



## بررسی تاثیر ویژگی‌های فیزیکی بر روی رفتار دوام پذیری ماسه سنگ‌های سازند شوربجه، شرق حوضه کپه داغ

اعظم صفری کنگ<sup>۱</sup>، غلامرضا لشکری پور<sup>۲</sup>، محمد خانه باد<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد، azam\_safari88@yahoo.com

<sup>۲</sup> استاد گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، lashkaripour@um.ac.ir

<sup>۳</sup> استادیار گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، mkhanehbad@ferdowsi.um.ac.ir

### چکیده

در این تحقیق به منظور مطالعه رفتار دوام پذیری ماسه سنگ‌های سازند شوربجه، ۸ نمونه ماسه سنگ جمع آوری شد. در این تحقیق، ارتباط بین خصوصیات فیزیکی و میزان دوام داری مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین به منظور شناخت رفتار دوام این سنگها و تعیین شاخص دوام، آزمایش دوام وارفتگی در ۱۰ سیکل انجام شد. آزمایشات تعیین خواص فیزیکی مانند دانسیته، تخلخل و درصد جذب آب بر روی نمونه‌ها صورت گرفت. نتایج این پژوهش مبین آن است که دوام پذیری ماسه سنگ‌های مورد آزمایش با خصوصیات فیزیکی آنها در ارتباط است. به طوری که با بهبود خواص فیزیکی، دوام داری نمونه‌ها نیز افزایش می‌یابد. هم چنین با افزایش تعداد سیکل‌های تر و خشک شدن، شاخص دوام وارفتگی در نمونه‌های ماسه سنگی کاهش می‌یابد.

### واژه‌های کلیدی

دوام وارفتگی، خصوصیات فیزیکی، ماسه سنگ، سازند شوربجه.

### ۱- مقدمه

دوام سنگ‌ها به خصوص ماسه سنگ‌ها معرف میزان پایداری آنها در برابر تخریب ناشی از فرآیندهای هوازدگی فیزیکی و شیمیایی است. این عامل در طراحی روش آب بندی محل سدهای مخزنی، ارزیابی پایداری شیب‌های سنگی و دیواره چاه‌های نفت و نیز آگاهی از میزان تخریب پذیری مصالح مورد استفاده در موج شکن

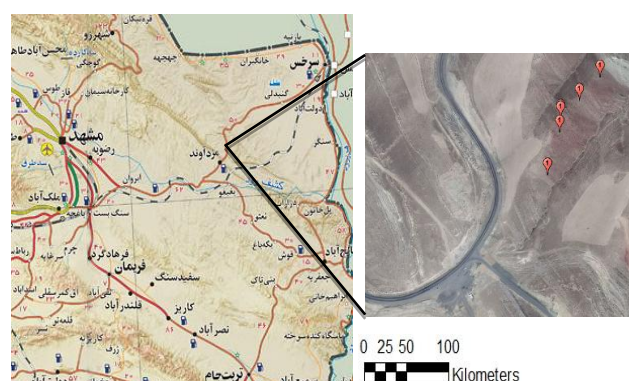
ها، ساختمان‌ها و بناهای تاریخی نقش مهمی به عهده دارد [۱]. دوام سنگ عبارت است از ارزیابی و سنجش مقاومت سنگ در برابر هوازدگی، حفظ شکل، اندازه و وضعیت ظاهری اولیه در یک مدت زمان طولانی و در شرایط محیطی حاکم بر سنگ [۲].

دوام این سنگ‌ها تحت تاثیر کانی شناسی، نوع بافت، نوع و درصد سیمان، تخلخل، توزیع اندازه ذرات، نفوذ پذیری و حضور سطوح ضعف می‌باشد [۳].

