

ارزیابی کارایی استفاده از رسوبات سد و شمشیر در تولید مصالح ساختمانی

سید حسن گلماپی

عضو هیأت علمی گروه آبیاری دانشکده علوم کشاورزی مازندران، ساری

تاریخ دریافت: ۸۲/۷/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۸۴/۶/۲۳

چکیده

انباشت مواد رسوبی در پشت سدها یکی از معضلات بزرگ برای تمامی سدها است. سد و شمشیر نیز بطور جدی از شروع آبگیری با این معضل مواجه بوده است، بطوریکه اکنون با گذشت حدود سه دهه از شروع بهره‌برداری از آن، بخش اعظم گنجایش مفید سد از بین رفته است. مسایل مهم و حیاتی کشور مانند آبخیزداری، محیط‌زیست، و امور مربوط به گسترش منابع آب، تخلیه رسوبات سدهای مخزنی را دارای اهمیت بسیار می‌کند. بررسی منشأ، مقدار، محل، تخلیه، و کاربردهای صنعتی و کشاورزی رسوبات پشت سد و شمشیر، و همچنین مصالح ساخته شده از آنها به کمک نتایج فعالیت‌ها و پژوهش‌های انجام شده در زمینه‌ی شناخت خصوصیات کانی‌شناسی، فیزیکی، و شیمیایی رسوبات انجام می‌شود. با تخلیه رسوبات پشت سدها، ضمن کاهش حجم رسوبات و افزایش حجم مفید سد، ماده‌ی اولیه‌ی لازم برای تولید مصنوعات مثل آجر، سفال، کاشی و سرامیک را فراهم می‌کند. امکان استفاده از رسوبات به‌عنوان ماده‌ی خام برای مصنوعات ساختمانی به کمک آزمایش‌های کانی‌شناسی، فیزیکی و شیمیایی روی رسوبات به‌دست آمده از مخزن سد و شمشیر بررسی شد. در آزمایش‌های فیزیکی، چگالی ذرات، دانه‌بندی ذرات و حدود اتربرگ تعیین شد. در آزمایش‌های شیمیایی، ضمن آنالیز نمونه‌ها، درصد کربنات، نمک، مواد آلی، افت سرخ شدن نمونه‌ها ارزیابی گردید و در نهایت نمونه‌های خشت که با روش‌های سنتی و فشاری ساخته شده بود تحت آزمایش‌های فشاری، خمشی و جذب آب قرار گرفت. نتایج با استانداردهای ۱۱۶۲ ایران و DIN ۱۲۳۰ و ۵۱۰۷۰ آلمان مقایسه گردید و استفاده از این رسوبات به‌عنوان مواد خام مصنوعات ساختمانی تأیید شد.

واژه‌های کلیدی: سد و شمشیر، خصوصیات کانی‌شناسی، فیزیکی، شیمیایی، رسوبات، آجر، سفال

مقدمه

پژوهش در زمینه‌ی رسوب‌شناسی برای مسایل مهم و حیاتی کشور مانند آبخیزداری، تخلیه رسوبات سدهای مخزنی و امور مربوط به حفظ و گسترش منابع آب در سطح کشور دارای اهمیت بسیاری است. انباشت رسوبات در مخزن سدها یکی از بزرگترین مشکلاتی است که در مورد تمام سدها وجود دارد (پازوش، ۱۳۶۱؛ سازمان

انرژی اتمی، ۱۳۵۴ و ۱۳۵۵؛ وفائیان، ۱۳۷۴ و ویسه و همکاران، ۱۳۷۶).

سد و شمشیر نیز به‌طور جدی از ابتدا با این مشکل مواجه بوده است و از بدو شروع آبگیری هر ساله مقدار قابل توجهی رسوب در دریاچه این سد انباشته شده است بطوریکه اکنون بعد از سه دهه ظرفیت بخش اعظم از گنجایش مفید سد از بین رفته است (سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۵۴؛ گلماپی، ۱۳۶۹ و ۱۳۷۰).

