บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การทดสอบการผุกร่อนของหินแบบ Slake Dulability Test (ASTM D4644) ตามมาตรฐานสากล มีข้อด้อยหลายประการ กล่าวคือ ตัวอย่างหินมีขนาดเล็ก (50 กรัม) จึงไม่สามารถที่จะใช้เป็นตัวแทนของมวลหินในภาคสนาม นอกจากนี้ผลที่ได้ยังเป็นเพียงดัชนีอ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบว่าหินที่ต่างชนิดกันมีความทนทานหรืออ่อนไหวต่อการผุกร่อนมากน้อยเพียงใดเท่านั้น ซึ่งไม่สามารถที่จะนำมาใช้ในการคาดคะเนการลดตัวของความคงทนหรือความแกร่ง (Dulability) ของหินในเชิงเวลา อนึ่ง ความสามารถในการคาดคะเนการผุกร่อนของหินในเชิงเวลาเป็นสิ่งจำเป็นในงานวิศวกรรมธรณีทั่วไป เช่น ความลาดชันของมวลหินในอ่างเก็บน้ำ ถนน ทางรถไฟ และเสถียรภาพของหินรอบอุโมงค์ส่งน้ำ อุโมงค์ถนน อุโมงค์ทางรถไฟ และเหมืองใต้ดิน ดังนั้น วิธีการทดสอบแบบใหม่ที่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น ประกอบกับการวิเคราะห์ผลของวิธีดังกล่าวที่สามารถจำลองและคาดคะเนพฤติกรรมการผุกร่อนของหินได้อย่างแท้จริงจึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะภูมิอากาศของประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้น ส่งผลให้มวลหินที่โผล่โดยธรรมชาติหรือโดยการขุดเจาะมีอัตราการผุกร่อน (Erosion) และอัตราการผุกร่อน (Weathering) สูง ซึ่งแม้แต่ในต่างประเทศยังไม่มีการพัฒนาขบวนการทดสอบหรือสมการการคาดคะเนคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของมวลหินที่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะแวดล้อมอย่างเป็นรูปธรรม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ เพื่อประดิษฐ์อุปกรณ์แบบใหม่สำหรับใช้ในการทดสอบและจำลองการผุกร่อนของหินในห้องปฏิบัติการเพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับหินที่อยู่ภายใต้สภาวะแวดล้อมจริงในภาคสนาม ผลที่ได้สามารถนำมาสร้างสมการเชิงคณิตศาสตร์เพื่อใช้คาดคะเนระดับการผุกร่อนของหินในระยะยาว

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์จำลองการผุกร่อนของหิน โดยมีลักษณะคล้ายกับเครื่องจำลองแบบมาตรฐานสากล แต่จะมีขนาดใหญ่กว่าประมาณ 4-5 เท่า ทั้งนี้เพื่อต้องการทดสอบหินที่มีขนาด 4-5 นิ้ว จำนวน 10 ก้อน พร้อมกัน และใช้เป็นตัวแทนของหินในภาคสนามได้ดีขึ้น

1.3.2 ออกแบบกระบวนการทดสอบเพื่อให้ก้อนตัวอย่างหินเผชิญกับสภาวะอุณหภูมิสูงกว่า 100°C เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 6 ชั่วโมง

1.3.3 สอบเทียบผลการทดสอบกับสภาวะการผุกร่อนของหินจริงในภาคสนาม

1.3.4 สร้างสมการความสัมพันธ์ของสภาวะการผุกร่อนเชิงเวลาระหว่างตัวอย่างหินที่ทดสอบและตัวอย่างหินในภาคสนาม

1.3.5 ตัวอย่างหินที่ใช้ทดสอบมีอย่างน้อย 3 ชนิด ซึ่งเป็นหินที่มักจะมีปัญหาในเชิงเสถียรภาพและเชิงกลศาสตร์

