บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การทดสอบพฤติกรรมการคืบ (Creep behavior) ของเกลือหินในรูปแบบสากล โดยทั่วไปจะถูกจำกัดโดยให้ความเค้นกลาง σ_2 และความเค้นต่ำสุด σ_3 มีค่าเท่ากัน คือ เป็นแบบ Triaxial creep test (ASTM D7070-08) โดย σ_1 จะมีค่าความเค้นสูงสุดในแนวแกน ความเค้นทั้งสามทิศทางจะถูกออกแบบให้คงที่สำหรับตัวอย่างหินแต่ละก้อน และมีการตรวจวัดความเครียดในแนวแกนและในแนวเส้นผ่าศูนย์กลางที่เปลี่ยนแปลงไปตามฟังก์ชันของเวลา สภาวะความเค้นดังกล่าวจะต่างกับความเค้นจริงในภาคสนาม กล่าวคือ โครงสร้างใต้ดินทั่วไป $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$ ซึ่งส่งผลให้ค่าความเครียดที่วัดได้จากการทดสอบแบบสากลไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนพฤติกรรมการคืบหรือการเปลี่ยนรูปร่างตามเวลาของเกลือหินได้อย่างแท้จริง ด้วยเหตุนี้การทดสอบในสภาวะที่ความเค้นหลักไม่เท่ากันในแต่ละทิศทางจึงเป็นสิ่งจำเป็น เหตุผลอีกประการหนึ่งคือ การทดสอบความเค้นลักษณะนี้ไม่แพร่หลาย เพราะการทดสอบจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่สามารถให้แรงกดในสามทิศทางที่ไม่เท่ากัน เช่น Polyaxial creep frame หรือ True triaxial creep frame เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบที่ได้จากสภาวะความเค้นที่ไม่เท่ากันจะสอดคล้องเป็นอย่างดีกับสภาวะความเค้นจริงในภาคสนาม และจะสามารถนำผลตรวจวัดที่ได้มาสอบเทียบค่าปัจจัยในสมการควบคุมพฤติกรรมเชิงกลศาสตร์ (Constitutive Equations) ของเกลือหินได้เป็นอย่างดี

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ เพื่อทำการทดสอบคุณสมบัติการคืบ (Creep) ของเกลือหินที่อยู่ภายใต้ความเค้นหลัก 3 ทิศทางที่ไม่เท่ากัน ซึ่งสภาวะดังกล่าวจะสอดคล้องกับสภาวะจริงในภาคสนาม ผลที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบกับการทดสอบการคืบแบบดั้งเดิมเพื่อตรวจสอบความแม่นยำของสมการควบคุมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1) ขนาดของตัวอย่างเกลือหินคือ 54×54×54 mm^3 เป็นรูปแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้า

2) ระยะเวลาของการกดภายใต้ความเค้นระดับที่ต่างๆ จะไม่ต่ำกว่า 15 วัน และไม่เกิน 30 วันต่อหนึ่งตัวอย่างหิน

3) มีการทดสอบตัวอย่างเกลือหินทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 8 ตัวอย่าง ภายใต้ความเค้นกด σ_1, σ_2 และ σ_3 ที่ต่างกัน

4) มีการเปรียบเทียบผลของการคืบ (การเปลี่ยนรูปร่างในเชิงเวลา) ระหว่างการทดสอบในงานวิจัยนี้กับการทดสอบแบบดั้งเดิมที่ได้ดำเนินการมาแล้ว

5) ทำการทดสอบที่อุณหภูมิห้อง

6) มีการสร้างสมการเชิงคณิตศาสตร์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดเชิงเวลาในสามแกนจริง

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

เพื่อที่จะให้ความเค้นในสามทิศทางที่ต่างกันต่อตัวอย่างเกลือหินจึงต้องมีการจัดเตรียมเกลือหินเป็นรูปแท่งสี่เหลี่ยมขนาด 54×54×54 mm^3 (แทนที่จะเป็นแท่งทรงกระบอกดังที่ใช้อยู่ในอดีต) โดยที่ด้านยาวทั้ง 4 ด้าน จะมีความเค้น σ_2 และ σ_3 ที่ไม่เท่ากันกดอยู่อย่างคงที่ ส่วนด้านกว้างจะมี σ_1 ให้ความเค้นคงที่สูงกว่าด้านยาว ความเค้นคงที่ดังกล่าวได้ถูกออกแบบให้มีความเหมาะสมเพื่อให้สามารถตรวจวัดค่าความเครียดในสามทิศทางได้อย่างแม่นยำในเชิงเวลา และนำไปสอบเทียบกับสมการควบคุมเพื่อคำนวณค่าคงที่ต่างๆ ที่เป็นคุณสมบัติของเกลือหิน เช่น ค่าความยืดหยุ่น ค่าอัตราส่วน Poisson's ค่าความหนืดเชิงยืดหยุ่น และค่าความหนืดเชิงพลาสติก เพื่อให้การสอบเทียบนี้เป็นไปอย่างครอบคลุมและแม่นยำ ในการทดสอบจะมีการใช้ค่าความเค้น σ_1, σ_2 และ σ_3 ในแต่ละแท่งตัวอย่างเกลือหินที่ต่างกันในหลายระดับ ซึ่งสมการควบคุมที่สอบเทียบได้จะสามารถอธิบายพฤติกรรมของเกลือหินในเชิงเวลาได้อย่างครอบคลุมและสมบูรณ์

1.5 วิธีดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

การวิจัยแบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอน รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทบทวนวรรณกรรมวิจัย

เอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบคุณสมบัติและพฤติกรรมเชิงกลศาสตร์ของเกลือหินได้ถูกค้นคว้าและทบทวน รวมไปถึงเอกสารการประชุม วารสาร และรายงานวิชาการ ผลที่ได้ได้สรุปไว้ในบทถัดไป

ขั้นตอนที่ 2 การเก็บและจัดเตรียมตัวอย่างเกลือหิน

บริษัท เกลือพิมาย จำกัด ได้ให้ความอนุเคราะห์แท่งตัวอย่างเกลือหินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 4 เมตร จากนั้นนำมาตัดและฝนให้มีขนาด 54×54×108 mm^3 อย่างน้อย 40 ตัวอย่าง เพื่อใช้ในการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 3 การจัดเตรียมเครื่องกดในสามแกนจริง

ในขั้นตอนนี้ได้นำเครื่องกดทดสอบในสามแกนจริง (Polyaxial Load Frame) ที่มีอยู่มาดัดแปลงเพื่อให้แรงกดคงที่ในเชิงเวลาทั้งสามแกน จากนั้นทำการอัดแรงดันน้ำมันจาก Pressure Intensifier ส่งเข้าไปใน Load Cell เพื่อกดตัวอย่างหินในแนวแกน (σ_1) ส่วนความเค้นด้านข้างทั้งสองด้านจะใช้ระบบคาน ซึ่งมีอยู่แล้วในเครื่องกดทดสอบในสามแกนจริง ด้วยการปรับเปลี่ยนดังกล่าว σ_1 จะสามารถให้ความเค้นสูงถึง 100 MPa ส่วน σ_2 และ σ_3 จะจัดให้มีค่าไม่เท่ากันและให้ความเค้นสูงถึง 50 MPa

