

بررسی عددی و آزمایشگاهی قطعه ترکدار کششی- برشی برای آزمایش چقرمگی شکست مود ترکیبی در مواد سنگی

غلامرضا حسین پور*
ایران و دانشگاه علم و صنعت ایران
rz_mec2005@yahoo.com

مجیدرضا آیت الهی
ایران و دانشگاه علم و صنعت ایران
m.ayat@iust.ac.ir

محمدرضا محمد علیها
ایران و دانشگاه علم و صنعت ایران
mrm_aliha@iust.ac.ir

خلاصه مقاله

شکست مود ترکیبی کششی- برشی یکی از موده‌های شایع و اماندگی و تخریب در توده های سنگی، تونلها و معادن می باشد. رفتار شکست مواد سنگی در چنین حالت بارگذاری با استفاده از روشها و قطعات مناسب آزمایشگاهی بررسی می گردد. در این مقاله، یک قطعه جدید آزمایشگاهی برای بررسی شکست مود ترکیبی کششی- برشی (مود I/II) در مواد سنگی پیشنهاد می گردد. این قطعه، نمونه مثلثی شکل با ترک لبه ای زاویه دار و تحت بارگذاری خمش سه نقطه ای می باشد. هندسه ساده، تهیه و آماده سازی آسان قطعه پیشنهادی، امکان آزمایش با فیکسچرهای متداول موجود، اعمال بار فشاری به جای کششی که برای آزمایش مواد سنگی مناسبتر است، از جمله مزایای اولیه این قطعه می باشد. برای این قطعه ضرایب شدت تنش K_I و K_{II} با استفاده از تعداد زیادی تحلیل اجزاء محدود برای محدوده متنوعی از شرایط بارگذاری محاسبه گردید. براساس تحلیلهای اجزاء محدود انجام شده، با چرخش زاویه ترک نسبت به راستای بار اعمالی، حالت‌های مختلفی از کشش و برش شامل مود I خالص، مود II خالص و ترکیبهای مختلفی از مود ترکیبی I/II در این قطعه ایجاد می گردد. همچنین نتایج آزمایش های چقرمگی شکست مود ترکیبی انجام شده با استفاده از این نمونه بر روی یک نوع ماده سنگی نشان می دهد که این قطعه از نظر عملی نیز قابلیت مناسبی جهت انجام تستهای شکست و بررسی تجربی رفتار شکست مود ترکیبی کششی- برشی در مواد سنگی دارد. بنابراین قطعه پیشنهادی قطعه مناسبی برای بررسی عددی، تجربی و تئوری شکست در سنگهای دارای ترک و تحت بارگذاری مرکب کششی- برشی می باشد.

ABSTRACT

Mixed mode tensile-shear fracture is the main cause of brittle fracture and the overall failure in rock masses and rock structures such as tunnels and mines. Mixed mode fracture behavior of rock materials is usually investigated using appropriate test methods and laboratory specimens. In this paper, a new test configuration called the edge crack triangular specimen subjected to three-point bend loading was suggested for investigating the mixed mode fracture toughness of rocks. Simple geometry, convenience of test specimen preparation, easy test set up with common available loading fixtures and application of compressive loads (rather than the tensile loads) which are more suitable for rock materials are some of the primary advantages of this specimen. The stress intensity factors K_I and K_{II} for different loading conditions in this specimen were computed numerically using various finite element analyses. The obtained numerical results showed that by changing the crack inclination angle relative to the loading direction in the suggested configuration, the complete range of mixed mode I/II conditions from pure mode I to pure mode II could be achieved. Also the results of mixed mode fracture toughness experiments conducted on a rock material and using this specimen showed the practical applicability of the suggested specimen for mixed mode tensile-shear fracture studies. Therefore, it can be concluded that the suggested tests sample is a suitable specimen for numerical, experimental and theoretical crack growth study in rock materials.

کلمات کلیدی: سنگ، قطعه جدید آزمایشگاهی، ترک، تحلیل اجزاء محدود، بارگذاری مود ترکیبی، آزمایش چقرمگی شکست.