กระบวนการวิเคราะห์วัสดุประวัติศาสตร์ ด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ สำหรับงานอนุรักษ์

การสัมมนาถกแถลงเชิงปฏิบัติการเพื่อจัดทำหลักสูตร
ด้านการอนุรักษ์โบราณสถานสำหรับผู้ทำงานอนุรักษ์

วันที่ 3 พฤษภาคม 2560
ณ โรงแรม เดอะ คาวาลิ คาซ่า รีสอร์ท จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ผศ.ดร.นวลลักษณ์ วัสสันตชาติ
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
nuanlakw@gmail.com

ประเภทของวัสดุ

ในการศึกษาวัสดุเพื่อการอนุรักษ์

วัสดุมีรูพรุน (Porous materials)

วัสดุไม่มีรูพรุน (Non-porous materials)

วัสดุที่ชอบน้ำ (Hydrophilic materials)

วัสดุที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic materials)

คุณสมบัติหลักที่ควรทดสอบ

- ทางกายภาพ
- แร่ธาตุ & เคมี
- เชิงกล

คุณสมบัติของวัสดุ

❖ **ทางกายภาพ** (Physical properties)

- โครงสร้าง
- พื้นผิว/ ผิวสัมผัส
- สี
- รูปร่าง
- ความแข็ง (Hardness)
- ความเป็นรูพรุน หรืออัตราความเป็นรูพรุน (% porosity)
- การกระจายตัวของรูพรุน (Pore size distribution)
- ความสามารถในการดูดซึมน้ำ (Water absorption capacity)
- ความสามารถในการขนส่งน้ำผ่านกระบวนการคาปิลลารี (Capillary action)
- ความสามารถในการอนุญาตให้น้ำ/ความชื้นผ่าน (Water transmission capacity)
- ความสามารถในการขยายตัวเมื่อถูกความร้อน (Thermal expansion capacity)
- ฯลฯ

วิธีทดสอบ

ระดับมหภาค >> การสังเกต + เครื่องมือ/อุปกรณ์พื้นฐาน

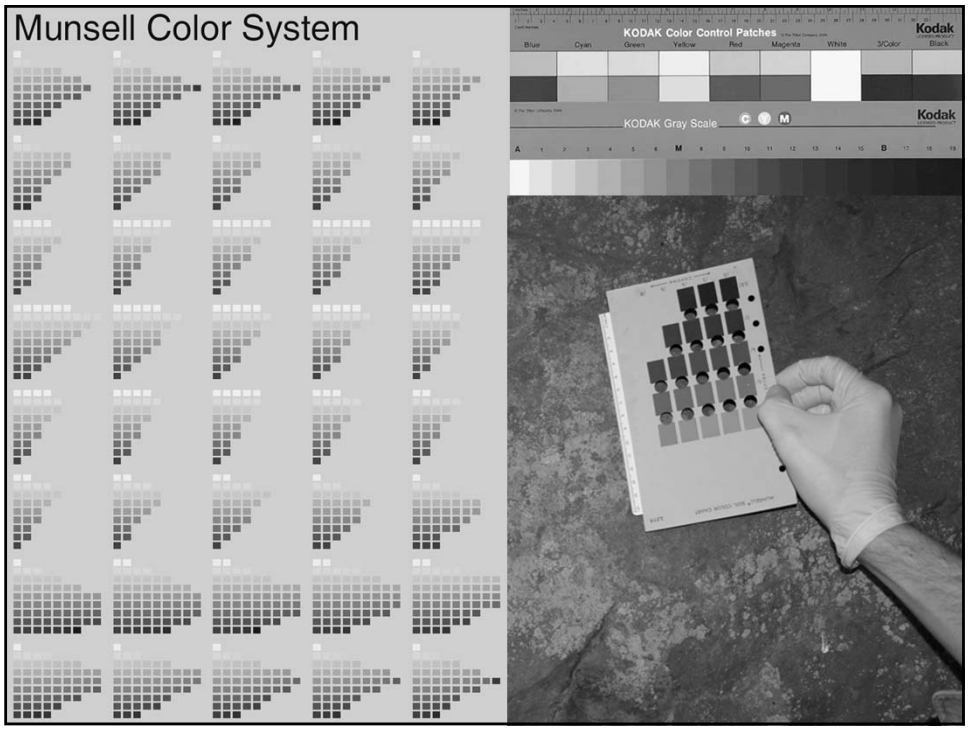
- พื้นผิว
- สี
- ความแข็ง
- รูปร่าง/ขนาดของมวลสาร
- ชั้นหิน
- การเสื่อมสภาพ
- ฯลฯ

