

# سنگدانه ها



## سنگدانه ها

تعریف: سنگدانه ها مصالح طبیعی، مصنوعی یا بازیافت شده، مانند ماسه، شن، پوکه، سنگ شکسته، یا سرباره کوره بلند ذوب آهن و خاک رس منبسط شده دانه ای است که در تولید فرآورده های ساختمانی مانند بتن بکار می رود. طبق قانون معادن ایران، شن و ماسه ی طبیعی و معمولی عبارت است از شن و ماسه ای که منحصراً در عملیات ساختمان سازی و راه سازی و بتن ریزی و نظایر آن مورد مصرف قرار گیرد و دارای مصارف صنعتی دیگر نبوده و حاوی کانی های با ارزش نیست که تفکیک آن مقرون به صرفه باشد.

سنگدانه ها را می توان از منابع مختلف تهیه نمود. عمده ترین این منابع عبارتند از : دریا، رودخانه، کوه و معدن شن و ماسه.



## سنگدانه ها در بتن

سنگدانه ها در بتن تقریباً سه چهارم حجم آن را تشکیل می دهند. از این رو کیفیت آنها از اهمیت خاصی برخوردار است. سنگدانه ها نه تنها در مقاومت بتن بسیار مؤثرند، بلکه دوام و پایداری بتن نیز تا حد زیادی تحت تأثیر این ماده قرار می گیرد. ابتدا تصور می شود سنگدانه ها موادی بی اثر و غیر قابل انبساط می باشند که در خمیری از سیمان پخش می شوند و حجم بزرگی از بتن را پدید می آورند، اما در حقیقت سنگدانه ها بی اثر نیستند و خواص فیزیکی، حرارتی و پاره ای از اوقات شیمیایی آنها در عملکرد بتن تأثیر می گذارد. به عنوان مثال پایداری حجمی و دوام بتن تا حدی متأثر این مصالح می شود. از دیدگاه اقتصادی مصرف هر چه بیشتر سنگدانه ها در بتن با صرفه خواهد بود و سعی در کم کردن مصرف سیمان سودمند می باشد که این ارزش اقتصادی باید با خواص خواسته شده بتن هنگامی که هنوز تازه است و خواص بتن بعد از سخت شدن در تعادل باشد.

اندازه دانه های سنگی بتن عموماً از سنگدانه هایی به اندازه مختلف که حداکثر آن بین 10 mm و 50 mm و به طور متوسط 20 mm می باشد ، ساخته می شود. توزیع اندازه ذرات بنام دانه بندی سنگدانه موسوم است. بتن های متوسط ممکن است از سنگدانه هایی که همه اندازه ها را دارا بوده و یکجا در محل موجودند ، ساخته شوند. لیکن آنچه معمول است و همیشه در ساخت یک بتن با کیفیت بالا باید رعایت گردد، انتخاب حد فاصلی بین مواد درشت دانه و ریزدانه می باشد که طبق استانداردهای مختلف از جمله استاندارد شماره 302 ملی ایران تعریف شده است.

وظیفه این مصالح در بتن، تحمل و انتقال بارهای اعمالی (توسط ذرات درشت) و پر نمودن فضای خالی (توسط ذرات ریزدانه) بین دیگر اجزای تشکیل دهنده آن می باشد.

شکل و بافت سنگدانه ها مشخصات ظاهری خارجی سنگها به خصوص شکل و بافت آنها در رابطه با خواص بتن تازه و سخت شده اهمیت بالایی دارد. وصف جسم سه بعدی و شکل آنها کمی دشوار بوده و آسان تر است که مشخصات معینی برای آنها تعریف شوند. گردی سنگ ، تیزی نسبی و زاویه دار بودن لبه ها و گوشه های سنگ را مشخص می سازد. گردی واقعی نتیجه مقاومت و مقاومت فرسایشی سنگ مادر و میزان سایشی است که به سنگ اعمال شده است. شکل سنگدانه های شکسته به طبیعت سنگ مادر و نوع سنگ شکن و نسبت کاهش آن بستگی دارد که این نسبتی از اندازه های اولیه به دانه های شکسته شده می باشد. از آنجا که درجه تراکم دانه های هم اندازه به شکل آنها وابسته است، لذا درجه زاویه دار بودن سنگدانه ها می تواند تخمین فضای خالی بین دانه هایی که مشخص بوده است را به طور تقریبی مشخص بکند. بطور کلی شکل و بافت تاثیر عمده ای بر میزان آب لازم یک مخلوط دارد. به عبارت دقیق تر هنگامی که تداخل و فضای خالی بین دانه های متراکم شده بیشتر است، آب زیادتری نیز مورد نیاز است. به طور کلی پولکی بودن و شکل درشت دانه ها اثر قابل ملاحظه ای برروی کارایی بتن دارد.

## نقش سنگدانه ها در بتن تازه (خمیری)

هنگامی که بتن تازه مخلوط می شود، سنگدانه ها در حقیقت در خمیر متشکل از سیمان، آب و حباب هوا معلق هستند. چگونگی رفتار این مخلوط معلق (یعنی بتن خمیری و تازه)، مانند سهولت ریختن بتن بدون ایجاد جداشدگی که منجر به کرمو شدگی یا عریان شدن ماسه ها می گردد، بطور جدی تحت تاثیر انتخاب مقدار، نوع و دانه بندی سنگدانه ها قرار دارد. بسته به طبیعت سنگدانه های مصرفی، توازن مناسبی بین سنگدانه های درشت و ریز لازم است تا قابلیت حمل، شکل پذیری و عدم جدا شدگی حاصل گردد. از تعیین نسبت های اختلاط بتن دستیابی به رفتار بهینه اجرای بتن تازه و سخت شده است.

## سنگدانه ها در بتن سخت شده

سنگدانه ها در بسیاری از ویژگی های بتن سخت شده، دخیل هستند. خمیر چسباننده ای که مقاومت کسب می کند و بتن را یکپارچه نگه می دارد، حاصل ترکیب شیمیایی آب اختلاط و سیمان است و جزو متشکله **بتن** است. این خمیر سخت شده متشکل از سیمان، آب و حباب هوا به تنهایی به عنوان ماده ساختمانی بسیار نامطلوب می باشد.

پس از سخت شدن اولیه خمیر و به هنگام خشک شدن، جمع شدگی شدیدی اتفاق می افتد (مگر اینکه خمیر به وسیله سنگدانه ها احاطه شده باشد). سطوح خارجی خمیر بر اثر تبخیر سطحی زودتر خشک می شوند و اختلاف میزان جمع شدگی سطوح خارجی و قسمت های داخلی غالباً منجر به ترک خوردگی می گردد. با حضور سنگدانه ها سطح تماس وسیعی برای چسبیدن سطوح خمیر و سنگدانه فراهم می شود. سختی سنگدانه ها موجب کاهش قابل ملاحظه تغییر حجم بتن می گردد.

با میزان سنگدانه معمول که حدود 75 درصد حجم مطلق بتن است، جمع شدگی بتن تنها یک دهم جمع شدگی خمیر می باشد. لذا استفاده از سنگدانه نه تنها صرفه اقتصادی دارد بلکه ضروری نیز می باشد.

به لحاظ فني، سنگدانه هاي مناسب بايد متشکل از قطعات تميز، فاقد پوشش، داراي اندازه، شکل و بافت مطلوب، سلامت فيزيکي، سختي، مقاومت و کيفيت شيميائي مطلوب باشند.

سنگدانه هاي مصنوعي ميزان مصرف و کاربرد آنها در صنعت ساختمان بسيار محدود است.

سنگدانه ها ممکن است در حالت طبيعي خود مورد استفاده قرار گيرند و يا اينکه پس از طي فرآيندهاي مکانیکی، مانند سنگ شکنی، سرند شدن و شست و شو، مصرف شوند.





## نقش سنگدانه در بتن

- مواد و مصالح تشکیل دهنده بتن شامل سیمان، سنگدانه، آب و مواد افزودنی است
- کارایی، مقاومت و سایر خصوصیات بتن تابع مواد تشکیل دهنده آن می باشد که در این میان سنگدانه نقش به سزایی نسبت به سایرین دارد.
- یکی از اجزای تشکیل دهنده بتن سنگدانه ها می باشد که تقریباً 70 درصد حجم بتن را تشکیل می دهند. سنگدانه ها نه تنها در مقاومت بتن مؤثرند بلکه بر دوام و پایداری بتن تا حد زیادی تحت تأثیر آن ها قرار دارد.
- وظیفه این مصالح در بتن، تحمل و انتقال بارهای اعمالی (توسط ذرات درشت) و پر نمودن فضای خالی (توسط ذرات ریزدانه) بین دیگر اجزای تشکیل دهنده آن می باشد.

## دسته بندی



سنگدانه ها بر اساس اندازه به 2 دسته ریز و درشت تقسیم میشوند:

1. سنگدانه های ریز: سنگدانه ای که تمام آن از الک 9.5 میلی متر و حدود 90 درصد از آن از الک 4.75 میلی متر (نمره 4) بگذرد. یا بخشی از سنگدانه که از الک 4.75 میلی متر (نمره 4) رد شود و روی الک نمره 200 (75 میکرو متر) باقی بماند.



2. سنگدانه درشت: سنگدانه ای است که بخش عمده ای از آن روی الک 4.75 میلی متر باقی بماند.

سنگدانه ها از نظر جرم مخصوص به انواع سنگین دانه، سبک دانه و وزن معمولی تقسیم می شوند.

سنگین دانه: سنگدانه ای با جرم مخصوص زیاد که در ساخت بتن سنگین بکار می رود، مانند سرپانتین، باریت، مگنتیت، لیمونیت، ایلمنیت، ژئوتیت، هماتیت، آهن یا فولاد. جرم مخصوص انبوهی این سنگدانه ها از 2400 کیلوگرم بر متر مکعب بیشتر می باشد.

سبک دانه: سنگدانه ای با جرم مخصوص کم است که در ساخت بتن سبک کاربرد دارد و شامل سنگدانه های سبک طبیعی مانند پومیس، خاکستر های آتش فشانی، توف، دیاتومیت و سنگدانه های سبک مصنوعی، مانند رس، شیل و اسلیت منبسط شده شیل های دیاتومه ای، پرلیت، ورمیکولیت و سرباره منبسط شده و محصول نهایی احتراق کک یا زغال سنگ است.

سنگدانه با وزن معمولی: سنگدانه ای است غیر از سنگدانه سبک یا سنگین، که برای ساخت بتن با جرم مخصوص معمولی به کار می رود.

# پوکه

پوکه ها از انواع سنگدانه ها محسوب می شوند که خود به دو دسته زیر تقسیم می شوند.

