همبستگی شاخص دوام با ویژگی‌های مکانیکی ماسه‌سنگ‌های اطراف سد فریمان

عبدالرحمن مازوجی[۱*]، محمد غفوری[۲]، ناصر حافظی مقدس[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد soranmazojy@gmail.com

[۲]استاد و عضو هیئت‌علمی دانشگاه فردوسی مشهد ghafoori@um.ac.ir

[۳]استاد و عضو هیئت‌علمی دانشگاه فردوسی مشهد nhafezi@um.ac.ir

چکیده

شاخص دوام یک پارامتر مهندسی مهم در ارزیابی زوال‌پذیری سنگ‌ها در برابر عوامل هوازدگی شیمیایی و فیزیکی است که رابطه نزدیکی با ویژگی‌های مکانیکی سنگ‌ها دارد. در این تحقیق، ماسه‌سنگ‌های اطراف سد فریمان که ویژگی‌های مکانیکی شامل مقاومت فشاری تک محوری، مقاومت کششی برزیلین، شاخص مقاومت بار نقطه‌ای و سرعت موج P آن‌ها تعیین‌شده است. همچنین آزمایش شاخص دوام تا ۱۰ چرخه انجام شد و همبستگی آن در چرخه‌های ۲، ۵ و ۱۰ در برابر ویژگی‌های مکانیکی با انجام تحلیل رگرسیون دومتغیره موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که رابطه مستقیمی با ضریب همبستگی (R) ۰,۷۶ تا ۰,۹۳ بین شاخص دوام و ویژگی‌های مکانیکی وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: چرخه؛ شاخص دوام؛ ضریب همبستگی (R) ؛ ویژگی‌های مکانیکی

مقدمه

شاخص دوام یک پارامتر مهندسی مهم در ارزیابی زوال‌پذیری سنگ‌ها در برابر عوامل هوازدگی شیمیایی و فیزیکی است که ارتباط نزدیکی با ویژگی‌های کانی‌شناسی و مکانیکی سنگ‌ها دارد (Gupta and Ahmed, 2007). دوام سنگ عبارت است از ارزیابی و سنجش مقاومت سنگ در برابر هوازدگی، حفظ شکل، اندازه و وضعیت ظاهری اولیه در یک مدت‌زمان طولانی و در شرایط محیطی حاکم بر سنگ (Bell, 1993). شاخص دوام نه‌تنها یک پارامتر مهم در ارزیابی کنترل کردن پایداری شیب‌ها و کنترل کردن حفاری‌های زیرزمینی به شمار می‌آید بلکه در طراحی سازه‌های سنگی، ساختمان‌ها و بناهای تاریخی نیز نقش مهمی دارد (Dhakal et al., 2001). بررسی

ویژگی‌های کانی‌شناسی، فیزیکی و مکانیکی برای شناخت مناسب بودن یک سنگ برای استفاده به‌عنوان سنگ ساختمانی ضروری است (Sousa et al., 2004). ترکیب کانی‌شناختی، بافت (اندازه، شکل و نحوه قرارگیری کانی‌ها در یک سنگ) و ویژگی‌های فیزیکی به‌طور عمده در ارتباط بادوام هستند، این عوامل همچنین روی ویژگی‌های مکانیکی سنگ‌ها تأثیرگذار می‌باشند (Gupta and Ahmed, 2007). تحلیل رگرسیون بین شاخص دوام و ویژگی‌های مکانیکی در مطالعات گذشته کمتر صورت گرفته است. Cargill and Shakoor (1990) تلاش‌هایی را برای برقراری ارتباط بین شاخص دوام و ویژگی‌های مکانیکی انجام دادند. این محققان مطالعات خود را روی دامنه گسترده‌ای از انواع سنگ‌ها شامل ماسه‌سنگ‌ها، سنگ‌های کربناتی (سنگ‌آهک، دولومیت، مرمر) و سنگ‌های گرانیتی (گرانیت، سینیت و ...) انجام دادند و به ضریب همبستگی ۰,۷۲ بین شاخص دوام و مقاومت فشاری تک محوری دست یافتند. در بیشتر مطالعات قبلی، ارزیابی دوام بر اساس دومین چرخه شاخص دوام بوده است.Gokceoglu et al. (2000) به ضریب همبستگی ۰,۷۶ بین چهارمین چرخه شاخص دوام (Id_4) و مقاومت فشاری تک محوری رسیدند. همچنین این محققان نشان دادند که انجام آزمایش در چهار چرخه دارای نتایج منطقی‌تر و قابل‌قبول‌تری است. Ulusay et al (1999) بر این باورند که انجام آزمایش طی چند چرخه، دارای نتایج واقعی‌تر و مفیدتری می‌باشد. Konncagul and Santi (1999) نیز نشان دادند که ضریب همبستگی بین شاخص دوام و مقاومت فشاری تک محوری با افزایش تعداد چرخه‌های تر و خشک شدن بیشتر می‌شود. در تحقیق حاضر، به بررسی همبستگی بین شاخص دوام و ویژگی‌های مکانیکی و همچنین تأثیر تعداد چرخه‌های تر و خشک شدن بر ضریب همبستگی بین شاخص دوام و ویژگی‌های مکانیکی پرداخته‌شده است.

