

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรมวิจัยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ กระบวนการการผุกร่อนของมวลหินและตัวแปรที่มีผลกระทบต่อความแข็งและความคงทนต่อการผุกร่อนของหินเนื้ออ่อน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการการผุกร่อนของมวลหิน

กระบวนการการผุกร่อนของหินสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ การผุกร่อนทางกายภาพหรือทางกลศาสตร์ (Physical or Mechanical Weathering) และการผุกร่อนทางเคมี (Chemical Weathering) การผุกร่อนทางกลศาสตร์หรือทางกายภาพมีผลกระทบมาจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศซึ่งมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การที่น้ำแข็งตัวกลายเป็นน้ำแข็งและการละลายของน้ำแข็งอย่างต่อเนื่อง เป็นสาเหตุให้เกิดรอยแตกและช่องว่างภายในหิน การกระทำซ้ำๆ กันของสภาวะเปียกและแห้งจะทำให้หินเกิดการแตกตัวออกเป็นชิ้นเล็กๆ อันเป็นผลมาจากแรงกระทำของน้ำ ซึ่งแรงกระทำทางกายภาพ (Physical Forces) หมายรวมถึงความรวมถึงแรงลม การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ สภาวะอากาศร้อนสลับหนาว และการกัดกร่อน (Erosion) โดยธารน้ำหรือแม่น้ำ ส่วนการผุกร่อนทางเคมีเกิดจากการเปลี่ยนแปลงหรือสลายตัวของแร่ประกอบหินที่มีสารประกอบบางชนิดเป็นตัวกระทำ เช่น กรดในอากาศ น้ำฝน และแม่น้ำ ทำให้กลายเป็นสารประกอบใหม่ (Abramson et al., 1997) การเปลี่ยนแปลงเป็นผลกระทบโดยกระบวนการ Oxidation Hydrolysis และ Carbonation อัตราการผุกร่อนขึ้นกับความทนทานของหินซึ่งถูกควบคุมโดยแร่องค์ประกอบ เนื้อหิน ความพรุน และความแข็งของหิน ชนิดและอัตรา การผุกร่อนจะแปรเปลี่ยนตามภูมิอากาศ ในสภาพภูมิอากาศเปียกชื้นการผุกร่อนทางเคมีมีผลมากกว่าการผุกร่อนทางกลศาสตร์ ซึ่งระดับของอัตราการผุกร่อนในภูมิอากาศเปียกชื้นขึ้นกับอุณหภูมิและความชื้น การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและความชื้นเป็นสาเหตุให้เกิดการผุกร่อนที่เพิ่มขึ้น (Bell, 2000)

Moon and Jayawardane (2004) ได้ศึกษาการผุกร่อนเชิงกลศาสตร์และเชิงเคมีของหินบะซอลต์ (Basalt) ในเหมืองแห่งหนึ่งของประเทศนิวซีแลนด์ผลที่ได้สรุปว่า การผุกร่อนในระยะแรกคือหินเกิดรอยแตกเนื่องจากกระบวนการทางกายภาพ ตามด้วยการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของแร่ประกอบหินเป็นผลให้ความแข็งของหินลดลง ธาตุองค์ประกอบของแร่ที่สำคัญและใช้ในการศึกษาคือ Mg, Ca และ Fe ซึ่งสามารถวัดได้ทางเคมี ธาตุองค์ประกอบเหล่านี้เมื่อทำปฏิกิริยาเคมีกับน้ำแล้วจะเกิดการละลายหรือเปลี่ยนสภาพไป ถ้าหินที่มีรอยแตกมากหรือมีรอย

แตกหนาแน่นก็จะทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงทางเคมีสูงตามไปด้วย และส่งผลให้ค่าดัชนีความแข็งแรงลดลงอย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตามนักวิจัยกลุ่มนี้ไม่ได้สรุปในเชิงวิศวกรรมศาสตร์ว่าอัตราการลดลงของดัชนีความแข็งแรงมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่หินภูเขาไฟเกิดขบวนการผุกร่อนอย่างไร

