

ธนพล ศรีอภัย : การทดสอบค่ากำลังแรงกดในสามแกนจริงของเกลือหินซุดมหาสารคาม
(TRUE TRIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTHS OF MAHA SARAKHAM ROCK
SALT) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร, 100 หน้า.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อหาค่ากำลังการกดในสามแกนจริงของเกลือหินและเพื่อ
คาดคะเนเกณฑ์การแตกในสามมิติที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์หาเสถียรภาพของโพรงอากาศกักเก็บ
ในชั้นเกลือหิน เกลือหินตัวอย่างมาจากเกลือหินชั้นกลางของหน่วยหินมหาสารคาม
ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยตัวอย่างเกลือหินจะถูกตัดและฝนให้ได้รูปร่าง
บล็อกสี่เหลี่ยมมีขนาด $5 \times 5 \times 10$ ลูกบาศก์เซนติเมตร และใช้โครงกดทดสอบในสามแกนในการ
ทดสอบ ซึ่งจะประกอบกับคานคู่ให้ความเค้นด้านข้างคงที่ ในขณะที่การกดในแนวแกนจะใช้
ไฮดรอลิกปั๊ม โดยจะให้ค่าความเค้นหลักกลางคงที่โดยผันแปรตั้งแต่ 0 ถึง 80 เมกะปาสคาลและ
ค่าความเค้นหลักต่ำสุดคงที่โดยผันแปรตั้งแต่ 0 ถึง 28 เมกะปาสคาล ในขณะที่ความเค้นหลักสูงสุด
จะถูกกดให้มีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งหินแตก นอกจากนี้ทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของ
ตัวอย่างเกลือหินในระหว่างการทดสอบในแต่ละแกน และจะใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์
ความยืดหยุ่นและอัตราส่วนปัวซองค์ โดยผลจากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นและ
อัตราส่วนปัวซองค์เฉลี่ยมีค่า 22.2 ± 2.7 จิกะปาสคาล และ 0.37 ± 0.05 สำหรับเกณฑ์การแตกของ
Coulomb มีค่ามุมเสียดทานเท่ากับ 50 องศา และค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานเท่ากับ
5 เมกะปาสคาล ผลกระทบของความเค้นหลักกลางของเกลือหินสามารถอธิบายได้ดีด้วยเกณฑ์
การแตกของ modified Wiebols and Cook เกณฑ์การแตกของ Mogi จะสามารถทำนายการแตก
ของเกลือหินได้ดีเฉพาะความเค้นหลักต่ำสุด เกณฑ์การแตกของ modified Lade สามารถทำนาย
การแตกของเกลือหินได้สูงกว่าผลการทดสอบในทุกะดับของความเค้นหลักต่ำสูงสุด เกณฑ์การ
แตกของ Coulomb และเกณฑ์การแตก Hoek and Brown ไม่สามารถอธิบายความแข็งของ
เกลือหินได้ เนื่องจากทั้งสองกฎเกณฑ์ไม่มีการพิจารณาผลกระทบของความเค้นหลักกลาง
ทั้ง circumscribed และ inscribed ของเกณฑ์การแตก Drucker -Prager สามารถทำนายผลการทดสอบ
ได้ดีกว่าความเค้นหลักสูงสุดในทุกสภาวะของความเค้น

การจำลองด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เป็นการชี้ให้เห็นถึงผลกระทบของความเค้น
หลักกลางที่อยู่รอบ ๆ โพรงอากาศกักเก็บในเกลือหิน การจำลองใช้โปรแกรม FLAC โดยจะทำการ
ลดความดันภายในโพรง (P_{min}) ให้เหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 20 เปอร์เซ็นต์ ของความเค้นที่ด้าน
บนสุดของโพรงอากาศกักเก็บซึ่งจะมีค่าความเค้นที่มีความเบี่ยงเบนสูง ผลปรากฏว่าเมื่อทำการลด
ความดันภายในโพรงให้เหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ จะเกิดการแตกขึ้นที่รอบ ๆ ผนังโพรงซึ่งสามารถ

ทำนายได้ด้วยเกณฑ์การแตกของ modified Wiebols and Cook เกณฑ์การแตกดังกล่าวมีความเหมาะสมมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแตกของ Coulomb เพราะเกณฑ์การแตกของ modified Wiebols and Cook มีการพัฒนามาจากผลลัพธ์ของการทดสอบกำลังกดในสามแกนจริง ซึ่งมีความน่าเชื่อถือมากกว่าเกณฑ์การแตกของ Coulomb

สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

ปีการศึกษา 2553

ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

TANAPOL SRIAPAI : TRUE TRIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTHS
OF MAHA SARAOKHAM ROCK SALT. THESIS ADVISOR : ASSOC.
PROF. KITTITEP FUENKAJORN, Ph.D., P.E., 100 PP.

TRUE TRIAXIAL/POLYAXIAL/ROCK SALT/FAILURE/INTERMEDIATE
PRINCIPAL STRESS

The objectives of this research are to determine the true triaxial compressive strengths of rock salt and to assess the predictive capability of various multi-axial strength criteria for the rock. The salt specimens are from the Middle unit of the Maha Sarakham formation in the northeast of Thailand. The salt cores has been cut and ground to obtain rectangular blocks with a nominal dimension of $5 \times 5 \times 10 \text{ cm}^3$. A polyaxial load frame equipped with two pairs of cantilever beams used to apply constant lateral stresses (σ_2 and σ_3) to the salt specimen while the axial stress (σ_1) has been applied by a hydraulic load cell. Here the constant σ_2 is varied from 0 to 80 MPa, and σ_3 from 0 to 28 MPa while the axial stress is increased until failure. The deformations induced along the three loading directions are monitored and used to calculate the elastic modulus and Poisson's ratio of the salt. The results indicate that the elastic modulus and Poisson's ratio of the Maha Sarakham salt are averaged as $22.2 \pm 2.7 \text{ GPa}$ and 0.37 ± 0.05 . For the Coulomb criterion, the internal friction angle determined from the triaxial loading condition ($\sigma_2 = \sigma_3$) is 50° , and the cohesion is 5 MPa. The effect of σ_2 on the salt strengths can be best described by the modified Wiebols and Cook criterion. The empirical (power law) Mogi criterion tends to underestimate the salt strengths particularly under high σ_3 values. The modified

Lade criterion is the overestimates at all levels of σ_3 . The Coulomb and Hoek and Brown criteria can not describe the salt strengths beyond the condition where $\sigma_2 = \sigma_3$, as they can not incorporate the effects of σ_2 . Both circumscribed and inscribed Drucker-Prager criteria severely underestimate σ_1 at failure for all stress conditions.

A finite element analysis was performed to demonstrate the impact of the intermediated principal stress on the salt behavior around a compressed-air storage cavern subject to the designed minimum storage pressures during retrieval period. Under this condition the minimum cavern pressure (P_{\min}) is reduced to as low as 10% and 20% of the in-situ stress at the casing shoe (above the cavern top), and hence the stress states in the surrounding salt are highly deviatoric. For the minimum cavern pressure of 10% σ_{cs} failure occurs at cavern boundary as predicted by modified Wiebols and Cook criterion which is more appropriated when compared with the Coulomb criterion. This is because the modified Wiebols and Cook criterion on is developed from true triaxial test results, and hence, they can predict the stability condition more conservative than the Coulomb criterion.

School of Geotechnology

Academic Year 2010

Student's Signature_____

Advisor's Signature_____