مصالح سنگی (درشت دانه و ریزدانه):

دانه های سنگی به دو دسته دانه های درشت یا شن و دانه های ریز یا ماسه تقسیم می شود. مصالح سنگی(شن و ماسه) در مجموع حدود ۶۰ تا ۷۵ درصد از حجم بتن را اشغال می کند. ۶۰ تا ۷۰ درصد از کل دانه ها شن و ۳۰ الی ۴۰ درصد دانه ها را ماسه تشکیل می دهد.

سنگدانه ها نقش اسکلت بتن را دارند و مقاومت بتن بستگی به مقاومت سنگدانه ها دارد. به طور مثال پایداری و دوام بتن تا حد زیادی متاثر از این مصالح می باشد. بعضی از سنگدانه ها از بستر رودخانه ها یا معادن شن و ماسه بدست می آیند که به صورت کروی یا گردگوشه هستند و مصالح سنگی شکسته از خرد نمودن سنگ های بزرگ توسط دستگاه های سنگ شکن تولید شده و توسط سرند در اندازه های مختلف سرند می شوند. استفاده از دانه های شکسته به علت وجود گوشه های تیز بسیار مناسب است و باعث افزایش مقاومت بتن می شود ولی مخارج بیشتری نسبت به سنگ های رودخانه ای دارد. این سنگدانه ها در بتن کارایی بتن را پایین می آورند. سنگدانه ها علاوه بر تاثیر در مقاومت بتن، بر دوام بتن، پایداری حجمی بتن، مدول الاستیسیته بتن، خزش، وزن مخصوص، افت کارایی و ... نیز بسیار اثرگذار است. خواص فیزیکی، حرارتی و گاهی شیمیایی سنگدانه ها در عملکرد بتن تاثیر می گذارد.

مرز اندازه شن و ماسه ، الک استاندارد نمره ۴ ، است که اندازه بعد آن $\frac{۳}{۱۶}$ اینچ یا ۴/۷۶ میلیمتر است. دانه های عبوری از الک نمره ۴ ، ماسه و دانه های مانده روی الک نمره ۴ ، شن هستند. به عبارت دیگر ، دانه های ریزتر از ۴/۷۶ میلیمتر را ماسه و بزرگتر از ۴/۷۶ میلیمتر را شن می نامند. با کمی تقریب در کارگاه ، دانه های ریز تر از ۵ میلیمتر ماسه و بزگتر از ۵ میلیمتر را شن محسوب می شوند. توجه شود که دانه های ماسه باید از ۰/۰۷۵ میلیمتر بزرگتر باشند. حداکثر اندازه دانه های شن ۶۰ میلی متر می باشد. ماسه ها را بر اساس قطر دانه به سه دسته با مشخصات درج شده در جدول زیر تقسیم می کنند.

دسته بندی ماسه

نام دسته بندی ماسه	اندازه قطر دانه ها (میلیمتر)
درشت	۲ تا ۵
متوسط	۰/۵ تا ۲
نرمه	۰/۰۷۵ تا ۰/۵

طبقه بندی شن:

الف) شن طبیعی: سنگ های بزرگ بر اثر عوامل جوی و حرکت سیلاب ها از کوه ها جدا شده، خرد می شوند و در بستر رودخانه ها ته نشین می شوند؛ به سنگ های ته نشین شده با قطر ۵ تا ۶۰ میلی متر شن طبیعی گفته می شود. شن طبیعی دارای گوشه های مدور بوده و معمولاً در هنگام ته نشین شدن در بستر رودخانه ها، با ماسه و قلوه سنگ (سنگ درشت تر از شن) مخلوط است.

ب) شن شکسته: سنگ هایی با اندازه های مناسب در کارخانه به وسیله ی دستگاه های سنگ شکن، خرد شده و توسط الک های متوالی، دانه بندی می شود.

دسته بندی شن

نام دسته بندی	اندازه قطر دانه ها (میلیمتر)
درشت	۲۵ تا ۶۰
بادامی	۱۲ تا ۲۵
نخودی	۵ تا ۱۲

مشخصات شن و ماسه (دانه ها):

۱- دانه ها باید کاملا تمیز یعنی عاری از گل و لای و دیگر ناخالصی شیمیایی باشند، چنانچه دانه ها در محل نامناسب در مجاورت برگ درختان یا کود دپو شده باشند ممکن است به مواد شیمیائی نظیر نیترات ها آلوده شوند.

میزان گل و لای مجاز برای دانه های شن حداکثر یک درصد است. همچنین میزان و گل و لای مجاز برا دانه های ماسه حداکثر ۳ درصد است، مشروط بر آن که بتن تحت سایش باشد. در صورتی که بتن تحت سایش نباشد، میزان گل و لای مجاز دانه های ماسه، حداکثر ۵٪ است.

۲- دانه ها باید در مقابل سایش مقاوم باشند. بخصوص اگر بتن در معرض رفت و آمد و تردد قرار گیرد این مسئله از اهمیت بیشتری برخوردار می شود.

۳- دانه ها باید در مقابل اعمال تنش مقاوم باشد.

چون دانه های نقش اسکلت بندی (استخوان بندی) بتن و سیمان نقش چسباننده دانه ها را به عهده دارد، در صورتی که دانه ها در مقابل تنش مقاوم نباشند زود شکسته و از هم گسیخته می شوند و بتن ساخته شده با چنین مصالحی مقاومت لازم را نخواهد داشت.

دانه های سیلیس دارای سختی ۷ تا ۸ بوده و جزء مقاوم ترین دانه هائی هستند که در بتن مصرف می شوند. دانه های آهکی دارای سختی ۳ تا ۴ بوده و اکثرا در ساخت بتن به کار می روند. دانه های گچی یا ترکیباتی از گچ و آهک و غیره که سختی کمتر از ۳ دارند برای ساخت بتن مناسب نیستند.

۴- دانه ها باید در مقابل یخبندان مقاوم باشند.

مقاومت در برابر یخبندان به چند عامل بستگی دارد.

الف- تخلخل: هر چه تخلخل دانه ها بیشتر باشد، مقاومت در مقابل یخبندان کمتر است.

ب- نفوذ ناپذیری دانه ها: هر چه نفوذ پذیری دانه ها بیشتر باشد، مقاومت در مقابل یخبندان کمتر است.

ج- مقاومت کششی دانه ها: هرچه مقاومت کششی دانه ها بیشتر باشد، مقاومت در مقابل یخبندان بیشتر است.

در این خصوص آزمایش استانداردی برای بررسی مقاومت در مقابل یخبندان وجود دارد. به این صورت که ابتدا دانه ها را از آب اشباع کرده و طبق ضوابط استاندارد آن را بطور متناوب تحت یخ زدن و ذوب شدن قرار می دهند (با تعداد سیکل مشخص) پس از آزمایش با مراجعه به جدول مربوطه مشخص می شود که دانه ها از نظر یخبندان تا چه حدی مقاوم بوده اند.

بتن در مجاورت رطوبت قابلیت جذب آب و نشت آب دارد. بدیهی است با خیس شدن بتن دانه های سنگی نیز خیس شده و آب داخل حفره ها بر اثر برودت هوا یخ میزند، افزایش حجم ناشی از یخ زدن آب، سبب ایجاد تنش های کششی در دانه ها می شود. در نهایت امکان دارد با یخ زدن و ذوب شدن های متوالی، دانه ها خسته شده و بشکنند. لذا مسئله مقاومت دانه ها در مقابل یخبندان را باید جهت دانه هایی که در مناطق سردسیر مصرف می شوند و یا مناطقی که در معرض یخ زدن و ذوب شدن های مکرر قرار دارد با دقت بیشتری کنترل و مورد ملاحظه قرار داد.

۵- دانه ها باید در مقابل هوازدگی مقاوم باشند.

گذشت زمان بصورتی که همراه با تغییرات رطوبت و تغییرات دما باشد، ممکن است دانه را خرد کند که به این پدیده اصطلاحا هوازدگی گویند.

اصولا دانه ها در مقابل گرم و سرد شدن های متوالی هوا زده شده و خورد می شوند بخصوص اگر دانه ها در معرض تر و خشک شدن های متوالی نیز قرار گیرند.

