

ارزیابی ویژگی‌های زمین شناسی مهندسی مصالح خرده سنگی مصرفی سد رودبال شهرستان داراب

احد پاکرایی*^۱، رسول اجل لوئیان^۲، مژگان صلواتی^۳

۱- گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۲- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه اصفهان

۳- گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

(* عهده دار مکاتبات - Ahadpakray@yahoo.com)

چکیده

مصالح خرده سنگی یا آنگونه که رایج است شن و ماسه پر مصرفترین مصالح ساختمانی هستند. منابع تأمین این مصالح آبرفت‌های رودخانه‌ای، رسوبات ساحلی، رسوبات یخچالی و باطله‌های معدنی می‌باشند. رسوبات آبرفتی جوان مهمترین منابع تأمین شن و ماسه ساختمانی می‌باشند. این رسوبات از یک طرف به دلیل رخنمون وسیع در سطح و از طرفی به دلیل ناچیز بودن پیوند ذراتشان به سادگی قابل بهره‌برداری هستند. جنس، اندازه، شکل ذرات و همچنین خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی مصالح شن و ماسه مهمترین ویژگی قابل بررسی آن‌ها می‌باشد. در این مقاله ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی منابع خرده سنگی مصرفی سد رودبال شهرستان داراب (جنوب شرق استان فارس) مورد بررسی قرار گرفته که غالباً رسوبات آبرفتی عهد حاضر بوده و به صورت بادبزنی‌های آبرفتی در دو سمت رودخانه رودبال دیده می‌شوند. در مجموع ۴ معدن شناسایی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته و تعداد ۲۳ گمانه تا عمق حداکثر ۴ متری حفر گردیده است. بر روی نمونه‌ها آزمایش‌های دانه‌بندی، تعیین خصوصیات فیزیکی، سلامت سنگ (ساندنس)، درصد ذرات طویل و پهن، ارزش ضربه، مقاومت در برابر خرد شدن و سایش لوس آنجلس انجام گرفته است. با بررسی نتایج آزمایشات، ابتدا مصالح بر اساس سیستم طبقه بندی یونیفاید طبقه بندی شده است. بر اساس این طبقه‌بندی، مصالح از دانه درشت و از نوع شن تمیز و خوب دانه بندی شده (GW) تا ماسه‌های لاپیدار (مخلوط‌های ماسه و لای) (SM) می‌باشند. با توجه به سایر ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی این مصالح و با توجه به استانداردهای موجود، این مصالح را می‌توان برای بخش‌های مختلف سد از جمله بدنه سد، فیلترها، زهکش‌ها و بتن استفاده نمود.

واژگان کلیدی: مصالح خرده سنگی، ویژگی‌های زمین شناسی مهندسی، سدهای سنگریزه ای و نهشته‌های آبرفتی.

۱- مقدمه

مصالح خرده سنگی یا آنگونه که رایج است شن و ماسه پر مصرفترین مصالح ساختمانی هستند. نهشته‌های طبیعی شن و ماسه معمولاً بر اثر هوازدگی و خرد شدن انواع سنگ‌ها، فرسایش، حمل ذرات و قطعات حاصله توسط عوامل مختلف و بالاخره رسوبگذاری در محل‌های مناسب ایجاد می‌شوند. مهمترین منابع تشکیل شن و ماسه عبارتند از رسوبات آبرفتی رودخانه‌ای، رسوبات مخروط واریزه، رسوبات یخچالی، رسوبات فلات قاره، رسوبات ساحلی، رسوبات به هم پیوسته و باطله‌های معدنی. رسوبات آبرفتی جوان مهمترین منابع تأمین شن و ماسه ساختمانی هستند. این رسوبات از یک طرف به دلیل رخنمون وسیعشان در سطح و از طرفی به دلیل ناچیز بودن پیوند بین ذراتشان به یکدیگر به راحتی قابل بهره‌برداری هستند (معماریان، ۱۳۸۴).

