

بررسی تاثیر بافت سنگ‌های آهکی منطقه همدان بر روند افت وزنی آنها در آزمایش سلامت سنگ

سید داود محمدی^{۱*}، غلامرضا خانلری^۲، لیلا احمدی^۳

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۳/۴

دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۱۰/۲

چکیده

به طور کلی بهره‌گیری از امکانات محلی و دسترسی به منابع قرضه مناسب و با صرفه اقتصادی در هر پروژه عمرانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا، سنگ‌های آهکی به طور وسیعی برای احداث پروژه‌های عمرانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از فاکتورهایی که به عنوان عامل تمایز در سنگ‌های آهکی استفاده می‌شود، بافت سنگ‌های آهکی می‌باشد. در این پژوهش با در نظر گرفتن بافت به عنوان عامل متمایز کننده سنگ‌های مورد مطالعه، به بررسی مقاومت و دوام شش نمونه از سنگ آهک‌های استان همدان از طریق آزمایش سلامت سنگ پرداخته شده است. هدف از انجام این پژوهش دستیابی به نوعی از سنگ آهک می‌باشد که از نظر بافت و خصوصیات زمین شناختی در مقابل خوردگی ناشی از ترکیبات شیمیایی مقاوم بوده و کمترین تأثیرپذیری را از این نظر داشته باشد و در واقع کمترین میزان زوال را از خود نشان دهد. بررسی تاثیر بافت بر افت وزنی نمونه‌ها در آزمایش سلامت نشان می‌دهد که در سنگ‌های آهکی، بافت‌هایی که یکپارچگی در ساختار و همچنین نوع کربنات تشکیل دهنده آنها مشاهده می‌گردد، رفتار بهتری را نشان می‌دهند. همچنین در تمام نمونه‌هایی که دارای بافت و ترکیب یکنواختی بودند، مصالح درشت‌دانه، با محدوده اندازه ۳۷/۵ تا ۵۰ میلی‌متر، دوام‌پذیری بالاتری را احراز نموده‌اند. بنابراین، بافت؛ یک عامل مهم و موثر بر دوام و مقاومت سنگ‌های آهکی در برابر خوردگی بوده و باید در کنار اندازه ذرات مصالح، به عنوان فاکتور تعیین‌کننده در ارزیابی دوام مطرح گردد.

کلید واژه‌ها: منابع قرضه، اندازه دانه‌ها، بافت سنگ، سولفات سدیم، سولفات منیزیم

۱. استادیار زمین‌شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا همدان، d.mohammadi@basu.ac.ir

۲. دانشیار زمین‌شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۳. کارشناس ارشد زمین‌شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

* مسئول مکاتبات

مقدمه

امروزه مصالح سنگی در پروژه‌های عمرانی جایگاه خاصی را از دیدگاه اقتصادی و فنی در احراز کرده‌اند به نحوی که حجم وسیعی از مصالح به کار رفته در سازه‌ها از مصالح سنگی می‌باشند. این مسأله در مورد سنگ‌های آهکی به دلیل گسترش و فراوانی آنها در سطح زمین (به ویژه در کشور ما) از اهمیت بیشتری برخوردار بوده است.

از میان مصالح سنگی، سنگ‌های آهکی بیشتر در پوشش محافظ سدهای خاکی (Riprap)، اساس و زیراساس جاده‌ها (Base and Sub base)، بالاست راه آهن (Ballast)، منابع قرصه (Barrow Materials) جهت تهیه بتن و آسفالت کاربرد دارند. سنگ‌های آهکی در مقابل عوامل شیمیایی، استعداد خوردگی و انحلال‌پذیری زیادی دارند، لذا مطالعه سنگ‌های آهکی و ارزیابی کیفیت و دوام مصالح سنگی آهکی، امری لازم است. آزمون سلامت سنگ یکی از مهم‌ترین آزمایش‌های لازم برای بررسی کیفیت سنگ‌ها می‌باشد و از سوی دیگر انجام آن مستلزم صرف وقت بسیار زیادی است. در مقابل بررسی بافت سنگ در مدت زمان کمتر و صرف هزینه کمتر به راحتی امکان‌پذیر است. محققان متعددی به بررسی کیفیت منابع قرصه آهکی پرداخته‌اند. به عنوان مثال ناصحی (۱۳۷۶)، تلخابلو (۱۳۸۶) و نیکودل (۱۳۶۹) تلاش نموده‌اند تا معیارهایی مناسب برای شناخت زوال‌پذیری سنگ‌ها ارائه نمایند. (Sims 1991) به بررسی کیفیت و دوام سنگ‌ها برای کاربرد در ساخت سازه‌ها پرداخته است. (Tugrul and Zarif 1999) رابطه بین کانی‌شناسی و بافت سنگ‌های گرانیتی را با ویژگی‌های مهندسی آنها بررسی کرده‌اند. امانیان (۱۳۸۵) نیز تأثیر ویژگی‌های پترولوژیکی بر دوام‌پذیری و مقاومت سنگ‌های آذرین را بررسی نموده است. با توجه به اهمیت تأثیر بافت سنگ‌های آهکی بر ویژگی‌های مهندسی آنها، در این پژوهش سعی شده است تا ارتباط بین بافت سنگ و میزان افت وزنی، در طی آزمون سلامت سنگ بررسی گردد. در شش نمونه با

بافت‌های مختلف، روند افت وزنی متفاوتی مشاهده گردیده است که بدان پرداخته خواهد شد.

۲- روش نمونه‌برداری و زمین‌شناسی مناطق

در این پژوهش، بعد از شناسایی محل‌های مناسب برای نمونه‌برداری بلوکی در منطقه همدان، مطابق استاندارد (BS 5930: 1981)، نمونه‌ها طوری انتخاب شده‌اند تا فاقد هوازدگی باشند و همگی در رده سنگ‌های تازه قرار گیرند.

مناطق نمونه‌برداری در استان همدان واقع بوده و از نظر زمین‌شناسی در زون سندج- سیرجان قرار گرفته‌اند (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۷۹). این محل‌ها شامل مناطق نهبوند، ملایر، قهاوند، کبودرآهنگ و شهر همدان می‌باشند که خلاصه مشخصات آنها در جدول ۱ آمده است.