سنگ هایی که همیشه تر یا همیشه خشک هستند کمتر هوا زده می شوند. اما سنگ هایی که گاهی تر و گاهی خشک هستند، به سرعت هوا زده می شوند. علت این مسئله تفاوت ضریب انبساط حرارتی سنگ دانه (شن و ماسه) در حالت تر و حالت خشک است. لذا دانه متناسب با تغییرات مکرر ضریب انبساط حرارتی، انقباض و انبساط پیدا کرده و مرتبا تحت کشش و فشار قرار می گیرد، تا اینکه به مرور زمان خسته شده و متلاشی می شود.

شکل ظاهری و سطح خارجی سنگدانه ها

دانه های سنگی (شن و ماسه) در طبیعت را از نظر شکل ظاهری به پنج دسته می توان تقسیم کرد:

۱- دانه های گرد: دانه هائی هستند که در اثر فرسایش در طبیعت شکل آن ها گرد و سطح آن ها صاف شده است. این نوع دانه ها سطح مخصوص کمتری دارند و جایی که بخواهیم سیمان کمتر استفاده کنیم به کار می روند. می توان گفت که این نوع سنگدانه ها اقتصادی تر هستند. شن رودخانه ای یا ساحلی و ماسه بادی یا کویری مثالهایی از دانه های گردگوشه هستند.

۲- دانه های نامنظم: معمولاً دارای سطح صاف و صیقلی هستند ولی شکل آن ها کاملاً گرد نیست.

۳- دانه های گوشه دار: مثل سنگهای شکسته دارای سطح صاف نیستند، همچنین شکل هندسی مشخصی نداشته و اکثراً دارای گوشه های مشخص و تیز هستند. این نوع دانه ها مقاومت بسیار خوبی دارند و از لحاظ اقتصادی گران تر هستند و در بتن هایی به کار می روند که سیمان بیشتر استفاده می کنند.

۴- دانه های پولکی شکل :دانه هایی هستند که ضخامت آن ها نسبت به دو بعد دیگر آن ها کم است. این نوع دانه ها به دو دلیل در ساخت بتن توصیه نمی شود:

الف)- در سطوح رویی آنها مقاومت صفر می باشد و درسطوح زیرین آنها مقاومت مطلوب است.

ب)- زیر آن حباب تشکیل می شود.

۵- دانه های سوزنی شکل: دانه هایی هستند که طول آن ها نسبت به دو بعد دیگر به میزان قابل توجهی بیش تر است.

اصولاً در بتن سازی از دانه های گرد، نامنظم و گوشه دار استفاده می شود. دانه های گرد در مقایسه با دانه های نامنظم و گوشه دار، در بتن کم ترین مصرف سیمان را دارد. از نظر مقاومت نهائی بتن، بتنی که با دانه های گوشه دار ساخته می شود به دلیل امکان درگیر شدن بهتر با دانه ها با یکدیگر و برقراری اصطکاک بهتر بین آن ها، مقاوم تر خواهد بود.

شکل و بافت سطحی سنگ دانه ها تاثیر عمده ای به میزان آب لازم یک مخلوط دارد. به عبارت دیگر هنگامی که تخلخل و فضای خالی بین دانه های متراکم شده بیشتر است آب زیادتری مورد نیاز است. با افزایش عدد تیز گوشگی سنگ دانه ها روانی بتن تقلیل می یابد.

هر چه اندازه سنگدانه بزرگتر باشد سطح ویژه کمتر شده و آب کمتری جهت مرطوب شدن سطح لازم است که این موضوع سبب افزایش مقاومت بتن می شود. پس بهتر است دانه بندی سنگدانه ها به حداکثر اندازه دانه بندی بزرگ متمایل گردد. از دیدگاه مقاومت استفاده از سنگدانه های درشت در بتن های کم سیمان یک مزیت مهم است و در بتن های

معمولی و پر سیمان مزیت مهمی نیست با توجه به اینکه خطر جداشدگی سنگ دانه ها در بتن ، یکی از مشکلات اساسی بتن با سنگدانه درشت است.

مهمترین عوامل تعیین کننده سنگدانه های مطلوب در بتن:

مدول الاستیسیته سنگدانه ها:

بسیاری از خواص بتن از قبیل کارایی، مقاومت، مدول الاستیسیته، افت، خزش ، دوام و... متاثر از مشخصه های مصالح سنگی است. به طور کلی هر چه مدول الاستیسیته سنگدانه ها بیشتر باشد مدول بتن نیز بیشتر خواهد شد. مدول الاستیسیته سنگدانه ها همچنین بر میزان خزش و جمع شدگی بتن نیز تاثیر خواهد داشت. ناسازگاری بین مدول الاستیسیته سنگدانه ها و خمیر سیمان سیمان هیدراته شده به طور نامطلوبی سبب افزایش ترک های مویینه در فصل مشترک خمیر سیمان و سنگدانه ها می گردد. آن دسته از سنگدانه هایی که مدول الاستیسیته آنها متوسط یا کم است، می توانند به لحاظ حفظ یکپارچگی بتن با ارزش باشند. تاکنون هیچ رابطه کلی بین مقاومت و مدول الاستیسیته سنگدانه ها وجود ندارد.

بافت سطحی سنگدانه ها:

شکل و بافت سطحی سنگدانه ها به میزان قابل ملاحظه ای بر مقاومت بتن اثر می گذارد. مقاومت خمشی بیش از مقاومت فشاری تحت تاثیر بافت سطحی سنگدانه ها واقع می شود. یک بافت سطحی خشن منجر به نیروی چسبندگی بیشتری بین دانه ها و خمیر سیمان خواهد شد. به همین صورت، مساحت بیشتر سنگدانه های تیز گوشه به این معنی است که نیروی چسبندگی بیشتری می تواند بین خمیر سیمان و سنگدانه ها ایجاد شود. دانه های زبر، گوشه ای و سوزنی در مقایسه با دانه های صاف ، گرد، متراکم، آب بیشتری برای تولید بتن با کارایی یکسان نیاز دارد.

چسبندگی بین خمیر سیمان و سنگدانه ها:

یکی از مهمترین عوامل در چسبندگی خمیر سیمان و سنگدانه ها این است که سطح سنگدانه ها تمیز و عاری از ذرات خاک رس چسبیده به آن باشد. عموما با تغییر سنگدانه ها از نرم و گرد به زبر و گوشه ای، میزان چسبندگی بین خمیر سیمان و سنگدانه ها افزایش می یابد. این افزایش در چسبندگی در انتخاب سنگدانه های بتنی که مقاومت خمشی آن مهم بوده و یا مقاومت فشاری بالایی نیاز باشد اهمیت ویژه ای دارد. بافت سنگدانه ها باید طوری باشد که دوغاب سیمان بتواند از سطح به داخل آنها نفوذ کند و چسبندگی مطلوب حاصل شود.

در مورد تاثیر سنگدانه های بسیار ریز در بتن باید گفت وقتیکه ذرات کاملا گرد گوشه و صاف باشند کارایی بتن بهبود یافته و این در رابطه با کاهش آب مورد نیاز بتن مزیت دارد. هرچه دانه بندی این سنگدانه های ریز در بتن ریزتر باشد، نسبت بیشتری از سنگدانه های درشت به ریز باید به کار برده شود. استفاده از دانه های درشت باعث قوی تر شدن اسکلت بتن و بالا رفتن مقاومت بتن می شود. اما از لحاظ اجرایی اندازه دانه های سنگی محدودیت هایی دارد مطابق با مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان بزرگ ترین بعد دانه های درشت نباید از مقادیر ریز بیشتر باشد:

۱) یک پنجم کوچکترین بعد داخلی قالب بتن
۲) یک سوم ضخامت دال
۳) سه چهارم حداقل فاصله آزاد بین میلگردها
۴) سه چهارم پوشش بتن روی میلگردها
۵) ۳۸ میلیمتر در بتن آرمه
۶) ۶۳ میلیمتر در بتن حجیم غیرمسلّح

دانه بندی مصالح سنگی:

یکی از عوامل موثر در مقاومت بتن (بطور غیرمستقیم)، رعایت ضوابط دانه بندی شن و ماسه است که در طرح مخلوط بتن اهمیت زیادی دارد. از نظر تئوری، دانه بندی خوب به قسمی است که دانه های ریزتر فضای خالی بین دانه های درشت تر را پر کنند و باعث تراکم هرچه بیشتر شن و ماسه در بتن شوند. تراکم بیشتر بتن باعث افزایش وزن مخصوص و همچنین مقاومت آن نسبت به نمونه مشابه می شود. با مقاومت ثابت، بتن با دانه بندی بهتر احتیاج به سیمان کمتری دارد و چون سیمان از مصالح نسبتاً گران است، لذا دانه بندی بهتر اقتصادی تر است.

