บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมาได้มีการเร่งศึกษาผลกระทบที่อาจจะเกิดจากภัยพิบัติแผ่นดินไหวในประเทศไทย การศึกษาได้ดำเนินการในหลายรูปแบบและหลายประเด็น อาทิ การคาดคะเนผลกระทบต่ออาคารที่อยู่อาศัย การคาดคะเนความรุนแรงที่อาจจะเกิดขึ้น ทั้งในรูปคลื่นสึนามิ และอื่น ๆ และการศึกษาผลกระทบที่อาจจะมีต่อโครงสร้างทางวิศวกรรมใหญ่ ๆ เช่น เขื่อน และอ่างเก็บน้ำ เป็นต้น

การศึกษาผลกระทบของคลื่นแผ่นดินไหวต่อโครงสร้างธรณีวิทยา เช่น ความลาดชันของมวลหิน หรือมวลหินที่อยู่รอบอุโมงค์ (ถนน รถไฟ ฯลฯ) ยังไม่มีการดำเนินการอย่างจริงจัง เหตุผลหลักเนื่องจาก คลื่นพลศาสตร์ที่อาจจะมีผลต่อเสถียรภาพเชิงกลศาสตร์ของโครงสร้างดังกล่าวมีความซับซ้อนและยังไม่สามารถคำนวณหรือประเมินได้อย่างเป็นรูปธรรม ประกอบกับองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับเสถียรภาพเชิงกลศาสตร์ของความลาดชัน และของอุโมงค์ยังค่อนข้างใหม่สำหรับประเทศไทย ถึงแม้จะไม่มีผลกระทบจากแผ่นดินไหวเข้ามาเกี่ยวข้องก็ตาม

การพังทลายของความลาดเอียดมวลหินในประเทศไทยก่อให้เกิดความเสียหายทางด้านทรัพย์สิน ชีวิต การพัฒนาท้องถิ่น การท่องเที่ยว และการคมนาคมอย่างมาก ความลาดเอียงมวลหินนี้ได้รวมไปถึงความลาดเอียงที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural slope) และความลาดเอียงที่เกิดขึ้นจากการออกแบบเชิงวิศวกรรมของมนุษย์ ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาตัวอย่างที่เห็นเด่นชัดสำหรับปัญหาการพังทลายซึ่งมีผลกระทบอย่างรุนแรง คือ การพังทลายของมวลหินที่ ต.น้ำก้อ และ ต.น้ำชุน อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ การพังทลายของมวลดินในเขต ต.แม่พุง ต.สรอย ต.แม่กระต่อม ต.ป่าสัก และ ต.แม่ลา อ.วังชิ้น จ.แพร่ การพังทลายที่เขตเทศบาลแม่ระมาด อ.แม่ระมาด จ.ตาก การพังทลายบริเวณเขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี การพังทลายของมวลดินจากน้ำป่าที่ ต.กะทูน อ.พิปูน จ.นครศรีธรรมราช การพังทลายของความลาดเอียงบริเวณเส้นทางสายชุมแพ-หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ (ระหว่างหลักกิโลเมตรที่ 20 ถึง 70) การถล่มของเขาเจ้าลาย อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี การถล่มของมวลหินในบริเวณอุโมงค์ขุนตาล อ.ห้างฉัตร จ.ลำปาง เป็นต้น การพังทลายของมวลหินต่าง ๆ เหล่านี้จะเกิดขึ้นอย่างซ้ำซาก ซึ่งในหลักการแล้วการวิเคราะห์การออกแบบความลาดเอียงสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพระดับหนึ่ง กล่าวโดยย่อคือปัจจัยทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับเสถียรภาพของมวลหินเหล่านี้สามารถนำมาศึกษาและวิเคราะห์ หรือนำมาคำนวณด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer simulation) สูตรสำเร็จรูป (Closed-form solution) หรือด้วยซอฟต์แวร์ Expert system ปัจจัยทั่วไปเหล่านี้ได้แก่ ความสูงและความชันของความลาดเอียง คุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของมวลหิน (ความแข็ง ความยืดหยุ่น) ปริมาณน้ำในความลาดเอียง ลักษณะ

