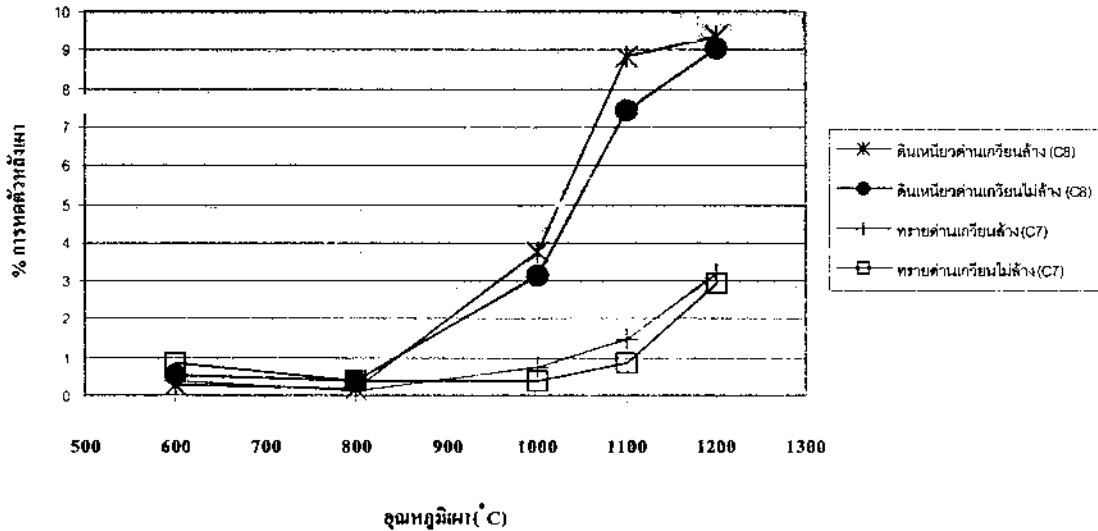


รูป 4.28 การเปรียบเทียบความแข็งแรงหลังเผาของดินค่านเกวียนที่อุณหภูมิเผาต่างๆ

จากรูป 4.28 พบว่าความแข็งแรงหลังเผาของดินเหนียวดำนเกวียน (C8) มีมากกว่าดินทรายดำนเกวียน (C7) ซึ่งการนำดินเหนียวดำนเกวียนมาผ่านการล้าง และนำมาเผาที่อุณหภูมิค่า ประมาณ 600-800 องศาเซลเซียส จะมีความแข็งแรงน้อยกว่าดินที่ไม่ผ่านการล้าง และเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่า

800 องศาเซลเซียสจะมีความแข็งแรงหลังเผาที่สูงขึ้น สำหรับดินทรายด้านเกรียน (C7) พบว่ามีความแข็งแรงหลังเผาของดินที่ไม่ผ่านการล้างใกล้เคียงกับดินที่ผ่านการล้าง

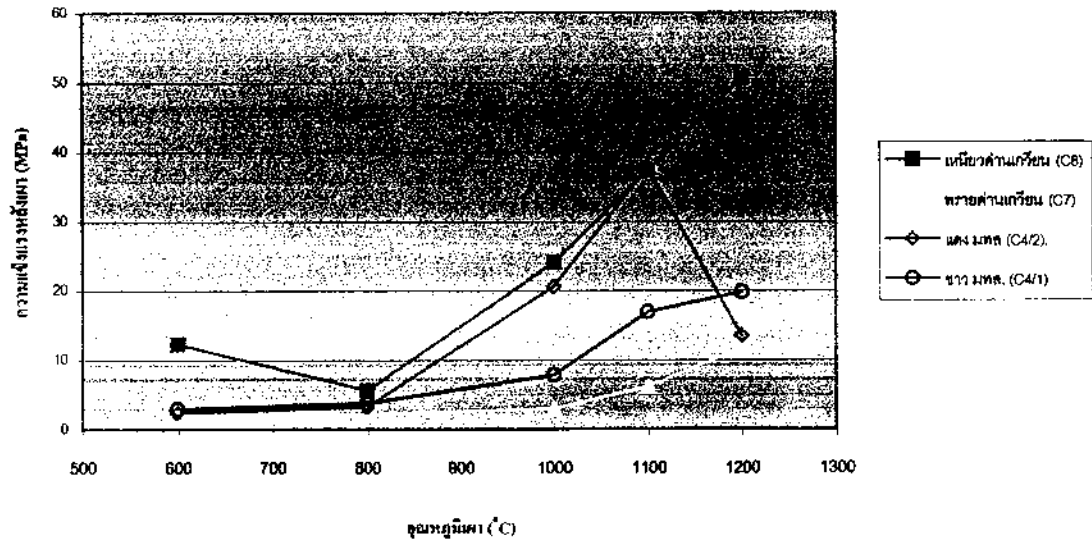
เปรียบเทียบการหดตัวหลังเผาของดินด้านเกรียน



รูป 4.29 การเปรียบเทียบการหดตัวหลังเผาของดินด้านเกรียนที่อุณหภูมิเผาต่างๆ

จากรูป 4.29 ผลการศึกษาการหดตัวหลังเผาของดินด้านเกรียน พบว่าที่อุณหภูมิเผาต่ำประมาณ 600-800 องศาเซลเซียส ไม่มีการหดตัวมากนัก และดินทั้งสองชนิดทั้งที่ผ่านการล้างและไม่ผ่านการล้าง มีการหดตัวที่ใกล้เคียงกัน เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น มากกว่า 800 องศาเซลเซียส จะมีการหดตัวเพิ่มขึ้นอย่างมาก และดินที่ผ่านการล้างจะมีการหดตัวมากกว่าดินที่ไม่ผ่านการล้างเล็กน้อย ดินเหนียวด้านเกรียน (C8) มีการหดตัวมากกว่าดินทรายด้านเกรียน (C7)

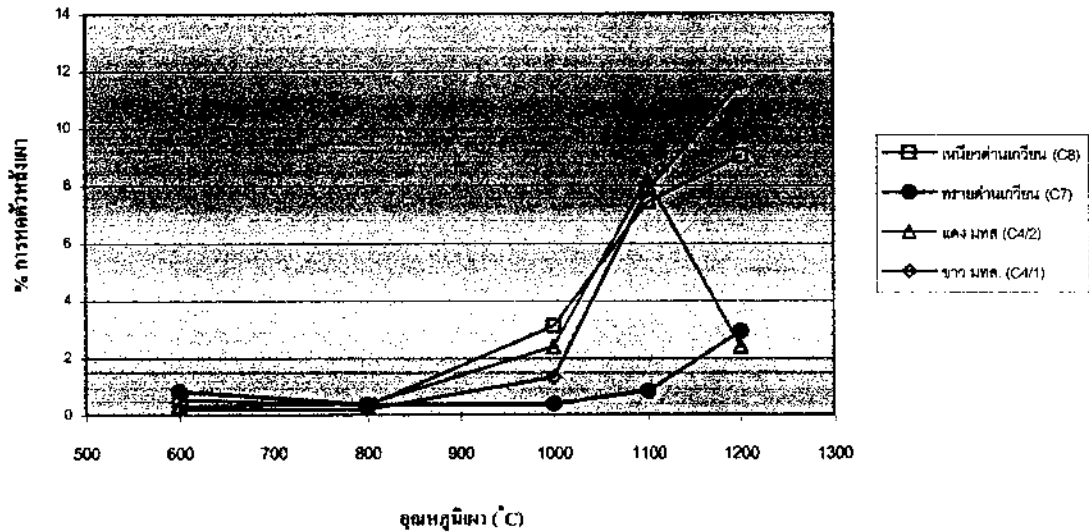
เปรียบเทียบความแข็งแรงหลังเผาของดินที่ไม่ผ่านการล้าง



รูป 4.30 การเปรียบเทียบความแข็งแรงหลังเผาของดินที่ไม่ผ่านการล้าง

จากรูป 4.30 เมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงหลังเผาของดินที่ไม่ผ่านการล้าง พบว่าที่อุณหภูมิเผาสูง ดินเหนียวค่านเกวียน (C8) จะมีความแข็งแรงหลังเผามากที่สุด และที่น่าสังเกตคือ ดินแดง มทส. (C4/2) นั้นก็มีความแข็งแรงหลังเผาเหมือนกันแต่เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 1100 องศาเซลเซียส จะมีความแข็งแรงลดลงอย่างมาก เนื่องจากหลังเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 1100 องศาเซลเซียส ดินแดง มทส. (C4/2) จะพองออกและมีรูพรุนเกิดขึ้นภายใน ทำให้ความแข็งแรงหลังเผาลดลงอย่างมาก ส่วนดินทรายค่านเกวียน (C7) จะมีความแข็งแรงหลังเผาน้อยที่สุด

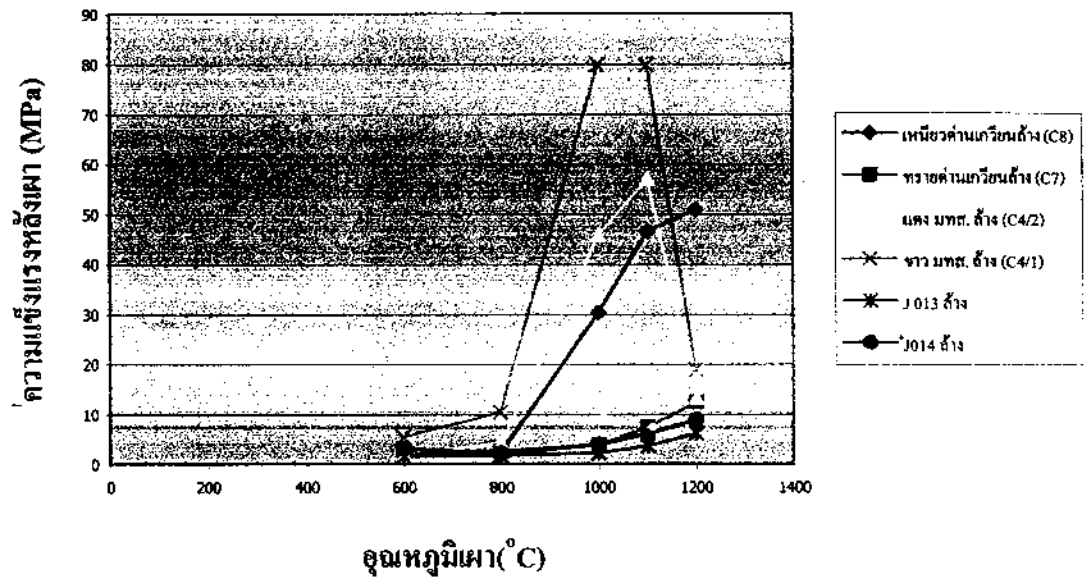
เปรียบเทียบการหดตัวหลังเผาของดินที่ไม่ผ่านการล้าง