## پوکه صنعتی



پوکه صنعتی در ایران تنها توسط شرکت **لیکا** در ساوه تولید می گردد که بصورت **گرانوله** از خاک رس تهیه می گردد. **پوکه صنعتی به لحاظ شیمیایی خنثی است** و برای تولید بلوک های سبک عملکرد بسیار عالی از خود نشان می دهد، زیرا زمانی که از این پوکه بلوک تهیه می گردد و بعنوان دیوار نصب می شود با گچ که روی قسمت فوقانی قرار می گیرد، واکنش شیمیایی انجام نمی دهد و نمک و آب تولی نمی کند یعنی اصطلاحاً **شوره** نمی زند. وزن مخصوص پوکه صنعتی 400کیلو گرم بر متر مکعب می باشد .

# پوکه معدنی

پوکه معدنی از گدازه‌های آتشفشانی تشکیل شده که پس از رسیدن به سطح زمین سرد شده و به صورت دانه‌های ریز و درشت درآمده که سطح آن حبابی و دارای سوراخ‌هایی است (نام علمی آن پومیس Pumice) از بارزترین ویژگی‌هایش استحکام بالا و سبکی آن است. پوکه معدنی دارای وزن پایین و مقاومت و سختی بالایی است، در صنعت ساختمان سازی از پوکه معدنی برای شیب بندی کف و سقف استفاده می‌شود و آن به جهت سبک سازی سازه است. معادن پوکه معدنی در ایران دماوند، بستان آباد تبریز، قروه سنندج، شهر بابک کرمان، سرعین اردبیل و گناباد خراسان می باشد.





## بررسی پوکه های ایران از لحاظ بازار :

پوکه در بازار به لحاظ وزنی قیمت گذاری میشود هرچه سبکتر گرانتر



پوکه معدنی

## دسته بندی سنگدانه های شن و ماسه بصورت شکسته و طبیعی

معمولا محصول شن و ماسه به دو صورت به بازار عرضه می‌شود که یکی شن و ماسه طبیعی که از الک‌کردن و شستن مصالح دانه های طبیعی به دست می‌آید و دیگری مصالح شکسته که از خرد کردن قلوه سنگ‌ها با ذرات و قطعات بزرگ سنگ حاصل می‌شود. هر ساله با طغیان رودخانه‌ها مقداری سنگدانه در محل آبرفت رودخانه باقی می‌ماند که این آبرفت‌ها معادن و شن و ماسه طبیعی را تشکیل می‌دهند. پس از آن‌که این معادن شناسایی و انتخاب گردیدند و جنس سنگ آن به وسیله آزمایشگاه تأیید شد اقدام به بهره‌برداری از آن معدن می‌گردد. مواد اولیه موجود در معدن که اندازه‌ی سنگدانه‌های آن را قلوه سنگ‌های درشت حتی به ابعاد 50 سانتی متر تا سنگدانه‌های ریز و ماسه و ماسه بادی و فیلر نیز در آن یافت می‌شود به وسیله لودر بارگیری شده و به وسیله کامیون به محل کارخانه‌های تهیه شن و ماسه منتقل می‌گردد.



دانه‌های درشت‌تر و خارج از اندازه جدا شده با تسمه نقاله به ماشین‌های سنگ‌شکن و آسیاب می‌روند و در چند مرحله خرد شده و به شن و ماسه به اندازه دلخواه تبدیل می‌گردند که به آن شن و ماسه‌ی شکسته می‌گویند. بقیه مصالح با الک‌های لرزان دانه‌بندی شده و شن و ماسه به‌طور جداگانه با تسمه نقاله به انبار شن و ماسه برای بارگیری و حمل، به محل مصرف منتقل می‌گردند که به آن شن و ماسه‌ی طبیعی می‌گویند.





شن: مصالح دانه ای که بخش عمده آن روی الک نمره 4،  $4/75$  mm، باقی بماند و از فروپاشی یا سایش طبیعی سنگ و یا فرآوری کنگلومرای سست فراهم شود .

ماسه: مصالح دانه ای که از الک  $9/5$  mm عبور کرده و تقریباً تمام آن از الک نمره 4،  $4/75$  mm، بگذرد و بخش عمده آن روی الک نمره 200، 75 میکرومتر، باقی بماند.

سنگ شگسته: مصالحی که با شکستن مصنوعی سنگ ها، تخته سنگ ها یا قلوه سنگ های درشت تهیه شده است و اساساً کلیه وجوه آن دارای لبه های قابل تشخیص هستند که از فرآیند سنگ شکنی حاصل می شوند.

روباره آهن گذاری سردشده در هوا: مصالح غیر فلزی که شامل سیلیکات ها یا آلومینوسیلیکات های کلسیم و دیگر عناصر باشد و همزمان با آهن در حالت مذاب در کوره آهن گذاری تهیه می شوند.

شن شکسته: مصالحی که با شکستن مصنوعی شن حاصل می شوند و حداقل درصد مشخصی از دانه ها دارای یک یا چند وجه شکسته باشند.

## تقسیم‌بندی سنگدانه از لحاظ شکل



## تقسیم‌بندی سنگدانه از لحاظ شکل

شکل و بافت سطحی مصالح سنگی درشت دانه نیز بر کیفیت بتن موثر است. از این لحاظ می‌توان مصالح را بصورت زیر رده بندی نمود:

الف. مصالح گردگوشه که کاملاً توسط آب در معرض فرسایش بوده و گرد گوشه شده باشند. مثل شن رودخانه ای و دریایی.

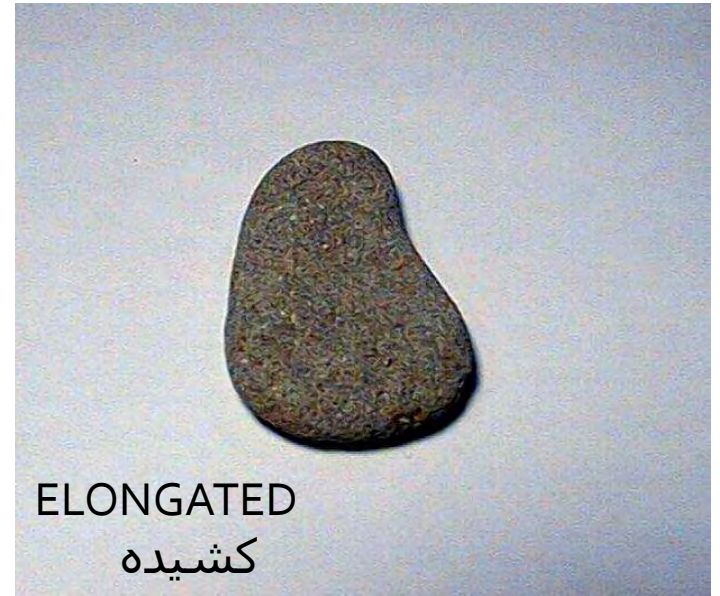
ب. مصالح تیز گوشه که دارای لبه های کاملاً مشخص در محل برخورد سطوح جانبی مختلف با یکدیگر هستند، مثل سنگهای شکسته و سنگهای گدازه ای.

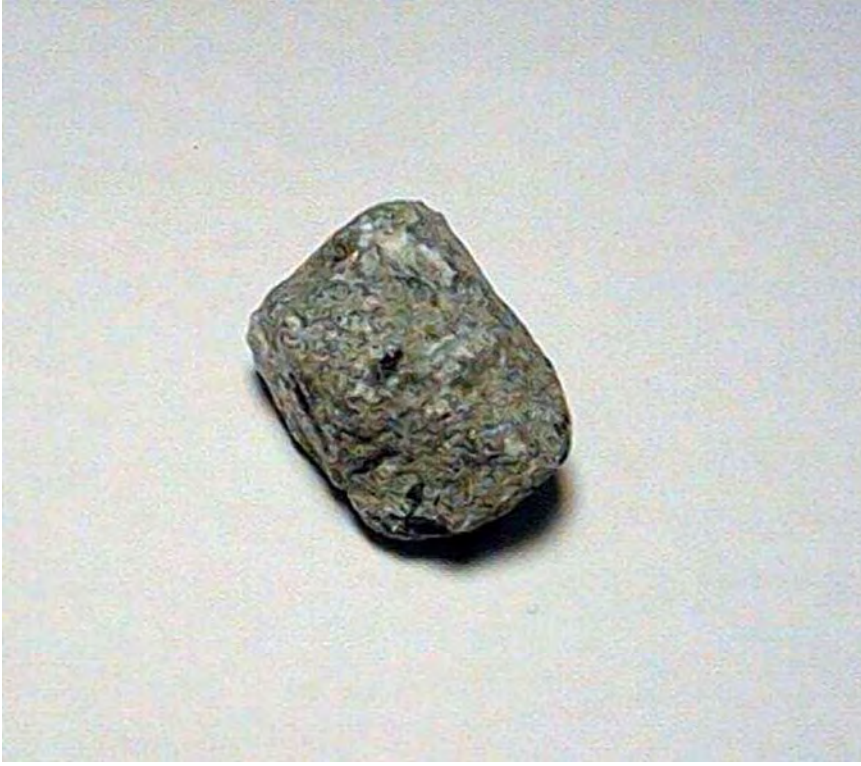
پ. مصالح پولکی که ضخامت آنها نسبت به دو بعد دیگرشان بسیار کم است، مثل سنگهای متورق شده.

ت. مصالح سوزنی که طول آنها نسبت به دو بعد دیگرشان بسیار زیاد است.

ث. مصالح پولکی و سوزنی که ضخامت آنها بسیار کمتر از طولشان است. وجود دانه های پولکی و سوزنی بر خواص بتن بخصوص بر تراکم و کارایی و مقاومت آن تاثیرگذار است.







زبر



نرم

## منابع سنگ دانه ها

سنگ دانه های بتن معمولی بر اساس تعریف های قبلی و بسته به منبع تهیه آنها، در گروه های اصلی زیر طبقه بندی می شوند:

منابع ماسه، شن و شن شکسته  
شن و ماسه محصول فرسایش سنگ مادر هستند و معمولاً طی اعصار متمادی بر اثر عبور آب جاری، شسته و رده بندی شده اند.  
تپه های ماسه بادی و مناطق بادرفت معمولاً مورد نظر متخصصان بتن نیستند. منشأ تخته سنگ ها و قلوه سنگ هایی که نتیجه آنها شن شکسته است هم مشابه است اما به دلیل مقاومت ذاتی بالاتر آنها در ابعاد بزرگتری هستند.

