บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

องค์ความรู้ทางด้านการอุดหลุมเจาะในชั้นหินได้พัฒนาขึ้นเมื่อประมาณ 20 ปีที่แล้ว กลุ่มนักวิจัยที่ศึกษาความรู้นี้อย่างจริงจังและต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบันคือ Prof. J.J.K. Daemen และคณะ (Daemen et al., 1983, 1984, 1986) ถึงแม้การอุดหลุมเจาะในชั้นหินได้มีการดำเนินการมาก่อนหน้านี้แล้วหลายสิบปี แต่ความสำคัญขององค์ความรู้นี้เพิ่งได้ถูกเล็งเห็นเมื่อเริ่มมีแนวคิดที่จะนำเอากากนิวเคลียร์และของเสียทางเคมีไปทิ้งในชั้นหินที่อยู่ในระดับลึก ซึ่งหลังจากทิ้งแล้วจะต้องมีการออกแบบและก่อสร้างการอุดหลุมหรืออุโมงค์เหล่านี้เพื่อป้องกันไม่ให้มีการรั่วซึมออกมาสู่ระบบน้ำบาดาล ดังนั้นขบวนการและวัสดุที่ใช้ในการอุดจึงมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเชิงกลศาสตร์ ชลศาสตร์ และเคมี

ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมาได้มีการศึกษาการอุดหลุมเจาะทั้งในห้องปฏิบัติการและในภาคสนาม ซึ่งส่วนใหญ่จะเน้นไปที่คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการอุดและผลกระทบในประเด็นต่างๆ ที่อาจจะทำให้การอุดไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ ยกตัวอย่างเช่น Akgun and Daemen (1994) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการต้านแรงเฉือนของซีเมนต์ที่ใช้อุดหลุมเจาะ Daemen and Fuenkajorn (1996) ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการออกแบบในการอุดหลุมเจาะและอุโมงค์ในชั้นหิน และ Fuenkajorn and Daemen (1996, 1997) ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการออกแบบวัสดุที่ใช้ในการอุดเหมืองใต้ดิน ประเด็นทางด้านวิชาการที่ต้องนำมาพิจารณาในการอุดโพรงใต้ดินที่ใช้ในการกักเก็บกากนิวเคลียร์ได้สรุปไว้โดย Fuenkajorn (1996) ผลกระทบและปัจจัยต่างๆ ทางด้านวิศวกรรมธรณีและอุทกธรณีที่มีต่อพฤติกรรมของวัสดุที่ใช้ในการอุดได้ศึกษาในห้องปฏิบัติการและในภาคสนามโดย Fuenkajorn and Daemen (1984, 1986, 1987, 1988, 1991, 1992) ในปี ค.ศ. 1996 Prof. Daemen และ Fuenkajorn ได้ร่างหนังสือเพื่อรวบรวมข้อมูลและหลักการทางวิชาการทั้งหมด (Fuenkajorn and Daemen, 1996) เพื่อให้องค์ความรู้นี้แพร่หลายออกไปในวงกว้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุโรปและอเมริกา และเพื่อให้วิศวกรและนักวิทยาศาสตร์ในแขนงที่เกี่ยวข้องได้นำเอาองค์ความรู้นี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

การที่จะอุดหลุมเจาะได้อย่างมีประสิทธิภาพและสัมฤทธิ์ผลจะต้องคำนึงถึงองค์ความรู้หลัก 3 ประการ คือ เสถียรภาพเชิงกลศาสตร์ ประสิทธิภาพต่อการต้านทานความซึมผ่าน และเสถียรภาพทางเคมีในระยะยาว การอุดหลุมเจาะในชั้นหินในอดีตและปัจจุบันส่วนใหญ่มไม่ได้คำนึงถึงองค์ประกอบพื้นฐานเหล่านี้อย่างครอบคลุมจึงทำให้เกิดการรั่วซึมและไม่สัมฤทธิ์ผลดังที่ตั้งจุดประสงค์ไว้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ 1) ศึกษาศักยภาพของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เพื่อนำมาประยุกต์ใช้อุดหลุมเจาะในชั้นเกลือหินที่ถูกขุดเจาะเป็นโพรงหรืออุโมงค์สำหรับเป็นแหล่งทิ้งกากของเสียจากภาคอุตสาหกรรมที่ไม่สามารถบำบัดหรือนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และ 2) ออกแบบและเลือกสรรวัสดุที่เหมาะสม รวมทั้งค้นหาวิธีการเฉพาะสำหรับการอุดหลุมเจาะในชั้นเกลือหิน