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

แนวคิดของงานวิจัยนี้คือ การจำลองการผุกร่อนและผุกร่อนของหินในห้องปฏิบัติการ โดยมีการทดสอบเพื่อเร่งปฏิกิริยาของขบวนการเชิงกายภาพและเชิงเคมีในสภาวะที่ควบคุมได้ เพื่อเปรียบเทียบกับสภาพของมวลหินที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติ วิธีดังกล่าวประกอบด้วยการอบแห้งตัวอย่างหินให้มีอุณหภูมิถึง 100°C และมีการทำให้ตัวอย่างหินเย็นตัวอย่างรวดเร็วด้วยการจุ่มลงในภาชนะบรรจุน้ำขนาดใหญ่ จากนั้นนำหินมาขัดถูด้วยการบรรจุในตะแกรงเหล็กทรงกระบอกขนาดใหญ่ที่มีการหมุนด้วยความเร็วตามที่กำหนด จากนั้นนำตัวอย่างหินไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักที่หายไปจากสภาวะร้อน เย็น และการขัดถู ขบวนการดังกล่าวจะมีการทำซ้ำๆ เป็นวัฏจักรอย่างต่อเนื่องในห้องปฏิบัติการ จะมีการใช้ตัวอย่างหินขนาดใหญ่ (3-4 นิ้ว) ซึ่งใหญ่กว่าที่เคยใช้ในการทดสอบมาตรฐานสากล (1-1.5 นิ้ว) ในช่วงระยะเวลาการทดสอบจะมีการนำหินมาทดสอบความเค้นกดเพื่อตรวจวัดค่ากำลังรับแรงกดที่เปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนวัฏจักรที่เพิ่มขึ้น ชุดตัวอย่างหินอีกส่วนหนึ่งจะจัดไว้ให้เผชิญกับสภาวะจริงในภาคสนามด้วยการตากแดดและตากฝน จากนั้นจึงจะนำมาทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ ซึ่งการคาดคะเนในเชิงคณิตศาสตร์สามารถทำได้ในเชิงอนุรักษ์ด้วยการเปรียบเทียบพลังงานความร้อนที่ตัวอย่างหินได้รับระหว่างสองสภาวะ และเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของหินที่ทดสอบได้จากหินทั้งสองสภาวะดังกล่าว การทดสอบแบบใหม่นี้นอกจากจะใช้ก้อนตัวอย่างหินที่มีขนาดใหญ่ขึ้นซึ่งเป็นตัวแทนของตัวอย่างหินในภาคสนามได้ดีแล้วยังสามารถสร้างความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ระหว่างคุณสมบัติของหินที่ถูกจำลองการผุกร่อนและคุณสมบัติของหินที่ผุกร่อนจริงในภาคสนาม

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

การวิจัยแบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอน รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทบทวนวรรณกรรมวิจัย

ได้มีการค้นคว้าเอกสารอ้างอิง รายงานการประชุม และวารสารที่เกี่ยวข้องกับการผุกร่อนและการผุกร่อนของหิน รวมไปถึงวิธีการทดสอบ การสำรวจในภาคสนาม และการคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงเชิงกายภาพและเชิงเคมีของหิน

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์จำลองการผุกร่อนของหิน

มีการออกแบบและประดิษฐ์วงล้อตะแกรงเหล็กเพื่อใช้จำลองการขัดถูของตัวอย่างหิน วงล้อสามารถบรรจุก้อนตัวอย่างหินขนาด 4-5 นิ้ว จำนวน 10 ก้อน ได้พร้อมกัน ตะแกรงวงล้อถูกจัดอยู่ในแนวระนาบจุ่มอยู่ในน้ำครึ่งหนึ่ง (คล้ายกับตะแกรงที่ใช้ในมาตรฐาน ASTM) และจะหมุนด้วยความเร็วที่สามารถปรับอัตราได้โดยต่อกับมอเตอร์ไฟฟ้าโดยใช้ระบบรอกและสายพาน