منابع سنگ شکسته  
در ابتدا از معدن استخراج می گردد. سنگ بستر در مناطق بسیاری به شکل بیرون زدگی های کوچک با لایه های نازک خاک روی آن که استخراج آن اقتصادی باشد و یا کوه ها، یافت می شود.

روباره آهن گذاری در هوا سرد شده  
روباره آهن گذاری محصول فرعی کوره آهن گذاری می باشد و لذا تنها در مناطقی که آهن خام تولید می شود، یافت می گردد.



## طبقه بندی سنگدانه ها بر اساس منشأ:

1. آذرین: با سرد شدن مواد مذاب شکل می گیرد (بیشترین مقاومت)

2. رسوبی: از انباشته شدن رسوبات در آب بوسیله باد تشکیل می شود.

3. دگرگونی: حاصل از حرارت یا فشار ممتد طی دوره های زمین شناسی می

تواند یک نوع سنگ را به نوع دیگر تبدیل می کند.



**آذرین:** دو دسته هستند،

درونی(درشت دانه) مانند: گرانیت، دیوریت

بیرونی(ریزدانه) مانند: شیشه سنگ، پومیس، ریولیت، توف

**رسوبی:** دو دسته هستند،

آهکی مانند: سنگ آهک و دولومیت

سیلیسی مانند: شیل، ماسه سنگ و کنگورومرا

**دگرگونی:** دو دسته هستند،

متورق مانند: گنایت و شیست

غیر متورق مانند: کوارتز و مرمر



# تفاوت سنگدانه ها

شن و ماسه‌ای که به وسیله سنگ شکن‌ها تهیه می‌شود و تیزگوشه بوده و اندازه آن کاملاً مطابق دلخواه تولیدکننده می‌باشد و سطوح آن ناصاف است. در صورتی که سنگدانه‌هایی که به طور طبیعی بدست می‌آید، گرد گوشه بوده و سطوح آن کاملاً صیقلی است. همین امر سبب می‌شود که سنگدانه‌های شکسته به خوبی به سیمان بچسبند اما تحرک و روانی چنین بتنی، از بتنی که به وسیله سنگدانه‌های طبیعی کمابیش صیقلی تهیه می‌شود، کمتر است.

سنگدانه‌های شکسته فاقد گرد و خاک بوده و تمیزتر می‌باشد و یا اگر دارای گرد و خاک باشند با توجه به این‌که این ریزدانه‌ها در اثر شکستن و خرد کردن سنگ به وجود آمده‌اند از جنس خود سنگ بوده و دارای اثرات کمتری روی بتن می‌باشند، در صورتی که سنگدانه‌های طبیعی همیشه با مقداری ریزدانه که در تصور عامه به آن خاک می‌گویند همراه است و اگر این خاک از جنس خاک رس بوده و از مقدار معینی بیشتر باشد در مقاومت بتن تأثیر نامطلوب دارد.

در موقع جا دادن بتن در قالب، سنگدانه طبیعی به علت صیقلی بودن سطوح آن و سر خوردن آن‌ها به روی یکدیگر بهتر و آسان‌تر قالب خود را پر می‌کند. به عبارت دیگر بتن دارای کارایی بهتری است که این مطلب می‌تواند روی مصرف سیمان و همچنین نسبت آب به سیمان تأثیر مطلوب بگذارد، این خاصیت در سنگدانه‌های شکسته که تیز گوش می‌باشند وجود ندارد. خمیر سیمان به دانه‌های تیز گوش بهتر می‌چسبد در صورتی‌که چسبندگی بین خمیر سیمان و دانه‌های گرد گوشه سست‌تر می‌باشد، در نتیجه بتن‌هایی که با سنگدانه‌های تیز گوشه ساخته می‌شود بهتر می‌توانند نیروهای خمشی و فشار را تحمل نمایند.



# دانه بندی مناسب سنگدانه‌ها برای بتن

الف- سطح مخصوص دانه‌ها: هر چه مقدار سنگدانه بیشتر باشد (یا به عبارت دیگر مقدار سیمان مصرفی در بتن کمتر شود)، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر است. اما از طرف دیگر در مخلوط بتن دوغاب سیمان باید به اندازه‌ای موجود باشد که بتواند سطح دانه‌ها را بپوشاند. پس اگر سطح دانه‌ها کمتر شود، میزان سیمان مورد نیاز و آب مصرفی نیز کمتر خواهد بود. اما کم کردن سطح مخصوص (نسبت سطح به حجم) به منظور کم کردن مصرف آب و سیمان، مستلزم تغییر شکل دانه‌ها و استفاده از ذرات درشت‌تر می‌باشد.

ب- حجم نسبی دانه‌ها: اگر چه افزایش حجم سنگدانه مصرفی در بتن مقرون به صرفه‌تر است، اما در صورت ایجاد بتنی با حداکثر حجم ذرات ممکن (و کمترین میزان سیمان لازم برای پر کردن بین ذرات) عملاً ترکیبی با کارایی کم تولید شده است. بنابراین در صورتیکه سیمان بیش از حداقل مقدار لازم برای تر کردن دانه‌ها باشد، موجب افزایش کارایی بتن خواهد شد.

# دانه بندی مناسب سنگدانه‌ها برای بتن

ج- تمایل به جدایی در دانه‌ها: اگر چه برای پر کردن فضای خالی بین ذرات درشت وجود ذرات ریزتر لازم است، اما نگهداری این ذرات در این فضاهای خالی کاری مشکل است که توسط سیمان (ماده چسباننده) صورت می‌پذیرد.

د- میزان درصد ریزدانه‌ها: دیگر عامل مهم و اثرگذار بر عملکرد بتن وجود مصالح ریزتر از ۳۰۰ میکرون است. این مصالح می‌توانند شامل سنگدانه‌ها، سیمان و دیگر پرکننده‌های مصرفی باشند.

یکی دیگر از عوامل مؤثر در دوام بتن خصوصیات سنگدانه‌ها است و بطور کلی استفاده از سنگدانه‌های با دوام و سالم که بطور مناسبی انتخاب، آزمایش و کنترل کیفیت شده‌اند باید بعنوان یک اصل مهم در تولید بتن قرار گیرد.

# مقاومت سنگدانه‌ها در برابر حملات اسیدی

از نکات مهم دیگر برای استفاده از سنگدانه‌ها، مقاومت سنگدانه‌ها در برابر حملات اسیدی می‌باشد. سنگدانه‌های سیلیسی مانند گرانیت، کوارتزیت در برابر حمله اسیدها مقاوم هستند، اما سنگدانه‌های کربناتی مانند سنگ آهک و دولومیت در بسیاری موارد با اسیدها واکنش نشان می‌دهند.

نتایج حاصله از انجام بعضی تحقیقات کاربردی نشان داده شده است که در شرایطی که تهاجم ناشی از فاضلاب چندان شدید نباشد، حتی استفاده از سنگدانه‌های کربناتی ممکن است پایداری در برابر تهاجم را افزایش دهد. زیرا در این شرایط اسیدهای فاضلاب بطور یکنواخت به تمام سطح بتن حمله می‌کنند و در این صورت جداشدگی دانه‌ها به علت انحلال خمیر سیمان اتفاق نمی‌افتد.

از سوی دیگر، تحقیقات نشان می‌دهد که هر چه نسبت سنگدانه به سیمان در بتن بیشتر باشد، مقاومت بتن در برابر اسید افزایش می‌یابد، چرا که در حجم ثابتی از بتن با افزایش مقدار سنگدانه حجم کمتری برای خمیر سیمان که آسیب‌پذیرترین جزء بتن است، باقی می‌ماند.

# مواد زیان آور در سنگدانه ها

مواد زیان آور در بتن در بعضی از شرایط محیطی می تواند موجب تغییرات حجمی زیاد و در نتیجه گسیختگی سطح بتن شود و یا در اثر ایجاد تنش های داخلی زیاد باعث ترک خوردگی شود و به انسجام سازه ای بتن آسیب برساند.

مواد زایدی که غالباً در مصالح سنگی وجود دارد؛ عبارتند از : خاک، لای، رس، سیلیس، املاح و فضولات و مواد آلی، کلرید ها، سولفات ها، میکا، زغال سنگ، لیگنیت و... بسیاری از این مواد را می توان با شستن خارج ساخت.

با افزایش میزان هوا زدگی سنگدانه ها، مقاومت آنها کاهش و تخلخل آن ها افزایش می یابد که در نتیجه باعث کاهش خصوصیات مطلوب بتن ساخته شده از آن ها می شود.

خواص مکانیکی سنگدانه ها تاثیر عمده ای بر مقاومت بتن داشته و انجام آزمایش های مقاومت بر روی سنگدانه ها برای اکتشاف منابع شن و ماسه در اولویت قرار دارد.

# حداکثر میزان مجاز مواد زیان آور در سنگدانه های ریز

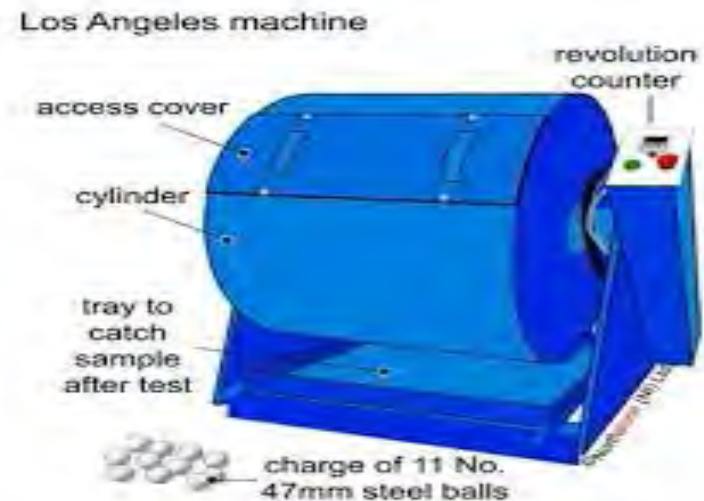
ردیف	ماده زیان آور	حداکثر وزنی ماده زیان آور نسبت به کل نمونه	آزمایش طبق استاندارد ملی ایران
۱	کلوخ‌های رسی و ذرات سست	۳	-
۲	ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (رد شده از الک نمیره ۲۰۰) حاوی رس یا شیل	۳	۴۴۶
		۵	۴۴۶
۳	ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (رد شده از الک نمیره ۲۰۰) فاقد رس یا شیل	۵	۴۴۶
		۷	۴۴۶
۴	زغال سنگ و لیگنیت	۰/۵	-
		۱	-
۵	میکا	۱	-
۶	سولفات‌های محلول در آب برحسب $S_0.3$	۰/۴	-
۷	کلریدهای محلول در آب برحسب Cl	۰/۰۴	-

# استاندارد ها

## ویژگی ها

سنگدانه های مورد استفاده در بتن باید با ویژگی های استاندارد ملی ایران شماره 302 مطابقت داشته باشند. مواد زیان آور، شامل کلوخه های رسی و ذرات سست، مواد ریزتر از الک 75 میکرون (لس آنجلس)، سولفات های محلول در آب و کلرید های محلول در آب در شمار الزامات اجباری است و از حدود اعلام شده در استاندارد ویژگی سنگدانه بتن نباید بیشتر باشد.

