บทที่1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

อุณหภูมิจะมีผลกระทบต่อความแข็งและความยืดหยุ่นของหิน (Vostseen and Schellschmidt, 2003; Shimada, 2000; Okatov et. al, 2003) ผลงานวิจัยในอดีต ระบุว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความแข็งและความยืดหยุ่นของหินจะลดลง สำหรับเกลือหินงานวิจัยส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของอุณหภูมิจะเน้นไปที่การเปลี่ยนแปลงรูปร่างในเชิงเวลา (creep) โดยผลจากการศึกษาได้นำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินเสถียรภาพระยะยาวของชั้นเกลือหินที่อยู่รอบโพรงหรืออุโมงค์ ที่ใช้กักเก็บกากนิวเคลียร์ ได้มีการพัฒนาสมการที่ซับซ้อนมากมายเพื่อใช้อธิบายพฤติกรรมของเกลือหินภายใต้อุณหภูมิและแรงกด สมการดังกล่าวมีค่าตัวแปรและค่าคงที่มากมายที่ไม่สามารถกำหนดได้โดยง่ายส่วนใหญ่จำเป็นต้องมีผลการทดสอบที่ซับซ้อนเข้ามาประกอบ ดังนั้นสมการเหล่านี้จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมเหมือนแร่ทั่วไป นอกจากนั้นการศึกษาทางด้านทฤษฎีและในห้องปฏิบัติการสำหรับผลกระทบของอุณหภูมิต่อความแข็งของเกลือหินมีน้อยมาก ในขณะที่ผลการศึกษาดังกล่าวเป็นที่ต้องการเพื่อใช้วิเคราะห์เสถียรภาพและออกแบบโพรงหรืออุโมงค์ในชั้นเกลือหินที่ใช้กักเก็บก๊าซธรรมชาติ พลังงานอากาศอัด และของเสียจากภาคอุตสาหหรรม ประเด็นสำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การทดสอบแรงกดในสามแกน (Triaxial Compression Test – Elliott, 1983; Brook, 1983) ของแท่งตัวอย่างหินรูปทรงกระบอก จะมีข้อจำกัดที่สำคัญประการหนึ่งของวิธีการทดสอบนี้ กล่าวคือ ค่าความเค้นในแกนหลักกลาง (Intermediate principal stress, σ_2) และค่าความเค้นในแกนหลักรอง (Minimum principal stress, σ_3) จะมีค่าเท่ากันในระหว่างการทดสอบ โดยปกติแล้วสภาวะของความเค้นที่เกิดขึ้นจริงในภาคสนามจะมีค่าไม่เท่ากัน นอกจากนี้ค่าความเค้นในแกนหลักทั้งสามทิศทางไม่จำเป็นต้องเท่ากัน คือ $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$ เรียกว่า ความเค้นกดในสามแกนจริง ดังนั้นผลที่ตรวจวัดได้ เช่น ค่าความเค้นกดสูงสุด ค่ามุมเสียดทานภายในค่าความเค้นยืดเหนี่ยว และค่าความยืดหยุ่นจะแตกต่างจากคุณสมบัติที่แท้จริงของมวลหินในภาคสนามอย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับหินที่มีความแข็งน้อยและหินที่มีคุณสมบัติขึ้นกับเวลา เช่น เกลือหิน หินโคลน หินดินดาน เป็นต้น นอกจากนี้ผลกระทบที่เกิดจากค่าความเค้นในแกนหลักกลางที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้หินมีความแข็งมากขึ้นด้วย (Walsri, 2009)

กฎเกณฑ์การแตกที่ใช้สำหรับคำนวณค่าความเค้นในสามมิติและพิจารณาผลกระทบของอุณหภูมิมีน้อยมาก อีกทั้งกฎเกณฑ์การแตกในสามมิติที่ใช้อยู่ในปัจจุบันสำหรับเกลือหินเองยังไม่เพียงพอ เนื่องจากกฎเกณฑ์ต่างๆ ที่สร้างขึ้นยังอยู่ในรูปแบบที่ไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงทั้งการออกแบบและการวิเคราะห์โครงสร้างทางธรณีวิทยา