Yokato and Iwamatsu (1999) ได้ศึกษากระบวนการการผุกร่อนของหินตะกอนภูเขาไฟเนื้ออ่อน (Soft Pyroclastic Rocks) และสรุปว่าคุณสมบัติทางกายภาพขึ้นกับระดับการเชื่อมประสานกันของเนื้อหิน โดยทั่วไปการผุกร่อนของหินเนื้ออ่อนไม่ได้มีเฉพาะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือทางกลศาสตร์แต่ยังรวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีด้วย การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางกลศาสตร์ของหินชนิดนี้ในระยะแรกจะมีการแตกสลายของหินและพื้นผิวมีการหลุดลอก ส่วนประกอบทางเคมีที่เกิดจากการแตกตัวของตัวเชื่อมประสานและหินภูเขาไฟเนื้อแก้ว ได้แก่ เหล็กออกไซด์ (FeO) และซิลิกา (Silica) ที่มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาล ส่งผลให้หินภูเขาไฟเนื้อแก้วเปลี่ยนเป็นแร่ดิน (Clay Minerals) เช่น Allophone และ Halloysite การเปลี่ยนแปลงทางเคมีนี้เองที่เป็นตัวเร่งการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางกลศาสตร์ เมื่อความพรุนของหินเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความหนาแน่นและค่าความแข็งแรงลดลงตามเวลา

Aristizábal et al. (2005) ได้ศึกษาการผุกร่อนทางเคมีของหินตะกอนภูเขาไฟหินแกรนิต และหินแปร ของพื้นที่ความลาดเอียงมวลหินเขตร้อนในประเทศโคลัมเบีย โดยการใช้การทดสอบ X-Ray Diffraction และ X-Ray Fluorescence ผลที่ได้ระบุว่าปริมาณแร่ Kaolinite และ Halloysite ที่เพิ่มขึ้นแสดงถึงระดับการผุกร่อนของหินที่เพิ่มขึ้นด้วย และมีผลทำให้ปริมาณของแคลเซียมออกไซด์ โซเดียมออกไซด์ และโพแทสเซียมออกไซด์ลดลง

กิตติเทพ เฟื่องขจร (2550) Fuenkajorn (2008) และ Sri-in and Fuenkajorn (2007) ได้ศึกษาการผุกร่อนของตัวอย่างหินในห้องปฏิบัติการ และนำผลมาใช้ในการคาดคะเนเสถียรภาพความลาดชันมวลหิน หินที่ทดสอบเป็นหินที่เกิดจากภาคสนามในประเทศไทยทั้งหมด 13 ชนิด ซึ่งกิจกรรมหลักประกอบด้วย การทดสอบค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนตามมาตรฐานและแบบแห้ง โดยมีจำนวนวัฏจักรมากกว่าที่กำหนดในมาตรฐานสากล และการจำลองการผุกร่อนภายใต้วัฏจักรร่อนสลับเย็นเป็นจำนวน 140 วัฏจักร นอกจากนั้นยังมีการทดสอบเชิงกายภาพ (การตรวจวัดน้ำหนักที่สูญเสียไปในแต่ละวัฏจักร และการทดสอบค่าความคงทนต่อการผุกร่อน) และการทดสอบเชิงกลศาสตร์ (การทดสอบค่าดัชนีจุดกด ค่ามุมเสียดทานพื้นฐาน และค่าความเร็วคลื่น) การทดสอบเหล่านี้ได้นำมาใช้เป็นดัชนีบ่งบอกถึงการผุกร่อนของตัวอย่างหิน รวมทั้งได้มีการเสนอแนวคิดในการสร้างความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์เพื่อที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้เป็นอย่างดีเป็นรูปธรรม