اولین طرح پیشنهادی جهت استفاده از رسوبات، استفاده در کشاورزی می باشد. بدین نحوکه رسوبات را با خاک در هم می آمیزند و با این کار از طرفی باعث کاهش جدی شوری خاک و از طرف دیگر موجب قابل کشت شدن آن می شوند زیرا رسوبات در اثر شستشو، نمک خود را از دست می دهند (سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۵۴ و ۱۳۵۵؛ مهندسین مشاور گید، ۱۹۷۰) و بالاخره طرح پیشنهادی دیگر، استفاده از رسوبات در ساخت آجر و مصالح ساختمانی است. مانند سیمان که از رسوبات، به جای خاک رس در ساخت آن استفاده می شود (ویسه و همکاران، ۱۳۷۶).

در رابطه با فعالیت های عمرانی و ساختمانی نیاز روزافزون به مصالح ساختمانی و سیستم های حساب شده تأسیساتی، ضرورت انجام تحقیقات به منظور انتخاب گزینه های بهتر مصالح اولیه و رعایت مسائل زیست محیطی تولید مصالح ساختمانی و روش های اجرایی را اجتناب ناپذیر می نماید. در کشور ما ایران، وفور و گستردگی مواد اولیه مناسب به ویژه در تولید صنایع و محصولات سفالین در واقع عامل بسیار مهمی در توجیهی اقتصادی طرح های مربوطه به شمار می آید که در سال های اخیر در نتیجه ی تحقیقات گسترده، نمونه های دیگری از مواد اولیه مثل رسوبات پشت سدها نیز بدان افزوده شد. تولید لوله های سفالی، با استفاده از رسوبات پشت سدها، به منظور جایگزینی این محصول، در حقیقت در تعقیب تحقیقاتی است که با توجه به اقدامات انجام شده در این راستا در سایر کشورها، منتج به ضرورت گزینش آن بجای سایر مصالح مشابه به لحاظ گوناگونی فنی - اقتصادی، بهداشتی، و غیره شده است. با توجه به اهمیت تأثیر مصنوعات سفالی در فعالیت های عمرانی و ساختمانی و اجرای پروژه ها، تحقیقات دامنه داری در تولید مصالح سفالی و چگونگی تأمین مواد اولیه، با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی به عمل آمده است (گلمایی، ۱۳۶۹ و ۱۳۷۰).

ارتباط این موضوع با گودال های قرضه و منابع کوهی محل تأمین مواد خام که باید در محدوده هایی انجام شوند که از یک طرف به منظر عمومی (مناظر و مرایا) طبیعت لطمه ای وارد نکند و از طرف دیگر با توجه به حساس بودن تپه های رسی (که برای تأمین مواد خام انتخاب می شوند و اینکه این گونه زمین ها بالقوه در برابر زمین لغزه حساس می باشند) از ایجاد زمین لغزه های بالقوه اجتناب شود. چنین راه حل هایی باید کشف شوند و مورد استفاده قرار گیرند. محل های استخراج مواد خام، بخش اساسی کار در ارتباط با تولید مصالح ساختمانی است. این محل ها شامل مسیرهای دسترسی و جاده های حمل و نقل، منطقه را برهنه می کند و به اغلب احتمال منجر به زهکشی منطقه می شود. جمع آوری زه آب، زهکشی، انحراف دادن به مسیر آب های زیرزمینی و سطحی مخصوصاً در گودال های قرضه ی مواد خام از نوع خاک رسی مهم می باشد (گلمایی، ۱۳۶۹ و ۱۳۷۰ و وفائیان، ۱۳۷۴).

در وضعیت فعلی، در استان های مازندران و گلستان، تمامی کارخانه های آجر و سفال مواد خام خود را از گودال ها و محل های روباز تأمین می کنند، و لذا به لحاظ مسایل زیست محیطی، ضرورت استفاده از رسوبات مخازن سدها دارای اهمیت ویژه ای می باشد.

در این تحقیق ضمن بررسی نتایج آزمایش های معمول در شناخت ویژگی های رسوب شناسی، شیمیایی، و فیزیکی رسوبات پشت سد وشمگیر، آن را به عنوان جایگزین بسیار مناسب و بهتر از منابع کوهی و یا گودال های روباز قرضه برای تأمین مواد خام جهت تولید مصنوعات نظیر آجر، سفال، لوله های سفالی، و همچنین به جای رس در تولید سیمان پیشنهاد می نماید. مضافاً این که، کاربرد رسوبات در این راستا، از لحاظ زیست محیطی نیز مسئله ساز نیست. در رابطه با تولید لوله های سفالی، اضافه کردن کائولن و پودر سیلیس به رسوبات با نسبت های مناسب پیشنهاد گردید و طرح اختلاط اولیه نیز ارائه شد.