منظور از دانه بندی ، چگونگی توزیع قطر ذرات موجود در هر مخلوط بر حسب درصد وزنی است. دانه بندی سنگدانه ها عموماً به صورت یک منحنی به نام منحنی دانه بندی ،که درصد وزنی دانه های با قطر معین در مخلوط نشان داده می شود. برای انجام دانه بندی سنگدانه ها ، با توجه به اندازه دانه ها (درشت تر از الک شماره ۲۰۰) و غیر چسبنده بودن آنها، معمولاً از مجموعه ای الک استاندارد استفاده می شود. در این فرآیند وزن معینی از سنگدانه های خشک روی درشت ترین الک در مجموعه مورد نظر ریخته شده و با دست یا دستگاه الک لرزان طبق روش های استاندارد، الک می شود. در برخی موارد بویژه در شرایطی که سنگدانه های ریز حاوی مقادیر نسبتاً زیاد رس و لای باشد، ممکن است از روش تر (شست و شویی) نیز به منظور سهولت جدا سازی ذرات چسبنده در مخلوط استفاده شود.

باید متذکر شد که هیچگونه منحنی دانه بندی ایده آل وجود ندارد ولی هدف، حصول یک حد اعتدال است. بتن باید با مصالحی ساخته شود که بتوان آنها را با هزینه کم تولید نمود و بنابراین نمی توان هیچگونه محدودیت های بسیار باریکی را برای سنگدانه ها قایل شد. پیشنهاد شده است که عوامل اصلی کنترل کننده دانه بندی مطلوب سنگدانه ها عبارتند از: مساحت سطح سنگدانه ها (تعیین کننده مقدار آب لازم برای تر نمودن تمامی مواد جامد)، حجم نسبی اشغال شده بوسیله

سنگدانه ها، کارایی بتن و تمایل به جداشدگی مواد از یکدیگر. الکهایی که جهت دانه بندی سنگدانه ها به کار می روند اندازه های مختلفی دارند و بر حسب میلی متر یا شماره الک مشخص می شوند و ابعاد و اندازه سوراخهای الک با توجه به اینکه در انجام آزمایش دانه بندی چه استانداردی را ملاک عمل قرار داده ایم مشخص می گردد.نتیجه آزمایش دانه بندی سنگدانه ها معمولاً بصورت منحنی دانه بندی بر روی نموداری که محور افقی نشان دهنده اندازه دانه ها و محورهای قایم معرف درصدهای وزنی عبوری ذرات می باشد نشان داده می شود.

شماره گذاری در محدوده ماسه به این صورت است که تعداد سوراخ های موجود در هر اینچ مربع از الک، معرف شماره الک است. یعنی در الک شماره ۲۰۰ در هر اینچ مربع از الک، ۲۰۰ سوراخ وجود دارد. اما در محدوده شن قطر سوراخ، شماره الک مورد نظر است. یعنی قطر سوراخ های الک ۴/۷۵ mm به همین میزان است. با توجه به تقسیم بندی سنگدانه ها در دو گروه ریز و درشت، مجموعه الک های مورد استفاده در دانه بندی این سنگدانه ها نیز خود در دو گروه و به عنوان مجموعه الک های استاندارد در هر گروه به شرح جدول زیر طبقه بندی می شوند.

الک های در محدوده ماسه به شرح زیر است:

2.36 mm	(No. 8)
1.18 mm	(No. 16)
600 µm	(No. 30)
300 µm	(No. 50)
150 µm	(No. 100)

الک های محدوده شن به شرح ذیل هستند:

9.5 mm	(3/8")
19.06 mm	(3/4')
38.1	(1 1/2')

در ایران معمولا الک ۳/۸ اینچ را با الک ۱۰ میلیمتر، الک ۳/۴ اینچ را با الک ۲۰ میلیمتر و الک ۱ ۱/۲ اینچ را با الک ۴۰ میلیمتر نام گذاری می کنند.

در دانه بندی مصالح درشت دانه، محدودیت خاصی تصریح نشده است، فقط این نکته قابل توجه است که هر چه از مصالح دانه ای درشت تر استفاده شود، مشروط بر آنکه مقدار آب و سیمان ثابت باشد، مقاومت فشاری افزایش می یابد. لذا در کارگاه هرچه بتوان از مصالح درشت دانه تری استفاده کرد مناسب تر خواهد بود، به شرط آنکه عبور دانه ها در قالب و بین میلگردها مختل نشود.

منحنی های دانه بندی:

برای رسم منحنی دانه بندی، ابتدا مجموعه ای از دانه ها را وزن کرده سپس از روی ۹ الک استاندارد عبور می دهند، آنگاه وزن دانه های مانده روی هر الک را اندازه گیری کرده و درصد آن ها را نسبت به وزن کل محاسبه می نمایند (درصد مانده). مجموع درصد های مانده روی الک مورد نظر و الک های بالا تر را از ۱۰۰ کم نموده تا درصد رد شده از الک مورد نظر به دست آید. سپس بر اساس اندازه الک و درصد رد شده دانه ها از الک های استاندارد منحنی را رسم می نمایند. بنابراین مراحل رسم منحنی دانه بندی سنگدانه ها به شرح ذیل می باشد:

- وزن کردن سنگدانه ها
- ریختن سنگدانه ها بر روی بالاترین الک (الک ۱ و ۲/۱ اینچ)
- روشن کردن لرزاننده
- وزن کردن سنگدانه های باقی مانده بر روی هر الک
- محاسبه درصد مانده بر روی هر الک (وزن مانده روی هر الک تقسیم بر وزن کل)
- محاسبه درصد عبوری از هر الک (۱۰۰ منهای درصد مانده)

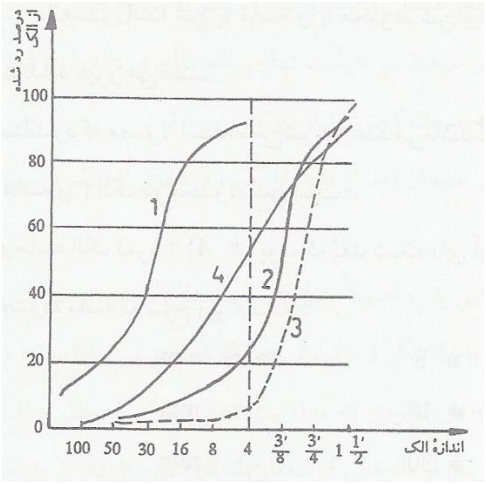
منحنی های دانه بندی به دو دسته تقسیم می شوند:

الف: منحنی دانه بندی پیوسته

ب: منحنی دانه بندی ناپیوسته (گسسته)

یک منحنی دانه بندی در صورتی پیوسته محسوب می شود که دارای دو خصوصیت زیر باشد:

۱. تمام ابعاد استاندارد در دانه ها موجود باشد.
۲. بعضی از ابعاد نسبت به سایر ابعاد به میزان چشمگیری بیشتر یا کمتر نباشد.



در تصویر بالا نمونه هایی از منحنی های دانه بندی ترسیم شده است. منحنی شماره ۱ در محدوده ماسه است و در محدوده شن و ماسه پیوسته نیست ولی در محدوده ماسه پیوسته است. منحنی شماره ۲، در محدوده شن پیوسته است، اما در محدوده شن و ماسه گسسته است. منحنی شماره ۳ دارای شن و ماسه است اما در محدوده کوچکی (از الک تا) در حدود ۶۰ درصد کل دانه ها قرار گرفته اند، یعنی بعضی از ابعاد دانه ها به صورت چشم گیر نسبت به سایر ابعاد دانه ها بیشتر هستند. (این منحنی گسسته است). منحنی شماره ۴ یک منحنی دانه بندی است که در محدوده شن و ماسه پیوسته بوده دارای تمام ابعاد دانه ها هستند.

