เสมอแข พรมมา : การประเมินคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของหินทรายในห้องปฏิบัติการภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์องศา (LABORATORY ASSESSMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF SANDSTONE UNDER SUBZERO TEMPERATURE CONDITION) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เดโช เผือกภูมิ, 164 หน้า

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อประเมินสมบัติทางกลของหินทรายภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์องศาและเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคการ ground freezing โดยหินทรายชุดพระวิหารจะถูกดำเนินการทดสอบกำลังรับแรงกดในแกนเดียวและสามแกนและทดสอบกำลังรับแรงดึงแบบบราซิลภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน (233, 253, 268 และ 298 เคลวิน) ภายใต้สภาวะที่แตกต่างกันในสามลักษณะ (แห้ง, อิ่มตัวด้วยน้ำและอิ่มตัวด้วยน้ำเกลือ) ผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์แสดงให้เห็นว่ากำลังรับแรงดึงและกำลังรับแรงกดภายใต้สภาวะทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง เนื่องจากตัวอย่างภายใต้อุณหภูมิต่ำมีพลังงานความร้อนต่ำกว่าที่อุณหภูมิสูงซึ่งจะช่วยให้ตัวอย่างหินดูดซับพลังงานกลมากขึ้นและมีค่าความเค้นที่สูงขึ้นก่อนที่จะเกิดการวิบัติ อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของหินจะแสดงในรูปแบบของโมดูลัสความยืดหยุ่น (Elastic modulus) และอัตราส่วนปัวซอง (Poisson's ratio) พารามิเตอร์ความแข็งและพารามิเตอร์ยืดหยุ่นถูกพิจารณาจากผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ แรงยึดเหนี่ยวและมุมแรงเสียดทานภายในตามเกณฑ์ Coulomb เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิลดลง ค่าคงที่ "m" จากเกณฑ์ Hoek และ Brown มีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิลดลง การจำลองเชิงตัวเลขแบบสองมิติ (2-D) โดยใช้โปรแกรม ANSYS 14.0 เพื่อคำนวณการถ่ายเทความร้อนระหว่างท่อแช่แข็ง (freezing pipe) กับหินโดยรอบ ผลการวิเคราะห์จะถูกนำมาใช้ในการประเมินการขยายตัวของพื้นที่แช่แข็ง (frozen zone) ในระหว่างกระบวนการ ground freezing โดยใช้อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นที่แตกต่างกันสี่แบบ (0.5, 1, 2 และ 3 กิโลกรัมต่อวินาที) และจะดำเนินการสำหรับกระบวนการแช่แข็งนาน 15 วัน จากผลการจำลองเชิงตัวเลขพบว่าระยะรัศมีของพื้นที่แช่แข็งเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาและอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นเพิ่มขึ้น สมการทางคณิตศาสตร์ถูกนำเสนอในรูปของระยะรัศมีของพื้นที่แช่แข็ง (Rp), ค่าการนำความร้อน (λ), ความร้อน (c_p), อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น (N) และเวลาในการแช่แข็ง (T): $Rp = 134.53\ (\lambda/c_p)^{1.08}\ N^{0.118}\ T^{0.465}$ สมการเชิงประจักษ์นี้สามารถนำไปพิจารณาเลือกใช้อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นที่เหมาะสมและเวลาในการแช่แข็งสำหรับหินแต่ละประเภทและระยะห่างของช่องแช่แข็งที่เหมาะสมได้

สาขาวิชา เทคโนโลยีธรณี ลายมือชื่อนักศึกษา เสมอแข พรมมา

ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

SAMERHKEA PROMMA : LABORATORY ASSESSMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF SANDSTONE UNDER SUBZERO TEMPERATURE CONDITION. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. DECHO PHUEAKPHUM, Ph.D., 164 PP.

GROUND FREEZING/ STRENGTH/ FROZEN SANDSTONE/ SUBZERO TEMPERATURE/NUMERICAL SIMULATION/FROZEN ZONE

The objectives of this study are to experimentally assess the mechanical properties of sandstone under subzero temperature condition and to assess the performance of ground freezing technique using computer simulation. The uniaxial and triaxial compression test and Brazilian tensile strength test are performed on the Phra Wihan sandstone under various temperature (233, 253, 268, and 298 Kelvin) on three different conditions (dry, saturated with water and saturated with brine). The results of the mechanical properties indicated that the tensile and compressive strengths under all of conditions increased with decreasing of temperatures. This is due to the specimens under low temperature have a lower thermal energy than those under high temperature. This allows the rock sample to absorb more mechanical energy and to develop higher stresses before the failure occur. The influencing of temperature on the rock deformability is displayed as elastic modulus and Poisson's ratio. The strength parameters and elastic parameter are determined by the results of the mechanical properties. The cohesion and internal friction angle based on Coulomb criterion, slightly increase with decreasing of temperatures. The “m” constant based on Hoek and Brown criterion decrease with decreasing temperature. Two-dimensional (2-D) axisymmetric numerical simulation using program ANSYS 14.0 is also performed to

calculate the heat transfer between freezing pipe and surrounding rock. The result obtained here can be used to assess the development of frozen zone during ground freezing operation. Four different coolant flow rates (0.5, 1, 2 and 3 kg/sec) are conducted for freezing process up to 15 days. The numerical results indicated that the frozen zone radius is increased with increasing of time and coolant flow rate. The mathematical equation presented in form of the frozen zone radius (R_p), thermal conductivity (λ), heat capacity (c_p), coolant flow rate (N) and freezing time (T): $R_p = 134.53\ (\lambda/c_p)^{1.08}N^{0.118}T^{0.465}$. This empirical equation can be used to select the proper coolant flow rate and freezing time for each rock types and the proper freezing hole spacing.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Geotechnology

Academic Year 2018

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____