مواد و روش‌ها

سد خاکی - مخزنی و شمشگیر در شمال شرقی گرگان در محلی بنام سنگر سوار به طول جغرافیایی ۴۶' ۵۴، درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۱۳' ۳۷، درجه شمالی روی گرگانرود احداث گردیده است. فاصله سد از طریق جاده تا گرگان ۶۲ کیلومتر و تا ساحل دریای خزر ۷۰ کیلومتر می‌باشد. طول تاج سد ۴۳۰ متر و حداکثر ارتفاع از روی پی ۲۰ متر می‌باشد. این سد دارای یک مخزن اصلی و سه مخزن کمکی است که حجم مخزن اصلی قبل از رسوبگذاری ۶۰ میلیون مترمکعب بوده است (حجم فعلی ۳۰ میلیون مترمکعب) و حجم مخازن فرعی ۶، ۱۲ و ۱۸ میلیون مترمکعب تخمین زده می‌شود (سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۵۵).

این سد روی قشری از خاک‌های ریز دانه به ضخامتی در حدود ۶۰ متر از سازند لسی دوران چهارم زمین‌شناسی احداث گردیده است. براساس مطالعاتی که تاکنون صورت گرفته است سازند لسی که در قسمت جنوب منطقه‌ی گرگان و دشت به صورت تپه ماهور با ارتفاعات مختلف دیده می‌شود متعلق به رسوبات بادی دوران چهارم زمین‌شناسی و آخرین پسروری یخچالی می‌باشند که منشأی آن را صحرای ترکمنستان دانسته‌اند (سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۵۵؛ مهندسین مشاور اتکو، ۱۳۴۹ و مهندسین مشاور گید، ۱۹۷۰).

ریزدانه بودن این سازند که گرگانرود در آن جریان دارد باعث فرسایش شدید منطقه، عمیق شدن بستر رودخانه، و پریپیچ و خم شدن مسیر آن شده است و قسمتی از همین مسیر عمیق است که مخزن سد و شمشگیر را تشکیل می‌دهد (سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۵۴).

خصوصیات هیدرودینامیکی گرگانرود به گونه‌ای است که رودخانه هنگام عبور از شیب‌های تند دامنه‌های البرز و سرازیر شدن یکباره به دشت پهناور و کم شیب گرگان باعث فرسایش و شستشوی سازند لسی منطقه و رسوبگذاری فراوان در مخزن سد و شمشگیر می‌شود (سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۵۴ و ۱۳۵۵).

در این تحقیق شناخت مشخصه‌های کانی‌شناسی، فیزیکی، و شیمیایی رسوبات پشت سد و شمشگیر و مصالح ساختمانی ساخته شده از آنها مورد توجه قرار گرفت. پس از بررسی‌های اولیه در مورد مشخصات سد و شمشگیر و آشنایی با موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناختی آن از طریق بازدیدهای میدانی، نمونه‌برداری مستقیم و به صورت دست‌خورده از رسوبات کف مخزن از تمام لایه‌ها در عمق وسط انجام شده است. در این امر سعی بر این شد که از یک طرف نمونه‌برداری از پراکندگی جغرافیایی مناسبی برخوردار باشد و از طرف دیگر اندازه‌گیری‌هایی که در تقسیم‌بندی رسوبات جهت کاربرد به‌عنوان مواد خام در صنعت آجر، سفال، سرامیک و کاشی مؤثر می‌باشند، در نظر گرفته شود. برای نمونه‌گیری، مخزن سد در طول آن به ۲۶ حوضچه، مطابق شکل ۱، تقسیم شده است.

پس از مراحل آماده‌سازی روی نمونه‌های به دست آمده از نقاط مختلف، آزمایش‌های زیر صورت گرفته است:

الف) آزمایش‌های کانی‌شناسی برای شناخت کانی‌های متشکله و سنگین موجود در رسوبات بطریق اسپکترومتری ایکس (سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۵۴، ۱۳۵۵).

