190764
ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
190764

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายงานการวิจัย

ชุดโครงการวิจัย
การพัฒนาแหล่งเกลือหินสำหรับกักเก็บของเสียจากภาคอุตสาหกรรม
(Industrial Wastes Storage in Rock Salt)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
190764

รายงานการวิจัย

ชุดโครงการวิจัย

การพัฒนาแหล่งเกลือหินสำหรับกักเก็บของเสียจากภาคอุตสาหกรรม

(Industrial Wastes Storage in Rock Salt)

โครงการวิจัยย่อย

1 **การศึกษาศักยภาพเชิงกลศาสตร์ของชั้นเกลือหินชุดมหาสารคามภายใต้สภาวะกักเก็บของเสียจากภาคอุตสาหกรรม**
หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย: รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร

2 **การทดสอบประสิทธิภาพการอัดตัวของเกลือหินบดในเชิงกลศาสตร์และชลศาสตร์**
หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย: อ.ดร.บัณฑิตา ธีระกุลสถิตย์

3 **การทดสอบประสิทธิภาพการอุดของซีเมนต์เชิงกลศาสตร์ในหลุมเจาะของเกลือหิน**
หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย: อ.ดร.ปรัชญา เทพณรงค์

4 **การทดสอบประสิทธิภาพการอุดของส่วนผสมเกล็ดเกลือกับเบนโทไนต์ในรอยแตกของเกลือหิน**
หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย: ศ.ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข

5 **การขึ้นรูปกระเบื้องเซรามิกชนิดทนกรดเพื่อปกป้องโครงสร้างทางวิศวกรรมในชั้นเกลือหิน**
หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย: ผศ.ดร.สุขเกษม กังวานตระกูล

ผู้อำนวยการชุดโครงการวิจัย
รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2554
ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กุมภาพันธ์ 2555

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ 2554 ซึ่งสามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีก็ด้วยความร่วมมือจากคณาจารย์และทีมงานผู้รับผิดชอบโครงการวิจัยย่อยต่างๆ รวมทั้งทีมงานจากหน่วยวิจัยกลศาสตร์ธรณีในการทดสอบและ นางสาวกัลญา พับโพธิ์ ในการพิมพ์รายงานการวิจัย ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัย

กุมภาพันธ์ 2555

บทคัดย่อ

190764

วัตถุประสงค์ของชุดโครงการวิจัยนี้คือการประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินชุดมหาสารคามเพื่อใช้เป็นแหล่งกักเก็บของเสียจากภาคอุตสาหกรรม ซึ่งได้ดำเนินการในหลายประเด็น รวมไปถึงผลกระทบของอุณหภูมิ (สูงถึง 200°C) ที่สูงขึ้นต่อกำลังดึงของเกลือหิน ศักยภาพเชิงกลศาสตร์ของวัสดุที่ใช้อุดช่องเหมือง (เกลือบด ส่วนผสมของเกลือบดกับเบนทอไนต์ และซีเมนต์ทนเค็ม) และความทนทานของแผ่นกระเบื้องเซรามิกที่เคลือบด้วยสารปรุงพิเศษ CZS (Cao, ZrO_2 และ SiO_2) ภายใต้สภาวะความเป็นกรดเกลือ ผลการทดสอบระบุว่าค่ากำลังรับแรงกด ค่ากำลังรับแรงดึง และความยืดหยุ่นของเกลือหินจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ภายใต้แนวคิดของพลังงานความเครียดสามารถสรุปได้ว่า พลังงานความเครียดเบี่ยงเบนที่จุดแตกและจุดการบวมตัวของเกลือหินสามารถพัฒนาให้อยู่ในฟังก์ชันของพลังงานความเครียดเฉลี่ยได้ เกลือบดที่อยู่ภายใต้แรงกด และส่วนผสมของเกลือบดกับเบนทอไนต์ที่ถูกบดอัดแล้วมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุอุดในช่องเหมืองเพื่อป้องกันการรั่วไหลของของเสียจากภาคอุตสาหกรรม เกลือบดที่ผสมกับน้ำเกลือร้อยละ 5 ถึง 10 โดยน้ำหนัก จะสามารถอัดตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพและให้ค่ากำลังเฉือนที่สูงขึ้นตามเวลาภายใต้การอัดตัว ส่วนผสมของเบนทอไนต์และเกลือบดในอัตราส่วน 30:70 จะให้ค่ากำลังเฉือนสูงสุดและค่าความซึมผ่านต่ำสุด โดยเกลือบดควรมีขนาด 3 ถึง 4 มิลลิเมตร และมีปริมาณน้ำเกลือร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ซึ่งวัสดุผสมนี้มีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุถมกลับในตำแหน่งที่ต้องการลดการไหลเวียนของน้ำเกลือหรือน้ำบาดาลเค็มในรอยแตกรอบๆ ช่องเหมือง ผลการทดสอบยังระบุปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ที่ใช้อยู่ทั่วไปที่ผสมสารต่อต้านคลอรีนสามารถให้ความเสียดทานที่ผิวรอยแตกระหว่างเกลือบดกับซีเมนต์ที่สูงพอ ผลการทดสอบการดันตัวในหลุมเจาะให้ค่าความเสียดทานดังกล่าวที่สูงกว่าผลการทดสอบกำลังเฉือนแบบตรง เหตุผลเนื่องจากอัตราส่วนของปัวซองที่ทำให้ซีเมนต์อุดในหลุมเจาะบวมตัวติดกับผนังของหลุมเจาะภายใต้แรงดันในแนวแกน เกลือชั้นล่างของชุดหินมหาสารคามมีการแผ่กระจายความลึกและความหนาที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นที่กักเก็บของเสียจากภาคอุตสาหกรรม ตำแหน่งหรือพื้นที่ในแอ่งโคราชที่ยกมาเป็นตัวอย่างในชุดโครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงถึงการออกแบบโพรงละลายและช่องเหมืองแห้งที่แตกต่างกันสำหรับความลึกและความหนาของชั้นเกลือหินที่แตกต่างกัน

Abstract

190764

The objective of this research program is to assess the performance of the Maha Sarakham rock salt for use as a host rock for the industrial waste repository. Several aspects of the performance assessment for the industrial waste disposal include the effects of elevated temperatures (up to 200 Celsius) on the compressive and tensile strengths of the salt, the mechanical performance of sealing materials (crushed salt, mixtures of crushed salt and bentonite, and saline resistant cement), and durability of the ceramic tiles coating with CZS (CaO, ZrO and SiO_2) under saline environment. The results indicate that the salt compressive and tensile strengths and elasticity decreases with increasing temperature. Based on the concept of the strain energy density the distortional strain energy density at failure and at dilation can be derived as a function of the mean strain energy. The energy criteria can well describe the failure and dilation of salt under various temperatures. The pre-compressed crushed salt and compacted mixtures of crushed salt and bentonite are recommended for use as sealing materials. The crushed salt with 5-10% brine content can be effectively consolidated, and providing shear strength that increases with time. The compacted bentonite-crushed salt weight ratio of 30:70 with grain sizes ranging from 2-4 mm and brine content of 20% gives the greatest shear strength and lowest permeability. It is suitable as backfill materials to minimize the brine or groundwater flow in the leakage cracks and solution channels. The commercial grade Portland cement with chlorine resistant agent can give sufficiently high mechanical resistance at the salt-cement interface. The borehole push-out test results yield greater interface resistance than those obtained from the direct shear testing due to the effect of the Poisson's ratio. The Lower salt member of the Maha Sarakham formation is suitable for the industrial waste disposal in terms of the extent, depth and thickness. The specific locations in the Khorat basin have been given as examples here to demonstrate that different tentative designs of the solution caverns and dry mine openings can be implemented for different depths and thickness of the hosted salt.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญรูปภาพ ..... ฉ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัย 3
1.3 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
1.5 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ 4
1.6 แผนการสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่จากการทำการวิจัยตามแผนงานวิจัย 4
1.7 กลยุทธ์ของแผนงานวิจัย 6

