



بررسی اثرات مخرب زیست‌محیطی ناشی از برداشت بی‌رویه مصالح رودخانه‌ای (شن و ماسه) در محورهای اصلی برداشت شهر مشهد

نرگس قهرمانی*^۱، محمد غفوری^۱، غلامرضا لشکری پور^۱ و غلامرضا غلامی^۲

۱) گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، na.ghahremani@gmail.com

۲) واحد ژئوتکنیک شرکت مهندسی مشاور کاوش بی مشهد

*عده‌دار مکاتبات

تاریخ دریافت: ۹۰/۱/۲۸؛ تاریخ دریافت اصلاح شده: ۹۰/۳/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۲۸؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۰/۵/۲۵

چکیده

سنگ‌ها ماندگارترین مصالح ساختمانی هستند که از تخت جمشید ایران تا اهرام مصر سالیان سال پایدار مانده‌اند. مصالح خرده سنگی که اصطلاحاً به آن شن و ماسه گفته می‌شود، پر مصرف‌ترین مصالح ساختمانی هستند. پیشرفت تمدن بشری در امر احداث سازه، نیاز بشر به شن و ماسه را افزایش داده‌است. برداشت‌های بی‌رویه جهت تامین نیاز بشر، لزوم حفظ بستر و حریم رودخانه‌ها و نیز حفظ هویت آن و اجتناب از بهم خوردن تعادل موجود در محیط‌زیست رودخانه توجه به جلوگیری از برداشت بی‌رویه مصالح رودخانه‌ها را پیش از پیش مطرح ساخت. اما برداشت بدون برنامه‌ریزی این‌گونه مصالح اثرات مخربی بر پیکره محیط‌زیست دارد. در این مقاله سعی شد تا با انجام بازدیدهای میدانی از محورهای اصلی تامین‌کننده شن و ماسه شهر مشهد (محور سرخس، کلات، فریمان و فردوسی) به بررسی اثرات مخرب و غیرمستقیم استحصال مصالح رودخانه‌ای بر محیط‌زیست پرداخته شود و پیشنهاداتی جهت جایگزینی و استفاده از مصالح نوین ساختمانی ارائه گردد. مصالح کوهی در محور سرخس (به علت تجمع واحدهای شن شویی در این محور) به عنوان مطالعه موردی در این مقاله انتخاب گردیده و آزمایشات مختلفی بر روی آن‌ها انجام گردید، نتایج نشان‌دهنده مقاومت فشاری ۴۲۰ تا ۴۵۰ kg/cm² می‌باشند. حجم این توده آهکی به وسیله نرم‌افزار جی‌آی‌اس (GIS) محاسبه و حدود ۱۰۴۴/۳۷ میلیون تن تخمین زده شده است. مقاومت بالا و حجم مناسب این منبع کوهی استفاده از این مصالح را به‌عنوان جایگزین مناسب مصالح رودخانه‌ای تایید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: مصالح رودخانه‌ای، شن و ماسه، برداشت بی‌رویه، اثرات زیست‌محیطی، مصالح کوهی (شکسته‌شده).

۱- مقدمه

به گونه‌ای که برداشت شن و ماسه رودخانه‌ای در این شهر ممنوع شده است.

در سال‌های اخیر استفاده از شن و ماسه، به همراه پیشرفت انسان در عرصه‌های مختلف، کاربرد بیشتری یافته است. تهیه بتن که کاربرد روزافزون آن در عمران و آبادانی مناطق بسیار آشکار است، راه‌سازی و ساخت بزرگراه‌ها و صنایع از قبیل موزاییک‌سازی و شیشه‌سازی نمونه‌هایی از عمده موارد مصرف شن و ماسه به شمار می‌آیند که ضرورت استفاده از این منابع را اجتناب ناپذیر می‌سازد. اثرات و زیان‌های مخرب برداشت مصالح آبرفتی از رودخانه‌ها و اراضی کشاورزی در بعضی از شهرهای کشور (همانند استان گلستان و شهر گرگان) به اوج رسیده و باعث بروز مشکلات فراوانی شده‌است.

برداشت مصالح از رودخانه‌ها مستقیماً هندسه آبراه و تراز کف را تغییر می‌دهد، که عواملی مانند انحراف جریان، انباشت رسوبات و حفاری گودال‌های عمیق می‌تواند در این خصوص مؤثر باشد. برداشت مصالح از رودخانه‌ها می‌تواند با حفر ترانشه، ایجاد حفره در کف رودخانه یا برداشت سطحی تپه‌های شن (برداشت همه مصالح یک تپه شنی بالاتر از یک خط فرضی) صورت گیرد. در هر حال، ریخت‌شناسی قبلی آبراه دگرگون شده و کمبود موضعی رسوب پدید می‌آید. البته ایجاد شیار یا حفره، باعث شستگی بالا دست نیز می‌گردد.

برداشت مصالح رودخانه‌ای علاوه بر تغییرات مستقیم بر محیط اطراف رودخانه، می‌تواند باعث ایجاد فروافتادگی آبراه، درشت‌دانه کردن کف و ناپایداری جانبی رودخانه نیز گردد (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۱۳۸۴).

