



بررسی ویژگیهای ژئوتکنیکی و اقتصادی آهک و ایگنمبریت سازند قم به منظور جایگزینی با منابع شن و ماسه رودخانه‌ای

بهزاد تخم‌چی^{۱*}، حامد سروش^۲

۱- عضو هیأت علمی دانشکده معدن و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود و عضو هیأت مدیره شرکت

زمین‌کاوغستر

۲- کارشناس ارشد مکانیک سنگ، کارشناس ارشد شرکت زمین‌کاوغستر

E-mail: tokhmechi@ut.ac.ir

چکیده

شن و ماسه یا به عبارت دیگر مصالح سنگ‌دانه‌ای پرمصرف‌ترین و در عین حال ارزانترین مصالح ساختمانی هستند. امروزه آبرفت‌های رودخانه‌ای اصلی‌ترین منابع تأمین شن و ماسه هستند، اما کمبود منابع رودخانه‌ای مناسب و خطرات زیست محیطی که استخراج این گونه منابع به همراه دارد، نظرها را به سوی تولید مصالح سنگ‌دانه‌ای از سنگ کوهی معطوف داشته است. در این مقاله نتیجه تحقیقات صورت گرفته برای بررسی ویژگیهای ژئوتکنیکی آهک و ایگنمبریت سازند قم به منظور جایگزینی آنها با منابع شن و ماسه رودخانه‌ای آورده شده است.

مقدمه

تشکیل منابع سنگ‌دانه‌ای به تاریخچه زمین‌شناسی هر منطقه بستگی دارد. به طور کلی منابع مختلف مصالح سنگ‌دانه‌ای را می‌توان شامل آبرفت‌های رودخانه‌ای، رسوبات واریزه‌ای، رسوبات بادی، رسوبات یخچالی، رسوبات ساحلی، رسوبات فلات قاره، رسوبات به هم پیوسته، باطله‌های معدنی و منابع سنگ کوهی دانست.

در ایران با توجه به شرایط زمین‌شناسی، سهولت بهره‌برداری، هزینه‌های اندک، عدم وجود نظارت جدی بر رعایت استانداردهای مصرف و حساسیت بسیار پایین نسبت به مسائل زیست محیطی، عموماً از آبرفت‌های رودخانه‌ای به عنوان مصالح سنگ‌دانه‌ای استفاده می‌شود. این در حالی است که این گونه منابع عموماً در مسیر رودخانه و مسیل‌ها قرار داشته و برداشت از آنها مشکلات زیست محیطی را در بلند مدت به همراه

* تهران- صندوق پستی ۱۳۳۷-۱۳۱۴۵



خواهد داشت. در ضمن به لحاظ فنی، مصالح سنگ کوهی نسبت به مصالح طبیعی مزایای خاصی دارند. به عنوان مثال، مصالح سنگ کوهی گوشه‌دارند و لذا کاربری بهتری در تهیه آسفالت و روسازی راه دارند. این مصالح درصد شکستگی بالایی دارند، درگیری دانه‌ها با هم بیشتر بوده و در نتیجه زاویه اصطکاک داخلی و مقاومت برشی آنها افزایش می‌یابد. این سنگ‌دانه‌ها از نظر جنس یکنواخت و همگن هستند و لذا در شرایط مختلف فیزیکی، شیمیایی و بارگذاری، واکنش یکنواخت‌تری نشان می‌دهند. همچنین ناخالصی‌های رس و لای، گچ و نمک، مواد آلی، زباله‌های انسانی و دیگر مواد زیان‌آور نیز در آنها حداقل است. تنها ایراد احتمالی این مواد، گرانی محصول برای بازار مصرف است.