موقعیت جغرافیای

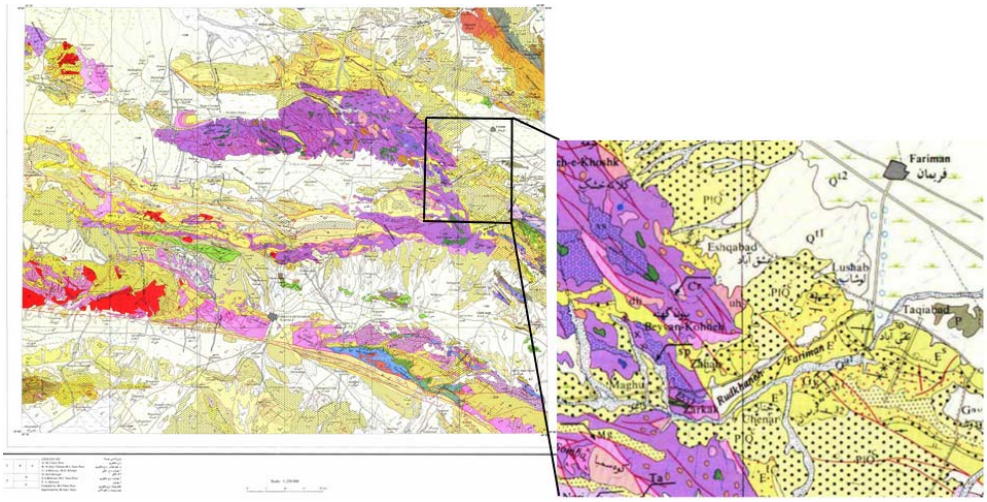
منطقه موردمطالعه در استان خراسان رضوی ،در۱۱کیلومتری جنوب غربی شهرستان فریمان واقع در اطراف سد فریمان می‌باشد. این محدوده مطالعاتی در طول جغرافیای ″۵۵ ′۴۹ °۵۹ و عرض جغرافیای ″۱۶ ′۳۶ °۳۵ قرارگرفته است.

زمین‌شناسی عمومی منطقه

منطقه فریمان ازنظر تقسیم‌بندی واحدهای ساختمانی رسوبی ایران در منتهی‌الیه شمال شرقی ایران مرکزی و در زون سبزوار قرار می‌گیرد. ازنظر لیتواستراتیگرافی قدیمی‌ترین سنگ‌های موجود در محدوده مخزن سد فریمان و حواشی آن، سنگ‌های کنگلومرایی و ماسه‌سنگ‌ها و مارن‌های قرمزرنگ محل سد و پایین‌دست آن می‌باشد(شکل۱). بر روی سنگ‌های فوق و در محدوده مخزن سد، سنگ‌های تشکیل‌دهنده عمدتاً از ماسه‌سنگ‌های آهکی، رسی، به رنگ کرم مایل به خاکستری با بین لایه‌های مارن و شیل خاکستری رنگ می‌باشد. این سنگ توسط مصالح فرسایش یافته برجا پوشیده شده‌اند. ضخامت مواد روباره آن چندان زیاد نمی‌باشد. سن این سنگ‌ها ائوسن است و دریاچه سد فقط با بخش کمی از این سنگ‌ها در تماس است. ماسه‌سنگ‌ها عمدتاً دارای سیمان آهکی بوده و در حالت خشک از مقاومت خوبی برخوردار هستند. ولی در حالت اشباع مقاومت آن تا حد زیادی کاهش می یابد.