به دلایل زیر اکثرا در ساخت بتن سعی می شود که از مصالح با دانه بندی است استفاده شود:

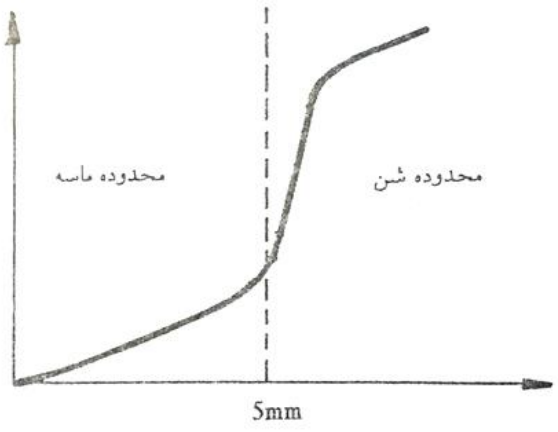
۱. با استفاده از شن و ماسه با دانه بندی پیوسته، فضای خالی بین مصالح به حداقل می رسد، چون دانه های ریزتر در لابلای دانه های درشت تر قرار گرفته و در هم جفت می شوند و در نتیجه فضای خالی که برای پر شدن با خمیر سیمان باقی می ماند، کمتر می شود (البته علاوه بر فضای خالی بین دانه ها، باید سطح ظاهری کلیه دانه ها نیز با خمیر سیمان آغشته شود لذا معمولا خمیر سیمان مصرفی بیشتر از فضای خالی بین دانه است).
۲. در صورت استفاده از یک دانه بندی پیوسته، دانه های در ابعاد مختلف در تمام قسمت های بتن توزیع شده و به خوبی جای خود را در بین یکدیگر باز می کنند، بنابراین حجم بیشتری از بتن توسط دانه ها اشغال شده و بتن حاصله تو پرتر و متراکم تر خواهد شد.

قبلا ذکر شده که دانه ها بین ۶۰ تا ۷۵ درصد حجم بتن را اشغال می کنند، به این ترتیب هرچه دانه بندی پیوسته تر باشد، حجم بیشتری از بتن توسط دانه ها اشغال شده و چون در بتن، نقش باربری به عهده دانه ها است چنین بتنی در مقابل تحمل تنش مقاوم تر خواهد بود. بطور کلی بتنی که با مصالح با دانه بندی پیوسته ساخته می شود هم مصرف سیمانش کمتر است و هم مقاومت مطلوب ترب دارد .البته دانه بندی گسسته در مواردی خاص کاربرد دارد که بعدا اشاره خواهد شد.

دانه بندی گسسته (ناپیوسته)

فقط یک مورد استفاده از مصالح سنگی گسسته (ناپیوسته) توصیه شده و آن مورد ساختن بتن با دانه های نمایان یا بتن اکسپوز است. بتن اکسپوز بتنی است که برای نما به کار می رود و روی سطح آن یک سری دانه های درشت دیده می شود. در ساخت این این بتن از مصالح سنگی با دانه بندی گسسته، به صورتی که در محدوده ماسه پیوسته بوده اما در محدوده شن فقط دارای یک یا دو بعد درشت دانه باشد، استفاده می شود.

تصویر زیر نمونه از منحنی دانه بندی گسسته که جهت مصرف در بتن اکسپوز مناسب است را نشان می دهد.



نمونه ای از منحنی دانه بندی گسسته

در بتن اکسپوز یک یا دو روز پس از بتن ریزی قالب را باز می کنند. در این حالت سطح بتن هنوز کاملا سخت نشده و می توان با کشیدن برس سیمی روی سطح بتن، دانه های ماسه را از بین دانه های درشت شنی بیرون کشید. به بیان دیگر چون دانه های شنی پیوسته نیستند که به خوبی درهم قفل شده باشد، پس از برس کشیدن دانه های درشت ۲ یا ۳ سانتیمتری باقی می ماند، لذا سطح بتن برجسته شده و نمای زیبایی ایجاد می شود.

گاهی ممکن است به لحاظ راحتی کار از نظر برس زدن، بتن مجاور جدا از قالب را درگیر نمایند. به این معنی که سطح قالب را به مواد دیرگیرکننده آغشته می کنند که البته این کار از نظر اجرایی با مشکلاتی همراه است.

جدول زیر یک نمونه نتایج دانه بندی ماسه را نشان می دهد. با استفاده از وزن مانده روی هر الک می توان درصد جزئی مانده روی هر الک و درصد عبوری از هر الک را به دست آورد و منحنی دانه بندی آن را ترسیم نمود.

اندازه الک		وزن مانده روی هر الک	درصد جزیی مانده هر الک	درصد عبوری از هر الک
9.5 mm	(3/8 in.)	0 gr	0%	100%
4.75 mm	(No. 4)	20 gr	2%	98%
2.36 mm	(No. 8)	45 gr	4.5%	95.5%
1.18 mm	(No. 16)	85 gr	8.5%	91.5%
600 µm	(No. 30)	120 gr	12%	88%
300 µm	(No. 50)	185 gr	18.5%	81.5%
150 µm	(No. 100)	230 gr	23%	77%
	Pan	315 gr	31.5%	68.5%
Total		1000 gr	100%	

جدول ۹-۱۰-۱۰ ضوابط الزامی دانه‌بندی سنگدانه‌های ریز مصرفی در بتن

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

جدول ۹-۱۰-۱۱ ضوابط الزامی دانه‌بندی سنگدانه‌های درشت مصرفی در بتن

ردیف	اندازه اسمی الک‌ها یا بعد چشمه مربع (mm)	اعداد داخل جدول درصد وزنی مصالح سنگی رد شده از الک‌ها را نشان می‌دهند								
		۶۳ mm	۵۰ mm	۳۷/۵ mm	۲۵ mm	۱۹ mm	۱۲/۵ mm	۹/۵ mm	۴/۷۵ mm	۲/۳۶ mm
۱	۲۵ تا ۵۰	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۳۵-۷۰	۰-۱۵	-	۰-۵	-	-	-
۲	۴/۷۵ تا ۵۰	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	-	۳۵-۷۰	-	۱۰-۳۰	-	۰-۵	-
۳	۱۹ تا ۳۷/۵	-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۲۰-۵۵	۰-۱۵	-	۰-۵	-	-
۴	۴/۷۵ تا ۳۷/۵	-	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	-	۳۵-۷۰	-	۱۰-۳۰	۰-۵	-
۵	۱۲/۵ تا ۲۵	-	-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۲۰-۵۵	۰-۱۰	۰-۵	-	-
۶	۹/۵ تا ۲۵	-	-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۴۰-۸۵	۱۰-۴۰	۰-۱۵	۰-۵	-
۷	۴/۷۵ تا ۲۵	-	-	۱۰۰	۹۵-۱۰۰	-	۲۵-۶۰	-	۰-۱۰	۰-۵
۸	۹/۵ تا ۱۹	-	-	-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۲۰-۵۵	۰-۱۵	۰-۵	-
۹	۴/۷۵ تا ۱۹	-	-	-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	-	۲۰-۵۵	۰-۱۰	۰-۵
۱۰	۴/۷۵ تا ۱۲/۵	-	-	-	-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۴۰-۷۰	۰-۱۵	۰-۵

رطوبت سطحی و جذب آب دانه ها

بطور کلی دانه ها از نظر رطوبت سطحی و جذب آب دانه ها به چهار دسته تقسیم می شوند:

۱. دانه های کاملا خشک
۲. دانه های خشک
۳. دانه های اشباع با سطح خشک(S.D)
۴. دانه های مرطوب

۱) دانه های کاملا خشک دانه هایی هستند که درکوره ۱۰۰ الی ۱۱۰ درجه حرارت دیده و کاملا خشک شده باشند.