در این طرح به منظور یافتن راهکار عملی برای رواج استفاده از سنگ‌دانه‌های کوهی، ویژگی‌های ژئوتکنیکی آهک و ایگنمبریت سازند قم مورد مطالعه قرار گرفته است. از مزایای این واحدها گسترش وسیع آنها در مجاورت مناطق پر مصرفی همچون تهران و قم، کیفیت ژئوتکنیکی مناسب آنها برای مصرف و فقدان تقریباً تمام معایبی است که برای مصالح رودخانه‌ای ذکر شد. البته از معایب بارز اینگونه مصالح نیز هزینه بالای استخراج و دانه‌بندی آنها است.

۲- زمین شناسی آهک و ایگنمبریت سازند قم

بخش آهکی مورد مطالعه (OM_{af}^I)، شامل سنگ آهک سبتر لایه خاکستری روشن تا کرم همراه با مارن به سن الیگومیوسن است که انحلال، حفرات کارستی کوچکی در آن ایجاد کرده است. این بخش در حقیقت از تجمع کانی‌های مرجانی و بریوزوا تشکیل گردیده و دارای مقادیر زیادی فسیل‌های دوکفه‌ای اوستروپکتین و خارداران کیپاستر است. ضخامت آهک f از ۱۸۰ تا ۳۲۰ متر گزارش شده است. آهک مرجانی f پایان چرخه سوم سازند قم است که در مناطق وسیعی از سازند قم واقع در زون ایران مرکزی و در حوالی مناطق پرتراکم جمعیتی همچون تهران، قم، کاشان و ... رخنمون دارد.

ایگنمبریت مطالعه شده از نوع توف ایگنمبریتی (E_u^{ig}) با سه ترکیب داسیتی (E_u^{ig-D})، آندزیتی (E_u^{ig-An}) و سدیک - کلسیت (E_u^{ig-L-T}) به سن ائوسن است. این سنگ زمینه‌ای کاملاً شیشه‌ای دارد که تجمع اکسیدهای آهن نیز در آن مشاهده می‌شود. از کانیهای ثانویه این سنگ می‌توان به کربنات و کانی‌های رسی اشاره کرد. این مجموعه و بالاخص ایگنمبریت با ترکیب آندزیتی رخنمون وسیعی در سازند قم و زون ایران مرکزی دارند که در نتیجه استخراج آنها را تسهیل می‌بخشد.



۳- نمونه برداری

جهت مطالعه ویژگیهای ژئوتکنیکی آهک و ایگنمبریت سازند قم، اقدام به برداشت ۴ نمونه آهکی و ۳ نمونه ایگنمبریتی شده است. در شکل ۱ جانمایی محل‌های نمونه‌برداری آورده شده است. همانگونه که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود، در انتخاب مناطق جهت نمونه‌برداری، مجاورت با شهرستان قم و نزدیکی راه‌های دسترسی لحاظ گشته است. همچنین وسعت رخنمونهای سنگی از نظر میزان ذخیره مکشوفه برای انجام عملیات معدنکاری احتمالی آینده مد نظر بوده‌اند. برای نمونه‌برداری اقدام به حفر چاهک‌هایی به عمق حداکثر ۱/۵ متر شده است تا نمونه حاصل حداقل هوازدگی را تحمل کرده باشد. در شکل ۲ به عنوان تصویری از رخنمون وسیع آهک بخش *f* سازند قم درحوالی روستای خورآباد جاده قم - کاشان که موردنمونه‌برداری قرار گرفته آورده شده است.



شکل ۱ - جانمایی مناطق نمونه برداری شده



شکل ۲- رخنمون آهک بخش *f* سازند قم در حوالی روستای خورآباد جاده قم - کاشان

۴- ارزیابی های ژئوتکنیکی

از آنجا که مصرف عمده مصالح سنگدانه‌ای در ساختمان‌سازی و پروژه‌های عمرانی است، لذا مصالح موردنظر باید واجد ویژگیهای زیر باشند:

الف - دانه‌ها باید مقاوم، سخت و بدون ترک خوردگی و هوازدگی و عاری از پوشش سطحی مضر باشند.

