زلزله و تخمین مسیر رشد ترک در توده های سنگی تحت بار برشی خالص

جواد اکبردوست
استادیار، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه خوارزمی، کرج، ایران
Akbardoost@khu.ac.ir

امیر راستین
دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه خوارزمی، کرج، ایران
Amirrastin1989@gmail.com

کلید واژه‌ها: *مسیر رشد ترک، مکانیک شکست، جملات مرتبه بالای سری تنش، المان محدود، سنگ.*

چکیده

سنگ که به عنوان ماده اصلی موجود در معادن، سدها، چاه‌های نفت و گاز و بسیاری دیگر از سازه‌های مهندسی مورد مطالعه محققین است، ساختاری شکننده دارد. این شکنندگی ناشی از وجود ریز ترک‌های فراوان در سنگ می‌باشد که تحت اثر بارگذاری‌های مختلف همانند زلزله، شروع به رشد می‌کنند و باعث خرابی سازه‌های مهندسی و تحمیل هزینه‌های سنگین می‌شوند. لذا می‌توان با پیش‌بینی مسیر رشد ترک از خرابی‌های احتمالی جلوگیری کرد. در این مقاله به بررسی مسیر رشد ترک در سنگ در حالت مود II خالص پرداخته شده‌است. برای تخمین مسیر رشد ترک از معیار بیشنه تنش محیطی با در نظر گرفتن جملات مرتبه بالاتر بسط سری تنش استفاده شده‌است. در انتها نیز مسیر رشد ترک با استفاده از معیارهای متفاوت بررسی شده و میزان تاثیر جملات مرتبه بالاتر بسط سری تنش در تخمین مسیر رشد ترک نشان داده شده است.

مقدمه

زلزله به عنوان یک نوع بارگذاری می‌تواند باعث خرابی سازه‌های سنگی شود. به دلیل وجود ترک های فراوان در ساختار سنگ‌ها، این ماده دارای مقاومت کمتری نسبت به بارگذاری‌های مکانیکی مختلف همچون زلزله می‌باشد. لذا برای جلوگیری از وارد آمدن خسارات و هزینه‌های سنگین، باید همواره یکی از موارد مورد توجه مهندسین معدن و عمران باشد. در طراحی سازه‌های مهندسی یکی از موارد مهم مورد بررسی در قطعات سنگی تخمین مسیر رشد ترک می‌باشد. برای بررسی رفتار شکست و همچنین تخمین مسیر رشد ترک در قطعات سنگی از مفاهیم علم مکانیک شکست استفاده می‌شود. مکانیک شکست یکی از شاخه‌های تخصصی مهندسی مکانیک می‌باشد که به بررسی قطعات ترک دار تحت بارگذاری های مختلف می‌پردازد و به صورت متناوب توسط مهندسین معدن، مهندسین عمران و پژوهش‌گران مختلف برای بررسی مسیر رشد ترک مورد استفاده قرار گرفته است. پیدایش ترک در یک قطعه معمولا در جهات مختلف می‌باشد و ممکن است ترک نسبت به بارگذاری دارای زوایای مختلف باشد. در صورتی که جهت بارگذاری و ترک نسبت به هم به گونه‌ای باشند که صفحات ترک بدون هیچ لغزشی نسبت به یکدیگر، باز شوند حالت مود I خالص اتفاق افتاده است و همچنین در صورتی که صفحات ترک نسبت به یکدیگر لغزش بدون باز شدگی داشته باشند حالت مود II خالص رخ داده است. در صورتی که مود I و II به طور هم زمان رخ دهند، اصطلاحاً به این حالت مود ترکیبی I/II گفته می‌شود. تاکنون پژوهشگران بسیاری به بررسی مواد سنگی از منظر مکانیک شکست پرداخته‌اند. برای پیش بینی مسیر رشد ترک در مواد شبه‌ترد همچون سنگ‌ها در حالت الاستیک خطی روش های مختلفی وجود دارد که یکی از آن روش ها روش تحلیلی می‌باشد. روش‌های تحلیلی همچون معیار بیشترین تنش محیطی[1] (Erdogan and Sih 1963)، معیار کمترین چگالی انرژی کرنشی[2] (Sih 1974)، معیار بیشترین نرخ آزاد سازی انرژی[3] (Hussain and Underwood 1974) و همچنین مدل ناحیه چسبناک[4] (Elices, et al. 2002) به صورت متناوب توسط محققان برای پیش بینی مقاومت ترک و همچنین آغاز رشد ترک در بارگذاری مرکب استفاده شده‌اند. این معیارها معمولا بر اساس تنش، کرنش و انرژی در نوک ترک عمل می‌کنند و اغلب از ضریب شدت تنش‌ها (K_{II} ،K_I) برای پیش بینی مسیر رشد ترک استفاده می‌کنند. همچنین، محققین مختلفی از روش‌های عددی برای تخمین مسیر رشد ترک استفاده کرده‌اند. این روش‌ها عموماً بر پایه مکانیزم‌های تخریب همانند مدل چسبناک می‌باشد

1-maximum tangential stress (MTS)
2-minimum strain energy density (SED)
3-maximum energy release rate
4-cohesive zone model