بررسی خصوصیات مهندسی سازند مزدوران به عنوان مصالح کوهی(کلان شهر مشهد)

نرجس قهرمانی
دانشجوی دکتری زمین شناسی مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد
محمد غفوری
گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد
غلامرضا لشکری
گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد
ناصر حافظی مقدس
گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۱۹

Na.ghahremani@gmail.com

چکیده

شن و ماسه مصالح مورد نیاز در عملیات ساختمانی، بتن سازی و بخصوص پروژه‌های راه‌سازی می باشد. بیشترین برداشت مصالح مورد نیاز از بستر رودخانه‌ها و مصالح طبیعی صورت می‌پذیرد. اما این برداشت‌های بی‌رویه باعث بروز مشکلات بیشماری در اکوسیستم و طبیعت گردیده است به طوری که امروزه برداشت مصالح رودخانه‌ای در بسیاری از شهرها و کشورهای جهان ممنوع شده است. از این رو جوامع به سمت برداشت مصالح کوهی (شکسته) روی آورده‌اند. این مصالح دارای ویژگی‌های منحصر به فردی هستند که آنها را جایگزین مصالح رودخانه‌ای نموده است. در این پژوهش ضمن بررسی منابع قرضه رودخانه‌ای یکی از محورهای برداشت مصالح شهر مشهد (محور سرخس) یک منبع کوهی مناسب در همین محور معرفی شده است. مصالح کوهی با توجه به کیفیت و خواص منحصر به فرد خود، مقاومت بالایی را در بتن و سایر کاربردهای این مصالح ایجاد می کند ضمن اینکه طول عمر این مصالح نیز بالاتر می باشد. علاوه بر این کاربرد اینگونه مصالح مشکلات زیست محیطی موجود در منطقه را به نحو چشمگیری کاهش می دهند. در این خصوص، ضمن تعیین خصوصیات فیزیکی و مکانیکی این مصالح از جمله درصد کربنات کلسیم، مقاومت فشاری خشک و اشباع نمونه، جذب آب، چگالی و وزن مخصوص، مواد مضر، واکنش قلیایی و سایش لس آنجلس، طرح اختلاط‌های مختلفی با مصالح گردگوشه و شکسته ساخته شده و مقاومت ۷ و ۲۸ روزه بتن و همچنین اسلامپ آن اندازه‌گیری گردیده است. نتایج آزمایشات حاکی از آن است که استفاده از مصالح آهکی شکسته شده در بتن باعث بهبود خواص آن می‌گردد.

کلمات کلیدی: *خصوصیات مهندسی، مصالح کوهی(شکسته)، طرح‌اختلاط، مقاومت فشاری بتن، محور سرخس، سازند مزدوران*

مقدمه

امروزه با گسترش روزافزون شهرنشینی و ارتقاء سطح زندگی، بشر میل به استفاده از مصالح مرغوب‌تر با مقاومت و کارایی بیشتر دارد. بیشترین مصالح مورد نیاز در عملیات ساختمانی و بتن سازی را شن و ماسه تشکیل می‌دهند و به همان میزان بیشترین برداشت هم از بستر رودخانه‌ها و مصالح طبیعی صورت می‌پذیرد(صادقی و رفعتی، ۱۳۸۴). اما برداشت‌های بی‌رویه سبب بروز مشکلات بیشماری در اکوسیستم و طبیعت شده است به طوری که امروزه برداشت مصالح رودخانه‌ای در بسیاری از شهرها و کشورهای جهان ممنوع می-باشد. از این رو جوامع به سمت برداشت مصالح کوهی(شکسته) روی آورده-اند(Menadi et al., 2010). ویژگیهای منحصر به فرد این مصالح آنها را بهترین جایگزین بجای مصالح رودخانه‌ای، تبدیل نموده‌است. در این مقاله ضمن بررسی منابع قرضه رودخانه‌ای در یکی از محورهای برداشت مصالح در شهر مشهد (محور سرخس) یک منبع کوهی به عنوان مناسب‌ترین جایگزین مصالح رودخانه‌ای معرفی گردیده است.

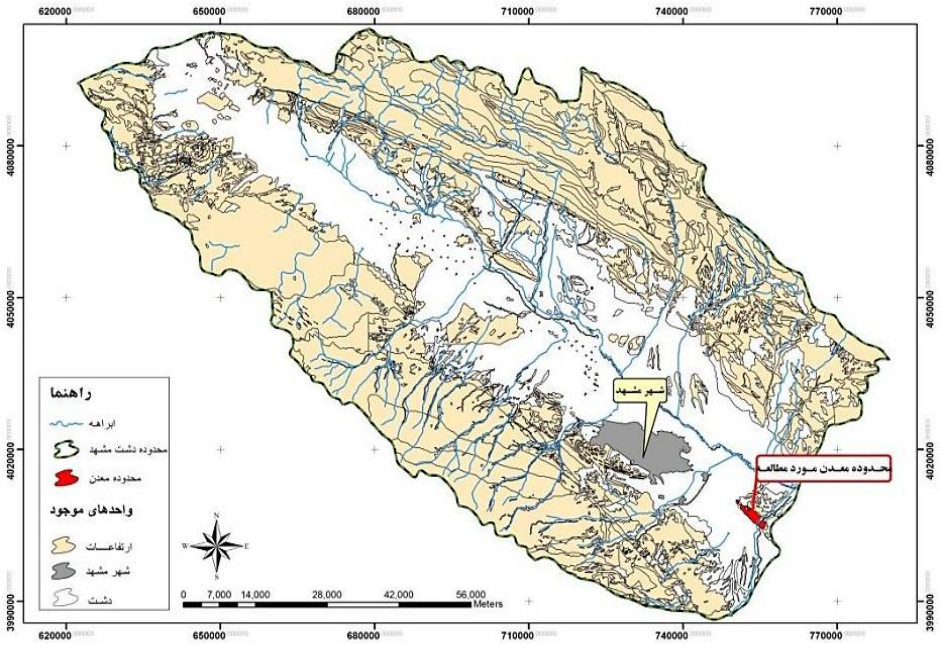
موقعیت جغرافیایی دشت مشهد و معرفی محورهای تامین کننده شن و ماسه

شهرستان مشهد در شمال شرق ایران و در محدوده ° ۵۹ و ′۴ تا °۶۰ و ′۳۶ طول شرقی و° ۳۵ و ′۴۳ تا° ۳۷و ′۸ عرض شمالی قراردارد. شهر مشهد با ارتفاع ۹۷۰ متراز سطح دریا، به عنوان مرکز شهرستان مشهد و مرکز شمال شرق در مقیاس ملی مطرح است. محور مورد مطالعه منابع قرضه (محور سرخس) در قسمت جنوب شرقی شهر مشهد می‌باشد. (شکل۱و ۲) موقعیت دشت مشهد و منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.