۳- بررسی بافت سنگ‌های مورد مطالعه

بررسی بافت سنگ‌های آهکی مورد مطالعه با تهیه مقاطع نازک و رنگ‌آمیزی مقاطع مذکور توسط محلول آلزاین قرمز به منظور تشخیص وجود دولومیت انجام گرفته است. جدول ۲ به طور خلاصه ویژگی‌های بافتی نمونه‌های مورد مطالعه را بر اساس رده‌بندی (Dunham 1962) [نقل از سحابی، ۱۳۷۵] و شکل‌های ۱ تا ۶ تصاویر از مقاطع میکروسکوپی نمونه‌ها را نشان می‌دهد

۴- برنامه آزمایش‌ها

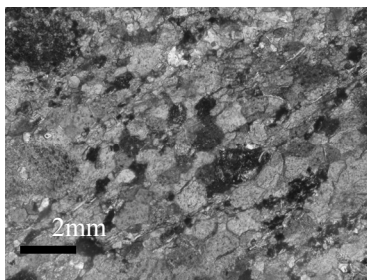
آزمایش‌های انجام گرفته شامل آزمایش‌های مکانیکی جهت تعیین ویژگی‌های مهندسی نمونه‌ها و آزمایش‌های سلامت سنگ (Soundness) می‌باشد که خود شامل بررسی روند افت وزنی در اندازه‌های متفاوت ذرات طی آزمون سلامت سنگ بوده و در آن تأثیر بافت سنگ‌های آهکی بر روند افت وزنی به دقت بررسی گردیده است.

جدول ۱: مشخصات جغرافیایی و زمین شناختی محل های نمونه برداری

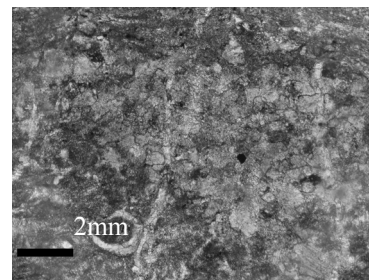
نام منطقه	محل نمونه برداری و نام نمونه	موقعیت جغرافیایی		توصیف زمین شناختی واحدهای نمونه برداری
		عرض شمالی	طول شرقی	
نهاوند	سراب گیان (S1)	۳۴° و ۰۸' تا ۳۴° و ۰۹'	۴۸° و ۱۲' تا ۴۸° و ۱۴'	سنگ های آهکی توده ای تا ضخیم لایه که بخشی از آن به صورت آلیتی و همراه با خرده صدف های فسیلی و قسمتی نیز تیره رنگ و به صورت آهک دولومیتی است.
ملایر	معدن سنگ کارخانه آسفالت ملایر (S2)	۳۴° و ۱۷' تا ۳۴° و ۲۰'	۴۸° و ۵۰' تا ۴۸° و ۵۲'	سنگ آهک نسبتاً یکنواخت لایه تا توده ای همراه با میان لایه های نازک اسلیت آهکی، دارای دگرگونی خفیف.
قهاوند	معدن سنگ همه کسی (S3)	۳۵° و ۰۰' تا ۳۵° و ۰۳'	۴۸° و ۵۶' تا ۴۸° و ۵۸'	با سن الیگوسن - میوسن در این منطقه معادل با سازند قم در ایران مرکزی می باشند. این واحد از سنگ آهک های متوسط تا ضخیم لایه به رنگ خاکستری روشن تا سفید همراه با فسیل های مرجان و خارپوست و خرده های صدف تشکیل شده است و دارای چین خوردگی بسیار ملایمی است.
کیودرآهنگ	غار علیصدر (S4)	۳۵° و ۱۷' تا ۳۵° و ۱۹'	۴۸° و ۱۷' تا ۴۸° و ۱۹'	سنگ آهک درشت بلور و خاکستری در سطوح هوازده، حاوی قطعات مرجان و خرده هایی از پوست صدف همراه با میان لایه هایی از ماسه سنگ درشت دانه تا کنگلومرا با سیمان آهکی است.
شهر همدان	سد آبشینه (S5)	۳۴° و ۴۴' تا ۳۴° و ۵۰'	۴۸° و ۳۵' تا ۴۸° و ۳۹'	سنگ آهک ریفی، با سن الیگومیوسن دارای فسیل های فراوان دوکفه ای، خارپوست و مرجان است.
شهر همدان	سد اکباتان (S6)	۳۴° و ۴۴' تا ۳۴° و ۵۰'	۴۸° و ۳۵' تا ۴۸° و ۳۹'	آهک کریستالیزه و کنگلومرایی

جدول ۲: نتایج بررسی مقاطع میکروسکوپی و رده‌بندی سنگ‌های مورد مطالعه

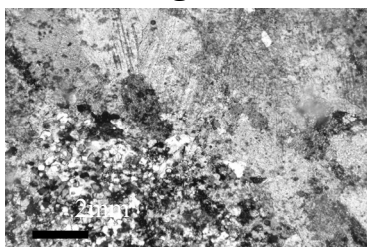
نام منطقه	نام نمونه	اجزای تشکیل دهنده	رده‌بندی سنگ بر اساس Dunham, 1962 (نقل از سجایی، ۱۳۷۵)
نهاوند	S1	قطعات آهک میکرایتی خرد شده و سیمان اسپاری	برش آهکی
ملایر	S2	بلورهای کلسیت، درصد کمی بلورهای کوارتز، کانی‌های تیره (پیریت و کالکوپیریت) و مسکویت و چرت	آهک کریستالین
قهاوند	S3	قطعات مرجان و کرینوئید و خرده‌های صدف و دیگر جلبک‌ها	بایوکلستیک پکستون
کبودرآهنگ	S4	بلورهای درشت دولومیت و رگه‌های سیلیسی شده (۲۰٪)	دولستون
شهر همدان	S5	قطعات مرجان (در بعضی موارد تبلور مجدد حاصل کرده‌اند) و گل میکرایتی و سیمان میکرایتی	باندستون مرجانی
شهر همدان	S6	قطعات آهک که کمی دگرگون شده‌اند و سیمان اسپاری	کنگلومرای با سیمان آهکی



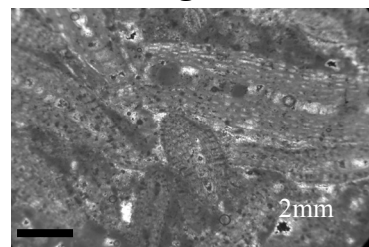
شکل ۲: تصویر مقطع نازک نمونه S2



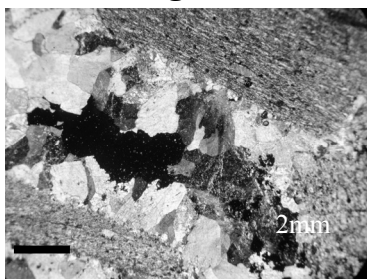
شکل ۱: تصویر مقطع نازک نمونه S1



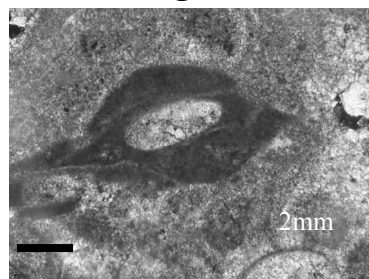
شکل ۴: تصویر مقطع نازک نمونه S4



شکل ۳: تصویر مقطع نازک نمونه S3



شکل ۶: تصویر مقطع نازک نمونه S6



شکل ۵: تصویر مقطع نازک نمونه S5

۴-۱ آزمایش‌های تعیین ویژگی‌های مهندسی سنگ‌های

مورد مطالعه

آزمایش‌هایی که در این پژوهش جهت تعیین ویژگی‌های مهندسی نمونه‌های مورد مطالعه انجام شده است، به‌طور خلاصه عبارت از آزمایش‌های تعیین خصوصیات فیزیکی مانند چگالی خشک، اشباع، وزن مخصوص و غیره، و آزمایش‌های مکانیکی مانند مقاومت فشاری تک محوری، مقاومت بار نقطه‌ای، مقاومت کششی و غیره می‌باشد. در جدول ۳، خلاصه ویژگی‌های مهندسی نمونه‌های مورد بررسی به همراه شماره استاندارد آزمایش‌ها آورده شده است.