در مورد سنگدانه های ریز و درشت باید الزامات دانه بندی شرح داده شده در استاندارد ملی ایران شماره 302 رعایت گردد. مدول نرمی سنگدانه ریز جزو الزامات اختیاری و بین 2.3 تا 3.1 است.





دانه بندی و سایر ویژگی های سبکدانه های مورد نظر برای استفاده در بتن سازه ای بایستی با الزامات استاندارد ملی ایران شماره 4985 مطابقت داشته باشد. برخی از الزامات در جدول های مورد نظر ارائه گردیده است.

کل مقدار کلوخه های رسی و ذرات خرد شونده نباید از 2 درصد وزنی سبکدانه خشک بیشتر باشد. جمع شدگی در اثر خنک شدن آزمون های بتنی که طبق استاندارد ملی ایران شماره 4985 تعیین می شود باید از 0.07 درصد کمتر باشد. افت وزن در اثر سرخ شدن سبک دانه نباید از 5 درصد تجاوز کند.

مشخصات سنگدانه های بازیافتی با جرم مخصوص مشخص که برای ساخت بتن غیر سازه ای و ملات مورد استفاده قرار می گیرند باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره 13170 باشد.

لازم است که الزامات استاندارد ایران شماره 1-14875 برای سبکدانه های مورد استفاده در بتن، ملات و گروت رعایت شود.

مشخصات سبکدانه های مورد استفاده در بلوک های بنایی بتن باید مطابق با استاندارد ملی ایران شماره 7657 باشد.

ویژگی سنگدانه های سبک مورد استفاده در بتن های عایق بایستی منطبق با استاندارد ملی ایران به شماره 14422 باشد. بتن عایق ساخته شده از سنگدانه های سبک بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره 14422 باید دارای مشخصات ارائه شده باشد که در جداول مورد نظر ذکر شده است.

در مواردی که احتمال واکنش قلیائی-سیلیسی سنگدانه ها وجود دارد، برای کنترل سنگدانه از روش استاندارد ملی ایران به شماره 8149 و یا دیگر استاندارد های ملی تعیین شده در این زمینه استفاده گردد.

# مقاومت سازه ای سنگدانه ها

بتن با مقاومت بالا را نمی توان با سنگدانه دارای ساختار ضعیف، ساخت. برای نمونه، مقاومت فشاری 28 روزه بتن عایق بندی که حاوی سنگدانه ورمیکولیت که خود ماده ای نرم و شکننده است، از 5/25 Mpa تجاوز نمی کند در حالی که مقاومت بتن با نسبت بندی و عمل آوری دقیق حاوی سنگ آهک پر مقاومت شکسته، سنگ آذرین سیاه شکسته یا شن کوارتزیتی از 70 Mpa فراتر می رود. علیرغم رابطه تقریباً واضح بین مقاومت بتن و مقاومت سنگدانه، حداقل در موارد بسیاری عوامل دیگری نظیر شکل دانه، بافت سطحی، دانه بندی و نسبت آب به سیمان بتن، ارزیابی دقیق سهم مقاومت سازه ای سنگدانه را به تنهایی ناممکن می سازد.

در مواردی که استاندارد ملی ایران برای آزمون مربوط وجود ندارد، این آزمون ها باید مطابق با یکی از استانداردهای معتبر بین المللی انجام شود. اگر مقدار سولفات محلول در آب موجود در سنگدانه های ریز، بیش از مقدار مندرج در ردیف 6 باشد، مصرف آن به شرطی مجاز است که مقدار سولفات محلول در آب موجود در کل سنگدانه ریز و درشت از حداکثر مجاز کمتر باشد. اگر مقدار کلرید محلول در آب موجود در سنگدانه ریز، بیش از مقدار مندرج در ردیف 7 باشد، مصرف آن به شرطی مجاز است که مقدار کلرید محلول در آب موجود در کل سنگدانه ریز و درشت از حداکثر مجاز کمتر باشد.

# حداکثر میزان مجاز مواد زیان آور در سنگدانه های درشت

در مواردی که استاندارد ملی ایران برای آزمون مربوط وجد ندارد این آزمون ها باید مطابق با یکی از استانداردهای معتبر بین المللی انجام شود. اگر مقدار سولفات محلول در آب موجود در سنگدانه ریز بیش از مقدار مندرج در **ردیف 5** باشد مصرف آن به شرطی مجاز است که مقدار سولفات محلول در آب موجود در کل سنگدانه ریز ودرشت از حداکثر مجاز کمتر باشد. اگر مقدار کلرید محلول در آب موجود در سنگدانه ریز بیش از مقدار مندرج در **ردیف 6** باشد مصرف آن به شرطی مجاز است که مقدار کلراید محلول در آب موجود در کل سنگدانه ریز و درشت از حداکثر مجاز کمتر باشد.

ردیف	ماده زیان آور	حداکثر وزنی ماده زیان آور نسبت به کل نمونه	شماره استاندارد ملی ایران برای روش آزمون مربوطه
۱	کلوخه های رسی و ذرات سست	۵	-
۲	ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (رد شده از الک نمره ۲۰۰) حاوی رس یا شیل	۱	۴۴۶
۳	ذرات ریزتر از ۷۵ میکرون (رد شده از الک نمره ۲۰۰) فاقد رس یا شیل	۱/۵	۴۴۶
۴	زغال سنگ و لیگنیت	۰/۵	-
	نمای ظاهری بتن اهمیت دارد.	۱	-
۵	سولفات های محلول در آب برحسب $S_{O_4}$	۰/۴	-
۶	کلریدهای محلول در آب برحسب $Cl$	۰/۰۴	-

# حداکثر میزان مجاز دانه های پولکی و سوزنی در سنگدانه های درشت مصرفی در بتن

ردیف	شرح	حداکثر درصد وزنی سنگدانه سوزنی یا پولکی نسبت به کل نمونه
۱	دانه های پولکی موجود در سنگدانه های مانده بر روی الک ۶/۳ میلی متر	۳۰
۲	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۹/۵ میلی متر	۴۵
۳	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۱۲/۵ میلی متر	۴۵
۴	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۱۹ میلی متر	۴۰
۵	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۲۵ میلی متر	۴۰
۶	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۳۸ میلی متر	۴۰
۷	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۵۰ میلی متر	۳۵
۸	دانه های پولکی و سوزنی موجود در سنگدانه های با حداکثر اندازه ۶۳ میلی متر	۳۵

\* تا زمان تدوین استاندارد ملی ایران در این زمینه، آزمون مربوطه باید مطابق با یک استاندارد معتبر بین المللی انجام شود.

## برخی از مشخصات الزامی سنگدانه های مصرفی در بتن

ردیف	شرح	نوع سنگدانه	حد اکثر مقدار مجاز	حداقل مقدار مجاز	آزمایش طبق استاندارد ملی ایران
۱	میزان کاهش وزن در آزمایش لس آنجلس (درصد)	شن	۵۰	-	۴۴۸
۲	میزان افت وزنی در آزمایش سلامت با سولفات سدیم (درصد)	شن	۱۲	-	۴۴۹
۳	میزان افت وزنی در آزمایش سلامت با سولفات سدیم (درصد)	ماسه	۱۰	-	۴۴۹
۴	میزان افت وزنی در آزمایش سلامت با سولفات منیزیم (درصد)	شن	۱۸	-	۴۴۹
۵	میزان افت وزنی در آزمایش سلامت با سولفات منیزیم (درصد)	ماسه	۱۲	-	۴۴۹

## ضوابط الزامی دانه بندی سنگدانه های ریز مصرفی بتن

درصد وزنی رد شده از الک	اندازه الک (mm)	ردیف
۱۰۰	۹/۵۰	۱
۸۹-۱۰۰	۴/۷۵	۲
۶۰-۱۰۰	۲/۳۶	۳
۳۰-۹۰	۱/۱۸	۴
۱۵-۵۴	۰/۶	۵
۵-۴۰	۰/۳	۶
۰-۱۵	۰/۱۵	۷



## ضوابط الزامی دانه بندی سنگدانه های درشت مصرفی در بتن

اعداد داخل جدول درصد وزنی مصالح سنگی رد شده از الکها را نشان می دهند									اندازه اسمی الکها (یا بعد چشمه مربع (mm)	ردیف
۲/۳۶ mm	۴/۷۵ mm	۹/۵ mm	۱۲/۵ mm	۱۹ mm	۲۵ mm	۳۷/۵ mm	۵۰ mm	۶۳ mm		
-	-	-	۰-۵	-	۰-۱۵	۲۵-۷۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	۵۰ تا ۲۵	۱
-	۰-۵	-	۱۰-۳۰	-	۲۵-۷۰	-	۹۵-۱۰۰	۱۰۰	۵۰ تا ۴/۷۵	۲
-	-	۰-۵	-	۰-۱۵	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	۳۷/۵ تا ۱۹	۳
-	۰-۵	۱۰-۳۰	-	۲۵-۷۰	-	۹۵-۱۰۰	۱۰۰	-	۳۷/۵ تا ۴/۷۵	۴
-	-	۰-۵	۰-۱۰	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	۲۵ تا ۱۲/۵	۵
-	۰-۵	۰-۱۵	۱۰-۴۰	۴۰-۸۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	۲۵ تا ۹/۵	۶
۰-۵	۰-۱۰	-	۲۵-۶۰	-	۹۵-۱۰۰	۱۰۰	-	-	۲۵ تا ۴/۷۵	۷
-	۰-۵	۰-۱۵	۲۰-۵۵	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	-	۱۹ تا ۹/۵	۸
۰-۵	۰-۱۰	۲۰-۵۵	-	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	-	۱۹ تا ۴/۷۵	۹
۰-۵	۰-۱۵	۴۰-۷۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	-	-	۱۲/۵ تا ۴/۷۵	۱۰