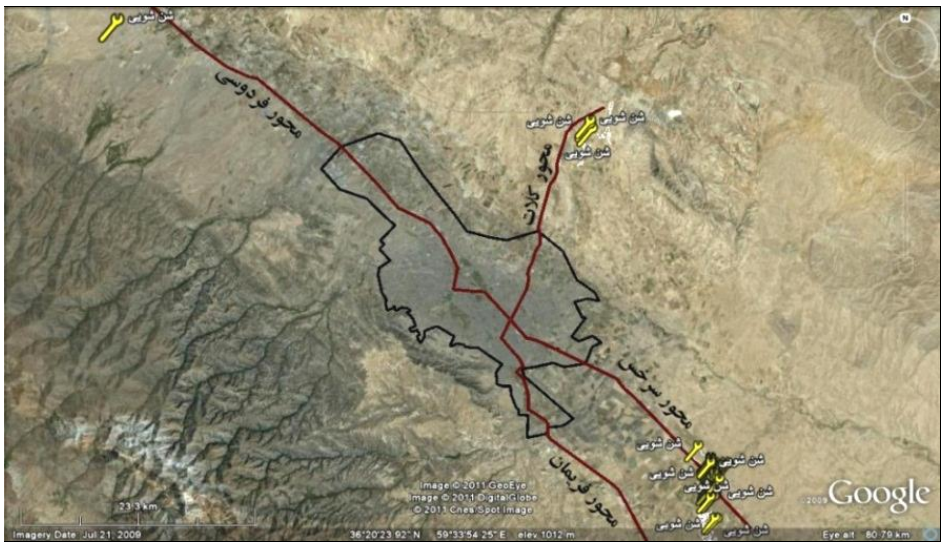
بررسی روند گسترش شن‌شویی‌ها در چهار محور اصلی(با احتساب میامی) در دو سال گذشته

در دو سال اخیر تعداد شن شویی‌های تأمین کننده شن و ماسه مشهد روند افزایشی را نشان می‌دهند (شکل۳). این مسئله با رشد جمعیت و به تبع آن گسترش صنایع و ساخت و سازها در سطح شهر قابل توجیه است. برداشت‌های غیر اصولی و غیر مجاز بر پیکره رودخانه‌ها و رژیم حرکتی آنها تأثیر مستقیم گذاشته و باعث تشدید سیلاب نیز در منطقه شده بطوریکه به هیچ وجه از لحاظ زیست‌محیطی قابل توجیه نمی‌باشند.

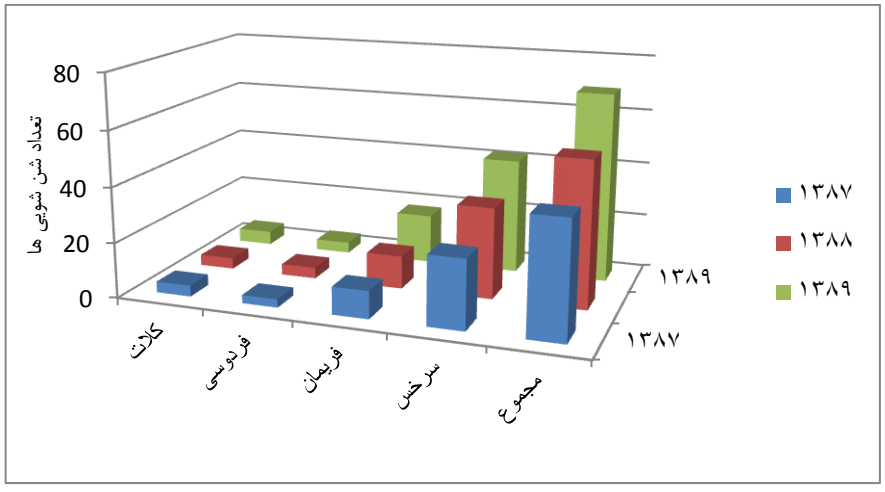
آمار تعداد کل معادن تامین‌کننده شن و ماسه مشهد در چهار محور اصلی این شهر (با احتساب شن‌شویی‌های محور میامی که جزء محور سرخس محسوب گردیده است)، در سال ۱۳۸۸ مجموعاً ۵۶ معدن و در سال ۱۳۸۹، ۷۴ معدن است که درصد رشد آن ٪۳۲,۱۴ می‌باشد. (انجمن صنفی کارفرمایی شن‌شویی‌های استان خراسان رضوی ۱۳۸۸و ۱۳۸۹).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در تقسیمات سیاسی کشور



شکل ۲. تصویر ماهواره‌ای دشت مشهد



شکل ۳. نمودار روند افزایشی شن‌شویی‌ها در محورهای اصلی تأمین‌کننده شن و ماسه شهر مشهد

در حدود ۶۰ درصد از کل شن و ماسه مورد نیاز کلان شهر مشهد از محور سرخس تأمین می‌شود. (شکل۴)، ۹۹٪ معادن تامین کننده شن و ماسه در زمین‌های شخصی و تنها تعداد ۶ معدن در محدوده حریم رودخانه‌ای قرار می-گیرد. در حال حاضر مصالح شن شویی‌های تأمین کننده شن و ماسه مورد نیاز شهر مشهد به صورت گردگوشه بوده و در اندک مواردی شکسته هستند. مصالح شکسته‌ای که استفاده می شوند نیز حاصل خردایش قطعات درشت مصالح رودخانه‌ای بوده و کیفیت و ویژگی مصالح گردگوشه را دارا می‌باشند.