۴-۲ آزمایش‌های سلامت سنگ

به منظور بررسی تاثیر بافت سنگ‌های آهکی منطقه همدان بر میزان افت وزنی آنها در آزمایش‌های سلامت سنگ (Soundness)، از محلول‌های سولفات سدیم و سولفات منیزیم، مطابق استاندارد ASTM C88-90 استفاده شده است. در این استاندارد، کلیه آزمایش‌ها بر روی محدوده خاصی از ذرات انجام می‌شود که از ۶۵ میلی‌متر تا ۴/۷۵ متغیر می‌باشد. جدول ۴ اندازه دانه‌های مورد نیاز برای انجام این آزمایش، مقادیر وزنی نمونه‌های مورداستفاده و سایز الک‌هایی که برای تعیین میزان افت وزنی نمونه‌ها در انتهای آزمایش مورد نیاز است را نشان می‌دهد. در این پژوهش افت وزنی ذرات پس از هر چرخه غوطه‌وری و خشک‌شدن اندازه‌گیری شده و به بررسی روند تغییرات وزنی ذرات در اندازه‌های مختلف در بافت‌های مورد مطالعه پرداخته شده است. درصد افت وزنی در هر چرخه از آزمایش سلامت سنگ از رابطه ۱ به دست می‌آید (ASTM C88-90):

$$LW(\%) = \frac{W_n - W_s}{W_s} \times 100 \quad (1)$$

$LW(\%) =$ درصد افت وزنی

$W_n =$ وزن خشک نمونه بعد از چرخه n ام

$W_s =$ وزن خشک اولیه نمونه

۵- بررسی تاثیر بافت بر روند افت وزنی در اندازه‌های

متفاوت ذرات

به منظور بررسی نتایج آزمایش‌های سلامت سنگ انجام شده در این پژوهش، روند تغییرات حاصل به صورت نمودارهایی که در ادامه ارائه می‌گردند، نشان داده شده است. در حین انجام آزمایش پس از انجام برخی از چرخه‌ها، افزایش وزن در نمونه‌ها مشاهده می‌گردد. به همین دلیل نمودارهای ترسیم شده بر اساس تغییر وزن صورت گرفته ترسیم شده‌اند. مصالح مورد آزمایش در هفت گروه مجزا (از نظر اندازه ذرات) براساس استاندارد ASTM C88 مورد آزمایش واقع می‌گردند، که روند تغییر وزن تمامی آنها بررسی گردیده است. در تمامی نمودارهای مورد بررسی، اعداد منفی بیانگر کاهش وزن نمونه‌ها در چرخه‌های آزمایش (افزایش افت وزنی) می‌باشد.

از آنجا که در بررسی‌های انجام شده بافت بایوکلاستیک پکستون (نمونه همه‌کسی)، روند یکنواختی را در تمامی ذرات نشان داده است و از سوی دیگر تفاوت فاحشی در میزان افت وزنی با دیگر بافت‌ها داشته است، به دلایلی که مطرح شد و نیز به‌منظور کاربرد مقیاس مناسب‌تر در نمودارها، این بافت به طور مجزا مورد بررسی قرار گرفته است.

۵-۱ بررسی روند افت وزنی در اندازه ذرات گروه‌های

G1 تا G7 در بافت بایوکلاستیک پکستون

شکل ۷ روند افت وزنی را در هفت اندازه مختلف از بافت بایوکلاستیک پکستون (نمونه همه‌کسی) در آزمایش سلامت سولفات سدیم و شکل ۸ روند افت وزنی را در هفت اندازه مختلف از بافت بایوکلاستیک پکستون (نمونه همه‌کسی) در آزمایش سلامت سولفات منیزیم نشان می‌دهد.

جدول ۳: خلاصه ویژگی‌های مهندسی سنگ‌های مورد مطالعه و استاندارد آزمایش آنها

نام پارامتر	استاندارد آزمایش	نمونه S1	نمونه S2	نمونه S3	نمونه S4	نمونه S5	نمونه S6
چگالی خشک (gr/cm^3)	ASTM D2216	۲/۶۴	۲/۶۰	۱/۸۷	۲/۶۲	۲/۵۱	۲/۶۳
چگالی اشباع (gr/cm^3)	ASTM D2216	۲/۶۵	۲/۶۰	۲/۰۸	۲/۶۲	۲/۵۳	۲/۶۶
وزن مخصوص ظاهری	ASTM D2216	۲/۷۱	۲/۶۷	۲/۴۴	۲/۶۹	۲/۶۲	۲/۷۶
تخلخل (%)	ASTM D2216	۰/۸۰	۰/۷۵	۲۱/۸۸	۰/۹۲	۲/۱۱	۳/۰۰
جذب آب (%)	ISRM (نقل از فهیمی فرو و سروش، ۱۳۸۰)	۰/۲۸	۰/۲۸	۱۱/۴۸	۰/۳۴	۰/۸۲	۱/۱۴
شاخص دوام Id2(%)	ASTM D4644	۹۹/۳۲	۹۹/۳۱	۹۵/۰۵	۹۹/۴۷	۹۸/۹۴	۹۹/۲۵
ضریب ساییش لوس آنجلس	ASTM C131	۰/۲۷۰	۰/۲۴۰	۰/۳۸۹	۰/۲۳۳	۰/۳۰۴	۰/۲۴۹
سختی اشمیت	ISRM (نقل از فهیمی فرو و سروش، ۱۳۸۰)	۴۹	۴۹	۳۹	۲۴	۴۴	۴۹
شاخص مقاومت بار نقطه‌ای Is(50)(MPa)	ASTM D5731	۴/۳۹	۵/۶۵	۱/۰۲	۶/۴۷	۳/۷۰	۷/۰۲
مقاومت کششی برزیلین (MPa)	ASTM D3967	۱۵/۶۹	۱۶/۴۳	۳/۴۵	۷/۹۹	۶/۶۵	۱۲/۲۸
مقاومت فشاری تک محوری (MPa)	ASTM D2938	۱۰۶/۷۳	۱۱۲/۸۱	۱۷/۰۹	۱۲۶/۲۶	۳۹/۰۰	۱۴۲/۰۸
مدول الاستیسیته (MPa)	ASTM D3148	۱۴/۴۴	۱۴/۲۹	۷/۷۵	۱۷/۸	۳/۴۷	۱۴/۸۶
ارزش ضربه‌ای (%)	BS 812	۸/۷۳	۵/۹۷	۲۲/۰۰	۸/۰۳	۹/۹۲	۷/۹۴
درصد آهک نمونه (کلسی متری)	ASTM STP777 (Cahney et al., 1982)	۸۹/۰۰	۷۲/۰۰	۸۸/۷۵	۸۳/۲۵	۸۹/۵۰	۸۲/۰۰