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1) ศึกษาประสิทธิภาพการอุดด้วยปูนซีเมนต์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการอุดหลุมเจาะในชั้นเกลือหินสำหรับกักเก็บกากของเสียในภาคอุตสาหกรรม
2) ทดสอบกำลังยึดติดสูงสุดด้วยการเตรียมตัวอย่างเป็นรูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 6 นิ้ว พร้อมเจาะรูเพื่อติดตั้งแท่งซีเมนต์
3) ทดสอบการเคลื่อนไหลภายใต้แรงเฉือนด้วยการใช้ตัวอย่างเกลือหินที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 4×4 ตารางนิ้ว
4) ความเค้นตั้งฉาก (normal stress) ที่ให้แก่ตัวอย่างหินมีค่าสูงสุดไม่เกิน 1,000 psi และต่ำสุดไม่น้อยกว่า 50 psi
5) การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของปูนซีเมนต์จะทำตามมาตรฐาน ASTM
6) ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (ASTM C150)
7) งานวิจัยนี้ไม่รวมไปถึงการอุดหลุมเจาะที่อุณหภูมิสูง และการอุดอุโมงค์หรือเหมืองใต้ดิน
8) การผสมและระยะเวลาการบ่มตัวของปูนซีเมนต์จะดำเนินการตามมาตรฐาน API และมาตรฐาน ASTM

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

การอุดหลุมเจาะ (borehole sealing) ในชั้นหินสามารถประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรมธรณี เทคโนโลยีน้ำบาดาล เทคโนโลยีปิโตรเลียม วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และวิศวกรรมเหมืองแร่ ซึ่งหลุมเจาะในที่นี้หมายถึง หลุมเจาะสำรวจหรือหลุมเจาะเพื่อผลิตทางด้านน้ำบาดาล เหมืองแร่ น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ ฯลฯ ซึ่งวิธีการอุดหลุมเจาะจำพวกนี้ในขณะที่กำลังดำเนินการอยู่หรือหลังจากเลิกใช้งานแล้วยังไม่เป็นระบบและไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ทำให้เกิดการรั่วซึมหรือปนเปื้อนในชั้นน้ำบาดาล ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีทางด้านการอุดหลุมเจาะจะมีมานานแล้วโดยเฉพาะในชั้นดินและต่อมาได้พัฒนามาใช้ในชั้นหินแต่ก็ไม่ได้หมายความว่าหลุมเจาะที่ถูกอุดไปแล้วจะมีสภาพคงทนยาวนานทัดเทียมเท่ากับหินข้างเคียงที่มี

อยู่ตามธรรมชาติ การอุดหลุมเจาะที่เลิกใช้งานแล้วและหลุมเจาะที่กำลังใช้งานอยู่ทั้งในและต่างประเทศพบว่ามากกว่าร้อยละ 30 เกิดการรั่วซึมและบางหลุมถึงขั้นใช้งานไม่ได้เลย ดังนั้นการศึกษาประสิทธิภาพของซีเมนต์ในการอุดหลุมเจาะในชั้นเกลือหินจึงเป็นสิ่งสำคัญประการแรกที่ควรนำมาพิจารณาในการออกแบบโพรงกักเก็บของเสียจากภาคอุตสาหกรรม

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์พื้นฐานของปูนซีเมนต์เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการเลือกใช้ปูนซีเมนต์ในการอุดหลุมเจาะ และได้ทดสอบประสิทธิภาพในการอุดด้วยการนำแท่งตัวอย่างเกลือหินมาเจาะทะลุก่อนอัดซีเมนต์เข้าไปในรูเจาะ การทดสอบกำลังยึดติดสูงสุดระหว่างซีเมนต์และเกลือหินได้ดำเนินการทดสอบทั้งในรูปแบบของการรับแรงผลักสูงสุด (push-out test) และทดสอบการเคลื่อนไหลภายใต้แรงเฉือนระหว่างซีเมนต์และเกลือหินภายใต้สภาวะค่าความเค้นตั้งฉากต่างๆ ตามกาลเวลา

