บทที่ 1
บทนำ

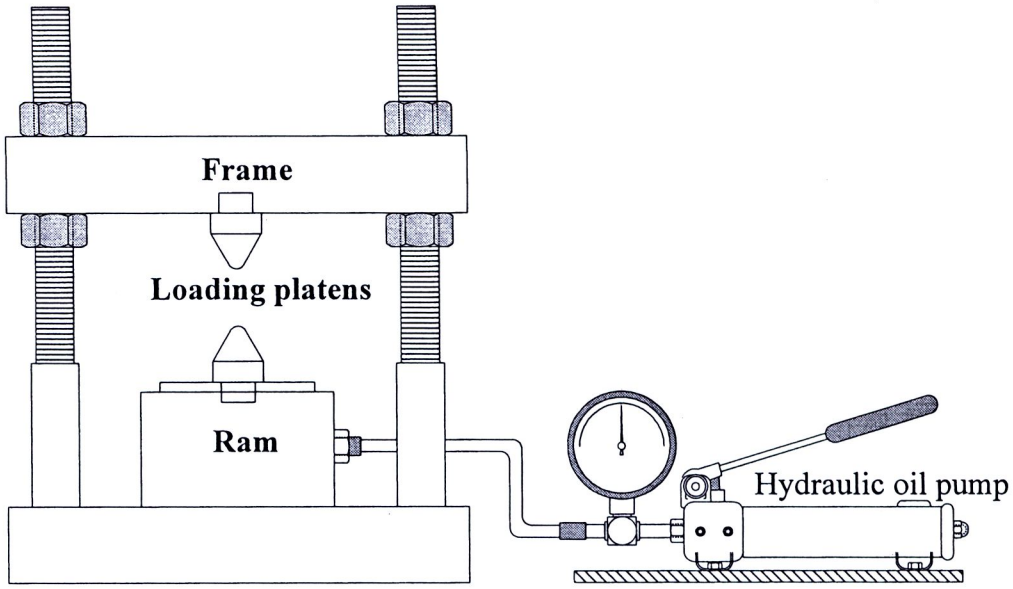
1.1 ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในการก่อสร้างหรือโครงการทางด้านวิศวกรรมธรณี วิศวกรรมเหมืองแร่ และวิศวกรรมโยธาที่เกี่ยวข้องกับงานด้านฐานรากในชั้นหิน ข้อมูลที่เกี่ยวกับคุณสมบัติและพฤติกรรมทางด้านกลศาสตร์ของหินที่นำมาใช้หรือที่เกี่ยวข้องจะมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นองค์ประกอบขั้นพื้นฐานที่วิศวกรจะนำมาใช้ในการออกแบบโครงสร้างนั้นๆ เช่น อุโมงค์ เขื่อน ตัดถนน คลองชลประทาน และฐานรากของสะพานหรืออาคารใหญ่ๆ ที่ก่อสร้างในชั้นหิน