جدول ۴: اندازه دانه‌های مورد نیاز برای آزمایش‌های سلامت سنگ بر اساس استاندارد ASTM C88-90

گروه	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
اندازه دانه‌ها (mm)	۵۰-۶۳	۳۷/۵-۵۰	۲۵-۳۷/۵	۱۹-۲۵	۱۲/۵-۱۹	۹/۵-۱۲/۵	۴/۷۵-۹/۵
وزن مورد نیاز (gr)	۳۰۰۰±۳۰۰	۲۰۰۰±۲۰۰	۱۰۰۰±۵۰	۵۰۰±۳۰	۶۷۰±۱۰	۳۳۰±۵	۳۰۰±۵
اندازه الک برای تعیین میزان افت وزنی (mm)	۳/۱/۵			۱/۶/۰		۸/۰	

با مقایسه نمودارهای شکل ۹ و ۸ مشاهده می‌گردد که شیب روند افت وزنی، در آزمون سدیم کمتر است و افت وزنی پس از چرخه اول آغاز می‌گردد؛ در حالی که در آزمون منیزیم روند افت وزنی پس از چرخه دوم آغاز می‌گردد اما شیب بسیار بیشتری را نشان می‌دهد. در ادامه به بررسی روند افت وزنی در اندازه‌های مختلف ذرات برای مابقی نمونه‌ها پرداخته می‌شود.

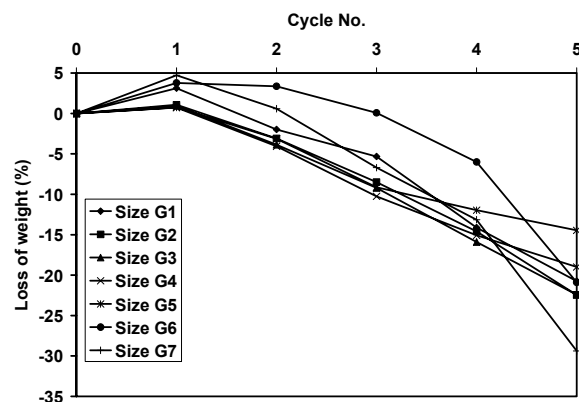
۵-۲ بررسی روند افت وزنی در اندازه ذرات گروه G1

شکل ۹ روند تغییرات وزن در ذرات گروه G1 را تحت آزمون سلامت سولفات سدیم نشان می‌دهند. نمودار مذکور مشخص می‌کند که در چرخه سوم آزمایش، افزایش وزن قابل ملاحظه‌ای نسبت به چرخه‌های قبل و بعد رخ می‌دهد، اعم از اینکه در چرخه اول افزایش یا کاهش وزن داشته باشیم. فرآیندی که باعث افزایش یا کاهش وزن در چرخه اول می‌گردد، بدین نحو قابل توضیح می‌باشد که در اولین چرخه‌ی غوطه‌وری محلول نمک به درون ریزترک‌ها و حفرات سنگ نفوذ می‌کند. در نمونه‌هایی که تخلخل کم و درصد جذب آب پایینی دارند یا تخلخل مفید کمی دارند، فقط حفرات و ترک‌های سطحی اشباع شده و تبلور نمک در حفرات و ترک‌های مذکور باعث جدایش ذرات و لایه‌هایی از سنگ گردیده و افت وزنی در سنگ مشاهده می‌گردد.

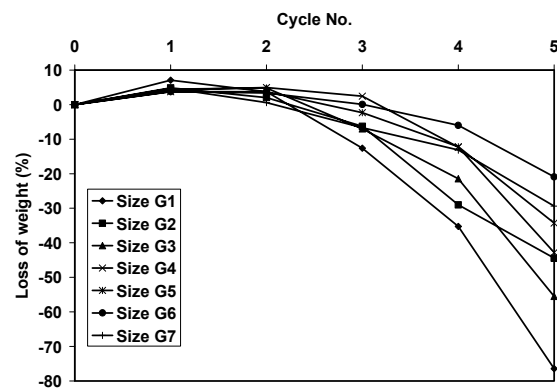
اما در نمونه‌هایی که جذب آب و تخلخل بیشتر و یا تخلخل مفید بیشتری دارند، حفرات و ترک‌های داخلی نیز اشباع می‌گردند. در حالی که نیروی تبلور نمک در حفرات داخلی، با توجه به حجم و اندازه مصالح، توانایی غلبه بر نیروی مقاوم سنگ را نداشته و فقط به صورت افزایش وزن نمود می‌یابد که نشانگر نفوذ نمک به داخل سنگ می‌باشد. بنابراین افت وزنی ناشی از جدایش ذرات و لایه‌های سطحی با افزایش وزن ناشی از نفوذ نمک جبران گشته و حتی افزایش وزن نیز مشاهده می‌گردد.

اما سازوکاری که باعث افزایش وزن در مرحله سوم می‌گردد، بدین نحو قابل توضیح می‌باشد که در ادامه مراحل فوق فشار

نکته‌ای که در نمودارهای ترسیم شده بر اساس روند افت وزنی در سایزهای مختلف این بافت در آهک همه‌کسی جلب توجه می‌باشد، این است که با یک افزایش وزن که در مرحله اول رخ می‌دهد، افت وزنی به صورت نزولی آغاز شده و ادامه می‌یابد. چنین پدیده‌ای به دلیل ضعف سنگ می‌باشد. همچنین تخلخل و جذب آب بالا باعث جذب مقدار زیادی از محلول در مرحله اول غوطه‌وری می‌گردد و از آنجا که در این سنگ ذرات متشکله، اتصال خوبی با هم نداشته و سیمانی شدن در آنها مشاهده نمی‌گردد، بنابراین نیروی تبلور نمک به راحتی بر نیروهای مقاوم سنگ غلبه کرده و باعث تخریب و افت وزنی در سنگ می‌گردد. به این ترتیب، هر مرحله جذب محلول توسط سنگ، افت وزنی به دنبال خواهد داشت و این روند در تمامی گروه‌های دانه بندی این بافت (۷ سایز متفاوت) مشاهده می‌گردد.

