

تأثیر خواص فیزیکی، لیتولوژی و دوام پذیری سنگ بر روی پایداری شیب‌های سنگی (مطالعه موردی مسیر آزاد راه خرم آباد - پل زال)

محمد حسین قبادی^۱، کامران حسونند*^۲، حسن محسنی^۳، امیر حسین صدر^۴، فغانه آزادبخت^۵

- ۱- استاد، گروه زمین شناسی دانشگاه بوعلی سینا همدان
- ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه بوعلی سینا همدان*
- ۳- دانشیار، گروه زمین شناسی دانشگاه بوعلی سینا همدان
- ۴- استادیار، گروه زمین شناسی دانشگاه بوعلی سینا همدان
- ۵- کارشناسی ارشد چینه و فسیل، دانشگاه پیام نور تهران

چکیده:

لیتولوژی، خواص فیزیکی و دوام پذیری سنگ‌ها ویژگی‌های مهمی هستند که پایداری شیب‌ها را در محل سازه‌های خطی کنترل می‌کنند. با توجه به گسترش سنگ‌های رسوبی مختلف در مسیر آزاد راه خرم آباد - پل زال و وجود شیب‌های ناپایدار در این مسیر، بررسی خصوصیات سنگ‌شناسی، فیزیکی و دوام پذیری سنگ‌های موجود ضروری می‌باشد. هدف از این مطالعه، شناخت لیتولوژی، ویژگی‌های فیزیکی و دوام پذیری سنگ‌های موجود در مسیر آزاد راه خرم آباد - پل زال و ارتباط آن با ناپایداری شیب‌های سنگی است.

کلمات کلیدی: دوام پذیری، خصوصیات فیزیکی، پایداری شیب، آزاد راه خرم آباد - پل زال

مقدمه:

مطالعه دوام و شکستگی سنگ‌ها در ارزیابی پایداری شیب‌های سنگی دارای اهمیت ویژه‌ای است، زیرا که در یک رخنمون سنگی دوام پذیری سنگ می‌تواند با تغییر در ترکیب کانی شناسی، سیمان، تخلخل و نفوذپذیری به‌طور قابل ملاحظه‌ای از یک لایه به لایه دیگر متفاوت باشد. به همین دلیل سنگ‌های مارنی و آهک‌های مارنی با توجه به مقدار و نوع کانی‌های رسی بسیار مستعد شکستگی و تخریب هستند (قبادی، ۱۳۸۱).

حاصل واکنش بین سنگ و آب، وارفنگی نامیده می‌شود که نتیجه آن ایجاد شکستگی‌ها و تخریب لایه‌های سطحی سنگ می‌باشد که وابستگی زیادی با ویژگی‌های فیزیکی سنگ دارد. آزمایش دوام وارفنگی به‌طور گسترده‌ای جهت ارزیابی پایداری شیب‌های سنگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هوازنگی موجب شکستگی و افزایش تخلخل و نفوذپذیری توده‌های سنگی می‌گردد. افزایش تخلخل و نفوذپذیری باعث افزایش ورود، نگهداری و گردش آب در داخل سنگ می‌گردد. عمل آب

موجب انحلال و تضعیف اتصال بین ذرات سنگ خواهد شد و یا به واسطه افزایش فشار آب حفره‌ای به ناپایداری شیب‌های سنگی منجر می‌شود (قبادی، ۱۳۸۱).

در این مقاله رابطه لیتولوژی، خصوصیات فیزیکی و دوام پذیری سنگ‌ها در ۸ ترانسه سنگی در مسیر آزاد راه خرم آباد - پل زال مورد مطالعه قرار گرفته است. و ارتباط این پارامترها با ناپایداری شیب‌ها بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