ویژگی‌ها و حداقل حدود قابل قبول برای مصالح سنگی

محققان زیادی در مورد تاثیر انواع سنگدانه ها بر مقاومت و خواص بتن مطالعاتی انجام داده اند(U.S. Army corps of engineers, 2002 و Shamsad and Alghamdi, 2014 و Menadi et al., 2008و Marwa et al., 2013). بر طبق آیین نامه انجمن بتن ایران (آبا)، سنگدانه‌های مصرفی در بتن باید سخت و پایا باشند و مقادیر مواد زیان‌آور در آنها نباید از مقادیر مجاز در آیین‌نامه تجاوز کند. مصالح سنگی بتن باید تمیز، با دوام، فاقد لایه‌های متورم شونده یا منقبض شونده در مجاورت با هوا، مواد شیمیایی مضر برای بتن و آرماتورها، لایه‌های سست، کلوخه‌های رسی و ذرات میکا باشد. در انواع بتن نباید مواد سنگی سست، ورقه ورقه، پهن و نازک یا درزه‌دار، ناپایدار در برابر هوازدگی، عوامل شیمیایی معین و واکنش های قلیایی را استفاده کرد. جنس شن و ماسه باید از سنگ‌های سیلیسی، سیلیکاتی یا آهکی سخت باشد.

حداکثر سیلت و رس و ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون در ماسه طبیعی و یا ماسه حاصل از شن طبیعی، نباید از ۳٪ وزنی و در ماسه شکسته بدست آمده از سنگ، از ۱۰٪ وزنی و در شن از ۱٪ وزنی تجاوز کند. یکی از پارامترهایی که در استفاده از منابع شن و ماسه مورد بررسی قرار می‌گیرد، ضریب نرمی یا FM می‌باشد. در مورد ماسه ضریب نرمی از حاصل‌جمع درصد خاک مانده بر روی الک‌های ۴، ۸، ۱۶، ۳۰، ۵۰ و ۱۰۰ تقسیم بر ۱۰۰ حاصل می‌شود. این ضریب برای ماسه استخراج شده از معدن نباید در حین اجرای کار به میزانی بیش از۰٫۲ ± تغییر نماید و این ضریب نرمی نباید از ۲/۳ کمتر و از ۳/۱ بیشتر باشد. شن و ماسه باید فاقد ناخالصی آلی، ذرات گرد و غبار و پوشش رسی باشد زیرا این مواد سبب جلوگیری از چسبیدن آنها به خمیر سیمان می‌شود.

در مطالعاتی که بر روی مصالح مورد استفاده شهر مشهد به عمل آمد (نمونه‌های ۶۰ شن‌شویی در اطراف مشهد)، ضریب نرمی مصالح مصرفی از حد مجاز بیشتر بوده و تمرکز آن در محدوده ۳/۵ تا ۴ می‌باشد. این امر نشانه درشتی دانه‌ها است، در نتیجه این مصالح باید شکسته شوند و مورد استفاده قرار گیرند (شکل ۵).

روش کار

با توجه به آیین نامه های جدید و همچنین ضرورت استفاده از مصالح کوهی به عنوان جایگزین مناسب مصالح رودخانه ای اقدام به بررسی جامعی در اطراف شهر مشهد که یکی از کلان شهر های کشور با نیاز عمرانی روزافزون، گردید. بدین منظور اقدام به شناسایی منابع کوهی مناسب موجود بر اساس تصاویر ماهواره ای، عکس های هوایی و بازدیدهای میدانی گردید. با توجه به پارامتر مهمی همچون فاصله حمل سعی گردید منابع سنگی که در فواصل زیاد قرار دارند حذف گردد، سپس پارامترهای مهم دیگری همچون نوع سنگ، کانی های تشکیل دهنده، فرسایش پذیری، حجم مناسب و غیره نیز در این غربال گری وارد شود. با توجه به پارامترهای یاد شده، محدوده رخنمون بخشی از سازند آهکی مزدوران در محور سرخس که در فاصله اندکی از مرکز شهر قرار دارد، انتخاب و به منظور تعیین خصوصیات مهندسی معدن مورد نظر، نمونه برداری از بخش های مختلف آن انجام و بر اساس استانداردهای موجود آزمایشات به شرح زیر انجام گردید.

خصوصیات فیزیکی و مکانیکی سنگدانه‌های آهکی مورد مطالعه

- وزن مخصوص: وزن مخصوص سنگدانه‌های ریز و درشت مورد آزمون در دو حالت خشک و اشباع به روش BS 812:1992 تعیین گردید. وزن مخصوص اندازه گیری شده نمونه‌ها در حالت خشک ۲/۶۵۱ gr/cm^3 و در حالت اشباع ۲/۶۷۷ gr/cm^3 می‌باشد.

- سایش لس‌آنجلس : این آزمون بر اساس استاندارد T96ASTM C 131, EN1097:2,AASHTO انجام گردید که بر اساس این روش میزان درصد سایش نمونه نباید از ۵۰ تجاوز نماید.

این پارامتر برای نمونه‌های آهکی مورد بررسی ۲۲/۸ تعیین گردید.

- جذب آب مصالح : این آزمایش بر طبق بخش دوم آیین نامه BS812:1992 انجام شد. درصد جذب آب نمونه‌های مورد بررسی ۰/۹۸۱ تعیین گردید.

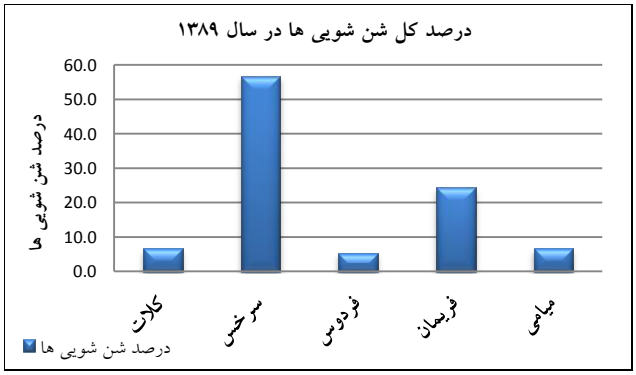
- دانه‌بندی: این آزمایش بر اساس استاندارد BS882 برای نمونه‌های ریز و درشت انجام گردید. محدوده دانه بندی مصالح مورد بررسی در حد مجاز این استاندارد قرار دارد.

- مواد زیان‌آور و مضر در سنگدانه‌ها: برای تعیین سلامت سنگدانه‌ها بر اساس استاندارد ASTM C 289-94، آزمایش بر روی نمونه‌ها انجام گردید. آزمایشات نشان داد که نمونه‌های آهکی در محدوده غیر مخرب واکنش سلیسی- قلیایی قرار دارند (شکل۶).