ผลงานวิจัยสามารถสรุปได้ว่า การสร้างกราฟความสัมพันธ์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้โดยตรงคือ ความสัมพันธ์ระหว่าง $I_{s(50)}$ กับ ΔSDI (ดัชนีจุดกุดและอัตราการฝุกร่อน) และความสัมพันธ์ระหว่างวัฏจักรของการทดสอบดัชนีความคงทนต่อการฝุกร่อนกับระยะเวลาจริงในภาคสนาม ($N^* \approx 18$ วัน) ในการคาดคะเนเสถียรภาพความลาดชันมวลหินจะเน้นไปที่เสถียรภาพของรอยแตกในมวลหินที่อาจมีการเคลื่อนตัว ดังนั้นจึงนำกฎของ Barton's มาใช้ในงานวิจัย เนื่องจากมีค่ามุมเสียดทานพื้นฐาน (ϕ_b) และค่ากำลังกดสูงสุดของหิน (σ_c) เป็นตัวแปรที่สำคัญ ซึ่งค่าทั้งสองจะมีผลกระทบโดยตรงต่อการฝุกร่อนของเนื้อหิน กล่าวโดยรวมคือ จะมีค่าลดลงในขณะที่หินฝุกร่อนตามกาลเวลานั่นเอง ซึ่งสามารถสรุปเป็นชุดสมการของค่ากำลังรับแรงเฉือนสูงสุดของรอยแตกในมวลหินดังนี้

$$\tau = \sigma_n \tan \left[\phi_b + JRC \log_{10} \left(\frac{\sigma_c}{\sigma_n} \right) \right]$$

$$\sigma_c = \alpha I_{s(50)}$$

$$I_{s(50)} = 6.406 \cdot \Delta SDI^{-0.875}$$

$$\Delta SDI = \alpha \cdot \exp(\beta N^*)$$

$$\phi_b = C \cdot N^{*\lambda}$$

$$N^* \approx \Delta/18$$

โดยที่	τ	คือ ค่ากำลังรับแรงเฉือนสูงสุดของรอยแตกในมวลหิน
	σ_n	คือ ความเค้นในแนวตั้งฉาก (Normal Stress)
	ϕ_b	คือ มุมของความเสียดทานพื้นฐาน (Basic Friction Angle)
	JRC	คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความขรุขระมีค่าระหว่าง 0 ถึง 20
	σ_c	คือ ค่ากำลังกดสูงสุดของหิน
	$I_{s(50)}$	คือ ค่าดัชนีจุดกุด
	α	คือ ปัจจัยตัวคูณที่หาได้จากมาตรฐานสากล
	ΔSDI	คือ อัตราการฝุกร่อนซึ่งได้จากการทดสอบค่าดัชนีความคงทนต่อการฝุกร่อน
	N^*	คือ ค่าสมมติในเชิงอนุรักษ์มีค่าเท่ากับ n หรือจำนวนวัฏจักรร่อนสลับเย็น
	D	คือ จำนวนวันในอนาคต
	α	คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของอัตราการฝุกร่อนคงที่ได้จากสมการความสัมพันธ์
	β	คือ ค่าสัมประสิทธิ์เชิงเวลาของอัตราการฝุกร่อน
	C	คือ สัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงค่ามุมเสียดทานพื้นฐาน
	λ	คือ สัมประสิทธิ์เชิงเวลาของค่ามุมเสียดทานพื้นฐาน

การคาดคะเนขั้นต้นจะอยู่ในเชิงอนุรักษ์ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการมีการจำลองให้เกิดขึ้นอย่างฉับพลัน ผลงานวิจัยดังกล่าวยังระบุว่า การทดสอบค่าความเร็วคลื่นปฐมภูมิ (P-wave) อาจไม่สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงการผุกร่อนของเนื้อหิน ถึงแม้ในเชิงทฤษฎีแล้วค่าความเร็วคลื่นจะลดลงเมื่อหินมีการผุกร่อนมากขึ้นดังแสดงได้จากผลงานวิจัยต่างประเทศ (Begonha and Braga, 2002 และ Sousa et al., 2005)

ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ค่ามุมเสียดทานพื้นฐาน และดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อน สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกถึงการผุกร่อนของหินได้ดีพอสมควร อย่างไรก็ตามการแปรปรวนของผลที่ได้ยังมีอยู่บ้าง แต่ก็เป็นส่วนน้อยซึ่งคาดว่าเกิดขึ้นจากการแปรปรวนของเนื้อหินในกลุ่มตัวอย่างที่ได้คัดสรรมา

2.2 ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อความแข็งและความคงทนต่อการผุกร่อนของหินเนื้ออ่อน

แร่ประกอบหินและลักษณะรูปร่างของการจัดเรียงตัวของเม็ดแร่หรืออนุภาค (Microfabric) มีผลต่อความคงทนต่อการผุกร่อนและความแข็งของหินเนื้ออ่อน โดยหินดินดาน (Shale) เป็นหินเนื้ออ่อนชนิดหนึ่งที่จำแนกอยู่ในกลุ่ม Argillaceous Rocks การที่จะหาคุณลักษณะทางกลศาสตร์ของหินดินดานจึงไม่่ง่ายนัก เพราะการจัดเตรียมตัวอย่างหินชนิดนี้ทำได้ยาก การคาดคะเนพฤติกรรมของหินดินดานจำเป็นต้องทำความเข้าใจผลกระทบของเม็ดตะกอนและแร่ดินในเชิงกลศาสตร์ของหินก่อน (Koncagul and Santi, 1999) ตัวแปรที่มีผลกระทบดังกล่าวอธิบายได้ดังนี้

2.2.1 ขนาดเม็ดตะกอน (Grain Size)

ตะกอนเม็ดละเอียดมีความอ่อนไหวต่อการสลายตัวและมีอัตราการสลายตัวที่สูงกว่าตะกอนเม็ดหยาบ (D'Appolonia Consulting Engineering, 1980) ในทางกลับกันตะกอนเม็ดละเอียดจะมีความต้านทานแรงกดได้สูงกว่า (Brace, 1961; Fahy and Guccions, 1979) เนื่องจากจุดสัมผัสระหว่างเม็ดตะกอนมีมากทำให้สามารถกระจายแรงบนพื้นผิวได้มาก

2.2.2 รูปร่างเม็ดตะกอน (Shape of Grains)

ความกลมมนของเม็ดตะกอนในหินจะส่งผลให้มีความคงทนต่อการผุกร่อนสูง (D'Appolonia Consulting Engineering, 1980) จะเห็นได้จากผลึกหรือเม็ดตะกอนที่มีรูปร่างเหลี่ยมจะเกิดการผุกร่อนในระดับสูง และทำให้ค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อน (Slake Durability Index Test) มีค่าต่ำ เช่นเดียวกับค่าความดันที่จะรวมตัวอยู่บริเวณขอบของเม็ดตะกอนในการทดสอบความต้านทานแรงกดในแกนเดียว (Uniaxial Compressive Strength) ซึ่ง

ขึ้นกับระดับของพันธะระหว่างเม็ดตะกอน เช่น อนุภาคที่มีผิวขรุขระทำให้เกิดแรงต้าน ส่งผลให้ความต้านทานแรงกดสูง Fahy and Guccions (1979), Ulusay and Aksoy (1994) และ Shakoor and Bonelli (1991) ได้รายงานผลที่ยืนยันถึงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงกดในแกนเดี่ยวและเปอร์เซ็นต์ของตะกอนเม็ดเหลี่ยม เม็ดแร่ และตัวเชื่อมประสานของตะกอนเม็ดเหลี่ยมที่ทำให้เกิดแรงต้านระหว่างเม็ดตะกอน แต่ให้ค่าการฝูกร่อนที่สูงกว่าหินที่มีเม็ดตะกอนกลมมน ขอบเขตและชนิดของรอยต่อระหว่างเม็ดตะกอนอาจจะมีผลกระทบต่อความแข็งของหินเช่นกัน (Ulusay and Aksoy 1994; Shakoor and Bonelli, 1991) งานวิจัยนี้ยังค้นพบความสัมพันธ์ที่สำคัญระหว่างความหลากหลายของเม็ดตะกอนและความต้านทานแรงกดในแกนเดี่ยวของตัวอย่างหินทรายอันเนื่องมาจากชนิดจุดสัมผัสของเม็ดตะกอนที่ดีทำให้มีความคงทนต่อการขูดขีด (hardness) และการฝูกร่อน

