



# شناخت مواد و مصالح ساختمانی

# خصوصیات عمومی مصالح:

- خواص فیزیکی
- خواص شیمیایی
- خواص مکانیکی
- خواص کاربردی
- خواص معمارانه
- هزینه ها و مسائل اقتصادی

# خواص فیزیکی:

- **اطلاعات پایه ای** (ابعاد و اندازه ها، وزن، جرم مخصوص، جرم مخصوص فضایی، تخلخل، سطح ویژه)
- **تأثیر فیزیکی آب و رطوبت** (قابلیت جذب آب، ضریب نرمی، ضریب خشک شدن، مقاومت در برابر تغییر رطوبت محیط، عدم نفوذ آب، مقاومت در برابر یخبندان)
- **واکنش مصالح در برابر تغییرات حرارتی** (شوک، تغییرات تدریجی دما، افزایش و کاهش های بیش از حد معمول، ضریب هدایت حرارتی و مقاومت حرارتی، خاصیت انعکاس، جذب و انتشار حرارت از سطوح، ضریب انبساط و انقباض خطی و سطحی و حجمی، ظرفیت حرارتی) و آتش (مقاومت در برابر آتش، سرتابی)
- **تأثیر متقابل نور، صوت و الکتروسیته** (قابلیت جذب و انعکاس و عبور نور، قابلیت جذب و انعکاس صوت، میزان هدایت الکتریکی)

# خواص فیزیکی:

## • قابلیت جذب آب:

- خصوصیتی از مصالح است که موجب جذب بخار آب از هوا می شود. این ویژگی به دمای هوا و رطوبت نسبی، نوع خلل و فرج، تعداد و ابعاد آنها و در نهایت به طبیعت ماده مورد نظر وابسته میباشد
- سطوح بعضی از مصالح به نام نگاه دارنده آب یا هیدروفیل شناخته می شوند و برخی دیگر، آب را دفع مینمایند
- مصالح نگاه دارنده آب (هیدروفیل)، مستعد تحلیل رفتن در آب هستند، در حالی که مصالح دافع آب به شدت در برابر اثرات آب و مواد همراه آن مقاومت می کنند
- در شرایط مشابه، میزان تأثیر آب بر مصالح بستگی به سطح ویژه به همراه حفره ها و آوندهای آنها دارد
- در مصالح با تخلخل مساوی، آنهایی که دارای حفره ها و آوندهای کوچک تر هستند، به مراتب بیشتر از مصالح دارای حفره ها و آوندهای بزرگ، تحت تأثیر آب قرار می گیرند

# خواص فیزیکی:

- **سرتابی:** خصوصیتی از مصالح است که بیانگر توانایی تحمل در برابر حرارت بسیار زیاد در مدت زمان طولانی است بدون آنکه ذوب بشود یا شکل خود را از دست بدهد
- **ضریب نرمی:** برای مصالحی که به شدت جاذب آب هستند و بسیار تحت تأثیر آن قرار می گیرند، مانند خاک رس نزدیک به عدد صفر است و در مقابل، ضریب نرمی مصالحی که مقاومت خود را تحت تأثیر آب حفظ می کنند، مانند شیشه و فلزات برابر با یک میباشد. مصالح با ضریب نرمی  $0/8$  و بیشتر به عنوان مصالح ضد آب شناخته می شوند. مصالح با ضریب نرمی کمتر از این مقدار نباید به طور دائم در مقابل تأثیرات رطوبت قرار گیرند

# خواص فیزیکی:

• **سطح ویژه:** سطح کلی یک گرم از ماده را بر حسب سانتیمتر مربع، سطح ویژه میگویند. این پارامتر در مصالحی نظیر خاک، گچ و سیمان از اهمیت ویژه ای برخوردار است. زیرا با سطح ویژه بیشتر، سطح تماس دانه ها با آب افزایش میابد و نتیجه مطلوبتری هنگام استفاده حاصل میشود

• **ظرفیت حرارتی:** ظرفیت حرارتی ویژگی جذب حرارت در مصالح است که سبب بالا رفتن دمای آنها میشود. این خصلت بر مبنای گرمای ویژه سنجیده میشود و به جنس، جرم و تفاوت دمای مصالح با دمای محیط بستگی دارد. این خصلت زمانی اهمیت پیدا میکند که میزان ثبات و ذخیره سازی حرارت در مصالح مثلاً در جداره های ساختمان مدنظر است

# خواص شیمیایی:

- **دوام و پایداری شیمیایی مصالح (اکسیداسیون یا زنگ زدگی، خوردگی)** در مقابل تأثیر اسیدها و بازها، تأثیر آب، تأثیر روغنها، تأثیر حلالها، تأثیر نمک های سولفات، سولفورها، کلرات، کلرور، نیتراتها
- **گرمزایی و گرماگیری:** واکنشهای شیمیایی که در مصالح رخ میدهند گاهی سبب آزاد شدن گرما و گاهی نیز باعث جذب گرما میشوند. در این گونه موارد باید تمهیدات لازم را در نظر گرفته شود تا گرمای آزاد شده یا جذب شده در مصالح ایجاد اختلال نکند. فرآیند گیرش سیمان عملی گرمازا و تولید چسباننده های ساختمانی عملی گرماگیر است.
- **تبلور:** تبلور تمایل یک ماده برای تشکیل بلور است که در روند گذر آن ماده از حالت سیال (گاز یا مایع) به حالت جامد روی میدهد. تبلور مصالحی نظیر سیمان سخت شده به علت تشکیل جسمی سخت تر باعث افزایش مقاومت آن میشود
- **تأثیر شیمیایی مصالح بر یکدیگر بر اثر مجاورت آنها با یکدیگر**
- **سمیت برخی از مصالح**



# خواص مکانیکی:

• **مقاومت:** مقاومت فشاری، مقاومت کششی، مقاومت برشی، پیچشی، مقاومت خمشی (خاصیت

چکش خواری)

• **سختی**

• **مقاومت در برابر سایش**

• **تغییر شکل مکانیکی:** تغییر شکل مصالح بر حسب بار وارده (شکل پذیر، شکل ثابت، تغییرات در

طول زمان، خاصیت تورق)

# خواص کاربردی مصالح:

- ویژگی های کاربردی مصالح، پهنه وسیعی از اطلاعات علمی و تجربی می باشد که در نتیجه نهایی کار، تأثیر چشمگیری را به وجود می آورد
- پیش بینی مسایل مربوط به نحوه خرید، حمل، تخلیه و انبار داری مصالح، به نحو چشمگیری در هزینه های اجرائی پروژه مؤثر می باشد
- ابعاد و اندازه مصالح و تخصص لازم برای به کار گیری مصالح و به اجرا در آوردن طرح، نکات مهم بعدی هستند
- نیاز به ماشین آلات جانبی برای استفاده از مصالح خاص، پیچیدگی نصب و یا نیاز به انجام کارهای واسطه ای برای امکان بهره برداری از قطعه یا مصالح، امکان تولید در محل کارگاه یا خرید و حمل، دقت لازم در استفاده از هر مصالح با تنوع بیش از حد انواع، خود در تعیین برنامه پیشرفت پروژه و هزینه های مربوط با آن نقش عمده ای را ایفا می کند
- لذا یک مهندس معمار مجرب با در نظر داشتن کلیه مسایل اجرایی، انتخاب اصلح را انجام می دهد

# سایر خواص مصالح:

• خواص معمارانه مصالح

• هزینه ها و مسائل اقتصادی

• نحوه بسته بندی

• حمل و نقل

• ابزارهای مرتبط

• نحوه انبار کردن

• آزمایشات متعارف

خاک

# خاک :

- ساختمانی که ساخته می شود بر روی بستری از خاک مناسب قرار می گیرد. همچنین در راهسازی، خاک مطلوب یکی از مصالح عمده و اساسی می باشد؛ لذا شناسایی آن از اهمیت ویژه برخوردار است
- خاک به عنوان یک توده نامتجانس و نتیجه عمل فرسایش آب زدگی و هوازدگی دانه های کانی است که یا به هم پیوسته اند و یا به طور ضعیف به هم چسبیده اند
- این توده به همراه خود فضاهایی خالی دارد که ممکن است محتوی آب، هوا و یا مواد آلی با درصدهای مختلف باشد
- هر چه مقدار مواد آلی بیشتر باشد، رنگ خاک تیره تر میگردد

# ضرورت استفاده و کاربرد خاک:

• در ساختمان سازی، خاک از یک طرف به عنوان مصالح، مورد توجه مهندسين و طراحان قرار ميگيرد و از سوي ديگر به عنوان يك محيط طبيعي كه در اختيار آدمي قرار گرفته است، مورد توجه و استفاده است

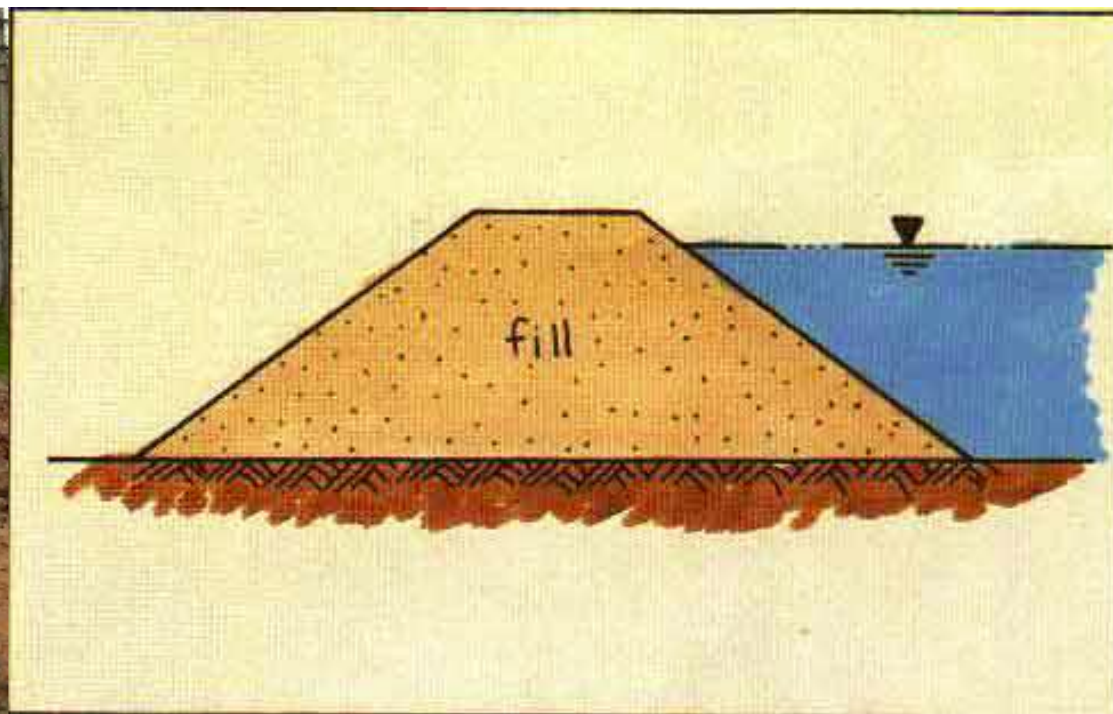
• **كاربرد خاک به عنوان مصالح (كاربرد اختياري):** ايجاد خاكريز پشت ديوارهاي حائل، زهكشيتها، روسازي راه و فرودگاه و نيز به عنوان ماده اصلي تهيه ملاتها، آجر، سراميك، كاشي، چيني، نسوزها، بتن و... .