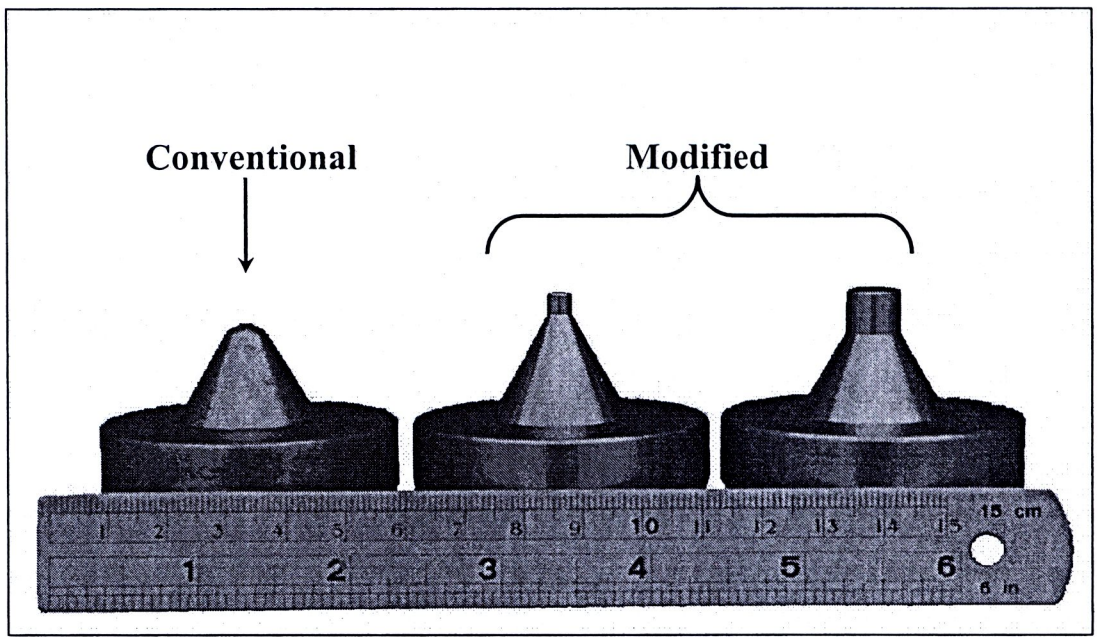
ค่าใช้จ่ายที่จะต้องทุ่มเทไปเพื่อให้ได้ข้อมูลเหล่านี้มีราคาค่อนข้างสูงมาก โดยค่าใช้จ่ายด้านคุณสมบัติของหินรวมไปถึงการขุดเจาะแบบ Coring เพื่อให้ได้มาซึ่งตัวอย่างหินที่มีรูปแท่งทรงกระบอกตามข้อกำหนด (Specifications) การเตรียมตัวอย่างหินในห้องปฏิบัติการ (Cutting and Grinding) (ASTM D4543, 2007) และการทดสอบด้วยเครื่องมือที่มีราคาแพงมีรูปแบบของการทดสอบหลักตามมาตรฐานของ ASTM และวิธีแนะนำของ ISRM (Brown, 1981) ก็คือการทดสอบแรงกดแบบแกนเดียวและสามแกน (Uniaxial และ Triaxial Compression Test) และการทดสอบแรงดึง (Brazilian Tensile Strength Test) การทดสอบเช่นนี้ก็เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ทางด้านความต้านทานแรงกดในแกนเดียวและสามแกน ความต้านทานแรงดึง และความยืดหยุ่นของหิน (Elastic Modulus) (ASTM D7012, 2007; ASTM D2938, 1995; ASTM D3148, 1996; ASTM D2664, 1995; ASTM D5407, 1995; ASTM D3967, 2005)

ดั้งนั้น การลดค่าใช้จ่ายในการทดสอบนี้จึงมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับประเทศไทยที่กำลังอยู่ในสภาวะเศรษฐกิจตกต่ำ และในขณะเดียวกันยังต้องดำเนินโครงการใหญ่ๆ ทางด้านวิศวกรรมธรณีเพื่อให้การพัฒนาประเทศเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้สร้างวิธีการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (Modified Point Load Testing, MPL) ดังแสดงในรูปที่ 1.1 และรูปที่ 1.2 ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบแบบใหม่ที่พัฒนาและถูกพิสูจน์แล้วว่าสามารถใช้ทดสอบหาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหินได้อย่างสะดวก รวดเร็วและแม่นยำ โดยงานวิจัยที่ผ่านมาได้ทดสอบกับตัวอย่างหินที่มีรูปร่างทรงเรขาคณิต (Regular Shape) ซึ่งผลการทดสอบที่ได้ใกล้เคียงกับการทดสอบแบบมาตรฐาน โดยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนให้ค่าคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของหิน คือ ค่าความต้านทานแรงกดในแกนเดียวและสามแกน ค่าความต้านทานแรงดึง และค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหิน (กิตติเทพ เฟื่องขจร, 2544, 2545, 2548; Tepnarong, 2001; Fuenkajorn, 2002)



รูปที่ 1.1 เครื่องทดสอบจุดกดแบบดั้งเดิมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายๆ หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน



รูปที่ 1.2 หัวกดแบบดั้งเดิม (Conventional) และหัวกดแบบปรับเปลี่ยน (Modified) ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ทดสอบหาค่าความต้านแรงกดสูงสุดในแกนเดียว ค่าความต้านแรงกดสูงสุดในสามแกน แรงดึงสูงสุด และแรงกดสัมประสิทธิ์ของความยืดหยุ่น