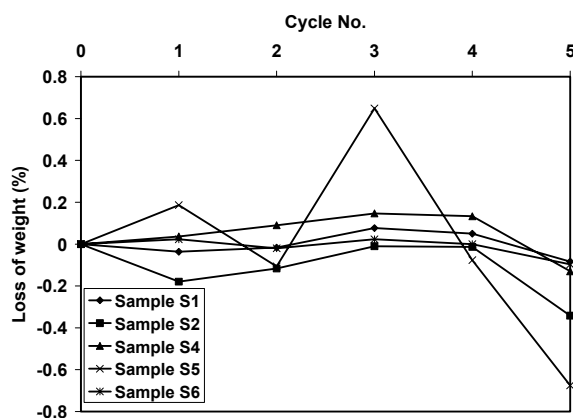


شکل ۷: روند افت وزنی در ۷ اندازه مختلف ذرات در نمونه S3 (آزمایش سولفات سدیم)

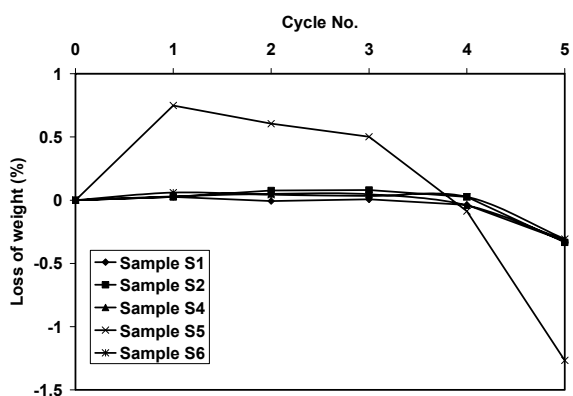


شکل ۸: روند افت وزنی در ۷ اندازه مختلف ذرات در نمونه S3 (آزمایش سولفات منیزیم)

زیادی محلول و بالتبع تبلور نمک در حفرات داخلی نمونه گردیده است. از سوی دیگر به دلیل مقاومت کمتر این بافت، تخریب و جدا شدن قطعات زودتر و بیشتر از سایر بافت‌ها رخ می‌دهد، اما در بقیه بافت‌ها روند تقریباً مشابهی طی می‌شود و افزایش وزن چرخه سوم تکرار می‌گردد. البته تفاوت‌های ناشی از تاثیر بافت‌های مختلف به خوبی مشاهده می‌گردد.



شکل ۹: روند تغییر وزن در ذرات گروه G1 در بافت‌های مختلف (آزمایش سولفات سدیم)



شکل ۱۰: روند تغییر وزن در ذرات گروه G2 در بافت‌های مختلف (آزمایش سولفات منیزیم)

۳-۵ بررسی روند افت وزنی در اندازه ذرات گروه G2

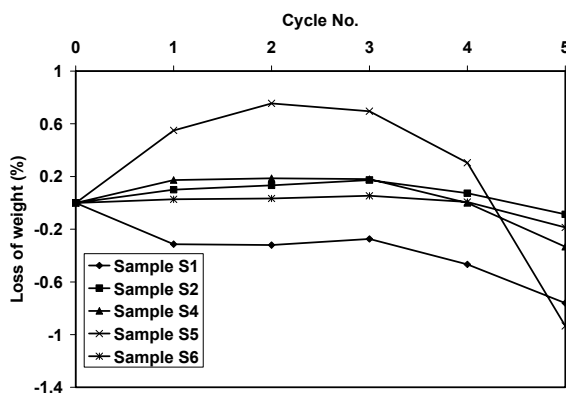
شکل‌های ۱۱ و ۱۲ روند افت وزنی در ذرات گروه G2 را طی آزمون‌های سلامت سولفات سدیم و منیزیم نشان می‌دهند. در این بررسی روند تغییر وزن در نمونه باندستون مرجانی (نمونه آبهینه) و همچنین تاثیر بافت و مقاومت سنگ را می‌توان مشاهده کرد. افزایش وزن اولیه بیشتر و نیز افت وزنی بیشتر نسبت به دیگر بافت‌ها در نمودار نشان داده شده است. در این گروه از ذرات (گروه G2) افزایش وزن در چرخه سوم و

تبلور نمک باعث بازشدگی ترک‌های بیشتری شده و نفوذ محلول نمکی بیشتر شده و در نتیجه افزایش وزن بیشتری رخ می‌دهد، که منجر به افزایش وزن بیشتر در مرحله سوم می‌گردد. در این مرحله است که فشار تبلور نمک بر نیروهای مقاوم سنگ غلبه کرده و روند کاهش وزن در چرخه‌های بعدی آغاز می‌گردد. لازم به ذکر است که مرحله افزایش وزن در گروه‌های مختلف (اندازه‌های مختلف ذرات) در چرخه‌های متفاوتی رخ می‌دهد.

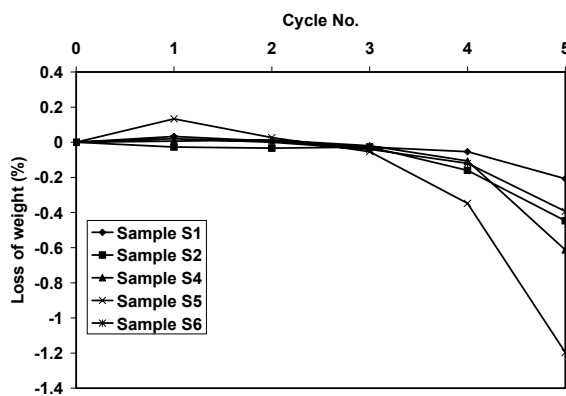
در شکل ۱۰ روند افت وزنی ذرات گروه یک در آزمون سلامت سولفات منیزیم نشان داده شده است. در این نمودار نیز افزایش وزن، با روند کاهشی در سیکل سوم مشاهده می‌گردد. این افزایش چنانچه در نمودارهای بعدی ملاحظه خواهد شد با اندازه ذرات مرتبط می‌باشد. این ارتباط بدین نحو است که در اندازه‌های بزرگتر ذرات، افزایش وزنی که منتهی به چرخه‌های افت وزنی می‌گردد در چرخه‌های سوم و چهارم مشاهده می‌شود، در حالی که در ذرات کوچک‌تر این افزایش وزن در چرخه‌های اول و دوم دیده می‌شود. البته این افزایش وزن تحت تاثیر عوامل دیگری نیز می‌باشد، از آن جمله می‌توان به مقاومت سنگ و درصد تخلخل مفید آن اشاره کرد. (Benavenete et al., 2004) میزان دوام سنگ را با ساختار حفرات، قطر حفرات، قطر گلوگاه‌های ارتباط‌دهنده حفرات و مقاومت دیواره حفرات، مرتبط می‌دانند. توزیع اندازه حفرات نیز بر دوام سنگ موثر می‌باشد (Bandyopadhyay, et al., 1995; Benavenete et al., 2004) بنابراین با توجه به تاثیر عوامل متعدد، تعیین یک عامل واحد به عنوان فاکتور اصلی، خالی از اشکال نمی‌باشد. اما می‌توان در میان پیچیدگی‌های عوامل مذکور، روابطی را دریافت که به آنها اشاره گردید و در نمودارهای بعدی نیز به آنها اشاره خواهد شد.