توجه شود که اصولا دانه ها دارای خلل و فرج هستند. بطوری که از متراکم ترین سنگ های موجود در طبیعت می توان از گرانیت نام برد که آن ها هم حدود یک درصد تخلخل دارد. سنگهایی که در بتن سازی بکار می روند (شن و ماسه معمولی) گاهی حدود ۵٪ تخلخل دارند. در دانه های کاملا خشک کلیه این سوراخ ها و خلل و فرج ها باید کاملا عاری از آب یا رطوبت باشند.

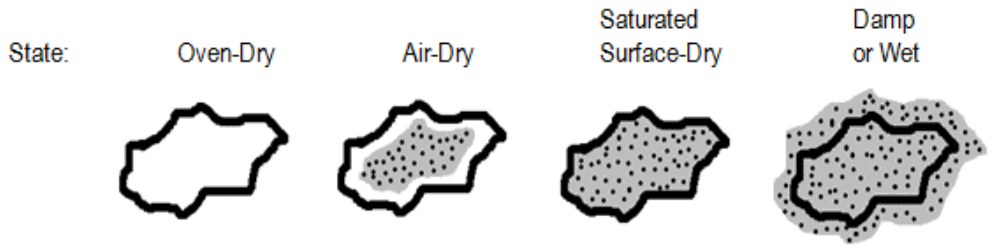
۲) دانه های خشک دانه هایی هستند که در داخل بعضی از حفره های میانی دانه آب موجود باشد ولی حفره های مجاور سطح خارجی فاقد آب باشند.

۳) دانه های اشباع با سطح خشک (S.D) دانه هایی هستند که کلیه حفره ها و خلل و فرجهای آنها از آب پر باشد، اما سطح دانه خشک است.

چنانچه دانه ها را به مدت ۲۴ ساعت در آب نگاه داشته سپس از آب بیرون بیاورند و سطح آن را با دستمال خشک و ضخیم کاملا خشک کنند، بطوری که در سطح ظاهری فقط کمی نم دیده شود، این دانه ها حالت اشباع با سطح خشک خواهد داشت.

۴) دانه های مرطوب دانه هایی هستند که خلل و فرج داخلی آنها اشباع از آب بوده و از طرفی سطح آنها نیز خیس باشد، دانه ای که پس از ۲۴ ساعت غوطه وری در آب از آب بیرون آورده شود، یک دانه خیس محسوب می شود.

تصویر زیر وضعیت یک دانه را در حالتهای مختلف از نظر رطوبت نشان می دهد.



وضعیت یک دانه در حالت های مختلف از نظر جذب آب و رطوبت سطحی

قابل ذکر است که در طرح مخلوط بتن همیشه فرض می شود که دانه ها در حالت اشباع با سطح خشک هستند، بدین معنی که نه آب بتن جذب دانه ها می شود و نه دانه آبی به آب بتن اضافه می کنند. اگر دانه ها کاملا (خشک) یا (خشک) باشند مقداری از آبی که به مخلوط اضافه می شود، جذب دانه ها شده، لذا باید آب بیشتری مصرف کرد. همچنین اگر دانه ها مرطوب باشند، آب اضافی سطح خود را به مخلوط اضافه کرده و میزان آب مخلوط را افزایش می دهند، لذا در این مورد باید آب کمتری مصرف کرد. معمولا دانه های ماسه ای تا حود ۰.۷ درصد و دانه های شنی تا حدود ۰.۵ درصد آب جذب می کنند تا از حالت کاملا خشک به حالت اشباع با سطح خشک تبدیل شوند.

ضریب یا مدول نرمی:

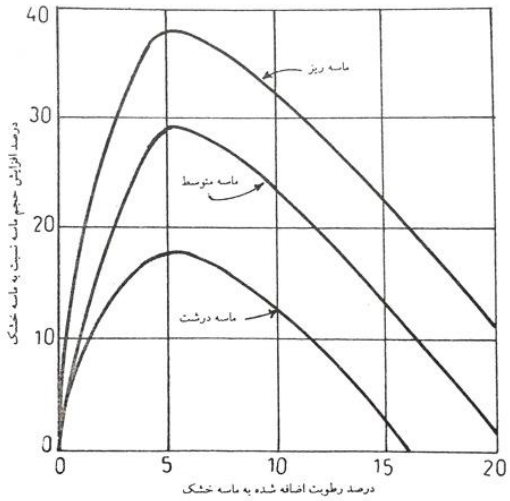
مدول نرمی ضریبی است که از دانه بندی بدست می آید و به ویژه در ایالات متحده به مقدار قابل توجهی استفاده می شود .مدول نرمی به مجموع درصدهای تجمعی باقی مانده روی الکها استاندارد(منهای زیر الک) تقسیم بر صد گفته می شود سری الکهای استاندارد شامل الکهای است که اندازه هر الک دو برابر اندازه الک قبلی باشد .مدول نرمی تعیین کننده ریزی و درشتی دانه ها است هر چه دانه های سنگی درشتتر باشد مدول نرمی آنها بیشتر است همچنین ریزدانه ها مدول نرمی کمتری دارند. به عنوان یک مثال جدول زیر نتایج دانه بندی یک نمونه ماسه را نشان می دهد. مقدار مدول نرمی ماسه با توجه به تعریف بیان شده برابر با ۲/۸۳ می باشد.

اندازه الک		درصد جزیی مانده هر الک	درصد تجمعی مانده روی هر الک
9.5 mm	(3/8 in.)	0	0
4.75 mm	(No. 4)	2	2
2.36 mm	(No. 8)	13	15
1.18 mm	(No. 16)	20	35
600 µm	(No. 30)	20	55
300 µm	(No. 50)	24	79
150 µm	(No. 100)	18	97
	Pan	3	—
Total		100	283

مدول نرمی 283 ÷ 100 = 2.83

انبساط حجمی ظاهری دانه های ریز بر اثر رطوبت (ری کردن ماسه)

ماسه در اثر رطوبت ری کرده، حجم آن زیاد می شود. حجم دانه های ماسه به این صورت زیاد نمی شود که خود ماسه ها باد کند. یک دانه ماسه همیشه حجمش ثابت است ولی آبی که به ماسه اضافه می شود بر اثر کشش سطحی بین دانه های ماسه حائل شده و بین دانه ها را باز می کند در نتیجه حجم ماسه، نسبت به حجم اولیه افزایش می یابد.



افزایش حجم ماسه در اثر رطوبت

تصویر بالا، یک نمودار آزمایشگاهی است که درصد افزایش حجمی ماسه نسبت به ماسه خشک را براساس تغییر درصد رطوبت و در سه نمونه مختلف ماسه، نشان می دهد. با توجه به منحنی فوق ملاحظه می شود:

۱. بیشترین افزایش حجم برای ماسه در رطوبت ۵٪ حاصل می شود. (گاهی تا ۴۰ %افزایش حجم) هرچه رطوبت از این مقدار بیشتر شود، ری کردن رو به کاهش خواهد گذاشت. لذا در ماسه های کاملا خیس نباید نگران افزایش حجم بود.
۲. هرچه ماسه ریزتر باشد ری کردن آن هم بیشتر خواهد بود.

نکته عملی: توصیه می شود هرگز در کارگهای بتن سازی از پیمانه های حجمی استفاده نشود. چون ممکن است ماسه مرطوب بوده و افزایش حجم داشته باشد و بدین لحاظ، وزن مورد نظر تغییر کند.

مواد مضر سنگدانه ها

مواد مضره سنگدانه ها عموما ناخالصی هایی هستند که ممکن است در فعل و انفعالات و هیدراتاسیون سیمان تاثیر بگذارند و یا به صورت پوششی از ایجاد چسبندگی بین دانه ها و خمیره سیمان جلوگیری نمایند . برخی از این مواد خود بسیار ضعیف بوده و به بتن آسیب می رسانند . این اثرات مضر باید از خرابی ناشی از فعل و انفعالات سنگدانه ها و خمیره سیمان متمایز نمود.