ของรอยแตกร้าวหรือรอยเลื่อนของมวลหิน เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้อาจจะศึกษาได้ในเชิงคณิตศาสตร์โดยอาศัยเกณฑ์มาตรฐานสากล เช่น ASTM และ ISRM อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์และออกแบบดังกล่าวไม่สามารถที่จะเข้าใจกลไกการเคลื่อนตัวหรือการพังทลายของมวลหินได้ เพราะปรากฏการณ์ของการเคลื่อนตัวของมวลหินส่วนใหญ่จะไม่สามารถสังเกตหรือเห็นได้จริง การพังทลายส่วนใหญ่จะพบหลังจากที่ขบวนการสิ้นสุดลง อนึ่งภาพตัดขวางขบวนการพังทลายของมวลหินก็ไม่สามารถศึกษาได้จากของจริง

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นแบบจำลองทางกายภาพในสองมิติจึงเป็นประโยชน์อย่างมากที่จะทำให้วิศวกรหรือนักวิจัยได้เห็นและเข้าใจการเคลื่อนตัวของมวลหินบนความลาดชันหรือในอุโมงค์ใด ๆ ภายใต้ลักษณะทางธรณีวิทยาในแต่ละพื้นที่ แบบจำลองทางกายภาพถึงแม้จะเป็นการย่อส่วนของมวลหินเพื่อให้อยู่ในขนาดที่จะสร้างในห้องปฏิบัติการได้ แต่ก็สามารถแสดงพฤติกรรมของมวลหินได้ถ้าแบบจำลองนั้นใช้วัสดุที่เหมาะสมและมีการคำนวณผลกระทบของขนาดอย่างถูกต้อง ความเข้าใจอย่างลึกซึ้งถึงลักษณะการพังทลายของมวลหิน (Rock mass) จะนำไปสู่องค์ความรู้ที่สำคัญอย่างยิ่งในการนำมาวิเคราะห์และการออกแบบเชิงกายภาพเพื่อศึกษาเสถียรภาพของมวลหินบนความลาดชันและภายในอุโมงค์ และจะเป็นความก้าวหน้าที่สำคัญในเชิงองค์ความรู้ใหม่ในกลุ่มธรณีเทคนิคประยุกต์ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้จริงโดยการประสานงานกับองค์กรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน และท้ายสุดโครงสร้างของแบบจำลองทางกายภาพที่สร้างขึ้นก็จะสามารถนำมาใช้ซ้ำหลายครั้ง และอาจจะปรับเปลี่ยนรูปแบบของหินให้อยู่ในลักษณะใดก็ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาเสถียรภาพของมวลหินที่มีคุณลักษณะของรอยแตกในรูปแบบต่าง ๆ บนความลาดชันและรอบอุโมงค์ในระดับตื้นที่มีผลกระทบมาจากคลื่นสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวด้วยแบบจำลองเชิงกายภาพ การศึกษาจะครอบคลุมทั้งทางด้านทฤษฎีและพฤติกรรมของแบบจำลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำผลที่ได้มาใช้ในการประเมินเสถียรภาพของมวลหินที่เกิดการพังทลายในลักษณะต่าง ๆ กัน โดยจะมีการพัฒนาสูตรหรือเกณฑ์การคำนวณเสถียรภาพให้มีความแม่นยำมากขึ้นและเมื่อนำผลการวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้จะทำให้เข้าใจลักษณะการพังทลายของความลาดเอียงมวลหินทั้งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และโดยการกระทำของมนุษย์ได้ดีขึ้นและยังสามารถปรับเปลี่ยนหรือออกแบบระบบการค้ำยันเพื่อให้มีเสถียรภาพยืนยาวมากขึ้น

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1) สร้างแบบจำลองเชิงกายภาพในสองมิติในห้องปฏิบัติการ

2) แบบจำลองจะใช้ตัวอย่างหินทราย 1 ชนิด ที่พบบ่อยครั้งในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

3) ตัวอย่างหินจะตัดเป็น 3 รูปแบบ คือ แบบลูกบาศก์ขนาด 4×4×4 เซนติเมตร แบบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 4×4×8 เซนติเมตรและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนขนาด 4×4×12 เซนติเมตร หินทรายหลายร้อยก้อนจะถูกตัดเพื่อให้ได้ขนาดที่ต้องการ