2.2.3 แร่ประกอบหิน (Mineral Compositions)

Fahy and Guccions (1979), Shakoor and Bonelli (1991) และ Gunsallus and Kulhawy (1984) ได้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแร่ควอตซ์ (Quartz) และความต้านทานแรงกดในแกนเดี่ยวของหินทราย Handlin and Hager (1957), Bell (1978) และ Barbour et al. (1979) กล่าวว่า หินที่มีเม็ดควอตซ์เป็นองค์ประกอบจะมีค่าความคงทนต่อการฝูกร่อนสูง ซึ่งทำให้ความต้านทานของแร่ต่อการครูดถูทางกลศาสตร์ (Mechanical Abrasion) สูง หินดินดานมีแร่ องค์ประกอบที่หลากหลาย เช่น แร่ดิน วัตถุอินทรีย์ และแร่อื่นๆ ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญในการควบคุมคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของหินทุกชนิด (Mitchell, 1993) ในทางวิศวกรรมดิน จะมีขนาดเม็ดตะกอนเล็กกว่า 0.002 มิลลิเมตร ประกอบด้วยแร่ดินเช่น Talc, Mica, Chlorite และ Smectite โดยทั่วไปแล้วผิวของแร่ดินมีประจุลบ (Negative Electrical Charge) ซึ่งเป็นตัวปรับสมดุลด้วยการดูดซับของประจุบวกจากสารละลายต่างๆ (Mitchell, 1993) ความแตกต่างกันของแร่ดินคือ ความสามารถในการบวมตัว ซึ่งสามารถจัดลำดับการบวมตัวของแร่จากมากไปน้อยได้คือ มอนท์มอริโอไนท์ (Montmorillonite) อิลไลท์ (Illite) ฮาลอยไซต์ (Halloysite) และคาโอลิไนท์ (Kaolinite) ชนิดของอะตอมเป็นตัวบ่งบอกลักษณะโครงสร้างในการเชื่อมประสานซึ่งมีผลต่อระดับการบวมตัวด้วย จากกรณีตัวอย่างการบวมตัวของมอนท์มอริโอไนท์ที่ลดลงตามปริมาณอะตอมที่รวมตัวกับโซเดียม (Sodium) จากมากไปน้อยคือ ลิเทียม (Lithium, Li) โพแทสเซียม (Potassium, K) แคลเซียม (Calcium, Ca) แมกนีเซียม (Magnesium, Mg) และไฮโดรเจน (Hydrogen, H) มีความเป็นไปได้ที่การบวมตัวส่งผลให้ความคงทนต่อการฝูกร่อนลดลง แต่มีผลน้อยมากต่อความแข็งหรือความแข็งต่อการขูดขีด

2.2.4 พันธะเชื่อมประสานระหว่างเม็ดตะกอน (Bonding of Grain Contact)

ในเชิงแร่วิทยา พันธะและวัสดุเชื่อมประสานเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการควบคุมความแข็งแรง ความคงทนต่อการขูดขีด และความคงทนต่อการผุกร่อน โดย Vutukuri et al. (1974) กล่าวว่าแร่ควอตซ์และแร่เหล็กมีความแข็งแรงสูง ส่วนดินเป็นวัสดุที่อ่อน โดย Bell (1978) ได้แสดงการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงที่เป็นสัดส่วนกับตัวเชื่อมประสานที่ปริมาณคาร์บอนเตสูง Fahy and Guccione (1979) และ Shakoor and Bonelli (1991) กล่าวว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวเชื่อมประสานและความแข็งแรงมีความสำคัญ จึงคาดว่าชนิดของตัวเชื่อมประสานและระดับของพันธะเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญกว่าเปอร์เซ็นต์ของตัวเชื่อมประสานเพียงอย่างเดียว

