สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของหินอ่อนเขาสว่างอารมณ์ อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร

Physical and Mechanical Properties of Marble at Kao Sawang Arom, Phran Kratai District, Kamphaeng Phet Province

นงลักษณ์ จันทร์พิชัย*
Nongluk Chanpichai

บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิกลของหินอ่อนเขาสว่างอารมณ์ อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร พบว่า หินอ่อนสีชมพู และหินอ่อนสีเทามีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.428 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน และ 0.418 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ตามลำดับ เมื่อทดสอบความสามารถในการรับแรงกด พบว่า หินอ่อนสีชมพูและหินอ่อนสีเทามีค่ามอดูลัสการแตกร้าว 1,543.55 $\pm$ 211.35 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ 1,811.35 $\pm$ 442.64 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์สารประกอบออกไซด์ในหินอ่อนสีชมพู และหินอ่อนสีเทา ด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (XRF) พบว่า ในหินอ่อนสีชมพูมีธาตุประกอบออกไซด์ เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (wt%) เรียงจากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้ แคลเซียมออกไซด์ 56.277 เปอร์เซ็นต์ ซิลิกอนออกไซด์ 0.192 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์ 0.157 เปอร์เซ็นต์ อลูมิเนียมออกไซด์ 0.052 เปอร์เซ็นต์ และธาตุประกอบออกไซด์อื่นๆ โดยหินอ่อนสีชมพูมีค่าความสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผาเท่ากับ 43.25 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของหินอ่อนสีเทา มีธาตุประกอบออกไซด์เทียบเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก เรียงจากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้ แคลเซียมออกไซด์ 56.246 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์ 0.152 เปอร์เซ็นต์ ซิลิกอนไดออกไซด์ 0.139 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียมออกไซด์ 0.091 เปอร์เซ็นต์ และธาตุประกอบออกไซด์อื่นๆ โดยหินอ่อนสีเทามีค่าความสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผาเท่ากับ 43.29 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : หินอ่อน / สัมประสิทธิ์การความร้อน / สารประกอบออกไซด์ในหินอ่อน

*อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ABSTRACT

Study of thermal and physical properties of marble at Kao Sawang Arom, Phran Kratai District, Kamphaeng Phet Province found that the thermal conductivity of pink marble and gray marble are 0.428 W/m·K and 0.418 W/m·K respectively. When testing the ability to absorb pressure it found out that the modulus of rupture of pink marble and gray marble are 1,543.55 $\pm$ 211.35 kg/cm^2 and 1,811.35 $\pm$ 442.64 kg/cm^2 respectively. The analysis of the oxide compounds in pink and gray marble with x – ray fluorescence technique (XRF) revealed that the pink marble contained the oxide compounds with percentage by weight sort by descending order as follows; CaO 56.277 wt%, SiO_2 0.192 wt%, P_2O_5 0.157 wt%, Al_2O_3 0.052 wt% and other oxide elements. The pink marble had a loss on ignition with 43.25%. The gray marble contained the oxide compounds with percentage by weight sort by descending order as follows; CaO 56.246 wt%, P_2O_5 0.152 wt%, SiO_2 0.139 wt%, MgO 0.091 wt% and other oxide elements. The gray marble had a loss on ignition with 43.29%.