همانگونه که در دو نمودار قبل مشاهده می‌گردد، روند افت وزنی در این گروه در بافت باندستون مرجانی (نمونه آبهینه) با دیگر بافت‌ها متفاوت می‌باشد. بدین معنا که نیروی ناشی از تبلور نمک جذب شده در چرخه اول، برای ایجاد افت وزنی کافی بوده و یا تخلخل مفید در این بافت باعث نفوذ مقادیر

می‌گردد که در این بین تشابهات موجود در میان برخی بافت‌ها باعث تشابه روند افت وزنی در آنها گردیده است. روند افت وزنی در بافت باندستون مرجانی (نمونه آیشینه) در این گروه نیز تفاوت زیادی با دیگر بافت‌ها دارد. افزایش وزن در چرخه دوم و سپس آغاز روند افت وزنی نکته مشترکی است که در این بافت در سایزهای مختلف دیده شده است. شباهت روند افت وزنی در دو بافت برش آهکی (نمونه نهانند) و کنگلومرای آهکی (نمونه اکباتان) و دو بافت آهک کریستالین (نمونه ملایر) و دولستون (نمونه علیصدر) در این نمودار نیز دیده می‌شود.



شکل ۱۳: روند تغییر وزن در ذرات گروه G3 در بافت های مختلف (آزمایش سولفات سدیم)

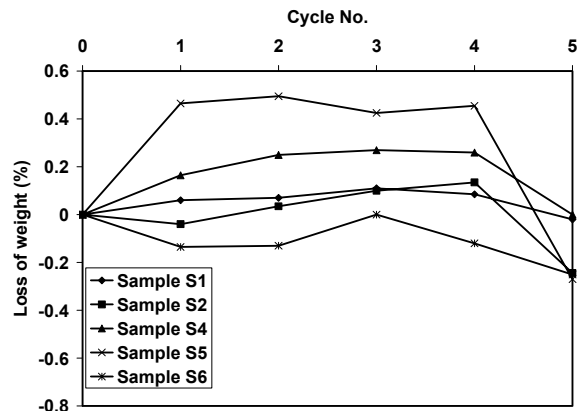


شکل ۱۴: روند تغییر وزن در ذرات گروه G3 در بافت های مختلف (آزمایش سولفات منیزیم)

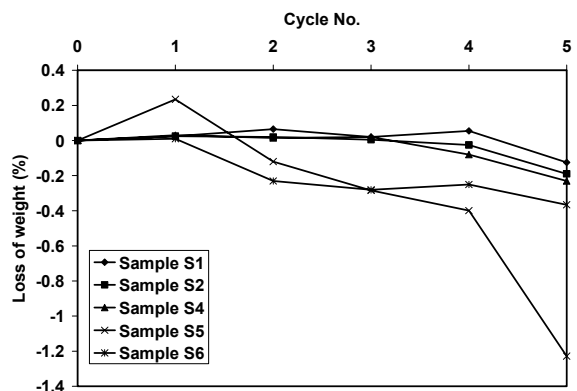
۵-۵ بررسی روند افت وزنی در اندازه ذرات گروه G4

شکل های ۱۵ و ۱۶ روند افت وزنی در ذرات گروه G4 را طی آزمون های سلامت سولفات سدیم و منیزیم نشان می‌دهند. چند نکته کلی که در نمودارهای قبل نیز به آنها اشاره شد،

چهارم متغیر است. اما تشابه بافتی در نمونه های کریستالین (نمونه ملایر) و دولستون (نمونه علیصدر) باعث شده است تا چرخه افزایش وزن در هر دو بافت و در طی هر دو آزمایش مانند هم باشد که این مطلب در مورد بافت برش آهکی (نمونه نهانند) و کنگلومرای آهکی (نمونه اکباتان) نیز مصداق دارد.



شکل ۱۱: روند تغییر وزن در ذرات گروه G2 در بافت های مختلف (آزمایش سولفات سدیم)

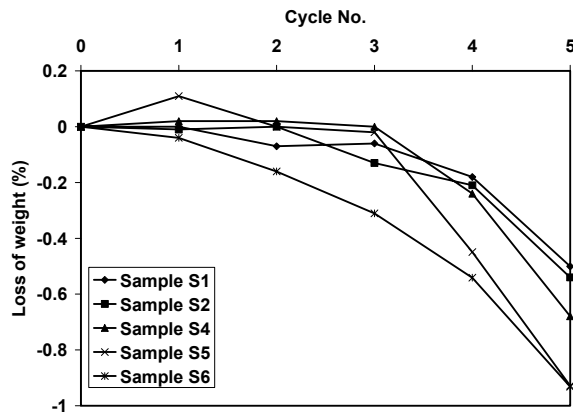


شکل ۱۲: روند تغییر وزن در ذرات گروه G2 در بافت های مختلف (آزمایش سولفات منیزیم)

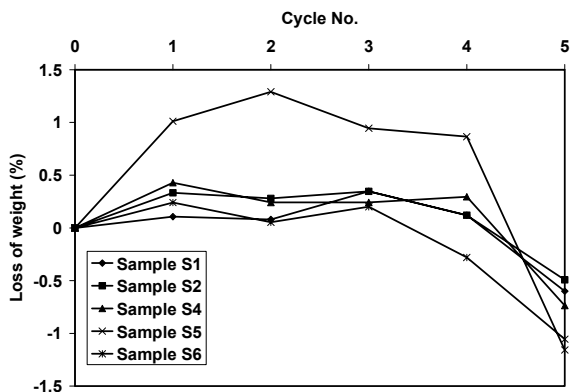
۴-۵ بررسی روند افت وزنی در اندازه ذرات گروه G3

شکل های ۱۳ و ۱۴ روند افت وزنی در ذرات گروه G3 را طی آزمون های سلامت سولفات سدیم و منیزیم نشان می‌دهند. با مقایسه نمودارهای مذکور این مطلب به وضوح مشاهده می‌گردد که افزایش وزن های اولیه در آزمون سلامت سولفات منیزیم نسبت به آزمون سلامت سولفات سدیم کمتر اما در عوض افت وزنی انتهایی بیشتر می‌باشد که این مطلب در سایر گروه ها نیز کمابیش به چشم می‌خورد. همان گونه که اشاره گردیده است، تفاوت بافت باعث ایجاد ۵ روند متفاوت

افزایش شیب منحنی می‌باشد. در شکل ۱۸ تفاوت روند افت وزنی در ۵ بافت و تشابه روند افت وزنی در بافت‌های واجد برخی نکات مشترک، مشاهده می‌گردد.