ขั้นตอนที่ 3 การเก็บและจัดเตรียมตัวอย่างหิน

ตัวอย่างหินที่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้ได้เน้นไปที่หินที่มีความอ่อนไหวต่อการผุกร่อนที่มักจะพบอยู่ทั่วไปในประเทศไทย การผุกร่อนของหินเหล่านี้จะมีผลกระทบต่อโครงสร้างทางวิศวกรรมธรณี เช่น อ่างเก็บน้ำ อุโมงค์ ฐานราก เขื่อน และความลาดชันของมวลหิน หินส่วนหนึ่งได้นำมาจำลองการผุกร่อนในห้องปฏิบัติการ อีกส่วนหนึ่งถูกจัดให้เผชิญกับสภาวะจริงในภาคสนามโดยใช้ตัวอย่างหินอย่างน้อย 5 ชุดต่อหินหนึ่งชนิด และได้มีการศึกษาแร่องค์ประกอบหินโดยใช้วิธี Petrographic analysis และมีการวัดค่าความจุความร้อนของหินที่ใช้ในการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 4 การจำลองการผุกร่อนในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างหินชุดที่ใช้จำลองการผุกร่อนได้นำมาผ่านขบวนการอบในชั้นทรายที่ถูกให้ความร้อนด้วยเตาอบที่อุณหภูมิอย่างน้อย 100°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และทำให้เย็นทันทีด้วยการจุ่มในถังน้ำที่ผสมกรดอย่างอ่อนเป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 12 ชั่วโมง จากนั้นได้นำมาใส่ในตะแกรงที่ประดิษฐ์ขึ้นในขั้นตอนที่ 2 เพื่อจำลองการขัดถูและดำเนินการเช่นนี้เป็นวัฏจักรอย่างต่อเนื่องขึ้นกับอัตราการผุกร่อนของตัวอย่างหิน ในแต่ละรอบได้มีการชั่งน้ำหนักตัวอย่างหินที่หาย การทดสอบด้วยขบวนการความร้อน เย็น และการขัดถูได้มีการทดสอบความแข็งของหินทุก 10 รอบวัฏจักร โดยใช้วิธี Point Load Index Testing ดังนั้นน้ำหนักหินที่หายไปและความแกร่งของหินที่ลดลงตามรอบวัฏจักรจึงถูกนำมาวิเคราะห์และหาความสัมพันธ์ในเชิงเวลา

ตัวอย่างหินที่เหมือนกันอีกชุดหนึ่งถูกทิ้งไว้กลางแจ้งให้เผชิญกับสภาวะแวดล้อมจริงเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ปี และมีการทดสอบความแข็งของหินเหล่านั้นทุก 4 เดือน (โดยประมาณ) ความแข็งที่ลดลงไปได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับตัวอย่างหินที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาความสัมพันธ์ต่อไป

ปัจจัยที่ใช้ในห้องปฏิบัติการได้มีการผันแปรเพื่อให้ได้วิธีการทดสอบที่มีมาตรฐานและมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยใช้ระยะเวลาสั้นที่สุด

ขั้นตอนที่ 5 การวิเคราะห์

ข้อมูลที่ได้จากห้องปฏิบัติการได้นำมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งของหินที่เปลี่ยนไปกับปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการจำลอง มีการศึกษาความอ่อนไหวของหินแต่ละชนิดต่อสภาวะการจำลอง และมีการศึกษาผลกระทบของแร่องค์ประกอบหินแต่ละชนิด สุดท้ายได้มีการสร้างสมการเชิงคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการคาดคะเนความแข็งและอัตราการผุกร่อนของหินแต่ละชนิด

ขั้นตอนที่ 6 การคาดคะเนการผุกร่อน

การคาดคะเนการผุกร่อนได้ใช้แนวคิดของการสะสมและการปล่อยพลังงานความร้อนของตัวอย่างหิน (Fuenkajorn, 2008; Sri-in and Fuenkajorn, 2007) โดยการเปรียบเทียบระหว่างพลังงานความร้อนที่ใช้ในห้องปฏิบัติการในขบวนการจำลองกับพลังงานความร้อนที่หินเผชิญในภาคสนาม โดยใช้ข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา จากนั้นได้ทำการสอบเทียบสมการคาดคะเนจากผลการผุกร่อนของตัวอย่างหินที่ทิ้งไว้ให้เผชิญกับสภาวะจริงกับหินที่อยู่ภายใต้การจำลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งผลการเปรียบเทียบได้นำมาใช้ปรับปรุงค่าคงที่หรือรูปแบบของสมการที่ใช้ต่อไป

ขั้นตอนที่ 7 การสรุปผลและเขียนรายงาน

ผลของการประดิษฐ์เครื่องจำลองการผุกร่อนและวิธีการใช้เครื่องมือได้นำเสนอในรายงานวิจัย รายละเอียดของการทดสอบ ผลการทดสอบ และสมการที่ใช้ในการคาดคะเนการผุกร่อนได้นำเสนอในรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 8 การถ่ายทอดเทคโนโลยี

ผลการประดิษฐ์เครื่องมือและการทดสอบจะนำตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติหรือนานาชาติ และจะนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติหรือนานาชาติ

1.6 ผลงานวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

อุปกรณ์ที่จะออกแบบและประดิษฐ์ขึ้น รวมทั้งวิธีการทดสอบแบบใหม่นี้หลังจากจดสิทธิบัตรแล้วจะสามารถใช้เป็นต้นแบบเพื่อเผยแพร่ต่อหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะเป็นองค์ความรู้ที่สำคัญของประเทศ นอกจากนั้นสถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษาสามารถนำสิ่งประดิษฐ์ใหม่นี้ไปทำการวิจัยหรือใช้เป็นสื่อการสอนในวิชาที่เกี่ยวข้องกับการผุกร่อนของวัสดุธรรมชาติทั่วไป

กฎเกณฑ์ใหม่ที่พัฒนาขึ้นในการวิจัยนี้ได้นำผลกระทบของการผุกร่อนมาพิจารณาในเชิงตัวเลขโดยสามารถนำมาใช้ในการคาดคะเนเสถียรภาพความลาดเอียงของมวลหินในระยะยาวอย่างมีหลักเกณฑ์ นอกจากนั้นผลที่ได้จากการวิจัยยังสามารถนำมาใช้ปรับเปลี่ยนรูปแบบของการค้ำยันมวลหิน (รูปแบบของหมุดยึดหิน ตาข่ายลวด ซีเมนต์ดาด) เพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะการผุกร่อนของมวลหินที่เปลี่ยนไปตามเวลา ซึ่งท้ายสุดการปรับเปลี่ยนนี้จะนำไปสู่การรักษาเสถียรภาพของมวลหินที่มีเสถียรภาพต่ำในปัจจุบันให้มีเสถียรภาพยืนยาวขึ้นและเป็นไปตามหลักวิชาการ

วิศวกรในหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนต่างๆ สามารถนำกฎเกณฑ์หรือองค์ความรู้ใหม่นี้ไปใช้ออกแบบและประเมินเสถียรภาพความลาดชันของมวลหินที่มีคุณสมบัติผุกร่อนตามกาลเวลาอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เสริมสร้างความปลอดภัยแก่สาธารณะชน ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และลดค่าใช้จ่ายในการว่าจ้างผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศเพื่อมาออกแบบรูปทรงของความลาดชันหรือออกแบบระบบการค้ำยัน นอกจากนั้นวิศวกรในหน่วยงานดังกล่าวยังสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปใช้วิเคราะห์เสถียรภาพความลาดชันที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม อาทิ บำรุงรักษาป่าไม้ที่มีอยู่หรือที่ปลูกทดแทน เป็นต้น

องค์ความรู้ที่ได้นี้ยังเป็นคุณประโยชน์ในวงการวิชาการระดับสูง ซึ่งสามารถทำให้เข้าใจอัตราการผุกร่อนของหินที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่ส่งผลต่อคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของหิน โดยถือว่าเป็นองค์ความรู้ใหม่ไม่มีผู้ใดเคยศึกษาทั้งในและต่างประเทศและสามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาอัตราการผุกร่อนของหินชนิดอื่นนอกเหนือจากหินดินดานและหินทรายแป้งที่เสนอมาในงานวิจัยนี้ องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องจะรวมไปถึงการเข้าใจการผุกร่อนของหินที่กลายเป็นดิน ซึ่งอยู่ในรายวิชา Geomorphology การเข้าใจการผุกร่อนของหินที่อยู่ตามแนวชายฝั่งทะเล ซึ่งอยู่ในรายวิชา Coastal Geology การเข้าใจลักษณะและคุณสมบัติของดินตามธรรมชาติที่ใช้ในการเกษตร ซึ่งอยู่ในรายวิชา Soil Science และการเข้าใจคุณสมบัติเชิงกายภาพและเคมีของหินและดินที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างซึ่งอยู่ในรายวิชา Rock and Soil in Construction เป็นต้น

1.7 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยที่เสนอมานี้จะมีประโยชน์อย่างมากและโดยตรงกับหลายหน่วยงาน ทั้งภาครัฐและเอกชน หน่วยงานเหล่านี้ได้แก่

1) กองธรณีเทคนิค กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
2) กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
3) สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
4) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (เหมืองถ่านหินแม่เมาะ)
5) กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม
6) กรมเจ้าท่า กระทรวงคมนาคม
7) กองธรณีเทคนิค กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
8) การรถไฟแห่งประเทศไทย กระทรวงคมนาคม
9) บริษัทที่ทำเหมืองเปิด เพื่อใช้หินในเชิงอุตสาหกรรม
10) ตัวแทนชุมชนในท้องถิ่นที่ได้รับผลกระทบ