Keywords : Marble / Thermal Conductivity / Oxide Compounds in Marble

บทนำ

หินอ่อน เป็นหินแปรที่เกิดจากการแปรสภาพแบบบริเวณไพศาล จากหินปูนที่บริสุทธิ์ค่อนข้างสูง โดยอิทธิพลของความกดดันและความร้อน มีผลทำให้หินดั้งเดิมหลอมและเกิดการตกผลึกใหม่ ขนาดใหญ่กว่าเดิม และมีสีต่างๆ กันออกไป ขึ้นอยู่กับสีหินดั้งเดิมก่อนถูกแปรสภาพ โดยมีส่วนประกอบทางเคมีส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมคาร์บอเนตที่เกิดในรูปของแร่แคลไซต์ และมีสิ่งเจือปนในปริมาณเล็กน้อยของแร่เหล็กออกไซต์ แร่ซิลิเกต ธาตุอะลูมิเนียม ธาตุแมกนีเซียม ธาตุแมงกานีส สารประกอบอินทรีย์ ฯลฯ เกิดปะปนในปริมาณที่ต่างกันออกไปตามสภาวะสิ่งแวดล้อมขณะที่มีการตกตะกอน และกระบวนการธรณีเทคนิค ที่มีอิทธิพลต่อหินปูนดั้งเดิมของบริเวณนี้ตลอดช่วงการเวลาที่ผ่านมาตั้งแต่เริ่มมีการแข็งตัวจนถึงปัจจุบัน (ประคัลภ์, 2549) แหล่งที่พบหินอ่อน และการผลิตหินอ่อนในประเทศ ได้แก่ จังหวัดสระบุรี จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดสุโขทัย จังหวัดลำปาง จังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (ดนุพล และคนอื่นๆ, 2557) แหล่งหินอ่อนที่พบในอำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชรนั้นเป็นแหล่งหินแบบฉบับประเภทหินอ่อนเขาสว่างอารมณ์ถูกจัดเป็นกลุ่มหินทุ่งเสลี่ยม (Thung Saliam Group) ทางธรณีวิทยาค้นพบว่า หินอ่อนเขาสว่างอารมณ์จัดอยู่ในหินยุคไซลูเรียน- ดีโวเนียน ตั้งอยู่บริเวณทิวเขาสว่างอารมณ์ เขาเขียว และเขาโทน ชั้นหินประกอบด้วยหินปูนตกผลึกใหม่ โดยทั่วไปมีเป็นลักษณะชั้นหนา ลักษณะการเรียงตัวลดหลั่นของขนาดเม็ดตะกอนในบริเวณช่วงต่อกับหินทัฟฟ์ หินอ่อนที่เขาโทนมีคุณสมบัติเด่น คือ มีผิวที่เป็นมันวาวมีสีเทา และมีสีขาวอมชมพู เขาสว่างอารมณ์ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของตลาดพรานกระต่าย ลักษณะเป็นภูเขายอดแหลมเป็นหินปูนตกผลึกใหม่ (กรมทรัพยากรธรณี, 2555) โดยผลิตภัณฑ์หินอ่อนพรานกระต่าย เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อเสียงและเป็นจุดเด่นของจังหวัดกำแพงเพชร

จากการสืบค้นฐานข้อมูลทางด้านวิศวกรรมวัสดุศาสตร์ของต่างประเทศ พบว่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของหินอ่อน มีค่า 2.08-2.94 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน (W/m·K) (Engineering Toolbox, 2013) และจากการวิจัยการทดลองหาอัตราส่วนผสมระหว่าง ทราย ผงหินอ่อน ปูนซีเมนต์เพื่อทำผลิตภัณฑ์กระเบื้องหินทรายเทียมสำหรับตกแต่งบ้าน ได้มีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของ

ผงหินอ่อนที่เกิดจากอุตสาหกรรมหินอ่อนในอำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี จำนวน 12 ชนิด มีสารประกอบที่เรียงจากมากไปหาน้อย ดังนี้ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) 56.20% แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) 0.32% ซิลิกา (SiO_2) 0.10% และค่าการสลายตัวของสารหลังจากการเผา (LOI) 43.70% มีสารประกอบแคลเซียมประมาณ 99.50-99.80% และมีเหล็กออกไซด์เล็กน้อย (สฤษณ์, 2559)