امروزه آبرفت‌های رودخانه‌ای اصلی‌ترین منابع تأمین شن و ماسه هستند، اما کمبود منابع رودخانه‌ای مناسب و خطرات زیست‌محیطی که استخراج این گونه منابع به همراه دارد، نظرها را به سوی تولید مصالح سنگ‌دان‌های از سنگ کوهی معطوف داشته است (تخم‌چی و سروش ۱۳۸۳). برداشت شن و ماسه از رودخانه‌ها، اگرچه منافع بیشماری را برای عده‌ای محدود فراهم می‌آورد و پروژه‌های عمرانی نیز از آن بهره‌مند می‌گردند، ولی با این حال اگر در قالب ضوابط فنی و طبق دستورالعمل‌های کنترل‌کننده انجام نگیرد، قطعاً موجب آثار منفی در بهم‌زدن تعادل طبیعی رودخانه، تخریب زمین‌های اطراف، آبیان و زیستگاه‌های پرندگان و جانوران منطقه خواهد شد. از سوی دیگر، اگر برداشت شن و ماسه تحت اصول فنی مناسب و نیز مدیریت صحیح صورت گیرد، نه تنها تبعات منفی آن به حداقل می‌رسد، بلکه عملکرد رودخانه و پایداری آن نیز افزایش می‌یابد (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۱۳۸۴).

۲- پمٹ

شهر مشهد مرکز استان خراسان رضوی با ۲۰۴ کیلومتر مربع مساحت، در شمال‌شرق ایران و در طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۳۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۸ دقیقه و در حوضه آبریز کشف‌رود، بین رشته کوه‌های بینالود و هزار مسجد واقع است. ارتفاع این شهر از سطح دریا ۹۸۵ متر است. بر اساس سرشماری عمومی سال ۱۳۸۵ این شهر با ۲۴۱۰۸۰۰ نفر جمعیت دومین شهر پرجمعیت ایران پس از تهران است و بدلیل توسعه حرکت‌های عمرانی در دهه‌های اخیر، برداشت‌های بی‌رویه از شن و ماسه موجود در بستر و حریم رودخانه‌ها و اراضی مستعد کشاورزی بدون رعایت قوانین مربوطه و حفظ حریم رودخانه‌ها و سایر سازه‌های متقاطع با بستر رودخانه صورت گرفته است. در نتیجه بحران جدی در تغییرات دانه‌بندی مصالح رودخانه‌ای، تغییرات مورفولوژی و هندسه رودخانه‌ها و همچنین از بین رفتن اراضی مناسب کشاورزی و ایجاد گودال‌های بسیار عمیق در اطراف سازه‌های مختلف بوجود آمده است.

بر طبق بررسی‌های میدانی وسیعی که در این خصوص در منطقه صورت گرفت، مشخص شد در حال حاضر محل‌های برداشت شن و ماسه در محدوده شهر مشهد، در چهار منطقه و مطابق تصاویر (۱ و ۲)

پراکنده شده‌اند:

محور فریمان که شامل ۱۵ واحد شن شوئی در سنگ بست با فاصله ۳۵ کیلومتر از مرکز شهر

محور سرخس که شامل ۴۰ واحد شن شوئی در منطقه تنگل شور با فاصله ۲۰ کیلومتر از مرکز شهر

محور کلات که شامل ۱۰ واحد شن شوئی در جاده کلات با فاصله ۲۰ کیلومتر از مرکز شهر

محور فردوسی که شامل ۱۰ واحد شن شوئی در جاده فردوسی با فاصله ۳۷ کیلومتر از مرکز شهر.

در ایران براساس قوانین میزان موافقت اصولی تعیین شده توسط اداره کل دفتر فنی و مهندسی استانداری‌ها در خصوص میزان برداشت در سال، برای هر واحد بصورت رسمی ۵۰ هزار مترمکعب در سال می‌باشد. آمار تعداد کل معادن تأمین‌کننده شن و ماسه مشهد در چهار محور اصلی این شهر، در سال ۱۳۸۸ مجموعاً ۵۶ معدن و در سال ۱۳۸۹، ۷۴ معدن است (تصویر ۳) که درصد رشد آن ۳۲/۱۴ درصد می‌باشد (انجمن صنفی کارفرمایی شن‌شویی‌های استان خراسان رضوی ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹).

۷۰ درصد از کل شن و ماسه موردنیاز کلان شهر مشهد از محور سرخس تأمین می‌شود. ۹۹ درصد معادن تأمین‌کننده شن و ماسه در زمین‌های شخصی و تنها تعداد ۶ معدن در محدوده حریم رودخانه‌ای قرار می‌گیرد.

با توجه به تعداد شن شوئی موجود در اطراف مشهد، لذا کل برداشت مجاز برابر ۳/۲۵ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. درحالی که میزان برداشت واقعی بطور متوسط هر واحد ۱۵۰ هزار مترمکعب در سال می‌باشد لذا با احتساب شن‌شویی در اطراف شهر مشهد، لذا کل برداشت برابر ۱۰ میلیون مترمکعب در سال خواهد بود. برای مثال در محدوده کال تنگل شور حدود ۳/۵ میلیون مترمکعب در سال مجوز رسمی جهت برداشت وجود دارد و این درحالی است که برداشت‌کنندگان ۳ تا ۴ برابر این ظرفیت را از بستر رودخانه و اراضی مناسب کشاورزی اطراف آن برداشت می‌کنند. باید توجه داشت که آمار فوق بدون در نظر گرفتن واحدهای بتن آماده دارای شن شوئی می‌باشد.