• **كاربرد خاک به عنوان محيط و بستر (كاربرد اجباري):** زير پي ها و بستري كه ساختمان روي آن احداث ميشود، زيرسازي جاده ها، زير پايه پلها، محل قرار دادن لوله ها و تاسيسات مكانيكي و الكتريكي و... .

# ضرورت استفاده و کاربرد خاک:



خاک به عنوان بستر



ایجاد خاکریز

# خواص خاک:

- **خواص فیزیکی:** وزن مخصوص، رنگ، دانه بندی، ساختمان (ساختار) خاک، جذب آب، شکل پذیری (خاصیت پلاستیسته)
- **خواص شیمیایی:** خواص شیمیایی خاک به ترکیبات معدنی، مواد آلی و محیط بستگی دارد و برای خاکهای مختلف، متفاوت است. هر چه میزان اکسیدهای بازی در خاک بیشتر باشد، مقاومت آن در برابر اسیدها و نیز نقطه ذوب آن کاهش مییابد
- **خواص مکانیکی:** خواص مکانیکی خاکهای مختلف نظیر مقاومت برشی، سختی، میزان تغییر شکل در اثر بارهای وارده و ... باید با استفاده از آزمایشهای گوناگون مشخص شود. با توجه به متخلخل بودن خاک و وجود آب در بین حفره های آن و با توجه به خصلت تراکم ناپذیری آب، این مایع به خصوص در خاکهای ریزدانه میتواند از نشست آنی خاک در برابر بارهای وارده جلوگیری کند. این پدیده، تحکیم نام دارد و میزان آن توسط آزمایشهای ویژه محاسبه میگردد



# خواص فیزیکی:

## • دانه بندی:

• اندازه و شکل دانه های خاک بر ویژگیهای آن تاثیر می گذارند. خاکهای ریزدانه دارای وزن مخصوص و مقاومت کمتری هستند و آب بیشتری جذب کرده و برای کارهای عمرانی مناسب نیستند. خاک خوب دارای دانه بندی متشکل از ریز و درشت بوده و استحکام خوب دارد و و برای کارهای عمرانی مناسب است

• **دسته بندی ذرات بر حسب اندازه** نیز انجام میشود (ریزدانه (مانند رس و لای)، ماسه، ریگ، شن، قلوه سنگ)

• **دسته بندی بر حسب شکل ذره** (دانه های بزرگ، دانه های سنگی گوشه دار، دانه های سنگی نیمه گوشه دار، دانه های سنگی نیمه گرد، دانه های سنگی گرد، دانه های پولکی که دانه های سنگی گوشه دار بیشترین مقاومت را دارند)

• **جذب آب:** یکی از مشخصه های بارز خاک، جذب آب است. با جذب آب پاره ای از خواص خاک تغیر مییابد. خاک خشک خاصیت چسبندگی و قالب گیری ندارد، ولی با جذب آب، قابلیت چسبندگی، خمیری و قالب گیری پیدا میکند. برخی از خاکها چندین برابر وزنشان آب جذب میکنند. خاکهای دانه ریز جذب آب بیشتری دارند. زیرا آب به علت خاصیت موئینگی از شکافهای موئینه و باریک بیشتر بالا میرود. همچنین هر چه خاک خالص تر باشد، جذب آب آن بیشتر است

# خواص فیزیکی:

• **شکل پذیری (خاصیت پلاستیسته):** پنج عامل در میزان شکل پذیری خاک مؤثرند که عبارتند از: میزان آب موجود در خاک (خاک فقط در صورت مرطوب بودن (گل)، شکل پذیر است)، اندازه دانه های خاک (هر چه دانه های خاک ریزتر باشند، شکل پذیری آنها بیشتر است)، شکل دانه های خاک (هر چه دانه های پولکی شکل در خاک بیشتر باشد، لغزندگی آنها روی هم بیشتر شده و شکل پذیری خاک نیز افزایش میابد)، صیقلی بودن دانه ها (هر چه دانه ها صیقلی تر باشند، اصطکاک بین آنها کاهش می یابد و شکل پذیرترند)

• **انقباض هنگام خودگیری:** کلیه مصالح ساختمانی که هنگام مصرف با آب مخلوط میشوند (به جز گچ و سیمان انبساطی)، هنگام خودگیری و سخت شدن کاهش حجم پیدا میکنند. این ویژگی سبب ایجاد ترک در آنها می شود. در گذشته برای جلوگیری از ایجاد ترک در گل به آن گاه اضافه می کردند. هر چه میزان جذب آب خاک بیشتر باشد، میزان انقباض آن نیز بیشتر میشود

# انواع خاک:

- دسته بندی انواع خاکها براساس اندازه دانه های آنها صورت میگیرد. در نمودار زیر حدود اندازه دانه ها برای هر نوع خاک (بر حسب میلیمتر) مشخص شده است

قلوه	شن			ماسه			لای			خاک های رسی
	درشت	متوسط	ریز	درشت	متوسط	ریز	درشت	متوسط	ریز	
		۲۰	۶		۰/۶	۰/۲		۰/۰۲	۰/۰۰۶	
	۶۰			۲			۰/۰۶			۰/۰۰۲

# انواع خاک:

## • خاکهای رسی (Clay Soil):

- خاک رس مهمترین خاک مورد استفاده در صنعت ساختمان است و تنها چسب طبیعی محسوب میشود
- خاک رس خالص سفید رنگ است، ولی ناخالصیهایی نظیر زغال (سیاه)، گرافیت (خاکستری)، اکسید آهن (سرخ) و هیدرواکسید آهن (زرد) باعث رنگی شدن آن میشوند. بیشتر خاک رس موجود در طبیعت سرخ رنگ است
- دانه های خاک رس اغلب صفحه ای (پولکی) شکل هستند، یعنی یکی از ابعاد آنها از دو بعد دیگر بسیار کوچکتر است
- هر چقدر دانه های خاک رس ریزتر باشند، آن خاک مرغوبتر است
- خاک رس پس از اشباع شدن میتواند تا ۸ برابر حجم خود آب جذب کند و تا زمانی که خیس است، آب نمیتواند در آن نفوذ کند. بنابراین میتواند نقش آب بندی را ایفا کند. لذا در گذشته از آن برای آب بندی بام ها، آبنگورها و ... استفاده میکردند

# انواع خاک:

## • لای (Silt):

- لای، ذرات ریزدانه با خاصیت خمیری بسیار اندک است
- نوعی از این خاک را که دارای حداقل خاصیت خمیری است و عموماً از ذرات کوارتز تشکیل شده، آرد سنگ (Rock Flour) مینامند
- نوع دیگر را که خاصیت خمیری بیشتری دارد و دارای مقدار قابل ملاحظه ای ذرات پولکی شکل است، لای خمیری (Plastic Silt) گویند
- لای اغلب با رس اشتباه میشود، ولی با آزمایشهای ساده صحرایی می توان این دو را از هم تشخیص داد

# انواع خاک:

- **ماسه (Sand):**

- ماسه ها و شنها از تجزیه کانیهای مقاوم نظیر کوارتز به وجود می آیند. از ماسه برای تهیه انواع ملاتها، بتن، آجر ماسه آهکی و... استفاده میکنند. ماسه بر حسب منبع تهیه آن به چند دسته تقسیم میشود:

- **ماسه رودخانه ای (River Sand):** این ماسه مدت طولانی تحت تأثیر حرکت آب قرار گرفته و بنابراین گرد گوشه و دارای سطحی صاف است

- **ماسه کوهستانی (Quarry Sand):** این ماسه در حوالی بستر اولیه رودخانه ها یافت میشود. ماسه کوهستانی تیز گوشه است و در ساخت بتن چسبندگی بهتری با سیمان خواهد داشت

- **ماسه بادی (Blown Sand):** این ماسه از دانه های بسیار ریز تشکیل شده است و در کویرها، سواحل دریاها مانند دریای مازندران، خلیج فارس و در حاشیه برخی از رودها یافت میشود. ماسه بادی گرچه از مقاومت خوبی برخوردار است، ولی به علت ریزی دانه های آن مصرف چندانی ندارد و برای ساخت بتن مناسب نیست

- **ماسه شکسته (Stone Sand):** این ماسه به صورت مصنوعی و از خرد کردن سنگهای متراکم نظیر گرانیت به دست میآید. دانه های ماسه شکسته تیز گوشه است و سطوح بسیار خشنی دارد. از این رو برای ساخت بتن مناسب است

# انواع خاک:

• **شن (Gravel):** شن طبیعی عموماً از بستر رودخانه ها به دست می آید، از این رو اغلب گرد گوشه است و با ماسه مخلوط می باشد که آنها را با الک از هم جدا میکنند. ذرات شن خالص تماماً از هم جدا هستند، بنابر این شن فاقد ساختار است. همان گونه که اشاره شد، در دانه های رسی اندازه یکی از ابعاد از دو بعد دیگر بسیار کوچکتر است، ولی در شن و ماسه هر سه بعد به طور متناسب بزرگ هستند و مساحت زیاد سطح باعث تماس بیشتر با رطوبت می شود. شنی که دانه های آن گوشه دار باشد، برای تهیه بتن مناسب تر است