พื้นผิว/ผิวสัมผัส

- การสัมผัส >> มือ / สังเกต >> ตาเปล่าหรือแว่นขยาย
- การวิเคราะห์เชิงลึก >> กล้องจุลทรรศน์, SEM
  - เรียบ
  - หยาบ ขรุขระ ไม่เรียบ
  - เป็นคลื่น
  - แวววาว
  - ด้าน
  - ทึบ
  - โปร่งใส/ โปร่งแสง
  - ระยิบระยับ
  - ฯลฯ

สี

- การสังเกต
  - ภายใต้แสงธรรมชาติ
  - แผ่น/ตารางเทียบสี
  - Munsell System: Munsell Color Charts
- การทดสอบขั้นสูง
  - Chromatographical analysis
  - Pigment analysis
  - ฯลฯ



ความแข็ง

- Mohs scale:
  - เทียบกับแร่ธาตุ 10 ชนิด
  - specified by F. Mohs since 1824
- Abrasive resistance tests:
  - ASTM C-241
  - ASTM C-418
  - Etc.

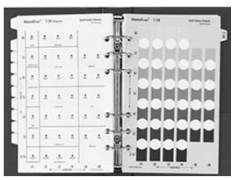
Mineral	Mohs relative Hardness	Scratch Test
Talc	1	scrapeable with fingernail
Gypsum	2	scratcheable with fingern.
Calcite	3	scr. with copper coin
Fluorite	4	easily scr. with knife
Apatite	5	still scr. with knife
Orthoclase	6	scr. with steel file
Quartz	7	scratches window glass
Topaz	8	scratches quartz
Corundum	9	scratches topaz
Diamond	10	scratches corundum

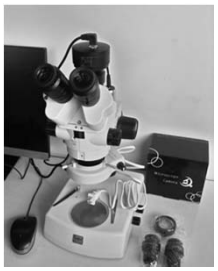
วิธีทดสอบ

ระดับจุลภาค

➢ การสังเกต:

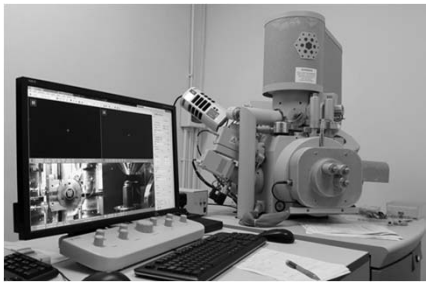
- ด้วยตาเปล่า
- แว่นขยาย: 2x-30x
- แผ่นเทียบสี
- อุปกรณ์ทดสอบ





➢ จุลทรรศน์:

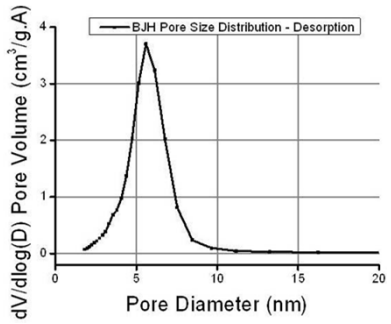
- กล้องจุลทรรศน์
- กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน (SEM)