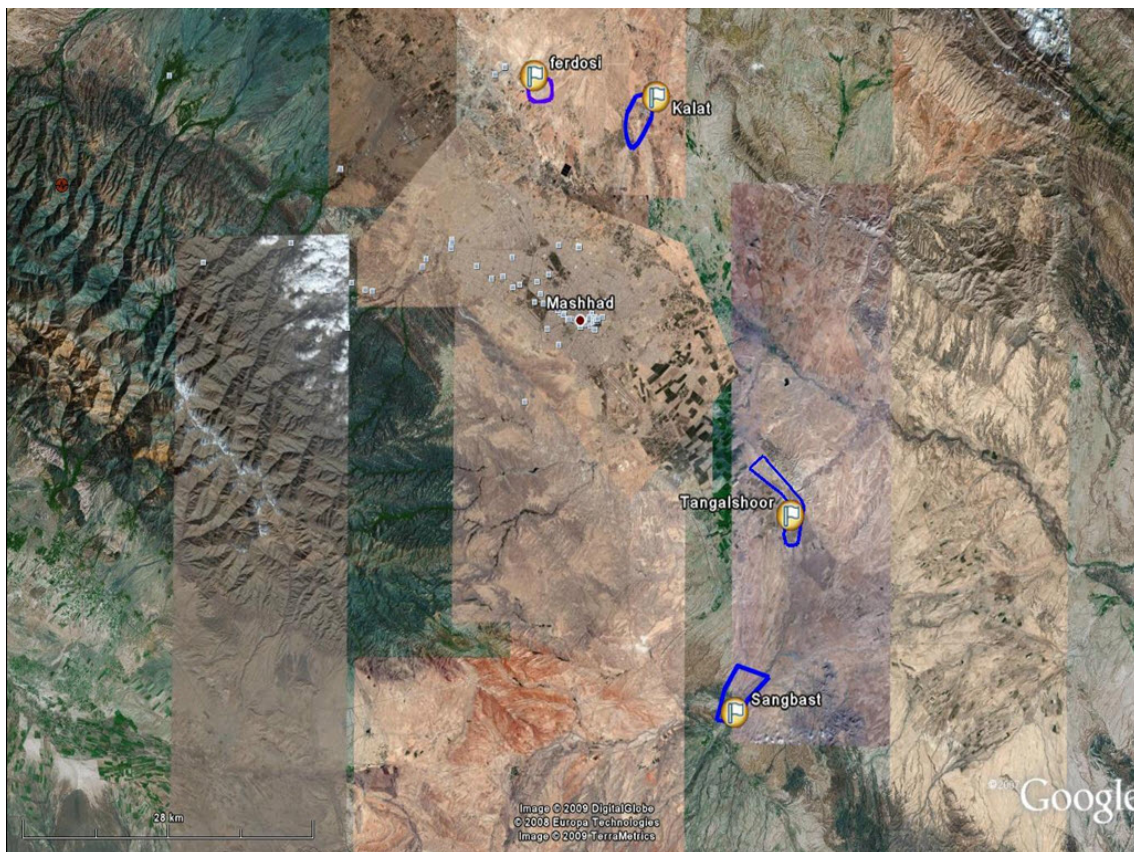
۲-۱- آثار منفی برداشت شن و ماسه از رودخانه و اراضی کشاورزی

اثرات منفی که در اثر برداشت مصالح از رودخانه‌ها به وجود می‌آید بسیار زیاد و جبران‌ناپذیر هستند. برداشت بی‌رویه و غیرفنی مصالح ساختمانی (شن و ماسه) از رودخانه‌ها که نوعی دخل و تصرف در آن

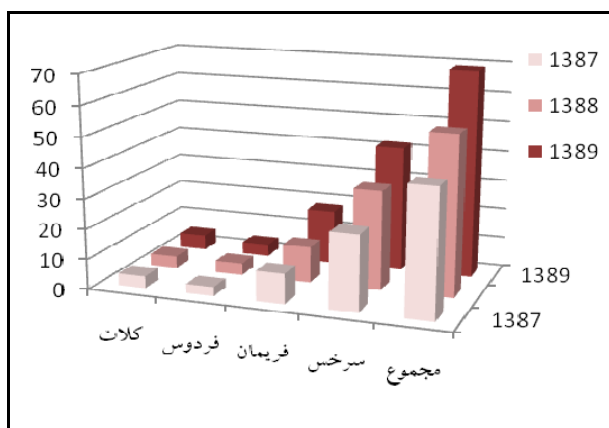
قهرمانی و همکاران: بررسی اثرات مخرب زیست محیطی ناشی از برداشت بی‌رویه مصالح رودخانه‌ای (شن و ماسه)...