• **قلوه (Boulder):** مصالح سنگی درشت تر از شن را قلوه میگویند

# روشهای بهبود خاک:

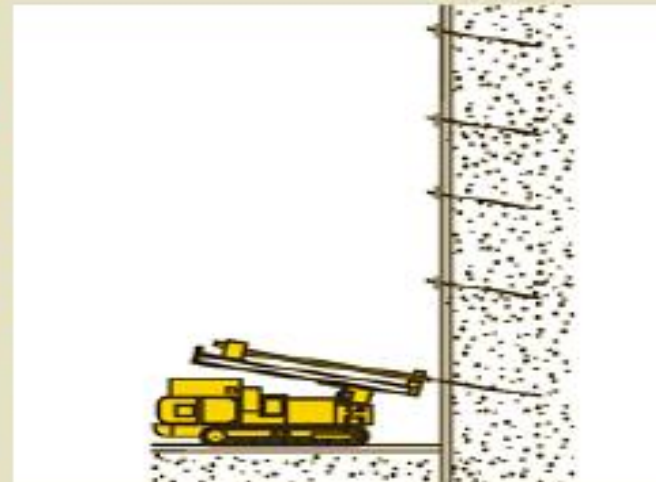
- **افزودنیهای فیزیکی:** این افزودنیها نظیر گاه، موی چهارپایان و... در خاک رس باعث مسلح شدن خاک و افزایش مقاومت کششی آن در سازه های قدیمی میشود. یکی دیگر از افزودنیهای فیزیکی در خاک، قیر است. اختلاط خاک با قیر معمولاً برای خاکهای درشت دانه نظیر شن و ماسه مناسب است. خاکهای ریزدانه در صورتی قابل تثبیت با قیر هستند که بتوان آنها را کاملاً از حالت کلوخه بودن خارج کرد و دانه های آن را با قیر اندود کرد. هر اندازه که مخلوط خاک و قیر متراکم تر شود، استقامت و باربری آن بیشتر خواهد بود.
- **افزودنیهای شیمیایی:** این افزودنیها با ایجاد فعل و انفعال با ذرات خاک باعث بهبود ویژگیهای مکانیکی از جمله افزایش ظرفیت باربری، کاهش نشست پذیری و کاهش نفوذ پذیری خاک میشوند. از جمله این مواد می توان به آهک، سیمان و ... اشاره کرد.
- **ژئوگرید (Geogrid) و ژئوسنتیک (Geosynthetic):** این مسلح کننده ها توسط اصطکاک ایجاد شده بین سطح خود و خاک، باعث افزایش مقاومت کششی خاک میشوند
- **مسلح کردن خاک با لاستیکهای فرسوده**
- **میخ کوبی (Nailing)، میل مهار (Anchor)، ریز شمعها (Microphile) و...**



## روشهای بهبود خاک:



تصویر شماره ۲۰.۲. چند تصویر از ژئوگرید و کاربرد آن



تصویر شماره ۲۱.۲. چند تصویر از میخ کوبی خاک

# سنگهای ساختمانی

# ضرورت استفاده و کاربرد سنگها:

- در بسیاری از نقاط ایران، سنگ از مصالح بوم آورد محسوب میشود که سهل الوصول، فراوان، ارزان و بادوام است
- انواع مختلف سنگها در پی سازی و نیز در داخل و خارج ساختمان برای کف سازی، پوشش نما، دیوار چینی، ازاره، تزئینات و... به کار میروند
- سنگ در ساخت ابنیه سنگین نظیر پلها، تونلها، بهمن گیرها، دیوارهای حایل، سنگ چین ها و همچنین در راه سازی نقش ویژه ای دارد. در دیوارهای چینه ای به صورت خشکه چین و در نماسازی با ملات استفاده میشوند
- یکی از فرآورده های سنگ، شن و ماسه است که در ترکیب با مواد چسبنده، مصالح ساختمانی جدید تولید میکنند. نظیر انواع ملاتها، محصولات بتنی، موزائیک، آسفالت و...

# گروه بندی زمین شناسی سنگها:

- **سنگهای آذرین:** سنگهای آذرین بر اثر سرد شدن مواد بسیار داغ درون زمین (ماگما) به وجود می آیند، از این رو آنها را سنگهای آتشفشانی، سنگهای خروجی یا اولیه نیز مینامند (نظیر گرانیت، دیوریت، سینیت، پرفیر گرانیت، پرفیر دیوریت و پرفیر سینیت، بازالت، پرفیریت ها)
- **سنگهای رسوبی:** این سنگها لایه لایه اند که ممکن است رنگ یا جنس هر لایه با لایه دیگر متفاوت باشد. ممکن است بقایای موجودات دریایی در لایه های آنها یافت شوند. ممکن است در حین رسوب، مقداری خاک و لای در بین لایه های این سنگها قرار گیرد (مانند انواع تراورتن و ماسه سنگ ها)
- **سنگهای دگرگونی:** برخی از سنگهای آذرین یا رسوبی تحت تأثیر فشار، حرارت زیاد، عوامل جوی و... دچار تغییر و دگرگونی میشوند و سنگهای دگرگونی را به وجود میآورند. این سنگها بر حسب آنکه تحت چه فشار و دمایی دگرگون شده اند، انواع مختلفی دارند. مقاومت سنگهای دگرگونی عموماً زیاد است و بیشتر آنها بافت کریستالی دارند. سنگ مرمر و شیست از این دسته اند

# انواع سنگ ها بر اساس شکل:

## • ساختگی (سنگ های کار شده):

- ۱- قواره
- ۲- حکمی
- ۳- دوتیشه
- ۴- چند نما
- ۵- چند وجهی
- ۶- پلاک (لوح)
- ۷- بادبر

## • طبیعی (سنگ های خام):

- ۱- سنگ های رودخانه ای
- ۲- سنگهای کوهی
- ۳- سنگهای لاشه
- ۴- سنگهای لایه لایه

## سنگهای کارشده و کاربرد آن:

- قبل از استفاده از سنگ در ساختمان ، معمولاً بر روی آن عملیاتی انجام می شود که کار آیی و زیبایی آن را افزایش می دهد. به این علت این دسته از سنگ ها را سنگ های کارشده می گوئیم. از سنگ های کارشده ، موارد زیر ساخته می شود:
- **سنگ قواره:** که با حذف گوشه های تیز و زاید سنگ لاشه به دست می آید. ابعاد آن نباید کمتر از ۱۵ سانتی متر باشد.
- **سنگ بادبر یا رگه ای:** این نوع سنگ ها به صورت تقریباً مکعبی در می آیند. سطح نمای آنها را تقریباً مربع یا مستطیل شکل میسازند. حداکثر برجستگی ( بار) سطح نمای آنها ۴ سانتی متر است و حداقل عرض و ارتفاع آن به ترتیب ۲۰ و ۱۵ سانتی متر است. اگر به منظور ایجاد درزهای ملات خورظریف تر ، قسمت های ملات خور این نوع سنگ ها را به کمک کلنگ مخصوص تراشند به آن **سنگ سرتراش** می گویند و اگر چهار وجه ملات خور را کاملاً و بادقت گونیا نمایند آن را **سنگ سرتراش گونیا شده** می نامند.
- **سنگ بادکوبه ای:** این سنگ در حقیقت سنگ سرتراشی است که دورتادور وجه نمای آن را به عرض ۱/۵ تا ۳ سانتی متر با قلم تراش داده اند و بقیه سطح نما را تیشه داری می کنند.
- **سنگ اندازه یا حکمی:** اگر سنگ به اندازه مشخصی که در نقشه منظور شده است، در آید، به آن (( سنگ اندازه )) می گویند.

## سنگهای کارشده و کاربرد آن:

- **سنگ های چند نما یا تمام تراش:** اگر همه سطوح قائم و افقی سنگ را دست تراش نمایند، به آن سنگ (( دست تراش )) می گویند.
- **سنگ چند وجهی:** این سنگ ها به صورت چند وجهی نامنظم در آمده و در نما کنار یکدیگر قفل و بست می شوند. در این نوع سنگ ها ابعاد وجوه نباید کمتر از ده سانتی متر باشد
- **سنگ پلاک:** در کارخانه، سنگ های فله را به ضخامت و ابعاد مورد نیاز می برند. به این دسته سنگ ها که معمولاً چهار گوش و دارای لبه های قائم هستند، سنگ (( پلاک )) می گویند. سنگ های پلاک بر حسب پرداخت سطح نمای آنها به نام های کلنگی، چکشی، تیشه ای ( یک تیشه و یا دو تیشه )، ساخته و پرداخته یا ساب خورده شناخته میشوند. ضخامت سنگ های پلاک بر حسب نوع و کاربرد آنها انتخاب می شود. برای نمونه سنگ های گرانیت مرغوب را تا ۳ میلی متر ضخامت برش داده و پرداخت می کنند انتخاب سطح نهایی سنگ علاوه بر مسایل زیباشناسی و محل کاربرد سنگ، به جنس سنگ بافت آن بستگی دارد
- برخی از سنگها جلاپذیر نیستند، بنابراین از روش های دیگری برای ایجاد جلوه در آنها استفاده می شود

# انواع سنگ های ساختمانی براساس منشاء:

- ۱۰. مخلوط کوهی
- ۲۰. مخلوط رودخانه ای
- ۳۰. گرانیت ها
- ۴۰. ماسه سنگ ها
- ۵۰. سنگ های آهکی
- ۶۰. مرمر
- ۷۰. کوارتزیت
- ۸۰. سنگ های رسی
- ۹۰. سنگ گچ



## انواع سنگ (بر اساس معادن):

### • گرانیت ها:

۱. گرانیت شکلاتی خرمدره

۲. گرانیت سبز زفره پیرانشهر

۳. گرانیت سبز بیرجند

۴. گرانیت گل پنبه ای همدان، کرمان،

مروارید مشهد، تکاب، شیرکوه یزد،

جوکار، بروجرد، زاهدان

۵. گرانیت سفید نطنز

۶. گرانیت مشکی نطنز

۷. گرانیت مشکی توپسرکان، چایان،

همدان، نطنز، پیرانشهر و الموت

۸. گرانیت قرمز یزد و اصفهان

۹. گرانیت گرم نهبندان

۱۰. گرانیت کلار دشت

# انواع سنگ (بر اساس معادن):

## • دگرگونی:

- ۱. لاشه
- ۲. لاشه اصفهان
- ۳. سیاه نجف آباد
- ۴. مرمریت گوهره خرم آباد
- ۵. قرمز سندج
- ۶. مرمریت گرم یا صورتی آباده
- ۷. مرمریت کرمان
- ۸. مرمریت صورتی بجستان
- ۹. مرمریت جوشقان
- ۱۰. مرمریت خور
- ۱۱. مرمریت صلصالی
- ۱۲. مرمریت بوژان
- ۱۳. مرمریت گندمک شیراز
- ۱۴. مرمریت کاشمر
- ۱۵. چینی قروه
- ۱۶. چینی کریستال قروه
- ۱۷. چینی سفید تبریز
- ۱۸. چینی الیگودرز
- ۱۹. چینی ازنا
- ۲۰. چینی سفید ابری لای بید
- ۲۱. چینی سفید سیرجان