یک از راه‌های بررسی تاثیر این ویژگی‌ها بر روی دوام سنگ، آزمایش‌های تعیین خواص فیزیکی است. چرا که خواص فیزیکی، همچون دانسیته، جذب آب و تخلخل سنگ، خود تابعی از ویژگی‌های ذاتی سنگ است. هر چه خواص فیزیکی بهتری داشته باشد، دوام داری آن نیز افزایش می‌یابد. یک شاخص بسیار مناسب برای نشان دادن حساسیت سنگ در مقابل تر و خشک شدن متوالی و تاثیرات شیمیایی آب، شاخص دوام وارفتگی است که روش تعیین آن توسط فرانکلین و چاندرا در سال ۱۹۷۲ ارائه گردید و در واقع مقاومت سنگ را در برابر فرآیند تر و خشک شدن نشان می‌دهد. هر چه مقدار این شاخص بیشتر باشد، میزان فرسایش، انحلال و خورد شدن سنگ در برابر هوازدگی کمتر است. یکی از شاخص‌هایی که برای رده بندی سنگ‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، شاخص دوام داری گمبل (۱۹۷۱) است [۴].

## ۲- موقعیت جغرافیایی

پهنه رسوبی - ساختاری کپه داغ شامل کوه های هزار مسجد در شمال شرقی ایران است که در یک راستای NW-SE از شرق دریای خزر آغاز و پس از عبور از ترکمنستان و ایران وارد خاک افغانستان می شود. مقطع تیپ سازند شورججه واقع در حوضه کپه داغ در شمال شرق ایران و در مسیر جاده مشهد - سرخس درگرده مزدوران می باشد. مختصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه به طول شرقی "۵۲ ۳۲' ۶۰° و عرض شمالی "۳۷ ۰۹' ۳۶° می باشد. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه و محل های نمونه برداری را نشان می دهد.



شکل ۱ - نقشه دسترسی به منطقه مطالعاتی و محل های نمونه برداری

## ۳- خصوصیات فیزیکی

هر نوع خاص از سنگ، دارای ویژگی های خاص فیزیکی مربوط به خود است که متأثر از نوع منشأ و فرآیندهای متداول زمین شناسی است که در طول زمان بر آن حادث شده است. در پروژه های عمرانی و معدنی، آشنایی با ویژگی های فیزیکی و مکانیکی سنگ و توده های سنگی امری ضروری و مهم است. چراکه خواص فیزیکی سنگ ها که شامل ویژگی هایی مربوط به وزن مخصوص خشک و اشباع، درصد جذب آب و تخلخل به نحوی با سایر موارد دیگر از قبیل طبقه بندی، حفاری و استخراج و اکتشاف معادن، پایداری سازه های سنگی، لرزه شناسی، مقاومت توده های سنگی و روش های اجرایی ارتباط دارند. خواص فیزیکی سنگ بکر به خصوصیات و ریزساختارهای آن بستگی دارد. این ریزساختارها شامل: کانی ها، رخ، مرزهای دانه ای و ریز شکست ها است. ریز شکست ها بر روی مقاومت سنگ و جهت شکست تأثیر می گذارد [۵].

خصوصیات فیزیکی ماسه سنگ ها نظیر دانسیته خشک و اشباع، تخلخل و درصد جذب آب بر اساس استاندارد ISRM تعیین شده اند [۶].

جدول ۱ نتایج خصوصیات فیزیکی ماسه سنگ های مورد بررسی را نشان می دهد. دانسیته خشک و اشباع این سنگ ها به ترتیب بین ۲/۰۸ تا ۲/۵۶ و ۲/۲۵ تا ۲/۵۸ گرم بر سانتی متر مکعب متغیر است. هم چنین نمونه های SH<sub>6</sub> و SH<sub>7</sub> به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار تخلخل و درصد جذب آب را به خود اختصاص داده اند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی ماسه سنگ های سازند شورججه

