



## معرفی یک مدل رفتاری تابع زمان برای پیش‌بینی رفتار خزشی سنگ‌های جدار تونل و مقایسه با مدل‌های رفتاری موجود

احمد فهیمی فر<sup>۱</sup>، احسان پاک‌نیت<sup>۲</sup>

۱- استاد دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

۲- کارشناس ارشد مهندسی ژئوتکنیک، شرکت مهندسی مشاور پارس فراز بند، شیراز، ایران

e\_pakniyat@yahoo.com

### خلاصه

عدم شناخت صحیح از رفتار خزشی سنگ‌ها و استفاده از مدل‌های رفتاری نامناسب در تحلیل و طراحی تونل‌ها ممکن است منجر به خسارت‌های جبران‌ناپذیری گردد. در سال‌های اخیر بررسی رفتار تابع‌زمان سنگ‌ها مورد توجه ویژه قرار گرفته و حتی در بسیاری نرم‌افزارهای پرکاربرد نیز به این موضوع پرداخته شده است. در این مقاله، مدل‌های رفتاری تابع‌زمان ماکسول، کلونین-وویت، و برگر معرفی و پس از اعمال این مدل‌ها بر روی یک تونل دایره‌ای در شرایط هیدرواستاتیک در برنامه تفاضل محدود FLAC، نتایج تحلیل‌ها با یکدیگر مقایسه شده است. به منظور رفع نقایص مدل‌های مذکور، مدل تابع‌زمانی پیشنهاد گردید و صحت عملکرد آن از طریق مقایسه این مدل با مدل‌های مذکور ارزیابی شد. مهمترین ویژگی مدل رفتاری ارائه شده، توانایی مدل نمودن هر سه مرحله خزش توده‌سنگ است که در تنش‌های بالا و اعماق زیاد رخ می‌دهد. همچنین این مدل، نرم‌شوندگی رفتار تنش-کرنش سنگ را از طریق تقلیل پارامترهای مکانیکی سنگ در رویارویی با مرحله سوم خزش، بیان می‌کند.

کلمات کلیدی: مدل تابع‌زمان، خزش، روش تفاضل محدود، تونل.

### ۱. مقدمه

در میان پیش‌بینی‌ها و بررسی‌های متعددی که در پروسه‌ی احداث تونل‌ها و فضاهای زیرزمینی صورت می‌پذیرد، در بسیاری اوقات، تحلیل‌های خزشی نادیده گرفته می‌شود. حال آنکه تغییرشکل‌های وابسته به زمان سنگ‌ها یکی از مهم‌ترین عللی است که در طول زمان استفاده از تونل‌ها را غیرممکن می‌سازد [۱]. با توجه به هزینه‌های همه‌بعدی که در فرایند اجرای یک تونل پرداخت می‌شود، به نظر می‌رسد استفاده از مدل‌های رفتاری تابع‌زمان در تحلیل و طراحی تونل‌ها به منظور پیش‌گیری از خرابی‌های احتمالی در طول زمان، بسیار مقرون به صرفه و اقتصادی باشد. حتی بسیاری نرم‌افزارهای پرکاربرد مهندسی نیز در زمینه‌ی تحلیل و طراحی تونل و فضاهای زیرزمینی با این فرض همراه شده و مدل‌های رفتاری خزشی به منظور لحاظ نمودن تغییرشکل‌های وابسته به زمان در آن‌ها گنجانده شده است. یکی از مهم‌ترین نرم‌افزارهای مذکور، برنامه تفاضل محدود FLAC بوده که در میان جامعه مهندسی معدن و ژئوتکنیک از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است و امروزه بسیاری متخصصین در تحلیل و طراحی فضاهای زیرزمینی از این نرم‌افزار استفاده می‌کنند. در این مقاله، مهم‌ترین و پرکاربردترین مدل‌های خزشی موجود در این برنامه و مدل تابع‌زمان پیشنهادی، مورد ارزیابی قرار گرفته و با یکدیگر مقایسه خواهد شد.

### ۲. مکانیزم پدیده خزش

مکانیزم خزش شامل سه مرحله می‌باشد، که این سه مرحله در شکل ۱ نمایش داده شده است. معمولاً در سطح تنش‌های پایین، مکانیزم‌های خزشی از نوع ویسکوالاستیک می‌باشند (مرحله اول خزش)، و کرنش‌ها بکلی بازگشت پذیر هستند [۲].

<sup>۱</sup> استاد دانشکده عمران و محیط زیست دانشگاه صنعتی امیرکبیر

<sup>۲</sup> کارشناس ارشد مهندسی ژئوتکنیک شرکت مهندسی مشاور پارس فراز بند