2.2.5 ความหนาแน่นในการอัดตัว (Packing Density)

Bell (1978) ให้ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นในการอัดตัว ซึ่งหาได้จากช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอนต่อพื้นที่สำหรับค่าความต้านทานแรงกดในแกนเดียว และค่าความต้านทานแรงดึงของหินทราย ผลที่ได้คือเมื่อค่าความแข็งแรงของหินเพิ่มขึ้นค่าความหนาแน่นก็จะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน Hoek and Brown (1980) กล่าวว่า การเชื่อมประสานกัน (Interlocking) ของเม็ดตะกอนในหินตะกอนขึ้นกับความหนาแน่นในการอัดตัวและวัสดุเชื่อมประสาน โดย Doberenier and DeFreitas (1986) ได้สรุปว่าความหนาแน่นในการอัดตัวที่ต่ำเป็นคุณลักษณะทั่วไปของหินทรายเนื้ออ่อน แต่ Shakoor and Bonelli (1991) ไม่พบความสัมพันธ์ที่สำคัญระหว่างความหนาแน่นในการอัดตัวและความแข็งแรง แต่สามารถคาดการณ์ได้ว่าเมื่อความต้านทานแรงกดในแกนเดียว ความคงทนต่อการขูดขีด และค่าดัชนีความคงทนต่อการผุกร่อนมีค่าสูงขึ้น ค่าความหนาแน่นในการอัดตัวจะมีค่าสูงตามไปด้วย

2.2.6 การแตกหักในสภาวะแห้ง (Slaking)

ปัจจัยนี้จะมีผลกระทบในเชิงกลศาสตร์ต่อการผุกร่อน (Degradation) ทางกายภาพของหินที่มีดินเป็นองค์ประกอบ Moriwaki and Mitchell (1977) ได้อธิบายถึงความหลากหลายของการแตกหัก และตัวแปรอื่นๆ เช่น อัตราส่วนการดูดซับประจุบวก (Adsorbed-Cation Ratios) ปริมาณน้ำ (Water Content) และความเข้มข้นในการอัดตัวคายน้ำ (Consolidation-Fluid Electrolyte Concentrations) ซึ่งสรุปได้ว่าชนิดของการแตกหักเป็นตัวควบคุมที่สำคัญ เนื่องจากแร่ดินและความเข้มข้นของการแลกเปลี่ยนอะตอมโซเดียมโดยทั่วไป การแตกหักสามารถแบ่งได้เป็น 4 ชนิด คือ 1) Dispersion Slaking (Na-kaolinite) 2) Swelling Slaking (Na-montmorillonite) 3) Body Slaking (Ca-kaolinite and Ca-illite) และ 4) Surface Slaking (Ca-montmorillonite) (Moriwaki and Mitchell, 1977) ด้วยเหตุนี้พฤติกรรมภายในของการแตกหักในหินดินดานจึงขึ้นกับชนิดของแร่ดิน การรวมกันของแร่ดินก็จะให้ผลของการ

แตกหักที่แตกต่างกันออกไป (Santi and Koncagul, 1996) การเพิ่มขึ้นของแรงผลักระหว่างชั้นและความดันโพรง (Negative Pore Pressure) เป็นกลไกทั่วไปของการแตกหักของแร่ Smectite (D'Appolonia Consulting Engineers, 1980)

2.2.7 ปริมาณน้ำ (Water Contents)

จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำในตัวอย่างหินจะส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงกดลดลง เหตุผลประการแรกคือน้ำสามารถรองรับรอยต่อกับพื้นผิวของแร่และเปลี่ยนแปลงตามคุณสมบัติของพื้นผิว (Horn and Deere, 1962) ประการที่สองคือความดันน้ำในโพรง (Pore Water Pressure) เป็นสาเหตุหนึ่งของความไม่เสถียรภาพของรอยแตกในหินน้ำเป็นตัวลดค่าความต้านทานแรงเฉือนหรือเปลี่ยนคุณลักษณะแร่ดินที่เป็นส่วนประกอบของหิน (Touloukian et al., 1981) Kjaernsli and Sande (1966) และ Moon (1993) ได้แสดงให้เห็นว่าน้ำเป็นตัวการที่ทำให้ค่าความต้านทานแรงกดลดลง อย่างไรก็ตามหินที่ประกอบด้วยแร่ดินที่ไม่มีพฤติกรรมการบวมตัวเช่นแร่คาโอลิไนท์ จะมีความทนทานต่อ Slake ขึ้นกับการแช่อยู่ในน้ำของหินเมื่อสภาวะเริ่มต้นของหินอยู่ในสภาวะแห้ง (Moriwaki and Mitchell, 1977)

2.2.8 ค่าความพรุน (Porosity)

คือปริมาตรของช่องว่างในตัวอย่างต่อปริมาตรของตัวอย่าง ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่าน (Hydraulic Conductivity) หาได้จากความสามารถของน้ำในการซึมผ่านช่องว่าง ซึ่งบ่งบอกถึงความต่อเนื่องของเครือข่ายช่องว่าง (Pore Network) ของตัวอย่าง ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่าน คือ แร่ประกอบหิน เนื้อหิน (Texture) การกระจายตัวของขนาดอนุภาค (Particle Size Distribution) คุณลักษณะของของเหลว องค์ประกอบของการแลกเปลี่ยนประจุ อัตราส่วนโพรง (Void Ratio) และระดับความอิ่มตัวด้วยน้ำในมวลหิน (Domenico and Schwartz, 1990) หินที่มีความแตกต่างของแร่ประกอบหินเช่น หินดิน (Clay Rocks) จะมีค่าความพรุนสูงและค่าความซึมผ่าน (Permeability) อยู่ระหว่าง 10^{-8} ถึง 10^{-10} เมตร/วินาที และจะขึ้นกับแร่ประกอบหินคือ แร่ดินที่มีลักษณะเป็นเม็ดเล็กหรือเป็นเส้นใย (Granular or Fibrous Shape) เช่น คาโอลิไนท์ และฮีไลท์ จะให้ค่าความซึมผ่านได้ดีกว่าลักษณะรูปร่างเป็นชั้นบางๆ (Flake Shaped) เช่น มอนท์มอรีไอไนท์ หินดินดานที่ประกอบด้วยแร่คาโอลิไนท์จะมีค่าความต้านทานการ Slaking ต่ำ เนื่องจากโครงสร้างของคาโอลิไนท์มีช่องว่างมากจึงทำให้เกิดการแตกหักของโครงสร้างพันธะไฮโดรเจนในแต่ละชั้น (Vallejo et al., 1994) ในทางกลับกันจะทำให้ค่าความต้านทานแรงกด ความคงทนต่อการขูดขีด และความต้านทานแรงกดแบบจุดกด (Point Load) ของหินดินดานลดลง (Deere and Miller, 1966 และ Vallejo et al., 1994) ความพรุนมี

ผลกระทบที่สำคัญในเชิงกลศาสตร์ Price (1960) และ Dube and Singh (1972) กล่าวว่า หินตะกอนมีคุณสมบัติความแข็งแรงลดลงเมื่อมีความพรุนมากขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายทางกายภาพได้ว่า ความพรุนที่สูงจะทำให้เกิดเครือข่ายการเชื่อมของรอยแตกขนาดเล็ก

Moon (1993) ได้สรุปว่าโครงสร้างขนาดเล็กบนเนื้อหินดินดานเป็นตัวควบคุมที่สำคัญเชิงพฤติกรรมทางกลศาสตร์ธรณี ความแข็งและความคงทนต่อการผุกร่อนถูกควบคุมโดยความหนาแน่นรวมทั้งระดับการเชื่อมกันของเม็ดตะกอนและขนาดเฉลี่ยของผลึก ซึ่งได้แสดงคุณสมบัติรูปพรรณสัณฐานที่มีผลกระทบจากคุณลักษณะกลศาสตร์ธรณีของหินในตารางที่ 2.1