# ویژگی فیزیکی و مکانیکی الزامی نمونه های بتن سازه ای با سنگدانه های سبک

ردیف	نوع سنگدانه‌ها	حداکثر مقدار میانگین جرم مخصوص (کیلوگرم بر مترمکعب) *	حداقل میانگین مقاومت فشاری ۲۸ روزه، مگاپاسکال	حداقل میانگین مقاومت کششی ۲۸ روزه، مگاپاسکال **
۱	تمامی سنگدانه‌ها سبکدانه هستند.	۱۷۶۰	۲۸	۲/۲
۲		۱۶۸۰	۲۱	۲/۱
۳		۱۶۰۰	۱۷	۲/۰
۴	سنگدانه‌ها، شامل	۱۸۴۰	۲۸	۲/۳
۵	سنگدانه‌های سبک	۱۷۶۰	۲۱	۲/۱
۶	و ماسه هستند.	۱۶۸۰	۱۷	۲/۱

\* حداکثر مقدار میانگین جرم مخصوص سه نمونه بتنی ۲۸ روزه خشک شده در هوا (کیلوگرم بر مترمکعب)

\*\* مقدار میانگین مقاومت کششی در آزمایش دوتیم شدن برای هشت نمونه بتنی ۲۸ روزه (مگاپاسکال)

# ضوابط الزامی دانه بندی سنگدانه های سبک مصرفی در بتن سازه ای

اندازه اسمی mm	۰/۱۵ mm	۰/۳ mm	۱/۱۸ mm	۲/۳۶ mm	۴/۷۵ mm	۹/۵ mm	۱۲/۵ mm	۱۹ mm	۲۵ mm	
سنگدانه ریز ۰-۴/۷۵	-	۵-۲۵	۱۰-۳۵	۴۰-۸۰	۸۵-۱۰۰	۱۰۰	-	-	-	
سنگدانه درشت ۴/۷۵-۲۵	۰-۱۰	-	-	-	۰-۱۰	-	۲۵-۶۰	-	۹۵-۱۰۰	
۴/۷۵-۱۹	۰-۱۰	-	-	-	۰-۱۵	۱۰-۵۰	-	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	
۴/۷۵-۱۲/۵	۰-۱۰	-	-	۰-۱۰	۰-۲۰	۴۰-۸۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	
۲/۳۶-۹/۵	۰-۱۰	-	-	۰-۱۰	۰-۲۰	۸۰-۱۰۰	۱۰۰	-	-	
مخلوط سنگدانه های ریز و درشت										
۰-۱۲/۵	۰-۱۰	۲-۱۵	۵-۲۰	-	۵۰-۸۰	-	۹۵-۱۰۰	۱۰۰	-	
۰-۹/۵	۰-۱۰	۵-۱۵	۱۰-۳۵	-	۲۵-۶۵	۶۵-۹۰	۹۰-۱۰۰	۱۰۰	-	

## خواص بتن عایق ساخته شده از سبکدانه ها

حداکثر ضریب میانگین هدایت حرارتی (W/m.K)	حداکثر میانگین جرم مخصوص نمونه ۲۸ روزه خشک شده (کیلوگرم بر مترمکعب)
۰/۲۲	۸۰۰
۰/۴۳	۱۴۴۰

# اکتشاف

اکتشاف مصالح مناسبی که به عنوان سنگدانه بتن مورد استفاده قرار گیرد از راه های مختلفی بسته به میزان مصالح مورد نیاز و محل و اطلاعات موجود یا قابل دسترسی انجام می شود.

اکتشاف ها به 3 شکل صورت میگیرد:

1. **نقشه ها و برداشت های زمین شناسی موجود:** اطلاعات بسیار مفیدی در مورد مکان منابع ذخیره سنگدانه ها در این مورد بررسی می شود.
2. **برداشت های هوایی**
3. **شناسایی ژئوفیزیکی:** ابزار های قابل حملی موجودند که در صورتی که با دانش تکمیلی مورد استفاده قرار گیرند، اطلاعات مفیدی را در اختیار کاوشگر سنگدانه های معدنی قرار می دهند.



## نمونه گیری از منابع سنگدانه اکتشافی

پس از اینکه معادن منبع ذخیره سنگدانه مشخص گردید، برای اقتصادی کردن عملیات بایستی کیفیت و اندازه سنگ ها مورد بررسی قرار گیرد، به 2 دلیل:

1. مکتشفین اطمینان حاصل کنند که توده از وسعت کافی برخوردار می باشد و حاوی اندازه های مورد نیاز سنگدانه است.

2. تعیین اینکه اگر توده حاوی سنگدانه ها به نحو مناسب فرآوری گردد، آیا مشخصات کیفی مورد نظر مصرف کنندگان عمده بازار را برآورده خواهند نمود.

معدنی که یک بار بطور کامل استخراج شده اند یا سنگ نمایان در مناطق کوهستانی، منابع بالقوه سنگدانه های بتن می باشند که در این موارد، نمونه بایستی از وجوه نمایان گرفته شود.

## نمونه گیری از سنگدانه فرآوری شده

برای نمونه گیری دستورات عمل های عمومی که در روش نمونه گیری از سنگدانه ها (ASTM D75) ارائه شده اند، فرا گرفته شوند. نمونه گیری باید توسط افراد دارای دانش تخصصی در مورد میزان مصالح مورد نیاز جهت آزمایش و آگاه از نتایج اشتباه که می تواند از نمونه گیری نامناسب حاصل گردد، انجام شود.

**1. نمونه گیری حین تولید:** که چندین مزیت دارد، الف) تولید کننده مستقیماً از کیفیت محصول آگاه می شوند. ب) اقدامات اصلاحی قبل از تولید مقادیری زیاد سنگدانه صورت می گیرد و ...

**2. نمونه برداری پس از تولید:** از این حیث که به بهترین نحو معرف سنگدانه ای است که واقعاً در بتن مصرف می شود، مزایای زیادی دارد. **مثلاً، احتمال آلودگی، جداشدگی اندازه ها و یا تولید ریزدانه ها حین حمل بررسی می گردد.**

**3. شناسایی نمونه ها:** به افراد نمونه گیر باید یاد داد که به منظور شناسایی نمونه، فرمی که جهت شناسایی نمونه ها ارائه می گردد را با دقت زیاد تکمیل کنند.



# فرآوری سنگدانه ها

فرآوری محصول خام استخراج شده از معادن سنگ به سنگدانه قابل استفاده در بتن می تواند فرآیند بسیار ساده یا وابسته به عوامل متعددی باشد. دلایل استفاده از تجهیزات و ماشین آلات فرآوری ویژه توسط بهره بردار در استخراج و آماده سازی توده معدنی با توجه به مواردی از جمله تغییرات توده معدنی، مهارت کاربران، تنوع ماشین آلات بین سازندگان مختلف و بسیاری از عوامل نا متعارف دیگر قابل آنالیز دقیق مهندسی نیست. اغلب اوقات ملاحظات اقتصادی، دست اندر کاران را به سوی استفاده از تجهیزات و ماشین آلات ساده تر سوق می دهد تا میزان سرمایه گذاری را کاهش دهند.



## روباره برداری



قبل از آغاز حفاری بایستی روباره که شامل پوشش گیاهی، درختان، خاک زراعتی، رس و ... می باشد را تا رسیدن به مصالح مورد نظر برداشت. اصولاً بین فرآوری سنگ بستر یا توده های دانه در دست بهره برداری تفاوتی وجود ندارد.



روباره برداری بایستی بگونه ای انجام شود که نیاز به جابجایی مجدد مواد نباشد. بیل های مکانیکی یا بیل های کششی کابل دار اغلب جهت بارگیری کامیون ها مورد استفاده قرار می گیرند و کامیون ها مواد را درون بخش های استخراج شده گودال معدن روباز تخلیه می کنند.

## آتش باری در معادن سنگ

در ابتدا بیشتر سنگ ها در معدن روباز بوسیله آتش باری مواد منفجره به قطعات کوچکتر خرد می شوند تا پس از آن در مراحل سنگ شکنی قابل استفاده قرار گیرند. فاصله چال ها و نوع ماده منفجره باید با توجه به سختی سنگ معدن انتخاب گردد. رعایت چند نکته:

1. انرژی انفجار از انبساط سریع گاز های تحت فشار نشات می گیرد پس لذا استفاده مواد منفجره قویتر در **ته چال** نیز نتیجه بهتری دارد .
2. حفر چال هایی با قطر و فواصل نزدیکتر به فاصله معینی عقب تر از **سینه کار** یا **لایه فوقانی** موجب حصول بهترین نتیجه می شود.
3. در سنگ های سخت تر، چال ها بایستی در فواصل نزدیکتری حفر گردند.
4. هرچه سینه کار بیشتر باشد، می توان چال ها را با فواصل بیشتری حفر نمود، حدود 3 m تا 9m متداول است.

# استخراج

استخراج شن و ماسه توسط آلات مختلفی از جمله لودر، بیل مکانیکی و هیدرولیکی و دراگ لاین، حفاری های هیدرولیکی، اسکرپور و غیره انجام می پذیرد. بیل های مکانیکی نیز بمنظور برداشت مصالح سطحی بکار می روند. برای استخراج معادن با عمق زیاد دیگر بیلها مناسب نبوده و از دراگ لاین استفاده می شود.

ماشینهای حفار هیدرولیکی با استفاده از مکنده های بسیار قوی که شن و ماسه کف دریاچه را برداشته و در محل مناسب تخلیه می کنند. آب مکیده شده از طرف دیگر به داخل دریاچه بازگردانده می شود.





## استخراج به سه روش مهم صورت می گیرد:

**بیل های مکانیکی:** سنگ های شکسته شده ناشی از آتشباری سینه کار معدن معمولاً به وسیله بیل های مکانیکی با جام به ظرفیت بین 75/0 متر مکعب تا 5/7 متر مکعب برداشته می شوند.

**بیل های کششی کابلی:** امروزه بیل های کششی کابلی با بازو های بلند تر و جام های بارگیر بزرگتر موجودند و بازو هایی بطول 36 m و جام های 11 متر مکعب غیر معمول نمی باشند.

**استخراج هیدرولیکی:** تجهیزات لایروبی بر روی یک شناور یا کشتی نصب شده و مواد برداشت شده اغلب جهت فرآوری به ساحل پمپاژ می شود یا در بعضی موارد شناور های مجاور که دارای تجهیزات فرآوری هستند، این عملیات را انجام می دهند.





## ایمنی، بهداشت و ملاحظات زیست محیطی

مصالح سنگی را نباید از سواحل دریاها و رودخانه ها تهیه کرد. برای حفظ محیط زیست، لازم است از ذخایر مخلوط رودخانه های متروک و منابع کوهی استفاده شود. در فرآیند تولید، باید از انتشار گرد و خاک زیاد در کارگاه تولید سنگدانه جلوگیری شود. یکی از روش های جلوگیری از آن آب پاشی بر روی سرند اول این کارگاه ها است.