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรมวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะรวมไปถึงทฤษฎีและขั้นตอนต่างๆ ที่ใช้ในการอุดหลุมเจาะในชั้นหิน การเลือกใช้วัสดุสำหรับอุดหลุมเจาะในอุตสาหกรรม รวมไปถึงข้อกำหนดสำหรับการอุดหลุมเจาะ และการศึกษาวิจัยการอุดหลุมเจาะในอดีตที่ดำเนินการมาแล้วทั้งในและต่างประเทศ ผลการทบทวนวรรณกรรมวิจัยทั้งหมดรวมทั้งรายการเอกสารอ้างอิงจะถูกสรุปไว้ในรายงานวิจัยฉบับนี้

ขั้นตอนที่ 2 การจัดเตรียมตัวอย่างเกลือหิน

ตัวอย่างเกลือหินได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท เกลือพิมาย จำกัด ถูกจัดเตรียมให้ได้รูปร่างและขนาดที่ต้องการทดสอบตามมาตรฐาน สำหรับการทดสอบกำลังยึดติดสูงสุดได้เตรียมตัวอย่างเป็นรูปทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 4 นิ้ว พร้อมเจาะรูเพื่อติดตั้งแท่งซีเมนต์ ส่วนการทดสอบการเคลื่อนไหลภายใต้แรงเฉือนระหว่างเกลือหินกับซีเมนต์ได้ใช้ตัวอย่างเกลือหินที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 4x4 ตารางนิ้ว จำนวน 4 ตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบในห้องปฏิบัติการแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ การทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติพื้นฐานของซีเมนต์ และการทดสอบกำลังยึดติดในการอุดหลุมเจาะระหว่างซีเมนต์และเกลือหิน

การทดสอบโดยใช้แท่งซีเมนต์ประกอบด้วยการทดสอบหากำลังกดสูงสุดในแกนเดียวและการทดสอบแรงดึงแบบบราซิลด้วยการใช้แท่งซีเมนต์ทรงกระบอกที่ถูกบ่ม 28 วัน ตามมาตรฐาน ASTM การทดสอบกำลังยึดติดสูงสุดระหว่างซีเมนต์และเกลือหินได้ดำเนินการทดสอบทั้งในรูปแบบของการรับแรงผลักสูงสุด (ทดสอบ 4 ตัวอย่าง) และทดสอบการเคลื่อนไหลภายใต้แรงเฉือนระหว่างซีเมนต์และเกลือหินภายใต้สภาวะค่าความเค้นตั้งฉากที่ผันแปรอย่างน้อย 3 ค่า แต่ละความเค้นตั้งฉากได้ใช้ตัวอย่างหินในการทดสอบรวม 4 ตัวอย่าง (รวมทั้งสิ้น 8 ตัวอย่าง)

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ผลจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการได้ถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านประสิทธิภาพของซีเมนต์ที่จะให้กำลังสูงสุดในการอุดหลุมเจาะ และวิเคราะห์การเคลื่อนไหลระหว่างเกลือหินและซีเมนต์ ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาเป็นกฎเกณฑ์ในขั้นต่อไป

ขั้นตอนที่ 5 การพัฒนากฎเกณฑ์การเคลื่อนไหลในรอยเฉือน

จากผลการทดสอบการเคลื่อนไหลของเกลือหินภายใต้แรงเฉือนตามกาลเวลาสามารถพัฒนาเป็นกฎเกณฑ์สำหรับการเคลื่อนไหล เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการคาดคะเนการเคลื่อนตัวของเกลือหินที่อยู่ภายใต้สภาวะจริงแบบแรงเฉือนได้

ขั้นตอนที่ 6 การสรุปผลและเขียนรายงาน

แนวคิด ขั้นตอนโดยละเอียด การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการศึกษาทั้งหมด และข้อสรุปได้นำเสนอโดยละเอียดในรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เพื่อที่จะส่งมอบเมื่อเสร็จโครงการ และตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลงานวิจัยที่เสนอมานี้มีประโยชน์อย่างมากกับงานด้านธรณีวิทยา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม วิศวกรรมแหล่งน้ำ และวิศวกรรมธรณี ซึ่งสามารถสรุปเป็นหัวข้อได้ดังต่อไปนี้

1) ตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสารระดับนานาชาติ
2) เผยแพร่องค์ความรู้ให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวทั้งภาครัฐและเอกชน
3) สร้างนักวิจัยระดับ postdoctoral อย่างน้อย 1 คน
4) สร้างนักวิจัยระดับ postgraduate อย่างน้อย 1 คน

1.7 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยที่เสนอมานี้จะมีประโยชน์อย่างมากและโดยตรงกับหลายหน่วยงาน ทั้งภาครัฐและเอกชน 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