ب - دانه‌ها باید در مقابل سایش یا ضربه مقاوم باشند.

ج - مصالح باید عاری از مواد مضر بوده و حتی‌الامکان از نظر شیمیایی غیر فعال باشند.

برای بررسی موارد فوق مطالعات زیر بر روی نمونه‌ها صورت گرفت:

الف- آزمایش وزن مخصوص: وزن مخصوص پایین اغلب نمایانگر مصالح متخلخل، ضعیف و جاذب رطوبت است.

ب- آزمایش جذب آب: مصالح دارای جذب آب بالا، به طور مداوم در فصول مختلف سال تر و خشک شده و انبساط و انقباض پی در پی آنها در اثر این فرآیند باعث متلاشی شدن آنها می‌شود.

ج - آزمایش تخلخل: با کاهش تخلخل، جذب آب سنگ کاهش یافته و در نتیجه کیفیت آن بالا می‌رود.



د- آزمایش مقاومت فشاری خشک و اشباع: مقاومت فشاری نشان دهنده ظرفیت باربری مصالح است که با افزایش مقاومت فشاری ظرفیت باربری مصالح نیز افزایش می‌یابد. همچنین اختلاف کم بین مقاومت فشاری خشک و اشباع نشان دهنده این است که آب تأثیر چندانی بر پارامترهای مقاومتی سنگ ندارد.

ه- آزمایش تعیین درصد افت وزنی در مقابل سایش: درصد افت وزنی در مقابل سایش از مهمترین ویژگی‌هایی است که در استفاده از مصالح سنگ‌دانه‌ای در راهسازی، تولید بالاست و تولید آسفالت مطرح می‌گردد.

و- آزمایش تعیین درصد افت وزنی در مقابل سرما و گرما: پایداری مقاومت سنگ‌دانه‌ها در مقابل سیکل‌های متوالی انجماد و ذوب، از پارامترهای مهمی است که بالاخص در مناطق کویری که اختلاف حرارت شب و روز زیاد است، اهمیت پیدا می‌کند.

ز- آزمایش تعیین درصد افت وزنی در مقابل سولفات‌های سدیم و منیزیم: واکنش‌های شیمیایی باعث پوکی و خرد شدن سنگ می‌گردند. لذا افت وزنی کم در واکنش با سولفات‌ها نشان دهنده مقاومت آنها در برابر عوامل شیمیایی است.

ح- آزمایش دوام آبدیدگی: وجود آب می‌تواند پارامترهای مقاومتی سنگ را تغییر دهد. بنابراین طی این آزمایش تأثیرپذیری مصالح در آب مورد بررسی قرار می‌گیرد.

لازم به ذکر است که برای تمامی پارامترهای مذکور حد مجازی توسط آئین‌نامه‌های خاص تعیین شده است. در مطالعات صورت گرفته این مقادیر، بسته به کاربرد مصالح، با مقادیر به دست آمده از آزمایش‌ها مقایسه شده و بدین ترتیب کیفیت سنگ ارزیابی شده است.

۵- تعبیر و تفسیر نتایج آزمایش‌ها

ارزیابی‌های انجام شده بر روی ویژگی‌های ژئوتکنیکی آهک و ایگنمبریت سازند قم به شرح زیر است:

الف - افزایش وزن مخصوص معمولاً افزایش کیفیت سنگ را به همراه دارد. اما نمی‌توان از آن به عنوان شاخصی برای رد یا قبول کیفیت سنگ‌ها استفاده کرد. در آزمایش‌های انجام شده وزن مخصوص خشک نمونه‌های ایگنمبریتی بین ۲/۴۶ تا ۲/۶۷ و نمونه‌های آهکی بین ۲/۴۲ تا ۲/۶۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب بسته به محل نمونه‌برداری تغییر می‌کند. وزن مخصوص اشباع نمونه‌های ایگنمبریتی بین ۲/۵۱ تا ۲/۶۹ و نمونه‌های آهکی بین ۲/۵۰ تا ۲/۶۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب تغییر می‌کند. شن مصرفی نباید وزن مخصوص نسبی کمتر از ۲/۳۵ داشته باشد. لذا وزن مخصوص نسبتاً بالای این مصالح نشان دهنده استحکام بالای ذرات و تخلخل نسبتاً پایین آنها است. اما سنگینی بعضی نمونه‌ها برای مصارف بالاست راه‌آهن و تولید آسفالت مورد تأیید نیست.



ب - درصد جذب آب نمونه‌ها پایین است و بنابراین کاربری آنها متفاوت خواهد بود.
ج - درصد تخلخل نمونه‌های ایگنمبریتی بین $1/7$ تا $4/8$ و نمونه‌های آهکی بین 1 تا $7/40$ متغیر بوده است. البته بدیهی است نمونه‌ای که تخلخل بالایی دارد، جذب آب بالایی نیز خواهد داشت که در نتیجه انجام آزمایش‌های مقاومت فشاری خشک و اشباع بر روی آن بسیار ضعیف خواهد بود. زیرا در صورتی که اختلاف مقاومت فشاری خشک و اشباع آن بالا باشد، درصد جذب آب بالا ویژگی‌های ژئوتکنیکی سنگ را ضعیف خواهد ساخت.

د- نتایج آزمایش‌های مقاومت فشاری خشک و اشباع نشان داد که مقاومت فشاری خشک نمونه‌های ایگنمبریتی بین 1712 تا 1860 و نمونه‌های آهکی بین 539 تا 585 کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و مقاومت فشاری اشباع نمونه‌های ایگنمبریتی بین 1638 تا 1843 و نمونه‌های آهکی بین 428 تا 563 تغییر می‌کند. اختلاف کوچک مقاومت فشاری خشک و اشباع نمونه‌های ایگنمبریتی اثبات می‌کند که آب تأثیر چندانی بر پارامترهای مقاومتی این سنگها ندارد. اما درصد اختلاف نسبتاً بیشتر مقاومت فشاری خشک و اشباع نمونه‌های آهکی نشان می‌دهد که آب تأثیر اندکی بر پارامترهای مقاومتی این سنگها خواهد گذاشت. از طرفی نیز پارامترهای مقاومتی سنگهای ایگنمبریتی بالاست که در واقع نشان دهنده ظرفیت باربری مناسب آنها است. سنگهای آهکی مقاومت فشاری بسیار کوچکتري دارند، اما با وجود این طبق استانداردهای ایران برای کاربرد مصالح سنگدانه‌ای مشکل نخواهند داشت. ولی با توجه به همین پارامتر، مصرف اصلی آهکها ساخت بتن پیش‌بینی می‌گردد و استفاده از آنها به عنوان بالاست و زیرسازی راه در اولویتهای آخر قرار می‌گیرد.

ه- آزمایش تعیین درصد افت وزنی در مقابل سایش به شیوه لوس‌آنجلس انجام شد. نتایج آزمایشها نشان داد که افت وزنی نمونه‌های ایگنمبریتی در اثر 500 دور چرخش دستگاه بین 16 تا 18 درصد و افت وزنی نمونه‌های آهکی در شرایط مشابه 30 تا 32 درصد بوده است. بنابراین با توجه به استانداردهای موجود استفاده از ایگنمبریت‌ها در تمامی موارد مصرف زیرسازی راه، اساس راه، آسفالت، بتن و بتن مسلح تأیید می‌شود. اما استفاده از نمونه‌های آهک در ساخت رویه بتن مسلح که حداکثر درصد افت 30 درصد است با تردید مواجه می‌شود. استفاده از نمونه‌های آهکی در دیگر موارد مورد تأیید است.