شماره نمونه	درصد تخلخل (n)	درصد جذب آب (ω)	دانسیته خشک (ρ <sub>d</sub> )	دانسیته اشباع (ρ <sub>sat</sub> )
واحدها	%	%	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>
SH <sub>1</sub>	۷/۷۱	۳/۲۷	۲/۳۶	۲/۴۳
SH <sub>2</sub>	۸/۸۴	۳/۸۲	۲/۳۱	۲/۴۰
SH <sub>3</sub>	۸/۶۲	۳/۷۳	۲/۳۰	۲/۳۹
SH <sub>4</sub>	۱۱/۲۷	۴/۹۹	۲/۲۶	۲/۳۷
SH <sub>6</sub>	۲/۱۶	۰/۸۴	۲/۵۶	۲/۵۸
SH <sub>7</sub>	۱۷/۰۱	۸/۱۹	۲/۰۸	۲/۲۵
SH <sub>8</sub>	۴/۴۸	۱/۷۷	۲/۵۳	۲/۵۸
SH <sub>9</sub>	۷/۵۵	۳/۲	۲/۳۵	۲/۴۵



شکل ۲- نتایج آزمایش های تخلخل و درصد جذب آب

#### ۴- آزمایش دوام وارفتگی

به منظور بررسی اثر تعداد سیکل ها بر روی دوام وارفتگی ماسه سنگ های مورد مطالعه، نمونه ها در ده سیکل مورد آزمایش قرار گرفته اند (جدول ۲). بطور کلی، آزمایش دوام وارفتگی به استناد تعداد سیکل ها بر اساس استاندارد ISRM تعیین شده است.

شاخص دوام وارفتگی در سیکل دوم، از جمله شاخص هایی است که برای رده بندی سنگ ها مورد استفاده قرار می گیرد. در جدول ۳ رده بندی سنگ ها بر اساس شاخص دوام وارفتگی فرانکلین و چاندرا (۱۹۷۲) و سیکل دوم گمبل (۱۹۷۱) ارائه شده است.

جدول ۲ - نتایج آزمایش دوام وارفتگی در ده سیکل بر روی ماسه سنگ های مورد آزمایش

شماره نمونه	Id <sub>1</sub> (%)	Id <sub>2</sub> (%)	Id <sub>3</sub> (%)	Id <sub>4</sub> (%)	Id <sub>5</sub> (%)	Id <sub>6</sub> (%)	Id <sub>7</sub> (%)	Id <sub>8</sub> (%)	Id <sub>9</sub> (%)	Id <sub>10</sub> (%)
SH <sub>1</sub>	۹۹/۶۸	۹۹/۴۸	۹۹/۴۲	۹۹/۲۹	۹۹/۱۴	۹۹/۰۵	۹۸/۹۵	۹۸/۸۴	۹۸/۷۱	۹۸/۶۰
SH <sub>2</sub>	۹۹/۶۷	۹۹/۵۲	۹۹/۳۹	۹۹/۳۰	۹۹/۱۶	۹۹/۰۵	۹۸/۹۵	۹۸/۸۶	۹۸/۷۳	۹۸/۶۴
SH <sub>3</sub>	۹۹/۳۱	۹۸/۷۲	۹۸/۳۲	۹۷/۶۷	۹۷/۰۶	۹۶/۴۸	۹۵/۹۲	۹۵/۳۴	۹۴/۸۰	۹۴/۲۱
SH <sub>4</sub>	۹۹/۸۴	۹۹/۷۱	۹۹/۷۱	۹۹/۴۸	۹۹/۳۸	۹۹/۲۸	۹۹/۲۰	۹۹/۰۷	۹۸/۹۷	۹۸/۸۹
SH <sub>6</sub>	۹۹/۹۴	۹۹/۹۰	۹۹/۸۴	۹۹/۷۷	۹۹/۷۵	۹۹/۷۳	۹۹/۶۹	۹۹/۵۹	۹۹/۵۹	۹۹/۵۵
SH <sub>7</sub>	۹۹/۲۳	۹۸/۸	۹۷/۹۹	۹۷/۳۸	۹۶/۸۴	۹۶/۱۹	۹۵/۴۸	۹۴/۹۱	۹۴/۴۳	۹۳/۷۶
SH <sub>8</sub>	۹۹/۸۵	۹۹/۶۳	۹۹/۴۶	۹۹/۳۷	۹۹/۱۴	۹۸/۹۶	۹۸/۸۳	۹۸/۶۵	۹۸/۲۵	۹۸/۰۲
SH <sub>9</sub>	۹۹/۹۰	۹۹/۷۴	۹۹/۷۴	۹۹/۶۸	۹۹/۵۸	۹۹/۵۴	۹۹/۴۸	۹۹/۴۴	۹۹/۳۵	۹۹/۳۳