مواد و روش‌ها

برای انجام تحقیق حاضر، ۱۰ قطعه سنگ ساختمانی به ابعاد تقریبی (۳۰×۳۰×۳۰ سانتیمتر) از معدن لاشه‌سنگ اطراف سد فریمان تهیه گردید. از این بلوکه‌ها نمونه‌ها و مغزه‌های لازم با قطر NX برای انجام آزمایش‌های پیش‌بینی‌شده نیز تهیه گردید. در ادامه به بررسی‌های ویژگی‌های مکانیکی شامل مقاومت فشاری تک محوری، مقاومت کششی برزیلین، شاخص بار نقطه‌ای و سرعت موج P آن‌ها پرداخته شد. علاوه بر این، آزمایش شاخص دوام تا ۱۰ چرخه در آب شرب مشهد با دمای ۲۰ درجه انجام و با تحلیل رگرسیون دومتغیره، همبستگی بین شاخص دوام (Id_{10}) و ویژگی‌های مکانیکی برقرار شد. همچنین با به دست آوردن ضریب همبستگی بین شاخص دوام در چرخه‌های ۲، ۵ و ۱۰ با ویژگی‌های مکانیکی و مقایسه آن‌ها با همدیگر، تأثیر تعداد چرخه‌های تر و خشک شدن به‌منظور ارزیابی دقیق‌تر دوام سنگ‌ها بررسی گردید.



شکل۱-۱:۲۵۰۰۰۰ چهارگوش تربت حیدریه(اقتباس ازواعظی پور ،۱۳۷۰)

ویژگی‌های مکانیکی

برای تعیین ویژگی‌های مکانیکی شامل مقاومت فشاری تک محوری، مقاومت کششی برزیلین، شاخص بار نقطه‌ای و سرعت موج P از روش استاندارد (ISRM, 1981) استفاده‌شده است و نتایج آن در جدول ۱ ۲ شده است. با توجه به رده‌بندی سنگ‌ها بر اساس مقاومت فشاری تک‌محوری و شاخص بار نقطه‌ای توسط(Broch and Franklin, 1972)، نمونه‌ها در رده سنگ‌های با مقاومت بالا قرار می‌گیرند. با توجه به رده‌بندی سنگ‌ها بر اساس سرعت موج P توسط (Anon, 1979)، نمونه‌ها در رده سنگ‌ها با سرعت‌بالا (4000-5000 m/s) و سرعت خیلی بالا (بیش از 5000 m/s) قرار می‌گیرند.

جدول ۲- نتایج آزمون تعیین ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها

آزمون	حداقل	حداکثر	میانگین
مقاومت فشاری تک‌محوری (Mpa)	۴۴	۹۲,۸۹	۷۰,۲۷
مقاومت کششی برزیلین (Mpa)	۵,۸۵	۱۱,۹۱	۸,۸۱
شاخص بار نقطه‌ای (Mpa) I_S (50)	۴,۱۲	۶,۱۵	۴,۹۴
سرعت موج P (m/s)	۴۴۵۹,۸۸	۵۳۴۸,۸۴	۴۸۸۸,۲۳

شاخص دوام

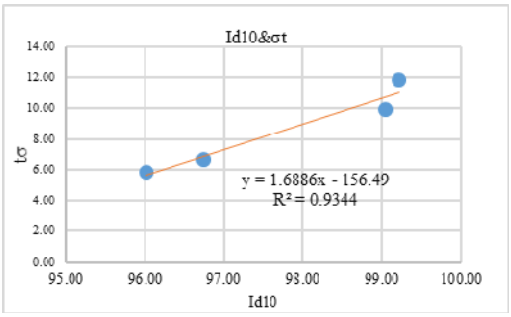
شاخص دوام یک معیار بسیار مناسب برای نشان دادن حساسیت سنگ در برابر سایش و تر و خشک شدن متوالی و تأثیرات شیمیایی آب است که روش تعیین آن توسط (Franklin and Chandra,1972) ارائه شد و در سال ۱۹۷۹ توسط انجمن بین‌المللی مکانیک سنگ (ISRM) به‌صورت استاندارد درآمد (ISRM, 1981). در آزمایش دوام، ترکیبی از سایش و تر و خشک شدن به‌منظور تسریع کردن فرایند هوازدگی روی نمونه‌های سنگ اعمال می‌شود(Konncagul and Santi, 1999) . در این تحقیق، آزمایش دوام بر اساس روش استاندارد (ISRM, 1981) تا ۱۰ چرخه انجام شد و شاخص دوام در چرخه‌های ۲، ۵ و ۱۰ محاسبه شد. در جدول ۳ شاخص دوام در چرخه‌های ۲، ۵ و ۱۰ ارائه‌شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش تعداد چرخه‌ها، شاخص دوام نمونه‌ها به دلیل فرایند سایش و تر و خشک شدن کاهش پیداکرده است.