و- آزمایش سرما و گرما بر روی کلیه نمونه‌ها صورت گرفت. نتایج نشان داد که درصد افت وزنی نمونه‌های ایگنمبریتی طی 16 سیکل یخ زدن و ذوب شدن بین $0/11$ تا $0/8$ درصد و نمونه‌های آهک بین $0/1$ تا $0/2$ درصد است. با توجه به افت بسیار پائین وزن نمونه‌ها در این آزمایش مشخص می‌شود که نمونه‌ها هیچ مشکلی در رابطه با تغییرات درجه حرارت ندارند.

ز - آزمایش درصد افت وزنی در مقابل سولفات سدیم و منیزیم نیز بر روی کلیه نمونه‌ها صورت گرفت که نتایج برای نمونه‌های مختلف ایگنمبریتی و آهکی بین $0/06$ تا $0/31$ درصد متفاوت بود. با توجه به اینکه



حداکثر مجاز افت وزنی مصالح سنگدانه‌ای در مقابل سولفاتهای مختلف و برای مصارف مختلف بین ۸ تا ۱۸ درصد تغییر می‌کند، لذا هیچ یک از نمونه‌ها از نظر واکنش‌دهی در برابر عوامل شیمیایی مشکل ندارند و استفاده از آنها برای ساخت بتن، بتن مسلح، ملات، آسفالت و غیره تأیید می‌گردد.

ح - شاخص دوام آبدیدگی سنگها طی آزمایش‌های انجام شده بین ۹۵ تا ۹۹ برای نمونه‌های ایگنمبریتی و ۸۰ تا ۹۹ برای نمونه‌های آهکی به دست آمد. این موضوع مجدداً اثبات می‌کند که آب تأثیری بر پارامترهای مقاومتی ایگنمبریت سازند قم ندارد، اما آهک سازند قم تا حد کمی از این منظر تأثیرپذیر است. لذا استفاده از ایگنمبریت در زیرسازی راه و بالاست نسبت به آهک اولویت دارد.

در جدول ۱ و ۲ ترتیب و به طور خلاصه نتایج آزمایش‌های آهک و ایگنمبریت و مقایسه آنها با آئین‌نامه‌های موجود آورده شده است.

۶ - هزینه‌های استخراج و دانه‌بندی

هزینه‌های استخراج و دانه‌بندی مصالح سنگ کوهی شامل چالزنی، آتشکاری، بارگیری، باربری، دیو، سنگ شکنی و دانه‌بندی است که برای مصالح ایگنمبریتی حدود ۲۲۰۰۰ ریال بر متر مکعب (حدود ۸۳۰۰ ریال بر تن) و برای مصالح آهکی حدود ۱۵۰۰۰ ریال بر متر مکعب (حدود ۶۰۰۰ ریال بر تن) خواهد بود. در جدول ۳ خلاصه نتایج محاسبه هزینه استخراج و دانه‌بندی مصالح آورده شده است. البته با توجه به هزینه‌های بالای استخراج و دانه‌بندی این مصالح نسبت به مصالح شن و ماسه رودخانه‌ای به نظر می‌رسد که به لحاظ اقتصادی جذابیتی برای صنعت نداشته باشد.

۷ - نتیجه گیری و پیشنهادات

مطالعات نشان می‌دهند که ایگنمبریت و آهک سازند قم در نزدیکی مناطق مصرف رخنمون وسیعی دارند و از نظر میزان ذخیره برای برنامه‌ریزی بلند مدت استخراجی قابل اعتمادند و استخراج از این منابع نیز مشکل زیست محیطی به دنبال نخواهد داشت. اما مشکل عمده معرفی این واحدهای سنگی به عنوان منابع مصالح سنگ‌دانه‌ای هزینه بالای استخراج و دانه‌بندی آنهاست که بالاخص در مورد ایگنمبریت که از سختی بالاتری نسبت به آهک برخوردار است، بیشتر جلوه می‌کند.

