

نقش برخی از ویژگی های سنگ های رسوبی در فرسایش

سوسن نوروزی*

مقدمه

سنگ ها متشکل از کانی ها هستند، اما فرسایش سنگ ارتباط مستقیمی با فرسایش یکایک کانی های آن به طور منجزا ندارد. رفتار سنگ ها در مقابل فرسایش تابع عوامل متفاوتی است که عبارتند از: جنس سنگ، بافت و ساخت سنگ، طبیعت اتصالات بین کانی ها، درجه ی انقطاع یا ناپیوستگی، تخلخل، نفوذپذیری و قابلیت جذب آب، خاصیت شکل پذیری و ناخالصی سنگ (فیض نیا، ۱۳۷۴).

در این نوشتار به نقش جنس، تخلخل، مقدار ناخالصی و شدت هوازدگی قبلی سنگ ها در پدیده ی فرسایش پرداخته

می شود.

۱. جنس سنگ

الف) سنگ های کربناته

در این نوع سنگ ها، کانی های کربناته کلسیت و دولومیت بیش ترین سهم را دارند. سنگ آهک های ضخیم لایه ی افقی که کم و بیش عاری از حفرات انحلالی باشند، نسبت به آهک های نازک لایه یا به شدت چین خورده و حفره دار مقاومت بیش تری دارند. در توالی سنگ آهک های نازک لایه و چین خورده، احتمال لغزش وجود دارد. سنگ آهک اغلب درز دار است. دیواره ی این درزها به درجات متفاوتی حل می شوند.

حفرات انحلالی ممکن است خالی باشند یا همه یا بخشی از آن ها پر شده باشند. در موارد پرشدگی، درزها به استحکام

بنابراین، میزان سدیم قابل تبادل در مارن‌ها می‌تواند، معرف مناسبی از شاخص پخش‌کنندگی باشد (فیض‌نیا، ۱۳۶۸).

ب) گروه تخریبی دانه درشت و دانه متوسط

کنگلومرها در مقایسه با دیگر انواع سنگ‌های رسوبی زودتر تخریب می‌شوند، چرا که قطعات متشکله‌ی آن‌ها از سنگ‌های ناپایداری همچون آهک، ماسه سنگ آهکی یا سنگ‌های آذرین قلیایی منشأ گرفته‌اند. این ذرات حتی در صورت سیمانی شدن قابلیت تخریب شدن خود را حفظ می‌کنند.

البته قلوه‌های سیلیسی به این طریق حذف نمی‌شوند. کنگلومرهایی که اجزای متشکله خود را طی چند مرحله از نهشته‌های درشت دانه‌ی قدیمی دریافت کرده‌اند، اگر مواد جدیدی به آن‌ها اضافه نشود، در صد مواد مقاوم در آن‌ها بسیار بالا خواهد رفت. به نظر می‌رسد، کانی‌ها و سنگ‌های مهمی که رفتاری این‌گونه دارند، عبارتند از: ریولیت، کوارتزیت، چرت، فلیت، ژاسپ، توده‌های کوارتز مشتق شده از گنایس و سنگ‌های آذرین اسیدی به استثنای ماسه سنگ. انواع ماسه سنگ، در سطح زمین به کندی تخریب می‌شوند.

چگالی خشک و مخصوصاً تخلخل ماسه سنگ‌ها متأثر از مقدار سیمان و مواد زمینه‌ای است که فاصله‌ی بین دانه‌ها را پر کرده‌اند. اگر دانه‌ها توسط سیمان به هم متصل شده باشند، استحکام سنگ بیش از حالتی است که مقدار مشابهی زمینه‌ی آوری باید اضافه کرد، مقدار سیمان بیش از جنس آن در مقاومت سنگ تأثیر می‌گذارد در حالتی که نمونه‌ها حاوی مقدار سیمان مساوی باشند، نمونه‌ای که دارای سیمان سیلیسی است از نمونه‌های حاوی سیمان آهکی مستحکم‌تر است.

برای مثال، کوارتز آرنایت‌های قدیمی که تقریباً همه‌ی منافذ آن‌ها توسط سیمان سیلیسی پر شده است بسیار سخت هستند و مقاومت‌شان در برابر خورد شدن از ۲۴۰ مگاپاسکال* بیش‌تر است. در مقابل، ماسه سنگ‌هایی که کم سیمان شده‌اند،

سنگ می‌افزایند. پدیده‌ی حفره دار شدن سنگ‌های آهکی را «کارستی شدن» می‌گویند (معماریان، ۱۳۷۷). انحلال کارستی در آهک اسپاریتی بیش‌تر از میکرایتی است؛ گرچه گسترش آهک‌های میکرایتی بیش‌تر از اسپاریتی است (Bell، ۲۰۰۰). در آهک‌های خالص هم گسترش انحلال و کارستی شدن به خالص بودن آهک‌های توده‌ای وابسته است. البته در مناطقی که سنگ‌های آهکی تحت تأثیر آب‌های قلیایی باشند، فاقد توانایی انحلال و کارستی شدن هستند.