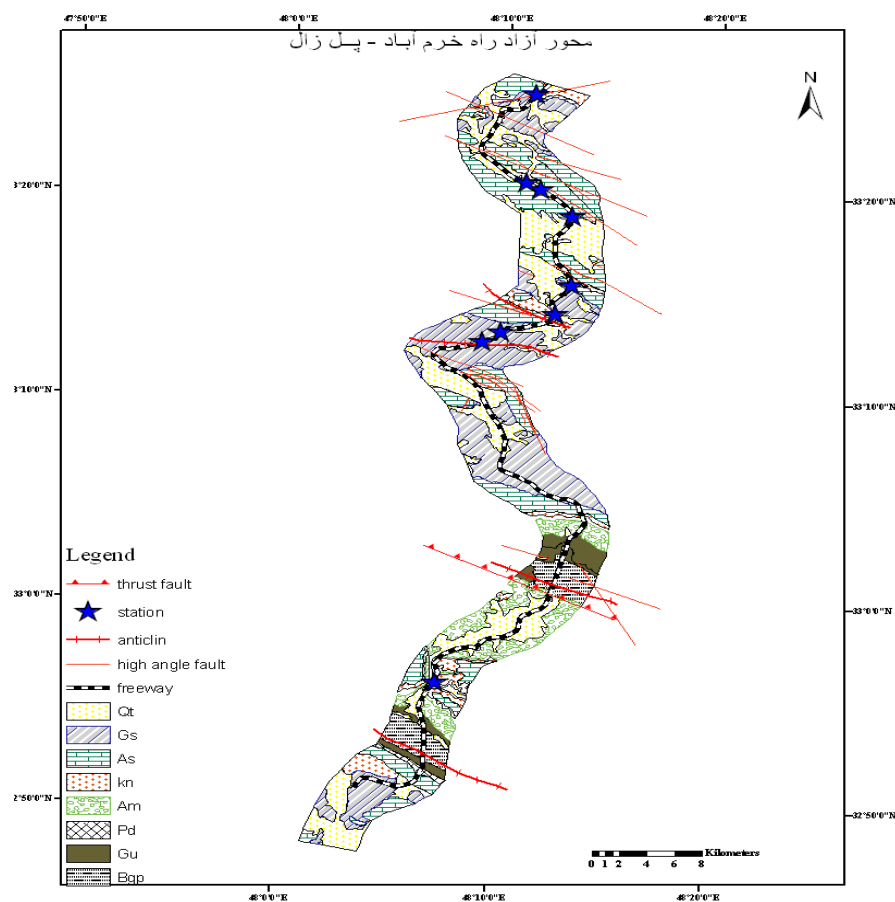
نمونه برداری و آماده سازی نمونه

به منظور ارزیابی دوام پذیری و ویژگی‌های فیزیکی سنگ‌های مورد نظر، پس از تعیین محل‌های نمونه برداری با استفاده از اطلاعات نقشه‌های زمین شناسی موجود و بازدیدهای صحرائی، تعداد ۱۰ بلوک سنگی با ابعاد تقریبی $10 \times 10 \times 20$ سانتیمتر، از مناطق ۸ ترانسه واقع در مسیر آزاد راه خرم آباد - پل زال انتخاب و به آزمایشگاه انتقال داده شدند (شکل ۱). لازم به ذکر است که نمونه‌گیری طوری انجام شده است که معرف خوبی برای کل منطقه باشد. برای آزمایش‌های تعیین خصوصیات فیزیکی از بلوک‌های سنگی مغزه‌گیری شده و جهت انجام آزمایش دوام پذیری نمونه‌ها، از هر نمونه سنگی، ۱۰ قطعه سنگ ۴۰ تا ۶۰ گرمی و وزن کلی ۴۵۰ تا ۵۵۰ گرم بر اساس استاندارد ASTM آماده شده است. آزمون دوام پذیری براساس استاندارد ASTM D4644 بر روی نمونه‌های سنگی مورد مطالعه صورت گرفته است (ASTM, 1990). ویژگی‌های فیزیکی شاخص این گروه از سنگ‌ها مطابق با استانداردهای ASTM و ISRM، تعیین و به منظور شناسایی کانی‌های رسی آزمایش پرتو ایکس انجام شده است.