- درصد $CaCo_3$ معدن آهک : بدین منظور، مقدار IR یا باقی مانده غیر قابل حل در نمونه‌های بدست آمده از معدن تعیین گردید. این میزان حاصل اختلاف وزن نمونه قبل و بعد از شستشو با اسید کلریدریک ۱۰٪ تقسیم بر وزن اولیه نمونه قبل از اسیدشویی بدست می آید. به وسیله این مقدار می‌توان میزان اکتیویته معدن (میزان $CaCo_3$) را محاسبه نمود.

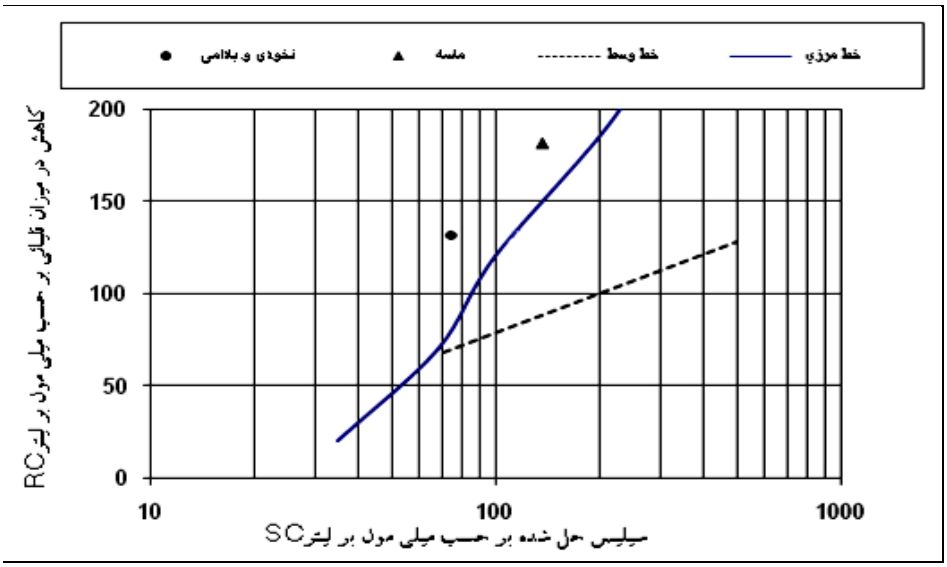
با توجه به اینکه معدن مذکور بیشتر از جنس دولومیت می‌باشد، درصد آهک آن بین ۶۸ تا ۷۱ درصد تعیین گردید.

- مقاومت فشاری : آزمون مقاومت فشاری نمونه‌ها در دو حالت اشباع و خشک و بر طبق بخش ۱۱۰ آیین نامه BS 812:1900 انجام گردید. مقاومت فشاری در حالت اشباع و خشک به ترتیب ۴۲/۲۸ و ۴۵/۱۳- MPa تعیین گردید. (جدول۱) نتایج آزمون‌های انجام شده را نشان می‌دهد.



شکل ۴. درصد شن‌شویی‌های تأمین کننده شن و ماسه شهر مشهد

شکل ۵. نمودار ضریب نرمی مصالح مورد بررسی



شکل ۶. نمودار واکنش قلیایی مصالح

جدول ۱. نتایج آزمون های انجام شده روی مصالح آهکی

آزمون انجام شده	نتیجه
مقاومت فشاری در حالت خشک MPa	۴۵/۱۳
مقاومت فشاری در حالت اشباع MPa	۴۲/۲۸
درصد جذب آب (٪)	۰/۹۸۱
وزن مخصوص خشک gr/cm^3	۲/۶۵۱
وزن مخصوص اشباع gr/cm^3	۲/۶۷۷
سایش لس آنجلس (٪)	۲۲/۸
چگالی (Gs)	۲/۷۰۶

تعیین سختی به وسیله چکش اشمیت: این آزمایش بر اساس استاندارد بین المللی مکانیک سنگ بر روی سطح صاف نمونه سنگ مادر آهکی در ۱۰ نقطه به صورت اتفاقی(random) و با زاویه برخورد ۰ و ۹۰ درجه در محل معدن مذکور انجام شد. نوع این چکشN-34 بوده و دارای انرژی برخوردی برابر ۰/۷۴ می‌باشد. در هر نقطه پس از ساب زدن سطح صاف سنگ، ۱۰ تا ۱۲ ضربه با زوایای برخورد مختلف زده شد، سپس عدد بدست آمده با ضریب تصحیح دستگاه جمع گردید و در نهایت با توجه به زاویه برخورد مقاومت نمونه محاسبه گردید.

(جدول۲) نتایج این آزمون و (شکل۷) رنج مقاومتی نمونه‌ها در آزمون سختی چکش اشمیت را نشان می‌دهد. در نمونه‌های مذکور اعداد بدست آمده از این روش حاکی از مقاومت بالای نمونه آهکی می‌باشد که این امر به نوبه خود مقاومت بالای بتن حاصل از این سنگدانه‌ها را تایید می‌کند.

مصالح مصرفی در عملیات عمرانی شهر مشهد

به طور عمده مصالح مورد استفاده در سطح شهر مشهد، مصالح رودخانه-ای هستند. این مصالح در حجم بالا، برداشت آسان و هزینه اندک استخراج و در اختیار مصرف کننده قرار می‌گیرند. بیشترین تمرکز واحدهای شن‌شویی در محور سرخس می‌باشد. تمامی واحدهای شن‌شویی در این محور در حریم رودخانه قرار دارند. برداشت بی‌رویه و غیر اصولی و عدم نظارت ارگان‌های دولتی بر این واحدها سبب بروز مشکلات زیست محیطی عدیده‌ای در حریم رودخانه‌ها و در نتیجه آن تغییر حریم رودخانه، تخریب اکوسیستم و حتی بروز سیلاب در مناطق گردیده است.

از این رو برداشت مصالح رودخانه‌ای در بسیاری از استان‌های کشور ممنوع شده است. اما ساخت و سازها و فعالیت‌های عمرانی هیچگاه به اتمام نمی‌رسند و نیاز به مصالح هر روز بیشتر از پیش بروز می‌کند. در نتیجه یکی از نیازهای مهم در عملیات عمرانی یافتن منابع تامین مصالح مناسب می‌باشد. لذا در بسیاری از کشورهای جهان گرایش به سمت یافتن و معرفی مصالح کوهی(شکسته) وجود دارد. یکی از این مصالح مناسب، سنگ آهک است. بیشترین کاربرد این مصالح در عملیات راه‌سازی و همچنین ساخت بتن‌های خاص است.