۱- ناخالصی های آلی

۲- رس وذرات بسیار ریز

۳- ناخالصی های نمکی (آلودگی به املاح)

۴- ناسالمی دانه ها به جهت وجود ناخالصی ها (ذرات ناسالم)

۵- تغییرات حجم سنگدانه ها (سلامت سنگدانه ها)

۶- واکنش قلیایی سنگدانه ها

انواع مواد مضر در سنگدانه ها

مواد زیان آور	ویژگیهای تاثیر پذیر بتن و اثر نهایی
ناخالصی آلی	گیرش سیمان و روند کسب مقاومت ، خرابی احتمالی
مواد ریزتر از ۷۵ میکرون	چسبندگی ، افزایش مقدار آب لازم، پایایی
زغال سنگ ، لیگنیت و سایر مصالح سبک	پایایی ، لکه دار شدن و بیرون پریدگی در برخی از قسمت ها
دانه های نرم	مقاومت ، پایایی
کلوخه های رسی و دانه های سست	مقاومت ، پایایی ، کارائی ، بیرون پریدگی در برخی از قسمت ها
سنگدانه های واکنش زا با قلیایی ها	انبساط غیرعادی ، ترکهای ریز سطحی ، پایایی، بیرون پریدگی بعضی قسمت ها

ناخالصی های آلی

سنگدانه های طبیعی عموما مقاوم بوده و در مقابل سایش پایدارند . لیکن گاه به علت وجود موادآلی یا ارگانیک که در فعل و انفعالات سیمان تاثیر می گذارند ، نمی توان آنها را در بتن بکار برد . مواد آلی معمولا حاصل پوسیدگی مواد نباتی هستند که در سنگدانه ها و بخصوص در ماسه یافت می شوند و با شستن به آسانی از آن جدا می شوند.

رس و ذرات بسیار ریز

معمولا بصورت پوششی سطح دانه ها را پوشانده و روی چسبندگی و پیوستگی دانه ها و خمیر سیمان تاثیر عمده ای می گذارد . همچنین لای و گرد حاصل از سنگهای شکسته در سنگ شکن نیز چنین تاثیری می گذارند. این مواد بسیار ریز که سطح جانبی بالایی دارند باعث افزایش آب مخلوط بتن جهت مرطوب شدن همه دانه ها می گردد.

۳- ناخالصی های نمکی (آلودگی به املاح)

معمولا ماسه های که از ساحل دریا یا مصب رودخانه ها جمع آوری می شود ، دارای نمک می باشند که با شستن آن با آب آشامیدنی از دانه ها جدا می شوند. ماسه های دارای نمک باعث زنگ زدگی و خوردگی آرماتور در بتن مسلح می شوند. وجود نمک در دانه های سنگی باعث جذب آب توسط این نمک ها از هوا شده و ایجاد شوره می کند که معمولا بصورت ذرات سفید رنگی در سطح بتن نمایان می گردد.

۴- نا سالمی دانه ها به جهت وجود ناخالصی ها (ذرات ناسالم)

دو نوع کلی از ذرات ناسالم وجود دارند : آنهائی که نمی توانند یکپارچگی خود را حفظ نمایند و آنهائی که در هنگام یخ زدن و یا حتی در معرض آب قرار گرفتن انبساط مخرب ایجاد می کنند.

شیل و سنگدانه های رسی و سایر دانه ای دیگر با وزن مخصوص کم و همچنین ذرات سست مانند کلوخ های رسی ، چوب و ذغال به عنوان سنگهای ناسالم به حساب می آیند . همچنین مواد نرم نظیر کلوخه های رس و چوب و زغال سنگ سبب ایجاد لکه و پوسته شدن بتن می گردند . مقدار زیادی از این دانه ها حدود ۲ تا ۵ درصد وزنی سنگدانه ها در بتن اثر معکوسی بر مقاومت بتن ایجاد نموده و نبایستی در بتن هایی که در معرض فرسایش قرار می گیرند، بکار روند.

ذغال علاوه براینکه سست و کم قدرت است می تواند باعث تورم و سبب گسیخته شدن بتن گردد و اگر چنانچه مقادیر زیادی از آن بصورت پودر نرم موجود باشد می تواند در فرآیند سخت شدن خمیر سیمان اختلال ایجاد نماید. وجود میکا در سنگدانه ها نا مطلوب است زیرا میکا در حضور عوامل شیمیایی فعالی که در جریان هیدراتاسیون سیمان تولید می شود به شکلهای دیگری تغییر می یابد. وجود میکا بر مقدار آب لازم بتن و بنابراین بر مقاومت آن اثر نامطلوب خواهد داشت.

میکا و سنگ گچ و سایر سولفاتها و نیزبعضی از سولفورها مانند پیریت در سنگدانه ها مضر بوده و از مصرف آنها باید خودداری کرد. این سولفید ها با آب و اکسیژن هوا واکنش داده و بخصوص در شرایط مرطوب و گرم سطح بتن را لکه دار و ممکن است باعث از هم پاشی خمیره سیمان و قلوه کن شدن سطح بتن گردد. وجود اکسید های همچون سرب به مقدار خیلی زیاد ی گیرش بتن را به تاخیر می اندازد و مقاومت اولیه بتن را کاهش می دهد.

تغییرات حجم سنگدانه ها(سلامت سنگدانه ها)

علل فیزیکی ایجاد تغییرات حجم در سنگدانه ها معمولا شامل یخ زدن و آب شدن ، تغییرات حرارت در دماهای بالای درجه یخبندان و تر و خشک شدن های متوالی آنها است. درسنگدانه های ناسالم تغییرات شرایط فیزیکی سبب فساد بتن می گردد که به شکلهای خرابی موضعی و بیرو ن پریدگی ظاهر می گردد. در پاره ای موارد ترکهای سطحی نیز ظاهر می شود. سنگهای ناسالم از جمله فلینت های متخلخل و چرت ها ، بخصوص نوع سبک آنها با بافت متخلخل و بعضی از شیل ها و ذرات دارای کانیهای رس سبب خرابیهای فوق می شوند.

واکنش قلیایی سنگدانه ها

واکنشهای بین اجزاء سیلیسی فعال سنگدانه ها و قلیایی های موجود در سیمان

سنگدانه هایی که در بتن پایداری شیمیائی دارند، واکنش شیمیائی زیان آوری با سیمان نخواهند داشت . با این حال دانه هایی که دارای برخی مواد معدنی باشند با قلیائی های سیمان K2O و Na2O واکنش نشان می دهند ، به ویژه زمانی که بتن در معرض گرما و رطوبت باشد. این گونه واکنشهای قلیائی سنگدانه ها می تواند موجب انبساط غیر عادی و ترک خوردگی در بتن شود. بطور کلی می توان گفت مهمترین ضابطه لازم برای سنگدانه های بتن به پایائی و خنثی بودن شیمیایی آنها در شرایط حاکم بر آنها مربوط می شود.

خسارت ناشی از واکنش قلیائی سنگدانه ها پس از گذشت زمان طولانی بیش از ۵ سال بوقوع می پیوندد و لذا یک عامل نگرانی و عدم اطمینان می باشد. عواملی که باعث پیشرفت واکنش سنگدانه ها با قلیایی سیمان می شوند عبارتند از:

۱- تخلخل سنگدانه ها

۲- مقدار قلیایی های سیمان K2O و Na2O

۳- وجود آب و نفوذپذیری بتن

اساسا واکنش در قسمتی از بتن که دائما مرطوب است یا قسمتهائی که در معرض تناوب های تر و خشک شدن قرار دارند و در محدوده دمای بین ۱۰ تا ۳۸ درجه سانتی گراد انجام می شود.

راههای پیشگیری از واکنش قلیائی سنگدانه ها:

چنانچه مصالح سنگی مستعد واکنش با قلیایی های سیمان باشد باید از مصرف چنین سنگدانه هایی در بتن خوداری گردد. چنانچه این امر میسر نباشد موارد زیر تاحدودی می تواند موثر باشد.