لازم به یادآوری است که حل شدن سنگ آهک فرایندی با کندی بسیار است و از این رو، انحلالی که در زمان حال صورت می‌گیرد، به ندرت می‌تواند در آینده‌ی نزدیک تخریبی را به همراه داشته باشد. برای مثال، اندازه‌گیری که در انگلستان صورت گرفته نشان داده است که نشست حداکثر ۰/۱ میلی‌متر است. شکل‌های انحلالی در سنگ دولومیت نیز ایجاد می‌شود، ولی در دولومیت به ندرت حفره ایجاد می‌شود و در نتیجه، مقاومتی بیش‌تر و تغییر و شکل‌پذیری کم‌تر از سنگ آهک دارد.

مارن‌ها نوعی سنگ آهک هستند که درصد معینی از رس در ترکیب دارند. در نواحی خشک که به عنوان مناطق با فرسایش پذیری زیاد و منشأ تولید رسوبات به حساب می‌آیند، فرایندهای فرسایش سایش در مارن‌ها به دلیل نفوذپذیری یا نبود پوشش گیاهی، به ویژه در تپه‌های مارنی، بسیار فعالند.

عوامل مؤثر در فرسایش مارن‌ها بسیار زیاد و دارای فرایندهای پیچیده‌ای هستند. به طوری که فرسایش در آن‌ها به عوامل خارجی (نظیر توزیع بارندگی) و عوامل داخلی (نظیر خصوصیات خاک) بستگی دارد (فیض‌نیا، ۱۳۷۸).

بر اساس تحقیقاتی مشخص شده است، وجود ترکیباتی مانند اکسیدهای آهن و اکسیدهای آلومینیم باعث پایداری در مارن‌ها می‌شوند، در حالی که یون‌های سدیم با پخش کردن ذرات رس موجب افزایش شدت فرسایش در آن‌ها می‌شود.

به طور کلی سنگ‌هایی مثل ماسه سنگ که خود حاصل عملکرد هوازدگی و فرسایش هستند، در شرایط سطح زمین، پایداری خوبی از خود نشان می‌دهند و در صورتی که هوازده شوند، هوازدگی آن‌ها بیش‌تر از نوع فیزیکی است.

۲. تخلخل

در سنگ‌های رسوبی که از تجمع دانه‌ها، قطعات سنگ یا صدف‌ها تشکیل شده‌اند، تخلخل رسوبات کربناته، کمی بعد از رسوبگذاری خیلی بالاست از صفر تا ۹۰ درصد با متوسط ۱۵ درصد برای ماسه سنگ‌های تپیک تغییر می‌کند. در سنگ‌های رسوبی، تخلخل با سن و عمق کاهش می‌یابد. تخلخل رسوبات کربناته، کمی بعد از رسوبگذاری خیلی بالاست (رسوبات در اندازه‌ی ماسه حدود ۵۰ درصد و گل آهکی حدود

ممکن است در این آزمون عددی کم‌تر از ۳/۵ مگا پاسکال* را نشان دهند. آب موجود در منافذ نیز نقش مهمی در مقاومت فشاری و ویژگی‌های مربوط به تغییر شکل ماسه‌ها ایفا می‌کنند. (Lerman, 1988)

هوازدگی فیزیکی در ماسه سنگ‌ها، همانند دیگر سنگ‌ها به طور عمده به درجه‌ی تراکم، تخلخل، نفوذپذیری و سرانجام وجود سطوح ضعیف در سنگ‌ها بستگی دارد، ولی نوع هوازدگی شیمیایی ماسه سنگ‌هایی که دانه‌های آن‌ها سیلیسی است، توسط جنس سیمان سنگ تعیین می‌شود. اگر سیمان از آهکی باشد، در آب‌های حاوی دی‌اکسید کربن حل می‌شود. و اگر سیمان اکسید آهن تشکیل شده باشد، با جذب آب هیدروکسید تبدیل و متلاشی می‌شود. و سرانجام اگر سیمان سیلیسی باشد، در مقابل هوازدگی پایدار باقی می‌ماند.

