



## محاسبه‌ی تغییر شکل‌های تورمی زمین اطراف تونل به روش تحلیلی و عددی

احمد فهیمی فر<sup>۱</sup>، داوود پارساپور<sup>۲</sup>

۱- استاد دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۲- دانشجوی رشته مهندسی خاک‌وبی - دانشگاه صنعتی امیرکبیر

dparsa\_civil@yahoo.com

### خلاصه

هدف این مقاله تعیین تغییر شکل‌های تورمی به صورت تابعی از زمان و تنش در توده سنگ می‌باشد. با حل معادله‌ی دیفرانسیل کرنش تورمی بر حسب زمان و تنش، میزان تغییر شکل تورمی به صورت تابعی از این دو متغیر به دست آمده است. این تغییر شکل‌ها باعث همگرایی و کاهش سطح مفید تونل می‌شوند. در این روش تحلیلی، کرنش‌های تورمی در زمان‌های معین، از شروع حفاری تا پس از نصب حائل برای نقاط روی جداره‌ی تونل محاسبه شده و با کرنش‌های ناشی از بارگذاری جمع شده‌اند و سپس با نتایج آزمایشگاهی مقایسه شده‌اند که نتایج قابل قبولی حاصل گردیده است.

کلمات کلیدی: روش تحلیلی، کرنش‌های تورمی، همگرایی تونل، حائل

### ۱. مقدمه

تورم سنگ عموماً نتیجه نوعی واکنش فیزیکی شیمیایی در حضور آب است که معمولاً با آزاد شدن تنش همراه می‌باشد. تعریف ساده شده‌ی ISRM از این پدیده به این شرح است: "افزایش حجم وابسته به زمان زمین که در نهایت منجر به تغییر مکان داخلی در محیط تونل می‌گردد". در نتیجه‌ی این مکانیسم توده سنگ با گذشت زمان افزایش حجم می‌یابد. تونل‌زنی در زمین‌های تورمی، از مشکلات اساسی در تونل‌ها می‌باشد. در این حالت، زمین اطراف تونل در طی زمان فشارهای فزاینده‌ای را به سیستم حائل وارد می‌کند و تحلیل، طراحی و پایدارسازی تونل در این زمین‌ها را با پیچیدگی زیادی مواجه خواهد ساخت. عدم شناخت کافی از این زمین‌ها و در نظر نگرفتن شرایط لازم برای سیستم حائل تونل که بتواند با شرایط این زمین‌ها سازگار باشد، منجر به خرابی و شکست سیستم حائل تونل پس از اجرا می‌گردد. این امر استفاده از تونل را با مشکل مواجه ساخته و علاوه بر از دست دادن زمان و صرف هزینه‌های چندباره، لازم است تونل مجدداً تعریض شود تا امکان استفاده از آن فراهم گردد.

تورم باعث حرکت سنگ به داخل تونل می‌گردد که این حرکت در محیط تونل با گذشت زمان ایجاد می‌گردد. افزایش سرعت حرکت و بزرگی تغییر مکان‌ها اغلب در سطح تونل متغیر است و وابسته به جنس زمین، وضعیت تنش‌های اصلی (موقعیت قرارگیری و زاویه آنها نسبت به افق) و شکل تونل می‌باشد. نوع مشخصی از سنگ‌ها، مخصوصاً آن‌ها که شامل مواد معدنی رسی و آئیدریت هستند، در حالتی که درصد رطوبت آن‌ها تغییر می‌کند، تغییر حجم می‌یابند. مثال‌هایی از چنین سنگ‌هایی می‌تواند شامل انواع شیل و سنگ‌هایی که ترکیبات آئیدریت و رس دارند، باشد. اگر جلوی این تغییر شکل‌ها گرفته شود، ممکن است فشارهای تورمی بالایی به وجود آید. تنش‌هایی که در اثر جلوگیری از تغییر شکل تورم در حائل ایجاد می‌شوند را فشار تورم گویند. این فشار در اثر جلوگیری از تغییر شکل تورمی تا ۱۰ برابر ممکن است زیاد شود.