ذرات شن و ماسه به طور وسیعی در بخش‌های مختلف سازه‌های مهندسی نظیر سدها، پل‌ها، راهسازی، آسفالت و ... مورد استفاده می‌گیرد. این مصالح در سدها خصوصاً سدهای خاکی به عنوان پرکاربردترین مصالح می‌باشند. یکی از عوامل مهم در تعیین نوع و محل اجرای سد مصالح ساختمانی در دسترس است. یکی از مشکلات مهم در احداث سدها خصوصاً سدهای خاکی حجم و کیفیت مصالح خرده سنگی و خاک مورد نظر است از اینرو یکی از مهمترین فعالیت‌هایی که در بررسی‌های مربوط به تعیین محل یک سد صورت می‌گیرد اکتشاف مصالح مناسب و کافی برای احداث سد است که معمولاً وظیفه زمین‌شناس مهندس است. در صورتی که مطالعات و ارزیابی‌های اولیه در مورد مصالح خرده سنگی نزدیک ساختگاه سد نادرست باشد، تأمین این مصالح همزمان با اجرای پروژه سبب تحمیل هزینه‌های زیادی شده و عملاً اجرای پروژه غیر اقتصادی خواهد بود (معماریان، ۱۳۸۴).

در کنار ارزیابی‌های زمین‌شناسی و معدنی مصالح خرده سنگی، آزمایش‌های ژئوتکنیکی متعددی برای ارزیابی مهندسی مصالح صورت می‌گیرد که بسته به هدف استفاده از مصالح، نوع آزمایش و تعداد آن‌ها متغیر است (آئین نامه بتن ایران (آبا)، ۱۳۷۹). در بسیاری از پروژه‌های عمرانی آزمایش دانه‌بندی، تعیین خصوصیات فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی انجام می‌گیرد که با استفاده از این نتایج آزمایش‌ها می‌توان از ارزیابی اولیه‌ای از قابلیت کاربرد مصالح به دست آورد. جهت بررسی و ارزیابی کیفیت مصالح خرده سنگی محدوده سد خاکی رودبال شهرستان داراب در ۴ منبع احتمالی موجود مجموعاً ۲۳ چاهک تا حد اکثر عمق ۴ متری حفر گردید و بروی نمونه‌ها، آزمایش‌های ژئوتکنیکی فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی انجام گرفت.

۲- بحث

۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به جایگاه سد رودبال

سد مخزنی رودبال در جنوب شرقی استان فارس، در شمال غرب شهرستان داراب کیلومتر ۱۹ جاده داراب - استهبان بر روی رودخانه رودبال واقع شده است. شهرستان داراب در فاصله ۲۵۳ کیلومتری جنوب شرق مرکز استان (شهر شیراز) و در ۳۰-۵۴ طول شرقی و در ۲۸-۴۰ عرض شمالی واقع گردیده است. ساختگاه سد از طرف شمال به شهرستان‌های نی‌ریز و استهبان، از طرف غرب به شهرستان‌های فسا و جهرم و از طرف جنوب به شهرستان داراب منتهی می‌گردد. ساختگاه سد رودبال در طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به سد رودبال داراب

۲-۲- زمین شناسی عمومی محدوده ساختگاه سد

گستره مورد بررسی که دربرگیرنده حوضه آبرگیر رودخانه رودبال می‌باشد، قسمتی از واحد تکتونیکی زاگرس بلند است که ویژگی‌های ساختاری و برخی از ویژگی‌های لیتولوژیکی واحدهای سنگچینه‌ای آن با زاگرس چین خورده تفاوت دارد (خسروتهرانی، ۱۳۸۴).