วิธีทดสอบ

>> ใช้เครื่องมือขั้นสูง เช่น กล้องจุลทรรศน์, SEM, MIP

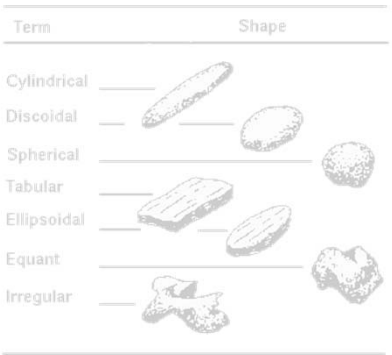
- ขนาด
- รูพรุน
- การกระจายตัวของรูพรุน
- ร้อยละความเป็นรูพรุน
- การเสื่อมสภาพ
- ปัจจัยการเสื่อมสภาพ

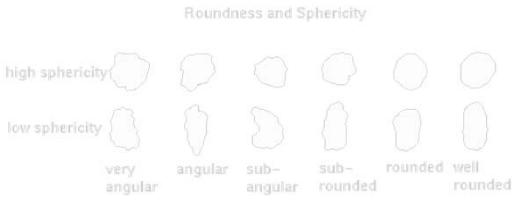


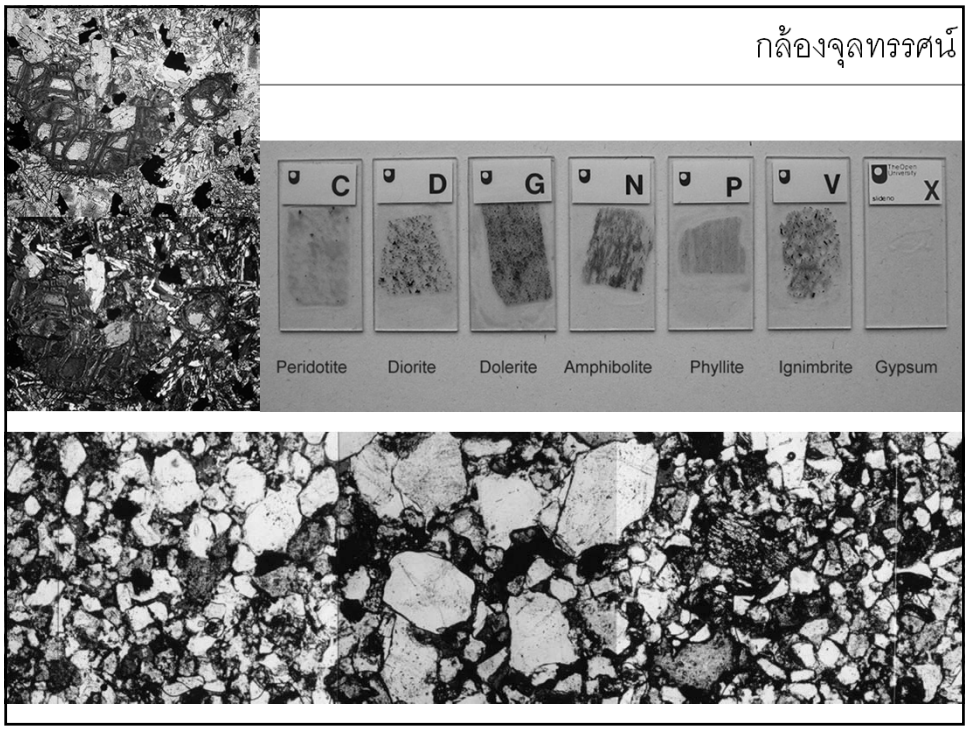
http://www-omcs.materials.ox.ac.uk/facilities/surface-analysis/bet-surface-area-analysis.html