ارزیابی‌های ژئوتکنیکی اثبات می‌کند که نمونه‌های ایگنمبریتی از کیفیت بهتری نسبت به نمونه‌های آهکی برخوردارند و هیچ گونه مشکلی در کاربری‌های مختلف تهیه بالاست راه‌آهن، زیرسازی راه، آسفالت، بتن مسلح و رویه بتن مسلح نخواهند داشت. بالاخص با توجه به پارامترهای مقاومتی بالای ایگنمبریت و تأثیر بسیار اندک آب بر پارامترهای مقاومتی و شاخص دوام آبدیدگی حدود ۹۸ درصد آن، استفاده از



ایگنمبریت در زیرسازی راه و بالاست راه آهن قویاً توصیه می‌گردد. لازم به ذکر است که در اینگونه موارد استفاده از شن و ماسه آبرفتی اولویت چندانی ندارد.

در نمونه‌های آهکی آب بر پارمترهای مقاومتی سنگ تأثیر بیشتری می‌گذارد که طی آزمایشهای مختلف این موضوع به اثبات رسید. همچنین درصد افت وزنی نمونه‌های آهکی در مقابل سایش به شیوه لوس آنجلس حدود ۳۱ درصد بود که مجموع عوامل فوق‌الذکر استفاده از آهک را برای مصارف ساخت رویه بتن مسلح، بالاست و زیرسازی راه با تردید مواجه می‌سازد. بنابراین با توجه به هزینه‌های بالای استخراج و دانه‌بندی آهک نسبت به مصالح رودخانه‌ای و کیفیت ژئوتکنیکی به مراتب پائین آن نسبت به مصالح ایگنمبریتی و مصارف پیش‌بینی شده محدودتری برای آن، استخراج از این واحدها به عنوان مصالح سنگدانه‌ای توصیه نمی‌گردد.

۸- تقدیر و تشکر

بدون شک انجام مطالعات مذکور بدون مساعدت مسئولین و کارشناسان محترم سازمان صنایع و معادن استان قم و شرکت مهندسين مشاور زمین‌کاوغستر ممکن نبود. لذا بدینوسیله از تمامی عزیزان تشکر می‌گردد.

۹- منابع مأخذ

- [۱] حامی - احمد، راه سازی، چاپ سوم، ۱۳۶۱
- [۲] دانشفر - بهرام، بررسی صنعت معدنی شن و ماسه در ایران، گروه مهندسی اکتشاف معدن - دانشکده فنی، ۱۳۶۶
- [۳] معماریان - حسین، زمین شناسی برای مهندسين، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۴
- [۴] معماریان - حسین، زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۴
- [۵] نبیان - حسین، مواد اولیه مصالح ساختمانی، سازمان زمین شناسی کل کشور، ۱۳۶۳
- [۶] فهیمی‌فر - احمد، سروش - حامد، آزمایش‌های مکانیک سنگ، مبانی نظری و استانداردها، آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک، ۱۳۸۰
- [۷] درویش زاده - علی، زمین‌شناسی ایران، نشر دانش امروز، ۱۳۷۰

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

[9] Komer, A. Building material & component, Publisher Moscow, 1974

[10] Skinner, B.J., Earth resources, Prentice Hall, 1976



جدول ۱- خلاصه نتایج آزمایش‌ها بر روی آهک هزاردره و مقایسه آن با استانداردهای موجود