4) รอยแตกในมวลหินจะถูกจำลองโดยนำก้อนหินที่มีรูปร่างเดียวกันมาเรียงต่อกันอย่างเป็นระบบเพื่อให้รอยต่อของก้อนหินสามารถจำลองทิศทางของรอยแตกในทิศต่าง ๆ กันได้

5) มวลหินจะถูกจำลองในสองมิติ โดยมีชุดของรอยแตก 2 ชุด (2 Joint sets) ที่สามารถมีชุดของการตัดกันของรอยแตกเท่ากับ 90°

6) ตัวแปรในการศึกษาจะรวมไปถึงผลกระทบของมุมของการพังทลาย ผลกระทบของมุมของความลาดเอียง น้ำในรอยแตก ความสั่นสะเทือนที่เกิดจากแผ่นดินไหว และความเค้นในที่

7) ลักษณะการพังทลายที่ศึกษาประกอบด้วย การพังทลายรูปโค้ง (Circular failure) การเลื่อนตามแผ่นระนาบ (Plane sliding) และการพังแบบพลิกคว่ำ (Toppling failure)

8) คลื่นสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวผันแปรจาก 0 ถึง 0.3 g (g คือ Gravitational acceleration)

9) จะมีการบันทึกการเคลื่อนตัวของมวลหินด้วย Digital video และ Digital camera

10) ใช้กฎของ Coulomb และกฎของ Barton ในการวิเคราะห์และนำมาปรับเปลี่ยน เพื่อประเมินหรือคาดคะเนการพังทลายของความลาดชันและของอุโมงค์

1.4 วิธีดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

การวิจัยแบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอน รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วารสาร รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ได้นำมาทบทวนและสรุปใจความสำคัญ ซึ่งจะรวมไปถึง (1) การศึกษากฎเกณฑ์การพังทลายของหินบนความลาดเอียงและรอบอุโมงค์ที่ใช้อยู่ในระดับสากล ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เช่น กฎของ Coulomb กฎของ Barton และกฎของ Hoek and Brown เป็นต้น (2) การศึกษาผลกระทบและปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการพังทลายของมวลหิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคลื่นแผ่นดินไหว และ (3) การวิจารณ์แบบจำลองทางกายภาพที่ใช้อยู่ในต่างประเทศ

ขั้นตอนที่ 2 การจัดเตรียมตัวอย่าง

งานวิจัยจะดำเนินการคัดเลือกหินทรายสำหรับใช้เป็นตัวแทนของมวลหินที่เกิดการพังทลาย โดยจะจัดเตรียมตัวอย่างหินทรายใน 3 ลักษณะ คือ 1) รูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 4×4×4 เซนติเมตร 2) รูปแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 4×4×8 เซนติเมตร และ 3) รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนขนาด 4×4×12 เซนติเมตร

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างแท่นทดสอบ

งานวิจัยนี้มีการประดิษฐ์และสร้างแท่นทดสอบภายในห้องปฏิบัติการกลศาสตร์ธรณี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งจะใช้เป็นเครื่องมือสำหรับจำลองลักษณะการพังทลายของมวลหินที่มีมุมการเอียงต่างกัน และในภาวะที่แตกต่างกัน และใช้จำลองอุโมงค์ในมวลหินที่มีความลึกและความกว้างต่างกัน

ขั้นตอนที่ 4 การทดสอบด้วยแบบจำลอง

การทดสอบด้วยแบบจำลองจะดำเนินการทั้งภายใต้แรงสถิตและภายใต้คลื่นแผ่นดินไหว สำหรับความลาดชันมวลหินจะมีการผันแปรความสูงและความชันของมวลหิน สำหรับอุโมงค์จะมีการผันแปรความลึกและความกว้างของช่องอุโมงค์

ขั้นตอนที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 จะนำมาวิเคราะห์ลักษณะการพังทลายที่สัมพันธ์กับปัจจัยต่าง ๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง โดยจะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนกฎเกณฑ์การพังทลายที่มีอยู่หรือมีการพัฒนากฎเกณฑ์ขึ้นใหม่เพื่อให้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 6 การเปรียบเทียบผล