จากความพยายามที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการทดสอบหาคุณสมบัติของหินให้สามารถทดสอบตัวอย่างหินที่มีรูปร่างที่ไม่เป็นทรงเรขาคณิต (Irregular Shape) ดังแสดงในรูปที่ 1.3 เพื่อที่จะเพิ่มความสะดวก รวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำในการทดสอบโดยไม่ต้องจัดเตรียมตัวอย่างหินให้มีรูปทรงเชิงเรขาคณิต โดยจะพิจารณาผลกระทบในรูปของความหนา (t_{ir}) และความกว้าง (D_{ir}) ของตัวอย่างหินที่มีรูปร่างไม่เป็นทรงเรขาคณิตที่จะมีความแตกต่างกันออกไปจากความหนา (t) และความกว้าง (D) ของตัวอย่างหินที่มีรูปทรงเชิงเรขาคณิต ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอเสนอที่จะดำเนินการศึกษาหาผลกระทบของรูปร่างตัวอย่างหินที่ไม่เป็นทรงเรขาคณิตต่อค่ารับแรงกดและแรงดึงสูงสุดในการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

วัตถุประสงค์ของโครงการ คือ เพื่อศึกษาหาผลกระทบจากรูปร่างที่ไม่เป็นทรงเรขาคณิต (Irregular Shape) ของตัวอย่างหินต่อค่ารับแรงกดและแรงดึงสูงสุด (Compressive and Tensile Strength) จากวิธีการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (Modified Point Load Testing)

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้จะเกี่ยวข้องกับ

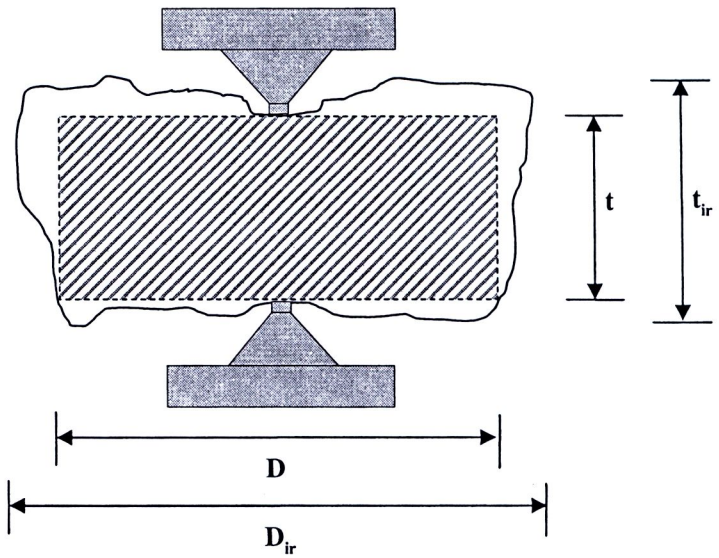
1) การทดสอบตัวอย่างหินเชิงกลศาสตร์แบบมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะประกอบด้วยการทดสอบแรงกดสูงสุดในแกนเดียวและการทดสอบแรงดึงแบบบราซิล เพื่อนำไปสร้างฐานข้อมูลไว้เปรียบเทียบ

2) จำกัดสิ่งแวดล้อมของการทดสอบ โดยกำหนดอัตราการกดตัวอย่างหินให้มีค่าคงที่ อุณหภูมิของการทดสอบมีค่าคงที่ การทดสอบจะทำในลักษณะแห้ง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่างหินรูปทรงกระบอกเท่ากับ 2-3 นิ้ว

3) กลไกการแตกของหินจะอยู่ภายใต้ขอบเขตของวัสดุที่มีความเปราะเท่านั้น (Brittle materials)

4) มีการสอบทานผลการทดสอบจากตัวอย่างหินที่มีรูปทรงไม่เป็นเรขาคณิตกับผลที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีมาตรฐาน

5) ไม่ศึกษาทางด้านคุณลักษณะ Microscopic ของหิน การตรวจสอบการแตกของตัวอย่างหินจะอยู่ในระดับ Macroscopic เท่านั้น กล่าวคือ จะอยู่ในมาตราส่วนที่เล็กที่สุด (มิลลิเมตร)