รูป 4.31 การเปรียบเทียบการหดตัวหลังเผาของดินที่ไม่ผ่านการล้าง

จากรูป 4.31 เปรียบเทียบการหดตัวหลังเผาของดินที่ไม่ผ่านการล้าง พบว่าดินเหนียวด้านเกวียน (C8) และดินทรายด้านเกวียน (C7) มีการหดตัวมากขึ้นเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งดินขาว มทส. (C4/1) จะมีการหดตัวมากกว่าดินเหนียวด้านเกวียน (C8) ที่อุณหภูมิเผามากกว่า 1100 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าดินแดง มทส. (C4/2) เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 1100 องศาเซลเซียส จะมีการหดตัวลดลงอย่างมาก

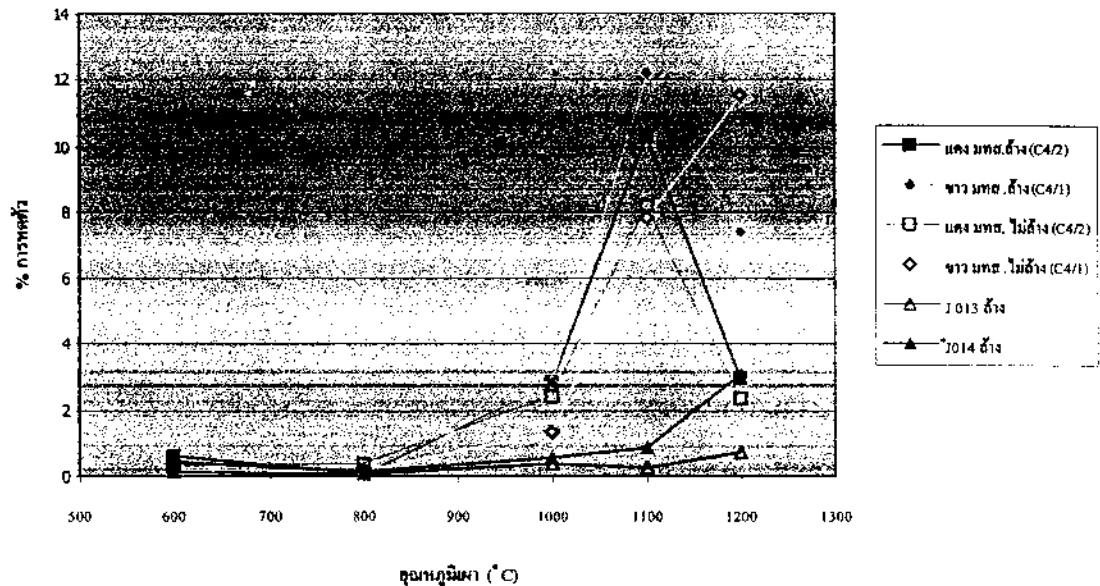
การเปรียบเทียบความแข็งแรงหลังเผาของดินที่ผ่านการล้าง



รูป 4.32 การเปรียบเทียบความแข็งแรงหลังเผาของดินชนิดต่างๆ

จากรูป 4.32 เปรียบเทียบดินขาว (C4/1) ที่ผ่านการล้างจะมีความแข็งแรงมากที่สุด และเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 1100 องศาเซลเซียส พบว่าดินแดง มทส. (C4/2) ทั้งที่ผ่านการล้าง จะมีความแข็งแรงลดลง ส่วนดินขาว มทส. (C4/1) ที่ผ่านการล้างจะมีความแข็งแรงลดลงมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงหลังเผาของดิน จากอำเภอจักราช J013 และ J014 พบว่า J014 จะมีความแข็งแรงมากกว่า J013 แต่ดินจากทั้งสองแหล่งนี้ก็ยังมีแข็งแรงน้อยกว่าดินขาว มทส. (C4/1) และดินแดง มทส. (C4/2) เป็นที่น่าสังเกตว่าดินขาวมทส. (C4/1) และดินแดง มทส. (C4/2) จะมีความแข็งแรงลดลงมากใกล้เคียงกับดิน J013 และ J014 ที่อุณหภูมิเผา 1200 องศาเซลเซียส

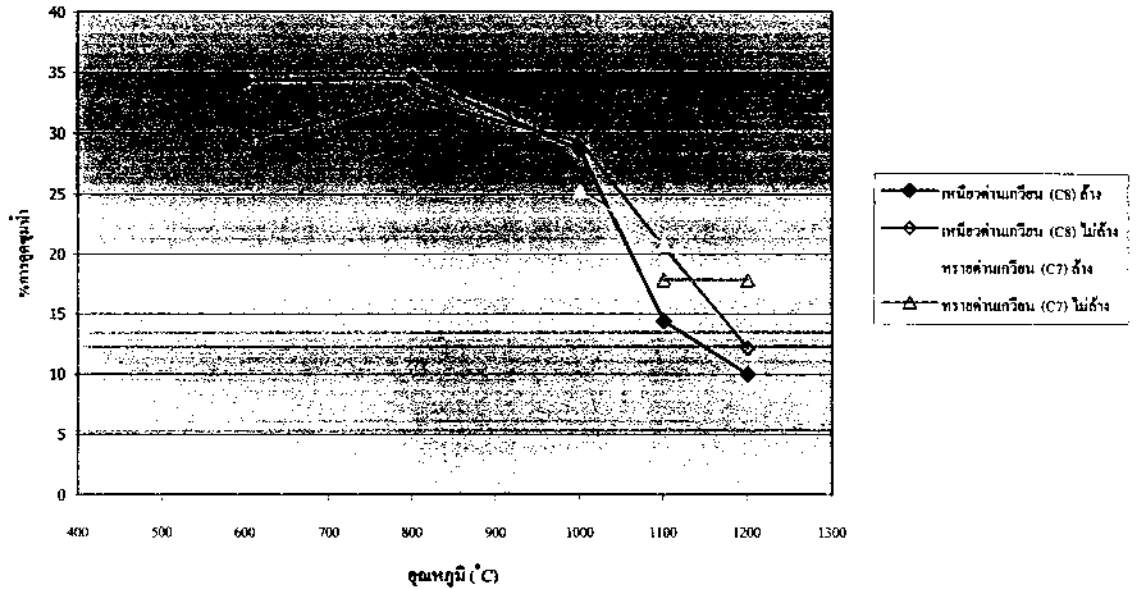
เปรียบเทียบการหดตัวหลังเผาของดินตัวอย่าง



รูป 4.33 การเปรียบเทียบการหดตัวหลังเผาของดินตัวอย่าง

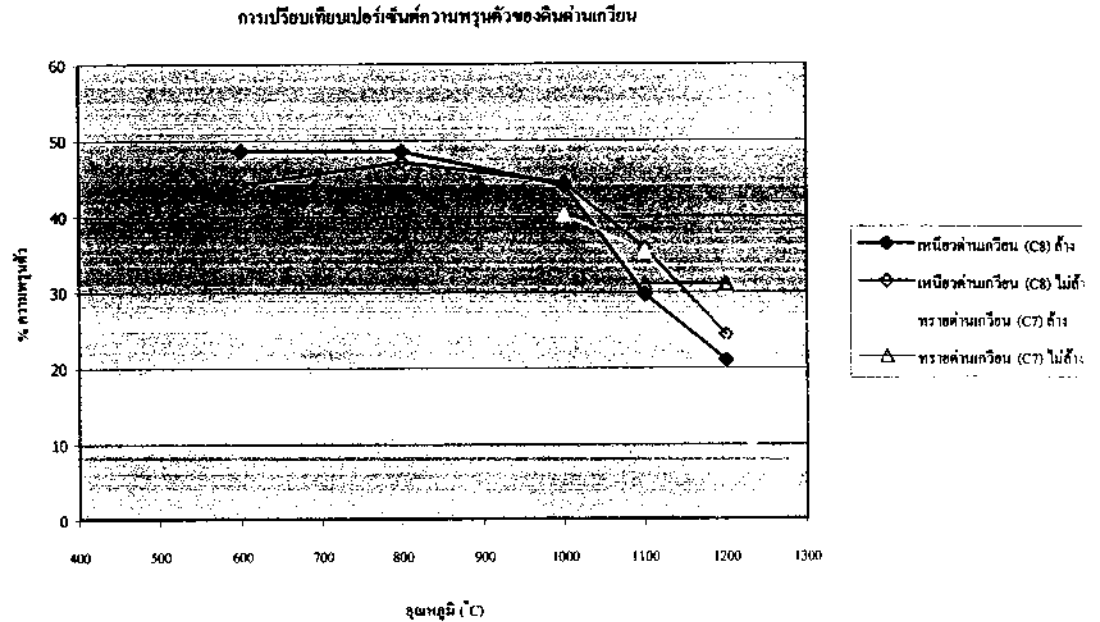
จากรูป 4.33 เปรียบเทียบการหดตัวหลังเผาของดิน มทส. และดินจากอำเภอจักราช พบว่า ดินแดง มทส. (C4/2) ทั้งที่ผ่านการล้าง และไม่ผ่านการล้างมีการหดตัวมากขึ้น และหดตัวลดลงอีกครั้ง เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 1100 องศาเซลเซียส ซึ่งดินขาว มทส. (C4/1) ที่ผ่านการล้าง ก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าดินขาว มทส. (C4/1) ที่ไม่ผ่านการล้าง มีการหดตัวมากขึ้น เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อดูจากผลการศึกษาการดูดซึมน้ำ และความพรุนตัว ดังรูป 4.36 และ 4.37 พบว่ามีการดูดซึมน้ำและความพรุนตัวลดลง ส่วนดินจากอำเภอจักราช J013 และ J014 มีการหดตัวน้อยมาก เมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิสูงถึง 1200 องศาเซลเซียส และมีแนวโน้มจะมีการหดตัวมากขึ้นเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น

เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของดินค่านเกวียน



รูป 4.34 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของดินค่านเกวียน

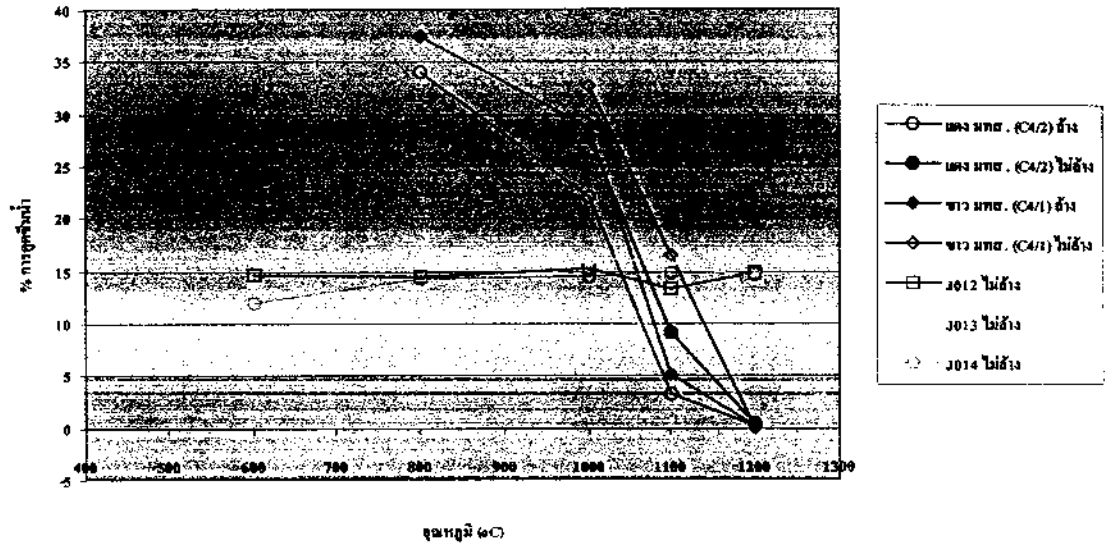
จากรูป 4.34 เมื่อเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำของดินค่านเกวียนที่ผ่านการเผา พบว่าที่อุณหภูมิต่ำดินเหนียวค่านเกวียน (C8) ที่ผ่านการล้างจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำสูงกว่าดินที่ไม่ผ่านการล้าง และที่อุณหภูมิเผาที่สูงขึ้น ดินเหนียวค่านเกวียน (C8) ที่ไม่ผ่านการล้างจะมีการดูดซึมน้ำสูงกว่า สำหรับดินทรายค่านเกวียน (C7) ทั้งที่ผ่านการล้างและไม่ผ่านการล้าง จะไม่สามารถเผาให้สุกตัวได้ที่อุณหภูมิต่ำ และดินทรายค่านเกวียน (C7) ที่ผ่านการล้างจะสุกตัวได้ดีกว่า แต่พบว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำสูงกว่าดินทรายค่านเกวียนที่ไม่ผ่านการล้างที่อุณหภูมิเผา 1200 องศาเซลเซียส



รูป 4.35 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความพรุนตัวของดินดานเกวียน

จากรูป 4.35 เมื่อเปรียบเทียบความพรุนตัวของดินดานเกวียน พบว่าที่อุณหภูมิ 600 – 1000 องศาเซลเซียส ดินเหนียวดานเกวียน (C8) ที่ผ่านการถ้างมีเปอร์เซ็นต์ความพรุนตัวมากกว่าดินที่ไม่ผ่านการถ้าง และเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 1000 องศาเซลเซียส ดินเหนียวดานเกวียน (C8) ถ้างจะมีความพรุนตัวต่ำกว่าดินที่ไม่ผ่านการถ้าง ซึ่งสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ ส่วนดินทรายดานเกวียน (C7) ที่ผ่านการถ้างจะมีความพรุนตัวมากกว่าดินที่ไม่ผ่านการถ้าง แต่ที่อุณหภูมิเผา 1200 องศาเซลเซียส ดินที่ไม่ผ่านการถ้างจะมีความพรุนตัวมากกว่าจึงมีความทนไฟได้มากกว่า เนื่องจากดินที่ไม่ผ่านการถ้างมีปริมาณทราย ซึ่งเป็นซิลิกาอยู่มากกว่า

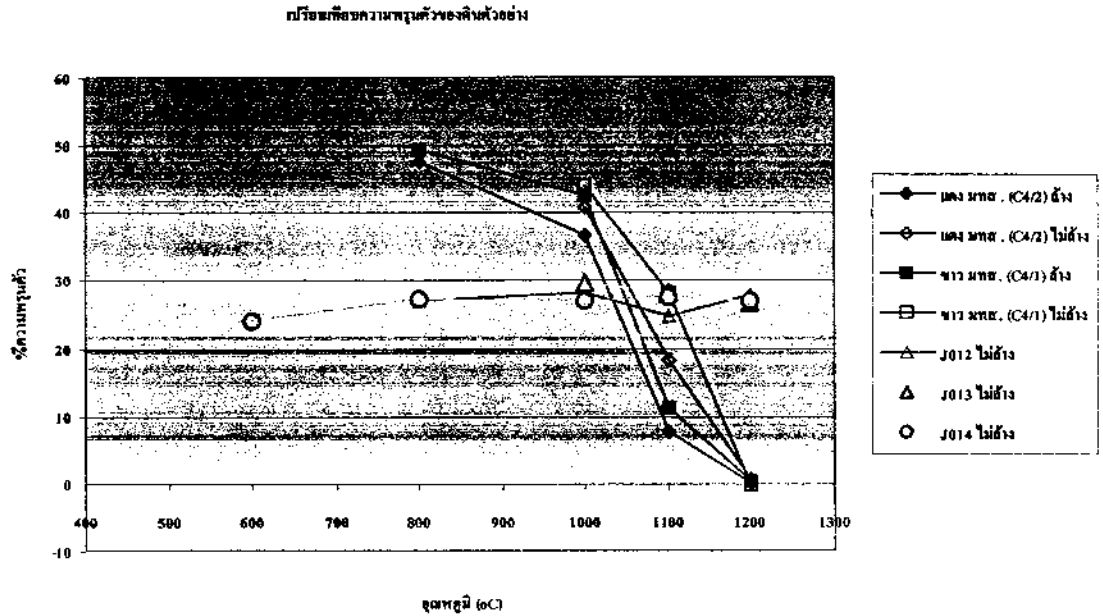
เปรียบเทียบการดูดซึมน้ำของดินตัวอย่าง



รูป 4.36 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของดินตัวอย่าง

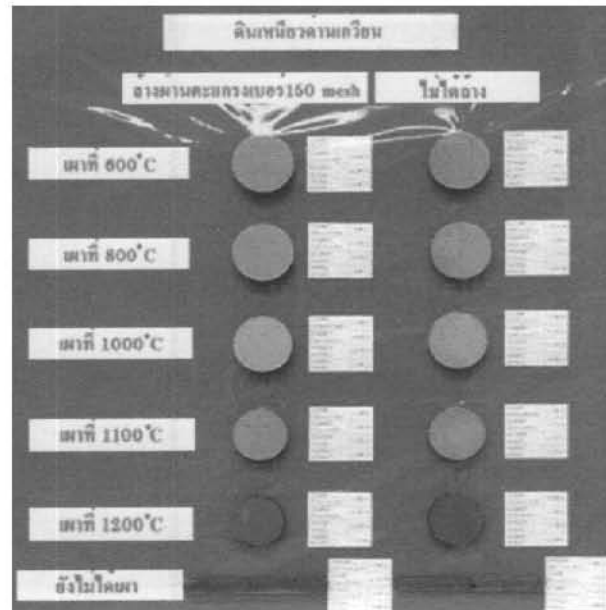
จากรูป 4.36 เมื่อเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำของดินตัวอย่าง พบว่าดินขาว มทส. (C4/1) และดิน แดง มทส. (C4/2) ที่ไม่ผ่านการล้างจะมีการดูดซึมน้ำมากกว่าดินที่ผ่านการล้าง และพบว่าดินขาว มทส. (C4/1) มีการดูดซึมน้ำมากกว่าดินแดง มทส. และมีการดูดซึมน้ำลดลงเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น โดยมีการดูดซึมน้ำลดลงเกือบเป็นศูนย์ ที่ 1200 องศาเซลเซียส

ดินจากอำเภอจักราช ทั้งสามแหล่งคือ J012, J013 และ J014 มีการดูดซึมน้ำใกล้เคียงกันและค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับดิน มทส. ทั้งสองแหล่ง โดยดิน J013 จะมีการดูดซึมน้ำมากที่สุด