مصالح گرد گوشه دارای ویژگی‌های مهمی هستند که استفاده آنها را در ساخت بتن هویدا می‌سازد. بعلت آنکه اینگونه مصالح دارای سطح صیقلی و به تبع آن زاویه اصطکاک داخلی کمتری بوده بهتر رویهم میلغزند و در نتیجه ملات تهیه شده با اینگونه ماسه‌ها بهتر زیر ماله، آجر، فرش موزائیک یا فرش سنگ پهن می-شود(صادقی و رفعتی ۱۳۸۴). اما از جمله معایب شن و ماسه طبیعی اینکه دارای مواد اضافی فراوانی از جمله چوب، ذغال و سایر مواد آلی هستند که کلیه آنها برای قطعات بتنی و ملات مضر بوده و مهمتر از همه شن و ماسه طبیعی دارای مقدار زیادی دانه‌های بسیار ریز هستند که اصطلاحا به آن خاک می‌گویند. اگر درصد این دانه ها از ۲ الی ۳ در صد در ماسه زیادتر باشد مانع اتصال دانه ها با سیمان و در نتیجه با دانه مجاور می‌شود که موجب تضعیف قطعه بتنی خواهد بود. برای جلوگیری از این مسئله باید شن و ماسه طبیعی با دو یا سه آب شسته شود. (بر حسب مقدار خاک، ممکن است تا ۴ یا ۵ بار هم احتیاج به شستن داشته باشد) و این خود موجب هزینه زیادتری خواهد شد.

بطور کلی طرح اختلاط، روند انتخاب اجزاء مناسب برای بتن و تعیین مقادیر نسبی آنها به منظور تولید بتنی اقتصادی است که دارای خصوصیات مشخصی مانند کارایی، مقاومت و پایایی باشد. البته طرح اختلاط بتن به معنای دقیق آن امکان‌پذیر نیست زیرا مصالح مورد استفاده از جنبه‌های مختلف متغیر هستند و بعضی از خصوصیات آنرا نمی‌توان بصورت کمی ارزیابی نمود. اساس روش طرح اختلاط روش وزنی است که در آن نسبت آب به سیمان در حدود ۰/۵ تا ۰/۵۴ متغییر بوده و درصد هوای غیر عمدی در ترکیب بتن ۱ درصد در نظر گرفته شده است. در نهایت اندازه گیری اسلامپ بتن بر اساس ASTM C 143-90 برای هر طرح اختلاط انجام شد.

برای تهیه یک طرح اختلاط مناسب ابتدا لازم است مواد تشکیل دهنده بتن یعنی سیمان، سنگدانه و آب مورد مطالعه قرار گیرند.

سیمان

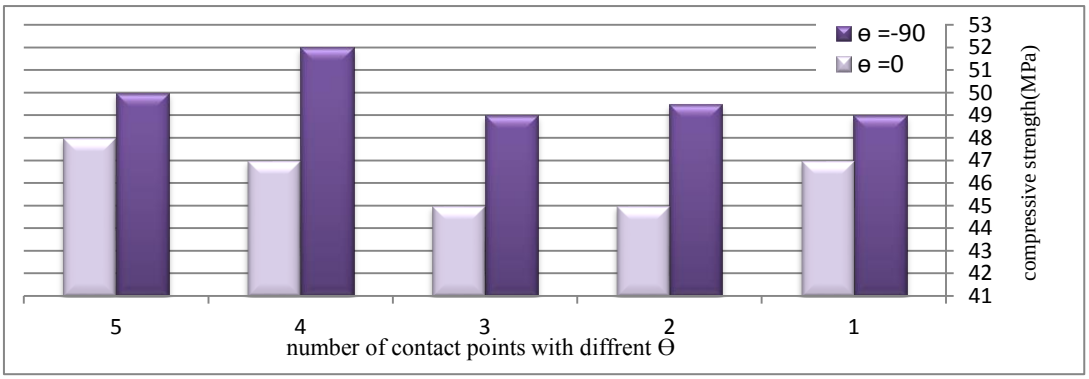
جهت ساخت نمونه‌های بتن طرح‌اختلاط مورد بحث در این پژوهش از سیمان تیپ II مشهد استفاده شده است. این سیمان از نوع سیمان پرتلند پوزولانی و بر طبق استاندارد لازم تهیه شده است.

آب

آب مصرفی بتن بر طبق استاندارد BS 3148، باید تمیز و صاف و عاری از مواد مضر برای بتن و آرماتور نظیر روغن‌ها، ترکیبات اسیدی و قلیائی، املاح و مواد آلی باشد. بطورکلی آب آشامیدنی برای ساخت بتن رضایت‌بخش است. آب غیرآشامیدنی را به شرطی می‌توان در ساختن بتن بکار برد که: اولاً مقاومتهای ۷ و ۲۸ روزه نمونه‌های مکعبی بتن ساخته شده با آب غیرآشامیدنی حداقل معادل ۹۰ درصد مقاومت نظیر نمونه‌های مشابه ساخته شده با آب مقطر باشد و ثانیاً مقادیر مواد زیان‌آور در آب مصرفی از مقادیر حداکثر مجاز داده شده در استانداردهای معتبر تجاوز نکند. در طرح اختلاط بتن مورد بحث از نمونه آب با ویژگی‌های که در (جدول۳) اشاره شده، مورد استفاده قرار گرفته است که در حد مجاز استاندارد قرار دارند. به عنوان مثال میزان مجاز CL برای انواع مختلف بتن حداکثر تا ppm ۱۰۰۰ و حد مجاز سولفات در کاربردهای مختلف بتن حداکثر تا ppm ۳۰۰۰ می‌باشد که در نمونه‌های مذکور در حد مجاز می‌باشند.

