

چقرمگی شکست مود I سنگ‌ها با استفاده از نمونه‌های نیمه دیسکی با شکاف مستقیم

عباس عزیززاده، احمد فهیمی‌فر

1- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی ژئوتکنیک، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

2- استاد دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

a.azizzadeh@aut.ac.ir

خلاصه

یکی از شاخه‌های مهم علم مکانیک شکست، مکانیک شکست سنگ می‌باشد که در این زمینه، چقرمگی شکست مود I، یک پارامتر مهم برای توصیف رفتار شکست سنگ است. در این پژوهش، با انجام آنالیز واریانس روی نتایج حاصل از آزمایش خمش سه نقطه‌ای روی نمونه نیم دیسک، اثر قطر، طول و عرض شکاف نمونه روی مقادیر چقرمگی شکست مود I سنگ‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد که از نمونه‌های نیم دیسک با عرض شکاف کمتر، نتایج قابل اطمینان‌تری از چقرمگی شکست مود I سنگ‌ها حاصل می‌شود. همچنین مشاهده شد که با افزایش قطر از 54 به 75 mm، مقدار میانگین چقرمگی شکست به میزان 14/73 درصد افزایش می‌یابد. برای مقایسه، با انجام چند آزمایش خمش سه نقطه‌ای روی نمونه‌های سنگی استوانه‌ای، اختلاف زیادی بین مقادیر چقرمگی شکست بدست آمده از دو روش مشاهده شد که ممکن است بنابر دلایل مختلفی باشد. از نرم‌افزار المان محدود Abaqus، برای تعیین پارامترهای مورد نیاز برای تعیین چقرمگی شکست نمونه‌های نیم دیسک استفاده شد. همچنین شبیه‌سازی دو بعدی شروع و گسترش ترک در این نرم‌افزار با فرض شرایط کرنش مسطح و با استفاده از روش XFEM معیار شکست VCCT انجام شد.

کلمات کلیدی: چقرمگی شکست مود I، نمونه‌های نیمه دیسکی، آنالیز واریانس، مدل سازی عددی

1. مقدمه

یکی از شاخه‌های مهم علم مکانیک شکست، مکانیک شکست سنگ است که در مسائلی همچون فرایندهای خرد کردن سنگ‌ها، گمانه‌زنی، برشکاری، حفاری تونل و شکست هیدرولیکی کاربرد دارد. پارامتر پایه ماده در مکانیک شکست، چقرمگی شکست¹ نامیده می‌شود که به عنوان یک ویژگی ذاتی ماده که زمان، مکان و چرایی وقوع شکست در یک ماده را توصیف می‌کند. اگرچه مسائل معمول مهندسی ممکن است از نوع مود ترکیبی باشند، اما اغلب کارها بر اساس تحلیل مود I انجام می‌شوند، خصوصاً در حوزه‌ی مکانیک شکست سنگ. بنابراین، در زمینه‌های اشاره‌شده، چقرمگی شکست مود I یا مود بازشدگی (K_{IC}) یک پارامتر مهم برای توصیف رفتار شکست سنگ است و کاربرد گسترده‌ای دارد [1]، [2].

انجمن بین‌المللی مکانیک سنگ (ISRM) سه روش برای تعیین چقرمگی شکست سنگ با استفاده از نمونه‌های مبتنی بر مغزه پیشنهاد کرده است که عبارتند از: خمش چورون (CB)²، میله‌ی کوتاه (SR)³ و نمونه دیسک برزیلی با شکاف چورون (CCNBD)⁴. اما مشاهده شد که چقرمگی شکست بدست آمده از این روش‌ها، برای یک نوع سنگ یکسان، برابر نبودند. عواملی همچون اندازه نمونه، غیر ایزوتروپی سنگ، اندازه ناحیه‌ی فرایند شکست نزدیک نوک ترک (اندازه‌ی ناحیه‌ی پلاستیسیته‌ی نوک ترک) در این اختلاف دخیل هستند. اندازه نمونه و غیر ایزوتروپی سنگ به عنوان دلایل اصلی برای تفاوت در مقادیر چقرمگی شکست در نظر گرفته شدند و چند اصلاحیه در این خصوص پیشنهاد شد. همچنین، نمی‌توان از اشکالاتی مانند بارهای نسبتاً پایین مورد نیاز برای شروع شکست و به موجب آن دقت کمتر در اندازه‌گیری‌ها، مورد نیاز بودن تعداد زیادی مغزه دست نخورده سنگ در جهت یابی‌های صحیح، تجهیزات پیچیده برای تنظیم و بارگذاری نمونه و روش پیچیده آماده سازی نمونه برای این روش‌ها غافل شد [1]، [2].

به همین دلیل، اغلب تحقیقات روی چقرمگی شکست سنگ، به سمت روش‌های که به مراتب آماده‌سازی نمونه‌ی آسانتری داشتند، مانند نمونه

¹ Fracture toughness

² Chevron Bend

³ Short Rod

⁴ Cracked Chevron Notched Brazilian Disc