مطالعات آزمایشگاهی:

ویژگی‌های فیزیکی شامل وزن واحد حجم خشک و اشباع، تخلخل، نسبت تخلخل، وزن مخصوص و سرعت موج فشاری مطابق با استاندارد (ASTM D2845, ISRM) بررسی شده است. آزمایش دوام و ارتنگی مطابق با استاندارد (ASTM D 4644) (ISRM) در ۱۵ چرخه بر روی سنگ‌های مورد نظر انجام گرفته است (ASTM, 1990). نمودار شاخص دوام در مقابل تعداد چرخه‌های دوام برای نمونه‌ها ترسیم گردیده است (شکل ۲). همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، با افزایش تعداد چرخه‌ها، شاخص دوام نمونه‌های سنگی مورد نظر دچار کاهش شده است. نتایج میانگین مربوط به ویژگی‌های فیزیکی و دوام پذیری برای سنگ‌های مورد نظر در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. به منظور ارزیابی بهتر دوام پذیری این گروه از سنگ‌ها،

ارتباط بین ویژگی‌های فیزیکی و دوام پذیری آن‌ها به روش رگرسیون دو متغیره مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است (جدول ۳).

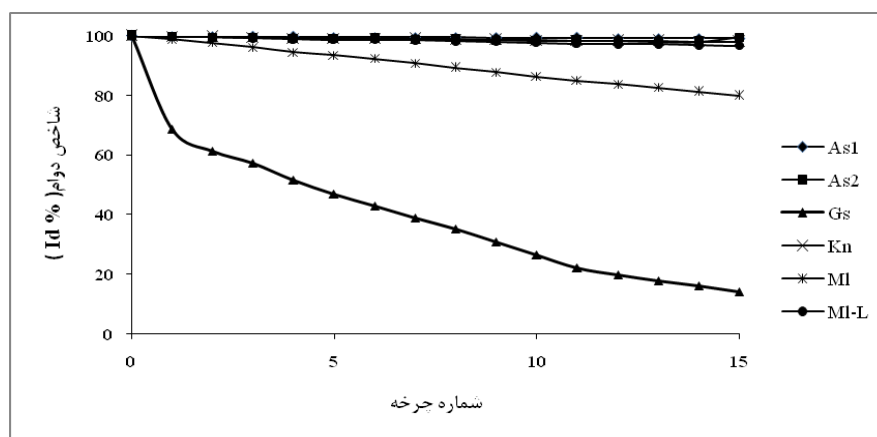


شکل ۱- نقشه زمین شناسی مسیر آزاد راه (اقتباس از نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ خرم آباد و بالا رود) (Qt=رسوبات کواترنر، Gs=سازند گچساران، As=سازند آسماری، Kn=سازند کشکان، Am=سازند امیران، Pd=سازند پابده، Gu=سازند گورپی، Bgp=گروه بنگستان★:محل نمونه برداری)

برای بررسی وجود کانی‌های رسی در نمونه‌های سنگی مورد مطالعه (As1- As2 - MI - MI-L) آزمایش پرتو ایکس انجام گرفت که نتایج حاصل از این آزمایش نشان دهنده وجود کانی‌های رسی از نوع ایلیت، مونت مورینیت و کلریت در تمامی نمونه‌ها آزمایش شده می‌باشد.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی سنگ‌های مورد مطالعه (n: تخلخل، γ_d : وزن واحد حجم خشک، γ_{sat} : وزن واحد حجم اشباع، Gs: وزن مخصوص، V_p : سرعت موج فشاری)

نمونه	n (%)	γ_d (g/cm ³)	γ_{sat} (g/cm ³)	Gs	V_p (m/s)
As ₁ (آهک آسماری)	۶/۹۶	۲/۵۲	۲/۶۱	۲/۷۶	۵۴۶۶
As ₂ (آهک آسماری)	۷/۵۰	۲/۴۸	۲/۵۵	۲/۶۸	۵۳۹۳
Gs (ژیپس گچساران)	۲۱/۷۷	۲/۱۲	۲/۲۴	۲/۳۱	۲۳۰۳
Kn (ماسه سنگ کشکان)	۹/۲۱	۲/۳۰	۲/۴۰	۲/۵۴	۴۱۲۰
MI (مارن آسماری)	۱۵/۶۶	۲/۲۹	۲/۳۴	۲/۴۲	۳۳۰۵
MI-L (آهک مارنی آسماری)	۷/۳۵	۲/۴۱	۲/۴۸	۲/۶۲	۴۶۵۴