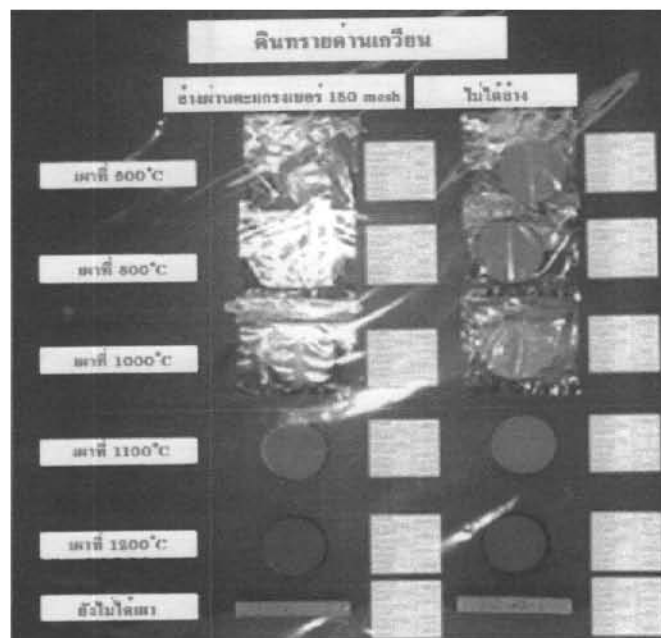


รูป 4.37 การเปรียบเทียบความพรุนตัวของดินตัวอย่าง

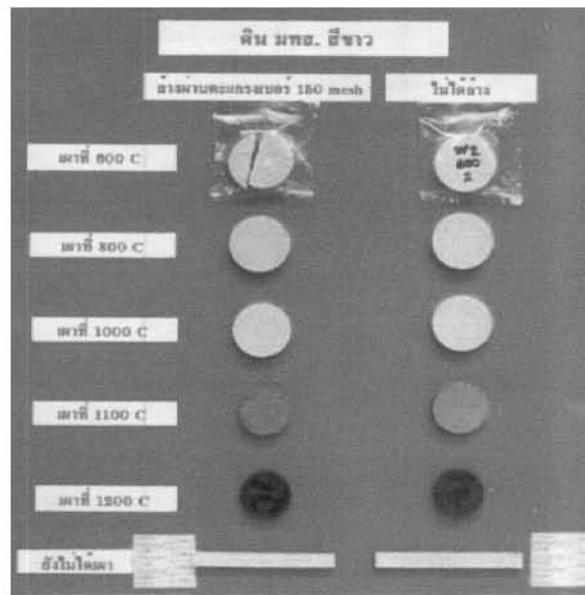
จากรูป 4.37 เมื่อเปรียบเทียบความพรุนตัวของดินตัวอย่าง พบว่าดินขาว มทส. (C4/1) มีความพรุนตัวมากกว่าดินแดง มทส. (C4/2) และทั้งดินขาว และดินแดง มทส. ที่ไม่ผ่านการล้าง จะมีความพรุนตัวหลังเผามากกว่าดินที่ผ่านการล้าง และมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สำหรับดินจากอำเภอจักราชทั้งสามแหล่ง (J012, J013 และ J014) ที่อุณหภูมิเผาต่ำกว่า 1000 องศาเซลเซียสจะมีความพรุนตัวต่ำกว่าดิน มทส. แต่เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะมีความพรุนตัวมากกว่า โดยที่ดินจักราช J013 มีความพรุนตัวหลังเผามากที่สุด เป็นที่น่าสังเกตว่าดิน มทส. (C4/1, C4/2) จะมีความพรุนตัวน้อยมากจนเกือบเท่ากับศูนย์ ซึ่งค่าความพรุนตัวคำนวณหาจากปริมาตรของน้ำที่เข้าไปแทนที่รูพรุนในเนื้อดินหลังเผา จากการสังเกตดินหลังเผามีลักษณะบวมและมีรูพรุนเล็กๆมากมายอยู่ภายใน แต่ที่ผิวภายนอกนั้นจะถูกปิดและทำให้ไม่มีการดูดซับน้ำ ดินที่ผ่านการเผาจึงมีน้ำหนักเบาและบางส่วนลอยน้ำได้ จึงทำให้ค่าความพรุนตัวและค่าการดูดซับน้ำลดลงมากจนเกือบเท่ากับศูนย์



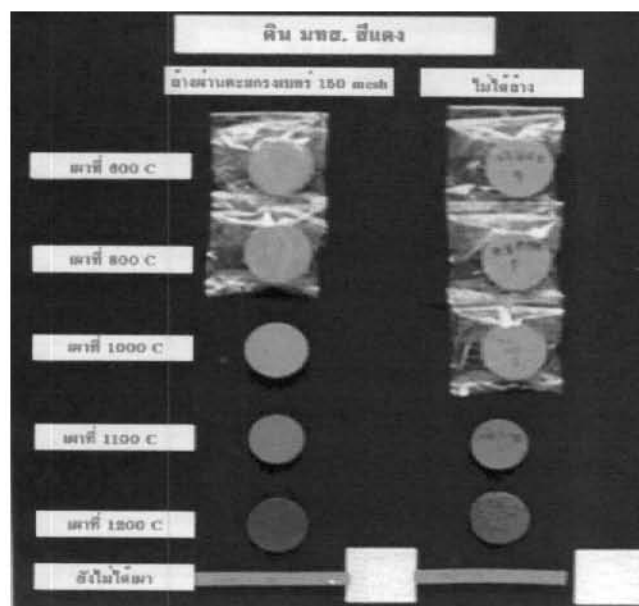
รูป 4.38 แสดงสีของดินเหนียวด้านเหนียวหลังเผา



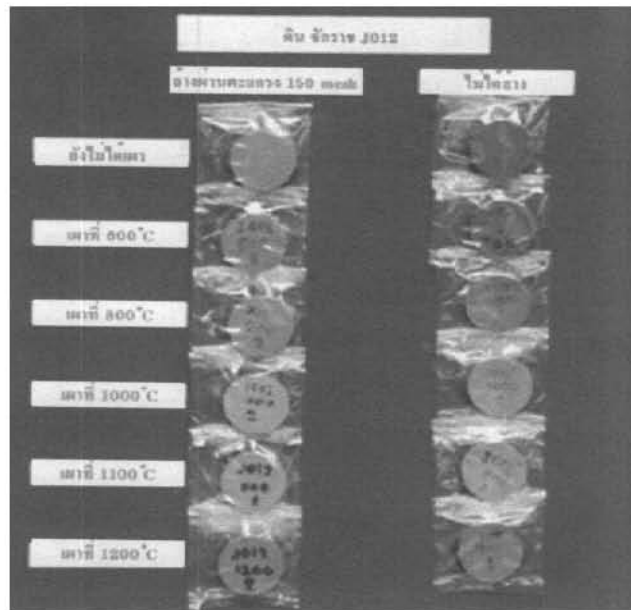
รูป 4.39 แสดงสีของดินทรายด้านเหนียวหลังเผา



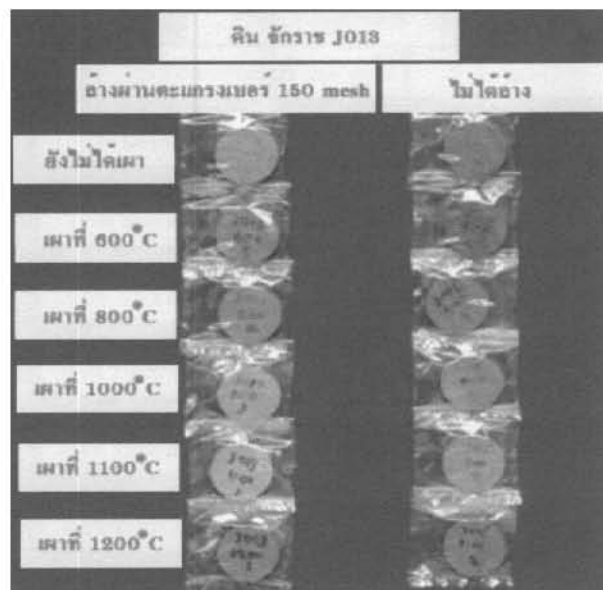
รูป 4.40 แสดงสีของดินขาว มทส.หลังเผา



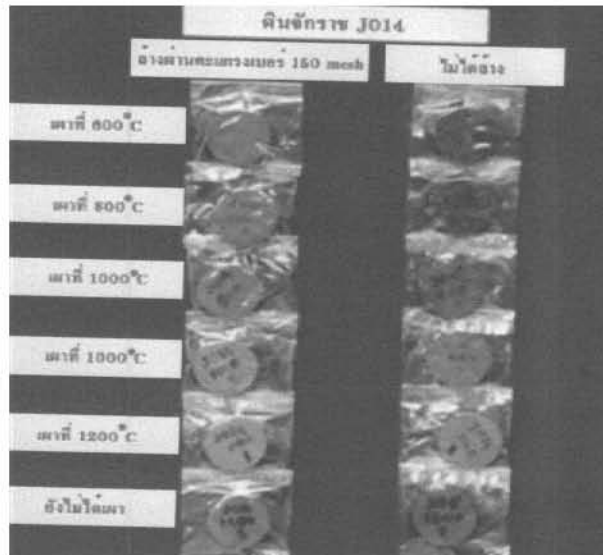
รูป 4.41 แสดงสีของดินแดง มทส.หลังเผา



รูป 4.42 แสดงสีของหินอำเภोजักราช J012 หลังเผา



รูป 4.43 แสดงสีของหินอำเภोजักราช J013 หลังเผา



รูป 4.44 แสดงสีของดินอำเภอจักราช J014 หลังเผา

สรุปผลการทดลอง

ในโครงการวิจัยนี้ดินที่นำมาศึกษาเป็นดินในจังหวัดนครราชสีมา การศึกษานี้เพื่อจะหาความเป็นไปได้ในการหาแหล่งวัตถุดิบใหม่ที่มีความต้องการมากขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งในโครงการวิจัยนี้ได้นำไปเผยแพร่แก่ผู้ประกอบการในธุรกิจ-อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาด่านเกวียน ณ.เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในฐานะสถาบันเครือข่ายพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมร่วมกับ SMEs ในวันที่ 5-6 สิงหาคม 2543 ในโครงการดินที่เลือกนำมาศึกษาจากแหล่งที่ได้มีการนำมาใช้งาน แต่คุณภาพของวัตถุดิบยังไม่ได้มาตรฐาน อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติจริง ยังต้องการการสำรวจแหล่งวัตถุดิบเหล่านี้ให้ละเอียด ซึ่งต้องอาศัยความรู้และเทคโนโลยีทางธรณี เพื่อหาความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นอุตสาหกรรมต่อไป

จากการทดสอบคุณสมบัติด้านต่างๆของดิน ทำให้สามารถเลือกวัตถุดิบมาใช้ให้เหมาะสมกับงานด้านเซรามิก และเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต คุณสมบัติที่ดีและเด่นจะถูกนำไปใช้

เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ยังค้อยอยู่ จากการศึกษาคูณสมบัติก่อนเผาของดินชนิดต่างๆ พบว่าดินแดง มทส. (C4/2) ที่ผ่านการล้างจะมีความแข็งแรงก่อนเผาสูงที่สุดคือ 18.18 ± 2.62 MPa ซึ่งมีมากกว่าดินเหนียวค่านเกวียน (C8) และดินแดง มทส. (C4/2) ที่ไม่ผ่านการล้าง ในกรณีของดินค่านเกวียนพบว่าดินทรายค่านเกวียน (C7) และดินเหนียวค่านเกวียน (C8) ที่ไม่ผ่านการล้าง จะให้คุณสมบัติก่อนเผาที่ดีกว่าดินที่ผ่านการล้าง ดังนั้นดินค่านเกวียนที่ชาวบ้านนำมาใช้ในปัจจุบันโดยไม่ผ่านการล้างก็ยังคงใช้ได้ ซึ่งเป็นข้อดีและเอกลักษณ์ที่พิเศษของดินค่านเกวียนที่ไม่จำเป็นต้องผ่านการล้าง แต่ดินที่ผ่านการล้างแล้วจะมีคุณสมบัติต่างๆหลังเผาดีกว่าดินที่ไม่ผ่านการล้าง ดังนั้นในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการมาตรฐานที่สูงขึ้นหรือต้องการเนื้อละเอียดขึ้น จะต้องการการล้างดิน ในกรณีที่จะพัฒนาการขึ้นรูปของดินเช่น การเทแบบหล่อนั้น จำเป็นต้องนำดินมาผ่านการล้างซึ่งจะทำให้ความแข็งแรงก่อนเผาลดลงเล็กน้อยและทำให้ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ก่อนเผาเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์จะหดตัวมากขึ้นและต้องควบคุมการอบและใช้เวลาในการไล่น้ำก่อนนำผลิตภัณฑ์เข้าเผาตามขึ้น ดังนั้นดินค่านเกวียน ถ้านำมาใช้ในส่วนผสมเดิมที่ชาวบ้านค่านเกวียนใช้กันมานานจะไม่เหมาะสมในการนำมาทำผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูง จำเป็นต้องเพิ่มดินชนิดอื่นลงไปแล้วหาสัดส่วนที่เหมาะสมจึงจะได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้น

สำหรับดินในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จากการสำรวจพบดินสีขาวและดินสีแสด ถ้านำมาผสมในส่วนผสมดินค่านเกวียนจะทำให้คุณสมบัติก่อนเผาที่ดีขึ้น และถ้าเผาไม่เกิน 1100 องศาเซลเซียสจะให้ความแข็งแรงแก่ผลิตภัณฑ์มาก ทั้งคาดว่าผลิตภัณฑ์จะมีความพรุนตัวและการดูดซึมน้ำลดลงได้มากด้วย และด้วยส่วนผสมที่เหมาะสมระหว่างดินทรายค่านเกวียนล้างดินเหนียวค่านเกวียนล้าง ดิน มทส. และ ดินจักราช จะทำให้ได้เนื้อผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมในการขึ้นรูปแบบอื่นๆ ได้

ดินแดง มทส. (C4/2) และดินขาว มทส. (C4/1) จะมีคุณสมบัติพิเศษคือ เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงถึง 1200 องศาเซลเซียส จะมีความแข็งแรงลดลงอย่างมาก ซึ่งเนื่องมาจากมีรูพรุนในเนื้อดินมาก แต่จากการตรวจสอบความพรุนตัวและการดูดซึมน้ำพบว่ามีความน้อยมาก ข้อสังเกต คือดินทั้งสองชนิดจะมีการหดตัวจนถึง 1100 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิสูงกว่า 1100 องศาเซลเซียส จะมีการหดตัวลดลงน้อยมาก ข้อสังเกตนี้คือดินทั้งสองชนิดจะมีการขยายตัวขึ้น จึงคาดว่าน่าจะมีความเหมาะสมในการทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการรูพรุน น้ำหนักเบา และมีการดูดซึมน้ำต่ำ

ดินอำเภोजักราช ได้นำมาศึกษาเพียงเล็กน้อย และจากการนำมาล้าง พบว่ามีภาคดินมาก ดินที่ไม่ผ่านการล้างจะไม่สามารถนำมารีดเพื่อขึ้นรูปได้ นั่นคือไม่มีความเหนียวเพียงพอ ดินที่ผ่านการล้างจะให้คุณสมบัติด้านการทนไฟดี โดยการเผาที่อุณหภูมิสูงถึง 1200 องศาเซลเซียส พบว่าเนื้อดินยังไม่สุกตัว และให้สีสันหลังเผาสดใสแตกต่างออกไปมาก ทำให้สามารถเลือกใช้ดินเพื่อตกแต่งสีให้กับผลิตภัณฑ์ได้อีกทางหนึ่ง

บรรณานุกรม

- [1]กลุ่มวิจัยแร่อุตสาหกรรม. 2540. รายงานการวิจัยคุณสมบัติของดินเหนียวที่ใช้ทำ
โอ่งราชบุรี. กองการเหมืองแร่. กรมทรัพยากรธรณี
- [2] คณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์. (2536). คู่มือปฏิบัติการปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชา
ธรณีศาสตร์. คณะทรัพยากรธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [3]จุมพล คีนัดก , ชงชัย พึ่งรัมย์ และ พิภพ วสุวานิช . (2521) . ดิน . เอกสารเศรษฐ
ธรณีวิทยา เล่มที่ 19. กรมทรัพยากรธรณี . กรุงเทพฯ.
- [4]จุฑารัตน์ สุคนธสวัสดิ์ . 2540. ดินมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. โครงการวิจัย
ระดับปริญญาตรี. สาขาวิชาวิศวกรรมเซรามิก . สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ . มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีสุรนารี.
- [5]ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2541). เนื้อดินเซรามิก. สำนักพิมพ์ไอเคียนสโตร์: กรุงเทพฯ.
- [6]มนตรี โคตรประโคน .2542. การศึกษาชั้นตะกอนในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
สุรนารีและ บริเวณโดยรอบ. รายงานการศึกษารายวิชาปัญหาเฉพาะเรื่อง. สาขาวิชาเทคโนโลยี
ธรณี. สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [7]มยุร ผึ้งผาย และ สุชาดา จงเกษกรณ์ . 2541 . คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี
ของดินค่านเกวียน . รายงานการศึกษารายวิชาปัญหาเฉพาะเรื่อง .สาขาวิศวกรรมเซรามิก .
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ . มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [8]ยงยุทธ โอสดสภา และคณาจารย์ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2541). ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.
- [9]สุมิตร ปันทรัพย์ .2541. ค่านเกวียนดินแดนแห่งเครื่องปั้นดินเผา. รายงานการปฏิบัติ
งานสหกิจศึกษา. สาขาวิชาวิศวกรรมเซรามิก. สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ . มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีสุรนารี.
- [10] สหราช ทวีพงษ์ และ ทองไกร วงศ์ษา. 2541. รายงานการศึกษาสำรวจลักษณะทาง
ธรณีวิทยาของพื้นที่ มทส. รายงานการศึกษารายวิชาปัญหาเฉพาะเรื่อง. สาขาวิชาเทคโนโลยี
ธรณี. สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [11] J.T.Jones and M.F. Berard. (1993). Ceramics Industrial Processing and Testing.
Second edition. Iowa State University Press. Ames. Iowa.

ภาคผนวก



Designation: C 325 - 81 (Reapproved 1997)¹

Standard Test Method for Wet Sieve Analysis of Ceramic Whiteware Clays¹

This standard is issued under the fixed designation C 325; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

¹ Note—Section 8 was added editorially in October 1997.

1. Scope

1.1 This test method covers the wet sieve analysis of ceramic whiteware clays. This test method is intended for use in testing shipments of clay as well as for plant control tests.

1.2 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

C 322 Practice for Sampling Ceramic Whiteware Clays²

E 11 Specification for Wire-Cloth Sieves for Testing Purposes³

3. Apparatus

3.1 *Stirring Device*—A mechanical stirrer with a three-bladed propeller 2 in. (51 mm) in diameter and having a speed of approximately 1700 r/min. or the equivalent, shall be provided.

3.2 *Sieves*—The sieves shall conform to Specification E 11 and shall include the No. 100 (150- μ m), No. 140 (106- μ m), No. 200 (75- μ m) and No. 325 (45- μ m) sieves (Note). The wire cloth for these sieves shall be woven (not twilled) and shall be mounted in circular metal frames 8 in. (203 mm) in diameter, which shall be so constructed as to permit nesting of two or more sieves. A pan and cover for the sieves shall be provided.

Note—Equivalent sieves from other standard series, such as the Tyler series, may also be used. If results are to be compared with those obtained with sieves from the ASTM series, it is important that the openings of the sieves used fall within the tolerances specified in Specification E 11 for the corresponding ASTM sieves.

4. Sampling

4.1 The sample shall be obtained in accordance with Practice C 322.

4.2 The sample as received shall be placed in a drying oven at 100 to 110°C for a period of not less than 5 h prior to testing.

5. Procedure

5.1 Transfer duplicate portions, of approximately 250 g the dried clay sample, weighed to the nearest 0.1 g, into containers of at least 2-L capacity. Wet the clay with 1 L water and allow to slake for 2 h. If a free-flowing slurry is produced by this treatment, add another 500 mL of water.

5.2 To ensure complete separation of clay from nonplastic impurities, agitate the slurry by means of a mechanical stirrer (3.1). Continue the stirring between 5 and 10 min.

5.3 Transfer the slaked and stirred sample, without loss, through the finest sieve to be employed in the test, and wash the residue on the sieve by means of a small jet of water from a 1/4-in. (6.4-mm) diameter rubber hose attached to a water supply having a pressure not in excess of that of an ordinary city main. The force of the jet may be controlled by compressing the end of the hose between the thumb and forefinger. Take care to avoid loss of sample from splashing. Continue washing until water passing through the sieve shows only traces of sample. Should lumpy material remain on the screen, return the residue to the stirrer container by careful washing with a gentle jet of water and agitate in approximately 1 L of water for 10 min. then wash the slurry as previously described.