บทที่ 2 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย 7
2.1 ผลการดำเนินงานของโครงการวิจัยที่ 1 7
2.2 ผลการดำเนินงานของโครงการวิจัยที่ 2 8
2.3 ผลการดำเนินงานของโครงการวิจัยที่ 3 8
2.4 ผลการดำเนินงานของโครงการวิจัยที่ 4 9
2.5 ผลการดำเนินงานของโครงการวิจัยที่ 5 10

บทที่ 3 การประมวล วิเคราะห์ และออกแบบโพรงกักเก็บเบื้องต้น จากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ 11
3.1 การประเมินเสถียรภาพ 11
3.2 การป้องกันการรั่วซึม 12

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 การพัฒนาวัสดุทนกรด 12
3.4 การศึกษาศักยภาพของเกลือหินชุดมหาสารคามเพื่อใช้กักเก็บกากของเสีย จากภาคอุตสาหกรรม 13

บทที่ 4 สรุปและข้อเสนอแนะ 23
4.1 สรุปรวมผลงานวิจัย 22
4.2 การศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในอนาคต 24

บรรณานุกรม 25

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	ลักษณะการอุดหลุมเจาะ และการถมกลับหรืออุดช่องในเหมืองเกลือใต้ดิน สำหรับเทคโนโลยีการทิ้งของเสียอันตราย	2
1.2	กลยุทธ์ของแผนงานวิจัยหรือชุดโครงการวิจัย	6
3.1	แบบจำลองโพรงกักเก็บกากของเสียจากภาคอุตสาหกรรมเพื่อการเปรียบเทียบรูปร่างและความลึกในพื้นที่ศึกษา 5 แห่ง คือ บ้านเก่า อ.เมือง จ.อุดรธานี (KM–S) บ้านศรีเมือง อ.วานรนิวาส จ.สกลนคร (SW–S) บ้านกุดจิก อ.วานรนิวาส จ.สกลนคร (KW–S) บ้านโพธิ์พาน อ.นาเชือก จ.มหาสารคาม (PN–S) บ้านหนองปรู อ.บรบือ จ.อุดรธานี (NB–S)	14
3.2	แบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบความกว้างและความลึกของอุโมงค์ในชั้นเกลือหินที่ใช้กักเก็บกากของเสียจากภาคอุตสาหกรรม	16
3.3	โครงข่ายของแบบจำลองอุโมงค์ทางเข้าหลัก (main entry) ในชั้นเกลือหินที่บ้านเก่า อ.เมือง จังหวัดอุดรธานี (อุโมงค์มีความกว้าง 5 เมตร สูง 4.5 เมตร และเสาค้ำยันมีความกว้าง 20 เมตร)	17
3.4	เส้นชั้นความสูงของความเค้นเฉือน ขนาด และทิศทางของความเค้นหลัก ขนาดและทิศทางของความเครียดหลัก (ล่าง) ที่เกิดขึ้นรอบอุโมงค์กักเก็บกากของเสียจากภาคอุตสาหกรรมที่ 50 ปี	18
3.5	การหดตัวที่แกนกลางของเสาค้ำยันบริเวณอุโมงค์ทางเข้าหลักที่ 1 และ 2 ในช่วง 50 ปี หลังจากสร้างอุโมงค์	19
3.6	แนวคิดเบื้องต้นของการออกแบบอุโมงค์ด้วยวิธีเสาค้ำยันยาว (long–wall pillar) สำหรับกักเก็บกากของเสียจากภาคอุตสาหกรรมในชั้นเกลือหินที่บ้านเก่า อ.เมือง จ.อุดรธานี	20