# انواع سنگ (بر اساس معادن):

## • رسوبی:

- ۱. بادبر اصفهان
- ۲. بادبر مرمریت جوشقان
- ۳. تراورتن کرم نطنز
- ۴. تراورتن لیموئی آذر شهر
- ۵. تراورتن لیموئی ماکو
- ۶. تراورتن لیموئی اصفهان
- ۷. تراورتن قرمز آذر شهر
- ۸. تراورتن شکلاتی
- ۹. تراورتن سفید تیشه ای

# انواع سنگ:



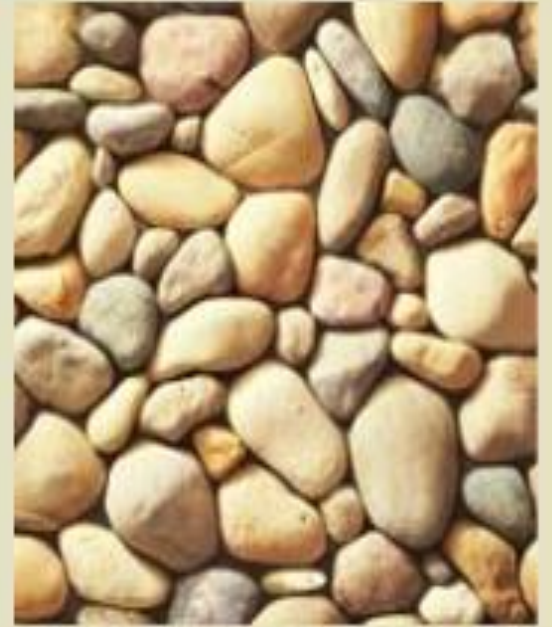
تصویر شماره ۱۶.۴.  
سنگ بادبر



تصویر شماره ۱۵.۴.  
سنگ قواره



تصویر شماره ۱۴.۴.  
سنگ لاشه

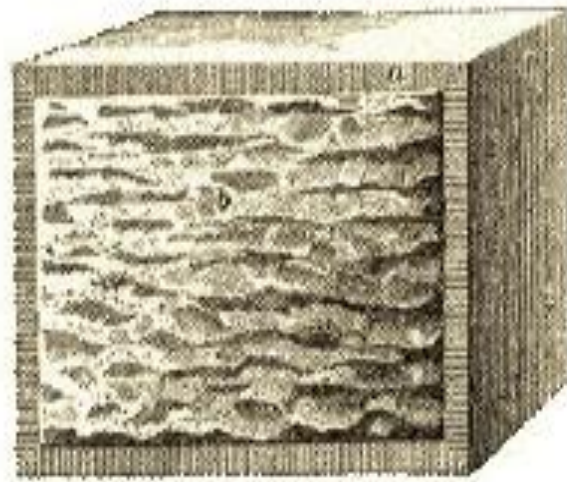


تصویر شماره ۱۳.۴.  
سنگ قلوه رودخانه‌ای

# انواع سنگ:



تصویر شماره ۱۹.۴. دیوار  
چینی با سنگ بادکوبه‌ای



تصویر شماره ۱۸.۴. سنگ  
بادکوبه‌ای



تصویر شماره ۱۷.۴. تراشیدن  
لبه‌های سنگ بادکوبه‌ای

# انواع سنگ:



تصویر شماره ۲۲.۴. نمایی از  
موزائیک



تصویر شماره ۲۱.۴. ساب  
زدن سنگ



تصویر شماره ۲۰.۴. سنگ  
پلاک

# انواع سنگ:



تصویر شماره ۲۹.۴. سنگ  
مرمریت ابری



تصویر شماره ۲۸.۴. سنگ  
مرمر اونیکس



تصویر شماره ۲۷.۴. پله‌ای از  
سنگ گرانیت

# کاربرد سنگ در عملیات ساختمانی:

- پی سازی
- لاشه چینی و کرسی چینی
- نما سازی
- پلاک برای قرنیز و دیوار سازی داخلی
- پله سازی
- قرنیز و کتیبه
- موزائیک و کف سازی
- دانه بندی های سبک و متوسط و سنگین در بتن
- سنگهای ترکیبی و چسبی (مصنوعی)
- محوطه سازی



# خواص سنگ:

• ۱- مقاومت فشاری، کششی، برشی، خمشی :

• اغلب سنگ ها دارای مقاومت خوب هستند. برای بسیاری از مصارف، مقاومت ۳۵ مگاپاسکال کافی است. برای معدودی موارد ، مقاومت برشی مورد نظر است

• ۲- سختی و کارپذیری :

• سختی سنگ، کارپذیری آن را تحت تأثیر قرار میدهد و آماده کردن سنگ سخت گران تر تمام می شود

• ۳- دوام یا پایداری:

• دوام (پایداری) سنگ در زیبایی آن نقش دارند.

• ۴- رنگ و رگه :

• برخی سنگ ها در برابر عوامل جوی تغییر رنگ میدهند یا در نمای آنها لکه هایی ظاهر می شود و باید از مصرف این سنگها پرهیز کرد.

# خواص سنگ:

## • ۵- تخلخل و بافت:

- تخلخل، حاکی از مقاومت سنگ در برابر یخزدگی و نفوذ آب های حاوی مواد خورنده است و بافت، بیانگر ریزی دانه های سنگ می باشد و بر کارپذیری و قیمت سنگ تأثیر دارد، زیرا سنگ های ریزدانه را بهتر می توان تیشه داری کرد، از طرفی بافت سنگ بر زیبایی آن تأثیر میگذارد.

## • ۶- سهولت استخراج از معدن:

- سهولت در استخراج، نخستین مسئله در قضاوت در مورد متناسب بودن آن برای ساختمان
- است.

## • ۷- دسترسی:

- نزدیکی سنگ به محل مصرف نیز مهم است. دسترسی به سنگ بر قیمت تمام شده آن تأثیر مستقیم دارد. گاهی اوقات ناچار به حمل سنگ از فواصل دور نیز می شویم.

# خواص سنگ:

• ۸- جذب آب:

• ۹- مقاومت در مقابل یخ بندان:

• ۱۰- مقاومت در برابر اسیدها و بازها:

• ۱۱- تورق:

• بلوک های سنگ طبیعی باید به اندازه های باشند که بتوان از آنکه تکه های سنگ سالم برید . سطح ظاهر سنگ باید عاری از ترک و سایر نقاط ضعف باشد

• ۱۲- هوازگی:

• هوازگی عمیق و نامنظم نیز غیر مطلوب است

سيمان

# تعریف سیمان:

- سیمان ماده ای متشکل از مواد آهکی نظیر سنگ آهک و سایر مواد شامل اکسیدهای سیلیسیم و آلومینیوم یعنی رس ها و شیل ها می باشد .
- سیمان گرد نرمی است که مخلوط آن با آب قابلیت چسباندن ذرات به یکدیگر و در نهایت به وجود آوردن جسمی صلب و یکپارچه را دارد.
- عمده مصرف سیمان در صنعت ساختمان، به عنوان ملات چسباننده و نیز اتصال دانه های سنگی به یکدیگر در تهیه بتن است.
- سیمان علاوه بر ساختمان سازی، در راه سازی، ساخت تونل، پل، لوله ها و قطعات سیمانی پیش ساخته و... نیز کاربرد دارد.

# خواص سیمان پرتلند:

- **خواص فیزیکی:**
- **وزن مخصوص:** وزن مخصوص سیمان معمولی  $\frac{gr}{cm^3}$  ۳/۱ است. هر چه وزن مخصوص سیمان بیشتر باشد، مقاومت آن افزایش مییابد.
- **نرمی سیمان:** نرمی سیمان از عوامل تأثیرگذار بر مقاومت سیمان است. هر چه ذرات سیمان ریزتر باشد، سیمان نرمتر و مرغوبتر است. در سیمان ریزدانه مجموع سطوح خارجی (جانبی) دانه ها در یک واحد وزن بیشتر میشود، در نتیجه ترکیب سیمان با آن سریعتر انجام میگردد و حرارت بیشتری آزاد میشود و مقاومت بتن یا ملات سیمان نیز سریعتر افزایش مییابد، همچنین چسبندگی خمیر سیمان بیشتر میشود.
- **انقباض:** همه انواع سیمان به هنگام سخت شدن منقبض میشوند. اگر بتن و محصولات سیمانی در روزهای اولیه مصرف مرطوب شوند، این انقباض و ترکهای احتمالی ناشی از آن، کاهش مییابد. از طرفی پرکننده هایی که همیشه با سیمان مصرف میشوند، میزان انقباض آن را کاهش میدهند ولی استفاده بیش از حد از این پرکننده ها تأثیر منفی بر مقاومت سیمان خواهد داشت. همچنین نرمی پیش از حد سیمان نیز انقباض آن را افزایش میدهد.
- **مقاومت در برابر آتش:** سیمان و فرآورده های آن در برابر آتش مقاومند.

# خواص سیمان پرتلند:

## • خواص شیمیایی:

• آب دریا و آبهای سولفات دار به سیمان پرتلند معمولی صدمه میزنند که در این موارد از سیمانهای ویژه استفاده میکنند. شکر و نمک هم به محصولات سیمانی آسیب وارد میکنند.

• **خوردگی:** سیمان بر آهن، مس و رنگهای ساختمانی بی اثر است ولی مخلوطهای سیمانی رقیق تا حدی بر روی سرب، آلومینیوم، روی و شیشه تأثیر گذرانند. همچنین چون سیمان پرتلند خورنده است تماس آن با چشم، پوست و دستگاه تنفسی ایجاد ناراحتی میکند. وجود خاک و گل بر زمان سخت شدن، چسبندگی و کیفیت سیمان مؤثر است بنابراین هنگام استفاده از مخلوطهای سیمانی، محل مصرف باید عاری از این مواد باشد

• **حرارت آبگیری (هیدراتاسیون):** زمانی که سیمان با آب مخلوط میشود بر اثر فعل و انفعالات شیمیایی، ایجاد حرارت میکند. هر چه سیمان تندگیرتر باشد و مقاومت آن زودتر افزایش یابد، گرمای آن نیز سریعتر و بیشتر است. این حرارت تولید شده میتواند در زمستان از یخ زدن آب در شکافهای موئینه بتن تازه ریخته شده جلوگیری نماید. بنابراین در زمستان با سیمانهایی که سریع گرما پس میدهند، بتن میسازند. ولی در مواقعی که حجم بتن ریزی زیاد باشد نظیر سد سازی، گرمای زیاد به بتن آسیب میرساند. زیرا درون بتن را داغ کرده و سبب افزایش حجم آن میگردد. ولی چون سطح بتن در اثر مجاورت با هوا زود سرد میشود بنابراین بتن نمیتواند منبسط شود و در اثر اختلاف درجه حرارت، در آن تنش ایجاد شده و ترک میخورد. لذا باید بر حسب نوع و محل مصرف، در انتخاب سیمان مناسب دقت شود.