قطعات فرسوده‌ای از یک چینه‌ی دوره‌ی سلورین واقع در ویلز، انگلستان



جدول ۱. چگالی خشک و تخلخل سنگ ها

شرح	تخلخل (%)	شرح	چگالی خشک (Mg/m ³)
خیلی بالا	بالاتر از ۳۰	خیلی پائین	کمتر از ۱/۸
بالا	۱۵-۳۰	پائین	۱/۸-۲/۲
متوسط	۵-۱۵	متوسط	۲/۲-۲/۵۵
پائین	۵-۱	بالا	۲/۵۵-۲/۷۵
خیلی پائین	کمتر از ۱	خیلی بالا	بالاتر از ۲/۷۵

گردشده‌گی نیز افزایش می‌یابد. از این رو، نیروهای متصل‌کننده‌ی ذرات که عامل مقاومت در برابر گسیختگی است، باید در سنگ‌های ریزدانه بیش از سنگ‌های درشت‌دانه‌ای باشد که دارای ذرات گوشه‌دار هستند. در نتیجه، این‌گونه سنگ‌های دانه‌ریز از مقاومت و استحکام بیش‌تری برخوردارند.

۳. ناخالصی‌های موجود در سنگ

سنگ‌های کربناته و سولفاتی معمولاً قبل از تجزیه حل می‌شوند. در این حالت نیز پوشش خاکی نازکی که احتمالاً ایجاد می‌شود، ناشی از تجزیه و هوازدگی ناخالصی‌های سنگ است. به راحتی می‌توان پیش‌بینی کرد،

سنگ‌هایی که از یک ماده‌ی معدنی تشکیل شده‌اند، مثلاً سنگ آهک خالص، عموماً از سنگ‌هایی که از چند ماده‌ی کانی تشکیل یافته‌اند، مقاوم‌ترند. البته نوع ناخالصی در مقاومت سنگ نیز نقش دارد. و سنگ‌های رسوبی عموماً در مقابل فرسایش مقاوم‌ترند.

برای مثال، ماسه سنگ‌های حاوی سیمان سیلیسی نسبت به ماسه سنگ‌های حاوی آهک دوام بیش‌تری دارند همین‌طور سنگ آهک خالص نسبت به سنگ آهک‌های سیلیسی حساس‌تر است و وجود کانی‌های رسی به عنوان ناخالصی و سایر مواد متورم‌کننده در ساختمان سنگ، در تخریب سنگ مؤثر هستند (معماریان، ۱۳۷۷).

۴. شدت هوازدگی قبلی سنگ

هوازدگی عاملی مؤثری در کاهش مقاومت مکانیکی سنگ است. تعیین درجه‌ی پیشرفت هوازدگی سنگ به صورت کمی‌ی عددی همواره مورد بحث بوده است. در این راستا، مقاومت فشاری تک محوری و درجه‌ی هوازدگی سنگ، دو عامل وابسته به هم هستند از این رو، Binawasky 1997 چنین نتیجه گرفت

(۸۰ درصد است).

تجربه نشان داده است، مقاومت ماسه سنگ‌هایی با تخلخل کم (کم‌تر از ۳/۵ درصد) به مقدار کوارتز و درجه‌ی تراکم سنگ مربوط می‌شود، در صورتی که در ماسه سنگ‌هایی با تخلخل بیش از ۶ درصد، رابطه‌ای خطی بین تخلخل و مقاومت فشاری وجود دارد و برای هر یک درصد افزایش تخلخل، تقریباً ۴ درصد از مقاومت سنگ کاسته می‌شود (جدول شماره ۱).

تعیین ارتباط دقیق بین تخلخل، چگالی ظاهری و مقاومت سنگ اغلب مشکل است. به هر صورت به نظر می‌رسد که علت اصلی تأثیر مقدار تخلخل در مقاومت سنگ این باشد که در مجموعه‌ای از ذرات که به صورت مکانیکی یا مولکولی با یکدیگر پیوند یافته‌اند، اندازه‌ی نیروهایی که باعث پیوند و اتصال می‌شوند؛ با کل سطح تماس بین ذرات متناسب است. مجموعه سطح تماس نیز رابطه‌ای معکوس با مقدار منافذ سنگ دارد.

سطح تماس بین دانه‌ها، علاوه بر آن که با کاهش تخلخل افزایش می‌یابد، با کاهش اندازه‌ی متوسط دانه‌ها و فزونی

جدول شماره ۲. طبقه بندی سنگ یکپارچه بر مبنای میزان سختی و درجه ی هوازدگی (معماریان، ۱۳۷۷)