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ 1) ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อหาผลกระทบของอุณหภูมิและของความเค้นหลักกลาง (σ_2) ต่อความแข็งของเกลือหิน 2) พัฒนาสมการจากผลการทดสอบเพื่อใช้เป็นเกณฑ์การแตกของเกลือหินภายใต้ความดันและอุณหภูมิที่แตกต่างกัน และ 3) สาธิตการประยุกต์ใช้ผลที่ได้จากการทดสอบและการวิเคราะห์โดยการจำลองโพรงและอุโมงค์ในชั้นเกลือหินภายใต้อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากการเก็บของเสียจากภาคอุตสาหกรรม

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1) ตัวอย่างเกลือหินที่ใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการได้มาจากชุดหินมหาสารคาม
2) ทดสอบความแข็งของหินแบบดั่งเดิม ($\sigma_1 \neq \sigma_2 = \sigma_3$) และแบบหลายแกน ($\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$)
3) ทำการทดสอบตัวอย่างเกลือหินขนาด 5.4×5.4×5.4 cm^3 มากกว่า 30 ตัวอย่าง
4) ดำเนินการทดสอบภายใต้อุณหภูมิที่ผันแปรระหว่าง 0–200 องศาเซลเซียล
5) ดำเนินการทดสอบภายใต้สภาวะแห้ง
6) ไม่มีการทดสอบในภาคสนาม
7) ตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ และนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติ

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ความมีเสถียรภาพทางด้านกลศาสตร์ของเกลือหินเป็นสิ่งสำคัญที่สุดประการหนึ่งสำหรับการออกแบบและก่อสร้างโพรงในชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อกักเก็บกากของเสียที่ไม่สามารถบำบัดหรือนำกลับมาใช้ใหม่ได้จากภาคอุตสาหกรรม การคาดคะเนหรือการประเมินเสถียรภาพของเกลือหินจะทำได้อย่างถูกหลักวิชาการด้วยวิธีเดียวคือ การใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งวิธีการนี้เป็นที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศเพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้องแม่นยำ สิ่งสำคัญที่สุดคือคุณสมบัติและพฤติกรรมของเกลือหินที่ถูกนำมาใช้ในการคำนวณทางคอมพิวเตอร์จะต้องมีความถูกต้องและใกล้เคียงสอดคล้องกับคุณสมบัติจริงของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้นการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อให้ได้มาซึ่งผลการทดสอบของคุณสมบัติเหล่านี้จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการดำเนินการควบคู่กันไป

เพื่อให้ได้มาซึ่งผลการทดสอบที่มีความถูกต้องและใกล้เคียงสอดคล้องกับคุณสมบัติจริงของชั้นเกลือหิน การทดสอบในห้องปฏิบัติการจึงจำเป็นจะต้องจำลองคุณลักษณะของความเค้นให้สมจริง กล่าวคือ ในสภาวะแท้จริงของเกลือหินที่อยู่ตามธรรมชาติจะอยู่ภายใต้สภาวะความเค้นไม่เท่ากันทุกทิศทาง (Anisotropic) และอยู่ภายใต้อุณหภูมิสูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทดสอบหาคุณสมบัติกำลังรับแรงกดสูงสุดของเกลือหินในสามแกนจริง หรือ $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$ และทดสอบคุณสมบัติกำลังรับแรงกดสูงสุดภายใต้อุณหภูมิสูงด้วย ผลการทดสอบที่ได้จากการวิจัยนี้จะสามารถสร้างความสัมพันธ์ของค่าความเค้นของเกลือหินในแต่ละทิศทางที่สอดคล้องกับสภาวะที่แท้จริงได้

