สุรศักดิ์ จันทร์เพ็ญ : ผลกระทบของชั้นหินทรายบางต่อเสถียรภาพของหลังคาอุโมงค์ (EFFECT OF THINLY-STRATIFIED SANDSTONE ON TUNNEL ROOF STABILITY) อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร, 84 หน้า.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาผลกระทบของชั้นหินทรายบางต่อเสถียรภาพของหลังคาอุโมงค์ การทดสอบแรงดึงแบบกดสามจุดได้ดำเนินการบนตัวอย่างหินรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (50×50×200 มิลลิเมตร) ของหินทรายชุดภูพาน แผ่นหินทรายบางถูกสร้างขึ้นด้วยการใช้เลื่อยตัดและการให้แรงกดตามแนวยาวของตัวอย่างเพื่อทำให้เกิดรอยแตกแบบดึง อัตราการให้แรงดึงต่อตัวอย่างหินบริเวณตรงกลางของรอยแตกแบบดึงผันแปรจาก 0.001 ถึง 1 เมกะปาสคาลต่อนาที ความเค้นยึดติดและแรงเสียดทานภายในของตัวอย่างผิวเรียบจากการทดสอบกำลังรับแรงเฉือนมีค่าเท่ากับ 0.13 เมกะปาสคาล และ 25 องศา สำหรับตัวอย่างผิวเรียบ-ลื่น มีค่าเท่ากับ 0.09 เมกะปาสคาล และ 24 องศา กำลังรับแรงดึงสูงสุดและสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นที่ตรวจวัดบริเวณรอยแตกแบบดึงมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราการให้แรงดึง และไม่ขึ้นกับจำนวนชั้นของแผ่นหินทราย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อจำนวนชั้นของแผ่นหินทรายน้อยกว่า 3 ชั้น ค่าการแอ่นตัวมีค่าสูงขึ้นเมื่อตัวอย่างหินมีความหนาของแผ่นหินทรายบาง ผลจากการจำลองเชิงตัวเลขโดยใช้โปรแกรม UDEC ระบุว่า ค่ากำลังรับแรงดึงและค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นไม่ขึ้นกับความเค้นยึดติดและแรงเสียดทานระหว่างชั้นแผ่นหิน ความแกร่งของรอยแตกแบบเฉือน (K_s) เป็นปัจจัยหลักในการบ่งบอกถึงความแข็ง ความแกร่ง และการแอ่นตัวของตัวอย่าง ซึ่งเป็นจริงทุกกรณีแม้จะมีจำนวนชั้นที่แตกต่างกัน ผลกระทบของความแกร่งของรอยแตกแบบเฉือนไม่มีนัยสำคัญเมื่อมีค่าต่ำกว่า 100 เมกะปาสคาลต่อเมตร เมื่อความแกร่งของรอยแตกแบบเฉือนมีค่ามากกว่า 5,000 เมกะปาสคาลต่อเมตร ค่าความแข็งของตัวอย่างหินจะมีค่าเข้าใกล้ตัวอย่างหินที่ไม่มีรอยแตกถึงแม้ตัวอย่างนั้นจะมีรอยแตกก็ตาม ความสัมพันธ์ระหว่างการแอ่นตัวของตัวอย่างและความเครียดดึงได้ถูกพัฒนาขึ้น ค่าความเค้นและความเครียดดึงสามารถนำมาใช้คำนวณพลังงานความเครียดและนำมาเทียบกับเกณฑ์การแตกของพลังงานงานความเครียด เกณฑ์การแตกของพลังความเครียดสามารถนำมาใช้ประเมินเสถียรภาพของชั้นหินทรายบางบริเวณหลังคาในสภาวะจริงภายใต้สมมติฐานว่าพลังงานความเครียดสูงสุดที่เกิดขึ้นที่จุดแตกจะต้องไม่ขึ้นกับลักษณะการรับแรง สลักเกลียวอาจนำมาติดตั้งเพื่อเพิ่มอัตราส่วนความหนาต่อความกว้างของอุโมงค์ ซึ่งวิธีนี้จะเป็นการเพิ่มเสถียรภาพของหลังคา

สาขาวิชา เทคโนโลยีธรณี ลายมือชื่อนักศึกษา S. Chanpen

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา K. Fuangjoen

SURASAK CHANPEN : EFFECT OF THINLY-STRATIFILED SANDSTONE ON TUNNEL ROOF STABILITY. THESIS ADVISOR : PROF. KITTITEP FUENKAJORN, Ph.D., P.E., 84 PP.

BENDING TEST/ LOADING RATE/ TENSILE STRENGTH/ TENSILE STIFFNESS

The objective of this study is to determine the effect of thinly-stratified sandstone on the roof stability of tunnels. Three-point bending tests have been performed on prismatic specimens (50×50×200 mm) prepared from Phu Phan sandstone. The sandstone beds are artificially made by saw-cutting and by line-loading to induce tensile fracture. The loading rates are varied to obtain the induced tensile stresses at the crack initiation point from 0.001 to 1.0 MPa per minute. The cohesion and basic friction angle of the smooth surface obtained from the direct shear testing are 0.13 MPa and 25°, the smooth-slip surface are 0.09 MPa and 24°. The tensile strengths and elastic moduli measured at the tensile crack initiation point increase with the loading rate, and are insensitive to the number of rock layers, particularly when the number of layer is below three. Larger deflections are obtained for the specimens comprising thinner layers. Results from numerical simulations using UDEC suggest that the specimen tensile strengths and elastic moduli are independent of the cohesion and friction angle between the rock layers. The joint shear stiffness (K_s) is however the main factor governing the strength, stiffness and deflection of the specimens. This holds true for all specimens even with different numbers of rock layers. The K_s effects become insignificant when its values are below 100 MPa/m. When K_s exceeds 5,000 MPa/m, the strengths of the specimens approach that of the intact specimen regardless the number of layers. The relationship between

the rock beam deflection and the induced tensile strain is developed. The induced tensile stresses and strains are used to develop the strain energy to compare with the energy strength criterion. The energy strength criterion can be used to assess the actual stratified roof stability based on an assumption that the induced maximum strain energy at the crack initiation point is independent of the loading configurations. Rock bolts may be installed to increase the thickness-to-span length, and hence increases the stability of the roof beams.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Geotechnology Student's Signature S. Chanpen

Academic Year 2017 Advisor's Signature W. Tangjaroen