รูปที่ 1.3 ขอบเขตผลกระทบของรูปร่างตัวอย่างหินที่ไม่มีรูปทรงเรขาคณิต (Irregular Shape)

1.4 สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (MPL) ได้ถูกพัฒนาและพิสูจน์แล้วว่าหัวกดแบบปรับเปลี่ยนจากหัวมนโค้งมาเป็นหัวตัดเรียบจะสามารถคำนวณหาค่ากำลังรับแรงกดสูงสุด (Compressive Strength) ที่แม่นยำกว่าการประมาณค่าจากการทดสอบจุดกดแบบดั้งเดิม (Conventional Point Load Test, CPL) อีกทั้งการทดสอบแบบ MPL สามารถคำนวณค่ากำลังรับแรงดึงสูงสุด (Tensile Strength) ของหิน ซึ่งการทดสอบจุดกดแบบดั้งเดิมไม่สามารถทำได้ (กิตติเทพ เฟื่องขจร, 2544, 2545; Tepnarong, 2001; Fuenkajorn, 2002; Tepnarong, 2002)

ต่อมาได้มีการพัฒนาการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนจนสามารถทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น (Elastic Modulus) และค่ารับกำลังกดสูงสุดในสามแกนซึ่งแสดงอยู่ในรูปของค่าความเค้นยึดติด (Cohesion) และค่ามุมเสียดทานภายใน (Angle of internal friction) ปรากฏว่าได้ผลการทดสอบที่ใกล้เคียงจากการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นและการทดสอบแรงกดในสามแกนแบบมาตรฐาน ASTM (กิตติเทพ เฟื่องขจร, 2548; Tepnarong and Fuenkajorn, 2004; Tepnarong, 2004, 2007) งานวิจัยที่กล่าวมานี้ปัจจุบันได้ถูกดำเนินการยื่นจดสิทธิ์บัตรตามคำขอเลขที่ 0701000199 0701000200 และ 0701000201 ไว้เมื่อวันที่ 18 มกราคม 2550 (กิตติเทพ เฟื่องขจร และ ปรัชญา เทพณรงค์, 2550)

ผู้วิจัยจึงเสนอแนวคิดที่จะศึกษาผลกระทบจากรูปร่างของตัวอย่างหินต่อจากงานวิจัยเดิมเพื่อให้ได้มาซึ่งความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้นและสามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างรวดเร็ว (ไม่ต้องเสียเวลาในการจัดเตรียมตัวอย่างให้มีรูปร่างเป็นทรงเรขาคณิต) และจะทำให้วิศวกรหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถลดต้นทุนและลดการใช้พลังงานในการทดสอบคุณสมบัติของหินที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและวิเคราะห์ได้ โดยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนสามารถนำหัวกดแบบปรับเปลี่ยนไปประยุกต์ใช้กับเครื่องทดสอบแบบเก่าที่ใช้อยู่ทั้งในภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ จะทำให้ประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นจากการทดสอบและการขนส่งตัวอย่าง ซึ่งการประหยัดพลังงานนี้จะอยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า พลังงานน้ำมันเชื้อเพลิง เวลา รวมไปถึงค่าใช้จ่ายต่างๆ ด้วย

1.5 วิธีดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดสอบ / เก็บข้อมูล

การวิจัยจะแบ่งเป็น 6 ขั้นตอน รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนได้แสดงดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วารสาร รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาผลกระทบจากรูปร่างของตัวอย่างหินต่อค่ารับกำลังแรงกดและแรงดึงสูงสุดได้นำมาศึกษาและค้นคว้าหาข้อสรุปเพื่อให้ทราบว่าการวิจัยที่คล้ายคลึงกันจะมีประโยชน์อย่างไรต่องานวิจัยที่นำเสนอ โดยชื่อของสิ่งตีพิมพ์เหล่านี้จะนำมาแสดงอย่างละเอียดในรายงานขั้นสุดท้าย ซึ่งจะเขียนในรูปของ Bibliography