۱- استفاده از سیمان با درصد قلیایی کمتر از ۰/۶%

۲- جایگزین کردن حداقل ۱۵ ٪ وزنی سیمان با پوزلان

۳- جایگزین کردن بخشی از سنگدانه ها با سنگدانه های غیر فعال ۳۰%

۴- تامین شرایط محیطی نسبتا خشک برای بتن

۵- استفاده از مواد حباب هوازا

۶- کم کردن نفوذپذیری بتن

ضوابط حمل و نقل ، تحویل و نگهداری سنگدانه های مصرفی در بتن (مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان):

ضوابط بارگیری ، حمل و نقل، تخلیه و انبارکردن سنگدانه های مصرفی در بتن به قرار زیر است:
۱) شرایط باید به گونه ای باشد که مواد خارجی و زیان آور در سنگدانه ها نفوذ نکنند.
۲) شرایط باید به گونه ای باشد که دانه های ریز و درشت در یک دپو از یکدیگر جدا نشوند.
۳) شرایط باید به گونه ای باشد که سنگدانه ها شکسته نشوند.
۴) محل نگهداری سنگدانه ها باید دور از پوشش گیاهی و مواد آلوده کننده باشد.
۵) شن های با حداکثر اندازه ۳۸ میلیمتر یا کمتر باید در دو گروه کمتر و بیشتر از ۱۹ میلیمتر نگهداری شوند. این کار امکان جدا شدن دانه ها از یکدیگر را کاهش می دهد.
۶) دیواره های تقسیم دپوی مصالح سنگی باید به گونه 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.
۷) در هنگام بارش و یا یخبندان، باید سنگدانه های واقع در فضای آزاد با برزنت یا ورقه های پلاستیکی پوشانیده شود.
۸) در هنگام گرمای شدید، باید بر روی سنگدانه های واقع در فضای آزاد، سایبان درست شود.
۹) شیب مخروط های دپوی شن و ماسه نباید زیاد باشد زیرا شیب زیاد دپوها موجب جدا شدن دانه های ریز و درشت از هم می شود.
۱۰) سنگدانه ها تا حد امکان باید به صورت لایه هایی با ضخامت یکسان بر روی یکدیگر ریخته شده و انبار شوند . سنگدانه ها باید با لودر یا وسایل مناسب دیگر به گونه ای برداشته شوند که هر بار قسمت هایی از همه لایه های افقی برداشته شوند.
۱۱) در صورت تخلیه سنگدانه ها هنگام باد، باید تدابیری اتخاذ گردد که از جدا شدن ذرات ریز جلوگیری شود.

۱۲) محل دپوی شن و ماسه باید به گونه ای باشد که همواره امکان تخلیه آب مازاد آنها وجود داشته باشد.
۱۳) سنگدانه های انبار شده در دپو باید حداقل ۱۲ ساعت در محل باقی مانده و سپس مصرف شود. این امر موجب می شود که رطوبت سنگدانه ها به حد یکنواخت و پایدار برسد.
۱۴) سیلوی ذخیره سنگدانه ها حتی المقدور باید با مقطع مربع یا دایره و شیب مخروط یا هرم تحتانی آن کمتر از ۵۰ درجه باشد .مصالح سنگی باید به صورت 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.
۱۵) در صورتی که شرایط به گونه ای باشد که امکان شکسته شدن سنگدانه ها در حین جابجا کردن یا انبار کردن وجود داشته باشد، باید قبل از ساخت بتن با این سنگدانه ها، بار دیگر آنها را دانه بندی کرد.
۱۶) ضوابط مربوط به جلوگیری از جدا شدن سنگدانه ها باید در مورد سنگدان ههای گرد گوشه ، که بیشتر مستعد این امر هستند، جدیتر رعایت شود.
۱۷) در هنگام بارش برف و یخبندان ، سنگدانه ها باید به گونه ای انبار شوند که امکان یخ زدگی و نیز جمع شدن برف و یخ بین دانه ها وجود نداشته باشد.
۱۸) 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.
۱۹) درهنگام تحویل هر محموله از سنگدانه های وارده به کارگاه ، باید وضعیت ظاهری آن ها از نظر اندازه، شکل دانه ها و ناخالصی های آن با چشم کنترل شود.

آب (Water) در بتن

نقش آب در بتن عبارتست از:

(۱) از آب برای شستشوی مصالح سنگی (شن و ماسه) استفاده می شود.

(۲) آب با سیمان ترکیب شیمیایی می شود، در اثر این ترکیب خمیر سیمان حاصل می گردد. ذرات و دانه های خنثی شن و ماسه در این خمیر معلق می مانند تا اینکه خمیر سیمان سخت شود. همچنین آب به عنوان یک عامل روانساز در بین ذرات ریز و زبر دانه های سنگ قرار می گیرد تا بدین وسیله بتن خاصیت کارپذیری و بکار گرفتن را پیدا نماید و بتن ریزی به سهولت انجام شود.

(۳) عمل آوری بتن بعد از بتن ریزی نیز نیازمند آب است.

کیفیت آب در بتن از آن جهت حائز اهمیت است که ناخالصی‌های موجود در آن ممکن است در گیرش سیمان اثر گذاشته و اختلالاتی به وجود آورند. همچنین آب نامناسب ممکن است روی مقاومت بتن اثر نامطلوب گذاشته و سبب بروز لکه‌هایی در سطح بتن و حتی زنگ زدن آرماتور شود. در اکثر طرح های اختلاط، آب مناسب برای بتن آبی است که برای نوشیدن مناسب باشد. مواد جامد چنین آبی به ندرت بیشتر از ppm ۲۰۰۰ بوده و به طور معمول کمتر از ppm ۱۰۰۰ می‌باشد. معیار قابل آشامیدن بودن آب برای اختلاط مطلق نیست و ممکن است یک آب آشامیدنی به جهت داشتن درصد بالایی از یونهای سدیم و پتاسیم که خطر واکنش قلیایی دانه‌های سنگی را به همراه دارد، برای بتن سازی مناسب نباشد. به عنوان یک قاعده کلی هر آبی که pH آن بین ۶ الی ۸ بوده و طعم شوری نداشته باشد می‌تواند برای بتن مصرف شود. استفاده از آب نامناسب در ساخت بتن مسائل و مشکلات زیر را به دنبال خواهد داشت:

۱. زمان گیرش سیمان به تاخیر افتاده، بتن دیرگیر می شود.
۲. باعث افت مقاومت نهایی بتن می شود (گاهی تا ۳۰٪ مقاومت را کاهش می دهد).
۳. موجب خوردگی و زوال تدریجی میلگرد ها می شود.
۴. روی سطح بتن خشک شده نهایی، لکه هایی را ایجاد می کند که این مسئله بخصوص در بتن هایی که سطح آن ها در نما قرار می گیرد حائز اهمیت است.

در یک ملاحظه کلی می توان گفت آبی برای ساختن بتن مناسب است که دارای خواص زیر باشد:

۱. اسیدی و بازی نباشد (pH بین ۶ تا ۸)
۲. درصد کربنات هایش کمتر از ۰.۱ درصد باشد.
۳. درصد جامدات (ذرات معلق) در آن (مانند سیلت) کمتر از ۰.۱ درصد باشد.
۴. درصد کلرور هایش کمتر از ۰.۰۵ درصد باشد.
۵. درصد سولفات هایش کمتر از ۰.۱ درصد باشد.

به طور کلی آبی که باعث شود افت مقاومتی بیش از ۱۰٪ در بتن ایجاد شود (نسب به بتن با ویژگی های مشابه منتهی با آب خلاص) برای بتن سازی مناسب نیست. اگر آب صاف و مناسب برای ساخت بتن موجود نبود، حمل آب از مناطق دورتر از تصفیه آب نامناسب ارزان تر تمام می شود که این مسئله باید مورد بررسی قرار گیرد. شرایط آب مناسب برای بتن سازی به صورت دقیق تر و با نتایج آزمایشگاهی قابل بررسی است.

پارامترهای تاثیرگذار بر کیفیت آب:

۱- کربنات های قلیایی:

کربنات های قلیائی موجود در آب باید از ۰/۱ درصد یا ۱۰۰۰ ppm کمتر باشد. همچنین جمع درصد کربنات سدیم و کربنات پتاسیم باید از ۱۰۰۰ ppm یا ۰/۱ درصد کمتر باشد.

۲- کلرور ها:

کلرورها بر روی میلگرد ها اثر نامطلوب داشته و موجب خوردگی آن ها می شوند. لذا میزان مجاز کلرورها در آب بسته به نوع بتن و اهمیت آن متفاوت است. مقدار مجاز کلرور در آب برای بتن پیش تنیده حداکثر ۰/۰۶ درصد وزنی، برای بتن آرمه در محیط مرطوب و در مجاورت کلرور ۰/۱ درصد وزنی، و برای بتن آرمه در محیط مرطوب و غیر مجاور در محیط کلرور ۰/۱۵درصد وزنی است. مقدار کلرور در آب مصرفی برای بتن آرمه ای که در محیط خشک قرار گیرد محدودیتی ندارد.

کلرورها می تواند توسط هر یک از مواد اختلاط مانند افزودنی ها ، سنگدانه ها ، سیمان و آب یا از طریق نمکهای یخ زدا یا آب دریا وارد بتن شوند و با توجه به تعداد منابع ورود کلرور به بتن ، تعیین حداقل قابل قبول برای مقدار کلریدها در هریک از مواد تشکیل دهنده از قبیل آب اختلاط ، دشوار می باشد.

۳- سولفات ها:

مجموع سولفات های موجود در آب نباید از ۰/۳ درصد تجاوز کند. از بین سولفات ها، سولفات سدیم و سولفات منیزیم از همه نامناسب تر هستند، بطور کلی سولفات ها مقاومت بتن را کاهش می دهند.

۴- کربنات ها:

جمع کربنات کلسیم و منیزیم موجود در آب مورد استفاده در ساخت بتن اگر تا ۰/۴ درصد باشد، مضر تلقی نمی شود.

۵- نمک های آهن:

جمع مقدار نمک های مختلف آهن در آب بتن تا حد ۴ درصد، معمولا به صورت قابل توجهی بر مقاومت بتن تاثیر نمی گذارد. لکن باید سایر تاثیرات احتمالی را نیز مدنظر قرار داد.

۶- نمک های منگنز – قلع – روی – سرب:

جمع این نمک ها نباید از ۰/۵ درصد بیشتر باشد.

۷- سولفور سدیم:

از نامناسب ترین ناخالصی های آب بتن است، و مقدار مجاز آن حداکثر ۱٪ درصد است.

۸- آب دریا:

آب دریا دارای ۳/۵ درصد نمک، شامل کلرورها، سولفات ها و ... است و بتن ساخته شده با آن دارای ۱۰ تا ۳۰ درصد افت مقاومت نسبت به نمونه مشابه ولی با آب خالص است، از طرفی کلر موجود در آب دریا موجب خوردگی میلگردها در طول زمان می شود. بنابراین استفاده از آب دریا در بتن آرمه مجاز نیست و فقط می توان از آن در موارد اضطراری و به صورت محدود در ساخت بتن های غیر مسلح استفاده کرد.

آب باران و آبهای طبیعی و کوهستانی ضمن طی مسیر خود مقداری CO_2 موجود هوا را در خود حل می نماید. همچنین آب قادر به حل کردن حدود ۳.۱ گرم در لیتر آهک است . وجود این دو در کنار یکدیگر باعث تشکیل بی کربنات و سپس کربنات کلسیم می شود. از آنجایی که در حین هیدراته شدن سیمان ، هیدروکسید آهک آزاد می گردد، لذا امکان ترکیب CO_2 موجود در آب با آهک موجود در سیمان وجود دارد و در نتیجه ایجاد خلل و فرج و سوراخهای ریزی در بتن می شود که نهایتا باعث افت مقاومت فشاری آن می گردد. املاح منیزیم موجود در آب، اغلب به صورت سولفات هستند. از جمله اثرات بارز وجود سولفاتها ایجاد انبساط حجمی و تورم در ملات یا بتن می باشد.

۹- گل و لای:

گل و لای به دو صورت در آب موجود است:

۱. رس، که آب را گل آلود می کند.
۲. ریزدانه های معلق.

مقدار گل و لای مجاز در آب، ۰/۲ درصد وزن آب یا ۲۰۰۰ ppm است. چنانچه میزان گل و لای آب بیش از حد مجاز بود، ابتدا آب را به حوضچه های ته نشینی هدایت نموده و ظرف مدت ۲۴ ساعت آن را به صورت راکد نگه میدارند. پس از گذشت ۲۴ ساعت ریزدانه های معلق و قسمت زیادی از رس ته نشین شده و آب قابل استفاده جهت بتن سازی می شود. آب حاوی گل و لای از این نظر برای ساخت بتن مضر است که گل و لای به صورت یک حائل به اطراف دانه های سنگی چسبیده و مانع آن می شود که سیمان دانه ها را به خوبی به یکدیگر بچسباند.

۱۰- چربی ها:

چربی های موجود در آب معمولا بر دو نوعند:

۱. چربی معدنی مانند نفت و انواع روغن های صنعتی.
۲. چربی گیاهی یا حیوانی مانند روغن حیوانی و گیاهی.

از انواع چربی ها وجود چربی معدنی در آب بتن، مضر تر است. عمده ضرر چربی ها آن است که با ایجاد پوشش در سطح دانه ها از چسبیدن دانه ها به سیمان جلوگیری می کند.

تجربه نشان داده است بتن ساخته شده با آبی که ۲ درصد وزنی سیمان، چربی معدنی دارد (در مقایسه با نمونه مشابه ولی با آب خالص) حدود ۲۰٪ افت مقاومت داشته است. برای حدود مجاز میزان چربی در آب بتن، حد مجازی تعیین نشده است و بررسی این مسئله در کارگاه به تشخیص ناظر مهندس کارگاه واگذار شده است. ولی بطور کلی برای استفاده از آب چربی دار باید قبلا نمونه هایی ساخته و نتایج را کنترل کرد. در هر حال آب های چربی دار می توانند برای بتن مضر باشند.

۱۱- خزه ها:

آب هایی که از باتلاق ها یا بعضی رودخانه مورد استفاده قرار می گیرد، معمولا دارای خزه است، آب های حاوی خزه به هیچ وجه و تحت هیچ شرایطی برای بتن سازی مناسب نیست، زیرا اولا خزه ها بر روی دانه ها چسبیده و از چسبندگی سیمان به دانه ها جلوگیری می کنند که این مسئله موجب افت مقاومت نهایی بتن می شود و ثانیا خزه ها معمولا حاوی مقدار زیادی هوا هستند، بنابراین با به کارگیری آب های حاوی خزه، حباب های هوای بیشتری داخل بتن شده و در نتیجه فضای خالی بتن افزایش می یابد که همین امر موجب کاهش مقاومت می شود.

آب مناسب برای عمل آوردن بتن

اصولا آبی که برای ساختن بتن مناسب است برای عمل آوردن آن نیز مطلوب خواهد بود. به هر حال وجود مواد آهنی و آلی در آب سبب ایجاد لکه روی سطح بتن شده و این امر هنگامی که آب به آرامی روی سطح بتن جریان دارد و سریع تبخیر می شود تسریع می گردد. در پاره ای از موارد که ظاهر بتن اهمیت ندارد استفاده از آبی که برای مخلوط بتن به کار می رود و حتی کیفیت آن کمی پایین تر از آب مناسب مخلوط می باشد برای عمل آوردن مجاز می باشد.

به طور کلی توصیه می شود آبی که برای عمل آوردن بتن مصرف می شود از موادی که ممکن است روی بتن سخت شده تاثیر بگذارند عاری باشد.(به عنوان مثال آبی که دارای CO_2 آزاد است روی بتن اثر می گذارد.)

آزمایشهای آب

روش ساده ای که برای بررسی سلامت آب جهت اختلاط در بتن به کار میرود مقایسه زمان گیرش سیمان و مقاومت نمونه های مکعبی ملات های ساخته شده با آب مشکوک و آب مناسب بتن ریزی می باشد. استاندارد BS 3148 تغییر و افت مقاومت تا ۱۰ درصد را در آزمایش بالا مجاز می داند. چنین آزمایش هایی برای آبهایی که هیچ سابقه معینی از آنها در دست نیست و آبهایی که مواد محلول آنها بیشتر از ppm ۲۰۰۰ و یا کربناتها و بی کربناتهای قلیایی آنها بیشتر از ppm ۱۰۰۰ باشد توصیه نمی گردد. به هنگام برخورد با مواد جامد غیر محلول در آب نیز می توان از آزمایشهای فوق استفاده نمود.