بر پایه نقشه توپوگرافی ارتفاع کف دره رودخانه رودبال در جایگاه سد ۱۳۱۰+ متر از سطح دریای آزاد می‌باشد. دامنه راست دره در کوه سنگ آهکی بردنو روی سازند سروک قرار دارد که شیب آن بین ۲۵ تا ۳۵ درجه است. دامنه چپ از واحد رادیولاریتی تشکیل شده و بر خلاف دامنه راست ناهمواری‌های زیادی دارد و دارای شیب ملایم‌تر و ارتفاع کمتر است که این امر به دلیل فرسایش پذیری بیشتر واحد رادیولاریتی است. در کف دره دشت سیلابی روخانه روبال واقع است که پهنای آن در سمت راست کمتر از سمت چپ رودخانه است.

پهنای دشت سیلابی روخانه حدود ۱۴۰ متر است. با توجه به شیب توپوگرافی متفاوت دوجناح و ارتفاع متغیر آن‌ها که ناشی از اختلاف مقاومت دو جنس لیتولوژیکی در مقابل فرسایش است، مقطع این دره نا متقارن است. شیب کف دره در فاصله ۵۰۰ متری بدنه سد حدود ۰/۴ درصد است. تشکیل آبراهه‌ها و دره‌ها در آهک سروک در راستای درزه‌ها و گسله‌هایی که کم و بیش همجهت با شیب لایه‌ها بوده‌اند، مشخص‌تر بوده و مبین آنست که فرآیند انحلال آهک در این بخش پیشرفت بیشتری داشته است. به نظر می‌رسد، درزه‌ها و یا گسل‌هایی که با محور دره زاویه کمی دارند (تا ۲۰ درجه) در سرعت بخشیدن به انحلال و فرسایش سنگ آهک کمترین اثر را داشته‌اند.

۲-۳- چینه‌شناسی سازندهای محدوده

به طور کلی سازندهای تشکیل دهنده این بخش به شرح زیر می‌باشند:

۲-۳-۱- سازند سروک

قدیمی‌ترین سنگ‌های این گستره عبارتند از لایه‌های سنگ آهک با ضخامت متفاوت (چند دسی‌متر تا ۲ متر) به رنگ خاکستری و کرم که در محدوده مورد بررسی به صورت تاقدیس آشکار شده و دامنه راست دره رودبال را تشکیل داده است. سنگ‌ها تشکیل دهنده این سازند عموماً ریز دانه و کریستالیزه بوده و همراه با رگه‌های استیلولیتی دیده می‌شوند. این لایه‌ها در حالت کلی نشانه‌های زیادی از پیشرفت فرآیند انحلالی را نشان نمی‌دهند ولی در راستای برخی از گسل‌ها و درزه‌ها، آبراهه‌های باریکی به وجود آمده که از نوع فرسایشی-انحلالی بوده و نشان می‌دهد که سیستم درزه‌ها و گسل‌های عمود بر لایه و محور تاقدیس است.

آنچه که از سازند سروک در محدوده مورد بررسی دیده می‌شود قسمت بالایی آن است که ضخامت آن حدود ۵۰ متر است. سن این بخش از سازند سروک با توجه به فسیل‌های یافت شده سنونین می‌باشد.

۲-۳-۲- واحد رادیولاریتی

در گستره مورد بررسی در سد رودبال، سازند سروک در تمامی نقاط مخزن به این واحد محدود می‌شود. مطالعات سنگ‌شناسی صورت گرفته بر روی سنگ‌های این واحد نشان می‌دهد که جنس آن‌ها عمدتاً شیلی، سیلیسی و کربناتی است که حاوی فسیل‌های رادیولر فراوانی هستند و سن آن‌ها از کرتاسه پسین تا مائس تریشین است. بنابراین به لحاظ چینه‌شناسی این واحد روی سازند سروک قرار داشته و به صورت همشیب بر روی سازند ترבור قرار می‌گیرد (سازند ترבור در محدوده مورد بررسی برونزد ندارد).

از ویژگی‌های واحد رادیولاریتی که کم و بیش در همه جا دید می‌شود، چین خوردگی شدید قطعات سیلیسی نازک لایه آن است که نظم خاصی نداشته و باعث افزایش شکنندگی سنگ‌های این واحد می‌شود. قطعات سیلیسی نازک لایه که بیش از ۷۵٪ تمام ضخامت واحد را در بردارند در حالت کلی به رنگ قرمز یا کرمی رنگ هستند ولی برخی از آن‌ها به رنگ‌های خاکستری و یا کمی متمایل به رنگ سبز نیز دیده می‌شوند.