ขั้นตอนที่ 2 การเก็บและจัดเตรียมตัวอย่างหิน

ตัวอย่างหินที่ใช้ในการทดสอบได้เก็บมาจากเหมืองแร่ทองคำชาตรี บริษัท อัคราไมนิ่ง จำกัด อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร ประกอบด้วยหิน 3 ชนิด โดยอาศัยหลักการให้มีความเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด (Homogeneous) ตัวอย่างหินจะถูกนำมาเจาะ ตัด และฝนให้ผิวเรียบในห้องปฏิบัติการที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อให้ได้รูปร่างและขนาดที่ต้องการตามข้อกำหนดของการทดสอบแต่ละชนิด การจัดเตรียมตัวอย่างหินจะอาศัยมาตรฐานที่มีอยู่ของ ASTM Standards เพื่อนำมาทดสอบในขั้นตอนที่ 3

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบในห้องปฏิบัติการได้ดำเนินการโดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) การทดสอบตามมาตรฐาน ASTM Standards และ ISRM Suggested Method และ 2) การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (MPL)

กลุ่มที่ 1 การทดสอบตามมาตรฐาน ประกอบด้วยการทดสอบ

- การทดสอบแรงกดในแกนเดียว (Uniaxial Compressive Strength Test)
  การทดสอบได้ดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D7012-07 ซึ่งตัวอย่างหินทั้งสามชนิดจะมีขนาด L/D ratio เท่ากับ 2-3 และหินแต่ละชนิดจะถูกทดสอบ 5-10 ตัวอย่างโดยจะถูกกดทดสอบด้วยเครื่องทดสอบแรงกดที่อัตราความเร็วคงที่ (Constant loading rate) ตามแนวแกน
- การทดสอบแรงดึงแบบบราซิล (Brazilian Tensile Strength Test)
  การทดสอบแรงดึงแบบบราซิลได้ดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D3967-05 เพื่อหาแรงดึงของตัวอย่างหินทั้งสามชนิด โดยจะกำหนดค่า L/D ratio คงที่เท่ากับ 0.5 เส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่างหินเท่ากับ 2 นิ้ว โดยจะทำการทดสอบ 10 ตัวอย่างในแต่ละขนาดของตัวอย่างหินทั้งสามชนิด

กลุ่มที่ 2 การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (MPL Test)

การทดสอบได้ดำเนินการตามงานวิจัยที่ผ่านมา (กิตติเทพ เฟื่องขจร, 2544, 2545; Tepnarong, 2001; Fuenkajorn, 2002; Tepnarong, 2002) เพื่อทดสอบหาค่ากำลังรับแรงกดและแรงดึงสูงสุด โดยทำการทดสอบกับหินที่มีรูปร่างไม่เป็นทรงเรขาคณิต และหินแต่ละชนิดจะถูกทดสอบอย่างน้อย 50 ตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 4 การหาผลกระทบจากรูปร่างที่ไม่เป็นทรงเรขาคณิต

ผลการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนในขั้นตอนที่ 3 ได้นำมาหาผลกระทบของรูปร่างที่ไม่เป็นทรงเรขาคณิตของตัวอย่างหิน โดยทำการศึกษาจากระนาบการแตกที่ผ่านจุดกดทั้งสองว่าจะมีความแตกต่างจากรูปทรงเดิมที่มีลักษณะเป็นรูปทรงทางเรขาคณิตอย่างไร ผลกระทบจากรูปร่างได้นำไปสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ปรับแก้ค่ากำลังรับแรงกดและแรงดึงสูงสุดที่ได้จากการทดสอบ

ขั้นตอนที่ 5 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 และผลกระทบที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 ได้นำมาตรวจสอบความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของข้อมูล และตรวจสอบความสัมพันธ์ทางสถิติ จากนั้นนำผลไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลที่ทดสอบไว้ การวิเคราะห์จะเน้นไปที่ผลกระทบจากรูปร่างที่ไม่เป็นทรงเรขาคณิตของตัวอย่างหิน

ขั้นตอนที่ 6 การสรุปผลและการเขียนรายงาน

ขั้นตอนและผลการศึกษาทั้งหมดได้นำมาสรุปในรายงานความก้าวหน้าและในรายงานฉบับสมบูรณ์เพื่อที่จะส่งมอบเมื่อเสร็จโครงการ

สถานที่ทำการทดสอบ / เก็บข้อมูล

สถานที่ทำการทดสอบ: ในห้องปฏิบัติการ อาคารเครื่องมือ 4 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถานที่เก็บตัวอย่างหิน: ตัวอย่างหิน 3 ชนิด เหมืองแร่ทองคำชาตรี บริษัท อัคราไมนิ่ง จำกัด อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สิ่งประดิษฐ์นี้จะมีความถูกต้องและแม่นยำสูงเมื่อเทียบกับวิธีการทดสอบแบบเดิม ทดสอบได้ง่ายกว่า ใช้เวลาน้อยกว่า ทำให้หน่วยงานที่ทำการวิจัยสามารถใช้ในการทดสอบได้โดยง่ายและสิ้นเปลืองงบประมาณน้อยกว่าแบบเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

2) ราคาค่าทดสอบหินจะถูกลง (ด้วยงบประมาณที่เท่ากันจำนวนตัวอย่างหินที่ทดสอบได้จะมากกว่า)

3) การทดสอบหินในหลายๆ จุดบริเวณพื้นที่ที่จะทำการก่อสร้างทางด้านวิศวกรรมธรณี วิศวกรรมเหมืองแร่ และวิศวกรรมโยธา จะทำให้ได้ข้อมูลทางด้านคุณสมบัติของหินมากขึ้น

ละเอียดขึ้น และแม่นยำขึ้น ข้อดีเช่นนี้จะทำให้การออกแบบโครงสร้างต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอุโมงค์ เหมือง เขื่อน สะพาน อาคาร หรือการตัดถนน มีความถูกต้องและง่ายต่อการคำนวณเรื่องระดับของความปลอดภัยในการออกแบบ (Factor of Safety) รวมทั้งลดการสูญเสีย (การพังทลายของโครงสร้างต่างๆ) ที่อาจจะเกิดจากการออกแบบโดยใช้ข้อมูลคุณสมบัติของหินที่ไม่เพียงพอ

หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยที่เสนอมานี้จะมีประโยชน์อย่างมากและโดยตรงกับหลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน รวมไปถึงสถาบันการศึกษาที่เปิดสอนทางด้านวิศวกรรมเหมืองแร่ วิศวกรรมธรณี และวิศวกรรมโยธา

1) หน่วยงานในภาครัฐประกอบด้วย หน่วยงานที่ทำงานเกี่ยวกับการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น การสร้างเขื่อน การสร้างอุโมงค์ เหมืองแร่บนดินและใต้ดิน ถนน ทางรถไฟ การสำรวจและผลิตน้ำมันและแก๊สธรรมชาติ สะพานขนาดใหญ่และตึกขนาดใหญ่ที่มีฐานรากอยู่ในหิน หน่วยงานเหล่านี้ ได้แก่ กรมทรัพยากรธรณี กรมชลประทาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิต การปิโตรเลียม กรมทางหลวง กรมโยธาธิการ และการรถไฟแห่งประเทศไทย เป็นต้น

2) หน่วยงานภาคเอกชนประกอบด้วย บริษัทที่ประกอบการทางด้านการก่อสร้างในชั้นหิน เช่น บริษัทที่ปรึกษา บริษัทผู้รับเหมา บริษัทผู้ออกแบบและบริษัทที่ให้การบริการการทดสอบคุณสมบัติของหิน

3) สถาบันการศึกษาที่เปิดสอนทางด้านวิศวกรรมเหมืองแร่ วิศวกรรมธรณี และวิศวกรรมโยธา จะสามารถนำข้อเสนอทางด้านทฤษฎีใหม่นี้ไปใช้ได้โดยตรง นำไปศึกษาต่อ หรือทำการปรับปรุงเพื่อให้มีความแม่นยำและถูกต้องมากยิ่งขึ้น หรือนำไปประยุกต์ให้มีข้อจำกัดของทฤษฎีน้อยลง การปรับปรุงทฤษฎีนี้จะสามารถทำได้ในระดับการศึกษาชั้นสูง เช่น บัณฑิตศึกษา เป็นต้น