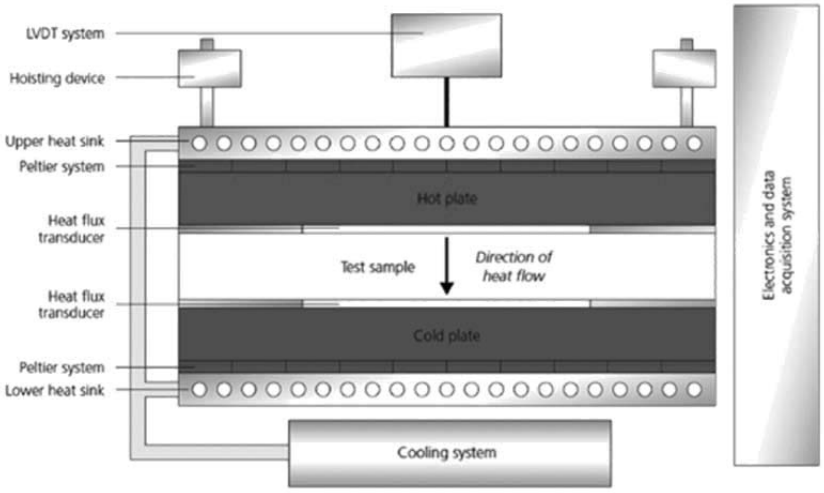
เพื่อประโยชน์ในการทำอุตสาหกรรมแปรรูปหินอ่อนภายในอำเภอพรานกระต่าย จึงควรมีการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของหินอ่อน เพื่อนำหินอ่อนไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของหินอ่อนบริเวณเขาสว่างอารมณ์ อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชรทั้งสองชนิด คือ หินอ่อนสีเทา และหินอ่อนสีชมพู เพื่อนำข้อมูลที่ได้ ไปเป็นข้อมูลพื้นฐานงานวิจัยอื่นที่ต้องการนำหินอ่อนหรือผงหินอ่อนจากหินอ่อนบริเวณเขาสว่างอารมณ์ ไปใช้เป็นส่วนผสมเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ เพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การทดสอบสมบัติทางกายภาพ ในงานวิจัยครั้งนี้ กำหนดให้สมบัติเชิงกายภาพของหินอ่อน ได้แก่ การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน การวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของหินอ่อน

1.1 การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนด้วย heat flow meter โดยใช้หลักการของการถ่ายเทความร้อน คือ พลังงานความร้อนจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ทำได้โดยการนำชิ้นทดสอบมาไว้ ในสภาวะแวดล้อมที่อุณหภูมิ 22 ± 5 °C และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 ± 10 อย่างน้อย 24 ชั่วโมง โดยมวลของชิ้นทดสอบมีการเปลี่ยนแปลงไม่เกินร้อยละ 1 หลังจากนั้นนำชิ้นทดสอบใส่เข้าเครื่องทดสอบโดยวางอยู่ระหว่างแผ่นความร้อนและแผ่นความเย็น จากนั้นตั้งค่าอุณหภูมิ ให้แตกต่างกัน (ΔT) ระหว่างแผ่นอุณหภูมิความร้อนและแผ่นความเย็น ภายในเครื่องทดสอบมีฉนวนล้อมรอบตลอดเพื่อให้ป้องกันการสูญเสียความร้อน (กรองทิพย์, 2555) แสดงดังภาพที่ 1 เครื่องจะวัดแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากเซ็นเซอร์วัดฟลักซ์ที่ติดอยู่กับผิวของแผ่นอุณหภูมิทั้งสอง โดยวัดการไหลของความร้อนและอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างแผ่นทั้งสอง เมื่อระบบอยู่ในสภาวะคงที่ โดยงานวิจัยนี้ใช้เครื่องทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของแผนกกองวัสดุวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของเครื่อง heat flow meter

1.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของหินอ่อน

ด้วยเทคนิควิธีเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-ray Fluorescence Spectrometry : XRF) เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (wt%) ของธาตุในรูปสารประกอบออกไซด์ เปรียบเทียบระหว่างหินอ่อนสีชมพู และหินอ่อนสีเทา โดยการวิจัยนี้ทำการตรวจวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ กำกับการตรวจวิเคราะห์โดยศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2. การทดสอบสมบัติเชิงกล

