



مدل‌سازی آزمایش بار نقطه‌ای در نرم افزار Abaqus و مقایسه با نتایج آزمایشگاهی

مسعود پلاسی^۱، مجتبی پیرپناهی^۲

۱- استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گرایش خاک و پی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تهران

pirpanahi@gmail.com

خلاصه

آزمایش شاخص بار نقطه‌ای سنگ آزمایشی است که در آن نمونه سنگ توسط بار نقطه‌ای که بر سطوح جانبی آن وارد می‌شود، عمدتاً در اثر تنش‌های کششی شکسته شده و مقاومت فشاری تک‌محوری از روی مقاومت بار نقطه‌ای تخمین زده می‌شود. در تحقیق حاضر، آزمایش بار نقطه‌ای در نرم افزار Abaqus، که یکی از نرم افزارهای قدرتمند المان محدود است به صورت سه بعدی و غیرخطی مدل شده است. برای بدست آوردن مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته سنگ‌های مدل شده، آزمایش‌های مقاومت فشاری تک‌محوری همراه با ثبت تغییر مکان در حین آزمایش انجام شده است. همچنین آزمایش بار نقطه‌ای نیز بر روی نمونه‌ها انجام شده است که با اضافه نمودن گجج تغییر مکان به دستگاه بار نقطه‌ای، نمودار تنش- کرنش رسم شده و با نمودارهای حاصل از مدل سازی مقایسه شده‌اند. مقایسه نتایج بدست آمده از مدل‌سازی با نتایج آزمایشگاهی تطابق خوبی با یکدیگر دارند.

کلمات کلیدی: مقاومت فشاری تک محوری، شاخص بار نقطه‌ای، مدل‌سازی، نرم افزار Abaqus

۱. مقدمه

آزمایش بار نقطه‌ای^۱ زمینه اصلی تحقیق حاضر را تشکیل می‌دهد. این آزمایش اکنون به عنوان آزمایشی آسان و در عین حال پر اهمیت برای طبقه بندی مقاومتی سنگ‌ها و نیز تخمین زدن مقاومت فشاری و کششی آن‌ها به خوبی شناخته شده است. بروج^۲ و فرانکلین^۳ (۱۹۷۲) آزمایش بار نقطه‌ای را با جزئیات در انجمن بین‌المللی مکانیک سنگ (ISRM)^۴ شرح داده‌اند و در سال ۱۹۸۵ این آزمایش به عنوان روشی پذیرفته شده توسط ISRM مورد تأیید قرار گرفته است [۱]. آزمایش مقاومت فشاری^۵ در این تحقیق مطابق استاندارد ASTM D2938^۶ و ASTM D7012^۷ [۲] و آزمایش بار نقطه‌ای مطابق استاندارد ISRM RTH 325-89^۸ انجام شده است [۳]. دستگاه بار نقطه‌ای شامل سیستم بارگذاری، فک‌ها، وسیله اندازه گیری بار و وسیله اندازه گیری جابه‌جایی بین دو رأس فک‌ها می‌باشد.

در این تحقیق از مدل‌سازی اجزای محدود (Finite Element Model) استفاده شده و بدین منظور نرم‌افزار آباکوس (Abaqus) به کار گرفته شده است. نرم افزار Abaqus، یکی از نرم افزارهای قدرتمند المان محدود است و مدل‌سازی به صورت سه بعدی و غیرخطی انجام شده است. این نرم افزار بسیاری از نقاط ضعف و اشکالات نرم افزارهای اجزای محدود دیگر را ندارد و سهولت در استفاده، مدل‌سازی قوی، تحلیل دقیق و سرعت بالای این نرم افزار، آن را به یک نرم افزار اجزای محدود متفاوت تبدیل کرده است. در مدل‌سازی انجام شده فک‌های دستگاه با المان‌های صلب مدل شده‌اند و اعمال نیرو از طریق فک بالایی انجام می‌شود

به طور کلی سه نوع سنگ در این تحقیق مورد آزمایش قرار گرفته است. یک نمونه سنگ مرمریت طوسی رنگ به نام کریستال ابری با کریستال‌های نسبتاً درشت که از همگنی مطلوبی نیز برخوردار است و دو نوع سنگ آهک موسوم به گوهره و حاجی آباد. سنگ گوهره از همگنی خوبی برخوردار و توپر بوده ولی سنگ حاجی آباد با وجود همگنی نسبتاً متخلخل است. آزمایش بار نقطه‌ای و مقاومت فشاری محصور نشده روی

¹ Point Load Test (PLT)

² Broch, E

³ Franklin, JA

⁴ ISRM 1981, International Society for Rock Mechanics

⁵ Unconfined Compressive Strength Test (UCS)

⁶ ASTM D2938 (Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens)

⁷ ASTM D7012 (Standard Test Method for Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures)

⁸ ISRM RTH 325-89 (Suggested Method for Determining Point Load Strength)