1.5 วิธีดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

การวิจัยแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

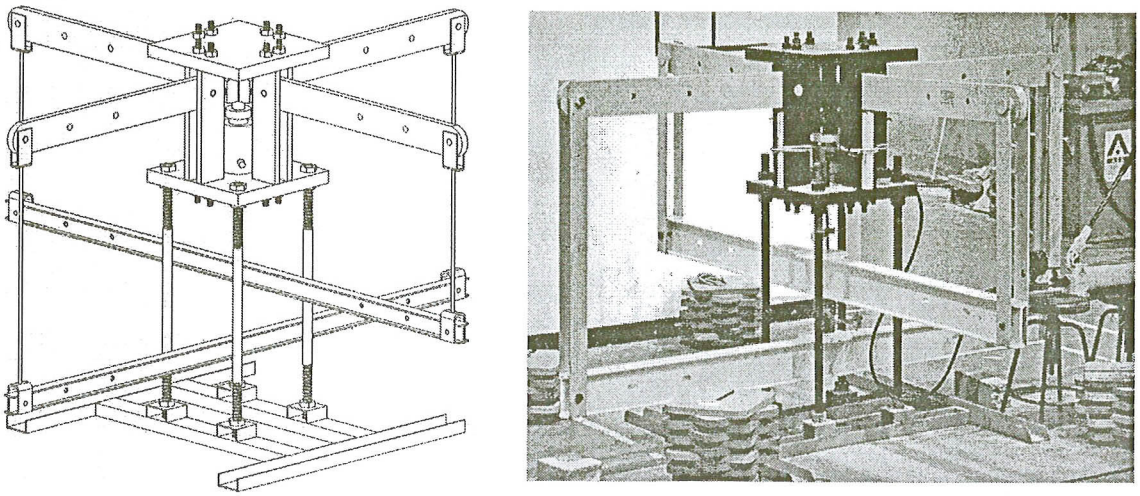
การค้นคว้าและศึกษาวารสาร รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ออกเป็น 2 ประเด็นหลัก ซึ่งประกอบด้วย การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของเกลือหิน รวมไปถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อพฤติกรรมของเกลือหิน

ขั้นตอนที่ 2 การจัดเตรียมตัวอย่างเกลือหิน

ได้มีการจัดเตรียมตัวอย่างเกลือหินเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด 5.4×5.4×5.4 cm^3 โดยจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) การทดสอบค่าความแข็งของเกลือหินในหลายแกน (Poly-axial strength test) 2) การทดสอบค่าความแข็งของเกลือหินภายใต้อุณหภูมิ โดยจะผันแปรอุณหภูมิระหว่าง 0-200 องศาเซลเซียส ตัวอย่างเกลือหินจะถูกนำมาทดสอบไม่น้อยกว่า 30 ตัวอย่าง รูปที่ 1.1 แสดงโครงกดทดสอบในสามแกนจริงที่จะใช้ในการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบหาค่าความแข็งในสามแกนจริงของเกลือหิน

ในขั้นตอนนี้ได้ทำการทดสอบหาค่าความแข็งในสามแกนจริงของเกลือหินโดยใช้โครงกดทดสอบในสามแกนจริง (Poly-axial load frame) โดยผันแปรค่าความเค้นหลักรอง (σ_3) ระหว่าง 0-24 MPa และผันแปรค่าความเค้นหลักกลาง (σ_3) ระหว่าง 0-80 MPa



รูปที่ 1.1 โครงกดทดสอบในสามแกนจริง

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบหาค่าความแข็งในสามแกนของเกลือหินภายใต้อุณหภูมิสูง

ในขั้นตอนนี้ได้ทำการทดสอบหาค่าความแข็งในสามแกนจริงของเกลือหินโดยใช้โครงกดทดสอบในสามแกนจริง (Polyaxial load frame) ตัวอย่างเกลือหินจะถูกเตรียมเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด 5.4×5.4×5.4 cm^3 และได้ผันแปรอุณหภูมิระหว่าง 0–200 องศาเซลเซียล เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อความแข็งของเกลือหิน