# خواص سیمان پرتلند:

- خواص مکانیکی:

- **مقاومت فشاری:** مقاومت فشاری سیمانهای مختلف متفاوت است و به ترکیب شیمیایی سیمان، میزان نرمی، چسبندگی آن و... بستگی دارد. رشد مقاومت سیمانهای پرتلند در روزهای اولیه بتن ریزی سریع و در روزهای بعد کمتر است. رطوبت و بخار آب از عوامل مؤثر در رشد مقاومت سیمان هستند. به طوری که در زیر بخار آب در ۱۴ ساعت میتوان به مقاومت سیمان ۲۸ روزه رسید.

- **مقاومت کششی:** توان سیمان در برابر نیروهای کششی بسیار اندک است بر همین مبنا در آن از میلگرد یا مسلح کننده استفاده میکنند.



## درصد مقاومت فشاری انواع سیمان پرتلند:

نوع سیمان	۱ روزه	۷ روزه	۲۸ روزه	۹۰ روزه	نرمی سیمان ( $\frac{cm^2}{gr}$ )
یک	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	۱۸۰۰
دو	۷۵	۸۵	۹۰	۱۰۰	۱۸۰۰
سه	۱۹۰	۱۲۰	۱۱۰	۱۰۰	۲۶۰۰
چهار	۵۵	۵۵	۷۵	۱۰۰	۱۹۰۰
پنج	۶۵	۷۵	۸۵	۱۰۰	۱۹۰۰

## سخت شدن مخلوط های سیمانی و عوامل مؤثر در آن:

- **زمان گیرش (خودگیری) سیمان** به دو مرحله تقسیم میشود:
- **۱. گیرش اولیه** که حدود ۳۰ دقیقه بعد از اختلاط با آب آغاز میشود.
- **۲. گیرش نهایی** که حدود ۱۲۰ دقیقه زمان لازم دارد و پس از آن هر گونه عملیات مکانیکی بر روی ملات سیمان یا بتن غیر مجاز است.
- بعد از گیرش نهایی، سختی و مقاومت خمیر سیمان مرتباً افزایش مییابد؛ این مرحله را سخت شدن گویند. عوامل مؤثر بر خودگیری و سخت شدن سیمان بدین قرارند:
- **– میزان مواد اولیه:** مصرف اکسید آلومینیوم بیشتر، گیرش ملات سیمان را سریعتر میکند ولی سنگ گچ گیرش آن را کند میکند.
- **– نرمی سیمان:** هر چه ذرات سیمان نرمتر باشد، گیرش آن بهتر و سریعتر صورت میگیرد.
- **– دمای پخت:** پختن سیمان با حرارت بیش از حد، ملاتش را کندگیر میکند.
- **– دمای محیط:** گیرش سیمان در محیط گرم سریعتر صورت میگیرد.
- **– میزان آب:** مقدار آبی که برای هیدراتاسیون کامل سیمان لازم است، حدود ۲۵–۳۵٪ وزن آن میباشد. آب افزون بر این مقدار، بین ذرات سیمان باقی مانده و به مرور زمان تبخیر میشود و باعث پوک شدن و کاهش استحکام ملاتهای سیمانی میگردد. همچنین آب بیش از حد سبب تأخیر در گیرش ملاتهای سیمانی میشود.
- **– مدت زمان انبار کردن:** هر چه سیمان پس از تولید دیرتر مصرف شود، گیرش آن کندتر میشود.

# انواع سیمان پرتلند:

- سیمان پرتلند نوع ۱ (سیمان معمولی)
- سیمان پرتلند نوع ۲ (سیمان ممتاز)
- سیمان پرتلند نوع ۳ (سیمان زودگیر)
- سیمان نوع ۴ (سیمان کم حرارت)
- سیمان نوع ۵ (ضد سولفات)

# انواع سیمان پرتلند:

- **سیمان پرتلند نوع ۱ (سیمان معمولی):**

- این سیمان پرکاربردترین نوع سیمان محسوب میشود و در تمام کارهای ساختمانی، پل سازی، تونل سازی و... وقتی خواص ویژه ای از سیمان مد نظر نباشد، مورد استفاده قرار میگیرد. ولی نباید از آن در شرایط آب و هوایی خاص و در آبها و خاکهای دارای اسید و سولفات استفاده کرد.

- **سیمان پرتلند نوع ۲ (سیمان ممتاز):**

- مواد اولیه این سیمان از نوع مرغوب بوده و در ساخت آن نیز دقت بیشتری به عمل میآید. مقاومت این سیمان در برابر سولفاتها از سیمان نوع ۱ بیشتر است و میتوان از آن برای ساخت کانالهای فاضلاب استفاده کرد ولی مصرف آن در کارهای دریایی و آبهایی که سولفات زیاد دارند، مجاز نیست. حرارت آبگیری آن نیز از سیمان نوع ۱ کمتر است بنابراین برای بتن ریزی با حجم نسبتاً زیاد و نیز بتن ریزی در هوای گرم مناسب است.

# انواع سیمان پرتلند:

- **سیمان پرتلند نوع ۳ (سیمان زودگیر):**

- این سیمان زودگیر در مواقعی استفاده میشود که مقاومت اولیه بالایی مدنظر بوده و نیاز به قالب برداری فوری باشد، نظیر بتن ریزی در آب و زودگیر بودن با خودگیری سریع متفاوت است؛ در بتنی که با این سیمان ساخته میشود گیرش اولیه مشابه سیمان پرتلند معمولی است ولی پس از آن مقاومت بتن سریعتر افزایش مییابد. به طوری که مقاومت ۳ روزه سیمان نوع ۳ برابر مقاومت ۷ روزه سیمان نوع ۱؛ و مقاومت ۷ روزه آن برابر مقاومت ۲۸ روزه سیمان نوع ۱ است. علت این امر ریز بودن ذرات این نوع سیمان است. همچنین به علت بالاتر بودن حرارت آبگیری سیمان نوع ۳ نسبت به سیمانهای دیگر، استفاده از آن در هوای سرد پیشنهاد میشود. از این سیمان در ساخت قطعات پیش ساخته نیز استفاده میکنند

- **سیمان نوع ۴ (سیمان کم حرارت):**

- این سیمان دارای کمترین حرارت آبگیری است بنابراین از آن در بتن ریزیهای حجیم نظیر سد سازی و نیز در هوای گرم استفاده میشود. البته طبیعی است که رشد مقاومت آن هم کم بوده و باید مدت زمان بیشتری از بتن آن مراقبت کرد.

# انواع سیمان پرتلند:

## • سیمان نوع ۴ (سیمان کم حرارت):

• مقاومت این سیمان در برابر حمله سولفات‌ها بالاست چون مقدار آلومینیات کلسیم در آن کمتر است. سولفات‌ها ممکن است در خاکها و آجرهای رسی، آبهای زیرزمینی و آب دریا وجود داشته باشند بنابراین از این سیمان میتوان در کارهای دریایی، ساختن پلها، اسکله ها و... استفاده کرد. مقاومت این سیمان همانند نوع ۱ است ولی کندتر به مقاومت نهایی میرسد و حرارت کمتری نیز آزاد میکند. رنگ آن نیز از سیمانهای دیگر تیره تر است. سیمان نوع ۵ نباید در مجاورت کلرور کلسیم قرار گیرد زیرا در این صورت مقاومت آن در برابر سولفات‌ها کاهش مییابد.

## سیمانهای ویژه:

- **سیمان سرباره (روباره کوره آهنگدازی):** سرباره، دورریز کوره های بلند ذوب فلزات است. این سرباره ها را همراه با کلینکر و سنگ گچ آسیاب می کنند و سیمان حاصل را، سیمان سرباره یا سیمان متالوژی مینامند. میزان سرباره نباید کمتر از ۳۰٪ و بیشتر از ۶۰٪ وزن سیمان حاصل باشد. سیمان سرباره در مقایسه با سیمان پرتلند معمولی در مقابل عوامل شیمیایی، رطوبت و حرارت مقاومتر است، حرارت آبدگیری کمتری دارد و طبیعتاً رشد مقاومت آن نیز کندتر است ولی مقاومت نهایی آن با سیمان معمولی برابر است. تنها مشکل آن این است که مقاومت آن در هوای سرد و یخبندان به سرعت افت میکند. مزیت اصلی سیمان سرباره این است که از سیمان معمولی بسیار ارزانتر (تقریباً نصف قیمت آن) است

- **سیمان تراس یا سیمان پوزولانی:** پوزولان (گرفته شده از نام منطقه ای در ایتالیا) یا تراس ماده ای سیلیسی است که در طبیعت به صورت سنگ یافت میشود. اگر سنگ پوزولان را پودر کرده و با گرد آهک شکفته مخلوط کنند، خاصیت چسبندگی مییابد که این مخلوط را سیمان طبیعی می نامند. ولی در صورتی که ۲۰-۴۰٪ پوزولان را همواره با کلینکر سیمان پرتلند و مقداری سنگ گچ مخلوط و آسیاب کنند، سیمان پوزولانی حاصل میشود. سیمان پوزولانی در مقایسه با سیمان پرتلند معمولی ارزانتر، نرمتر و در برابر نفوذ آب و حمله سولفات مقاومتر است. و لذا میتوان از آن در سازه های دریایی استفاده کرد. خودگیری اولیه این سیمان از سیمان پرتلند معمولی کندتر و در نتیجه کم حرارت تر است و سخت شدن نهایی آن تا ۱۲ ماه به طول میانجامد ولی مقاومت نهایی آنها برابر است. همچنین بتنی که با این سیمان ساخته شود کمتر ترک میخورد. بر اساس استاندارد آلمان سیمان پرتلند معمولی، سیمان سرباره و سیمان پوزولانی از لحاظ مقاومت هم ردیف هستند.