شکل ۱۶: روند تغییر وزن در ذرات گروه G4 در بافت‌های مختلف (آزمایش سولفات منیزیم)

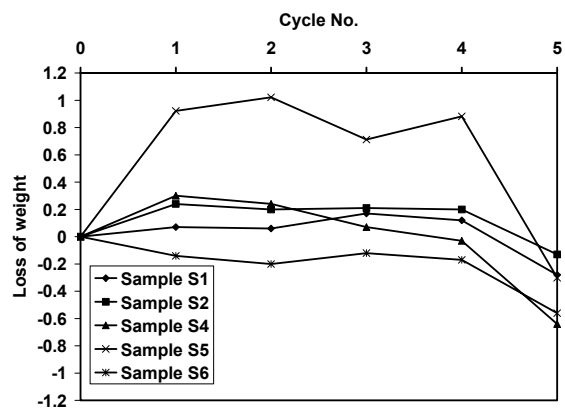


شکل ۱۷: روند تغییر وزن در ذرات گروه G5 در بافت‌های مختلف (آزمایش سولفات سدیم)

۵-۷ بررسی روند افت وزنی در اندازه ذرات گروه G6

شکل‌های ۱۹ و ۲۰ روند افت وزنی در بافت‌های مختلف گروه G6 را طی آزمون سلامت سولفات سدیم و سولفات منیزیم نشان می‌دهند. در این نمودارها نیز تفاوت روند افت وزنی در بافت باندستون مرجانی (نمونه آبشینه) با دیگر بافت‌ها مشاهده می‌گردد. در مورد بعضی از بافت‌های مورد مطالعه، انتقال چرخه افزایش وزن به چرخه‌های اولیه نسبت به کاهش اندازه ذرات، سیر هم‌هنگی را در دو آزمون سلامت سولفات سدیم و منیزیم نشان نمی‌دهند که باید در مباحثی جداگانه بررسی گردند. افزایش شیب منحنی‌ها در نمودار منیزیم در این گروه نیز مشاهده می‌گردد.

در این نمودارها نیز مشاهده می‌شود. کاهش اندازه ذرات باعث تغییر چرخه افزایش وزن و انتقال آن به چرخه‌های اول و دوم گردیده است. در نمودار آزمون سلامت سولفات منیزیم افزایش وزن اولیه کمتر و در عوض کاهش وزن انتهایی بیشتری نسبت به آزمون سلامت سولفات سدیم مشاهده می‌شود. روند افت وزنی متفاوت در باندستون مرجانی (نمونه آبشینه) و نیز تشابه روند در بافت‌های کنگلومرای آهکی (نمونه اکباتان) و برش آهکی (نمونه نه‌اوند) و نیز در دو بافت آهک کریستالین (نمونه ملایر) و دولستون (نمونه علیصدر) در شکل‌های ۱۵ و ۱۶ به وضوح قابل مشاهده است.

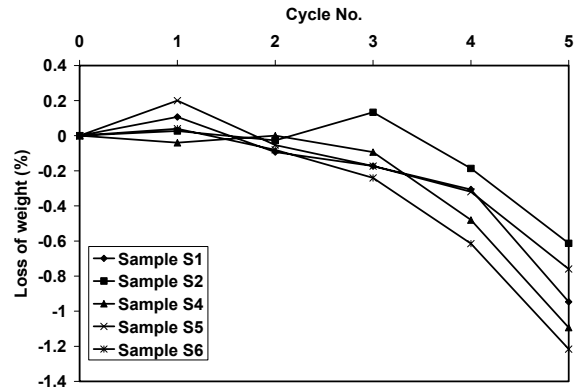
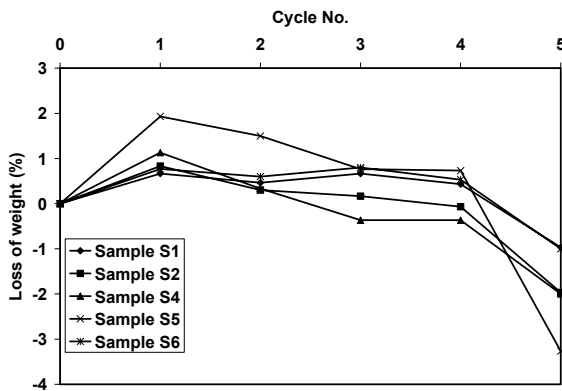


شکل ۱۵: روند تغییر وزن در ذرات گروه G4 در بافت‌های مختلف (آزمایش سولفات سدیم)

۵-۶ بررسی روند افت وزنی در اندازه ذرات گروه G5

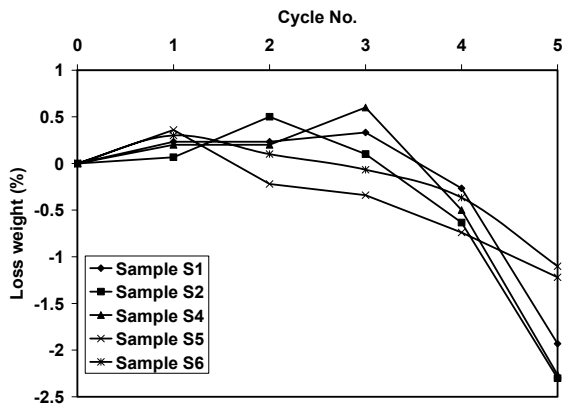
شکل‌های ۱۷ و ۱۸ روند افت وزنی در آزمون سلامت سولفات سدیم و منیزیم در گروه ۵ ذرات را در بافت‌های مختلف نشان می‌دهند. مهم‌ترین نکته‌ای که در شکل ۱۸ جلب توجه می‌نماید، افزایش شیب منحنی‌های افت وزنی می‌باشد. به عبارت دیگر اولین نشانه‌های افزایش شیب منحنی در این نمودار دیده می‌شود و در نمودار بعدی این افزایش شیب کاملاً روشن می‌گردد. این نکته مبین وجود یک رابطه بین اندازه ذرات و شماره چرخه افزایش وزن و نیز اندازه ذرات و درصد افت وزنی آنها می‌باشد. به این ترتیب که در ذرات کوچک‌تر چرخه افزایش وزن به چرخه اول انتقال یافته و چرخه‌های منتهی به افت وزنی زودتر آغاز می‌گردد و بدین ترتیب شیب منحنی افزایش می‌یابد. از سوی دیگر میزان افت وزنی نیز تا حدودی افزایش نشان می‌دهد که دلیل دوم

ارتباطاتی که در نمودارهای قبلی تشخیص داده شده است را دنبال می نماید.



