บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ กำหนดรูปร่าง ขนาด และความลึกของโพรงละลายที่อยู่ในชั้นเกลือ ที่เหมาะสมสำหรับเทคโนโลยีกักเก็บก๊าซธรรมชาติในเกลือหินชั้นล่างของชุดหินมหาสารคามในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยโพรงกักเก็บที่ออกแบบจะต้องมีเสถียรภาพในระยะยาว (มากกว่า 50 ปี) และมีการสร้างแผนที่ศักยภาพสำหรับโพรงละลายเกลือที่ใช้กักเก็บก๊าซธรรมชาติ โดยในแผนที่จะสัมพันธ์กับขนาดและความลึกของโพรงที่เหมาะสม

การทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาผลกระทบของแรงกดแบบวัฏจักรต่อพฤติกรรมเชิงเวลาของเกลือหินภายใต้ความเค้นล้อมรอบ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเค้นกดจะมีพฤติกรรมใกล้เคียงกับการเปลี่ยนแปลงความเค้นในเกลือหินรอบโพรงเกลือที่ใช้กักเก็บก๊าซธรรมชาติ โดยให้แรงกดเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างเป็นระบบ มีความเค้นเฉลี่ย (σ_m) คงที่ 3 ระดับ คือ 10, 15 และ 20 MPa ในแต่ละการทดสอบความเค้นเฉลี่ยได้มีการผันแปรความเค้นเฉือน (τ_{oct}) จาก 5.0, 8.0, 11.0 ถึง 14.0 MPa การทดสอบแรงกดแบบวัฏจักรที่มีความเค้นล้อมรอบได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การทดสอบในสามแกน ($\sigma_1 \neq \sigma_2 = \sigma_3$) และการทดสอบในสามแกนจริง ($\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$) ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบถูกนำไปสอบเทียบเพื่อให้ได้มาซึ่งคุณสมบัติความหนืดเชิงยืดหยุ่นและเชิงพลาสติกของเกลือหิน

ผลจากการวิเคราะห์ได้ข้อสรุปว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น (E_1) ที่วัดได้จากการทดสอบแรงกดแบบวัฏจักรในสามแกนและในสามแกนจริงเมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากการทดสอบการคืบในสามแกนและในสามแกนจริงมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีพฤติกรรมที่ไม่ขึ้นกับการให้แรงกดแบบวัฏจักรและความเค้นหลักกลาง (σ_2)ค่าความหนืดเชิงยืดหยุ่น (E_2, η_2) ที่ได้จากการทดสอบแรงกดแบบวัฏจักรในสามแกนและในสามแกนจริงเมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากการทดสอบการคืบในสามแกนและในสามแกนจริงมีค่าใกล้เคียงกัน ความหนืดเชิงพลาสติก (η_1) ที่ได้จากการทดสอบแรงกดแบบวัฏจักรมีค่าต่ำกว่าที่ได้จากการทดสอบการคืบประมาณ 10 เท่า และค่าที่ได้จากสภาวะความเค้นในสามแกนจะมีค่าต่ำกว่าสภาวะความเค้นในสามแกนจริง ซึ่งหมายความว่าการกดแบบวัฏจักรจะส่งผลให้เกลือหินเปลี่ยนรูปร่างในเชิงเวลาได้มากกว่าการกดแบบสถิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงในสภาวะคงตัว

แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (FLAC) ได้นำมาใช้ในการจำลองโพรงเกลือ โดยหลังคาโพรงเกลืออยู่ที่ระดับความลึก 500 เมตร มีรัศมีของโพรงเท่ากับ 25 เมตร และโพรงมีความสูง 300 เมตร ซึ่งเป็นรูปร่างที่ใหญ่ที่สุด การจำลองได้ใช้ค่าคงที่จากแบบจำลองของ Burgers ที่ได้จากการสอบเทียบ ผลที่ได้จากการสอบเทียบจากการทดสอบทั้งสองรูปแบบ โดย

ผลการจำลองโพรงกักเก็บในระยะ 50 ปี มีเสถียรภาพดีมากและมีการยุบตัวของโพรงกักเก็บน้อยมาก ผลที่ได้สรุปได้ว่าการนำคุณสมบัติที่ได้จากการทดสอบการคืบในสามแกนมาออกแบบโพรงกักเก็บจะไม่เป็นไปในเชิงอนุรักษ์

การสร้างแผนที่ศักยภาพสำหรับการสร้างโพรงกักเก็บโดยพิจารณาความลึกและความหนาของเกลือชั้นล่าง โดยใช้ความลึกของเกลือชั้นล่างซึ่งกระจายตัวทั้งในแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร จากนั้นทำการสร้างภาพตัดขวางเพื่อหาตำแหน่งที่สามารถสร้างโพรงกักเก็บในชั้นเกลือหินทั้ง 2 แอ่ง ในการศึกษานี้แนะนำให้ใช้โพรงที่มีความสูงมากที่สุด 300 เมตร และต่ำสุด 260 เมตร โดยมีหลังคาโพรงอยู่ที่ระดับความลึก 500 เมตร ซึ่งโพรงที่สภาวะความเค้นนี้มีค่าสูงพอที่จะไม่ทำให้หลังคาโพรงเกิดการพังทลายและสามารถกักเก็บก๊าซธรรมชาติได้โดยอ้างอิงจากโพรงกักเก็บที่ใช้ในต่างประเทศ จากการศึกษานี้พบว่าพื้นที่ที่เหมาะสมในการสร้างโพรงกักเก็บก๊าซธรรมชาติ คือ เกลือชั้นล่างของแอ่งโคราช ในเขตอำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม และในเขตอำเภอเมืองสรวง จังหวัดร้อยเอ็ด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

The objectives of this study are to experimentally assess the mechanical performance of the Maha Sarakham salt for natural gas storage caverns, to propose a preliminary design for the cavern configurations, and to identify the area suitable for the cavern development. The effort involves performing cyclic loading tests under triaxial and polyaxial stress states on salt, performing computer simulations (using FLAC) to determine the safe maximum and minimum storage pressures, and reviewing the structural geology of the Khorat and Sakon Nakhon basins to determine the suitable sites for the storage caverns. The triaxial and polyaxial cyclic loading tests use the mean stresses of 10, 15 and 20 MPa while the octahedral shear stresses vary from 5, 8, 11 and 14 MPa. The specimen deformations are monitored along the three principal axes for up to 1200 cycles. The Burgers model is used to describe the elastic, visco-elastic (transient) and visco-plastic (steady-state) behavior of the salt. Regression analyses on the octahedral shear strain – time curves suggest that the salt elastic and visco-elastic parameters tend to be independent of the cyclic loads. In the steady-state creep phase, the visco-plastic parameter calibrated from the true triaxial cyclic loading test is about an order of magnitude lower than those under true triaxial static loading. The Burgers parameters calibrated from the two loading configurations are used to predict the cavern closure using FLAC. The numerical results suggest that simulation of the storage cavern under cyclic pressurizations using the parameters from the conventional triaxial creep test may not give conservative results. The storage caverns are designed to be upright cylindrical caverns with 50 meters in diameter and 260 to 300 meters in height. They should have semi-spherical shape roof and floor. The depth of the cavern top (casing shoe) should be at 500 m. Some areas in the Maha Sarakham province are recommended where the depth and thickness of the Lower salt unit are suitable to host the natural gas storage caverns.