برداشت مصالح رودخانه‌ای موجب ایجاد حفره‌هایی در بستر شده و با بهم خوردن تعادل رسوبات رودخانه سبب می‌شود که ظرفیت حمل رودخانه را در پایین دست گودال بیشتر کرده و موجبات کف‌کنی آن را فراهم آورد. این تغییر، پارامترهایی نظیر شیب‌بستر و عمق جریان را دستخوش تغییر می‌کند. برداشت مصالح از محل‌های مختلف باعث ایجاد حفره‌هایی در بستر

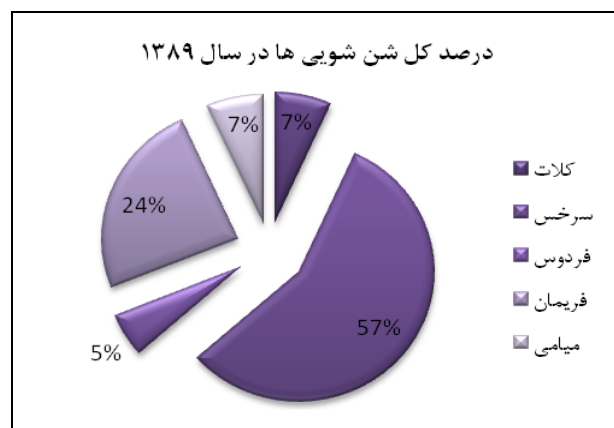
به شمار می‌آید، آثار منفی فراوانی را به دنبال دارد. بسته به حجم و میزان برداشت و نیز روش، زمان و مکان برداشت، اثرات آن‌ها می‌تواند در ابعاد هیدرولیکی، مورفولوژی، زیست محیطی و اقتصادی نمایان گردد. این تغییرات محدود به محل استخراج و برداشت نیست بلکه کیلومترها بالاتر و پایین‌تر از آن ظاهر می‌شود (دانشفر و محمدی ۱۳۸۵).



تصویر ۱- تصویر ماهواره‌ای از چهار محور اصلی تأمین‌کننده شن و ماسه در مشهد



تصویر ۳- نمودار روند افزایشی شن‌شویی‌ها در محورهای اصلی تأمین‌کننده شن و ماسه شهر مشهد



تصویر ۲- درصد شن‌شویی‌های تأمین‌کننده شن و ماسه شهر مشهد



تصویر ۴- عمق برداشت بیش از حد مجاز در محور کلات- زمستان ۱۳۸۹



تصویر ۵- تخریب بستر ساخته شده بر رودخانه در اثر سیلاب ناشی از برداشت بی‌رویه مصالح رودخانه‌ای



تصویر ۶- گودال بسیار عمیق برداشت مصالح در محور کلات

وارد رودخانه‌ها می‌شوند، ممکن است دارای تراکم زیادی از ذرات ریز باشند. رسوبات و نهشته‌های حاصل از این منابع، میزان نفوذ نور به داخل آب را کاهش داده و سرانجام ته‌نشینی این ذرات ریز، بستر رودخانه را زیر لایه‌ای از نهشته قرار می‌دهد. پیامدهای رسوب مواد ریز و معلق سبب اختلال در تنفس و فتوسنتز گیاهان آبی غوطه‌ور در آب شده، میزان رشد آن‌ها را کاهش داده و سبب مرگ آن‌ها می‌شود (U. S. army corps of engineers 2002).

شده که در آینده نزدیک باعث کاهش سرعت اجرا و افزایش هزینه‌های ایجاد زیرساخت‌ها از جمله راه و راه‌آهن و خطوط انتقال آب، گاز خواهد شد (تصویر ۴). تولید شن و ماسه به روش شستشو مصالح رودخانه‌ای باعث ایجاد آلودگی محیط‌زیست و کاهش نفوذپذیری لایه‌های سطحی خواهد شد. تل‌ماسه‌ها و بستر رودخانه‌هایی که آبدۀ آبی کمی دارند، اغلب به عنوان منابع مناسبی از شن و ماسه برای ساخت و سازه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۱۳۸۴).

۲-۲- فرسایش بستر و شامل رودخانه

برداشت مصالح از رودخانه‌ها عموماً موجب ایجاد حفره‌ها و حوضچه‌های بزرگی در مسیر جریان رودخانه می‌گردد و با افزایش عمق جریان ورودی و کاهش سریع سرعت آن، بخشی از رسوبات در حال حمل در این حوضچه‌ها ترسیب می‌شوند. بنابراین رسوبات جریان خروجی از حوضچه حفاری شده بسیار کمتر از ظرفیت حمل رسوب جریان رودخانه می‌باشد. این امر، موجب به هم خوردن تعادل و توازن عمومی رودخانه گشته و پارامترهای مختلف هیدرولیکی آن مانند عمق جریان، شیب بستر و بار رسوبی جریان دستخوش تغییر خواهند شد. در اطراف مشهد و بر روی شاخه‌های کشف‌رود، بند و سازه‌های آبی زیادی احداث شده است. رواناب گل‌آلود محصول این واحدها مستقیم به سمت این سازه‌ها حرکت می‌کند و با پرکردن مخازن و افزایش رسوب در آن‌ها باعث کاهش طول عمر این سازه‌ها می‌گردد (تصویر ۵).

برداشت بیش از حد مجاز باعث حفاری‌های عمیق‌تر و غیراصولی در منطقه گردیده است به نحوی که عمق زیاد این چاله‌ها نه تنها باعث تخریب مورفولوژی محیط گردیده است بلکه در برخی موارد کف منطقه برداشت به سفره آب زیرزمینی رسیده و باعث آلودگی آب و همچنین تبخیر و از بین رفتن آب می‌گردد (تصاویر ۶، ۷ و ۸).