در صورت مطابقت مشخصه های سنگدانه شکسته بازیافتی از آوار های ساختمانی با ویژگی های استاندارد سنگدانه می توان برای کمک به حفظ محیط زیست، در ساخت بتن، از آنها به جای بخشی از سنگدانه طبیعی (با طرح اختلاط مناسب) استفاده کرد.

## آلودگی های سنگدانه

سنگدانه ها باید سالم و عاری از آلودگی مواد زیان آور و مواد آلی باشند. سنگدانه های رسی و سنگدانه های دیگر با وزن مخصوص کم و همچنین ذرات سست مانند کلوخه های خاک رس، چوب و زغال جزء مواد ناسالم محسوب می شوند، زیرا سبب گسیخته شدن و پوسته شدن بتن می گردند و در مقاومت بتن اثر نامطلوب می گذارند و در سفت شدن بتن اختلال ایجاد می کند.



ماسه‌ای که از دریا و یا حاشیه رودخانه استخراج می‌شود حاوی املاح زیادی خواهد بود و باید قبل از مصرف، عملیاتی بر روی آن صورت گیرد. ساده‌ترین عمل آن است که این نوع ماسه با آب شستشو شوند، اما در مورد لایه‌هایی که درست در بالای سطح مد قرار گرفته‌اند و ممکن است مقدار املاح آن‌ها در بعضی مواقع بیش از **6 درصد** وزن ماسه باشد، دقت به خصوص لازم است. به طور کلی ماسه‌ای که از بستر دریا استخراج شده و حتی با آب دریا شستشو شده باشد حاوی مقادیر زیان‌آوری املاح نیز خواهد بود. اگر املاح ماسه خارج نگردد از هوا رطوبت جذب نموده و سبب ایجاد سفیدک می‌شود و همچنین ممکن است آرماتورهای داخل بتن نیز دچار خوردگی شوند.

ممکن است سنگدانه‌های درشت که از دریا استخراج شده حاوی مقدار زیادی صدف باشد، این امر اثر نامطلوبی بر مقاومت نخواهد داشت اما کارایی بتن ساخته شده قدری کاهش می‌یابد.

مقدار مواد مضر موجود در شن که برای ساختن بتن و بتن مسلح بکار برده می‌شود نباید بیش از مقادیر ذکر شده در جدول زیر باشد.

مقادیر در صدوزنی مجاز	مواد مضر
25/0	کلوخه گل
5	دانه‌های نرم
1	انواع سنگ‌های نرمی که بصورت ناخالص برای کارهای پس از 5 بار آزمایش مقاومت در برابر عوامل پراهمیت

- ماسه‌ای که جهت تهیه بتن به کار می‌رود نبایستی میزان خاک رس و سیلت آن از 5 درصد وزنی بیشتر باشد. زیرا مهم‌ترین ماده مضر همراه با ماسه، خاک رس است که ذرات ماسه را به صورت پوششی فرا می‌گیرد. وجود خاک‌رس در اطراف دانه ماسه سبب کاهش چسبندگی آن با سیمان و در نتیجه کاهش مقاومت بتن می‌شود. برای اندازه‌گیری میزان خاک رس ماسه می‌توان قسمتی از آنرا به دقت وزن کرد و پس از شستشو مجدداً وزن کرد. کاهش وزن ماسه شسته شده، نمایشگر میزان خاک رس آن است .
- از جمله مواد مضر دیگری که معمولاً همراه ماسه است، ترکیبات سولفور و سولفوریک است که سبب خوردگی بتن می‌شوند. میزان این مواد نبایستی از 1درصد وزنی ( بر حسب  $SO_3$  ) تجاوز کند.

در مورد شن شکسته اگر از الك 74 میکرونی ریزتر باشد ولی دارای کلوخه گل نباشد درصد مذکور در جدول فوق 5/1 محسوب خواهد شد .

شنی که برای تهیه بتنی به کار می‌رود که در معرض جریان آب و رطوبت مداوم هوا یا زمین نمناک قرار می‌گیرد نباید دارای موادی باشد که واکنش بد در مقابل مواد قلیایی سیمان دارند چنان‌که باعث انبساط بیش از حد ملات یا بتن گردد. در مواردی که چنین موادی در شن وجود دارد شن در صورتی قابل مصرف است که یا با سیمانی که مواد قلیایی آن کمتر از 6/0 درصد است به مصرف برسد و یا با موادی مخلوط گردد که از انبساط بیش از حد بتن چنان‌که ذکر شد جلوگیری کند. شنی که برای بتن به کار می‌رود نبایستی بیش از 1 درصد وزنی ناخالصی‌هایی نظیر رس، سیلت و گرد و غبار داشته باشد.

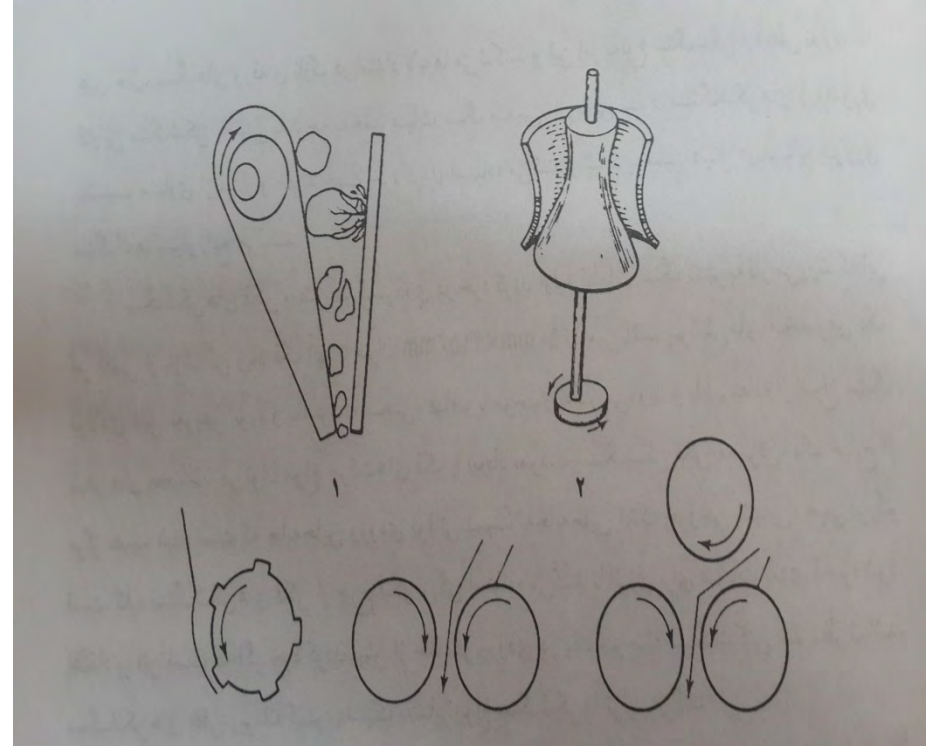
# سازگاری

کاربرد سنگدانه های واکنش زا با سیمان های دارای قلیایی زیاد، به ویژه در پروژه های مهم و آبی مجاز نیست. سنگدانه های مورد نیاز در ساخت بتنی که در معرض رطوبت یا در تماس مداوم با زمین مرطوب یا در شرایط جوی رطوبت زا قرار خواهد گرفت، نباید دارای موادی باشد که با قلیایی های سیمان موجب واکنش زیان بخش و انبساط شدید ملات یا بتن شود. اما اگر مقدار زیادی از این مواد در سنگدانه وجود داشته باشد استفاده از سنگدانه ریز مجاز است به شرطی که نشان داده شود که استفاده از سیمان حاوی کمتر از 0.06 درصد قلیایی ها یا افزودن یک ماده مانع انبساط مضر حاصل از واکنش قلیایی سنگدانه خواهد شد.

## سنگ شکنی

عملا تمامی سنگ های استخراج شده روباره و اندازه های بزرگ در معدن شن بایستی به اندازه های قابل استفاده در بتن خرد شوند، چنین خرد کردنی به وسیله انواع مختلفی از ماشین آلات سنگ شکنی ساخته شده انجام می شود که انواع آن به شرح زیر است:

1. فکی
2. مخروطی
3. استوانه ای غلتکی (یک غلتکی، دو غلتکی یا سه غلتکی)
4. چکشی
5. ضربه ای







ماسه شور  
Sandwashing Machine



سرنند  
Screening Machine



فیدر  
Vibrating Feeder



هیدروکن  
Hydrocone Crusher



سنگ شکن فکی  
Jaw Crusher



ماسه ساز خرگوشی  
Cone Crusher



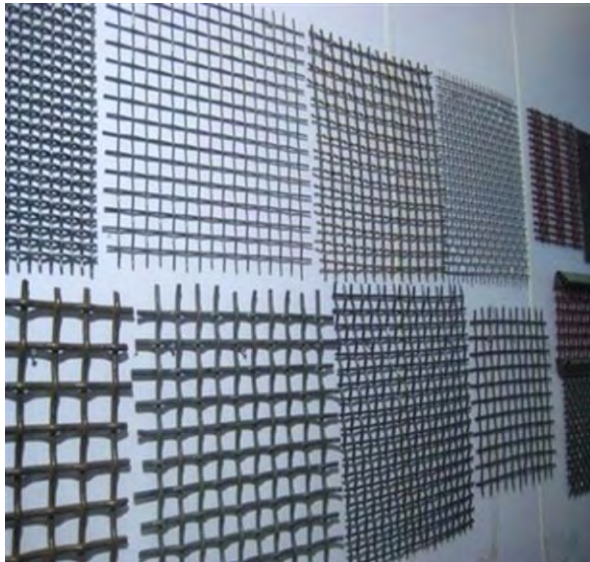
سنگ شکن کوبیت  
Impact Crusher





## سرنند کردن

سنگدانه های مورد استفاده در بتن بایستی دارای اندازه دانه های مناسب باشند و این امر نیازمند **سرنند کردن** محصول جهت دستیابی به اندازه های مورد نیاز است. جداسازی ذرات درشت سنگدانه بوسیله انواع گوناگون سرنند ها که دارای چشمه های مربعی، گرد، لوزی شکل یا مستطیلی هستند، انجام می پذیرد.



6. مصالح مرطوب خصوصا شن ریز راحت تر از مصالح خشک  
سرنده می شوند، لیکن در صنایع تولید اغلب اوقات سرنده  
کردن به روش خشک صورت می گیرد.