ขั้นตอนที่ 5 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

นำผลจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการไปสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ โดยการอธิบายค่าความแข็งของหินในสามแกนได้เลือกใช้สมการเชิงคณิตศาสตร์ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาเกณฑ์การแตกของเกลือหินต่อไป

ขั้นตอนที่ 6 การออกแบบและวิเคราะห์โพรงและอุโมงค์เบื้องต้นโดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

ผลที่ได้จากการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ได้ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อการออกแบบเบื้องต้นเกี่ยวกับรูปร่าง ขนาด ความลึก และแผนผังของโพรงกักเก็บกากของเสียในชั้นเกลือหิน แนวคิดในการออกแบบมี 2 รูปแบบ คือ

1) โพรงกักเก็บกากของเสียจะถูกสร้างขึ้นโดยการละลาย (Solution Mining Cavern)
2) ห้องกักเก็บกากของเสียที่ถูกสร้างขึ้นโดยการทำเหมืองแร่ใต้ดิน (Underground Excavation)

ในสองรูปแบบนี้ การวิเคราะห์จะมุ่งไปถึงเสถียรภาพของเกลือหินที่อยู่รอบๆ โพรงหรือห้องที่ใช้กักเก็บกากของเสีย

ค่าของความมีเสถียรภาพจะใช้เป็นตัวกำหนดการออกแบบขนาด รูปร่าง ความลึก และระยะห่างระหว่างโพรงหรือห้อง รูปแบบที่มีเสถียรภาพสูงที่สุดจะถูกนำเสนอเป็นส่วนหนึ่งของผลการวิจัยในครั้งนี้ แต่ถ้าผลของการวิจัยพบว่า ไม่ว่ารูปร่างหรือขนาดของโพรงแบบใดที่ถูกขุดขึ้นจะไม่สามารถทำให้เกิดเสถียรภาพรอบๆ โพรงได้ ในกรณีนี้ผลของการวิจัยก็จะถูกสรุปว่าชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือไม่เหมาะสมที่จะใช้กักเก็บกากของเสียจากภาคอุตสาหกรรม

ขั้นตอนที่ 7 การสรุปผลและเขียนรายงาน

แนวคิด ขั้นตอนโดยละเอียด การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการศึกษาทั้งหมด และข้อสรุปได้นำเสนอโดยละเอียดในรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เพื่อที่จะส่งมอบเมื่อเสร็จโครงการ และตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลงานวิจัยที่เสนอมานี้มีประโยชน์มากมายกับงานด้านธรณีวิทยา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และวิศวกรรมธรณี ซึ่งสามารถสรุปเป็นหัวข้อได้ดังต่อไปนี้

1) ตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสารระดับนานาชาติ
2) เผยแพร่องค์ความรู้ให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน
3) สร้างนักวิจัยระดับ Postgraduate อย่างน้อย 1 คน

1.7 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยที่เสนอมานี้จะมีประโยชน์อย่างมากและโดยตรงกับหลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน สถาบันการศึกษาที่เปิดสอนทางด้านวิศวกรรมเหมืองแร่ และวิศวกรรมธรณี รวมไปถึงหน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น การสร้างเขื่อน การสร้างอุโมงค์ เหมืองแร่บนดินและใต้ดิน หน่วยงานเหล่านี้ได้แก่

1) กรมทรัพยากรน้ำ
2) กองธรณีเทคนิค กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
3) สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
4) กองธรณีเทคนิค กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
5) สถาบันการศึกษาที่เปิดสอนทางด้านวิศวกรรมเหมืองแร่ และวิศวกรรมธรณี
6) บริษัทเอกชนที่ออกแบบและก่อสร้างอุโมงค์ และความลาดชันในมวลหิน
7) กระทรวงพลังงาน
8) บริษัทสำรวจและขุดเจาะน้ำมันในประเทศไทย
9) องค์การบริหารส่วนตำบล และองค์การบริหารส่วนจังหวัด