ردیف	آزمایش		آهک هزاردره	حد مجاز استاندارد			نتیجه‌گیری
				بتن یا بتن مسلح	بالاست ت راه‌آهن	آسفالت	
۱	وزن مخصوص	خشک	۲/۶۷ ۲/۴۲	۲/۳۵ >	۲/۶۰ >	۲/۶۰ >	سنگینی نمونه‌ها برای مصرف در بتن یا بتن مسلح مورد تأیید است، اما سنگینی بعضی نمونه‌ها برای مصرف به عنوان بالاست راه‌آهن یا آسفالت مناسب نیست.
		اشباع	۲/۶۸ ۲/۵	۲/۴۵ >	۲/۶۵ >	۲/۶۵ >	
	درصد جذب آب		۰/۴-۳/۱	ASTM 127 & ASTMC 128			
۳	درصد تخلخل		۱-۷/۴	<۷	<۷	<۷	درصد تخلخل ۳ نمونه مورد تأیید است اما درصد تخلخل یک نمونه از حد مجاز تمامی مصارف بالاتر است و مورد تأیید نیست.
۴	مقاومت فشاری (kg/cm ²)	خشک	۵۸۵ ۵۳۹	ASTMC 170			اختلاف مقاومت فشاری خشک و اشباع نشان می‌دهد که آب تأثیر اندکی بر پارامترهای مقاومتی این سنگها دارد. در ضمن مقاومت فشاری طبق استانداردهای ایران برای کاربردهای مختلف مشکلی ندارد اما با توجه به پایین بودن نسبی آن بهتر است استفاده آهک برای بالاست و زیرسازی راه در اولویت آخر قرار گیرد.
		اشباع	۵۶۳ ۴۲۸				
۵	درصد افت وزنی در مقابل سایش به روش لوس‌آنجلس		۳۰-۳۲	<۴۰	<۴۰	<۴۰	استفاده از نمونه‌ها در تمامی موارد بجز استفاده در ساخت رویه بتن مسلح که حداکثر درصد افت ۳۰ درصد تأیید می‌گردد.
۶	درصد افت وزنی در آزمایش سرما و گرما		۰/۱-۰/۲	AASHTO 103			نمونه‌ها مشکلی در رابطه با تغییرات درجه حرارت ندارند.
۷	درصد افت وزنی در مقابل سولفات	سدیم	۰/۱ ۰/۰۶	۱۲	۱۰٪ <	۱۰٪ <	نمونه‌ها مشکلی از نظر واکنش دهی در برابر عوامل شیمیایی ندارند.
		منیزیم	۰/۲۱ ۰/۱۵	۱۸	۱۲٪ <	۱۰٪ <	
۸	شاخص دوام آبدیدگی		۸۰-۹۹	ASTMD 4644			آب بر پارامترهای مقاومتی سنگ تأثیر کمی می‌گذارد. در استفاده از این نمونه‌ها در زیرسازی راه و بالاست راه‌آهن باید محتاط بود.
نتیجه‌گیری			کیفیت ژئوتکنیکی آهک هزاردره از نظر درصد جذب آب، درصد تخلخل، درصد افت وزنی در مقابل سایش، سرما و گرما، سولفات سدیم و سولفات منیزیم تقریباً برای تمامی موارد مصرف مورد تأیید است. اما استفاده از این سازند برای مصارف زیرسازی راه و بالاست راه‌آهن بدلیل وزن مخصوص نسبی پایین، اختلاف مقاومت فشاری خشک و اشباع پایین و عموماً مقاومت فشاری نه چندان بالا و شاخص دوام آبدیدگی نسبتاً پایین توصیه نمی‌گردد.				



جدول ۲- خلاصه نتایج آزمایش‌ها بر روی ایگنمبریت هزاردره و مقایسه آن با استانداردهای موجود