۲-۳- آبشستگی پای پل و لوله‌های عبوری از بستر رودخانه

یکی از آثار منفی و بسیار محسوس برداشت مصالح ساختمانی از رودخانه‌ها، صدمات جبران‌ناپذیری است که به تأسیسات و سازه‌های موجود در مسیر رودخانه وارد می‌شود (تصاویر ۹ و ۱۰). از دیگر تبعات فرسایش رودخانه ناشی از برداشت شن و ماسه، می‌توان به تخریب لوله‌های عبوری از بستر رودخانه مانند لوله‌های گاز، نفت و آب و نیز سیفون‌های معکوس می‌باشد.

۲-۴- تخلیق مواد رسوبی و آثار آن بر آبریزان

روان‌آب‌هایی که در اثر آب‌شویی شن و ماسه (بعد از بهره‌برداری)



تصویر ۷- جمع شدن آب در گودال‌های برداشت مصالح (قسمت جنوب غربی منطقه تنگل شور-جاده سرخس)



تصویر ۸- حجم بالای گودبرداری برای برداشت مصالح رودخانه‌ای واقع در ۲/۵ کیلومتری جنوب غرب کارخانه سیمان کلات (به مقیاس تصویر توجه شود کامیون‌های ده‌تن که در مقایسه با حجم چاله‌های ایجاد شده بسیار کوچک هستند)

۷-۵- تأثیر منفی در جذب توریست

همان‌گونه که گفته شد، بسته به شدت، حجم و عمق برداشت مصالح، احتمال تبدیل شدن گودال‌های برداشت به گنداب‌های آب و پرشدن آن‌ها از جلبک‌ها وجود دارد، که در این صورت، نهایتاً کیفیت زیبایی‌شناسی چشم‌اندازهای رودخانه کم شده و میزان توریست‌ها را به شدت کاهش می‌دهد (تصویر ۱۲). همچنین از بین رفتن جزایر کوچک که زیستگاه پرندگان آبی است و معمولاً به عنوان یکی از قطب‌های گردشگری کشور مطرح می‌باشد، نیز از اثرات این امر می‌باشد.

گسترش روزافزون این واحدها در زمین‌های کشاورزی، نه تنها باعث از بین رفتن فرصت‌های شغلی در بخش کشاورزی و همچنین کم‌شدن محصولات می‌گردد بلکه بعد از اتمام ذخیره این واحدها، چاله‌های باقی مانده از آن‌ها باید پر شوند اما خاک دست‌ریزی که در این چاله‌ها ریخته می‌شود مشکلات عمده‌ای از جمله تحکیم ثانویه در اثر اعمال بار و تنش و ترافیک ایجاد نموده که خود باعث تخریب راه و مشکلات بعدی آن می‌شود (تصویر ۱۴).

۷-۶- پتانسیل‌های معادن سنگ موهود در اطراف مشهد

با توجه به وجود پتانسیل‌های مناسب در اطراف شهر مشهد طرح تولید شن و ماسه کوهی به صورت متمرکز و یا حداکثر در سه نقطه قابل بررسی می‌باشد که این مناطق به شرح زیر می‌باشند (تصویر ۱۵):

- جاده سرخس جنب رادارخانه نیروی هوایی - فاصله ۲۰ کیلومتر
- جاده کلات، جنب کارخانه سیمان - فاصله ۲۵ کیلومتر
- نزدیک روستای اندروخ - فاصله ۲۵-۳۰ کیلومتر

هر سه منطقه معرفی شده در یک راستا قرار دارند و از نظر جنس و ساختار تقریباً یکسان هستند. این مناطق از مصالح آهکی به سن ژوراسیک تشکیل شده‌اند.



تصویر ۱۲- گل‌آلود شدن رودخانه در اثر جریان آب از میان لایه‌های فرسایش‌پذیر و تخریب بستر رودخانه- رودخانه کشف‌رود، پاییز ۱۳۸۹



تصویر ۹- تخریب تاسیسات در اثر برداشت بی‌رویه مصالح از رودخانه - زمستان ۱۳۸۹



تصویر ۱۰- آب‌شستگی پایه پل‌ها که این خود در اثر برداشت بی‌رویه مصالح از رودخانه می‌باشد - زمستان ۱۳۸۹



تصویر ۱۱- تعلیق مواد رسوبی و گل‌آلود شدن آب- رودخانه کشف‌رود، پاییز ۱۳۸۹

شستشوی مصالح برداشت‌شده باعث گل‌آلود نمودن دائمی آب باقی مانده رودخانه‌ها می‌شود که این امر به نوبه خود باعث افت کیفیت و شفافیت آب و در نتیجه آن از بین رفتن زیستگاه جانوران و آبزیان می‌گردد (تصاویر ۱۱ و ۱۳).