شکل ۲: نمودار دوام در برابر تعداد چرخه نمونه‌های مورد مطالعه

جدول ۲: شاخص دوام سنگ‌های مورد مطالعه در چرخه‌های ۱، ۲، ۵، ۱۰ و ۱۵

نمونه	Id1	Id2	Id5	Id10	Id15
As1 (آهک آسماری)	۹۹/۹	۹۹/۸	۹۹/۶	۹۹/۴	۹۹/۱
As2 (آهک آسماری)	۹۹/۸	۹۹/۷	۹۹/۵	۹۹/۳	۹۹
Gs (ژیپس گچساران)	۶۸/۷	۶۱/۴	۴۷	۲۶/۴	۱۴/۱
Kn (ماسه سنگ کشکان)	۹۹/۸	۹۹/۶	۹۹/۱	۹۸/۶	۹۸
MI (مارن آسماری)	۹۸/۸	۹۷/۶	۹۳/۴	۸۶/۳	۷۹/۹
MI-L (آهک مارنی آسماری)	۹۹/۸	۹۹/۵	۹۸/۷	۹۷/۷	۹۶/۷

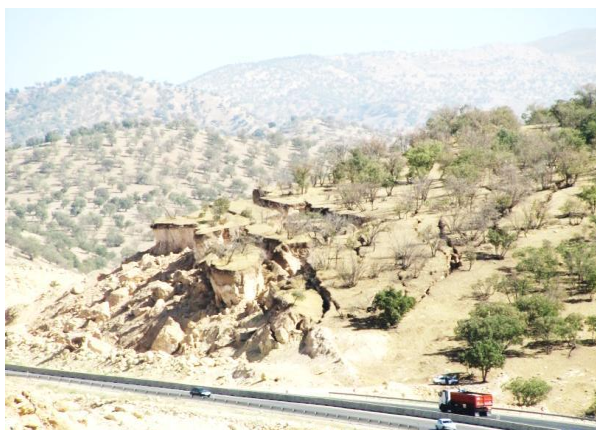
جدول ۳: ضریب همبستگی بین ویژگی‌های فیزیکی و دوام پذیری سنگ‌های مورد مطالعه

	Id1	Id2	Id5	Id10	Id15
N^* (تخلخل)	-۰/۷۴	-۰/۷۶	-۰/۸۰	-۰/۸۵	-۰/۸۸
γd (وزن واحد حجم خشک)	۰/۶۳	۰/۶۵	۰/۶۸	۰/۷۱	۰/۷۳
γSat (وزن واحد اشباع)	۰/۵۳	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/۶۳	۰/۶۵
Gs (وزن مخصوص)	۰/۵۳	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/۶۴	۰/۶۷
Vp (سرعت موج فشاری)	۰/۶۰	۰/۶۱	۰/۶۶	۰/۷۰	۰/۷۳

×علامت منفی بین تخلخل و دوام پذیری به دلیل رابطه عکس این دو پارامتر می‌باشد.

ناپایداری شیروانی‌های سنگی:

ایستگاه اول و دوم متشکل از آهک‌های آسماری (As1) می‌باشد (شکل ۳) که نسبت به سایر سنگ‌ها بیشترین دوام پذیری را دارا می‌باشد. ولی تکنونیک و خردشدگی شدید سنگ‌های این قسمت از آزاد راه باعث افزایش سطح تماس با آب و افزایش هوازدگی شده است. بنابراین عملکرد تکنونیک و ایجاد زون خرد شده که باعث افزایش جریان آب و گسترش هوازدگی در توده‌های سنگی می‌شود، با توجه به شیب زیاد ترانشه‌ها از عوامل ناپایداری شیب‌ها در ایستگاه‌های مذکور می‌باشد. در ایستگاه سوم آهک آسماری (As2) رخنمون دارد. در میان سنگ‌های مورد مطالعه دومین سنگ با دوام پذیری بالا می‌باشد. ولی در این ایستگاه عملکرد گسل موجود در منطقه باعث ایجاد زون دگرسان در سنگ شده و همچنین پاشنه برداری شیب به ناپایداری شیب کمک زیادی کرده است (شکل ۴).