2.1 การทดสอบค่าแรงกดสูงสุดที่หินอ่อนชิ้นทดสอบจะสามารถต้านทานได้

ทั้งนี้เพื่อความสะดวกต่อการทดสอบจึงตัดหินอ่อนให้มีขนาด 3 x 15 x 2 เซนติเมตร โดยระหว่างการตัดจำเป็นต้องรดน้ำลงบนหินอ่อนตัวอย่างเพื่อลดการฟุ้งกระจายของผงฝุ่นหินอ่อน จากนั้นนำวางบนแท่นทดสอบ เมื่อเปิดให้เครื่องทำงาน หัวเจาะจะเคลื่อนที่ลงมาด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอเพื่อออกแรงกดที่ตำแหน่งกึ่งกลางของหินอ่อนชิ้นทดสอบ และหัวเจาะจะหยุดการเคลื่อนที่เมื่อหินอ่อนหักออกจากกัน ดังภาพที่ 2 บันทึกค่าแรงกดสูงสุดที่หินอ่อนสามารถต้านทานได้ที่หน้าจอแสดงผลแบบดิจิตอล จากนั้นนำมาคำนวณค่ามอดูลัสการแตกร้าวดังสมการที่ (1)

$$MOR = \frac{3PL}{2bd^2} \qquad ...(1)$$

เมื่อ MOR คือ ค่ามอดูลัสการแตกร้าว (kg/cm^2)
P คือ ค่าแรงกดสูงสุดที่หินอ่อนชิ้นทดสอบจะสามารถต้านทานได้ (kg)
L คือ ความยาวของหินอ่อนชิ้นทดสอบ (cm)
b คือ ความกว้างของหินอ่อนชิ้นทดสอบ (cm)
d คือ ความหนาของหินอ่อนชิ้นทดสอบ (cm)

การทดสอบค่าแรงกดสูงสุดที่หินอ่อนชิ้นทดสอบจะสามารถต้านทานได้นี้ทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงกดแรงดึง (force gauge)

ภาพที่ 2 หัวเจาะออกแรงกดสูงสุดที่หินอ่อนชิ้นทดสอบจะสามารถต้านทานได้

2.2 การหาค่าความถ่วงจำเพาะของหินอ่อน

ในการหาค่าความถ่วงจำเพาะของหินอ่อน เป็นการศึกษาการเปรียบเทียบความหนาแน่นของหินอ่อนเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของน้ำบริสุทธิ์ ดังสมการที่ (2) ซึ่งน้ำมีความหนาแน่นเท่ากับ 1×10^3 kg/m^3

$$\text{ความถ่วงจำเพาะของหินอ่อน} = \frac{\text{ความหนาแน่นของหินอ่อน}}{\text{ความหนาแน่นของน้ำบริสุทธิ์}} \quad \ldots(2)$$

โดยหาความหนาแน่นของหินอ่อนจากการชั่งมวลด้วยตราชั่งมาตรฐาน และคำนวณปริมาตรของแผ่นหินอ่อนขนาด 15 x 15 x 2 เซนติเมตร นำมาชั่งมวลของหินอ่อนด้วยเครื่องชั่งมาตรฐาน

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ด้วย heat flow meter ที่ได้มาตรฐานตามระบบ ASTM C 518 โดยกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ชนิดของหินอ่อน	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (W/m·K)
สีชมพู	0.428
สีเทา	0.418

จากตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของหินอ่อนสีชมพู และหินอ่อนสีเทา มีค่าต่างกัน 2.36% หินอ่อนเขาสว่างอารมณ์ อำเภอพรานกระต่ายทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ

2. ผลการวิเคราะห์สารประกอบออกไซด์ในหินอ่อน

สารประกอบออกไซด์ในหินอ่อนสีชมพู และหินอ่อนสีเทา ที่ผ่านการวิเคราะห์ด้วยเทคนิควิธี XRF พบว่า แคลเซียมออกไซด์หรือปูนขาว เป็นธาตุในรูปสารประกอบออกไซด์ที่มีในหินอ่อนสีชมพู และหินอ่อนสีเทา เมื่อเทียบเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (wt%) มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 56.277% และ 56.246% ตามลำดับ และมีธาตุในรูปสารประกอบออกไซด์อื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (wt%) ของธาตุในรูปสารประกอบออกไซด์