ب) آزمایش‌های فیزیکی برای تقسیم‌بندی و شناخت رسوبات جهت کارهای تخلیه و کاربرد آن که عبارتند از:

- ۱- آزمایش تعیین وزن مخصوص ذرات.
- ۲- آزمایش دانه‌بندی نسبت به درشت و ریز بودن ذرات، دانه‌بندی بطریق الک کردن (تحلیل مکانیکی) و دانه‌بندی به طریق هیدرومتری (ذرات کوچکتر از ۶۳ میکرون) انجام می‌شود.
- ۳- آزمایش‌های حدود اتربرگ جهت تعیین حد مایع و حد خمیری.
- ج) آنالیز شیمیایی جهت تعیین مقدار درصد کربنات، نمک، و مواد آلی.

از مخلوط متوسط و همگنی از نمونه‌های رسوبات داخل مخزن، نمونه‌های خشت به راه‌های سنتی و فشاری ساخته شده‌اند. این نمونه‌های خشت در دماهای ۸۰۰، ۹۰۰، ۱۰۰۰، ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد پخته شدند و آنگاه نتایج آزمایش‌های فشاری و مقاومت خمشی و جذب آب نمونه‌های ساخته شده با استانداردهای ۱۱۶۲ ایران و DIN۱۲۳۰ و DIN۵۱۰۷۰ آلمان مقایسه گردیدند.

نتایج و بحث

بررسی‌ها نشان می‌دهد که در وضعیت فعلی، رسوبات انباشته شده در دریاچه‌ی سد در حدود ۳۵ میلیون متر مکعب است (وزارت نیرو، ۱۳۸۱).

قسمت اعظم این رسوبات، سیلت دانه متوسط و به مقدار محدودی رس است که در آن کمی سیلت دانه درشت و دانه‌ریز مشاهده می‌شود، که به لحاظ نام گروهی، در رده سیلت رسی با پلاستیسیته متوسط قرار می‌گیرد (شکل ۲).

نظر به اینکه تمام نقاط در نمودار کاساگرانده (شکل ۴) بالای خط A و نزدیک آن قرار دارند و همچنین طبق شکل ۵ فعالیت مواد حاصل از رسوبات بین ۰/۵ تا ۰/۸ محدود است. می‌توان نتیجه گرفت که کانی رسی رسوبات بطور عمده از ایلیت تشکیل شده است، چون که فعالیت^۱ کانی ایلیت از ۰/۵ تا ۱/۳ است (دی^۱، ۲۰۰۱).

براساس سیستم طبقه‌بندی USBM^۳، این کانی در رده رس معمولی^۴ قرار می‌گیرد و به‌عنوان ماده‌ی خام جهت تولید محصولات سفالی اعم از؛ آجر، سفال،

تمبوشه، سفال پشت بام و سیمان پرتلند مناسب تشخیص داده می‌شود (پازوش، ۱۳۶۱؛ سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۵۴ و ۱۳۵۵ و وگلمایی، ۱۳۶۹).

با مقایسه آنالیز ۲۹ نمونه از رسوبات مخزن سد که از ۲۶ حوضچه، (شکل ۱) در طول مخزن برداشته شده‌اند نتایج زیر به دست آمده است:

۱- با توجه به منحنی تغییرات اکسیدهای اصلی موجود در نمونه‌ها (شکل ۳)، ملاحظه می‌گردد که ترکیب شیمیایی رسوبات، در نقاط مختلف مخزن تقریباً یکنواخت است.

۲- جدول ۱ درصد مهم‌ترین اکسیدهای موجود در رسوبات مخزن سد و شمشگیر را نشان می‌دهد (این نتایج از منبع شماره ۳ مربوط به سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۵۵ استخراج شده است).

درصد کانی‌های مختلف موجود در رسوبات با اسپکترومتری ایکس و به کمک آنالیزهای شیمیایی به قرار زیر است (سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۳۵۴ و ۱۳۵۵) (جدول ۱). تجزیه و تحلیل خصوصیات کانی‌شناسی و مقایسه داده‌های شیمیایی با استانداردهای شماره ۱۱۶۲ ایران، DIN۵۱۰۷۰ آلمان برای آجر و DIN۱۲۳۰ آلمان (جدول ۲) برای لوله نشان می‌دهند که رسوبات پشت سد به‌عنوان ماده اولیه محصولات سفالین (آجر نما) مناسب سوراخ‌دار، تیغه سفال، سفال پشت بام و آجرنما) مناسب بوده و برای لوله سفال باید از مواد دیگری جهت تصحیح ترکیبات شیمیایی استفاده کرد (وگلمایی، ۱۳۶۹ و ۱۳۷۰).