۲-۳-۳- نهشته‌های کواترنر

در دره رودبال و دریاچه پشت سد نهشته‌های متفاوتی دیده می‌شود که به صورت مواد پوششی و سخت نشده‌ای می‌باشد که بیشتر آن‌ها آبرفتی هستند. این نهشته‌ها عبارتند از:

۲-۳-۳-۱- آبرفت‌های جوان در کف رودخانه اصلی و آبراهه‌های آن به صورت قلوه‌های ریز و درشت و بلوک‌های بزرگتر از یک متر مکعب که بازگویی توان سیلاب‌های رودخانه است. بادبزن‌های آبرفتی خشک دره که از ساحل چپ رودخانه می‌پیوندد دارای ارتفاع ۱۰-۱۲ متر بالاتر از رودخانه هستند. ضخامت این آبرفت‌ها در محل ساختگاه سد حدود ۱۷ تا ۱۵ متر می‌باشد.

۲-۳-۳-۲- نهشته‌های دشت سیلابی رودبال و شاخه‌های فرعی آن در دوسوی رودخانه کنونی رودبال مشخص می‌باشد. تفاوت نهشته‌های این دشت با آبرفت‌های جوان در اینست که کمی سخت‌تر بوده و ریز دانه‌تر هستند. ضخامت نهشته‌های این دشت در سمت چپ رودخانه خیلی بیشتر است.

۲-۳-۳-۳- آبرفت‌های قدیمی‌تر که در ترازهای بالاتری برجای مانده و به صورت پادگانه‌های با ارتفاع زیاد تا متوسط در آمده است.

۲-۴- زمین شناسی ساختمانی

ردیف رسوبی سروک، رادیولاریت‌ها و سازند تربور پهلوی خاوری یک تاقدیس است که به علت یک راندگی محلی (راندگی بردنو) به سوی جنوب غربی و روی قسمت رادیولاریتی رانده شده است و به همین دلیل شیب لایه‌ها به طور کلی به سوی شمال خاوری است. با توجه به ماهیت سنگ‌شناسی واحد رادیولاریتی، چین خوردگی‌ها و گسل خوردگی‌های نامنظم محلی فراوانی در این واحد دیده می‌شود.

مهمترین گسل شناسایی شده در این محدوده گسل محلی آدامو می‌باشد. این گسل دارای شیب زیاد به سوی شمال شرقی است که اثر آن در کوه‌های محدوده مورد مطالعه به صورت یک زون گسله دیده می‌شود. در واحد رادیولاریتی نیز گسل‌های کوچک فراوانی دیده می‌شود، که جابه‌جایی مهمی را در طول زمان ایجاد نموده‌اند.

به طور کلی محدوده مورد بررسی پهلوی شمال خاوری یک تاقدیس (بردنو) می‌باشد که بیشترین گستره آن در اختیار واحد رادیولاریتی است که دارای چین‌های بی‌نظم و محلی فراوانی است. رودخانه رودبال که در راستای تقریبی شمالی- جنوبی شکل گرفته، خاستگاه تکتونیکي ندارد.

در لایه‌های سازند سروک درزه‌های فراوانی دیده می‌شود که بیشتر آن‌ها در راستای عمود بر محور تاقدیس (بردنو) هستند و در راستای آن‌ها فرآیند انحلالی پیشرفت بیشتری داشته است.