ردیف	آزمایش		ایگنمبریت هزاردره	حد مجاز استاندارد			نتیجه‌گیری
				بتن یا بتن مسلح	بالاست راه‌آهن	آسفالت	
۱	وزن مخصوص نسبی	خشک	-۲/۶۷ ۲/۴۶	۲/۳۵ >	۲/۶۰ >	۲/۶۰ >	سنگینی نمونه‌ها برای مصرف در بتن یا بتن مسلح مورد تأیید است، اما سنگینی بعضی نمونه‌ها برای مصرف به عنوان بالاست راه‌آهن یا آسفالت مناسب نیست.
		اشباع	-۲/۶۸ ۲/۵	۲/۴۵ >	۲/۶۵ >	۲/۶۵ >	
۲	درصد جذب آب		۰/۴-۳/۱	ASTM 127 & ASTM C 128			جذب آب نمونه‌ها پایین و مورد تأیید است.
۳	درصد تخلخل		-۴/۸ ۱/۷	<۷	<۷	<۷	تخلخل نمونه‌ها پایین و مورد تأیید است.
۴	مقاومت فشاری (kg/cm ²)	خشک	-۵۸۵ ۵۳۹	ASTM C 170			اختلاف مقاومت فشاری خشک و اشباع پایین است و نشان می‌دهد که آب تأثیری بر پارامترهای مقاومتی سنگ ندارد. در ضمن مقاومت فشاری بسیار بالاست که استفاده از ایگنمبریت به عنوان مصالح سنگدانه‌ای در تمامی مصارف را تأیید می‌کند.
		اشباع	-۵۶۳ ۴۲۸				
۵	درصد افت وزنی در مقابل سایش به روش لوس‌آنجلس		۱۶-۱۸	<۴۰	<۴۰	<۴۰	نمونه‌ها مشکل سایش ندارند.
۶	درصد افت وزنی در آزمایش سرما و گرما		-۰/۱۱ ۰/۸	AASHTO 103			نمونه‌ها مشکلی در رابطه با تغییرات درجه حرارت ندارند.
۷	درصد افت وزنی در مقابل سولفات	سدیم	-۰/۲۶ ۰/۱۶	۱۲	۱۰٪ <	۱۰٪ <	نمونه‌ها مشکلی از نظر واکنش‌دهی در برابر عوامل شیمیایی ندارند.
		منیزیم	-۰/۳۱ ۰/۲۶	۱۸	۱۲٪ <	۱۰٪ <	
۸	شاخص دوام آبدیدگی		۹۵-۹۹	ASTM D 4644			آب تأثیری بر پارامترهای مقاومتی سنگ ندارد.
کیفیت ژئوتکنیکی ایگنمبریت هزاردره در تمامی موارد و برای تمامی مصارف مورد تأیید است. البته وزن مخصوص خشک و اشباع نمونه‌ها برای مصارف بالاست راه‌آهن و آسفالت پایین بود که با توجه به تأیید تمامی پارامترهای دیگر به نظر می‌رسد استفاده از ایگنمبریت در این دو صنعت هم مشکلی ایجاد نمی‌کند.							
نتیجه‌گیری							



جدول ۳- خلاصه هزینه‌های استخراج و دانه‌بندی مصالح ایگنمبریتی و آهکی سازند قم

ردیف	شرح هزینه	ایگنمبریت		آهک	
		(مترمکعب/ریال)	(تن/ریال)	(مترمکعب/ریال)	(تن/ریال)
۱	چالزنی	۶۲۰۰	۲۳۴۰	۲۴۰۰	۱۰۰۰
۲	آتشکاری	۴۰۰۰	۱۵۰۰	۲۱۰۰	۸۷۰
۳	دپو	۲۳۰۰	۸۷۰	۲۳۰۰	۹۶۰
۴	بارگیری	۱۲۰۰	۴۵۰	۱۲۰۰	۵۰۰
۵	باربری	۱۸۰۰	۶۸۰	۱۷۰۰	۷۱۰
۶	سنگ‌شکنی و دانه‌بندی	۱۵۰۰	۵۷۰	۱۵۰۰	۶۲۰
۷	پیش‌بینی نشده (۳۰٪ موارد بالا)	۵۰۰۰	۱۸۹۰	۳۸۰۰	۱۳۴۰
مجموع		۲۲۰۰۰	۸۳۰۰	۱۵۰۰۰	۶۰۰۰