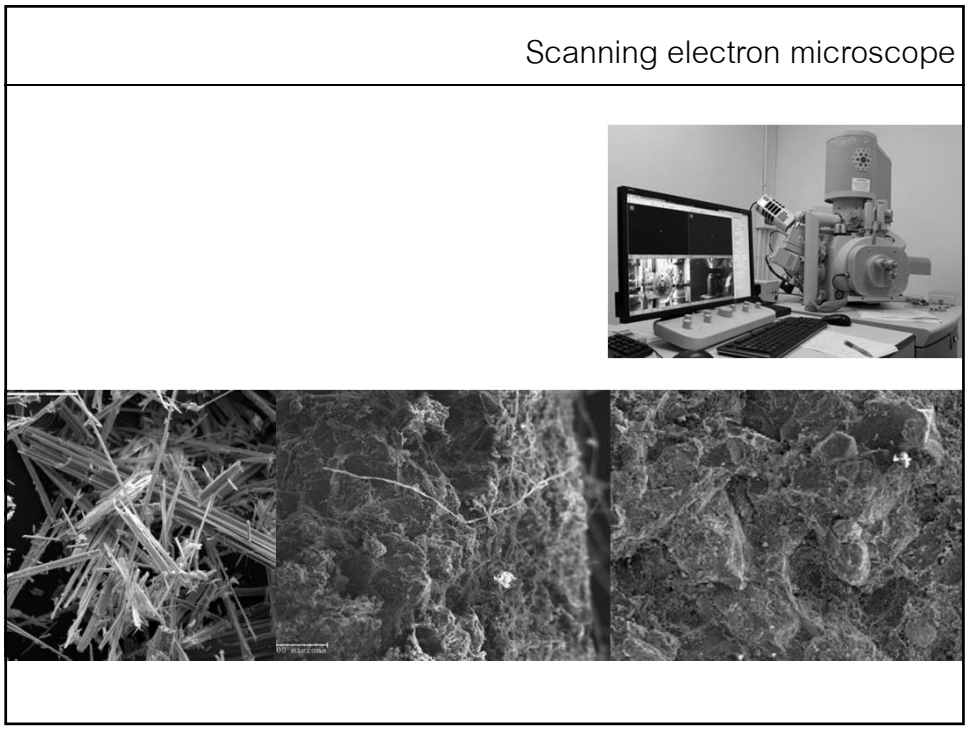
มวลสาร

- รูปร่าง
  - rounded
  - sub-rounded
  - angular
  - sub-angular
- โครงสร้าง
  - compact
  - loose
- การคัดแยก
  - poorly
  - Well
- ขนาด






กล้องจุลทรรศน์
C
D
G
N
P
V
X
Peridotite
Diorite
Dolerite
Amphibolite
Phyllite
Ignimbrite
Gypsum


