

บทที่ 7

บทสรุป

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเชิงกลศาสตร์ของปูนซีเมนต์เพื่อนำมาใช้จุดในชั้นเกลือหินที่ถูกขุดเจาะเป็นโพรงหรืออุโมงค์สำหรับเป็นแหล่งทิ้งกากของเสียจากภาคอุตสาหกรรม ผลการทดสอบที่ได้จะนำมาใช้ในการออกแบบซีเมนต์สำหรับการอุดรอยแตกเพื่อให้มีผลกระทบจากการรั่วไหลสำหรับชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยให้น้อยที่สุด โดยใช้ตัวอย่างเกลือหินแท่งทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ที่ขุดเจาะมาจากเกลือชั้นกลาง (Middle salt) หลุมเจาะที่ KB-09 ที่ระดับความลึกระหว่าง 168–178 เมตร ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท เหมืองแร่อาเซียนโปแตช จำกัด อ.บำเหน็จณรงค์ จ.ชัยภูมิ

การเตรียมตัวอย่างเกลือหินแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) สำหรับการทดสอบแรงเฉือนโดยตรง ประกอบด้วยรอยแตกแบบเรียบ (Saw-cut surface) และรอยแตกแบบขรุขระ (Tension-induced fracture) และ 2) สำหรับการทดสอบแรงเฉือนแบบ Push-out โดยจัดเตรียมแท่งตัวอย่างเกลือหินทรงกระบอกที่เจาะรูตรงกลางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว

การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐานของซีเมนต์ ประกอบด้วย การทดสอบกำลังรับแรงกดสูงสุดในแกนเดียว การตรวจวัดค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น ค่าอัตราส่วนปัวซอง และการทดสอบแรงดึงแบบบราซิลเลียน ซึ่งทำการทดสอบตามอายุของซีเมนต์ที่ 1, 7, 14, 21 และ 28 วัน ตามลำดับ สำหรับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ปูนซีเมนต์ชนิดทนน้ำเค็มที่มีจำหน่ายอย่างแพร่หลายในท้องตลาดทุกภูมิภาคของประเทศไทย โดยผสมเข้ากับน้ำเกลืออิ่มตัวผสมด้วยสารเพิ่มการขยายตัวและสารลดฟองอากาศ

ผลการทดสอบแรงกดในแกนเดียว (Uniaxial compression test) มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความต้านแรงกดสูงสุดในแกนเดียวของแท่งตัวอย่าง การทดสอบได้ปฏิบัติตามข้อกำหนดมาตรฐานสากล ASTM D7012 และข้อเสนอแนะของ ISRM (Brown, 1981) ผลการทดสอบพบว่าเมื่ออายุของแท่งตัวอย่างมากขึ้น (1, 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน) จะส่งผลให้มีค่าแรงกดสูงสุดในแกนเดียวสูงขึ้นจาก 4.67, 12.83, 13.10, 14.63, 19.65 และ 24.02 MPa ตามลำดับ เช่นเดียวกับค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นที่มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออายุของแท่งตัวอย่างมากขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ 0.17, 0.31, 0.35, 0.35, 0.42 และ 0.44 GPa ตามลำดับ

การทดสอบแรงดึงแบบบราซิลเลียน มีจุดประสงค์เพื่อหาแรงดึงสูงสุดของแท่งตัวอย่าง วิธีการเตรียมจะปฏิบัติตามมาตรฐานสากล ASTM D3967 และข้อแนะนำของ ISRM ผลการทดสอบแรงดึงแบบบราซิลเลียนคือ 2.17, 2.26, 2.17, 1.78, 2.36 และ 2.06 MPa ตามอายุของแท่งตัวอย่าง 1, 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน ตามลำดับ

การทดสอบความหนืดมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าความหนืด (Viscosity) ค่าความหนาแน่น (slurry density) ของส่วนผสมซีเมนต์และน้ำเกลือบ่มตัว โดยปฏิบัติตามมาตรฐาน ASTM D2196 ซึ่งได้ผลค่าเฉลี่ยของ Cement Slurry Density เท่ากับ $17,586 \text{ kg/m}^3$ Dynamic Viscosity เท่ากับ $1.72 \text{ MPa}\cdot\text{s}$ และ Kinematic Viscosity เท่ากับ $0.77 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$

การทดสอบกำลังรับแรงเฉือนโดยตรงระหว่างซีเมนต์ผสมน้ำเกลือบ่มและตัวอย่างเกลือบ่มแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ รอยแตกแบบเรียบและรอยแตกแบบขรุขระ โดยตัวอย่างซีเมนต์ถูกเตรียมให้มีอายุ 3 วัน เพื่อการทดสอบ ซึ่งรอยแตกแบบเรียบให้ผลการทดสอบค่าความเค้นเฉือนสูงสุดเท่ากับ 1.46, 1.59, 1.82, 1.78, 2.23, 2.55, 2.61 และ 2.87 MPa ตามการแปรผันของค่าความเค้นตั้งฉากในการทดสอบแต่ละตัวอย่าง มีค่าความเค้นเฉือนคงค้างเท่ากับ 0.89, 1.02, 1.21, 1.27, 1.40, 1.53, 1.85 และ 1.91 ตามลำดับ ส่วนรอยแตกแบบขรุขระมีค่าความเค้นเฉือนสูงสุดเท่ากับ 1.46, 1.91, 2.23 และ 2.87 MPa ค่าความเค้นเฉือนคงค้างเท่ากับ 0.89, 1.21, 1.40 และ 1.80 ตามการแปรผันของค่าความเค้นตั้งฉาก 0.45, 0.57, 0.70 และ 0.89 MPa ตามลำดับ

การศึกษาผลกระทบความขรุขระของรอยแตกในเกลือบ่ม จากผลการทดสอบที่ได้ตามเกณฑ์ของคู่มือบ่มพบว่าให้ค่าแรงเสียดทานยึดติดระหว่างซีเมนต์และเกลือบ่มเท่ากับ 70 และ 69 องศา สำหรับรอยแตกแบบขรุขระและรอยแตกแบบตัดเรียบตามลำดับ แรงยึดติดในรอยแตกระหว่างซีเมนต์และเกลือบ่มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.3 เมกะปาสคาล

การทดสอบ Push-out ให้ผลการทดสอบที่สูงกว่าค่าที่ได้จากการทดสอบแรงเฉือนโดยตรง โดยมีค่าแรงเฉือนสูงสุดตามแรงกดในแนวแกน 6.74 – 11.23 MPa อันเป็นผลมาจากผลกระทบของค่าอัตราส่วนปัวซองของที่จะเพิ่มขึ้นตามความเค้นตั้งฉากที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของตัวอย่างซีเมนต์และเกลือบ่มในขณะที่ให้แรงกดตามแนวแกน จึงชี้ให้เห็นว่าผลที่ได้จากการทดสอบแรงเฉือนโดยตรงนั้นให้ค่าที่อยู่ในเชิงอนุรักษ์ที่มากกว่าสำหรับการทดสอบหาค่ากำลังเฉือนสูงสุดระหว่างเกลือบ่มและซีเมนต์ที่ใช้ในการอุดหลุมเจาะ ซีเมนต์สำหรับอุดหลุมเจาะที่นำมาใช้ในการทดสอบครั้งนี้สามารถให้ประสิทธิภาพเชิงกลศาสตร์เป็นไปตามที่ต้องการ