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลของแบบจำลองที่สร้างขึ้นจะนำมาเปรียบเทียบกับผลการศึกษาด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม FLAC

ขั้นตอนที่ 7 การสรุปผลและเขียนรายงาน

วิธีการศึกษาและผลการศึกษาทั้งหมดจะนำมาสรุปและนำเสนอในรายงานฉบับสมบูรณ์เพื่อที่จะส่งมอบเมื่อเสร็จ

ขั้นตอนที่ 8 การถ่ายทอดเทคโนโลยี

แผนการการถ่ายทอดเทคโนโลยีสำหรับทอดเทคโนโลยีนี้ คือการนำผลงานวิจัยชิ้นนี้ลงตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติเพื่อเผยแพร่ความรู้ในวงกว้างต่อไป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

กฎเกณฑ์ที่พัฒนาได้หรือปรับเปลี่ยนได้จากแบบจำลองจะสามารถนำมาใช้ในการคาดคะเนเสถียรภาพความลาดเอียงของมวลหินและมวลหินของอุโมงค์ นอกจากนั้นผลที่ได้จากการวิจัยยังสามารถนำมาใช้ปรับเปลี่ยนรูปแบบของการค้ำยันมวลหิน (รูปแบบของหมุดยึดหิน ตาข่าย ลวด ซีเมนต์ดาด) เพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะ (คลื่นสั่นสะเทือน แรงดันน้ำ ฯลฯ) ของมวลหินนั้น ๆ ซึ่งท้ายสุดการปรับเปลี่ยนนี้จะนำไปสู่การรักษาเสถียรภาพของมวลหินที่มีเสถียรภาพต่ำในปัจจุบันให้มีเสถียรภาพเป็นไปตามหลักวิชาการ

วิศวกรในหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนต่าง ๆ สามารถนำกฎเกณฑ์หรือองค์ความรู้ใหม่นี้ไปใช้ออกแบบและประเมินเสถียรภาพของความลาดชันและอุโมงค์ ซึ่งส่งผลให้เสริมสร้างความปลอดภัยแก่สาธารณะชน ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และลดค่าใช้จ่ายในการว่าจ้างผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศเพื่อมาออกแบบ นอกจากนั้นวิศวกรในหน่วยงานดังกล่าวยังสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้ไปใช้วิเคราะห์เสถียรภาพของความลาดชันที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม อาทิ บำรุงรักษาป่าไม้ที่มีอยู่หรือที่ปลูกทดแทน เป็นต้น

องค์ความรู้ที่ได้นี้ยังเป็นคุณประโยชน์ในวงการวิชาการระดับสูง ซึ่งสามารถทำให้เข้าใจผลกระทบของแผ่นดินไหวต่อเสถียรภาพของมวลหิน โดยถือว่าเป็นองค์ความรู้ใหม่ไม่มีผู้ใดเคยศึกษาทั้งในและต่างประเทศและสามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษามวลหินชนิดอื่นนอกเหนือจากหินทรายที่เสนอมาในงานวิจัยนี้

1.6 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยที่เสนอมานี้จะมีประโยชน์อย่างมากและโดยตรงกับหลายหน่วยงาน ทั้งภาครัฐและเอกชน สถาบันการศึกษาที่เปิดสอนทางด้านวิศวกรรมเหมืองแร่ วิศวกรรมธรณี และวิศวกรรมโยธา รวมไปถึงหน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น การสร้างเขื่อน การสร้างอุโมงค์ เหมืองแร่บนดินและใต้ดิน ถนน ทางรถไฟ หน่วยงานเหล่านี้ได้แก่

1) กองธรณีเทคนิค กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
2) สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
3) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (เหมืองถ่านหินแม่เมาะ)
4) กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม
5) กรมเจ้าท่า กระทรวงคมนาคม

6) กองธรณีเทคนิค กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
7) การรถไฟแห่งประเทศไทย กระทรวงคมนาคม
8) สถาบันการศึกษาที่เปิดสอนทางด้านวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมเหมืองแร่ และวิศวกรรมธรณี
9) บริษัทเอกชนที่ออกแบบและก่อสร้างอุโมงค์ และความลาดชันในมวลหิน
10) เหมืองแร่บนดินและใต้ดิน