جدول ۱- درصد اکسیدهای موجود و درصد کانی‌های مختلف در رسوبات مخزن سد و شمشگیر.

Na ₂ O	K ₂ O	CO ₂	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
۱/۳	۱/۹	۸/۰	۳/۱	۵/۸	۱۳/۹	۴۸/۷
کائولینیت	فلدسپار	ایلیت / مسکویت		کربنات (سیدریت+کلسیت+منیزیت)		کوارتز
۱۱-۱۷	۱۲-۱۶	۱۳-۲۰		۱۷-۲۰		۱۸-۲۷

* تمام اعداد به درصد بیان شده است.

- 1- Activity
- 2- Day,R.w
- 3- United States Bureau of Mines[virta,1994]
- 4- Common clay

جدول ۲- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های رسوبات برداشته شده از مخزن سد و شمگیر و ویژگی‌های استاندارد ۱۱۶۲ ایران، DIN ۵۱۰۷۰ برای آجر و DIN ۱۲۳۰ برای لوله سفال.

NaCl	SO ₃	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	(L.O.I)	مشخصات دامنه تغییرات آنالیز مواد اولیه مربوط به
حداکثر ۰/۱	حداکثر ۰/۵	حداکثر ۴	حداکثر ۱۷	۳-۱۲	۹-۲۱	۴۰-۶۰	حداکثر ۱۶	آجر طبق استاندارد ۱۱۶۲ ایران
-	-	۰-۱	۰-۱	۳-۴	۲۵-۳۰	حداکثر ۶۵	۶-۹	لوله سفال طبق استاندارد DIN 1230
-	-	۰/۱-۰/۵	۰/۱-۰/۵	۰/۰۵-۳	۰/۱-۲	کوچکتر از ۱۰	حداکثر ۱۷	آجر طبق استاندارد DIN 51070
-	-	۰/۵-۵	۰/۵-۵	بزرگتر از ۳	۲-۱۰	۱۰-۵۰	حداکثر ۱۷	آجر طبق استاندارد DIN 51070
-	-	۲/۵-۳/۷۵	۲/۸-۸/۰۵	۵-۵/۷	۱۲/۳-۱۴	بزرگتر از ۵۰	۱۲/۹-۱۶/۸	رسوبات پشت سد
-	-	حداکثر ۰/۷	حداکثر ۰/۸	حداکثر ۱	۲۶-۳۵	۵۰-۶۲	۷-۱۳	کائولن
-	-	-	-	حداکثر ۰/۱	حداکثر ۰/۳	حداقل ۹۸	حداکثر ۰/۵	پودر سیلیس

* اعداد در جدول برحسب درصد بیان شده‌اند.

همچنین مقدار MgO رسوبات نیز با مقادیر مجاز استانداردهای ایران و آلمان مطابقت دارد.

مقادیر مقاومت فشاری اندازه‌گیری شده روی نمونه‌های مختلف از ۳۹۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع تا ۴۶۶ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع متغیر بوده است که متوسط آن در حدود ۳۸۴ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع به دست می‌آید که این مقدار بیشتر از حداقل مجاز برای آجرنما (۱۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) است.

متوسط مقاومت خمشی در دماهای مختلف پخت در جدول ۳ ارائه شده است.

ملاحظه می‌شود که متوسط مقاومت فشاری اندازه‌گیری شده 338 Kg/cm^2 است که بیش از حداقل مجاز برای آجرنما یعنی 100 Kg/cm^2 و آجر توکار 60 Kg/cm^2 طبق استاندارد ایران می‌باشد.

با انجام مطالعات کانی‌شناسی، فیزیکی، و شیمیایی روی رسوبات پشت سد و شمگیر نتایج زیر حاصل می‌شود:

۱- تأمین مواد خام برای کارخانه‌های آجر، سفال، و غیره از منابع قرضه کوهی و محل‌های روباز، موجب مسایل عدیده زیست محیطی است. استفاده از رسوبات مخازن سدها به عنوان جایگزینی بسیار مناسب و بهتر از منابع دیگر پیشنهاد می‌شود.