جدول ۲. نتایج آزمون چکش انعکاسی اشمیت بر روی مصالح آهکی

مقاومت نمونه ها MPa		عدد قرائت شده توسط چکش	
Θ		Θ	
0	-90	0	-90
۴۷/۰± ۷/۳۵	۴۹/۰ ± ۷/۴۵	۳۴/۹	۴۱/۸
۴۵/۰ ± ۷/۲	۴۹/۵ ±۷/۴۵	۴۳	۴۲/۹
۴۵/۰ ±۷/۲۵	۴۹/۰ ± ۷/۴	۴۲/۲	۴۰/۷
۴۷/۰± ۷/۳۵	۵۲/۰ ± ۷/۶	۴۱/۹	۴۱/۳
۴۷۰± ۷۴	۵۰۰ ± ۷۵/۵	۴۱/۳	۴۳/۵



شکل۷. نمودار نتایج چکش اشمیت

جدول۳. آنالیز شمیایی آب مورد استفاده در طرح اختلاط بتن

PH	Cl %	CL ppm	SO3 %	SO3 ppm	TDS %	TDS ppm	TSS %
۷/۳۸	۰/۰۱۳۵	۱۳۵	۰/۰۵۸۸	۵۸۸	۰/۱۲۶۰	۱۲۶۰	۰

سنگدانه‌ها

مصالح درشت‌دانه در بتن (مانده روی الک ۴/۷۵ میلیمتر) ازشن رودخانه-ای یا سنگ شکسته یا مخلوطی از این دو بدست می‌آید. این مصالح بایستی کاملاً سخت، محکم، بادوام و مکعبی بوده و مقادیر کلوخه‌های رسی، دانه‌های نرم، ذرات رد شده از الک ۲۰۰ (۰/۰۷۵ میلیمتر)، مصالح سبک وزن، میکا، سولفاتها و کلریدها نبایستی از حد مجاز ارائه شده در استاندارد تجاوز کنند. منظور از استاندارد آیین‌نامه‌های معتبر بتن نظیر آئین‌نامه بتن ایران (آبا)، آیین نامه‌های ASTM و BS یا سایر استانداردهای قابل قبول آیین‌نامه بتن ایران می‌باشد. ارزش ماسه‌ای مصالح ریزدانه نباید کمتر از ۷۵ درصد باشد.

آیین نامه BS882 برای مخلوط مصالح درشت‌دانه و ریزدانه محدوده‌های دانه‌بندی ارائه کرده است. محدوده ارائه شده توسط این آیین‌نامه به همراه منحنی دانه‌بندی اختلاط ۵۵ درصد ماسه،۳۵ درصد نخودی و ۱۰ درصد بادامی مقایسه شده است. همانگونه که در (شکل ۸) مشاهده می‌شود نسبت اختلاط مذکور تطابق نسبتا خوبی با محدوده آیین‌نامه BS882 دارد.

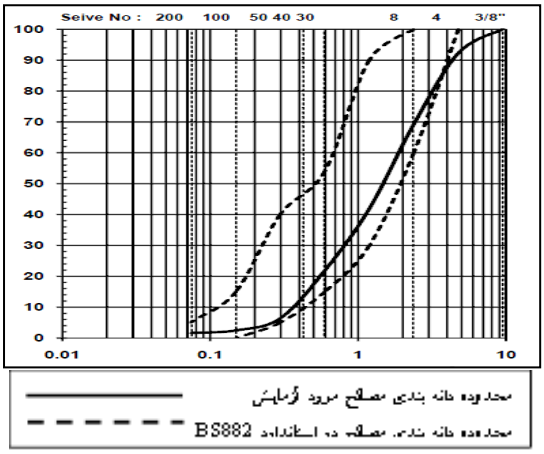
برای مقایسه خواص بتن‌های ساخته شده با مصالح گردگوشه، در این مقاله ۳ طرح اختلاط با مصالح کاملاً گردگوشه و عیارهای ۳۲۵، ۳۵۰، ۳۷۵ کیلوگرم در متر مکعب تهیه شده و بعد از سخت شدن بتن و باز نمودن قالب-ها، نمونه‌های مذکور تا زمان تعیین مقاومت در حوضچه آب نگهداری شده است. بعد از گذشت ۷ و ۲۸ روز از ساخت بتن، نمونه‌ها از حوضچه آب بیرون آورده و تعیین مقاومت گردیده اند. (جدول۴) نتایج مقاومت و اسلامپ بتن هارا نشان می‌دهد.

ویژگی‌های منحصر به فرد مصالح شکسته استفاده از آنها را اقتصادی می-نماید. از جمله اینکه دانه‌های شکسته دارای زاویه اصطحکاک داخلی زیاد بوده و همچنین تیز گوشه بودن و عدم لغزش دانه‌ها روی هم کاربرد آنها را در راه سازی مخصوصاً روسازی راه بیشتر کرده است. ماسه‌های شکسته بعلت اصطکاک داخلی زیاد، به سختی روی همدیگر لغزیده و زیر چرخهای وسائل نقلیه بهتر مقاومت کرده و نیروهای وارده از چرخ اتومبیل را بهتر تحمل می-نماید. این امر سبب می‌گردد که خیلی دیرتر از شن و ماسه طبیعی زیر چرخهای وسایل نقلیه فتیله شده و در نتیجه جاده دیرتر موج برمی-دارد(رمضانیانپور و شاه نظری ۱۳۸۴). این نوع مصالح در شرایط مساوی دارای مقاومت فشاری و کششی بیشتری نسبت به شن و ماسه طبیعی هستند. ابعاد ماسه و شن شکسته کاملاً در اختیار مصرف‌کننده است زیرا ابعاد آن بوسیله الک‌های مخصوص تعیین می‌شود. در نتیجه بتن ریخته شده با شن و ماسه شکسته یکنواخت‌تر و همگن‌تر از شن و ماسه طبیعی است.

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 متراکم‌تر بوده و وزن مخصوص آن بیشتر باشد برای تهیه شن و ماسه جهت مصرف در بتن یا راه‌سازی مناسب‌تر است. سنگ‌های انتخاب شده باید یک دست بوده و فاقد رگه‌های خاکی باشند. برای نشان دادن خواص مصالح شکسته شده (کوهی)، ۳ طرح اختلاط با مصالح برداشت شده از معدن در جاده سرخس آماده شد. مصالح شکسته مورد استفاده در کیلومتر 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 GIS حدوداً ۱۰۴۴/۳۷ میلیون تن تخمین زده می شود. این مصالح آهک و دولومیت سازند مزدوران با سن ژوراسیک بالایی می‌باشد.