نمودارهای ۱ تا ۴ نمودارهای همبستگی بین شاخص دوام در دهمین چرخه (Id_{10}) در برابر مقاومت فشاری تک‌محوری، مقاومت کششی برزیلین، شاخص بار نقطه‌ای و سرعت موج P نمونه‌ها را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، رابطه مستقیمی بین شاخص دوام در برابر ویژگی‌های مکانیکی با ضریب همبستگی بین ۰,۷۶ تا ۰,۹۳ وجود دارد. بالاترین ضریب همبستگی بین شاخص دوام در برابر مقاومت کششی برزیلین با ۰,۹۳ و کمترین آن مربوط به شاخص دوام در برابر سرعت موج P با ۰,۷۶ است.

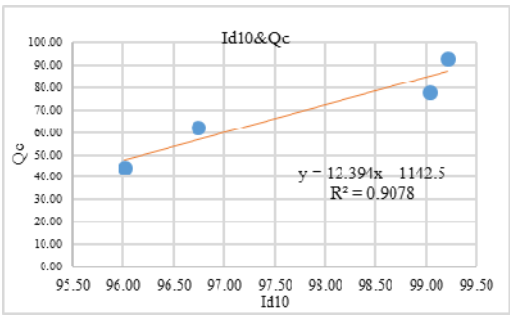
پایین بودن ضریب همبستگی بین شاخص دوام و سرعت موج P به دلیل متفاوت بودن پارامترهای تأثیرگذار روی آن‌ها می‌باشد، به‌گونه‌ای که شاخص دوام بیشتر تحت تأثیر کانی‌شناسی و بافت قرار می‌گیرد، درصورتی‌که سرعت موج P به ویژگی‌های الاستیک سنگ بستگی زیادی دارد. نتایج تحقیقات Gokceoglu et al(2000) نیز نشان داد که رابطه مستقیمی بین شاخص دوام و مقاومت فشاری تک‌محوری نمونه‌هایی از سنگ‌های رسی وجود دارد. همچنین Konncagul and Santi (1999) با انجام تحلیل رگرسیون، به ضریب همبستگی ۰,۶۳ بین شاخص دوام و مقاومت فشاری تک‌محوری دست یافتند.

جدول ۳- شاخص دوام ماسه‌سنگ‌ها در چرخه‌های ۲، ۵ و ۱۰

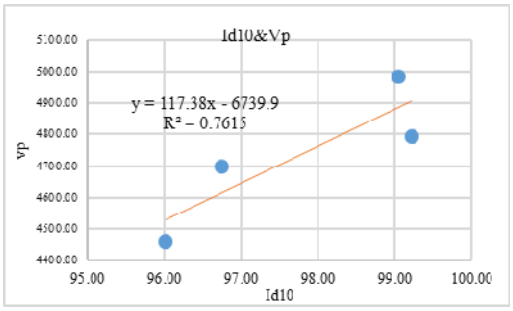
نمونه	Id_2 (%)	Id_5 (%)	Id_{10} (%)
S1	۹۹,۳۸	۹۸,۰۷	۹۶,۲
S2	۹۹,۸۴	۹۹,۵۷	۹۹,۲۲
S3	۹۹,۴۴	۹۸,۲۱	۹۶,۷۴
S4	۹۹,۷۰	۹۹,۴۰	۹۹,۰۴



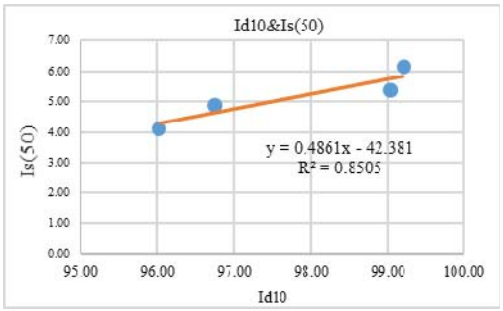
نمودار ۱- رابطه شاخص دوام و مقاومت کششی برزیلین