نتایج آزمایش‌های شیمیایی، افت سرخ شدن (L.O.I) نمونه‌های مورد آزمایش را از ۱۲/۹ تا ۱۶/۸ نشان می‌دهد. ویژگی استاندارد ایران حداکثر ۱۶ درصد و DIN ۵۱۰۷۰ حداکثر ۱۷ درصد می‌باشد. ملاحظه می‌شود که نمونه‌های مورد آزمایش از این نظر با استانداردها مطابقت دارند. مقدار مجاز SiO₂ مطابق استاندارد ۱۱۶۰ ایران از ۴۰ تا ۶۰ درصد و گزینه‌ی سوم DIN ۵۱۰۷۰ آلمان، بزرگتر از ۵۰ درصد است. همانطوری که جدول ۴ نشان می‌دهد سیلیس رسوبات از ۴۶/۵ تا ۵۴/۷ درصد بوده که براساس هر دو استاندارد دارای کیفیت مناسب می‌باشد. اکسید آلومینیوم در رسوبات از ۱۲/۳ تا ۱۴ درصد به دست آمده که با استاندارد ۱۱۶۰ ایران (۹-۲۱ درصد) و DIN ۵۱۰۷۰ آلمان (گزینه ۴۵-۱۰ درصد) همخوانی دارد. اکسید فربک در رسوبات از ۵ تا ۵/۷ بوده که با ویژگی‌های مجاز استاندارد ایران (۳ تا ۱۲ درصد) مطابقت داشته و DIN ۵۱۰۷۰ آلمان (۳-۴ درصد) به طور قابل قبولی سازگاری دارد. مقدار مجاز اکسید کلسیم مطابق استاندارد ایران حداکثر ۱۷ درصد و برای DIN ۵۱۰۷۰ آلمان از ۵-۰/۵ درصد است. آهک رسوبات از ۲/۸ تا ۸/۰۵ درصد است که از این نظر نیز در مقایسه با هر دو استاندارد مشکل کیفی ندارد.

۲- نظر به اینکه رسوبات بر اثر شستشو، نمک خود را از دست می‌دهند، استفاده از رسوبات برای در هم آمیختن با خاک‌های منطقه که نسبتاً شور می‌باشند برای کاهش شوری و حاصلخیزی بیشتر توصیه می‌شود.

۳- از نقطه نظر کانی‌شناسی، کانی‌های اصلی رسوبات پشت سد عبارتند از: کوارتز، کلسیت، ایلیت، فلدسپار، و کائولینیت.

اندازه دانه‌های رسوبات کوچکتر از $0/075$ میلی‌متر (ریز تر از الک نمره، ۲۰۰) که توأم با نتایج آزمایش‌های

جدول ۳ - مقاومت خمشی در دماهای مختلف پخت.

دمای پخت (سانتی‌گراد)	۸۰۰	۹۰۰	۱۰۰۰	۱۱۰۰
مقاومت خمشی (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)	۶۸	۷۹	۱۰۱	۳۳۸

منابع

۱. پازوش، ه. ۱۳۶۱. رسوب‌گذاری در مخازن سدها. نشریه دانشکده فنی دانشگاه تهران. ۱۲ صفحه.
۲. سازمان انرژی اتمی ایران. ۱۳۵۴. گزارش یک ساله از فعالیت‌های تحقیقاتی در مورد رسوبات سد وشمگیر ۵۲-۵۳. ۸۴ صفحه.
۳. سازمان انرژی اتمی ایران. ۱۳۵۵. پژوهش در زمینه رسوب‌شناسی سد وشمگیر. ۷۵ صفحه.
۴. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. ۱۳۸۰. برنامه‌ریزی آزمایش‌های رسوب. نشریه شماره ۲۲۲. ۳۱ صفحه.
۵. گلمائی، س.ح. ۱۳۶۹. شماره ۱۸. طرح توجیهی فنی - اقتصادی واحد تولید محصولات سفالین (آجر، بلوک سقف، سفال پشت بام و آجرنما) با ظرفیت ۱۵۰۰۰۰ عدد در روز با استفاده از رسوبات پشت سد وشمگیر. خدمات فنی و مهندسی طرح‌های صنعتی ایران. شرکت سهامی خاص. ۵۵ صفحه.
۶. گلمائی، س.ح. ۱۳۷۰. شماره ۲۴. طرح توجیهی فنی - اقتصادی واحد تولید لوله‌های سفالی با ظرفیت ۳۰۰۰۰ تن در سال با استفاده از رسوبات سد وشمگیر. خدمات فنی و مهندسی طرح‌های صنعتی ایران. شرکت سهامی خاص. ۷۶ صفحه.
۷. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. ۱۳۷۵. استاندارد آجر رسی ویژگی و روش آزمون. شماره ۷. تجدید نظر دوم. چاپ هفتم. ۲۴ صفحه.
۸. مهندسین مشاور اتکو. ۱۳۴۹. گزارش فنی مربوط به تنظیم رودخانه گرگان و سد وشمگیر. ۸۱ صفحه.
۹. مهندسین مشاور گید. ۱۹۷۰. گزارش خاک‌شناسی مطالعات نیمه تفصیلی خاک و طبقه‌بندی اراضی. ۹۳ صفحه.
۱۰. وزارت نیرو. ۱۳۸۱. خلاصه اطلاعاتی از سد وشمگیر. آب منطقه‌ای مازندران و گلستان. ۴ صفحه.
۱۱. وفائیان، م. مترجم. ۱۳۷۴. سدهای پاره سنگی. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲۰۹ صفحه.
۱۲. ویسه، س.، خداپنده، ن.، و کریم‌زاده، ف. ۱۳۷۶. بررسی استفاده از رسوبات سد سفید رود در تولید آجر و سفال. چهارمین کنفرانس سدسازی. ۱۲ صفحه.