Scanning electron microscope

ความพรุน

รูพรุนในวัสดุที่ชอบน้ำ

- ร้อยละความเป็นรูพรุน
- ขนาดของรูพรุน
- การกระจายตัวของรูพรุน

- Capillarity
- ความสามารถในการดูดซึมน้ำ/ระเหยน้ำ
- ความสามารถในการระบายความชื้น

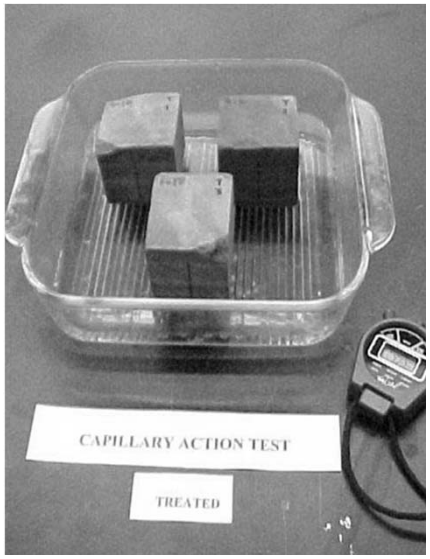
กระบวนการคาปิลลารี่

capillary action/rise

รูยิ่งเล็ก ยิ่งไปไกล

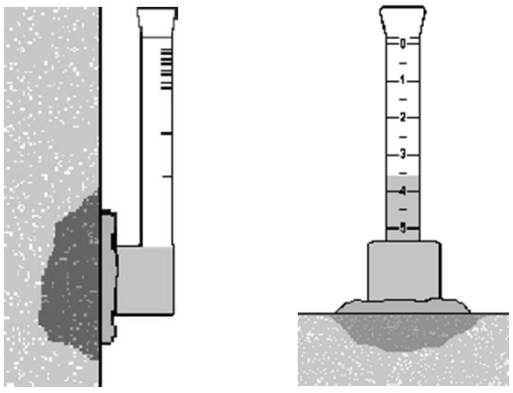
% ความพรุนสูง + รูขนาดเล็ก =

การทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ

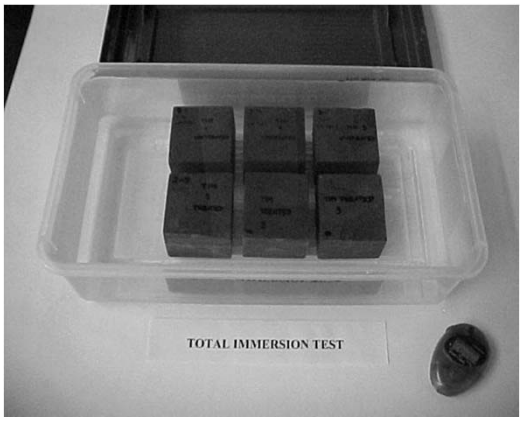


การทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ

RILEM tube for *in situ* testing



การทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ



Total Immersion Test

การทดสอบร้อยละของความพรุน

- Total immersion test
  - ง่ายและถูก
  - destructive

- การทดสอบด้วยเครื่องมือขั้นสูง
  - Mercury Intrusion Porosimeter
  - AAS (Atomic Absorption Spectrometer)
  - etc.
  - ค่อนข้าง non-destructive

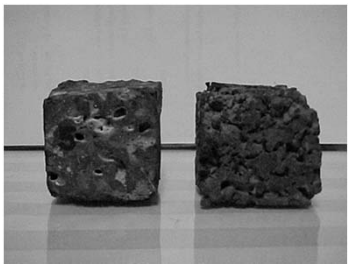
การทดสอบการระบายความชื้น

Water Vapour Transmission Test

การทดสอบคุณสมบัติทางเคมี

- การสังเกต >> เม็ดแร่ ก้อนทรงมน
  - ทราย: quartz
  - ศิลาแลง: iron oxide nodule
- การทำปฏิกิริยากับกรด>> CO_3
  - ฟองอากาศ CO_2

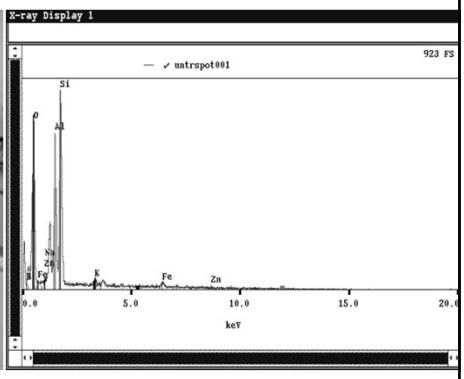
http://geology.com/minerals/acid-test.shtml



การทดสอบคุณสมบัติทางแร่ธาตุและเคมี

- การวิเคราะห์ระดับจุลทรรศน์
- Scanning Electron Microscope (SEM) + Electron Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS)
- X-ray Diffractometer (XRD)
- X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF)