این رسوبات دارای مقاومت بالایی هستند. نتایج آزمون مقاومت فشاری این نمونه‌ها حدود ۴۲ تا ۴۵ MPa می‌باشد. نتایج آزمون سختی نمونه‌ها به وسیله چکش اشمیت نیز مقاومت بالای این نمونه‌ها تأیید نموده است. با توجه به مقاومت بالای سنگدانه های 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 زیست‌محیطی ناشی از برداشت مصالح رودخانه‌ای را مرتفع می‌سازد. (جدول۵) نتایج مقاومت و اسلامپ این نوع بتن ها را نشان می‌دهد.

نتایج بررسی این دو نوع طرح اختلاط شن و ماسه رودخانه ای و مصالح کوهی در (شکل۹) نشان داده شده است. مقاومت بتن ساخته شده با مصالح شکسته شده، بسیار بیشتر از بتن با مصالح گردگوشه و همچنین اسلامپ بتن ساخته شده با مصالح شکسته شده نیز کمتر است.



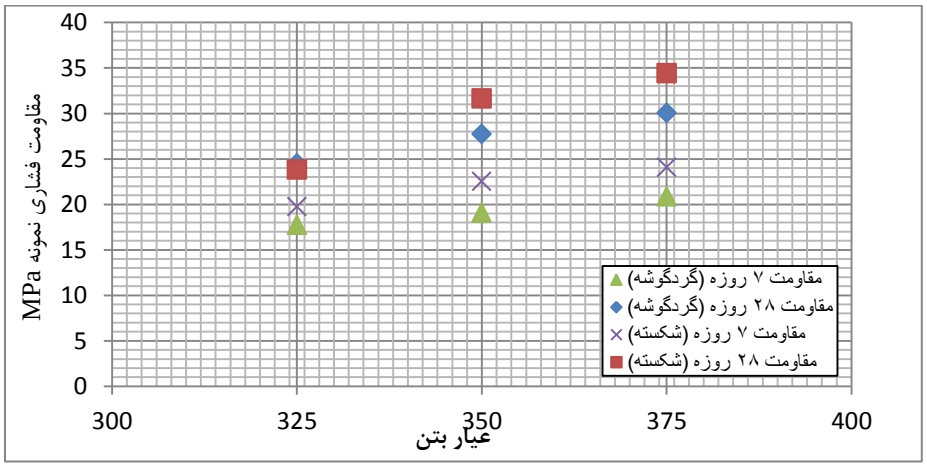
شکل ۸ . نمودار دانه‌بندی مصالح مورد استفاده و مقایسه آن با استاندارد BS882

جدول ۴. طرح اختلاط‌های بتن با مصالح گرد گوشه

طرح اختلاط بتن	عیار بتن با مصالح گردگوشه	نسبت آب به سیمان	وزن بادامی Kg/m3	وزن نخودی Kg/m3	وزن ماسه Kg/m3	وزن مخصوص بتن t/m3	اسلامپ Cm	مقاومت ۷ روزه MPa	مقاومت ۲۸روزه MPa
۱	۳۲۵	۰,۶۷	۲۶۵	۴۴۲	۱۰۶۱	۲,۳۷	۹	۱۷,۷۴۱	۲۴,۵۱۷
۲	۳۵۰	۰,۶۵	۲۵۹	۴۳۱	۱۰۳۴	۲,۳۹	۹	۱۹,۰۸۴	۲۷,۷۳۷
۳	۳۷۵	۰,۶۱	۲۵۴	۴۲۳	۱۰۱۶	۲,۳۸	۹	۲۰,۸۷۵	۳۰,۰۶۱

جدول ۵. نتایج طرح اختلاط‌های بتن با مصالح شکسته

طرح اختلاط بتن	عیار بتن با مصالح شکسته	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	اسلامپ Cm	مقاومت ۷ روزه MPa	مقاومت ۲۸روزه MPa
۱	۳۲۵	۰,۵۴	۱۷۹	۶۲۶	۹۸۴	۲,۳۳	۶	۱۹,۷۴	۲۳,۴۸
۲	۳۵۰	۰,۵۳	۱۷۹	۶۱۲	۹۶۲	۲,۳۴	۷	۲۲,۵۵	۳۱,۶۵
۳	۳۷۵	۰,۵	۱۷۹	۶۰۳	۹۴۸	۲,۳۵	۷	۲۴,۰۷	۳۴,۴۵



شکل ۹. مقایسه روند افزایش مقاومت در بتن های ساخته شده با مصالح شکسته شده

نتیجه گیری

نتایج آزمون های انجام شده نشان داد، مقاومت ۷ روزه در طرح اختلاط بتن با مصالح ۱۰۰٪ گردگوشه در عیارهای ۳۲۵، ۳۵۰ و ۳۷۵ به ترتیب ۱۹/۰۸/۱۷/۷۴ و ۲۰/۸۷ MPa و مقاومت ۲۸ روزه در طرح اختلاط بتن با مصالح ۱۰۰٪ گردگوشه در همان عیارها به ترتیب ۲۷/۷۳/۲۵/۴۱ و ۳۰/۰۶ MPa است.

نتایج آزمون های انجام شده نشان داد، مقاومت ۷ روزه در طرح اختلاط بتن با مصالح ۱۰۰٪ شکسته در عیارهای ۳۲۵/۳۵۰ و ۳۷۵ به ترتیب ۱۹/۷۴، ۲۲/۵۵ و ۲۴/۰۷ MPa و مقاومت ۲۸ روزه در طرح اختلاط بتن با مصالح ۱۰۰٪ شکسته در همان عیارها به ترتیب ۲۸/۳۴ ، ۲۷/۷۳ و ۳۴/۴۵ MPa است.

مقاومت نمونه بتن حاصل از طرح اختلاط با مصالح ۱۰۰٪ شکسته در عیارهای مورد آزمون بیشتر از مقاومت نمونه بتن حاصل از طرح اختلاط با مصالح ۱۰۰٪ گردگوشه است. اسلامپ بتن با مصالح شکسته کمتر (۶ تا ۷ میلیمتر) از اسلامپ بتن با مصالح گردگوشه (۹ میلیمتر) است. این نتیجه را می توان به اصطکاک بیشتر بین سنگدانه‌ها نسبت داد.

در شن و ماسه شکسته دانه‌بندی، ارزش ماسه‌ای و رد شده از الک ۲۰۰ کاملاً در اختیار تولید کننده بوده و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر می‌باشد. علاوه بر آن مشکلات زیست‌محیطی و هزینه‌های آن نیز کمتر است.

