เจนจิรา ปลั่งกลาง : กำลังดึงและการเปลี่ยนรูปร่างเชิงเวลาของเกลือหินจากการทดสอบแรงดัดโค้งแบบสี่จุด (TIME-DEPENDENT TENSILE STRENGTH AND DEFORMABILITY OF ROCK SALT USING FOUR-POINT BENDING TEST) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เดโช เผือกภูมิ, 85 หน้า

การทดสอบแรงดึงแบบกดสี่จุดได้ดำเนินการบนตัวอย่างเกลือหินรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (50×50×200 ลูกบาศก์มิลลิเมตร) โดยแปรเปลี่ยนวิธีการให้แรงสำหรับชุดทดสอบต่างๆ คือ การทดสอบแรงดึงแบบกดสี่จุดภายใต้การให้แรงกดคงที่เชิงเวลา (การคืบ) การทดสอบแรงดึงแบบกดสี่จุดภายใต้การให้อัตราการกดคงที่เชิงเวลา และทดสอบแรงดึงแบบกดสี่จุดภายใต้การให้แรงแบบวัฏจักร ขั้นตอนการทดสอบได้ปฏิบัติตามมาตรฐานของ ASTM (D6272-10) โดยค่าความเค้นดึงที่จุดแตกได้จากการคำนวณโดยใช้สูตร และค่าความเครียดดึงได้จากการวัดด้วยสเตรนเกจ การทดสอบภายใต้แรงกดคงที่ได้ใช้แรงที่สัมพันธ์กับค่าความเค้นดึงที่เกิดขึ้นผันแปรจาก 0.5 ถึง 1.25 เมกะปาสคาล โดยค่าความเครียดดึงถูกวัดเป็นเวลา 21 วัน แสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนตัวแบบทันทีทันใดและการเคลื่อนตัวแบบเปลี่ยนแปลงเชิงเวลา ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยสมการการคืบแบบยกกำลัง การทดสอบภายใต้การให้แรงแบบวัฏจักรได้ผันแปรความถี่ของการให้แรงที่ 1 และ 10 มิลลิเฮิรตซ์ ซึ่งให้จำนวนรอบการทดสอบสูงถึง 4,800 รอบ ความเค้นดึงสูงสุดมีค่าตั้งแต่ 1.2 ถึง 3.2 เมกะปาสคาล ความเครียดล้ามีค่าลดลงเมื่อจำนวนรอบเพิ่มขึ้นและมีความอ่อนไหวน้อยต่อค่าความถี่ของการให้แรง กราฟแสดงความล้าสามารถอธิบายได้ด้วยสมการลอการิทึม ความยืดหยุ่นของเกลือหินมีค่าลดลงเมื่อจำนวนรอบเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากการสะสมตัวของรอยแตกเล็กๆ ที่เกิดขึ้นใหม่ในแต่ละรอบของการให้แรงแบบวัฏจักร ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.47 ถึง 1.93 จิกะปาสคาล การทดสอบภายใต้อัตราการกดคงที่เชิงเวลาได้ผันแปรอัตราการกดจาก 10^{-7} ถึง 10^{-3} เมกะปาสคาลต่อวินาที จนกระทั่งหินเกิดการวิบัติ อัตราการกดสูงส่งผลให้ความเค้นดึงมีค่าสูง จากผลการทดสอบทั้งสามชุด ระบุว่าภายใต้แรงดึงของเกลือหินจะมีพฤติกรรมการเคลื่อนตัวในเชิงเวลา การเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบคืบถูกควบคุมโดยกลไกการปีน (การเคลื่อนตัวระหว่างผลึก) ซึ่งไม่สามารถคืนสู่สภาพเดิมได้ดังแสดงให้เห็นจากการสะสมตัวของความเครียดระหว่างการให้แรงแบบวัฏจักร การจำลองทางคอมพิวเตอร์ได้นำมาใช้หาความเค้นดึงบริเวณหลังคาช่องเหมืองภายใต้การผันแปรความดันต่ำสุดที่ใช้ในการกักเก็บ ความลึก และความกว้างของช่องเหมือง ผลจากการศึกษาสามารถนำมาใช้เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการกักเก็บอย่างมีเสถียรภาพในระยะยาว

สาขาวิชา เทคโนโลยีธรณี ลายมือชื่อนักศึกษา เจนจิรา ปลั่งกลาง

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา D.Thueakphum

JENJIRA PLANGKLANG : TIME-DEPENDENT TENSILE STRENGTH AND DEFORMABILITY OF ROCK SALT USING FOUR-POINT BENDING TEST. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. DECHO PHUEKPHUM, Ph.D., 85 PP.

CREEP/ BENDING TEST/ CYCLIC LOADING/ LOADING RATE/ FATIGUE

Four-point bending tests have been performed on prismatic ($50\times50\times200$ mm^3) specimens of rock salt. Three loading configurations are used on separate sets of the specimens: static (creep) loading, constant loading rate and cyclic loading. The test procedure is in accordance with the ASTM (D6272-10) standard practice, where applicable. The tensile stresses at the crack initiation point are calculated, and the tensile strains are measured with strain gage. The static loading test uses four loading magnitudes equivalent to the induced tensile stresses from 0.5 to 1.25 MPa. The tensile strains measured up to 21 days show the instantaneous and transient deformations which can be described by the potential creep law. Two loading frequencies are used for the cyclic loading test series: 1 and 10 mHz for up to 4800 cycles. The maximum stresses are varied from 1.2 to 3.2 MPa. The fatigue strength decreases with increasing loading cycles, and is insensitive to the loading frequencies. The fatigue (S-N) curves can be represented by a logarithm relations. The salt elasticity decreases as the number of loading cycles increases, probably due to the accumulated strain of the micro-cracks induced by each loading cycle. The calculated elastic moduli range from 0.47 GPa to 1.93 GPa. The constant loading rate specimens are subjected to the tensile stresses rates from 10^{-7} to 10^{-3} MPa/s. They are loaded until failure. Higher loading rates induce

higher from 10^{-7} to 10^{-3} MPa/s. They are loaded until failure. Higher loading rates induce higher tensile strength. Results from the three test series suggest that under tension rock salt exhibits time-dependent deformations. The creep deformation is governed by the dislocation climb mechanism (sliding between crystals). It is non-recoverable, as evidenced by the accumulated strains measured during the cyclic loading tests. The computer simulations calculate the tensile stresses in mine roof under different minimum storage pressures in the opening, depths and room widths. The findings can be used to determine minimum storage pressures for long term stability.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Geotechnology

Academic Year 2017

Student's Signature

Advisor's Signature