مقدار مقاومت Kg/cm ^۲	میزان هوازدگی	روش شناسایی	سختی	درجه
بالاتر ۲۰۰۰	تازه	بر اثر ضربه ی چکش صدای زنگدار می دهد. برای شکستن نمونه ضربات زیادی لازم است. نشانه ی رنگ برگشتگی رؤیت نمی شود.	بسیار بسیار سخت	۱
۶۰۰-۷۰۰ -۲۵۰	کمی هوازده	نمونه ی سنگی که در دست نگه داشته شده است، با بیش از یک ضربه ی نوک چکش می شکند. تغییر رنگ جزئی به سمت داخل شکستگی های باز وجود دارد.	بسیار سخت تا سخت	۲
۱۰۰-۲۵۰	نیمه هوازده	توسط چاقو خراشیده می شود یا تراشه برداری نمی شود. نمونه ی سنگی که در دست نگه داشته است، شده با یک ضربه ی متوسط چکش می شکند. رنگ برگشتگی همه جا توسعه یافته است و کانی های ضعیف تر مثل فلدسپات تجزیه شده اند. بافت سنگ محفوظ است.	متوسط	۳
۳۰-۱۰۰	به شدت هوازده	با چاقو خراشیده و تراشه برداری می شود. با ضربه ی متوسط نوک چکش فرو رفتگی هایی به عمق ۱ تا ۳ میلی متر در آن ایجاد می شود. نمونه های با مقاومت کم تر را می توان به سختی با دست شکست. اغلب کانی ها تا حدی تجزیه شده اند، ولی فابریک محفوظ مانده است.	نرم (ضعیف)	۴
۱۰-۳۰	کاملاً هوازده	بر اثر ضربه ی متوسط با نوک تیز چکش خرد می شود و می توان با چاقو پوست هایی از جدا کرد. ولی هنوز سخت از آن است که بتوان با دست بخش های اضافی آن را جدا کرد. کانی ها تجزیه شده و به خاک تبدیل شده اند، ولی فابریک و ساخت محفوظ مانده است.	خیلی نرم (خیلی ضعیف)	۵
کم تر ۱۰	خاک برجا	حالت پیشرفته ی تجزیه دیده می شود. کجا بسته می شود؟ فابریک و ساخت اولیه کاملاً از بین رفته و تغییر حجم زیادی حاصل شده است.	بسیار بسیار نرم (بسیار بسیار ضعیف)	۶



منطقه بستگی دارد. ولی یکی از عوامل مهم کنترل کننده‌ی فرسایش، ویژگی سنگ شناسی منطقه است. از بین سه دسته سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی، اغلب سنگ‌های دگرگونی در تمام اقلیم‌ها رسوبی عموماً در مقابل فرسایش مقاومتند. و هوازدگی شدیدتری را تحمل می‌کنند و در نتیجه، سهم مهمی را در فرسایش و تولید رسوب دارند. بنابراین شناخت اولیه‌ی سرشت سنگ‌ها در مطالعات حفاظت خاک و مبارزه با فرسایش، امری لازم است.

* دبیر آموزش و پرورش شهرستان مبارکه

منابع

۱. فیض‌نیا، سادات (۱۳۷۴). «مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقلیم مختلف ایران». مجله‌ی منابع طبیعی ایران، شماره ۴۷.
۲. فیض‌نیا، سادات (۱۳۷۸). «بزرسی رابطه بین اشکال فرسایش با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مارن‌ها». فصل‌نامه‌ی علمی پژوهشی وزارت جهاد سازندگی. سال دوازدهم.
۳. معاریان، حسین (۱۳۷۷). زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک. انتشارات دانشگاه تهران.
4. A. APG an international ©1999. Geological organization. Bulletin.
5. Bell, G (2000). Engineering properties of soil and rocks.
6. Green, Smith J. (1997). Petrology of sedimentary rocks. Translated by Rezaie, P and Galilian, A.
7. Lerman, Aand Mebeck, M. (1988). Physicaland chemical weathering geochemical.

که این دو عامل می‌توانند به صورت یک پارامتر واحد و تحت نام کلی مقاومت مواد سنگی مورد بررسی قرار گیرند.

۱. پیشرفت افق‌های خاک
۲. کاهش در اندازه‌ی ذرات و افزایش اندازه‌ی ذرات در

حد رس

۳. افزایش مقدار آب
۴. افزایش فشار منفذی آب
۵. افزایش تعداد حفره‌ها و شکاف‌ها
۶. متلاشی شدن بافت اولیه‌ی کانی‌ها
۷. تغییر در چسبندگی

۸. فرایند انحلال که سیمان‌های قابل حل را حرکت

می‌دهند.

ساده‌ترین روش برای آگاهی از هوازدگی سنگ و به طور کلی مقاومت مکانیکی آن، آزمودن سنگ توسط ضربه است. سنگ‌ها از نظر پیشرفت هوازدگی به شش دسته‌ی متفاوت تقسیم می‌شوند. (جدول ۲).

نتیجه‌گیری

مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش به ویژگی‌ها و سرشت سنگ، اقلیم منطقه، زمین ریخت‌شناسی و پوشش گیاهی