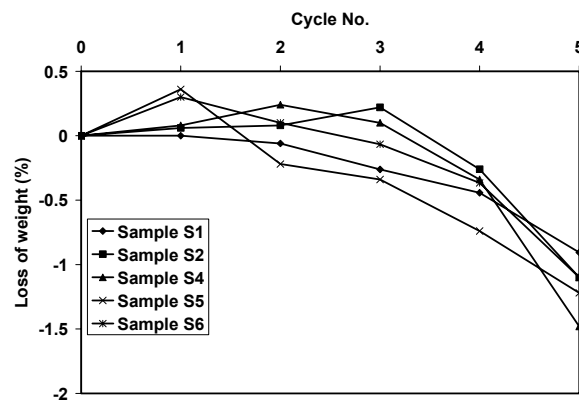
شکل ۱۸: روند تغییر وزن در ذرات گروه G5 در بافت های مختلف (آزمایش سولفات منیزیم)

شکل ۲۱: روند تغییر وزن در ذرات گروه G7 در بافت های مختلف (آزمایش سولفات سدیم)



شکل ۱۹: روند تغییر وزن در ذرات گروه G6 در بافت های مختلف (آزمایش سولفات سدیم)

شکل ۲۲: روند تغییر وزن در ذرات گروه G7 در بافت های مختلف (آزمایش سولفات منیزیم)



شکل ۲۰: روند تغییر وزن در ذرات گروه G6 در بافت های مختلف (آزمایش سولفات منیزیم)

۶ نتیجه گیری

وجود رابطه معکوس در روند کلی، بین اندازه مصالح و درصد افت وزنی در آزمایش سلامت سنگ، منطقی به نظر می رسد، زیرا با کاهش اندازه دانه ها، میزان سطح در تماس با محلول آزمایش، افزایش می یابد. یکنواختی اجزای متشکله سنگ باعث می گردد تا رابطه مذکور روند کلی خود را حفظ نماید، مانند آنچه در بافت آهک کریستالین (ملایر) و دولستون (علیصدر) مشاهده می گردد. این یکنواختی، در بافتی مانند باندستون مرجانی (آبشینه) که اجزای تشکیل دهنده آن ساختار مشابهی دارند نیز قابل قبول و در ایجاد این ارتباط موثر می باشد. اما عدم یکنواختی و تجانس در اجزای متشکله مانند آنچه در بافت برشی (نهایند) و کنگلومرای آهکی (اکباتان) مشاهده گردید و یا اجزای کاملاً متفاوتی که

۵-۸ بررسی روند افت وزنی در اندازه ذرات گروه G7

شکل های ۲۱ و ۲۲ روند افت وزنی طی آزمون سلامت سولفات سدیم و سولفات منیزیم را در گروه G7 مصالح نشان می دهند. نمودارهای مذکور نیز روندهای کلی و

البته در بافت بایوکلاستیک پکستون (همه‌کسی) درصد افت وزنی کمتر در ذرات ریزتر این مصالح می‌تواند به دلیل مقاومت بالاتر قطعات تشکیل دهنده سنگ نیز باشد. زیرا قطعات و خرده‌های فسیلی خود دارای بافتی متمایز از بافت کلی سنگ می‌باشند که با بررسی‌های بیشتر، صحت و یا عدم صحت این مطلب روشن می‌شود.

نکته دیگری که در بررسی نمودارهای ترسیم شده به دست می‌آید این است که به استثنای بافت بایوکلاستیک پکستون (همه‌کسی) که مرغوبیت و کیفیت خوبی ندارد، در دیگر بافت‌ها، اکثراً کمترین افت وزنی در مصالح گروه G2 (۳۷/۵ تا ۵۰ میلی‌متر) مشاهده می‌شود که این مطلب می‌تواند نشانگر بهینه بودن اندازه مذکور باشد.

سنگ بایوکلاستیک پکستون (همه‌کسی) را تشکیل می‌دهند، باعث عدم برقراری چنین ارتباطی بین اندازه مصالح و درصد افت وزنی در آزمون‌های سلامت سنگ می‌گردد. از سوی دیگر چنان که در بافت بایوکلاستیک پکستون (همه‌کسی) مشاهده می‌گردد، کمترین افت وزنی در مصالح ریزتر (گروه G5 و G7) ایجاد شده است.

در بافت بایوکلاستیک پکستون (همه‌کسی)، با نزدیک شدن اندازه دانه‌بندی قطعات مصالح، به اندازه قطعات فسیلی تشکیل دهنده آن، مقاومت قطعات مذکور، به دلیل یکپارچگی موجود در ساختارشان (به طور مثال تکه‌ای از یک صدف و یا خرده‌های فسیل)، بیشتر از مصالح درشت‌تری می‌باشد که از اتصال قطعات فوق به یکدیگر حاصل آمده است. بنابر این مصالح ریزتر افت وزنی کمتری را نشان می‌دهند.

منابع

- امانیان، م.، ۱۳۸۴. تاثیر ویژگی‌های پترولوژیکی بر دوام‌داری و مقاومت سنگ‌های آذرین (مطالعه موردی موج شکن های جنوب ایران). پایان نامه کارشناسی ارشد پترولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- تلخابلو، م.، ۱۳۸۶. ارائه معیار مناسب برای انتخاب سنگ‌های مناسب جهت احداث موج شکن‌های جنوب ایران. رساله دکتری زمین شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- سازمان زمین شناسی کشور. ۱۳۷۹. "نقشه زمین شناسی همدان، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰".
- سحابی، ف.، ۱۳۷۵. سنگ شناسی رسوبی، انتشارات دانشگاه تهران.
- فهیمی فر، ا.، سروش، ح.، ۱۳۸۰. آزمایش‌های مکانیک سنگ (مبانی نظری و استانداردها) جلد اول (آزمون‌های آزمایشگاهی). آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک.
- ناصیحی، ع.، ۱۳۷۶. تعیین معیارهای مناسب برای کاربرد سنگ در احداث سازه‌های دریایی - جنوب شرق ایران (چابهار). پایان نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- نیکودل، م. ر.، ۱۳۶۹. مطالعه معیارهای شناخت زوال پذیری سنگ، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- American Society for Testing Materils, 1999. Annual Book of ASTM Standard, Vol. 04.08 & 04.09, ASTM, USA.
- American Society for Testing Materils, 1996. Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Manesium Sulfate ,ASTM C88-90. Annual book of ASTM Standards, Vol 14.
- Bandyopadhyay, J.K., Yerrapragada, S.S., Lal Gauri, K., 1995. Artificial neural network and durability of Sphinx Limestone. Journal of Materials in Civil Engineering, Aug 95, Vol. 7, Issu 3, p174, 4p.
- Benavente, D., Garcia del curba, M.A., Fort ,R., Ordonez, S., 2004. Durability estimation of porous building stones from pore and strength . Eng Geol 74, 113- 127 .
- British Standard Institution, 1989. Code of Practice for Determination of Aggregate Impact Value, Bs 812.
- Cahney , R. C., Slonim, S. M. and Slonim, S. S., 1982. Determination of calcium carbonate content on soils, Proc. Geotechnical properties, behaviour and performance of calcareous soils, ASTM STP 777, 3-15.
- Sims ,I., 1991. Quality and durability of stone for construction . Quarterly Journal of Engineering Geology 24 , pp 67- 73.
- Tugrul, A., Zarif, H.I., 1999. Correlation of mineralogical and textural characterstices with engineering properties of selected granitic rocks from Turkey. Eng Geol 51, 4, 303-317