تصویر ۱۳- تصویر ماهواره‌ای از یک شن‌شویی و گل‌آلود نمودن آب موجود در منطقه (تنگل شور- جاده سرخس)



تصویر ۱۴- گسترش واحد شن‌شویی در اراضی کشاورزی در مسیر کنارگذر مشهد-کلات

۷-۲- ویژگی‌های مصالح شکسته در محور سرفس

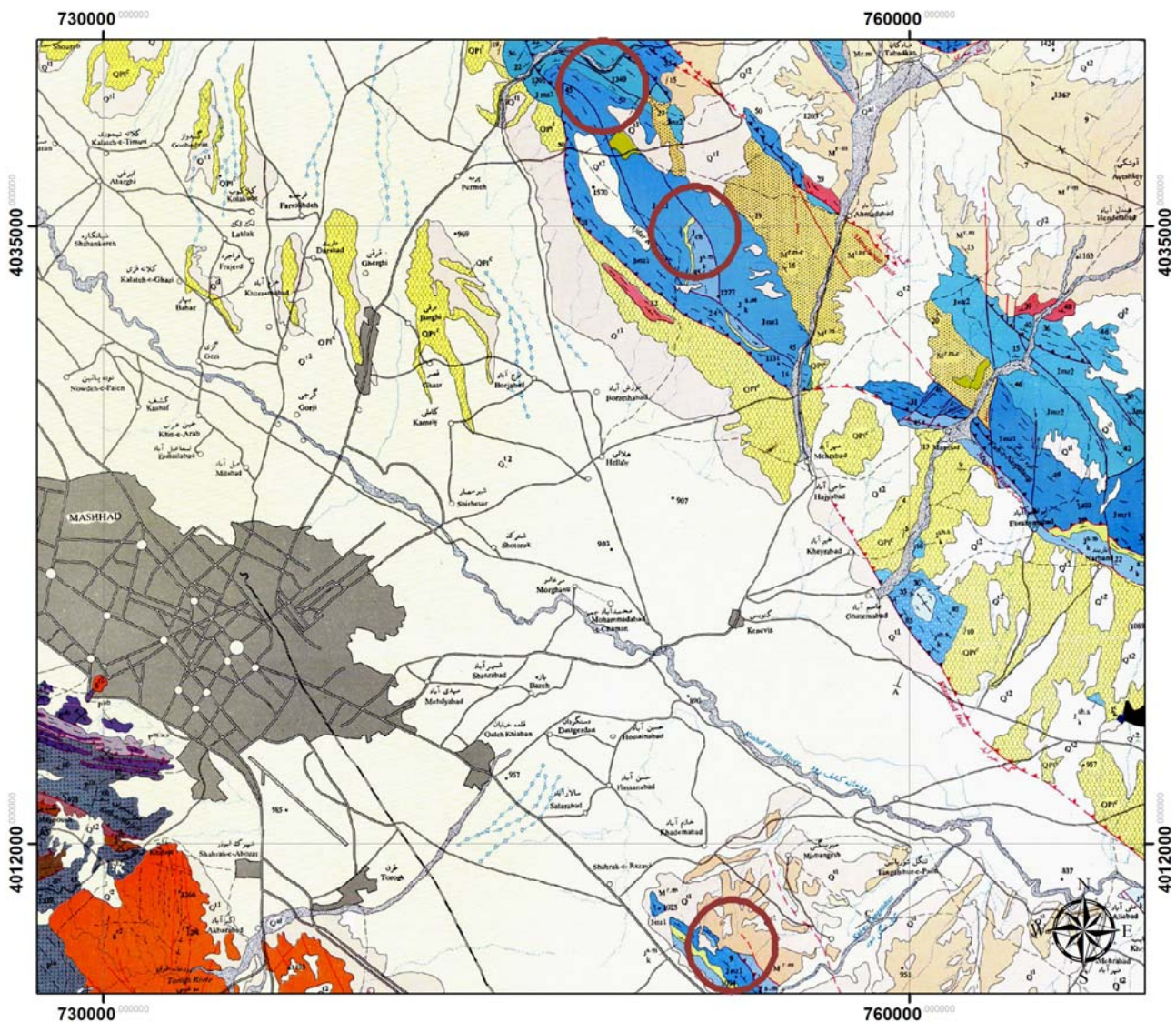
گرفته است (تصویر ۱۶). ویژگی‌های منحصر به فرد مصالح شکسته استفاده از آنها را اقتصادی می‌نماید. از جمله اینکه؛ دانه‌های شکسته دارای زاویه اصطحاک داخلی زیاد بوده و همچنین تیز گوشه بودن و

علت اشاره به محور سرخس از آن جهت می‌باشد که بر اساس آمار و اطلاعات موجود تمرکز و تجمع شن‌شویی‌ها در این محور قرار

شده با مصالح گردگوشه می باشد (RómelSolís-Carcaño & Moreno 2008).

شن و ماسه شکسته اولاً به هیچ وجه مواد خارجی ندارد و در ثانی درشتی دانه‌ها و درصد آن‌ها در کارهای بتنی کاملاً در اختیار مصرف کننده است. در مورد شن و ماسه شکسته حق انتخاب بیشتری وجود دارد. البته جنس این نوع مصالح کاملاً اختیاری نیست و بستگی به ماده معدنی نزدیک محل استقرار سنگ شکن‌ها دارد. در مورد محل استقرار سنگ شکن‌ها نیز محدودیت‌هایی مانند فاصله آن تا محل مصرف و همچنین مالکیت معدن وجود دارد. بطور کلی هر قدر سنگ متراکم تر بوده و وزن مخصوص آن بیشتر باشد برای تهیه شن و ماسه جهت مصرف در بتن یا راه سازی مناسب تر است. سنگ‌های انتخاب شده باید یک دست بوده و فاقد رگه‌های خاکی باشند (گروه مهندسين مشاور مهر پویان ۱۳۸۸).