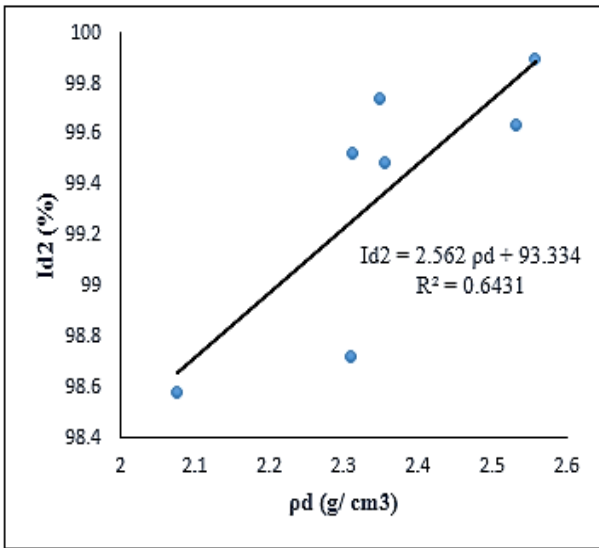
جدول ۳ - رده بندی سنگ ها بر اساس شاخص دوام وارفتگی سیکل اول فرانکلین و چاندرا (۱۹۷۲) و سیکل دوم گمبل (۱۹۷۱)

رده بندی	شاخص دوام وارفتگی سیکل اول فرانکلین و چاندرا (%)	رده بندی	شاخص دوام وارفتگی سیکل دوم گمبل (%)
خیلی ضعیف	۰-۲۵	خیلی ضعیف	۰-۳۰
ضعیف	۲۵-۵۰	ضعیف	۳۰-۶۰
متوسط	۵۰-۷۵	متوسط	۶۰-۸۵
مقاوم	۷۵-۹۰	مقاوم	۸۵-۹۵
خیلی مقاوم	۹۰-۹۵	خیلی مقاوم	۹۵-۹۸
شدیدا مقاوم	۹۵-۱۰۰	شدیدا مقاوم	۹۸-۱۰۰

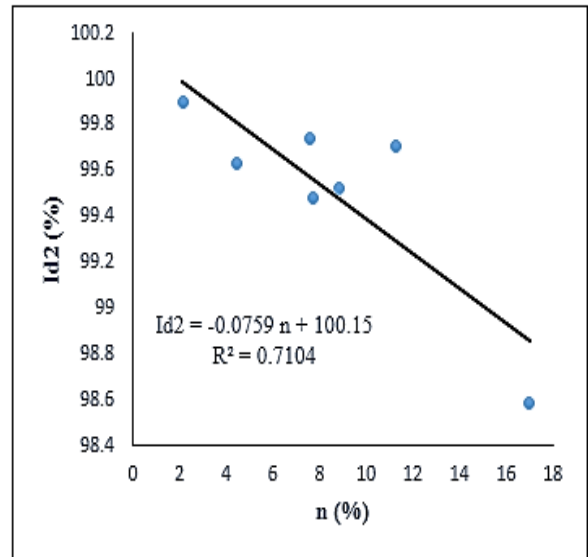
### ۵- بررسی نتایج و ارتباط بین پارامترها

در شکل (۳ و ۴) ارتباط بین تخلخل و دوام در سیکل های دوم و دهم نشان داده شده است.

