รหัสโครงการ SUT7-719-46-24-24

รายงานการวิจัย

การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหิน ด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน

Determination of Elastic Modulus of Intact Rock by Modified Point Load Testing

ผู้วิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร
สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 และ 2547
ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มีนาคม 2548

บทคัดย่อ

การทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน (MPL) ได้ถูกนำเสนอเพื่อหาค่ากำลังกดสูงสุดในสามแกนและค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของตัวอย่างหิน เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบจะคล้ายกับการทดสอบดัชนีจุดกด แต่จะต่างกันที่หัวกด ซึ่งจะถูกตัดเรียบเพื่อให้มีหน้าตัดเป็นวงกลมแทนที่จะเป็นรูปครึ่งทรงกลม หัวกดทำด้วยโลหะแข็งและมีเส้นผ่าศูนย์กลาง (d) ผันแปรจาก 5 10 15 20 25 จนถึง 30 มิลลิเมตร ซึ่งจะทำให้เกิดสภาวะการกดและสภาวะขอบเขตของตัวอย่างหินแบบใหม่โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่บริเวณใกล้กับจุดกด ตัวอย่างหินที่นำมาทดสอบ คือ หินอ่อน หินบะซอลต์ หินทราย และหินแกรนิต ตัวอย่างหินถูกจัดเตรียมให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ผันแปรจาก 38 มิลลิเมตร ถึง 100 มิลลิเมตร และมีความหนา (t) ผันแปรจาก 18 มิลลิเมตร ถึง 63 มิลลิเมตร การทดสอบตัวอย่างหินรูปแผ่นกลมในงานวิจัยนี้จะเป็นก้าวแรกเพื่อนำมาใช้กับการทดสอบตัวอย่างหินที่มีรูปร่างไม่แน่นอนต่อไป ตัวอย่างหินจะถูกกดในแนวแกนในขณะที่มีการวัดการเพิ่มขึ้นของแรงกดและการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง การลดลงของความชันของเส้นกราฟแรงกดกับการเคลื่อนตัวบ่งบอกว่า เกิดการแตกแบบเฉือนภายใต้หัวกด การแตกนี้จะเกิดก่อนการแตกแบบดึงที่จุดกึ่งกลางของความหนาของตัวอย่างหิน ความเค้นเฉือนและความเค้นตั้งสูงสุดบนผิวของกรวยการแตกใต้หัวกดได้นำมาสัมพันธ์กับแรงกดโดยใช้ระเบียบวิธีคำนวณเชิงตัวเลข การกระจายตัวของความเค้นเหล่านี้ได้คำนวณสำหรับอัตราส่วน D/d และ t/d ที่หลากหลาย ผลการคำนวณระบุว่าค่าความเค้นเฉือนและความเค้นตั้งที่จุดแตกจะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วน D/d ผลการทดสอบโดยให้หัวกดมีขนาดต่างกันแต่ตัวอย่างหินมีขนาดเท่ากันจะให้ชุดของความเค้นเฉือนและความเค้นตั้งที่ต่างกันในขณะที่เกิดการแตก กฎของการแตกในรูปของความเค้นเฉือนในสามมิติกับความเค้นเฉลี่ยจากผลของการทดสอบแบบ MPL ได้นำมาเปรียบเทียบกับผลของการทดสอบแรงกดในแกนเดียวและการทดสอบแรงกดในสามแกน ค่ากำลังรับแรงกดในสามแกนที่ได้จาก MPL มีแนวโน้มสูงกว่าค่าที่ได้จากการทดสอบแบบดั้งเดิม ความแตกต่างนี้เกิดจากผลกระทบของขนาดและการผันแปรของคุณสมบัติของตัวอย่างหิน ค่าสัมประสิทธิ์ของความยืดหยุ่นสามารถคำนวณได้จากเส้นกราฟของแรงกดกับการเคลื่อนตัวในขณะที่ทำการปล่อยแรงของการกดแบบวัฏจักร สัมประสิทธิ์ของความยืดหยุ่นที่ได้จากการทดสอบ MPL จะอยู่ในช่วงค่าที่วัดได้จากการทดสอบแบบมาตรฐาน ความคลาดเคลื่อนที่มีอยู่บ้างอาจจะเกิดจากผลกระทบของขนาดและความชันของความเค้นในตัวอย่างหิน

Abstract

A modified point load (MPL) testing technique is proposed to determine the triaxial compressive strength and elastic modulus of intact rocks. The test apparatus is similar to that of the point load strength index test, except that the loading points are cut flat to have a circular cross-sectional area instead of using a half-spherical shape. The loading points (platens) are made of hard steel and have diameters (d) varying from 5, 10, 15, 20, 25, to 30 mm. This results in a new loading and boundary conditions on the rock specimens particularly near the loading point. The rock specimens tested are marble, basalt, sandstone and granite. They are prepared to have nominal diameters (D) from 38 mm to 100 mm, with thickness from 18 mm to 63 mm. Testing on these circular disk specimens is a precursory step to the application on irregular shaped specimens. The load is applied along the specimen axis while monitoring the increases of the load and vertical displacement. A decrease of the monitored load-displacement gradient suggests that a compressive shear failure has been induced underneath the loading point. This failure occurs prior to the splitting tensile failure induced in the mid-thickness of the specimen. The maximum shear stress and its corresponding normal stress on the incipient failure cone underneath the loading point are correlated to the applied load by conducting a series of finite element analyses. The shear and normal stress distributions near the loading point are computed for a variety of D/d and t/d ratios. The numerical results indicate that the shear and normal stresses at failure for each rock type increase with the D/d ratio. Results from testing under various loading platen diameters while maintaining a constant specimen diameter reveal different sets of the shear and normal stresses at failure, i.e. triaxial compressive strengths. The failure envelope obtained from the MPL tests is plotted in form of octahedral shear stress vs. mean stress, and compared with those from the conventional uniaxial and triaxial compressive strength tests. The triaxial compressive strengths predicted from the MPL test tend to be greater than those from the conventional testing. The discrepancy is probably due to the scale effect and the intrinsic variability of the rocks. By monitoring the load-displacement relation under cyclic loading, the elastic modulus of the rock specimens can also be estimated from the unloading curves. The elastic values predicted from the MPL testing are in the range of those obtained from the standard testing. Some discrepancies remain probably due to the effects of specimen size and stress gradient.