عدم لغزش دانه‌ها روی هم کاربرد آن‌ها را در راه سازی مخصوصاً روسازی راه بیشتر کرده است (صادقی و رفعتی ۱۳۸۴). ماسه‌های شکسته به علت اصطحکاک داخلی زیاد، به سختی روی همدیگر لغزیده و زیر چرخهای وسایل نقلیه بهتر مقاومت کرده و نیروهای وارده از چرخ اتومبیل را بهتر تحمل می نماید. این امر سبب می گردد که خیلی دیرتر از شن و ماسه طبیعی زیر چرخ‌های وسایل نقلیه فتیله شده و در نتیجه جاده دیرتر موج برمی دارند (بروکس و همکاران ۱۳۸۴). این نوع مصالح در شرایط مساوی دارای مقاومت فشاری و کششی بیشتری نسبت به شن و ماسه طبیعی هستند (Wu et al. 2001). ابعاد ماسه و شن شکسته کاملاً در اختیار مصرف کننده است زیرا ابعاد آن به وسیله الک‌های مخصوص تعیین می شود (دانشفر و محمدی ۱۳۸۵). بتن ریخته شده با شن و ماسه شکسته یکنواخت تر و همگن تر از شن و ماسه طبیعی است. هم چنین مقاومت این نوع بتن بیشتر از بتن ساخته



تصویر ۱۵- پتانسیل‌های برداشت مصالح کوهی در مشهد

تأثیری بر پارامترهای مقاومتی نمونه‌ها نداشته است (تخم‌چی و سروش ۱۳۸۳). نتایج آزمون سختی نمونه‌ها به وسیله چکش اشمیت نیز مقاومت بالای این نمونه‌ها تأیید نموده است. با توجه به مقاومت بالای سنگدانه‌های شکسته مورد استفاده در طرح اختلاط بتن، مقاومت بتن ساخته شده با این مصالح نیز دارای مقاومت بالا می‌باشد. این مصالح به علت نزدیکی به جاده (فاصله حدود ۵۰۰ متر) و شهر مشهد (فاصله حدود ۱۴ کیلومتر) و همچنین مرغوبیت و مقاومت مناسب خود جایگزین مناسب مصالح رودخانه‌ای بوده و استفاده از این مصالح مشکلات زیست محیطی ناشی از برداشت مصالح رودخانه‌ای را مرتفع می‌سازد (Kenai et al. 1999, Menadi et al. 2008). جدول ۱ نتایج مقاومت و اسلامپ این نوع بتن‌ها را نشان می‌دهد.

برای نشان دادن خواص مصالح شکسته شده (کوهی)، ۳ طرح اختلاط با مصالح برداشت شده از یک معدن در جاده سرخس آماده شد. مصالح شکسته مورد استفاده در ۱۴ جاده سرخس و در منطقه تنگل شور قرار گرفته است. وسعت این محدوده حدود ۲۰۰ هکتار و حجم تقریبی آن (با توجه به وزن مخصوص نمونه‌ها ۲/۷۱) و استفاده از نرم‌افزار جی‌آی‌اس (GIS) حدوداً ۱۰۴۴/۳۷ میلیون تن تخمین زده می‌شود. این مصالح آهک و دولومیت سازند مزدوران با سن ژوراسیک بالایی می‌باشد. این رسوبات دارای مقاومت بالایی هستند. نتایج آزمون مقاومت فشاری این نمونه‌ها در حالت خشک حدود ۴۲۰ تا ۴۵۰ kg/cm^2 و در حالت اشباع ۴۰۰ تا ۴۳۰ kg/cm^2 می‌باشد. اختلاف اندک بین مقاومت خشک و اشباع نمونه‌ها نشان‌دهنده این امر است که آب

جدول ۱- نتایج طرح اختلاط‌های بتن با مصالح شکسته

شماره طرح اختلاط	عیار سیمان kg	اسلامپ cm	نسبت آب به سیمان	وزن بادامی kg/m^3	وزن نخودی kg/m^3	وزن ماسه kg/m^3	وزن مخصوص بتن t/m^3	نتایج مقاومت kg/cm^2 ۷ روزه	نتایج مقاومت kg/cm^2 ۲۸ روزه
۱	۳۲۵	۶	۰/۵۴	۱۷۹	۶۲۶	۹۸۴	۲/۳۳	۱۹۷/۴	۲۳۸/۴
۲	۳۵۰	۷	۰/۵۳	۱۷۵	۶۱۲	۹۶۲	۲/۳۴	۲۲۵/۵	۳۱۶/۵
۳	۳۷۵	۷	۰/۵۰	۱۷۲	۶۰۳	۹۴۸	۲/۳۵	۲۴۰/۷	۳۴۴/۵



تصویر ۱۶- تجمع واحدهای شن شویی در محور سرخس

۳- نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های وسیعی که در سطح شهر مشهد انجام شده است می‌توان نتایج زیر را ارائه نمود:

منابع شن و ماسه رودخانه‌ای رو به اتمام می‌باشند در نتیجه کیفیت و کمیت اینگونه مصالح (شن و ماسه رودخانه‌ای) کاهش شدیدی را نشان می‌دهد. لذا استفاده از منابع جدید امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

برداشت بی‌رویه مصالح رودخانه‌ای باعث بروز خطرات زیست‌محیطی عدیده‌ای در کلان شهر مشهد گردیده است. از جمله آن‌ها، تخریب اراضی کشاورزی، کاهش محصولات زراعی، تخریب سازه‌هایی از جمله پل‌های بزرگ، راه و راه‌آهن، خطوط انتقال آب، گاز، فیبرنوری و همچنین از بین رفتن زیستگاه‌ها و مرگ آبزیان می‌باشند. آهک‌های سازند مزدوران که در منطقه مورد نظر بیشتر از نوع دولومیتی هستند، دارای مقاومت بالا (۲۰ تا ۴۰ kg/cm²) و حجم مناسبی (۱۰۴۴/۳۷ میلیون تن) می‌باشند و استفاده از آن‌ها به عنوان منبع قرضه کوهی مورد تأیید و تأکید می‌باشد.

این منبع قرضه کوهی بسیار به شهر نزدیک بوده (۱۴ کیلومتری جاده سرخس) و همچنین موقعیت آن دقیقاً در مجاورت جاده اصلی است، در نتیجه هزینه‌های حمل و جابجایی آن نیز کاهش می‌یابد که این امر خود باعث کاهش هزینه‌های اجرایی پروژه‌های عمرانی می‌گردد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله برخود لازم می‌دانند تا از معاونت برنامه‌ریزی و توسعه - مدیریت توسعه و پژوهش شهرداری مشهد به خاطر حمایت و مساعدتشان در انجام این پژوهش، تشکر و قدردانی نمایند.

مراجع

اداره کل معادن و فلزات استان خوزستان، ۱۳۸۰، "پروژه اکتشاف و پی‌جویی مقدماتی شن و ماسه کوهی"، طرح مطالعه و اکتشاف تفصیلی معادن استان.

انجمن صنفی کارفرمایی شن‌شویی‌های استان خراسان رضوی، ۱۳۸۸، "گزارش آماری شن‌شویی‌های استان".

انجمن صنفی کارفرمایی شن‌شویی‌های استان خراسان رضوی، ۱۳۸۹، "گزارش آماری شن‌شویی‌های استان".

بروکس، جی. جی، رمضانیان‌پور، ع. ا.، شاه‌نظری، م. ر. و نویل، آ.، ۱۳۸۴، "تکنولوژی بتن"، انتشارات علم و صنعت، ۴۶۶ ص.

تخم‌چی، ب. و سروش، ح.، ۱۳۸۳، "بررسی ویژگی‌های ژئوتکنیک و اقتصادی آهک و ایگنمبریت سازند قم به منظور جایگزینی با منابع شن و ماسه رودخانه‌ای"، اولین همایش انجمن مهندسی معادن، تهران، ایران.

دانشفر، م. و محمدی، الف.، ۱۳۸۵، "بررسی معادن شن و ماسه

رودخانه‌ای و راه‌ای جایگزین کردن آن‌ها با معادن شن و ماسه کوهی"، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه.

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۴، "راهنمای برداشت مصالح رودخانه‌ای"، نشریه شماره ۳۳۶، ۱۷۵ ص.

گروه مهندسی مشاور مهر پویان، ۱۳۸۸، "مصالح ساختمانی و دستورالعمل‌های اجرایی"، انتشارات خدمات فرهنگی پارسه نو، ۳۲۵ ص.

صادقی، ح. و رفعتی، پ.، ۱۳۸۴، "مصالح ساخت و آزمایشگاه، دانشگاه امام حسین (ع)"، موسسه چاپ و انتشارات تهران، ۶۶۸ ص.

Beshr, H., Almusallam, A. A. & Maslehuddin, M., 2003, "Effect of coarse aggregate quality on the mechanical properties of high strength concrete", *Construction and Building Materials*, Vol. 17: 97-103.

Kenai S., Benna Y. & Menadi B., 1999, "The effect of fines in crushed calcareous sand on properties of mortar and concrete", In: Swamy R. N (ed.), *International Conference on Infrastructure Regeneration and Rehabilitation*: 253-261.

Menadi, B., Kenai, S., Khatib, J. & Ait-Mokhtar, A., 2008, "Strength and durability of concrete incorporating crushed limestone sand", *Construction and Building Materials*, Elsevier: 625-633.

RómelSolís-Carcaño, E. I. & Moreno, J. 2008, "Evaluation of concrete made with crushed limestone aggregate based on ultrasonic pulse velocity", *Construction and Building Materials*, Vol. 22 (6): 1225-1231.

U. S. army corps of engineers, 2002, "regulatory plan for commercial dredging activities on the Kansas river".

Wu, K.R., Chen, B., Yao, W. & Zhang, D., 2001, "Effect of coarse type on mechanical properties of high-performance concrete", *Cement and Concrete Research*, Vol. 31: 1421-1425.