บทคัดย่อ

การประเมินศักยภาพเชิงกลศาสตร์ของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเพื่อกักเก็บกากนิวเคลียร์ (หรือกากกัมมันตรังสี) ประกอบด้วยสองกิจกรรมหลัก คือ การทดสอบตัวอย่างเกลือหินในห้องปฏิบัติการ และการคำนวณด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ จากข้อมูลหลุมเจาะและธรณีฟิสิกส์คุณลักษณะทางธรณีวิทยา 5 แบบในหมวดหินมหาสารคามได้นำมาใช้เป็นกรณีศึกษา แนวคิดที่พิจารณาในการสร้างแหล่งกักเก็บกากนิวเคลียร์ ประกอบด้วย 1) การกักเก็บในโพรงเกลือแบบละลาย และ 2) การกักเก็บในเหมืองเกลือแบบแห้ง การทดสอบในห้องปฏิบัติการประกอบด้วยการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานเชิงกลศาสตร์ การทดสอบแรงกดในแกนเดียวแบบวัฏจักร การทดสอบการเคลื่อนไหลในแกนเดียวและในสามแกน ผลจากการทดสอบนำมาคำนวณคุณสมบัติเฉพาะของเกลือหิน เช่น ความเหนียว ความหนืด ความแข็ง ความยืดหยุ่น และการเปลี่ยนรูปตามเวลา ผลของการสอบเทียบด้วยระเบียบวิธีคำนวณเชิงตัวเลขนำมาใช้ในการจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อหาขนาดและรูปแบบของโพรงหรืออุโมงค์กักเก็บที่เหมาะสม ซึ่งการคำนวณด้วยแบบจำลองให้การกระจายตัวของความเค้นและการวิรูปตามกาลเวลารอบ ๆ โพรงหรืออุโมงค์กักเก็บ ผลที่ได้บ่งถึงเสถียรภาพเชิงกลศาสตร์และการทรุดตัวของชั้นหินที่อยู่ด้านบน ข้อกำหนดที่สำคัญในการออกแบบประกอบด้วย 1) เสถียรภาพเชิงกลศาสตร์ในช่วงระยะ 50 ปี ระหว่างการดำเนินการ 2) ไม่มีการรั่วไหลของกากนิวเคลียร์ในระยะเวลา 500 ปี ระหว่างการกักเก็บ และ 3) การเคลื่อนตัวของหินข้างเคียงมีค่าน้อยที่สุด

ผลจากการศึกษาระบุว่าโพรงละลายควรมีลักษณะเป็นรูปทรงกลมและอยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 585 เมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 เมตร (ปริมาตรเท่ากับ 25,133 ลูกบาศก์เมตร) ความหนาของหลังคาและของพื้นโพรงเท่ากับ 200 เมตร การทรุดตัวของผิวดินมีค่าน้อยกว่า 1 เซนติเมตร ในระยะเวลา 500 ปี โดยที่โพรงจะต้องมีความดันภายในเท่ากับความดันสถิตย์ของน้ำเกลือที่มีระดับถึงผิวดิน

การทิ้งกากนิวเคลียร์ในเหมืองเกลือแบบแห้งควรใช้แนวคิดแบบเสาค้ำยันยาว (Long-wall pillar) และอยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 500 เมตร โดยมีความกว้างของแต่ละห้องกักเก็บเท่ากับ 4 เมตร สูง 4 เมตร และยาว 50 เมตร ห้องควรกั้นด้วยเสาค้ำยันยาวซึ่งมีความกว้าง 16 เมตร เสาค้ำยันหลักควรมีความกว้างเท่ากับ 400 เมตร การออกแบบลักษณะนี้ทำให้การหดตัวของอุโมงค์ก่อนที่จะทำการถมกลับมีค่าประมาณ 15 เซนติเมตร และการทรุดตัวของผิวดินประมาณ 20 เซนติเมตรในระยะเวลา 500 ปีของการกักเก็บ

ผลงานวิจัยสรุปว่า ชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีลักษณะเชิงกลศาสตร์หินที่สามารถรองรับการทิ้งกากนิวเคลียร์

ABSTRACT

Series of mechanical laboratory testing and numerical modeling have been carried out to assess the geomechanical performance of rock salt formation in the northeast of Thailand for the nuclear waste repository. Based on the results from existing boreholes and geophysical data, five geologic characteristics of Maha Sarakham Formation have been selected in this study. Two concepts for the repository have been proposed: (1) solution mining concept and (2) dry mining concept. The mechanical characterization, cyclic loading, and uniaxial and triaxial creep tests have been performed on the salt core specimens under isothermal conditions. The results reveal the stiffness, strength, instantaneous responses and time-dependent behavior of the salt. Finite element analyses use the laboratory-calibrated properties to assist in the design of the repository dimensions and layout under a variety of loading and boundary conditions. The numerical model employing the visco-elastic and visco-plastic constitutive equations predicts the time-dependent stresses and deformation around the salt openings, as well as the movement of the overlying formations. The key design requirements are 1) mechanical stability during the emplacement period of 50 years, 2) containment integrity for the repository during the isolation period of 500 years, and 3) minimization of the movement of the surrounding rock formations.

For the solution mining concept, the computer results suggest that the spherical caverns should be solution-mined at about 585 meters depth with the diameter of 40 meters (equivalent to 25,133 m^3). The minimum salt roof and floor are 200 meters. The calculated surface subsidence is less than one cm through the next 500 years, providing that the internal pressure is maintained to be equivalent to the hydrostatic pressure of saturated brine.

For the dry mining concept, the computer simulation results suggest that the repository horizon should invoke the long-wall pillar concept and should be located at about 500 meters depth. The repository rooms are 4 m wide, 4 m high and 50 m long, separated by 16-m wide pillar. The minimum width for the barrier and protective pillars is 400 meters. Under these design parameters, the predicted room convergence is about 15 cm before backfill installation, and the surface subsidence is about 20 cm through the next 500 years.

The research results suggest that the rock salt formations in the northeast of Thailand possess sufficient geomechanic potential for the nuclear waste repository.