مقاومت نمونه‌های آهکی- دولومیتی که به وسیله چکش اشمیت و بر روی سنگ مادر انجام گردید حاکی از مقاومت بالای نمونه ها می‌باشد که این امر به نوبه خود مقاومت بالای بتن حاصل از این سنگدانه ها را تایید می‌کند.

نتایج کلیه آزمون‌های انجام شده بر روی مصالح آهکی این مصالح را، مصالحی مقاوم، سخت، غیر مخرب و جایگزین مناسب مصالح رودخانه‌ای در محور سرخس معرفی نموده است.

این مصالح به علت نزدیکی به جاده و شهر مشهد و همچنین مرغوبیت و مقاومت مناسب خود جایگزین مناسب مصالح رودخانه ای بوده و استفاده از این مصالح مشکلات زیست‌محیطی ناشی از برداشت مصالح رودخانه‌ای را مرتفع می-سازد.

این مصالح با کیفیت و مقاومت بالایی که دارند در کاربردهایی همچون مصالح بتن، روسازی راه، سنگ فرش پیاده روها و همچنین بالاست قابل استفاده بوده که به نوبه خود به عنوان مصالح نو و پرکاربرد معرفی می شوند.

منابع

تخم‌چی، ب، 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 مهندسین معدن، تهران.

رمضانیانپور، ع.ا.، شاه نظری، م.ر.، ۱۳۸۴، تکنولوژی بتن، انتشارات علم و صنعت، ۴۶۵صفحه، تهران.

گروه مهندسین مشاور مهر پویان، ۱۳۸۸، مصالح ساختمانی و دستورالعمل های اجرایی، انتشارات خدمات فرهنگی پارسه‌نو، ۳۲۵صفحه، تهران.

دانشفر، م. محمدی، ا.، ۱۳۸۵، بررسی معادن شن و ماسه رودخانه‌ای و راه‌های جایگزین کردن آنها با معادن شن و ماسه کوهی، هفتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه.

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

مهندسین مشاور کاوش پی مشهد، ۱۳۸۹، گزارش ژئوتکنیک طرح اختلاط بتن، شن شویی های جاده سرخس.

انجمن صنفی کارفرمایی شن شویی‌های استان خراسان رضوی، ۱۳۸۹، گزارش آماری شن شویی های استان.

انجمن صنفی کارفرمایی شن شویی‌های استان خراسان رضوی، ۱۳۸۸، گزارش آماری شن شویی های استان.

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

نشریه انجمن بتن ایران (آبا)، ۱۳۷۹، نشریه شماره ۱۲۰، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، تجدید نظر اول ، ۴۳۴ صفحه، تهران.

نویل،ام.، بروکس، ج.ج.، ۱۳۷۸، خواص بتن، ترجمه هرمز فامیلی، انتشارات ابوریحان بیرونی، چاپ اول، تهران.

قبادی، م.ح.، حیدری، م.، رفیعی، ب.، موسوی، س.، آریافر، ن.، ۱۳۹۲، مطالعه خصوصیات ژئوتکنیکی ماسه سنگ‌های سازندآغاجاری در شرق و جنوب شرق اهواز، نشریه زمین شناسی کاربردی پیشرفته، دوره ۱، شماره ۸، صفحه ۲۱-۳۳.

اروجی، ح.، کلاگری، ع.ا.، فردوسی، ر.، سیاه چشم، ک.، ۱۳۹۲، ویژگی‌های کانی‌شناسی و زمین شیمی ذخایر کائولن و آلونیت کوجنق، شمال غرب مشکین‌شهر استان اردبیل، دوره ۱، شماره ۱۰، صفحه ۱۹-۳۲

Menadi, B., Kenai, S., Khatib, J., Ait-Mokhtar, A., 2008, "Strength and durability of concrete incorporating crushed limestone sand", construction and building materials, Elseviar, Pages 625-633.

RómelSolís-Carcaño, Eric I. Moreno, 2008 , Evaluation of concrete made with crushed limestone aggregate based on ultrasonic pulse velocity -Construction and Building Materials, Vol.22, Issue 6, Pages 1225-1231.

Shamsad Ahmad, Saeid A. Alghamdi, 2012, A Study on Effect of Coarse Aggregate Type on Concrete Performance, Springer, Vol.37, Issue 7, pages 1777-1786.

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 31, pages 1421-1425.

Marwa Al-Ansary, Srinath R. Iyengar, 2013, Physiochemical characterization of coarse aggregates in Qatar for construction industry, International Journal of Sustainable Built Environment, Volume 2, Issue 1, June, Pages 27–40.

ASTM, 2001, Manual book of ASTM Standard Vol. 04.08 & 04.09, USA.

European Committee for Standardization, 2000, Cement: composition, specifications and conformity criteria. Part1: CommomCements,EN 197-1.

ASTM, 2000, American Society for Testing Materials: Construction, Concrete and Aggregates, Annual Book of ASTM, Vol.04.02, Philadelphia, PA.

Kenai S., Benna Y., Menadi B., 1999, The effect of fines in crushed calcareous sand on properties of mortar and concrete. In: Swamy RN, editor, International conference on infrastructure regeneration and rehabilitation ; P253-61.

ASTM, 1994, American Society for Testing Materials:Construction131, EN1097:2, AASHTO T96.

B. Mennadi, S. Kenai, J. Khatib, Abdelkarim Aît-Mokhtar, 2010, Strength and durability of concrete incorporating crushed limestone sand ,24(10):1878-87.

Wenyan Zhanga, Mohamed Zakariaa, b, Yukio Hamaa, 2013, Influence of Aggregate Materials Characteristics on the Drying Shrinkage Properties of Mortar and Concrete.

British Standard Institution, 1992, BS 882. Specification for aggregate from natural resources for concrete, London.

ACI Committee 308, 1992, American Concrete Institute Recommended practice for selecting proportions for concrete, Farmington Hills, USA.

Aminul Islam Laskar, 2011, Mix design of high-performance concrete, Applied Mechanics and Materials;174: 539-44.

British Standard Institution, 1983, BS 1881: Part 116-Method for determination of compressive strength, London.

ISRM, in: E.T. Brown (Ed.), 1981, Rock Characterization Tasting and Monitoring-ISRM Suggested Methods, Pergamon, Oxford, 211 pp.

Shamsad Ahmad and Saeid A. Alghamdi , 2014, A Statistical Approach to Optimizing Concrete Mixture Design, The Scientific World Journal, , Vol. ID 561539, 7 pages