### انواع روش های سرنده کردن

1. گریزلی (سرنده میله ای): وظیفه خردشانه جدا کردن

سنگهای بسیار درشت

2. سرنده های گردان

3. سرنده های تخت

سرنده جداساز:

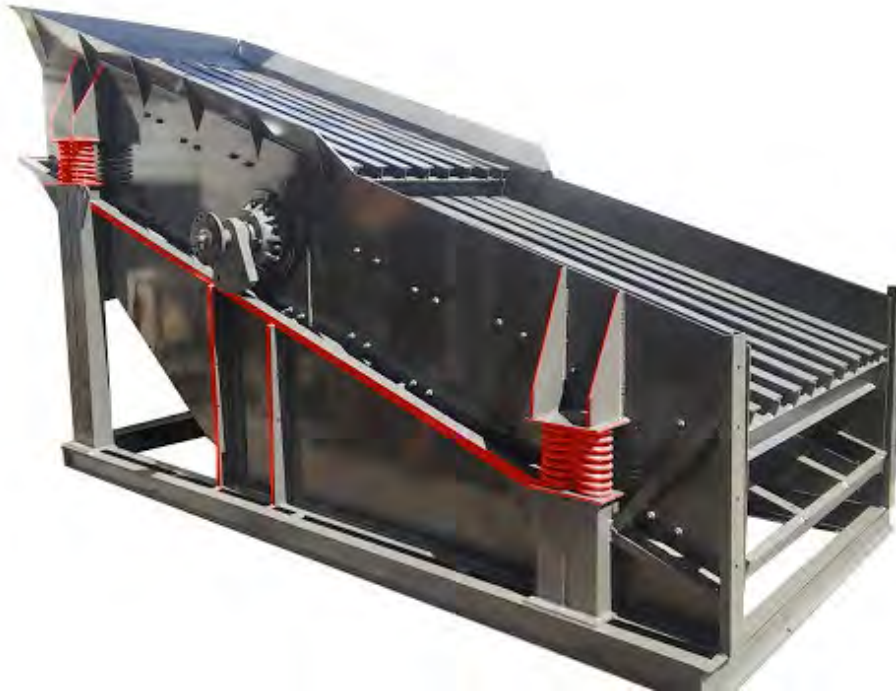
یک یا دو دقیقه بوده و وظیفه آنها جداسازی درشت دانه ها و  
ریزدانه ها از یکدیگر است.

سرنده نهایی:

برای دانه بندی نهایی شن و ماسه بکار می روند.



گریزلی(سرند میله ای): مواد خام استخراج شده از معدن سنگ روباز معمولا به سرند گریزلی وارد می شود. این سرند از میله های موازی تشکیل شده و فاصله بین آنها به گونه ای تنظیم می شود که بزرگترین اندازه سنگی که مستقیما خوراک کارخانه فرآوری را تامین می کند، عبور دهد. بخش مانده روی سرند توسط سنگ شکن تا اندازه مورد نظر خرد می شود. بسته به خواص بار ورودی، میله های سرند ثابت یا لرزان هستند. اگر بار ورودی به آسانی و بدون گیر کردن یا آویزان ماندن بین میله ها عبور کند، نیازی به لرزاندن نمی باشد. گریزلی های شیب دار لرزان همانند تغذیه کنندگان مکانیکی موجود در بازار عمل کرده و مصالح را بصورت یکنواخت پایین می آورند و روی تسمه، سنگ شکن یا سرند پخش می کنند.





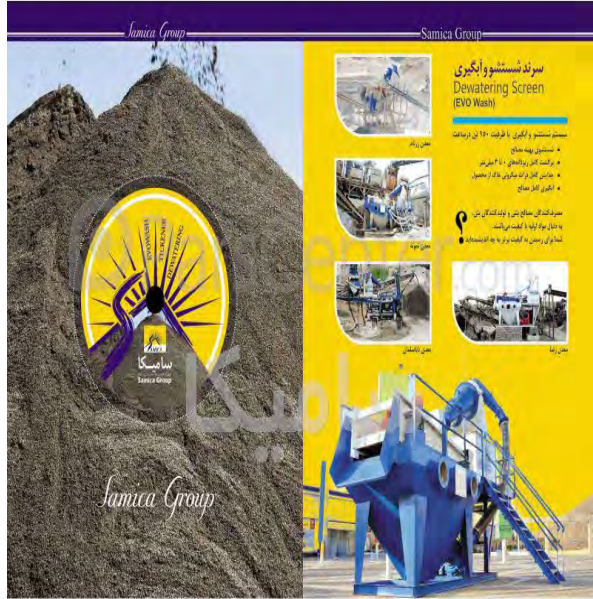
## نکات عمومی:

1. باید به هر ذره عبوری از سنگ که به اندازه کافی کوچک است فرصت عبور داده شود.
2. چنانچه سرند شدیداً لرزانده شود یا شیب آن زیاد باشد، خصوصاً اگر بار سرند نیز کم باشد، ذرات بجای عبور از سرند روی آن بالا و پایین می‌پرند، در حالی که غلتیدن ذرات مورد نظر است.
3. اگر بار سرند بیش از حد باشد و به اندازه کافی نیز لرزانده نشود، سرند کور خواهد شد.
4. سرند کردن دانه‌های شن کروی ساده‌تر از سنگ یا روباره شکسته تیز گوشه‌می باشد.
5. نرخ سرند کردن، بر حسب تن بر ساعت، مصالح حاوی دانه‌هایی با اندازه‌های کاملاً متفاوت بیشتر است.

## سرند به همراه شست و شو



سرند های گردان: سرند های چرخشی یا گردان شامل استوانه های سیمی یا صفحه سوراخ دار با انتهای باز هستند که حول محوری با شیب کم می چرخند. مصالح درون انتهای فوقانی استوانه ریخته می شود و اگر دانه ها به اندازه کافی کوچک باشند، حین غلتیدن به سمت پایین (در اثر چرخیدن سرند)، از بین چشمه های سرند عبور می کنند. دانه های درشتی که از سرند عبور نکنند از انتهای استوانه درون ناوه ای میریزند و پس از خرد شدن، مجددا سرند می شوند.



## سرند شست و شو و آبگیری

سرند های تخت: سرند های لرزان تخت به نحو گسترده ای چه بصورت منفرد یا روی هم چیده شده تا سه سرند جهت تولید مصالح به اندازه های نزدیک به هم، مورد استفاده قرار می گیرند. سرند ها را بوسیله وزنه های گردان خارج از محور یا نامتعادل می لرزانند. اکثر سرند ها شیب اندکی دارند که موجب حرکت مصالح تحت وزنشان می گردد. جهت جذب نوسانات سرند ها، آنها را روی فنر های فولادی یا بالشتک های هوا نصب می کنند.

# شست و شو و تولید ماسه

اکثرا تولید سنگدانه ها با مصرف مقادیر زیادی آب همراه است. هدف استفا ده از آب می تواند یکی یا چند مورد از موارد زیر باشد:

1. زدودن اندود چسبنده نامطلوب نظیر رس، سیلت یا گرد سنگ
2. لافزنده کردن سنگ ها جهت تسریع فرآیند سرند کردن
3. کاهش گرد و غبار ناشی از سرند کردن به روش خشک یا سنگ شکنی یا جابجایی مصالح

4. دانه بندی یا طبقه بندی آبی ماسه

شست و شوی سنگدانه ها به 2 روش خیس کردن آنها به صورت کامل با آب تحت فشار به وسیله (1) میله های افشاننده با افشانک هایی که بالای سرند تخت یا (2) درون سرند های گردان آویزان می شود و یا غرقاب کردن کامل و سایش شدید به وسیله شوینده های الواری یا ساینده های آبی انجام می شود. روش شست و شو با توجه به چسبندگی پوششی که باید زدوده شود و دیگر مشخصات سنگدانه ها تعیین می شود. به علاوه در بسیاری از فرآیند های تولید شن و ماسه از هر دو روش بهره گرفته می شود، مثلا تنها برای شست و شوی درشتدانه ها از میله های افشاننده طی سرند کردن اولیه و سپس شست و شو با شوینده های الواری استفاده می گردد.





شوینده های الواری و ساینده های آبی: هنگامی که اندود رسی چسبیده به سنگدانه طوری است که نیازی به عملیات شست و شوی کامل توسط شوینده های الواری وجود ندارد، از ساینده های آبی استفاده می شود. این ساینده ها شامل مخازن استوانه ای هستند که که روی محوری افقی یا باشیب کم می گردند و سنگدانه همراه با مقدار زیادی آب از یک طرف درون آن ریخته می شود. سنگدانه ها توسط بالا رونده ها بالا می روند، و در هر دور درون آب ریخته می شوند و به شدت بهم می زنند. ذرات ریز معلق توسط آب شسته شده و در این هنگام همزمان با شست و شو سرند ها هم در این قسمت با توجه به نوع استفاده در حال انجام کار خود هستند.

حلزونی ها: در این نوع طبقه بندی ابتدا جهت خشک کردن ماسه قبل از ریختن درون سیلوی تحویل استفاده می شود. میزان ریزدانه های مانده توسط دبی آبی که از سر ریز انتهای تحتانی این نوع می ریزد، کنترل می شود. چرخش آرام حلزونی ماسه را از داخل حوضچه بالا آورده و خشک می کند.





## پر عیار سازی سنگدانه ها

جهت بالا بردن کیفیت سنگدانه ها و یا بهبود منابع کشف شده که دارای سنگدانه با کیفیت پایین هستند نیاز به پر عیار سازی سنگدانه ها می باشد.

روش های پر عیار سازی موجود 2 اصل اساسی را برای حذف مواد مضر بکار می بندد. (1) جداسازی ثقلی و (2) ضربه یا سایش مکانیکی جهت خرد کردن قطعات نرم تر. دستگاه های جداسازی به کمک مایعات سنگین مواد مناسب را بر اساس چگالی از مواد نامطلوب جدا می کنند. قطعات نامناسب بوسیله آسیا های قفسه ای، آسیا های غلتکی با آستر های لاستیکی و گاهی مواقع شوینده های الواری با ضربه یا سایش خرد می شوند.



# بسته بندی، حمل و نگهداری

## حمل و جابجایی مصالح

فرآیند تولید و استخراج سنگدانه همواره با عملیات حجیمی همراه است که نیازمند جابجایی در فواصل نسبتاً طولانی است. هر متر مکعب سنگدانه تقریباً 2 تن وزن دارد و همواره صاحبان کارخانه ها تلاش مداومی برای یافتن روش های اقتصادی تر هستند. کارخانه ها از انواع مختلف خطوط راه آهن، خطوط واگن برقی، کامیون ها، شناور ها و نوار نقاله ها استفاده می کنند.

**خطوط راه آهن:** در عملیات معدن کاری و استخراج سنگ به ویژه هنگامی که مسیر حمل به کارخانه پیش از 1/6 کیلومتر باشد.

**کامیون:** عموماً استفاده از آنها جهت جابجایی درون کارگاه رایج است.

**نوار نقاله:** مصالح تقریباً همیشه توسط نوار نقاله ها حمل می شوند. نوار نقاله ها می توانند به راحتی مصالح را به بالا، پایین و یا بصورت افقی حمل نمایند. شیب آن نسبت به افق نباید از 20 درجه تجاوز کند.



. سنگدانه باید قبل از مصرف در بتن و ملات در جای مناسبی انبار شود. سنگدانه نباید برای بتن ریزی در هوای سرد در معرض یخبندان و رطوبت و در بتن ریزی در هوای گرم، در معرض تابش مستقیم نور خورشید قرار گیرد.

. سنگدانه نباید در جایی یا بگونه ای انبار شود که به مواد خارجی و زیان آور آلوده گردد.

. حمل و نگهداری سنگدانه نباید سبب جداشدگی آنان شود. هنگام حمل لازم است سنگدانه در پوشش یا در درون مخزن قرار گیرد تا میزان آلودگی کاهش یابد. شرایط باید بگونه ای باشد که سنگدانه ها شکسته نشوند.

شن های با حداکثر اندازه بیش از 38 میلی متر، باید در دو گروه بیشتر و کمتر از 25 میلی متر نگهداری شوند. شن های با حداکثر اندازه، 38 میلی متر یا کمتر، باید در دو گروه کمتر و بیشتر از 19 میلی متر نگهداری شوند. این کار امکان جدا شدن دانه ها از هم را کاهش می دهد.





دیواره های تقسیم دپوی مصالح سنگی باید بگونه ای مقاوم و پایدار باشد که در صورت خالی بودن یک قسمت و پر بودن قسمت مجاور دیواره بر اثر رانش سنگدانه ها تخریب یا جابجا نشود.

در هنگام بارش و یا یخبندان باید سنگدانه های واقع در فضای آزاد با برزنت یا ورقه های پلاستیکی پوشانده شود.

روی سنگدانه های واقع در فضای آزاد باید سایبان درست شود.

شیب مخروط های دپوی شن و ماسه نباید زیاد باشد، زیرا شیب زیاد دپو ها موجب جدا شدن دانه های ریز و درشت از هم می شود.



. در صورت تخلیه سنگدانه ها هنگام باد باید تدابیری اتخاذ گردد که از جدا شدن ذرات ریز جلوگیری شود.

. محل دیوی شن و ماسه باید بگونه ای باشد که همواره امکان تخلیه آب مازاد آنها وجود داشته باشد.

. سنگدانه های انباشته شده در دیو باید حداقل **12 ساعت** در محل باقی مانده و سپس مصرف شود، این امر موجب می شود که رطوبت سنگدانه ها به حد **یکنواخت و پایدار** برسد.

. سیلوی ذخیره سنگدانه ها حتی المقدور با مقطع مربع و یا دایره و شیب مخروط یا هرم تحتانی آن کمتر از **50 درجه** باشد. مصالح سنگی باید بصورت قائم در داخل سیلو ریخته شود تا از برخورد مواد سنگی با کناره های سیلو جلوگیری شده و دانه ها از هم جدا نشوند.

. در صورتی که سیلوی ذخیره سنگدانه ها پر باشد امکان شکسته شدن سنگدانه ها و تغییر دانه بندی آن کاهش می یابد. برای خالی کردن سنگدانه ها به داخل سیلو باید از نردبان ویژه مصالح سنگی استفاده شود.



. اگر امکان شکسته شدن سنگدانه ها در حین جابجا کردن یا انبار کردن وجود داشته باشد، باید قبل از ساخت بتن بار دیگر دانه بندی صورت گیرد.

. ضوابط مربوط به جلوگیری از جدا شدن سنگدانه ها باید در مورد سنگدانه های گرد گوشه، که بیشتر مستعد این امر هستند، جدی تر رعایت شوند.

. هنگام تحویل هر محموله از سنگدانه های وارده به کارگاه، باید مشخصات مذکور در اسناد تحویل سنگدانه ها با مشخصات سفارش داده شده و نیز سنگدانه های وارده بررسی، مقایسه و انطباق آن کنترل شود.

. در هنگام تحویل هر محموله از سنگ های وارده به کارگاه باید وضعیت ظاهری آنها از نظر اندازه، شکل دانه ها و ناخالصی های آن با چشم کنترل شود.

# موارد مورد رعایت در حفظ خواص سنگدانه‌ها:

## حمل و نقل

• باید کمترین جابجایی در سنگدانه‌ها انجام شود زیرا در هر جابجایی امکان **شکسته شدن** دانه‌ها و تفکیک اندازه‌های آنها وجود دارد و همچنین در هر جابجایی امکان **تجمع** دانه‌های همان‌اندازه در یک محل فراهم می‌شود و بالاخره در هر جابجایی امکان آلوده شدن دانه‌ها به مواد مضر خارجی بیشتر میسر می‌گردد.

• در صورت امکان باید هنگام حمل سنگدانه با کامیون روی آن با **چادرهای مخصوص** پوشانیده شود تا امکان ورود مواد خارجی به سنگدانه‌ها به حداقل برسد.

• در موقع تخلیه سنگدانه‌ها بهتر است در صورت امکان آنها را از ارتفاع به پایین رها نکنیم و اگر مجبور به رها کردن سنگدانه‌ها هستیم هر قدر ارتفاع رها کردن **کمتر** باشد بهتر است زیرا در موقع سقوط سنگدانه‌های **درشت‌تر** که دارای **وزن بیشتری** هستند زودتر به پایین می‌رسند که این خود موجب **تفکیک** آنها می‌گردد. ضمناً دانه‌های درشت‌تر در موقع سقوط ممکن است در اثر ضربه **خرد** شوند.

اگر ناگزیر از رها کردن سنگدانه‌ها از ارتفاع زیاد هستیم بهتر است که این کار با سطح شیب دار انجام شود چرا که غلتیدن سنگدانه‌ها بر روی یکدیگر و ضربه زدن هر يك به دیگری مانند يك آسیاب ساچمه‌اي عمل کرده و این خود ممکن است دانه‌هاي درشت‌تر را خرد کند ولي با این روش آسیب کمتری به آنها می‌رسد. در موقع تخلیه‌ی کامیون‌هاي حامل سنگدانه‌ها مخصوصاً درشت دانه‌ها باید دقت نمود که تخلیه به گونه‌اي صورت گیرد تا توده به صورت مخروط در نیاید زیرا در این صورت دانه‌هاي درشت که روی سطح جانبي مخروط غلتیده و به پایین مخروط سر می‌خورند. اگر دقت نظارت آن چنان نیست که بتوان از مخروطي تخلیه‌شدن سنگدانه جلوگیری کرد، باید دقت شود که بار دو کامیون در دو محل کنارهم تخلیه شوند، نه روی هم‌دیگر زیرا در این صورت ارتفاع مخروط زیاد نخواهد شد. به هر حال ارتفاع مخروط سنگدانه‌ها نسبت به قطر قاعده آن نباید از 1 تا 2 بیشتر باشد.

در صورتی که سنگدانه‌ها به وسیله‌ی تسمه نقاله به محل کارگاه بتن‌سازی حمل می‌شود باید دقت شود که اولاً ارتفاع سقوط دانه‌ها زیاد نبوده و درثانی از مخروطی شدن سنگدانه‌ها جلوگیری شود. بهتر است کلیه سنگدانه‌ها چه شن و چه ماسه در لایه‌های 40 تا 50 سانتی متر انبار شوند.



## انبار کردن :

سنگدانه‌ها باید به گونه‌ای انبار شوند که تا زمان مصرف در معرض حداقل آسیب‌دیدگی قرار گیرند برای این کار باید به موارد زیر توجه کرد:

. حتي المقدور در معرض گرد و خاک و خاشاك نباشند.

. باید حتي المقدور در جاي مسقف انبار شوند تا در فصل زمستان از نزول برف و باران به روي آنها در امان بمانند و اگر جاي مسقف در دسترس نبود بهتر است در موقع بارندگي روي آنها پوشانیده شود زیرا باران رطوبت سنگدانه‌ها را تغییر داده و موجب ورم آن می‌گردد و این ازدیاد حجم می‌تواند در اختلاط بتن مؤثر باشد از طرفي با توجه به این که آب باران که آب مقطر است در مسیر سقوط خود با گاز کربنيك موجود در هوا ترکیب و تشکیل اسید کربنيك ناپایدار و زود اثر می‌نماید که این خود می‌تواند روي سنگدانه‌هاي مستعد اثرات نامطلوب شیمیایی داشته باشد که یکی از آنها خرد شدن دانه‌هاست. دانه‌ها باید به گونه‌ای انبار شوند که در معرض یخبندان قرار نگیرند.



- دیواره‌های حد فاصل دانه‌های مختلف باید آن قدر محکم باشد تا به‌خوبی بتواند ضربه‌های ناگهانی ناشی از تخلیه‌ی مصالح جدید را تحمل نماید.
- بهتر است شن و ماسه‌ی مصرفی در تمام طول کار، دارای رطوبت و دانه‌بندی و جنس یکنواخت باشد برای این کار بهتر است حتی المقدور در تمام طول کار شن و ماسه مورد احتیاج کارگاه از يك معدن و يا يك کارخانه تولید سنگدانه تهیه گردد.

\* باید شن و ماسه مصرفی مخصوصاً ماسه بعد از تخلیه و قبل از مصرف حداقل 48 ساعت دست نخورده باقی بماند تا آب‌های بین دانه‌ها و مقدار زیادی خاک و لای‌های غیر چسبیده در اثر وزن خود به پایین سرازیر شوند و همچنین باید سطح آن دارای شیب ملایمی به سمت خارج باشد تا آب‌های زهکشی شده به خارج هدایت شود. باید 50 سانتی‌متر قسمت پایین توده ماسه هیچ وقت مصرف نشود. زیرا این قسمت همیشه به علت زهکشی قسمت‌های فوقانی حاوی مقدار زیادی گل و لای ریزتر از 75 میکرون بوده که برای بتن مناسب نیست.

• بهتر است همیشه برای تغذیه بتنیر از قسمت بالای دپو به قسمت پایین و به صورت لایه به لایه استفاده شود زیرا اگر از پایین دپو مصرف شود ممکن است در اثر سقوط دانه‌های قسمت بالا به پایین دانه بندی سنگدانه به هم بخورد.

• اگر در کارگاه درخت وجود دارد باید توجه نمود که برگ درختان مخصوصاً در فصل پاییز وارد سنگدانه‌ها نشود.