ชนิดของสารประกอบ (wt%)	หินอ่อนสีชมพู	หินอ่อนสีเทา
Al_2O_3	0.052	0.043
เหล็กรวมในรูปของ Fe_2O_3	<0.01	<0.01
K_2O	<0.01	<0.01
MgO	0.045	0.091
MnO	<0.01	<0.01
Na_2O	<0.01	<0.01
P_2O_5	0.157	0.152
SiO_2	0.192	0.139
TiO_2	<0.01	<0.01
CaO	56.277	56.246
SrO	0.026	0.038
Loss on Ignition (LOI) + SO_3	43.25	43.29

เมื่อวิเคราะห์ผลเป็นเปอร์เซ็นต์ของธาตุ (atomic%) ที่เป็นส่วนประกอบของหินอ่อนเขาสว่างอารมณ์ อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3 ซึ่งพบว่า หินสีชมพูมีปริมาณธาตุแมกนีเซียม (0.027%) น้อยกว่าปริมาณแมกนีเซียมในหินอ่อนสีเทา (0.055%) จากค่าปริมาณธาตุแมกนีเซียมทำให้ทราบว่าหินอ่อนสีเทามีความแข็งมากกว่าหินอ่อนสีชมพู ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบความสามารถในการรับแรงกดของหินอ่อนทั้งสองชนิด ดังตารางที่ 4

3. ผลการทดสอบค่าแรงกดสูงสุดที่หินอ่อนชิ้นทดสอบจะสามารถต้านทานได้

ในการทดสอบค่าแรงกดสูงสุดที่หินอ่อนชิ้นทดสอบจะสามารถต้านทานได้ในงานวิจัยนี้ ทำการทดสอบหินอ่อนชนิดละ 20 ซ้ำ คำนวณหาค่ามอดูลัสการแตกร้าว พบว่า พบว่าหินอ่อนสีเทามีความสามารถในการรับแรงกดมีค่าเฉลี่ยมากกว่าหินอ่อนสีชมพู สอดคล้องกับการวิเคราะห์ปริมาณธาตุด้วยเทคนิค XRF ที่แสดงให้เห็นว่าหินอ่อนสีเทามีปริมาณธาตุแมกนีเซียมมากกว่าหินอ่อนสีชมพู ซึ่งแมกนีเซียมเป็นธาตุเบาที่มีความแข็งแรงสูง (ศูนย์การเรียนรู้อุตสาหกรรมเหมืองแร่, ม.ป.ป.) สามารถแสดงค่าการทดสอบดังตารางที่ 4 โดยมีการกระจายของข้อมูลสูง เนื่องจากการกระจายของธาตุประกอบหินอ่อน กล่าวคือ ตำแหน่งกดแตกของหินอ่อนชิ้นทดสอบมีแร่ธาตุประกอบต่างๆ กัน กระจายตัวกันอย่างไม่สม่ำเสมอ

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์ของธาตุ (atomic%) ที่เป็นส่วนประกอบ

ชนิดของธาตุ (%)	หินอ่อนสีชมพู	หินอ่อนสีเทา
Al	0.028	0.023
Fe	<0.01	<0.01
K	<0.01	<0.01
Mg	0.027	0.055
Mn	<0.01	<0.01
Na	<0.01	<0.01
P	0.068	0.066
Si	0.090	0.065
Ti	<0.01	<0.01
Ca	40.221	40.199
Sr	0.022	0.032
O	16.293	16.269
Loss on Ignition (LOI) + S	43.25	43.29

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยแรงกดสูงสุดและมอดูลัสการแตกร้าวของหินอ่อนเขาสว่างอารมณ์