شکل ۲: تصویر ماهواره‌ای جایگاه سد

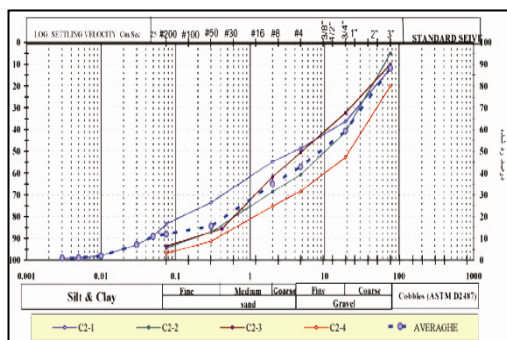
۳- مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق، در محدوده مورد مطالعه (اطراف سد رودبال) در مجموع ۲۳ گمانه تا عمق حداکثر ۴ متری در منابع مختلف موجود، حفر شده است. برای ارزیابی مهندسی و کیفی مصالح تعداد سی عدد نمونه از سطح تا عمق ۴ متری از گمانه‌های مختلف برداشت شده است. سپس بر روی نمونه‌ها، آزمون‌های مختلف ژئوتکنیکی شامل دانه‌بندی، آزمون‌های فیزیکی (تعیین چگالی، تخلخل، رطوبت و جذب آب) آزمون‌های مکانیکی (تعیین ارزش ضربه، ارزش فشارشی) و آزمون‌های شیمیایی (ارزیابی سنگ‌شناسی، سلامت سنگ و پتانسیل فعالیت) انجام گرفته است و نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

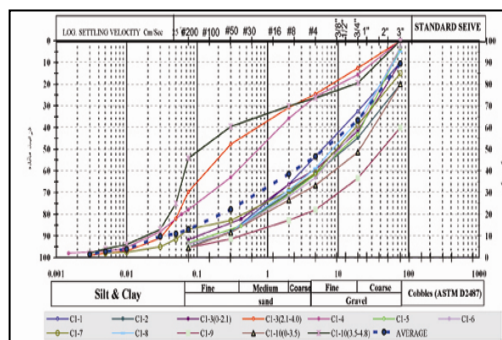
جدول ۱: خلاصه نتایج آزمایش‌های انجام شده

نام آزمایش	شرح نتیجه آزمایش
ارزیابی سنگ‌شناسی (نمونه دستی)	مصالح عمدتاً آهکی، ماسه سنگ و چرت همراه با قطعات رادیولاریتی و مقادیر کمی سیلت و رس
ارزیابی سنگ‌شناسی (مقطع میکروسکوپی)	کلسیت، کوارتز، سیلت و رس
اندازه، شکل و ساختمان ذرات	متغیر از تخته سنگ تا سیلت و عمدتاً نیمه گرد تا گرد شده بدون گوشه و مسطح با ساختمان متراکم
جذب آب ذرات	۱/۴ تا ۱/۸ درصد
وزن مخصوص حقیقی ذرات	۲/۵۴ تا ۲/۶۲
وزن مخصوص ظاهری ذرات	۲/۶۹ تا ۲/۷۴
تخلخل	۷/۵ تا ۴/۳ درصد
ضریب پولکی	کمتر از ۳۰ درصد
ضریب تورق	۲۰ تا ۳۵ درصد
آزمون سلامت سنگ ۵ سیکل (سولفات سدیم)	۱ تا ۶/۵ درصد
ارزش ضربه	۶/۶ تا ۱۰/۲ درصد
مقاومت در برابر خرد شونده‌گی	۳/۲۵ تا ۹ درصد
میزان مواد آلی	کمتر از حد مجاز
پتانسیل فعالیت مصالح	در محدوده مصالح غیر زیان آور تا بالقوه زیان آور
سایش لس آنجلس	۵ تا ۱۳ درصد
نفوذ پذیری با بار ثابت	1.04×10^{-2} تا 4.14×10^{-2} سانتی متر بر ثانیه (cm/s)