## سیمانهای ویژه:

- **سیمان آلومینیومی (برقی):** افزایش اکسید آلومینیوم در سیمان باعث میشود که واکنشهای ترکیبی آهک افزایش یافته و مقدار آهک زنده در سیمان بسیار کاهش یابد. به این ترتیب سیمان در برابر حمله سولفاتها نیز مقاوم میشود. این سیمان را سیمان نسوز یا فوندو نیز میگویند چون میتواند حداکثر حرارتی معادل ۱۳۷۰ درجه سانتیگراد را تحمل کند. از این رو آن را برای عایقکاری کوره ها و بتن ریزی ماشین آلات سنگین و حرارت زا به کار میبرند
- **سیمان بنایی:** در کارهای بنایی، ساخت ملات، نازک کاری و... احتیاج به سیمان مرغوب پرتلند با هزینه و کیفیت بالا نیست. سیمان بنایی از ترکیب سیمان پرتلند معمولی با مقداری پودر سنگ بسیار ریز و برخی مواد افزودنی دیگر ساخته میشود. مقاومت آن از سیمان پرتلند معمولی کمتر است ولی چسبندگی خوبی دارد و ارزنتر است
- **سیمان چاه کنی (چاه نفت):** سیمان چاه نفت مخلوط سیمان پرتلند معمولی با سیمان پوزولانی است که برای آب بندی و درزگیری چاه نفت به کار میرود. این سیمان دیرگیر است و تحمل دما و فشار بسیار بالا را دارد به طوری که در حرارت زیاد چاههای خیلی گود نفت نیز، مانند روی زمین میگیرد و سخت میشود
- **سیمان انبساطی (ورم کن):** کلیه مصالح ساختمانی به جز گچ هنگام سخت شدن اندکی کاهش حجم پیدا میکنند ولی سیمان انبساطی هنگام سخت شدن حدود ۱٪ ازدیاد حجم مییابد. علت این امر بیشتر بودن مقدار آلومینات و سولفات آن نسبت به سیمان پرتلند معمولی است. از این سیمان جهت اندود دیوار آب انبارها و نیز آبنندی درز استخرها استفاده میکنند.



# سیمانهای ویژه:

- **سیمان ضد آب:** هنگامی که سیمان باید به مدت چند ماه انبار شود، برای جلوگیری از اثر آب و رطوبت بر آن، سیمان ضد آب تولید میکنند. بدین صورت که هنگام تولید طی فرآیند خاصی لایه ای ضد آب دور ذرات سیمان ایجاد میکنند. هنگام اختلاط سیمان با آب جهت مصرف، این لایه ضد آب از بین میرود و سیمان با آب واکنش میدهند ولی شروع این واکنش و خمیری شدن سیمان چند دقیقه دیرتر از سیمان پرتلند معمولی است.
- **سیمان سفید:** در تولید سیمان سفید باید عناصر رنگی از قبیل اکسیدهای آهن، مس، کرم، تیتان و منگنز در مواد اولیه به حد صفر برسند. برای این منظور از سنگ آهک خالص و خاک کائولن سفید که فاقد اکسیدهای رنگی آهن است، استفاده میکنند. هزینه آن تا ۲ برابر سیمان معمولی و نرمی و مقاومت آن بسیار بالاست. از این سیمان در نما سازی، ساخت آجر موزائیک، کاشی کاری، کارهای هنری و... استفاده میکنند و معمولاً همراه با سنگدانه های مخصوص به کار میرود.
- **سیمان رنگی:** جهت تهیه سیمان رنگی رنگهای معدنی را همراه با کلینگر سیمان آسیاب می - کنند. میتوان این رنگها را هنگام مصرف نیز به سیمان اضافه کرد. رنگها نباید بر خواص سیمان تأثیر گذار باشند. با سیمان پرتلند معمولی تنها میتوان رنگهای سرخ، قهوه ای و سیاه تهیه کرد، برای ساخت سیمانهای رنگی دیگر باید از سیمان سفید استفاده کرد. مواد رنگی مورد استفاده در سیمان عبارتند از: اکسید آهن (زرد، قرمز، قهوه ای، سیاه)، اکسید منگنز (قهوه ای، سیاه)، اکسید کروم (سبز)، آبی کبالت (آبی)، لاجورد اصل (سرمه ای) و کربن (سیاه).

## انبار کردن سیمان:

- کیسه های سیمان باید در فضایی مسقف، دور از رطوبت و هوا انبار شوند به طوری که حدود ۱۰ سانتیمتر از زمین و دیوار جانبی فاصله داشته باشند و بهتر است که روی کیسه ها با نایلون پوشانده شود. نباید بیشتر از ۱۲-۱۰ کیسه روی هم چیده شوند تا تحت فشار ناشی از وزن خود قرار نگیرند و کلوخه نشوند.
- کلوخه شدن سیمان میتواند در اثر هوازگی نیز باشد یا اینکه ممکن است در اثر حرارت، سنگ گچ موجود در سیمان دو مولکول آب خود را آزاد کند و این آب جذب سیمان شده و آن را کلوخه کند. چنانچه کلوخه های سیمان در بین انگشتان به راحتی خرد نشوند، آن سیمان برای بتن سازی مناسب نیست.
- به طور کلی نگهداری سیمان کیسه ای بیشتر از ۶ هفته حتی در شرایط مطلوب، مقاومت آن را تا ۲۰٪ کاهش میدهد. در صورت امکان استفاده از سیمان فله ای و نگهداری آن در سیلوهای استاندارد، بهتر از سیمان کیسه ای است. زیرا این سیلوها عایق هوا و رطوبت هستند و با دمیده شدن هوا از زیر سیلو (دستگاه ایر اسلاید) از کلوخه شدن سیمان در اثر وزن خود جلوگیری به عمل میآید. همچنین سیمان فله ارزانتر و مقرون به صرفه تر است. البته باید توجه کرد که اگر سیمان بیشتر از ۶ ماه در سیلو بماند، لایه سختی به ضخامت ۵ سانتیمتر در سطح آن ایجاد میشود که از این لایه نباید در ساخت بتن استفاده کرد. بهتر است سیمان بیشتر از ۳ ماه در سیلو نگهداری نشود.
- سیمان آلومینیومی باید جدا از سیمانهای دیگر انبار شود زیرا این سیمان نباید به هیچ ماده ای آلوده گردد.

## انبار کردن سیمان:



تصویر شماره ۱۹.۱۲. نحوه  
انبار کردن سیمان

تین

# تعریف بتن :

• بتن یکی از مصالحی است که امروزه به مقدار وسیعی در پروژه های ساختمانی استفاده می شود. اجزای اصلی تشکیل دهنده بتن عبارتند از: شن، ماسه ، سیمان و آب که شن و ماسه بوسیله دوغاب سیمان به یکدیگر چسبیده و به ماده یکپارچه ای تبدیل می شوند. **مقاومت بتن** بستگی به تغییرات کمی و کیفی مواد متشکله آن به شرح زیر دارد :

• ۱ – سیمان از نظر مقدار و نوع آن

• ۲ – آب از نظر مقدار و کیفیت آن

• ۳ – مصالح سنگی (شن و ماسه) از نظر جنس ، شکل و نوع دانه بندی آنها

• ۴ – طرز ساخت ، بکار بردن ، حمل و انتقال ، تخلیه و نگهداری

• غیر از عوامل فوق الذکر عمر بتن با گذشت زمان تا حد معینی افزایش می یابد . باید دانست که افزایش مقاومت در روزهای اول بعد از بتن ریزی سریعتر و شیب منحنی (مقاومت- زمان) در ابتدا زیاد و به تدریج کم می شود ولی از نظر محاسبات، مقاومت ۲۸ روزه بتن را مقاومت نهایی در نظر گرفته و در بتن معمولی، مقاومت ۷ روزه حدود ۶۰٪ مقاومت ۲۸ روزه و مقاومت ۱۴ روزه را حدود ۷۰٪ مقاومت ۲۸ روزه اعمال می نمایند. بعد از یکسال، افزایش مقاومت بتن خیلی کند می شود و باید دانست که هر چه مقاومت بتن بالا رود ، الاستیسیته آن نیز افزایش می یابد.

## مواد تشکیل دهنده بتن و تأثیر آنها در بتن:

- بتن را میتوان یک نوع سنگ مصنوعی دانست که از در هم ریختن و مخلوط کردن یک ماده چسباننده و یک ماده پر کننده ساخته شده است.
- ماده چسباننده بتن، دوغاب سیمان (آب + سیمان) و ماده پر کننده آن، سنگدانه (شن و ماسه) است.
- نقش هر یک از این مواد در مخلوط بتن به قرار زیر است:
- ۱. آب سبب ایجاد واکنش فیزیکی و شیمیایی (هیدراتاسیون و هیدرولیز) در سیمان و خمیر شدن آن میشود. (میزان آب ۱۶ تا ۱۷٪ حجم بتن است).
- ۲. دوغاب سیمان به صورت شیره ای اطراف سنگدانه ها را پوشانده، باعث یکپارچه شدن و چسبیدن آنها به یکدیگر میشود. (مقدار سیمان ۱۶-۷٪ حجم بتن است).
- ۳. سنگدانه ها اسکلت اصلی بتن را تشکیل داده و نیروی وارد بر بتن را تحمل میکنند. (مقدار سنگدانه ها بیش از ۷۰٪ حجم بتن است).

# مواد تشکیل دهنده بتن و تأثیر آنها در بتن:

- مقدار کمی و کیفی آب، سیمان و سنگدانه ها تأثیر عمده ای بر مقاومت بتن دارد.
- در کل مقاومت بتن به عوامل زیر وابسته است:
  - ۱- سیمان از نظر نوع، کیفیت و مقدار
  - ۲- آب از نظر کیفیت و مقدار
  - ۳- سنگدانه ها از نظر جنس، دانه بندی، شکل و... .
  - ۴- نحوه ساخت بتن، حمل بتن ساخته شده تا محل مصرف، عمل آوردن و نگهداری از بتن
  - ۵- عمر بتن و گذشت زمان نیز در ازدیاد مقاومت بتن مؤثر است

# آب بتن:

- برای تهیه بتن باید از آب آشامیدنی بدون بو و مزه استفاده کرد
- گندآبها، پسابها، فاضلاب شهری و آب مردابها را نباید در ساخت بتن به کار برد
- سختی آب نباید آنقدر کم باشد که آهک سیمان را در خود حل کند و نیز باید فاقد ناخالصیهای نظیر مواد آلی و... باشد. زیرا این ناخالصیها ممکن است بر سیمان و زمان گیرش آن تأثیر داشته باشند
- همچنین آب ناخالص میتواند سبب زنگ زدگی میلگرد بتن مسلح شود.
- علاوه بر کیفیت آب، مقدار آن نیز در ساخت بتن مطرح است.