نمودار ۲- رابطه شاخص دوام و مقاومت فشاری تک محوره



نمودار ۳- رابطه شاخص دوام و سرعت موج p



نمودار ۴- رابطه شاخص دوام و شاخص بار نقطه ای

نتیجه‌گیری

- با توجه به اینکه برقراری همبستگی بین نتایج آزمایش‌های مختلف مهندسی، سبب جایگزینی روابط ساده به‌جای روابط پیچیده و همچنین تسریع در ارزیابی دوام مصالح سنگی می‌شود، با بررسی نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌های مختلف، روابط تجربی بین شاخص دوام و ویژگی‌های مکانیکی ارائه شد.
- با توجه به روابط همبستگی، رابطه مستقیمی بین شاخص دوام با مقاومت فشاری تک‌محوری، مقاومت کششی برزیلین، شاخص بار نقطه‌ای و سرعت موج P وجود دارد. بالاترین ضریب همبستگی بین شاخص دوام(Id_{10}) در برابر مقاومت کششی برزیلین با ۰,۹۳ و کمترین آن مربوط به شاخص دوام در برابر سرعت موج P با ۰,۷۶ است.

- پایین بودن ضریب همبستگی بین شاخص دوام و سرعت موج P، به دلیل متفاوت بودن پارامترهای تأثیرگذار روی آن‌هاست می‌باشد به‌گونه‌ای که شاخص دوام بیشتر تحت تأثیر کانی‌شناسی و بافت قرار می‌گیرد، درصورتی‌که سرعت موج P به ویژگی‌های الاستیک سنگ بستگی بیشتری دارد.

مراجع فارسی

۱- واعظی پور، م. ج. نقشه چهار گوش تربت حیدریه، ۱۳۷۰. مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

۲- درویش زاده، ع.، ۱۳۸۲. زمین‌شناسی ایران، چاپ دوم، انتشارات امیرکبیر.

References:

1- Anon., 1979. Classification of rocks and soils for engineering geological mapping. part1: *Rock and soil materials. Bulletin International Assocciation Engineering Geology*, 19, 355–371.
2- Bell, F.G., 1993. Durability of carbonate rock as building stone with comments on its preservation. *Environmental Geology*, 21, 187-200.
3- Broch, E. and Franklin, J.A., 1972. The point load test. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics*, Abstracts, 9, 669–676.
4- ISRM. 1981. Basic geotechnical description of rock mass. International Society of Rock Mechanics Commision on the classification of rock and rock masses. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. Geomech*., Vol. 18:85 -110.
5- Koncagül, E., and Santi, P., 1999. Predicting the unconfined compressive strength of the Breathitt shale using slake durability, *Shore hardness and rock structural properties. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 36, 139-153.
6- Sousa, L., Suárez del Río, L., Calleja, L., Ruiz de Aragandońa, V., and Rodríguez Rey, A., 2004. Influence of microfractures and porosity on the physic mechanical properties and weathering of ornamental granites. *Engineering Geology*, 77, 153-168.
7- Dhakal, G., Yoneda, T., Kato, M., and Kaneko, K., 2001. Slake durability and mineralogical properties of some pyroclastic and sedimentary rocks. *Engineering Geology*, 65, 31-45.
8- Gupta, V., and Ahmed, I., 2007. Effect of pH of water and mineralogical properties on the slake durability (degradability) of different rocks from the Lesser Himalaya, India. *Engineering Geology*, 95, 79-87.
9- Cargill, JS., and Shakoor, A., 1990. Evaluation of empirical methods for measuring the uniaxial compressive strength of rock. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics*, 27, 495-503.
10- Gökceoğlu, C., Ulusay, R., and Sönmez, H., 2000. Factors affecting the durability of selected weak and clay bearing rocks from Turkey, with particular emphasis on the influence of then number of drying and wetting cycles. *Engineering Geology*, 57, 215-237.
11- Dreesen, R., and Dusar, M., 2004. Historical building stones in the province of Limburg (NE Belgium): role of petrography in provenance and durability assessment. *Materials Characterization*, 53, 273– 287.