5.4 Wash the residue remaining on the finest sieve into the pan. Thoroughly wet the remaining sieves to be used in the test with clear water, and nest them in the proper sequence on the finest sieve. Wash the residue in the pan quantitatively onto the top sieve, and give the stack a preliminary washing.

5.5 Nest the top sieve on the pan, which shall contain about 1/2 in. (12.7 mm) of clear water. Wash the residue by holding the pan and sieve firmly in the hands, and by a sidewise movement, causing water to splash up through the sieve and into the residue. This movement, coupled with interspersed circular motions, allows thorough washing. Wash the residue and water remaining in the pan onto the top sieve of the stack.

5.6 Again fill the pan with the proper amount of water, nest the top sieve and its residue on the pan, and repeat the operation. Continue this until the finest sieve has been washed. Carefully blot each sieve on its underside with a soft damp sponge, and place the sieve either in a drying oven at 100 to 110°C or under infrared lamps until thoroughly dry. Approximately 2 h is required with a drying oven, but only about 30 min with an infrared lamp set 12 in. (305 mm) above the sieve.

5.7 Nest the dried residues and sieves in the proper order, with due care to prevent dusting of the residues. Close the

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C-21 on Ceramic Whitewares and Related Products and is the direct responsibility of Subcommittee C21.04 on Clays.

Current edition approved April 24, 1981. Published November 1981. Originally published as C 325 - 53. Last previous edition C 325 - 53.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.02.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.02.

assembly lightly for 1 min on a table top.

5.3 Separate the nested sieves and carefully brush the residue from each onto a weighing paper. Weigh the residues to the nearest 0.001 g on an analytical balance.

6. Calculation and Report

6.1 Calculate the sieve analysis for test sample on the dry weight basis, and report the results to the nearest 0.01 % of the material retained on each sieve. Report the percentage

passing the finest sieve as the difference between 100 % and the sum of the percentages retained on the various sieves.

7. Precision and Bias

7.1 The true value of the particle size can be defined only in terms of a test method. Within this limitation, this test method has no known bias.

8. Keywords

8.1 clay; sieve analysis; wet sieve

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19429.



Designation: C 326 – 82 (Reapproved 1997)¹

Standard Test Method for Drying and Firing Shrinkages of Ceramic Whiteware Clays¹

This standard is issued under the fixed designation C 326; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

¹ NOTE—Section 7 was added editorially in October 1997.

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of linear shrinkage of ceramic whiteware clays, both unfired and fired.

1.2 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Significance and Use

2.1 The purpose of this test is to obtain values of shrinkage after drying and firing of clays or bodies or both, under various processing conditions to enable designers to determine the proper size of mold or die so as to produce a predetermined size of fired ware.

3. Test Specimens

3.1 Test specimens shall be either round bars approximately 25 mm in diameter by 115 mm in length, or bars of square cross section approximately 25 by 25 by 115 mm in dimensions.

3.2 Test specimens may be prepared either by casting or plastic forming, as circumstances require. At least five specimens shall be prepared. For cast specimens the molds may be either one-piece, or two- or more-part molds; in either instance sufficient space shall be provided to allow solid casting without piping. Where plastic-forming is employed, the clay-water mass shall be brought to a consistency that permits the making of specimens rigid enough to allow careful handling without distortion immediately after the test specimen is made. Plastic-formed test specimens shall be made either by extrusion or by pressing in a suitable metal mold. Where a vacuum pugmill is used, a vacuum of not less than 25 in. (635 mm) Hg shall be maintained during the forming operation. Where no vacuum attachment is used, the plastic clay shall be thoroughly hand-wedged to eliminate entrapped air as a preliminary to forming test pieces.

3.3 The test specimens, cast or plastic-formed, shall be suitably identified and marked with shrinkage reference lines 100 mm apart on the long axis of the specimen.

3.4 The marked specimens shall then be placed on a lightly oiled pallet and allowed to dry at 20 to 40°C for 24 h.

During this preliminary drying period, bars of square cross section shall be turned 90 deg several times at 2-h intervals to eliminate possible warping. After the initial drying period the specimens shall be placed in a drying oven at 100 to 110°C and further dried for 24 h.

3.5 The drying shrinkage of the test specimens should be determined in accordance with Sections 4 and 5. The specimens can now be fired according to a suitable firing schedule to the desired temperature and the procedures of Sections 4 and 5 applied to determine the total shrinkage.

4. Shrinkage Measurement

4.1 Measure the distance between shrinkage reference marks on dried or fired specimens to the closest 0.1 mm with vernier calipers. Record the average of at least five measurements (one measurement on each of five specimens).

5. Calculation

5.1 Calculate the linear drying shrinkage as a percentage of plastic length, as follows:

$$S_d = \frac{L_p - L_d}{L_p} \times 100$$

where:

S_d = linear drying shrinkage, %,
 L_p = plastic length of test specimen, and
 L_d = dry length of test specimen.

5.2 Calculate the total linear shrinkage after drying and firing of clay shrinkage specimens as a percentage of plastic length, as follows:

$$S_t = \frac{L_p - L_f}{L_p} \times 100$$

where:

S_t = total linear shrinkage after drying and firing, %,
 L_p = plastic length of test specimen, and
 L_f = fired length of test specimen.

5.3 When desired, volume shrinkage may be calculated from linear shrinkage, as follows:

$$\text{Volume shrinkage, \%} = [1 - (1 - S/100)^3] 100$$

where:

S = linear shrinkage, %.

5.4 The shrinkage factor is used to convert fired sizes to plastic sizes or mold sizes. Calculate as follows:

$$\text{Shrinkage factor} = L_p/L_f$$

where:

L_p = plastic length of test specimen, and
 L_f = fired length of test specimen.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C-21 on Ceramic Whitewares and Related Products and is the direct responsibility of Subcommittee C21.04 on Clays.

Current edition approved June 25, 1982. Published August 1982. Originally

C 326

6. Precision and Bias

6.1 The direction of flow in forming influences the orientation of the clay particles and the shrinkage. The shrinkage value should be related to the method of forming as well as the dimension of the ware.

6.2 When the original reference points are 100 mm apart, the precision of the shrinkage measurement is $\pm 0.1\%$.

6.3 Measurements of drying shrinkage on one dimension

of specimens all formed by the same method should yield a standard deviation of 0.1 % or less.

6.4 Measurement of total linear shrinkage after drying and firing on one dimension of specimens should yield a standard deviation of 0.25 % or less.

7. Keywords

7.1 clay; drying shrinkage; firing shrinkage

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.



Designation: C 373 - 88 (Reapproved 1994)

Standard Test Method for Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products¹

This standard is issued under the fixed designation C 373; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method covers procedures for determining water absorption, bulk density, apparent porosity, and apparent specific gravity of fired unglazed whiteware products.

1.2 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Significance and Use

2.1 Measurement of density, porosity, and specific gravity is a tool for determining the degree of maturation of a ceramic body, or for determining structural properties that may be required for a given application.

3. Apparatus and Materials

3.1 *Balance*, of adequate capacity, suitable to weigh accurately to 0.01 g.

3.2 *Oven*, capable of maintaining a temperature of $150 \pm 5^\circ\text{C}$ ($302 \pm 9^\circ\text{F}$).

3.3 *Wire Loop, Halter, or Basket*, capable of supporting specimens under water for making suspended mass measurements.

3.4 *Container*—A glass beaker or similar container of such size and shape that the sample, when suspended from the balance by the wire loop, specified in 3.3, is completely immersed in water with the sample and the wire loop being completely free of contact with any part of the container.

3.5 *Pan*, in which the specimens may be boiled.

3.6 *Distilled Water*.

4. Test Specimens

4.1 At least five representative test specimens shall be selected. The specimens shall be unglazed and shall have as much of the surface freshly fractured as is practical. Sharp edges or corners shall be removed. The specimens shall contain no cracks. The individual test specimens shall weigh at least 50 g.

5. Procedure

5.1 Dry the test specimens to constant mass (Note) by

heating in an oven at 150°C (302°F), followed by cooling in a desiccator. Determine the dry mass, D , to the nearest 0.01 g.

NOTE—The drying of the specimens to constant mass and the determination of their masses may be done either before or after the specimens have been impregnated with water. Usually the dry mass is determined before impregnation. However, if the specimens are friable or evidence indicates that particles have broken loose during the impregnation, the specimens shall be dried and weighed after the suspended mass and the saturated mass have been determined, in accordance with 5.3 and 5.4 in this case, the second dry mass shall be used in all appropriate calculations.

5.2 Place the specimens in a pan of distilled water and boil for 5 h, taking care that the specimens are covered with water at all times. Use setter pins or some similar device to separate the specimens from the bottom and sides of the pan and from each other. After the 5-h boil, allow the specimens to soak for an additional 24 h.

5.3 After impregnation of the test specimens, determine to the nearest 0.01 g the mass, S , of each specimen while suspended in water. Perform the weighing by placing the specimen in a wire loop, halter, or basket that is suspended from one arm of the balance. Before actually weighing, counterbalance the scale with the loop, halter, or basket in place and immerse in water to the same depth as is used when the specimens are in place. If it is desired to determine only the percentage of water absorption, omit the suspended mass operation.

5.4 After the determination of the suspended mass or after impregnation, if the suspended mass is not determined, blot each specimen lightly with a moistened, lint-free linen or cotton cloth to remove all excess water from the surface, and determine the saturated mass, M , to the nearest 0.01 g. Perform the blotting operation by rolling the specimen lightly on the wet cloth, which shall previously have been saturated with water and then pressed only enough to remove such water as will drip from the cloth. Excessive blotting will introduce error by withdrawing water from the pores of the specimen. Make the weighing immediately after blotting, the whole operation being completed as quickly as possible to minimize errors due to evaporation of water from the specimen.

6. Calculation

6.1 In the following calculations, the assumption is made that 1 cm^3 of water weighs 1 g. This is true within about 3 parts in 1000 for water at room temperature.