หินอ่อน	แรงกดเฉลี่ย (P, kg)	ค่ามอดูลัสของการแตกร้าว (MOR, kg/cm^2)	S.D. $_{MOR}$
สีชมพู	1,093.15	1,543.55	211.35
สีเทา	1,328.70	1,811.35	442.64

4. ค่าความถ่วงจำเพาะของหินอ่อน

ในการหาค่าความถ่วงจำเพาะของหินอ่อนเป็นปริมาณที่บอกค่าเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของของหินอ่อนขนาด 15x15x2 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์วัดขนาดของหินอ่อนชิ้นทดสอบเพื่อคำนวณหาปริมาตร ชั่งมวลด้วยเครื่องชั่งมาตรฐาน คำนวณหาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะ ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าความถ่วงจำเพาะของหินอ่อนเขาสว่างอารมณ์

หินอ่อน	ความหนาแน่น (x 10^3 kg/m^3)	ค่าความถ่วงจำเพาะหินอ่อน
สีชมพู	2.48	2.48
สีเทา	2.59	2.59

จากตารางที่ 5 เมื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล พบว่าหินอ่อนเขาสว่างอารมณ์ มีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ในช่วงของค่าความถ่วงจำเพาะของหินอ่อนโดยทั่วไป คือมีค่าอยู่ระหว่าง 2.4-2.7 (Average Specific Gravity of Various Rock Types, 2016) และเมื่อทำการทดสอบต่อเนื่องหาค่าการดูดซึมน้ำของหินอ่อน โดยการนำหินอ่อนชิ้นตัวอย่างแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า อัตราการดูดซึมน้ำของหินอ่อนเขาสว่างอารมณ์ทั้งสองชนิด

มีค่าเป็นศูนย์ ทั้งนี้เนื่องมากจากหินอ่อนชิ้นทดสอบเป็นหินตัดใหม่หินอ่อน จึงยังมีความ พรุนต่ำ ส่งผลให้ไม่มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำ

อภิปรายผล

หินอ่อนมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำถือได้ว่าเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี มีความต้านทานความร้อนสูง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของไม้ (0.1-0.35 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน) (Irwin, 1996) และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีต (1.82 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน) (Irwin, 1996) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของไม้ และคอนกรีต มีค่าใกล้เคียงกับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของหินอ่อน โดยค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของหินอ่อนสีชมพูมีค่าเท่ากับ 0.428 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของหินอ่อนสีเทามีค่าเป็น 0.418 วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน จากการวิจัยหินอ่อนมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่อยู่ในช่วงของอยู่ระหว่างไม้กับคอนกรีตที่เป็นฉนวนกันความร้อน ดังนั้น จึงถือว่าหินอ่อนจึงเป็นวัสดุที่มีสมบัติความเป็นฉนวนความร้อนที่ดี

เมื่อนำหินอ่อนเขาสีชมพู และสีเทาวิเคราะห์ธาตุประกอบออกไซด์ด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ พบว่า หินทั้งสองมีปริมาณแคลเซียมออกไซด์สูงมีมากกว่า 56% (wt%) ซึ่งมีปริมาณสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมออกไซด์ในหินปูนจากแหล่งหินปูนอำเภอเมือง อำเภอพยุหคีรี อำเภอบรรพตพิสัย และอำเภอโกรกพระ ในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ ที่มีปริมาณแคลเซียมออกไซด์อยู่ระหว่าง 47.63-55.19 (wt%) (ศศิธร, 2542) แสดงให้เห็นว่าหินอ่อนเขาสว่างอารมณ์ อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชรมีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมด้านต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง

ในการทดสอบสมบัติเชิงกายภาพของหินอ่อน ด้านความสามารถในการรับแรงกด เพื่อหาค่ามอดูลัสการแตกร้าว พบว่า หินอ่อนสีเทาสามารถรับแรงกดได้มากกว่าหินอ่อนสีชมพู เมื่อพิจารณาประกอบกับผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุประกอบหิน พบว่าปริมาณแมกนีเซียม (Mg) ในหินอ่อนสีเทา (0.055 atomic%) มีปริมาณสูงกว่าหินอ่อนสีชมพู (0.027 atomic%) จึงทำให้หินอ่อนสีเทาแข็งกว่าหินอ่อนสีชมพู ซึ่งแมกนีเซียมเป็นธาตุที่มีมวลเบาแต่มีความแข็ง สามารถรับแรงกดอัดได้มากกว่าหินอ่อนสีชมพู (ศูนย์การเรียนรู้อุตสาหกรรมเหมืองแร่, ม.ป.ป.) เมื่อพิจารณาปริมาณซิลิกอน (Si) ซึ่งเป็นธาตุที่มีมีความแข็ง มีความแววววาวเป็นประกาย (ชัยวัฒน์, 2525) จึงทำให้เนื้อของหินอ่อนสีชมพู (0.090 atomic%) มีความแววววาวกว่า เนื้อหินมีประกายมากกว่าหินอ่อนสีเทา (0.065 atomics%) ขณะที่หินอ่อนสีเทามีปริมาณสตรอนเชียม (Sr) (0.032 atomic%) สูงกว่าหินอ่อนสีชมพู (0.022 atomic%) จึงทำให้หินอ่อนสีเทามีเนื้อหินที่เป็นสีขาวนวล บางส่วนมีสีเหลืองคล้ายสนิม (ชัยวัฒน์, 2525) สังเกตได้ชัดกว่าหินอ่อนสีชมพู

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2560 ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

การเรียนรู้อุตสาหกรรมเหมืองแร่, ศูนย์. (ม.ป.ป.). **แมกนีเซียม**. [Online]. Available : http://lc.dpim.go.th/kb/1082 [2561, มิถุนายน 20].

กรองทิพย์ เติมเกาะ. (2555, กันยายน). การทดสอบสภาพนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนคอมโพสิท. **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ, 60**(190), 9-11.

ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. (2525). **สารานุกรมธาตุ**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ดนุพล ตันนโยภาส และคนอื่นๆ. (2557, กรกฎาคม-ธันวาคม). การประเมินแผ่นหินอ่อนด้วยสมรรถนะการเลื่อยและการแผ่รังสีความร้อน. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 19**(2), 55-68.

ทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรม. (2555). **รายงานการจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีจังหวัดกำแพงเพชร**. กรุงเทพฯ : กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ประคัลภ์ โฆษิตานนท์. (2549). **รายงานลักษณะธรณีวิทยาแหล่งแร่หินอ่อน**. กำแพงเพชร : กรมอุตสาหกรรมจังหวัดกำแพงเพชร.

ศศิธร แซ่ลี้. (2542). **การศึกษาคุณภาพหินปูนบริเวณจังหวัดนครสวรรค์ โดยวิธี XRF**. กรุงเทพฯ : ฝ่ายวิเคราะห์แร่และหิน กองวิเคราะห์ กรมทรัพยากรธรณี.

สฤษณ์ พรมสายใจ. (2559). การทดลองหาอัตราส่วนผสมระหว่าง ทราย ผงหินอ่อน ปูนซีเมนต์เพื่อทำผลิตภัณฑ์กระเบื้องหินทรายเทียม สำหรับตกแต่งบ้าน. **รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ The 3rd National and International Conference on Global Mobility through Ethnicity Culture and Research วันที่ 4 ธันวาคม พ.ศ. 2559.** เพชรบุรี : สถาบันวิจัยและส่งเสริมศิลปวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

Average Specific Gravity of Various Rock Types. (n.d.). [Online]. Available : http://www.edumine.com/xtoolkit/tables/sgtables.htm [2017, October 18].

Engineering ToolBox. (2003). **Thermal Conductivity of Materials and Gases**. [Online]. Available : http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html [2017, October 18].

Irwin, O. (1996). A Survey of Thermodynamics. **Journal of Statistical Physics, 83**(3-4), 791-792.