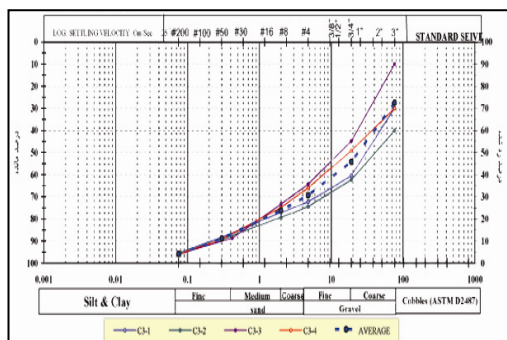
جهت ارزیابی دانه‌بندی مصالح، آزمایش دانه‌بندی مطابق با استاندارد ASTM D2487 به طور جداگانه برای ۴ معدن موجود صورت گرفت (Pamela, 2007) و اطلاعات مناسبی بدست آمد نمودار دانه‌بندی معادن مختلف در شکل‌های ۳ تا ۶ آورده شده است.



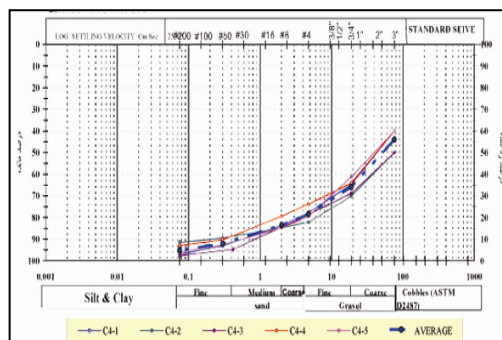
شکل ۲: منحنی دانه بندی معدن شماره ۲



شکل ۳: منحنی دانه بندی معدن شماره ۱



شکل ۴: منحنی دانه بندی معدن شماره ۳



شکل ۵: منحنی دانه بندی معدن شماره ۴

همانگونه که ملاحظه می‌گردد، مصالح موجود طیف وسیعی از اندازه ذرات را دربر می‌گیرند. بافت غالب کلیه ذخایر شنی بوده و درصد ذرات ریز دانه (عبوری از الک شماره ۲۰۰) در اغلب موارد کمتر ۵٪ است. نکته قابل ذکر این است که بخش اعظم مصالح معادن ۳ و ۴ به صورت قلوه سنگ و قطعه سنگ (بزرگتر از ۳ اینچ) است. در مرحله بعد، مصالح بر اساس سیستم طبقه‌بندی یونیفاید طبقه‌بندی گردیده است. بر اساس این نتایج و با استفاده از سیستم طبقه‌بندی یونیفاید مصالح موجود را می‌توان در گروه شن تمیز خوب دانه بندی شده (GW) تا ماسه لاپدار (SM) قرار داد.

وجود بافت غالب شنی در تمامی منابع و همچنین نتایج آزمون نفوذپذیری انجام شده بر روی مصالح بیانگر آنست که نمونه‌ها از نفوذ پذیری و مقاومت برشی بالایی برخوردار هستند. با استفاده از نتایج آزمایش‌ها و وضعیت دانه‌بندی مصالح کاربرد این مصالح در بخش‌های مختلف سد مورد ارزیابی قرار گرفته است (معماریان، ۱۳۸۴).

۴- نتیجه‌گیری

ارزیابی زمین‌شناسی و لیتولوژیکی و ژئومورفولوژی مصالح محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که این مصالح عمدتاً نهشته‌های آبرفتی هستند که به صورت بادبزین‌های آبرفتی و به شکل قلوه‌های ریز تا درشت در دو طرف رودخانه نهشته شده‌اند. وجود ذرات و قطعات درشت این مجموعه بازگویی توان سیلاب‌های رودخانه رودبال است. سن تمامی

نهشته‌های موجود کواترنر و عهد حاضر بوده و خاستگاه این نهشته‌ها عمدتاً سازند آهکی سروک است. به علاوه ماسه سنگ‌های گروه فارس (سازند آجاجاری) و نیز سنگ‌های سیلیسی واحد رادیولاریتی نیز نقش موثری در تشکیل این نهشته داشته‌اند. از آنجایی که اندازه بخش اعظمی از مصالح موجود در معادن ۳ و ۴ بزرگ می‌باشد (بزرگتر از ۳ اینچ) لذا مصالح این معادن می‌بایست جهت استفاده در بتن (به عنوان سنگدانه) توسط سنگ شکن دانه آرایی گردند. ولی با توجه به جنس مصالح احتمال افزایش ذرات در دانه آرایی جدید مصالح وجود دارد. حفاری‌های صورت گرفته جهت برداشت نمونه‌ها، نشاندهنده آنست که مصالح موجود از یکنواختی خوبی در عمق برخوردار هستند.