6.1.1 Calculate the exterior volume, V , in cubic centimetres, as follows:

$$V = M - S$$

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C-21 on Ceramic Whitewares and Related Products and is the direct responsibility of Subcommittee C21.03 on Fundamental Properties.

Current edition approved Sept. 30, 1988. Published November 1988. Originally published as C 373 - 55 T. Last previous edition C 373 - 72 (1982).

 C 373

6.1.2 Calculate the volumes of open pores V_{OP} and impervious portions V_{IP} in cubic centimetres as follows:

$$V_{OP} = M - D$$

$$V_{IP} = D - S$$

6.1.3 The apparent porosity, P , expresses, as a percent, the relationship of the volume of the open pores of the specimen to its exterior volume. Calculate the apparent porosity as follows:

$$P = [(M - D)/V] \times 100$$

6.1.4 The water absorption, A , expresses as a percent, the relationship of the mass of water absorbed to the mass of the dry specimen. Calculate the water absorption as follows:

$$A = [(M - D)/D] \times 100$$

6.1.5 Calculate the apparent specific gravity, T , of that portion of the test specimen that is impervious to water, as follows:

$$T = D/(D - S)$$

6.1.6 The bulk density, B , in grams per cubic centimetre of a specimen is the quotient of its dry mass divided by the exterior volume, including pores. Calculate the bulk density as follows:

$$B = D/V$$

7. Report

7.1 For each property, report the average of the value obtained with at least five specimens, and also the individual values. Where there are pronounced differences among the individual values, test another lot of five specimens and, in addition to individual values, report the average of all test determinations.

8. Precision and Bias

8.1 This test method is accurate to ± 0.2 % water absorption in interlaboratory testing when the average value recorded by all laboratories is assumed to be the true water absorption. The precision is approximately ± 0.1 % water absorption on measurements made by a single experienced operator.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.



Designation: C 837 - 81 (Reapproved 1992)

Standard Test Method for Methylene Blue Index of Clay¹

This standard is issued under the fixed designation C 837; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method covers the measurement of the adsorption of methylene blue dye by a clay, which is calculated as a methylene blue index for a clay.

1.2 *This standard does not purport to address all of the safety problems, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Document

2.1 ASTM Standard:

C 324 Test Method for Free Moisture in Ceramic White-ware Clays²

3. Significance and Use

3.1 Tests run on many clays generally indicate that a straight-line relationship exists between the methylene blue index and such fundamental clay properties as cation exchange capacity, dry bond strength, and specific surface.

3.2 That portion of a clay lying within the colloidal range (generally defined as the 0.5 to 0.001- μm range), determines the strictly colloidal properties of the clay and, together with the amount and type of organic material associated with the clay and the 2 to 0.2- μm fraction, largely determines the properties of the clay when used in casting slip. The specific surface of the clay is a function of its particle size distribution, and since a straight-line relationship exists between dye adsorption and specific surface, dye adsorption therefore is an indication of the particle size distribution of the clay, particularly that part of the distribution in the $\sim 2\text{-}\mu\text{m}$ range in the clay. This procedure describes the determination of the dye adsorption (in this case, methylene blue) of the clay, using as a sample the dry clay from the moisture test described in Test Method C 324.

4. Apparatus

4.1 *Balance*, accurate to 0.01 g.

4.2 *Mixer*.³

4.3 *pH Meter or pH Paper*.

4.4 *Beaker*, 600-mL.

4.5 *Buret*, 25-mL.

4.6 *Medicine Dropper or Glass Stirring Rod*.

4.7 *Filter Paper*, Baroid No. 987.⁴

5. Reagents

5.1 *Purity of Reagents*—Reagent grade chemicals shall be used in all tests. Unless otherwise indicated, it is intended that all reagents shall conform to the specifications of the Committee on Analytical Reagents of the American Chemical Society, where such specifications are available.⁵ Other grades may be used, provided it is first ascertained that the reagent is of sufficiently high purity to permit its use without lessening the accuracy of the determination.

5.2 *Purity of Water*—Unless otherwise indicated, references to water shall be understood to mean distilled water or water of equal purity.

5.3 *Methylene Blue Solution (1 mL = 0.01 meq)⁴*—Store in darkness.

5.4 *Sulfuric Acid (0.1 N)*.

6. Procedure

6.1 Weigh out 2.00 g of clay that has been dried in accordance with the procedure in Method C 324, and place in the 600-mL beaker. If the clay cannot be tested immediately after drying it should be stored in a suitable desiccator.

6.2 Add 300 mL of distilled water to the beaker and stir with the mixer until the clay is uniformly dispersed.

6.3 Determine the pH of the slurry and add sufficient sulfuric acid to bring the pH within the range from 2.5 to 3.8. Continue stirring while the pH is being adjusted and continue stirring for 10 to 15 min after the last addition of acid.

6.4 Again test the slurry for pH, adding additional acid if necessary to restore the pH to the 2.5 to 3.8 range.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C-21 on Ceramic Whitewares and Related Products and is the direct responsibility of Subcommittee C 21.04 on Clays.

Current edition approved March 27, 1981. Published August 1981. Originally published as C 837 - 76. Last previous edition C 837 - 76.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 15.02.

³ This test method is based on the use of the Model F Lightnin mixer, which is available from Mixing Equipment Co., Inc., Rochester, NY. However, it has been found that some clays are not completely dispersed in this apparatus, and so results may be spurious. It has been found that the Waring Blender, available from Waring Products Division, Dynamics Corporation of America, New Hartford, CT 06057, is successful in dispersing all clays.

⁴ Available from Baroid Div., National Lead Co., No. 425-15.

⁵ *Reagent Chemicals, American Chemical Society Specifications*. American Chemical Society, Washington, DC. For suggestions on the testing of reagents not listed by the American Chemical Society, see *Analar Standards for Laboratory Chemicals*. BDH Ltd., Poole, Dorset, U.K., and the *United States Pharmacopeia and National Formulary*. U.S. Pharmaceutical Convention, Inc. (USPC), Rockville, MD.



6.5 With the slurry still under the mixer, fill the buret with the methylene blue solution, add 5 ml of the solution to the slurry, and stir for 1 to 2 min.

6.6 Remove a drop of the slurry, using the dropper or the glass stirring rod, and place on the edge of the filter paper.

6.7 Observe the appearance of the drop on the filter paper. The end point is indicated by the formation of a light blue halo around the drop. Continue adding the methylene blue solution to the slurry in 1.0-mL increments with 1 to 2 min of stirring after each addition, then testing, until the end point is reached. For ball clays with relatively high methylene blue indexes, testing may start after two or even three 5-mL additions have been made to save time. Allow 1 to 2 min of stirring after each 5-mL increment.

6.8 After the end point is reached, continue stirring for 2 min and retest.

NOTE—Representative specimens weighing 2.00 g are difficult to obtain from some clays. In this case a larger specimen of clay may be weighed and mixed with the proper proportion of distilled water. After adequate mixing time a 300-mL portion of the slurry may be transferred to the 600-mL beaker for testing.

7. Calculation

7.1 Calculate the methylene blue index as follows:

$$\text{MBI} = \frac{E \times V}{W} \times 100$$

where:

MBI = methylene blue index for the clay in meq/100 g clay,

E = milliequivalents of methylene blue per millilitre (see 5.3),

V = millilitres of methylene blue solution required for the titration, and

W = grams of dry material.

7.2 The calculations may be facilitated by using a multiplication factor where the specimen size is 2.00 g and the methylene blue titrating solution is 0.01 N :

$$\begin{aligned} \text{MBI} &= \frac{0.01 \times V}{2} \times 100 \\ &= 0.5 V \end{aligned}$$

7.3 Record the methylene blue index for the clay.

8. Precision and Bias

8.1 The precision of this test method is the calculated methylene blue index (MBI) ± 0.25 meq/100 g clay. The MBI value cannot be directly related to any single, simply measured, characteristic of the clay; thus the bias of this test method cannot be specified.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.

Standard Test Method for Modulus of Rupture of Unfired Clays¹

This standard is issued under the fixed designation C 689; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

¹ NOTE—Section 9 was added editorially in October 1997.

1. Scope

1.1 This test method covers the determination of the modulus of rupture of ceramic whiteware clays both dry and after conditioning at 50 or 80 % relative humidity, or both.

1.5 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices² and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

2. Referenced Document

2.1 *ASTM Standard:*
C 322 Practice for Sampling Ceramic Whiteware Clays²

3. Apparatus

3.1 *Conditioning Cabinet*—Any suitable airtight cabinet with means for circulating air, or vacuum desiccator, wherein prescribed specimens can be conditioned as desired before testing. Specimens for dry strength shall be stored with silica gel desiccant. Specimens for 50 % relative humidity shall be stored with a saturated solution of sodium dichromate ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), and specimens for 80 % relative humidity shall be stored with a saturated solution of ammonium chloride (NH_4Cl).

3.2 *Testing Machine*—Any suitable testing machine may be used, provided a uniform rate of direct loading can be maintained at no more than 1 lb/min (4.4 N/min) using the prescribed specimens. For the support of the test specimen, two steel knife-edges rounded to a 0.250-in. (6.35-mm) radius shall be provided. The load shall be applied by means of a third steel knife-edge rounded to a radius of 0.250 in.

4. Test Specimen Preparation

4.1 *Preparation of Extruded Specimens*—100 % clay specimen preparation: The test sample shall be blunged with sufficient distilled water to give complete dispersion and produce a slip of sufficient viscosity to avoid noticeable settling of particles (usually in the range of 25 to 50 percent solids). Slip shall be sieved through a No. 120 (125 μm) sieve or equivalent. After aging 24 h the slip shall be dewatered to a plastic condition preferably by filter pressing. At this point

the moisture content must be adjusted to optimum conditions for forming by some measure of plasticity such as Pfefferkorn apparatus, plumb bob penetration, or other acceptable means. After the water of plasticity has been adjusted (usually will range from 20 to 50 %), test specimens shall be formed by extrusion. Where hand-operated extruder is used without vacuum, the plastic clay shall be thoroughly hand-wedged to eliminate entrapped air as a preliminary to forming test pieces. Where a vacuum extruder is used, a vacuum of not less than 25 in. (635 mm) Hg shall be maintained during forming operation.