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบ

การทดสอบเริ่มต้นจากการสอบเทียบ (Calibration) ค่าแรงกดและการเคลื่อนตัวในสามทิศทางของเครื่องกดทดสอบ การกดตัวอย่างเริ่มจากการให้แรงในสามทิศทางเท่ากัน (Hydrostatic) เพื่อให้ตัวอย่างเกลือหินเข้าสู่สภาวะความเค้นเหมือนกับในภาคสนาม จากนั้นจึงลดค่าความเค้นด้านข้างด้านหนึ่งเพื่อจำลองสภาวะ σ_3 และเพิ่มความเค้นในแนวแกน เพื่อจำลอง σ_1 จากนั้นทำการวัดค่าความเครียดทั้งสามแกนที่เกิดขึ้นตามเวลา โดยทำการทดสอบทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ภายใต้ชุดของความเค้น (σ_1, σ_2, σ_3) ที่ต่างกัน โดยใช้เวลาในการทดสอบ 21 วัน อย่างต่อเนื่อง

ขั้นตอนที่ 5 การวิเคราะห์ผล

ผลการทดสอบได้นำไปใช้ในการสอบเทียบค่าคงที่ในสมการควบคุม (Governing Equations) ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งสมการเหล่านี้สามารถรองรับการผันแปรของความเค้นและความเครียดในเชิงเวลาในสามแกนได้พร้อมๆ กับชุดของค่าคงที่ คุณสมบัติที่สำคัญได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบแบบ $\sigma_2 = \sigma_3$ (Triaxial Creep Test) เพื่อหาความเป็นเหตุเป็นผลและเพื่อปรับปรุงสมการควบคุมเหล่านี้ต่อไป คุณสมบัติที่สำคัญคือ สัมประสิทธิ์ของความยืดหยุ่น ความหนืดเชิงยืดหยุ่น (Visco-elastic) ความหนืดเชิงพลาสติก (Visco-plastic) และค่าความเครียดวิกฤต (Critical shear strain) เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 6 การจำลองช่องเหมืองและโพรงเกลือ

โปรแกรม FLAC (Finite Difference) ถูกนำมาใช้ในการจำลองช่องเหมืองและโพรงเกลือในชั้นเกลือหิน การจำลองได้ใช้คุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของเกลือหินที่สอบเทียบมาจาก 2 วิธีการทดสอบคือ จากการกดในสามแกนจริง (ในงานวิจัยนี้) และจากการกดในสามแกนแบบดั้งเดิม (จากงานวิจัยที่ผ่านมา) ความคล้ายคลึงและความแตกต่างที่ได้จากการจำลองได้ถูกนำมาวิเคราะห์และศึกษาเพื่อนำไปสู่การออกแบบที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในอนาคต

ขั้นตอนที่ 7 การสรุปผลและเขียนรายงาน

แนวคิด ขั้นตอนโดยละเอียด การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการศึกษาทั้งหมด และข้อสรุปได้นำเสนอโดยละเอียดในรายงานฉบับสมบูรณ์เล่มนี้ เพื่อที่จะส่งมอบเมื่อเสร็จโครงการ

ขั้นตอนที่ 8 การถ่ายทอดเทคโนโลยี

ผลการวิจัยจะนำเสนอในการประชุมระดับชาติหรือระดับนานาชาติและจะตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติหลังจากสิ้นสุดโครงการ

1.6 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

องค์ความรู้ทางด้านการเปลี่ยนรูปร่างในเชิงเวลา (Creep) ของเกลือหินภายใต้ความเค้นกดในสามแกนที่มีค่าไม่เท่ากัน จะเป็นองค์ความรู้ใหม่สำหรับประเทศไทย หน่วยงานที่สามารถนำไปใช้ประโยชนได้แก่ภาคเอกชน (บริษัทเหมืองเกลือต่างๆ) ภาครัฐ (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กรมทรัพยากรธรรมชาติ) และสถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษาที่เปิดสอนทางด้านกลศาสตร์หินและกลศาสตร์วัสดุธรณีวิทยา องค์ความรู้นี้จะนำไปสู่การออกแบบช่องเหมืองและโพรงเกลือที่เหมาะสม เพราะผลที่ได้จะสามารถนำมาวิเคราะห์ค่าคงที่ในการควบคุมได้อย่างสมจริงและสอดคล้องกับสภาวะในภาคสนาม