سلامت بالای مصالح موجود در آزمون‌های مقاومتی (ساندنس و سایش لس آنجلس) نیز به دلیل این است که مصالح از سازندهای بالادست سرچشمه گرفته‌اند و این مصالح در طول زمان جابه جایی زیادی متحمل شده و مواد انحلال پذیر خود را از دست داده‌اند. همچنین نتایج آزمایش پتانسیل فعالیت نشاندهنده آن است که برخی از سنگدانه‌ها در منطقه بالقوه زیان آور وجود دارند. به نظر می‌رسد این مصالح، قطعات سیلیسی واحد رادیولاریتی موجود در محدوده مورد مطالعه هستند که در نهشته‌های آبرفتی وجود دارند. لذا ضروری است به هنگام استفاده از این مصالح به عنوان سنگدانه‌های بتن، آزمایش‌های مکمل نظیر آزمون ملات منشوری و منشور تسریع شده صورت گیرد تا در صورت استفاده از آن‌ها از بروز خطرات احتمالی جلوگیری شود.

نتایج حاصل از آزمایش‌های زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی نشان می‌دهد که به طور کلی این مصالح از کیفیت بالایی برخوردار بوده و در اکثر موارد نتایج حاصله پایین‌تر از حد مجاز لازم برای کاربرد مصالح در بخش‌های مختلف سد و تاسیسات جانبی آن است لذا کاربرد این مصالح در بخش‌های مختلف سد بلامانع است.

۵- منابع

۱. آئین نامه بتن ایران (آبا)، ۱۳۷۹، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، نشریه شماره ۱۲۰، معاونت امور فنی دفتر امور تدوین معیارها، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، ۱۶ص.
۲. تهرانی، خ، ۱۳۸۴، زمین شناسی ایران (جلد دوم) مزوزوئیک و سنوزوئیک، انتشارات دانشگاه پیام نور ۳۲۷ص.
۳. داس براجا، ۱۳۸۶، اصول مهندسی خاک (جلد اول) ترجمه ی صالح زاده ح، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ۳۷۹ص.
۴. درویش زاده، ع، ۱۳۸۰، زمین شناسی ایران، انتشارات نشر امروز، ۹۰۱ص.
۵. گرجی، م، ۱۳۷۷، پدیده واکنش قلیایی مصالح سنگی در سدهای بتنی، وزارت نیرو کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، ۱۰۷ص.
۶. معاریان، ح، ۱۳۸۴، زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک، انتشارات دانشگاه تهران، ۹۵۳ص.
۷. نبوی، م.ح، ۱۳۵۵، دیباچه ای بر زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی کشور، ۱۱۰ص.
۸. وفائیان، م، ۱۳۶۰، آشنایی با مکانیک خاک، انتشارات دهخدا، ۲۳۰ص.
9. Albert, D.A., 2007, Natural Community Abstract for Sand and Gravel, Michigan Natural Features, Inventory Lansing MI, 7pp.
10. ASTM, C, 289 – 94 – Standard test method for potential alkali – silica reactivity of aggregates (chemical method).
11. ASTM C535, 2003, Test Method for resistance to Degradation for Large size coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.
12. ASTM D 75, 2003, Standard Practice for Sampling Aggregates.
13. ASTM D 4791, 2005, Standard Test Method for Flat particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate.
14. Ken, L., 2009, BAC Test Requirements For Imported Coarse and Fine Aggregates, Department of Soil Mechanic Boston Collage
15. Pamela, J.W. Gore, 2007, Sedimentary Rock Classification Table, Department of Geology, Georgia Perimeter Collage.