# آب بتن:

- مقدار آب در بتن به عوامل زیر بستگی دارد:
- غلظت بتن مورد نیاز: هر چه بتن غلیظتری مورد نیاز باشد، آب کمتری مصرف میشود. بتن را به سه حالت سفت (برای ساخت بلوک بتنی)، خمیری (برای ساختن بتن مسلح که غلظت آن مانند عسل است و به آن بتن عسلی هم میگویند) و شل (برای اطراف ستونهای فلزی و...) میسازند.
- مقدار سیمان مصرفی: هر چه میزان سیمان کمتر مصرف شود، آب کمتری مورد نیاز است.
- اندازه سنگدانه های مصرفی: هر چه سنگدانه ها درشت تر باشند، آب کمتری مورد نیاز است.
- رطوبت سنگدانه های مصرفی: هر چه سنگدانه ها مرطوب تر باشند، آب کمتری مورد نیاز است.
- شکل سنگدانه های مصرفی و زبری سطح آنها: هر چه شکل دانه ها کروی تر و سطح آنها صاف تر باشد، آب کمتری مورد نیاز است.
- نوع قالب: قالب فلزی کمتر از قالب چوبی آب بتن را جذب میکند.
- میزان آب بتن را یا نسبت به وزن سیمان و یا نسبت به مجموع وزن سیمان و سنگدانه ها مشخص میکنند. آب اضافه در بتن به تدریج تبخیر میشود و بتن را پوک کرده و از مقاومت آن میکاهد.

# سیمان بتن:

- همان گونه که اشاره شد مقدار سیمان، نوع و کیفیت آن بر مقاومت بتن تأثیر گذار است
- افزایش مقدار سیمان مقاومت بتن را افزایش میدهد
- با این حال تأثیر کیفیت سیمان (سیمان مرغوب) بر مقاومت بتن به مراتب بیشتر از تأثیر مقدار آن در واحد حجم بتن است. میزان سیمان باید به حدی باشد که دوغاب آن روی سنگ دانه ها را کاملاً بپوشاند و نیز فضاهای خالی بین سنگدانه را پر کند
- مصرف سیمان مازاد بر این مقدار در افزایش مقاومت بتن تأثیری ندارد و از نظر اقتصادی نیز به صرفه نیست
- بتن را بر حسب عیار سیمان موجود در آن به سه دسته زیر تقسیم میکنند:

• ۱. بتن کم مایه (بتن مگر):  $\frac{kg}{m^3}$  ۱۰۰-۱۵۰ سیمان

• ۲. بتن معمولی:  $\frac{kg}{m^3}$  ۱۵۰-۲۵۰ سیمان

• ۳. بتن پر مایه:  $\frac{kg}{m^3}$  ۲۵۰-۴۰۰ سیمان. (در مصارف خاص، بتن با عیار سیمان  $\frac{kg}{m^3}$  ۵۰۰ نیز تولید میشود)

# سنگدانه های (Aggregate) بتن:

- سنگدانه های مورد استفاده در بتن از درشت دانه (شن) و ریزدانه (ماسه) تشکیل شده اند که از خرد شدن سنگها به صورت طبیعی یا مصنوعی به دست می آیند
- بعد دانه های ماسه معمولاً بین  $0.075 - 2$  میلیمتر است و بعد دانه های شن مورد استفاده در بتن نیز باید بین میلیمتر باشد
- سنگدانه ها عامل اصلی ایجاد مقاومت در بتن هستند
- برای آزمایش پیوستگی مناسب بین سیمان و سنگدانه ها، یک مقطع بتنی را تحت فشار می شکنند
- در این صورت باید قسمتی از مصالح سنگی بدون جدا شدن از سیمان شکسته شوند. ولی اگر تمامی سنگدانه ها بشکنند دلیل بر سست بودن آنها است

# ویژگیهای سنگدانه های بتن:

- - سالم و بدون پوسیدگی باشند.
- - متخلخل نبوده و آب جذب نکنند. با آب ترکیب یا در آن حل نشوند
- - در برابر رطوبت، یخبندان و مواد شیمیایی مقاوم باشند
- - تمیز و عاری از گرد و غبار، لای، رس، مواد آلی، نمکها و... باشند. این ناخالصیها مانع چسبندگی سیمان و سنگدانه ها میشوند و ممکن است در گیرش سیمان نیز تأثیر داشته باشند. از طرفی خاک رس تا ۸ برابر وزن خود آب میمکد و سبب خشک شدن دوغاب سیمان میگردد. برای تمیز کردن سنگدانه ها معمولاً قبل از استفاده آنها را با آب شستشو میدهند.
- - مقدار دانه های تیز و گوشه دار در آنها زیاد باشد. در این صورت بر میزان چسبندگی آنها با سیمان افزوده میشود و فضای خالی بین آنها (فرج) نیز کمتر شده و مقاومت بتن افزایش مییابد
- - مقاومت سنگدانه ها باید از مقاومت بتن مورد نیاز بیشتر باشد. به طوری که حداقل مقاومت فشاری آنها ۸۰۰ باشد
- - سختی آنها بیشتر از ۳ باشد

# نسبت مخلوط سیمان به سنگدانه برای انواع مختلف بتن

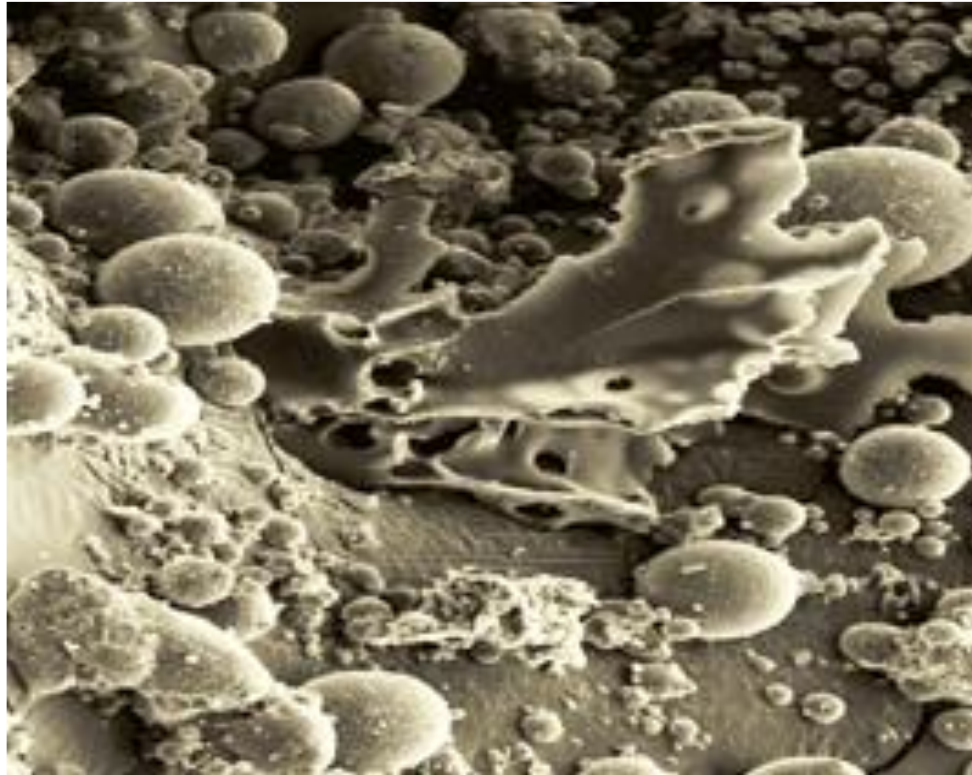
نسبت سیمان به سنگدانه	بتن میان وزن	بتن سبک
۱ به ۵	بتن سفت برای کف سازی	بتن خیلی سبک برای گرمابندی
۱ به ۲ تا ۱ به ۳	مالات اندود، بتن ریزدانه	بتن پوک کفی، بتن گازی
۱ به ۴ تا ۱ به ۵	بتن آرمه، بتن راه و سنگ‌های بتنی	بتن پوشالی برای بارگذاری کم و سنگ‌های بتنی
۱ به ۶	بتن پی منفرد	-
۱ به ۸ تا ۱ به ۱۲	بتن‌های پیوسته و سنگ بتنی برای دیوار سازی	سنگ بتنی برای دیوار سازی

# نحوه ترکیب اجزاء بتن و ساخت آن:

- امروزه برای تولید بتن از دستگاههای ویژه ای استفاده میشود و ساخت آن به طریق دستی توصیه نمیشود.
- در دستگاههای بتن ساز ابتدا شن و ماسه با هم مخلوط شده و برای رسیدن به یکنواختی مناسب، خوب همزده میشوند. سپس سیمان به آنها اضافه شده و باز هم چندین بار زیر و رو میگردند. در نهایت دستگاه در حین چرخیدن و همزدن، آب را به مواد اضافه کرده و حداکثر ۱/۵ دقیقه آنها را هم میزند. اگر این زمان بیشتر شود، سنگدانه های درشت تر از ملات جدا میشوند
- ۲۰ دقیقه پس از ساخت بتن باید آن را مورد استفاده قرار داد و در قالب ریخت (این زمان بر حسب نوع سیمان و شرایط محیطی متفاوت است). پس از ساخت بتن باید با توجه به نوع کاربرد آن، از لحاظ خمیری و روانی کنترل شود.
- برای آزمایش روانی بتن از یک مخروط ناقص به قطر تحتانی ۲۰ و ارتفاع ۳۰ سانتیمتر استفاده میکنند. بدین صورت که مخروط را از سر آن در سه لایه مساوی از بتن پر میکنند و هنگام ریختن هر لایه، به مخروط ۲۵ ضربه چوب میزنند تا بتن کاملاً در آن جا گیرد. سپس مخروط را بر میدارند. میزان نشست بتن از ارتفاع اولیه، بر حسب سانتیمتر را عدد اسلامپ گویند که معرف روانی بتن است

# نحوه ترکیب اجزاء بتن و ساخت آن:

ساختمان بتن



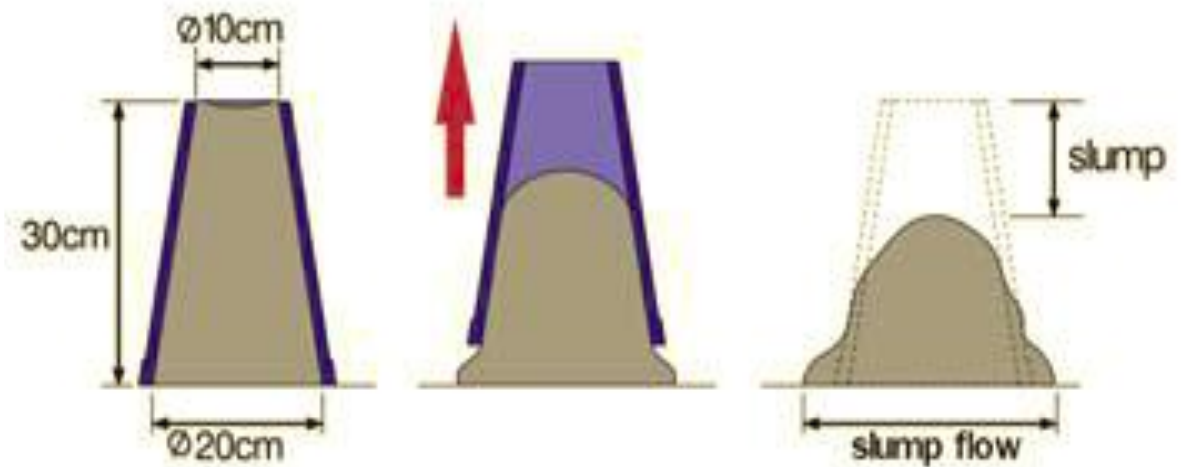
دستگاه بتن ساز



# نحوه ترکیب اجزاء بتن و ساخت آن:

میزان اسلامپ بتن

دیاگرام نشان دهنده آزمایش (Slump)