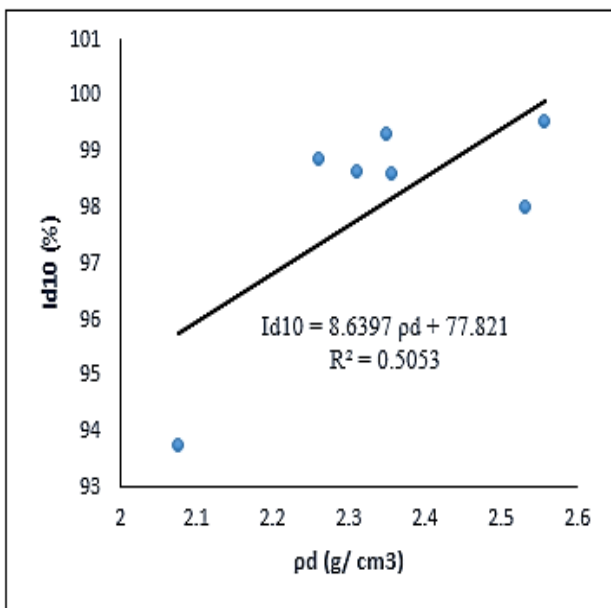
در شکل (۵ و ۶) ارتباط بین درصد جذب آب و دوام در سیکل های دوم و دهم ارائه شده است.



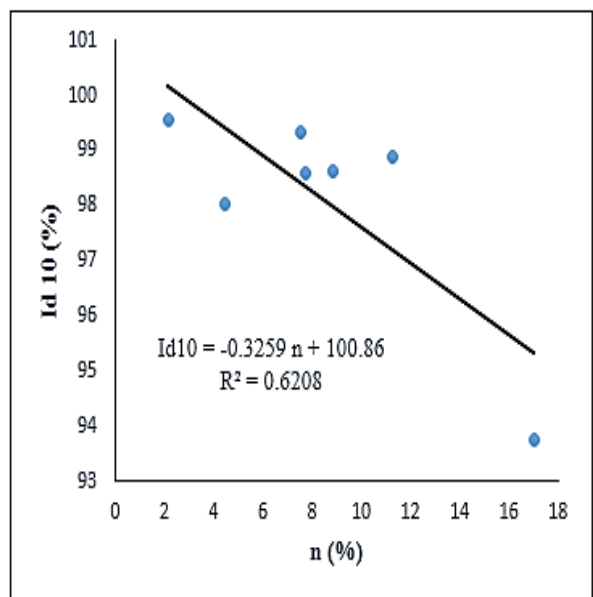
شکل ۵- رابطه دوام و دانسیته خشک در سیکل دوم



شکل ۳- رابطه دوام و تخلخل در سیکل دوم



شکل ۶- رابطه دوام و دانسیته خشک در سیکل دهم



شکل ۴- رابطه دوام تخلخل و در سیکل دهم

## ۷- منابع

- [۱] موسوی، س، قبادی، م ح، حیدری، م، ۱۳۸۴. "ارزیابی عوامل موثر بر دوام و شکستگی مارنهای ساختگاه سد خیر آباد در استان خوزستان"، بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین، تهران.
- [2] Bell, F. G., Entwisle, D. C., & Culshaw, M. G., 1997. "A geotechnical survey of some British Coal Measures".
- [3] Bell, F.G., 2000. "Engineering properties of soils and rock", Academic Division of Unwin Hyman Ltd.
- [۴] فهیمی فر، ا، سروش، ح، ۱۳۸۰. "آزمایش های مکانیک سنگ (مبانی نظری و استانداردها)"، انتشارات شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک وزارت راه و ترابری، ۷۱۹ ص.
- [5] Shalabi, F. I., Cording, E. J., & Al-Hattamleh, O. H., 2007. "Estimation of rock engineering properties using hardness tests". *Engineering Geology*, 90(3), 138-147.
- [6] Brown, E. T., 1981. "Rock characterization, testing & monitoring: ISRM suggested methods".
- [7] Franklin, J. A., and R. Chandra., 1972. "The slake-durability test." In *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, vol. 9, no. 3, pp. 325-328. Pergamon.
- [8] Ghobadi, M. H., and Mousavi, S., 2012. "The effect of pH and salty solutions on durability of sandstones of the Aghajari Formation in Khouzestan province, southwest of Iran." *Arabian Journal of Geosciences* 7, no. 2, 641-653.