4.1.1 *Clay-Flint Specimens*—to be used in the case of strong clays that are considered bonding materials. Prepare specimens as in 4.1 using a mixture of clay and 200 mesh porters flint in a 1/1 ratio blend that has been thoroughly dry mixed.

4.1.2 *Solid Cast Specimens*—100 % clay and clay-flint specimens should be prepared by making a high solids slurry deflocculated to minimum viscosity. Adjust the solids content of the slurry to obtain a viscosity between 100–500 cps. The slurry should be cast in plaster molds until solid, then dried in accordance to the procedure outlined in 4.3 and 4.4.

4.2 *Dimension*—The test specimens shall be round bars of 0.75 (19.2 mm) diameter, 0.50 (12.8 mm) diameter, 0.25-in. (6.4 mm) diameter, and at least 4.5 in. (114 mm) in length to permit an overhang of at least 0.25 in. at each end when mounted on the supports.

4.3 *Handling and Warpage*—All due precaution shall be observed in the forming and drying to produce straight test specimens. No specimen shall be used that shows a warpage greater than 1 % of its overall length. The bars shall be checked from time to time during drying for straightness, and before they stiffen, corrective straightening may be encouraged by rotating the bars so that drying occurs from another surface region. Defective bars due to warpage, flaws, or voids shall be rejected.

4.4 *Drying and Storage*—The extruded specimens shall be placed on a lightly oiled pallet and allowed to dry at room atmospheric conditions 68 to 104°F (20 to 40°C) for 24 h. Then the specimens shall be dried in a drier at 140°F (60°C) and low relative humidity for 6 h, or until moisture content is less than 0.5 %. The bars shall be loosely stacked in the desiccator to permit rapid cooling. Bars should be cooled to near room temperature but not longer than one (1) hour. After the initial drying period, the specimens for dry strength shall be further dried at 212 to 230°F (100 to 110°C) for 24 h and then cooled in a desiccator before testing. The bars shall be loosely stacked in the desiccator to permit rapid cooling.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C-21 on Ceramic Whitewares and Related Products and is the direct responsibility of Subcommittee C21.04 on Clays.

Current edition approved July 15, 1993. Published September 1993. Originally published as C 689 – 71 T. Last previous edition C 689 – 80 (1985)¹.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.02.

 C 689

Bars should be cooled to near room temperature but not longer than one (1) hour. After the initial drying, the specimens for testing at 50 or 80 % relative humidity shall be placed into the conditioning cabinet with circulating air (or in partial vacuum) with a saturated solution of sodium dichromate or ammonium chloride, respectively, and in each case, stored for 24 h to allow equilibrium conditions to be reached.

5. Procedure

5.1 Test at least ten specimens at room temperature for each condition, whether dry or conditioned, at 50 or 80 % relative humidity.

5.2 Remove the test specimen from storage, one at a time, and immediately place on the knife-edge supports of the testing machine. These supports shall be spaced either 2 or 4 in. (51 or 102 mm) apart, depending on the type machine and type clay, and test specimen must overlap each support by at least 0.25 in. (6.4 mm). Apply the load at right angles to the specimen and midway between the supports. Apply the load at a uniform rate not to exceed 1 lbf/min (4.4 N/min) until failure occurs. For larger diameter bars, the loading rate should be such as to cause failure in approximately one minute. Measure the diameter at the break to the nearest 0.001 in. (0.03 mm). Use the average of at least three diameter readings around the bar.

6. Calculation

6.1 Calculate the modulus of rupture for each specimen as follows:

$$M = 3PL/\pi d^3$$

where:

M = modulus of rupture, psi (or MPa),

P = load at rupture, lbf (or N),

L = distance between supports, in. = 2.0 or 4.0 (51 or 102 mm), and

d = diameter of specimen, in. (or mm).

7. Report

7.1 Report the following information:

7.1.1 Identification of the material tested,

7.1.2 Data and computed modulus of rupture for each specimen,

7.1.3 Adjusted average of the computed modulus of rupture values (discarding those values from the bars which, upon inspection, show obvious defects), and

7.1.4 Drying and storage conditions; that is, whether the test specimens were bone dry, conditioned at 50 or 80 % relative humidity.

7.1.5 Percent moisture of extruded bars,

7.1.6 Nominal diameter of bars,

7.1.7 Length of span (distance between supports),

7.2 The report may also include:

7.2.1 Percent moisture of each specimen at testing,

7.2.2 Description of type of fracture and the behavior under load of each specimen.

7.2.3 Name and rating of the machine used to make the test, and

7.2.4 Curve sheet showing the individual values of modulus of rupture arranged in ascending order.

8. Precision and Bias

8.1 *Precision*—The precision of this test method is approximately ± 10 % of the average modulus of rupture value for the bone dry specimens when the measurements are made by an experienced operator.

8.2 *Bias*—The bias of this test method cannot be specified.

9. Keywords

9.1 clay, modulus of rupture

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.

ประวัติหัวหน้าโครงการ

หัวหน้าโครงการ นางสาวศิริรัตน์ รัตนจันทร์

ตำแหน่ง อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเซรามิก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
การศึกษา

ปี 2538 ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วทบ. เคมีอุตสาหกรรม (สาขาเซรามิก))
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประเทศไทย

ปี 2540 ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วัสดุศาสตร์ (วทบ.เทคโนโลยีเซรามิก)
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประเทศไทย

ความชำนาญพิเศษ

สาขาวิชาวัสดุแพทย์ (Biomaterials)

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ซิลิเกต (Silicate science)

ประสบการณ์งานวิจัย

- งานวิจัยที่ได้ทำเสร็จแล้ว
 1. การศึกษาวัสดุเคลือบลงบน โลหะทองแดง, 2538 ผู้วิจัยในโครงการวิจัยระดับปริญญาตรี
 2. การเตรียมสารเตตระแคลเซียม ฟอสเฟต จากกระดูกวัวหรือควาย, 2540 ผู้วิจัยในวิทยานิพนธ์ปริญญาโท
- งานวิจัยที่กำลังดำเนินการ
ไม่มี

ประวัติผู้ร่วมวิจัย

ผู้ร่วมวิจัย	นายสุธรรม ศรีหล่มสัก
ตำแหน่งการศึกษา	อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเซรามิก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปี 2526	ปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต วัสดุศาสตร์ (วทบ. เทคโนโลยีเซรามิก) คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประเทศไทย
ปี 2528	ปริญญาโท M.Sc. Master of Science, Ceramic Engineer, University of Missouri-Rolla, USA.

ความชำนาญพิเศษ

เซรามิก โดยเฉพาะเนื้อหาทางด้าน Phase Diagram และ X-ray diffraction

ประสบการณ์งานวิจัย

-งานวิจัยที่ได้ทำเสร็จแล้ว

1. การนำกากลิกไนต์ มาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก 2525 วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี
2. Influence of oxygen Actiivity on the lattice Parameter and Thermal expansion of Mg and Sr-doped LaCro₃, 2539 วิทยานิพนธ์ปริญญาโท

-งานวิจัยที่กำลังดำเนินการ

ไม่มี

ประวัติที่ปรึกษาโครงการวิจัย

ผู้วิจัยร่วม รศ.ดร.จรัสศรี ลอประยูร
ตำแหน่ง - รองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเซรามิก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
 -รองคณบดีฝ่ายวิชาการสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การศึกษา

ปี 2508 ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วทบ. เคมีเทคโนโลยี(เทคโนโลยีเซรามิก))
 คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประเทศไทย
 ปี 2520 ปริญญาโท M.S. Ceramic Science, Pennsylvania State Univ., USA.
 ปี 2524 ปริญญาเอก Ph.D. Ceramics, New York State at Alfred Univ., USA.

ความชำนาญพิเศษ

การทำเซรามิกทั่วไป สังเคราะห์และทำกระดูกเทียมจาก Hydroxyapatite ทั้งชนิดเนื้อแน่น และพรุน และสารในเครือ , ทำแม่เหล็กเซรามิก

ประสบการณ์งานวิจัย

งานวิจัยที่ได้ทำเสร็จแล้ว

หน่วยงาน / องค์กร	ระหว่างปี	ชื่อผลงานวิจัย
รัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2526-2527	การเปลี่ยนแปลง โครงสร้างกระดูกสัตว์ที่อุณหภูมิสูง
รัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2529-2530	การทำกระดูกเทียมชนิดที่มีความหนาแน่นสูงจากกระดูกสัตว์
Science and Technology Development Board (STDB) กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ	2530-2534	Development of Ferrite Products for Radio and Television Appliances
ทุนวิจัยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) กระทรวงวิทยาศาสตร์ ฯ	2531-2533	วัสดุทางการแพทย์และทันตแพทย์ : ไฮดรอกซีแอปไทต์
รัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2534-2535	ศึกษากระบวนการขึ้นรูปแกนแม่เหล็กชนิดฟีลิกซ์ไนต์ และคุณลักษณะ

หน่วยงาน / องค์กร	ระหว่างปี	ชื่อผลงานวิจัย
ทุนวิจัยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) กระทรวงวิทยาศาสตร์ ฯ	2536-2538	การปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของไฮดรอกซีแอปาทาइटจาก กระจุกแก้วและผลกระทบจากการฝังวัสดุนั้นใน สัตว์ทดลอง
ทุนวิจัยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) กระทรวงวิทยาศาสตร์ ฯ	2541-2543	การพัฒนากระบวนการผลิตไฮดรอกซีแอปาทาइटจาก กระจุกแก้ว / ควาย ระยะที่ 1

งานวิจัยที่กำลังดำเนินการ

หน่วยงาน / องค์กร	ระหว่างปี	ชื่อผลงานวิจัย
ทุนวิจัยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) กระทรวงวิทยาศาสตร์ ฯ	2541-2543	การพัฒนากระบวนการผลิตไฮดรอกซีแอปาทาइटจาก กระจุกแก้ว / ควาย ระยะที่ 1