کاربرد روش المان مجزا در مکانیسم شکست دیسک‌های شبه‌سنگی حفره‌دار و بررسی مقاومت کششی آن‌ها

حسن سرفراز[۱]*، محمدفاروق حسینی[۲]، آرمین راست بود[۳]

۱- دانشجوی ارشد مکانیک سنگ، دانشکده مهندسی معدن، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، sarfaraz@ut.ac.ir

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی معدن، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، mfarogh@ut.ac.ir

۳- دکتری مکانیک سنگ، دانشکده مهندسی معدن، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، armin.rastbood@ut.ac.ir

چکیده

پارامترهای فیزیکی و مکانیکی از قبیل تخلخل، مقاومت فشاری، کششی و مدول الاستیسیته با معیار شکست در ارتباط هستند. توده سنگی عموماً حاوی تخلخل و حفره است. مطالعه مکانیسم انتشار ترک‌ها در سنگ برای طراحی سازه‌های سنگی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف این مقاله، بررسی مکانیسم شکست در نمونه‌های شبه سنگی حاوی حفره و تأثیر آن روی مقاومت کششی با استفاده از روش عددی المان مجزا (DEM) است. نتایج مدلسازی عددی با تست‌های آزمایشگاهی، مقایسه شده است. در این مقاله تأثیر اندازه و موقعیت قرارگیری حفره‌ها بر الگوی شکست و مقاومت کششی نمونه‌ها بررسی شد. بدین منظور، تعدادی مدلسازی عددی با تخلخل‌های 0 ، 6.18 ، 6.25 ، 12.5 و 18.75 درصد برای نمونه‌های دیسکی از سنگ جهت شبیه‌سازی تست برزیلی انجام گرفت. نتایج مدلسازی عددی نشان داد که مدل‌های ساخته‌شده با نرم‌افزار UDEC مطابقت قابل قبولی از لحاظ الگوی شکست و رشد ترک با تست‌های آزمایشگاهی داشت. ترکهای کششی معمولاً از بالا یا پایین حفره شروع می‌شود و نهایتاً تا سطح تماس نمونه و فک، گسترش می‌یابند. با افزایش تخلخل از صفر تا 6.2 درصد، مقاومت کششی با روند خطی به‌شدت کاهش می‌یابد و سپس با افزایش تخلخل تا 18.75 درصد، به‌صورت نمایی کاهش محسوسی دارد. از مقایسه نتایج مدلسازی عددی با مدل‌های آزمایشگاهی نتیجه‌گیری شد که نرم‌افزار UDEC به دلیل حل کرنش مسطح، مقاومت کششی نمونه‌های شبه سنگی را کمتر از آزمونهای آزمایشگاهی تخمین می‌زند.

واژه‌های کلیدی: روش عددی المان مجزا ، مکانیسم شکست، مقاومت کششی، نرم‌افزار UDEC، تست برزیلی

۱- مقدمه

توده‌های سنگی به دلیل وجود ترک، حفره و تخلخل جز مواد ناهمگن گروه‌بندی می‌شوند. تست‌های متعدد آزمایشگاهی و مشاهدات صحرائی نشان می‌دهند که قسمت‌های ضعیف، به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای مقاومت توده سنگ را کاهش می‌دهند. رشد ترک از قسمت‌های ضعیف سنگ شروع می‌شود و نهایتاً با انتشار ترک‌ها در سنگ، شکست رخ می‌دهد[۱-۴]. ترک‌ها می‌توانند به‌عنوان نقطه بحرانی برای شکست نمونه سنگی باشند که از به هم پیوستن و رشد متناوب ترک‌ها، شکست نهایی سنگ اتفاق می‌افتد. بنابراین، مطالعه تولید، گسترش و به هم پیوستن این ترک‌ها در پیش‌بینی فرآیند شکست سنگ نقش مهمی را ایفا می‌کند[۵]. در مقایسه با تحقیقات متعدد در رابطه با مکانیسم شکست در نمونه‌های شبه سنگی حاوی ترک‌های از پیش موجود، مطالعات کمی از مکانیسم شکست در سنگ‌های حفره‌دار (تخلخل) گزارش شده است[۶].