شکل ۴- ترانشه سنگی ایستگاه سوم (دید به جنوب)



شکل ۳- ترانشه سنگی ایستگاه اول (دید به غرب)

در ایستگاه چهارم به دلیل وجود لیتولوژی‌های سنگی متفاوت دوام‌پذیری می‌تواند بیشترین تاثیر را بر روی ناپایداری شیروانی سنگی داشته باشد. در این ایستگاه سه تیپ سنگ وجود دارد که از پایین به بالا شامل سنگ مارنی (ml)، مارن آهکی (ml-l) و آهک آسماری (AsI) می‌باشد (شکل ۵). وجود کانی‌های رسی در سنگ‌های مارنی این قسمت از مسیر موجب کاهش دوام‌پذیری در این سنگ‌ها می‌شود. به دلیل دوام پایین لایه‌های زیرین، این لایه‌ها زودتر دچار هوازدگی و خالی شدن زیر لایه‌های بالایی شده، که این امر باعث ناپایداری شیب سنگی می‌شود. ایستگاه پنجم شامل سازند کشکان در زیر و آسماری در بالا می‌باشد (شکل ۶). چون رسوبات کشکان در این ایستگاه به شدت هوازده می‌باشند و از نظر دوام‌پذیری نسبت به آهک‌های آسماری دوام کمتری دارند سریع‌تر دچار فرسایش شده و موجب ناپایداری این قسمت از جاده می‌شوند.



شکل ۶- ترانشه سنگی ایستگاه پنجم (دید به جنوب غرب)

شکل ۵- ترانشه سنگی ایستگاه چهارم (دید به جنوب شرق)

لیتولوژی غالب ایستگاه‌های ششم، هفتم و هشتم ژئیس و مارن‌های سازند گچساران می‌باشند (شکل ۷) وجود کانی‌های رسی از نوع ایلیت، مونت موریونیت و کلریت در مارن‌های این سازند (محمدیان، ۱۳۹۱)، دوام‌پذیری پایین، همچنین تراوش آب و شیب زیاد ترانشه‌های سنگی عوامل اصلی ناپایداری شیروانی‌های سنگی موجود در این ایستگاه‌ها محسوب می‌شوند.



شکل ۷- ترانشه سنگی ایستگاه هشتم (دید به شرق)

بحث و نتیجه گیری

لیتولوژی و هوازدگی، دو ویژگی زمین شناسی مهندسی هستند که رفتار مکانیکی سنگ را کنترل می کنند. این دو عامل، در تحلیل پایداری شیب در رخنمون های سنگی نقش اساسی دارند. از آنجا که هوازدگی یک فرایند وابسته به زمان است، معمولاً مشکل می توان چگونگی پاسخ سنگ را به اجزای غالب هوازدگی در محیط ارزیابی کرد. تشخیص کانی های رسی در سنگ ها علاوه بر شناخت محیط رسوبی، می تواند در توسعه سیستم رده بندی سنگ بر مبنای شاخص دوام و شکستگی نقش مهم ایفا کند. با توجه به تفاوت رفتار این کانی ها در رطوبت های مختلف و ایجاد تغییر در ویژگی های فیزیکی سنگ از قبیل تخلخل و تراوایی، توصیه می شود که در تجزیه و تحلیل پایداری شیب های سنگی، شناخت نوع و مقدار کانی های رسی همراه با تعیین شاخص دوام و شکستگی سنگ مورد توجه خاص قرار گیرد.