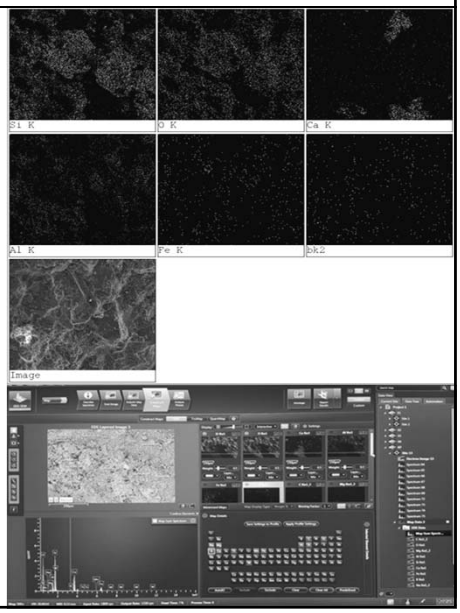
X-ray diffractometer (XRD)



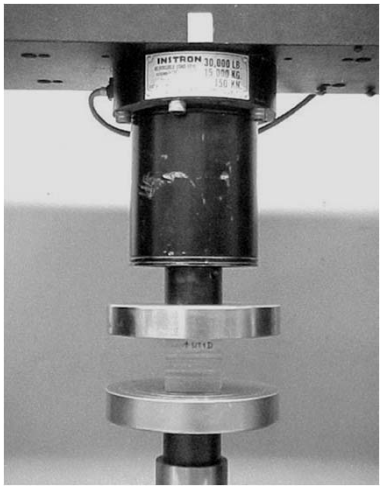
https://www.jamstec.go.jp/kochi/e/machine/X-ray&.html

Scanning electron microscope
with Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM/EDX)

http://wings.buffalo.edu/faculty/research/scic/sem-eds.html

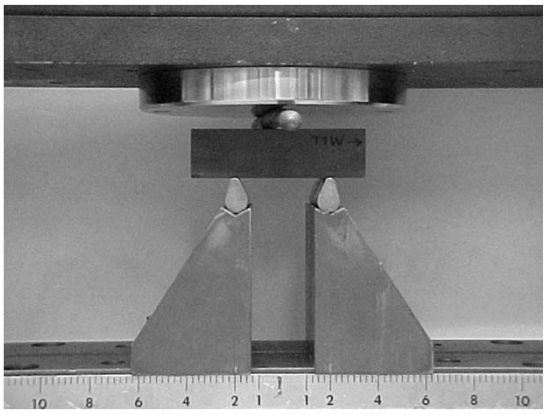


การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล



Compressive Strength Test

การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล



Flexural Strength (Modulus of Rapture) Test
3-point bending test

กระบวนการศึกษา

- รวบรวมข้อมูล การศึกษาที่ผ่านมา
  - คุณสมบัติของวัสดุ
  - ตัวการและกระบวนการเสื่อมสภาพ
  - วัสดุและวิธีการอนุรักษ์
  - กระบวนการทดสอบ
- เลือกวิธีทดสอบ
  - คุณสมบัติของวัสดุ
  - กระบวนการเสื่อมสภาพ
  - ประสิทธิภาพของวัสดุและวิธีการที่ใช้ในการอนุรักษ์
- เก็บตัวอย่าง
- ดำเนินการทดสอบ
- วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ
- สรุปผลการศึกษา

การเลือกวิธีการทดสอบ

ข้อพิจารณา:

- ข้อดี-ข้อเสีย
- คำแนะนำจากนักวิจัย/งานวิจัยที่ผ่านมา
- มาตรฐานการทดสอบ : ASTM, RILEM, NORMAL, ICCROM, etc.
- ความเหมาะสม/การหาได้ของเครื่องมือหรืออุปกรณ์
- การหาได้ของวัสดุที่จะทดสอบ
- งบประมาณ & ระยะเวลา

การเลือกวิธีการทดสอบ

- สถานที่
  - ณ ที่ตั้ง
  - ในห้องปฏิบัติการ
- ค่าใช้จ่าย
  - สูง
  - ต่ำ
- ระดับของการทำลายวัสดุดั้งเดิม
  - Destructive
  - Non-destructive
- ความยากง่าย
  - ง่าย พื้นฐาน ไม่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง
  - ยาก ขั้นสูง ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง