ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250165

รหัสโครงการ SUT7-719-51-12-65

รายงานการวิจัย

ผลกระทบจากรูปร่างที่ไม่เป็นทรงเรขาคณิตของตัวอย่างหิน ในการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน

Effects of Irregular Shape of Rock Specimens from Modified Point Testing

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

b00256075

รหัสโครงการ SUT7-719-51-12-65

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250165

รายงานการวิจัย

ผลกระทบจากรูปร่างที่ไม่เป็นทรงเรขาคณิตของตัวอย่างหิน ในการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน

Effects of Irregular Shape of Rock Specimens from Modified Point Testing

ผู้วิจัย

อาจารย์ ดร.ปรัชญา เทพณรงค์

สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2551

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มิถุนายน 2554

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2551 ซึ่งงานวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีก็ด้วยความช่วยและดูแลจากนักวิจัยพี่เลี้ยง รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ผู้วิจัย

มิถุนายน 2554

บทคัดย่อ

250165

การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (MPL) ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ตัวอย่างหินที่ไม่มีรูปร่างทางเลขาคณิตที่แน่นอนที่เตรียมมาจากหิน andesite, pebbly tuffaceous sandstone และ silicified sandstone เพื่อคาดคะเนความเค้นกดและความเค้นดึงสูงสุด และสัมประสิทธิ์ความ-ยืดหยุ่น และเพื่อประเมินผลกระทบด้านรูปร่างของตัวอย่างหินต่อค่าความแข็งที่ทดสอบได้ ตัวอย่างหินเหล่านี้ถูกจำแนกเป็นหินแข็งถึงแข็งมาก โดยจัดเก็บมาจากผนังของบ่อเหมือนทองชาตรี จังหวัดพิจิตร การคำนวณด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขโดยใช้โปรแกรม FLAC ได้ดำเนินการเพื่อพิสูจน์ผลกระทบของอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่างหินต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวกดว่ามีผลกระทบอย่างไรต่อค่าความแข็งและความยืดหยุ่นที่คำนวณได้ ค่าความแข็งและความยืดหยุ่นที่ได้จากการทดสอบ MPL ได้นำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบแบบมาตรฐานสากล (ASTM) ผลการเปรียบเทียบระบุว่าการทดสอบแบบ MPL สามารถคาดคะเนความเค้นกดสูงสุดของตัวอย่างหินได้ดีกว่าการทดสอบแบบดั้งเดิม นอกจากนั้นความเค้นดึงสูงสุดที่ได้จากวิธี MPL ยังมีความสอดคล้องเป็นอย่างดีกับค่าที่ได้จากการทดสอบแบบบราซิล อย่างไรก็ตามวิธี MPL ไม่สามารถคาดคะเนสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของตัวอย่างหินได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผิวสัมผัสที่ไม่สม่ำเสมอระหว่างตัวอย่างหินและหัวกด การวิเคราะห์ความเค้นด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขแสดงให้เห็นว่า ถ้าตัวอย่างหินที่ไม่มีรูปทรงทางเลขาคณิตที่แน่นอน มีความหนาแน่นและความกว้างที่คง ผลกระทบของความขรุขระตามแนวขอบรอบนอกของตัวอย่างหินต่อค่าความเค้นสูงสุดจะมีน้อยมาก ข้อสรุปนี้บอกเป็นนัยว่า วิธีทดสอบแบบ MPL โดยใช้ตัวอย่างหินที่มีรูปร่างไม่แน่นอนสามารถคาดคะเนความเค้นสูงสุดของตัวอย่างหินได้

Abstract

250165

Modified point load (MPL) tests have been performed on irregular lumps of andesite, pebbly tuffaceous sandstone and silicified sandstone to predict their compressive and tensile strengths and elastic moduli, and to assess the effect of irregular shape on the strength results. The rock specimens are classified as strong to very strong rocks. They are collected from the pit walls of Chatree gold mine, Pichit province. Finite difference analysis using FLAC is performed to verify the use of equivalent diameter (D_e) of the irregular shaped specimens in the calculation of rock strengths and elasticity. The strengths and elasticity obtained from the MPL testing are compared with those from the conventional (ASTM) test methods. Comparison of the test results indicates that the MPL method predicts the rock compressive strengths better than does the conventional point load test method. A close agreement is obtained between the Brazilian tensile strengths and the tensile strengths predicted by the MPL method. The MPL method however can not satisfactorily predict the elastic moduli of the rocks, primarily due the uneven contacts between the loading platens and the rock surfaces. The stress analyses from numerical modeling show that if the irregular shaped specimens have consistent thickness and width, the effect of the irregular edges on the specimen compressive and tensile strengths is insignificant. This implies that the MPL testing on irregular lump specimens can be used to estimate the intact strengths of the rocks.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูปภาพ ..... ซ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 3
1.4 สมมติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย 5
1.5 วิธีดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดสอบ / เก็บข้อมูล 5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ 7

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

บทที่ 3 การจัดเตรียมตัวอย่างหิน 15
3.1 การสำรวจพื้นที่และเก็บตัวอย่างหิน 15
3.2 การจัดเตรียมตัวอย่างหิน 15

บทที่ 4 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ 21
4.1 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์พื้นฐาน 21
4.1.1 การทดสอบแรงกดในแกนเดียวและการวัดค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น 21
4.1.2 การทดสอบแรงกดสูงสุดในสามแกน 29
4.1.3 การทดสอบความต้านแรงดึงแบบบราซิลเลียน 29
4.1.4 การทดสอบแบบจุดกด 38
4.2 การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน 38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 การศึกษาผลกระทบของรูปร่างด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ 63
5.1 คุณลักษณะของแบบจำลอง 63
5.2 ผลกระทบของรูปร่างต่อความเค้นสูงสุด 65

บทที่ 6 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ 69
6.1 ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น 69
6.2 ค่ากำลังรับแรงกดสูงสุดในแกนเดียว 69
6.3 ค่ากำลังรับแรงดึงสูงสุด 82
6.4 ค่ากำลังรับแรงกดสูงสุดในสามแกน 82
6.5 การเปรียบเทียบผลการทดสอบ 83

บทที่ 7 สรุปผลงานวิจัย 87

บรรณานุกรม 91

ภาคผนวก ก ผลการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน ก-1

ประวัตินักวิจัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	คุณลักษณะของตัวอย่างหินทั้ง 3 ชนิด	17
3.2	ขนาดและจำนวนของตัวอย่างหินที่จัดเตรียมตามมาตราฐาน ASTM และ ISRM สำหรับการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์พื้นฐานด้วยวิธีต่างๆ ต่อ 1 ชนิดหิน	18
4.1	ผลการทดสอบแรงกดในแกนเดียวและการวัดค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM ของหิน Andesite (L/D ratio = 2.5)	27
4.2	ผลการทดสอบแรงกดในแกนเดียวและการวัดค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM ของหิน Silicified Tuffaceous Sandstone (L/D ratio= 2.5)	27
4.3	ผลการทดสอบแรงกดในแกนเดียวและการวัดค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM ของหิน Pebbly Tuffaceous Sandstone (L/D ratio= 2.5)	28
4.4	สรุปผลการทดสอบแรงกดในแกนเดียวและการวัดค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM สำหรับหินทั้ง 3 ชนิด (L/D ratio=2.5)	28
4.5	ผลการทดสอบแรงกดสูงสุดในสามแกนตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM ของหิน Andesite (L/D ratio=2.0)	34
4.6	ผลการทดสอบแรงกดสูงสุดในสามแกนตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM ของหิน Silicified Tuffaceous Sandstone (L/D ratio=2.0)	34
4.7	ผลการทดสอบแรงกดในสามแกนตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM ของหิน Pebbly Tuffaceous Sandstone (L/D ratio=2.0)	35
4.8	สรุปผลการทดสอบแรงกดในสามแกนตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM สำหรับหินทั้ง 3 ชนิด (L/D ratio=2.5)	35
4.9	ผลการทดสอบแรงดึงแบบบราซิลเลียนตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM ของหิน Andesite (L/D ratio=0.5)	40
4.10	ผลการทดสอบแรงดึงแบบบราซิลเลียนตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM ของหิน Silicified Tuffaceous Sandstone (L/D ratio=0.5)	41
4.11	ผลการทดสอบแรงดึงแบบบราซิลเลียนตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM ของหิน Pebbly Tuffaceous Sandstone (L/D ratio=0.5)	42

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.12 สรุปการทดสอบแรงดึงแบบบราซิลเลียนตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM สำหรับหินทั้ง 3 ชนิด (L/D ratio = 0.5) 43

4.13 ผลการทดสอบแบบจุดกดตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM ของหิน Andesite (L/D ratio=1.0) 46

4.14 ผลการทดสอบแบบจุดกดตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM ของหิน Silicified Tuffaceous Sandstone (L/D ratio=1.0) 47

4.15 ผลการทดสอบแบบจุดกดตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM ของหิน Pebbly Tuffaceous Sandstone (L/D ratio=1.0) 48

4.16 สรุปผลการทดสอบแบบจุดกดตามมาตรฐาน ASTM และ ISRM ของหินทั้ง 3 ชนิด (L/D ratio=1.0) 49

4.17 ผลการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนของตัวอย่างหิน Andesite 54

4.18 ผลการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนของตัวอย่างหิน Silicified Tuffaceous Sandstone 56

4.19 ผลการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนของตัวอย่างหิน Pebbly Tuffaceous Sandstone 58

5.1 สรุปผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม FLAC 64

6.1 สรุปรวมผลการคำนวณของ Andesite จากการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน 70

6.2 สรุปรวมผลการคำนวณของ Silicified Tuffaceous Sandstone จากการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน 74

6.3 สรุปรวมผลการคำนวณของ Pebbly Tuffaceous Sandstone จากการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน 78

6.4 เปรียบเทียบระหว่างผลของค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นตามมาตรฐาน และผลที่ได้จากการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนของหินทั้ง 3 ชนิด 84

6.5เปรียบเทียบระหว่างผลของค่ากำลังรับแรงกดและแรงดึงตามมาตรฐาน และผลที่ได้จากการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนของหินทั้ง 3 ชนิด 84

6.6 เปรียบเทียบระหว่างผลของค่ากำลังรับแรงกดในสามแกนตามมาตรฐาน และผลที่ได้จากการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนของหินทั้ง 3 ชนิด 84

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	เครื่องทดสอบจุดกดแบบดั้งเดิมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายๆ หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน	2
1.2	หัวกดแบบดั้งเดิมและหัวกดแบบปรับเปลี่ยนที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ทดสอบหาค่าความต้านแรงกดสูงสุดในแกนเดียว ค่าความต้านแรงกดสูงสุดในสามแกน แรงดึงสูงสุด และแรงกดสัมประสิทธิ์ของความยืดหยุ่น	2
1.3	ขอบเขตผลกระทบของรูปร่างตัวอย่างหินที่ไม่มีรูปทรงเรขาคณิต	4
3.1	ตำแหน่งที่มาของตัวอย่างหินเพื่อใช้ในการทดสอบจากเหมืองแร่ทองคำชาตรี บริษัท อัคราไมนิ่ง จำกัด อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร	16
3.2	การเลือกเก็บตัวอย่างหินจากเหมืองแร่ทองคำชาตรี บริษัท อัคราไมนิ่ง จำกัด อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร	17
3.3	ตัวอย่างหิน Andesite ที่จัดเตรียมขึ้นให้บริเวณใต้หัวกดมีลักษณะแบนเรียบ	20
3.4	แสดงแนวคิดสำหรับการจัดเตรียมผิวสัมผัสระหว่างหัวกดและตัวอย่างหิน	20
4.1	แท่งตัวอย่างหินรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ที่จัดเตรียมตามมาตรฐานเพื่อการทดสอบแรงกดสูงสุดในแกนเดียวและวัดค่าสัมประสิทธิ์-ความยืดหยุ่น	22
4.2	ตัวอย่างหิน Andesite มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 2 นิ้ว และ L/D เท่ากับ 2.5 ถูกติดตั้งในเครื่องทดสอบเพื่อทดสอบแรงกดสูงสุดในแกนเดียวและวัดค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น	23
4.3	ตัวอย่างหินทั้ง 3 ชนิด หลังจากถูกทดสอบแรงกดสูงสุดในแกนเดียว	24
4.4	ความสัมพันธ์ของความเค้นและความเครียดจากการทดสอบแรงกดในแกนเดียวของหินทั้ง 3 ชนิด	26
4.5	แท่งตัวอย่างหินรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ที่จัดเตรียมตามมาตรฐานเพื่อการทดสอบแรงกดสูงสุดในสามแกน	30
4.6	หม้อความดัน Hoek-Franklin Cell สำหรับการทดสอบแรงกดในสามแกน	31
4.7	ตัวอย่างหินทั้ง 3 ชนิด หลังจากถูกทดสอบแรงกดสูงสุดในสามแกน	32

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.8	แผนภูมิตัวแปรการวิบัติของหินแกรนิตภายใต้สภาวะแรงกดในสามแกนโดยใช้ความสัมพันธ์ Mohr-Coulomb รวมทั้งผลการทดสอบแรงกดในแกนเดียว และผลการทดสอบแรงดึงแบบบราซิลเลียน สำหรับนำมาประกอบในการคำนวนของหินทั้ง 3 ชนิด	33
4.9	ตัวอย่างหินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ที่จัดเตรียมตามมาตรฐานเพื่อการทดสอบแรงดึงแบบบราซิลเลียน	36
4.10	ตัวอย่างหินถูกกดในแนวเส้นผ่าศูนย์กลางสำหรับการทดสอบแรงดึงแบบบราซิลเลียน	37
4.11	ตัวอย่างหินทั้ง 3 ชนิด หลังจากถูกทดสอบแรงดึงแบบบราซิลเลียน	39
4.12	ตัวอย่างหินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ของหิน Andesite ที่จัดเตรียมตามมาตรฐานเพื่อการทดสอบแบบจุดกด	44
4.13	ตัวอย่างหิน Andesite รูปทรงกระบอกถูกทดสอบแบบจุดกดตามแนวแกนด้วยเครื่อง SBEL PLT-75 มีแรงกดสูงสุดถึง 75,000 ปอนด์	44
4.14	ตัวอย่างหินทั้ง 3 ชนิด หลังจากถูกทดสอบแบบจุดกด	45
4.15	เปรียบเทียบหัวกดแบบดั้งเดิม (Conventional) กับหัวกดแบบปรับเปลี่ยนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 5 มิลลิเมตร และ 10 มิลลิเมตร	50
4.16	องค์ประกอบของเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน	52
4.17	ตัวอย่างหิน Andesite หลังจากถูกทดสอบแบบจุดกด	52
4.18	ตัวอย่างหิน Andesite ถูกกดแตกด้วยหัวกดขนาด 20 มิลลิเมตร โดยมีการแตกเป็นรูปกรวยที่บริเวณใต้หัวกดแสดงให้เห็นว่าหินแตกแบบแรงดึง	53
4.19	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกดสูงสุดกับอัตราส่วนของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่างหินต่อขนาดหัวกด สำหรับตัวอย่างหิน Andesite	61
4.20	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกดสูงสุดกับอัตราส่วนของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่างหินต่อขนาดหัวกด สำหรับตัวอย่างหิน Silicified Tuffaceous Sandstone	61

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.21 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกดสูงสุดกับอัตราส่วนของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวอย่างหินต่อขนาดหัวกด สำหรับตัวอย่างหิน Pebbly Tuffaceous Sandstone 62

5.1 โครงข่ายแบบจำลองที่ 1 (t/2 = 3.13 cm, D/2 = 5.08 cm, d/2 = 10 mm) 66

5.2 โครงข่ายแบบจำลองที่ 2 (t/2 = 3.13 cm, D/2 = 5.72 cm, d/2 = 10 mm) 66

5.3 โครงข่ายแบบจำลองที่ 3 (t/2 = 3.13 cm, D/2 = 6.35 cm, d/2 = 10 mm) 67

5.4 โครงข่ายแบบจำลองที่ 4 (t/2 = 3.13 cm, D/2 = 6.98 cm, d/2 = 10 mm) 67

5.5 โครงข่ายแบบจำลองที่ 5 (t/2 = 3.13 cm, D/2 = 7.62 cm, d/2 = 10 mm) 68

6.1 แผนภูมิเปรียบเทียบระหว่างกฎเกณฑ์การแตกจากการทดสอบแรงกดในสามแกนและการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนสำหรับตัวอย่างหิน Andesite 85

6.2 แผนภูมิเปรียบเทียบระหว่างกฎเกณฑ์การแตกจากการทดสอบแรงกดในสามแกนและการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยนสำหรับตัวอย่างหิน Silicified Tuffaceous Sandstone 85

6.3 แผนภูมิเปรียบเทียบระหว่างกฎเกณฑ์การแตกจากการทดสอบแรงกดในสามแกนและการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน สำหรับตัวอย่างหิน Pebbly Tuffaceous Sandstone 86