نتایج آزمایش ها و تحلیل آماری نشان می دهد که بین ویژگی های فیزیکی، تخلخل بیشترین همبستگی را با شاخص دوام دارد. علامت منفی در رابطه بین تخلخل و دوام پذیری نشان دهنده رابطه عکس بین تخلخل و دوام پذیری سنگ می باشد. در بین نمونه سنگ های مورد مطالعه ژپس و مارن دارای بیشترین مقدار تخلخل می باشند. افزایش تخلخل باعث کاهش دوام پذیری، و کاهش دوام پذیری موجب کاهش پایداری شیب سنگی می شود. بنابراین در مناطقی که این سنگ ها گسترش دارند خطر ناپایداری شیب بیشتر می باشد.

چین های قطع شده در ۳۰ کیلومتر ابتدای آزاد راه متشکل از آهک آسماری می باشند. ترانشه های ایجاد شده در این قسمت از راه اکثراً با خطر ناپایداری بالا ارزیابی شده اند. با توجه به دوام بالای آهک های این سازند می توان نتیجه گرفت که ناپایداری های محتمل در این قسمت از مسیر به دلیل عملکرد تکنونیک و ایجاد زون خرد شده می باشد، که این خرد شدگی توده سنگ باعث افزایش جریان آب در سنگ و افزایش هوازدگی توده سنگ می شود.

تنوع لیتولوژی و همچنین قرارگیری سنگ های با دوام کمتر در زیر سنگ های با دوام بیشتر که موجب فرسایش زودتر سنگ های زیرین می شود عامل اصلی ناپایداری شیب در ایستگاه چهارم می باشد.

چهار ایستگاه پایانی مطالعه شده در مسیر آزاد راه در سازند گچساران قرار گرفته اند. ژپس و مارن لیتولوژی غالب این سازند در منطقه می باشند. وجود کانی رسی از نوع ایلیت، مونت مورینیت و کلریت در مارن های این سازند موجب کاهش دوام سنگ ها و مقاومت برشی سنگ می شود و حساسیت ترانشه سنگی را به رانش افزایش می دهد. یکی از عوامل مهم کاهش دوام سنگ در منطقه وجود کانی های رسی به ویژه ایلیت است که به سهولت هیدراته می شود. سنگ ژپس در بین نمونه های مورد مطالعه کمترین دوام پذیری را دارد. در این قسمت از مسیر عوامل ناپایداری شیب های سنگی وجود کانی های رسی، دوام پایین سنگ های ژپس، تراوش آب و شیب زیاد ترانشه ها می باشد.

منابع:

- ۱- زال‌آقایی، ص.، قبادی، م. ح.، حیدری، م.، رفیعی، ب.، تحلیل پایداری شیروانی‌های سنگی منطقه آواج با استفاده از طبقه بندی SMR، ۱۳۸۶، ۴۵، پنجمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، ص ۳۵۲-۳.
- ۲- محمدیان، م.، مطالعه خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی سازند گچساران با تاکید بر انحلال پذیری و تورم پذیری در منطقه رامهرمز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، ۱۲ شهریور ۱۳۹۱.
- ۳- قبادی، م. ح.، رابطه بین لیتولوژی و دوام در ارزیابی ناپایداری شیب‌های سنگی، مجله علوم دانشگاه شهید چمران اهواز، شماره ۸، بهار ۱۳۸۱.
- ۴- فهیمی فر، الف.، و سروش، ح.، «آزمایش های مکانیک سنگ (مبانی نظری و استانداردها)»، انتشارات شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک وزارت راه و ترابری (۱۳۸۰).

- 5- ASTM Standard test method for slake durability of shale and similar weak rocks (d4644). Annual book of ASTM Standards Vol.4.08, (1990), pp.863-865.
- 6- Franklin, J.A., Chandra, A. The slake-durability test. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 9, (197۲) pp325-341.
- 7- Gamble, J.C., Durability-plasticity classification of shales and other argillaceous. (1971).
- 8- Ghobadi, M.H., Geology and slope stability in the Illawarra, NSW Australia. 7th International IAEG Congress. Portugal, (1994), pp.1307-1314.