طبق طبقه بندی فرانکلین و چاندرا که بر اساس شاخص دوام در سیکل اول صورت می گیرد، تمامی نمونه ها در رده ی شدیداً مقاوم قرار می گیرند [۷]. طبق طبقه بندی گمبل نیز، که بر اساس شاخص دوام در سیکل دوم صورت می گیرد، تمامی نمونه ها در رده ی شدیداً مقاوم قرار می گیرند.

وقتی آزمایش دوام وارفنگی، تا سیکل دهم ادامه می یابد مشاهده می شود که برخی از نمونه ها از رده ی شدیداً مقاوم خارج شده و در رده ی خیلی مقاوم و حتی مقاوم قرار می گیرند، مانند نمونه ی  $SH_7$ ،  $SH_3$ .

بنابراین می توان فاکتورهای دیگری را به موازات آزمایش شاخص دوام وارفنگی بررسی کرد. از جمله ی این فاکتورها، ویژگی های فیزیکی نمونه ها، به ویژه دانسیته، جذب آب و تخلخل است.

نمونه ی  $SH_7$ ، که کمترین دانسیته را داراست، درصد جذب آب و تخلخل بالایی را نشان می دهد، بیشترین کاهش وزن را در پایان سیکل دهم داراست ( $Id_{10} = 93.76\%$ ). بدین معنا که با افزایش تخلخل، آب بیشتری می تواند به داخل سنگ نفوذ کند و در نتیجه فرآیند انحلال خرده سنگ های موجود در ماسه سنگ افزایش می یابد. این پدیده که با کاهش دانسیته ماسه سنگ ها همراه است، منجر به کاهش دوام می شود [۸]. این در حالی است که طبق رده بندی گمبل در سیکل دوم، در رده شدیداً مقاوم قرار می گیرد. اما اکثر نمونه ها بعد از ده سیکل همچنان در رده ی شدیداً مقاوم قرار می گیرند. وقتی دانسیته و جذب آب این نمونه ها را بطور همزمان در نظر می گیریم، مشاهده می کنیم که این نمونه ها دانسیته نسبتاً بالایی داشته و تخلخل و جذب آب کمی دارند.

## ۶- نتیجه گیری

- طبق طبقه بندی گمبل، تمامی نمونه ها در رده ی شدیداً مقاوم قرار می گیرند.

- بعد از سیکل دهم، اکثر نمونه ها در رده ی شدیداً مقاوم قرار گرفته ولی چند نمونه رده ی پایین تری را نشان می دهند.

- دانسیته، جذب آب و تخلخل از جمله خصوصیات فیزیکی مناسب برای بررسی همزمان با شاخص دوام وارفنگی سنگ ها برای رسیدن به نتایج قابل اطمینان است.

- نمونه هایی که در پایان ده سیکل، کاهش وزنی بیشتری را نشان می دهند، دانسیته کمتر و تخلخل و جذب آب بالایی دارند.

- با توجه به ضریب همبستگی مناسبی که بین پارامتر دوام و خصوصیات فیزیکی برقرار شده است می توان با ارائه یک سیستم رده بندی مناسب که این دو پارامتر را بطور همزمان در نظر بگیرد، نتایج مناسب تر و قابل اعتماد تری ارائه داد و از اتلاف وقت و هزینه جلوگیری کرد.