13. ASTM C62-97. 2001. Standard Specification for Building Brick. Solid Masonry Units Mixed From Clay or Shale. Annual Book of ASTM Standard. Vol.04.05. 1183p.

14. ASTM. 1990. Annual Book of ASTM standard. Vol.04.08. Construction. 1092 p.

15. Day, R.W. 2001. Soil Testing Manual. McGraw-Hill. 618 p.

16. DIN 51070. Blatt1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. DEUTSCHE NORMEN. Feb 1966. 18p.

17. Internetwebsite: www. uta. edu/Paleomap/schieberweb/publications/pdf/shalebook- ch7.pdf. 10p.

18. McNally, G. 1998. Soil and Rock Construction Materials. E and FN Spon. 403p.

19. Nelson, I.D., and Miller, D.J. 1992. Expansive Soil. John Wiley and sons INC. 259p.

حد روانی و حد خمیری حاکی از آن است که این رسوبات برای تولید آجر، سفال و همچنین به جای خاک رس در ساخت سیمان بسیار مناسب است.

۴- برای تولید لوله‌ی سفالی می‌بایستی به نسبت‌های مناسب کائولن و پودر سیلیس به رسوبات اضافه نمود.

۵- مقادیر مقاومت فشاری نمونه‌های آجرساخته شده، بیش از حداقل مجاز برای آجرنما، و آجر توکار مطابق استانداردهای ایران و آلمان بوده است.

Efficiency evaluation of the use of Voshmgir dam sediments in construction materials production

S.H. Golmaee

Faculty member of Mazandaran University, Sari, Iran

Abstract

Accumulation of sediment materials in reservoirs of dams is one of the great problems for all dams. The Voshmgir dam has encountered the problem since the beginning of the water collection. So that, now, after three decades after the start of its operation, a great part of its useful storage has been demolished. The vital and important issues of the country like watershed management, environment and the matters related to water resources development, make the removal of storage dam sediment a very important subject. Investigation of the origin, amount, place, removal and agricultural and industrial uses of the reservoir sediments of Voshmgir dam and the construction materials made from the sediments are carried out by the results of the activities and research works in the area of recognition of mineralogical, physical and chemical characteristics of the sediment. By removal of the dam reservoir sediments, the useful storage volume of the dam increases, the volume of sediments decreases and the raw materials for production of the artificial materials like brick, tile and ceramic are provided. Probable use of sediments as raw materials for construction of artificial materials through mineralogical, physical and chemical tests on the sediments of Voshmgir dam are investigated. In physical tests, the density of particles, particle size distribution and Atterberg limits were determined. In chemical test by analyzing the samples, the percentage of carbonate, sodium chloride, organic materials and loss of ignition of samples were evaluated. Finally, adobe samples which were made by traditional and pressure methods, were under the compression, bending and water uptake tests. The results were compared with Iranian 1162, German DIN 1230 and 51070 standards. The uses of these sediments for construction of artificial raw materials have been confirmed.

Keywords: Voshmgir Dam; Mineralogical; Physical; Chemical; Characteristics; Sediments; Brick; Tile