ภานุพงศ์ สวนพรหม : การทดสอบความซึมผ่านของรอยแตกในหินทรายภายใต้แรงเฉือน (PERMEABILITY TESTING OF SHEARED FRACTURES IN SANDSTONES) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร, 78 หน้า.

น้ำบาดาลในมวลหินเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ควบคุมเสถียรภาพเชิงกลศาสตร์ของความลาดชัน เหมืองใต้ดิน และอุโมงค์ ความซึมผ่านของมวลหินจะมีทิศทางซึ่งถูกควบคุมด้วยระบบของรอยแตกเพราะหินทั่วไปจะมีค่าความซึมผ่านค่อนข้างต่ำ สำหรับมวลหินในธรรมชาติที่ไม่มีการขุดเจาะมาเกี่ยวข้องนั้นคุณลักษณะของรอยแตกจะเป็นตัวกำหนดปริมาณและทิศทางการไหลของน้ำซึ่งสามารถวัดได้จากการทดสอบในภาคสนามและบางครั้งมีการคำนวณด้วยแบบจำลองเข้ามาประกอบด้วย การตัดความลาดชันและขุดเจาะอุโมงค์จะรบกวนสภาวะของมวลหินโดยรอบและมีการเปลี่ยนแปลงค่าความเค้นบนรอยแตกและบ่อยครั้งจะทำให้มีการเคลื่อนตัวของรอยแตกด้วย ดังนั้นโครงสร้างวิศวกรรมดังกล่าวมักจะเพิ่มค่าความซึมผ่านของมวลหินซึ่งบางครั้งอาจเพิ่มขึ้นหลายเท่า ถึงแม้ผลกระทบดังกล่าวได้มีการกล่าวถึงมาเป็นเวลาช้านาน การศึกษาค่าความซึมผ่านของรอยแตกในหินที่มีผลกระทบจากการเคลื่อนตัวแบบเฉือนยังมีน้อยมาก

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อศึกษาค่าความซึมผ่านของรอยแตกในหินทรายภายใต้ความเค้นในแนวตั้งและความเค้นเฉือนซึ่งจะมีการทดสอบการไหลของน้ำด้วยวิธีอัดน้ำด้วยแรงดันแบบผันแปร โดยใช้รอยแตกที่ทำขึ้นในห้องปฏิบัติการของหินทราย 4 ชนิด หินทรายดังกล่าวคือ หินทรายชุดภูพาน ชุดเสาขรัว ชุดภูกระดึง และชุดพระวิหาร ซึ่งอยู่ในกลุ่มหมวดหินโคราช จะมีการวัดการเปลี่ยนแปลงของรอยเปิดเผยอ อัตราการไหลของน้ำ และค่าความเค้นเฉือนที่เปลี่ยนไป ซึ่งจะนำมาใช้ในการคำนวณการเปลี่ยนแปลงของค่าความซึมผ่านในรอยแตกในฟังก์ชั่นของการเคลื่อนตัวในแนวเฉือน ผลที่ได้ระบุว่าการเปิดเผยอเชิงกายภาพและเชิงไฮดรอลิกจะเพิ่มขึ้นตามการเคลื่อนตัวแบบเฉือนซึ่งจะเห็นได้ชัดสำหรับรอยแตกที่อยู่ภายใต้ความเค้นตั้งสูง ความซึมผ่านของรอยแตกภายใต้สภาวะที่ไม่มีแรงเฉือนและสภาวะที่มีแรงเฉือนสูงสุดจะมีค่าใกล้เคียงกัน การเปิดเผยอเชิงกายภาพจะมีค่ามากกว่าการเปิดเผยอเชิงไฮดรอลิก 5-10 เท่า ส่งผลให้ค่าความซึมผ่านเชิงกายภาพสูงกว่าค่าความซึมผ่านเชิงไฮดรอลิก 10-100 เท่า ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยการเปิดเผยอเชิงกายภาพไม่ได้พิจารณาผลกระทบของความขรุขระของรอยแตกที่เป็นปัจจัยทำให้ระยะทางของการไหลของน้ำยาวขึ้น ผลต่างระหว่างค่าความซึมผ่านภายใต้ความเค้นสูงสุด

และภายใต้ความเค้นคงเหลือจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อความเค้นตั้งฉากบนรอยแตกนั้นมีค่ามากขึ้น ค่าความซึมผ่านของรอยแตกจะลดลงเมื่อความเค้นในแนวตั้งมีค่าสูงขึ้น ค่าความซึมผ่านของ หินทรายที่ทดสอบได้จากงานวิจัยนี้มีค่าระหว่าง 0.1×10^{-3} เมตร/วินาที ถึง 10×10^{-3} เมตร/วินาที

สาขาวิชา <u>เทคโนโลยีธรณี</u> ลายมือชื่อนักศึกษา ____________________

ปีการศึกษา 2552 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ________________

PANUPONG SUANPROM : PERMEABILITY TESTING OF SHEARED FRACTURES IN SANDSTONES. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. KITTITEP FUENKAJORN, Ph.D., PE., 78 PP.

PERMEABILITY/FRACTURE/APERTURE/SHEAR STRESS

Groundwater in rock mass is one of the key factors governing the mechanical stability of slope embankments, underground mines and tunnels. Permeability of rock mass is path dependent, controlling mainly by the system of fractures as the permeability of the intact rocks is normally low. For undisturbed rock mass (before excavation) the joint characteristics that dictate the amount and direction of water flow, can be adequately determined by means of in-situ measurements, and sometimes assisted by numerical modeling. Slope or underground excavations disturb the surrounding rock mass, alter the stress states on the fracture planes, and often cause relative displacements of the rock fractures. In most cases the excavations usually increase the surrounding rock mass permeability and sometimes by several orders of magnitude. Even though this effect has long been recognized, specific study on the rock fracture permeability as affected by the shearing displacement has been rare.

The objective of this research is to experimentally assess the permeability of sandstone fractures under normal and shear stresses. The effort primarily involves performing series of falling head flow tests on tension-induced fractures in four types of sandstone samples. The tested sandstones belong to the Phu Phan, Sao Khua, Phu Kradung and Pra Wihan formations of the Khorat group. The changes of the physical and hydraulic apertures, the water flow rates, and the applied shear stresses are

monitored and used to calculate the changes of the fracture permeability as a function of shear displacement. The results indicate that the physical aperture e_p and hydraulic aperture e_h increase with shearing displacement, particularly under high normal stresses. The magnitudes of fracture permeability under no shear and under peak shear stress are similar. For both peak and residual regions, the physical apertures are about 5 to 10 times greater than the hydraulic apertures, as a result the fracture hydraulic conductivity determined from the physical aperture are about one to two orders of magnitudes greater than these determined from the equivalent hydraulic apertures. This is probably because the measured physical apertures do not consider the effect of fracture roughness that causes a longer flow path. The difference between the permeability under residual shear stress and that under peak stress becomes larger under higher normal stresses. The fracture hydraulic conductivities exponentially decrease with increasing the normal stresses. Their permeability is in the range between 0.1×10^{-3} m/s and 10×10^{-3} m/s.

School of Geotechnology Student's Signature____________________

Academic Year 2009 Advisor's Signature ____________________