

## تخمین تخلخل و هوازگی سنگ بر اساس سرعت موج S

محمد رضائی<sup>۱</sup>، پویا کوره داودی<sup>۲</sup>، ابرج نجم الدینی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه مهندسی معدن، دانشکده مهندسی، دانشگاه کردستان، سنندج، m.rezaei@uok.ac.ir

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد معدن، دانشکده مهندسی، دانشگاه کردستان، سنندج، pouya.k.davoodi@gmail.com

<sup>۳</sup> مربی گروه مهندسی معدن، دانشکده مهندسی، دانشگاه کردستان، سنندج، i.najmoddini@gmail.com

### چکیده

سریع و کم هزینه بودن این روش‌ها در سال‌های اخیر توجه محققان زیادی را به خود جلب کرده است. استفاده از روش سرعت موج برای تخمین پارامترهای فیزیکی و مکانیکی مختلف سنگ مانند تخلخل و هوازگی به ویژه در مراحل اولیه مطالعات و پروژه‌های مهندسی که دقت زیادی در اندازه‌گیری پارامترهای مذکور ضروری نیست امری کاملاً اقتصادی و دارای نتایج مطلوب است. موضوع اصلی این تحقیق تخمین پارامترهای تخلخل و هوازگی سنگ بکر با استفاده از روش سرعت موج S است. بدین منظور ساختگاه سد آزاد مریوان هم به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است.

### مروری بر منابع

استفاده از روش‌های غیر مستقیم مانند روش سرعت موج برای تخمین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی سنگ به دلیل سریع و ارزان بودن این روش‌ها، در گذشته نیز مورد توجه محققان زیادی قرار گرفته است. با توجه به دقت قابل قبول روش‌های غیر مستقیم بویژه روش سرعت موج، محققان دیگر نیز روابط تجربی مختلفی را بین پارامترهای فیزیکی و مکانیکی سنگ و سرعت موج‌های P و S ارائه کرده‌اند. لازم به ذکر است که استفاده از سرعت موج S در گذشته بصورت بسیار محدود صورت گرفته است و بیشتر روابط موجود بر اساس سرعت موج P می‌باشد. همچنین برای تخمین پارامتر هوازگی بر اساس روش سرعت موج تحقیق قابل استناد دیگری تاکنون صورت نگرفته است. تعدادی از روابط ارائه شده توسط محققان دیگر برای تخمین پارامتر تخلخل با استفاده از سرعت موج P در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: روابط ارائه شده بین تخلخل و سرعت موج P در سنگ

شماره	رابطه	منبع
۱	$V_p=6.32n-0.016$	[1]
۲	$V_p=6.52-0.36n$	[2]
۳	$V_p=4.08n-0.42$	[3]
۴	$n=-4.733 V_p+29.377$	[4]
۵	$n=-0.0002 V_p+1.70$	[5]
۶	$n=-0.0031 V_p+16.736$	[6]
۷	$n=-0.0029 V_p+16.373$	[7]

از مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی و مکانیکی سنگ می‌توان به تخلخل و هوازگی اشاره کرد. از این رو اندازه‌گیری این پارامترها امری مهم و ضروری می‌باشد. برای اندازه‌گیری پارامترهای مذکور به طور کلی دو روش مستقیم و غیر مستقیم وجود دارد. روش مستقیم اندازه‌گیری این پارامترها با وجود دقت زیاد، امری زمان‌بر و مستلزم صرف هزینه و امکانات بسیار است. لذا اندازه‌گیری پارامترهای مذکور با استفاده از روش‌های غیر مستقیم بخصوص روش سرعت موج، رواج زیادی یافته است. هدف از تحقیق حاضر، تخمین تخلخل و هوازگی سنگ با استفاده از روش سرعت موج می‌باشد. بدین منظور، ابتدا پارامترهای سرعت موج S، تخلخل و هوازگی نمونه‌های برداشت شده از ساختگاه سد آزاد مریوان در آزمایشگاه اندازه‌گیری و داده‌های واقعی مربوط به پارامترهای مذکور برای هر نمونه بدست آمد. سپس، روابط تجربی مختلفی برای تخمین تخلخل و هوازگی سنگ با استفاده از سرعت موج S ارائه شد. بر اساس شاخص ضریب تصمیم‌گیری، رابطه چند جمله‌ای درجه دو به عنوان دقیق‌ترین رابطه از میان روابط ارائه شده برای تعیین هر دو پارامتر پیشنهاد شده است. در پایان، مقایسه نتایج حاصل از روابط پیشنهادی این تحقیق با مقادیر واقعی داده‌ها و همچنین مقایسه روابط ارائه شده در تحقیق حاضر با روابط ارائه شده توسط محققین دیگر با استفاده از شاخص ضریب تصمیم‌گیری نشان داد که روابط ارائه شده در این تحقیق از دقت بالایی برای تخمین پارامترهای مذکور برخوردارند.

### واژه‌های کلیدی

تخلخل، هوازگی، سرعت موج S

### مقدمه

اندازه‌گیری دقیق پارامترهای تخلخل و هوازگی سنگ به دلیل اهمیت آن‌ها در پروژه‌های مهندسی و زمین‌شناسی دارای اهمیت زیادی است. تعیین پارامترهای مذکور به روش مستقیم به دلیل دشواری عملیات نمونه برداری و آزمایش‌های تخمین این پارامترها امری پرهزینه و زمان‌بر است. همچنین، نتایج حاصله وابستگی زیادی به عوامل خارجی از جمله خطای انسانی دارد. اندازه‌گیری پارامترهای مذکور به روش‌های غیر مستقیم از جمله روش سرعت موج، به دلیل