# روانی توصیه شده برای بتنهای با کاربرد گوناگون:

کاربرد	توصیف روانی	روانی
بتن پیش ساخته با لرزش زیاد	خیلی کم	۰-۵
بتن ریزی شالوده‌ای و ساده، در سطح وسیع	کم	۲-۸
بتن ریزی معمولی در ستون، دیوارها و بتن ریزی با پمپ	متوسط	۵-۱۳
فقط در شرایط استثنائی و مواقعی که امکان لرزاندن بتن نیست	زیاد	۱۳-۲۰

# خواص بتن:

## • خواص فیزیکی:

- **وزن مخصوص:** هر چه دانه‌های سنگی سبکتر باشند، بتن حاصل سبک تر و مقاومت مکانیکی آن کمتر است. وزن مخصوص بتن های مختلف بین  $\frac{gr}{cm^3}$  ۵-۳/۰ می باشد
- **مقاومت در برابر یخبندان:** بتنی که تخلخل آن بین ۲۵-۸٪ باشد، در برابر عوامل جوی و یخبندان تا حدی مقاوم است ولی اگر درون بتن پوک باشد، آب از شکافهای موئینه بتن وارد آن شده و با یخ زدن و ازدیاد حجم، سبب ایجاد ترک در بتن میگردد. جهت مقاوم کردن بتن در برابر یخبندان به آن مواد افزودنی حباب زا اضافه میکنند
- **بافت بتن:** بتن سخت شده در حالت عادی بدون بافت است ولی میتوان با استفاده از قالبهایی که جدار داخلی آنها طرحدار است، سطح بتن را بافتدار کرد.

# خواص بتن:

## • خواص شیمیایی:

- **اثر اسیدها و بازها بر بتن:** در مناطق صنعتی و مرطوب گازهای اسیدی نظیر دی اکسید کربن و دی اکسید گوگرد باعث حل شدن قسمتی از سیمان سخت و خروج آن از بتن به صورت خمیری نرم میشوند. محلولهای رقیق بازهائی نظیر سود و پتاس بر بتن تأثیری ندارد ولی تماس مستقیم بتن با برخی بازهای غلیظ باعث آسیب آن میشود. نمکهای ذوب یخ نیز میتوانند تأثیرات نامطلوبی بر بتن ایجاد کنند

# خواص بتن:

- **خواص مکانیکی:**

- **مقاومت فشاری:** این مقاومت عمدتاً ناشی از سنگدانه های بتن است و مقدار آن در بتنهای مختلف، متفاوت است. میزان مقاومت فشاری بتن را از طریق اعمال فشار بر سطح کاملاً صاف نمونه استوانهای یا مکعب مستطیلی بتن اندازه گیری میکنند و فشار را تا زمانی که بتن ترک بردارد، ادامه میدهند. مقاومت بتن در سه دوره: بعد از سه روز، بعد از ۷ روز و بعد از ۲۸ روز سنجیده میشود. مقاومت بتن ۲۸ روزه را مقاومت مبنا برای بارگذاری در نظر میگیرند. (در برخی از کشورها مقاومت بتن ۹۰ روزه مد نظر قرار میگیرد). در بتن معمولی مقاومت ۷ روزه حدود ۶۰٪ مقاومت ۲۸ روزه آن است و مقاومت بتن ۹۰ روزه، ۲۵٪ از بتن ۲۸ روزه بیشتر است

- **مقاومت کششی:** این پارامتر در بتن اندک و فقط ۱۰٪ مقاومت فشاری آن است. گاهی نیز ترکهای ریز ناشی از انقباض بتن در هنگام خودگیری، مقاومت کششی آن را به صفر میرسانند. بر همین مبنا جهت اصلاح این مقاومت و جلوگیری از ایجاد ترک در بتن از فولاد استفاده میکنند.

# خواص بتن:

• خواص مکانیکی:

• **مقاومت خمشی:** مقاومت خمشی بتن  $1/9 - 1/3$  برابر مقاومت کششی آن است

• **مقاومت برشی:** مقدار این مقاومت از طریق محاسبات به دست میآید و حدود  $1/5 - 2$

برابر مقاومت کششی بتن است

• **سختی:** این پارامتر در بتن بستگی به جنس سیمان، سختی سنگدانه ها و دانه بندی

آنها دارد. هر چه جنس سیمان بتن بهتر، سنگدانه ها سخت تر و دانه بندی آنها

متراکمتر باشد، سختی بتن افزایش می یابد

# انواع بتن:

• بتن ها بر اساس تفاوت در وزن و خواص مواد تشکیل دهنده آنها

به سه دسته کلی تقسیم میشوند:

• بتن سبک

• بتن معمولی

• بتن سنگین

# بتن سبک:

- انواع بتنهای سبک دارای وزن مخصوصی حدود  $\frac{gr}{cm^3}$   $1/8 - 3/4$  هستند و به سه روش ساخته میشوند:
- ۱. با حذف ریزدانه از دانه بندی بتن معمولی (بتن بدون ریزدانه - بتن اسفنجی)
- ۲. جانشین کردن سنگدانه های بتن معمولی با دانه های دیگری نظیر سرباره کوره آهن گدازی، پلی استایرن منبسط شده، پرلیت، شیل، ورمیکولیت، سنگ پا (کف سنگ بازالتی)، دانه رس منبسط شده و انواع پوکه های معدنی و صنعتی دیگر
- ۳. ایجاد حباب هوا یا گازهای دیگر در دوغاب سیمان (بتن گازی)
- از بتنهای سبک در ساختمان سازیهای صنعتی، ساخت قطعات پیش ساخته با وزن کم، تیغه چینی، گرمابندی، شیب بندی و... استفاده میکنند

# ویژگیها و مزایای بتن سبک نسبت به بتن معمولی:

- کاهش بار مرده ساختمان و سازه به علت وزن کم
- صرفه جویی در هزینه حمل و دستمزد بنایی
- سرعت بالا
- نفوذ به داخل تمامی حفره ها و پر کردن روزنه ها به دلیل سیال بودن
- مقاومت بیشتر در برابر زلزله، آتش سوزی و یخبندان نسبت به بتنهای معمولی و مقاومت فشاری کمتر
- انقباض کمتر نسبت به بتن معمولی هنگام خودگیری و خشک شدن
- سطح صاف و صیقلی بتنهای سبک نسبت به سایر مصالح
- عایق در برابر حرارت و صوت به دلیل تخلخل
- دفع آب بر خلاف بتن معمولی و امکان کاربرد در ایزولاسیون کف و بام
- ضایعات بتن سبک بر خلاف سایر مصالح به عنوان پوکه مورد استفاده قرار میگیرد



# انواع بتن سبک:

- **بتن بدون ریزدانه (بتن اسفنجی):**

- در ساخت بتن اسفنجی از سنگدانه های ریز نظیر ماسه استفاده نمیشود. همچنین ساخت این بتن نسبت به انواع دیگر بتن آب کمتری نیاز دارد. بنابراین پس از ساخت، آب در مدت یک ساعت کاملاً تبخیر میشود
- در ساختار این بتن حدود ۱۵-۲۵٪ حجم آن فضای خالی وجود دارد و این امر عبور آب از داخل آن را ممکن میسازد. بنابراین زیرسازی این بتن نباید از مصالح غیر قابل نفوذ باشد.
- در مناطق ماسه ای، بتن اسفنجی مستقیماً روی ماسه قرار میگیرد. در واقع با وجود بتن اسفنجی نیازی به ساختن جویهای فراوان در سطح شهر و در کنار خیابانها نیست، زیرا این بتن هر گونه بارندگی را مستقیماً به زمین و سفره های آب زیرزمینی منتقل میکند
- همچنین در مناطق سردسیر، عبور آب از این بتن، مانع یخ زدگی سطح معابر میشود. لذا از بتن اسفنجی در ساخت پیاده روها، محوطه سازی پارکها، پارکینگها، معابری که مشکل آبگیری دارند و نیز در مکانهایی که نیاز به زمین خشک است، مثل زیرسازی چمن های استادیوم فوتبال استفاده میکنند

# انواع بتن سبک:

## • بتن گازی:

- برای ساخت بتن گازی به خمیر بتن موادی نظیر گرد آلومینیوم اضافه میشود
- این مواد هنگام گرفتن دوغاب سیمان زیر فشار بخار آب، در آن گاز تولید میکنند. بنابراین دوغاب سیمان هنگام گرفتن، ازدیاد حجم مییابد.
- بلوکهای ساخته شده با بتن گازی به علت تخلخل بالا، عایق حرارتی مناسبی هستند و به عنوان دیوار جدا کننده به کار میروند.
- همچنین از قطعات مسلح شده بتن گازی برای کاربردهای نیمه سازه ای نظیر پانلهای سقفی استفاده میکنند

# انواع بتن سبک:

## • بتن کفی (بتن حبابدار):

- برای ساخت بتن کفی، در کمپرسور کف ساز، امولوسیون ویژه ای میریزند و از آن کف میسازند.
- کف حاصل را در مخلوط بتنی که سنگدانه های آن از ماسه به درشتی حداکثر ۲ میلیمتر است، میریزند و اندکی با هم مخلوط میکنند.
- این بتن عایق حرارت و صوت بوده و در برابر یخبندان نیز مقاوم است، میتواند جایگزین بتن گازی شود و نیز در ساخت تیغه و شیب بندی بام مورد استفاده قرار گیرد.
- بتن کفی هنگام خشک شدن انقباض زیادی دارد. سطح خارجی آن نیز باید پرداخت شود تا از جذب آب توسط آن جلوگیری به عمل آید.

# انواع بتن سبک:

• **بتن خرده آجری:**

• با خرده های آجر باقیمانده در کارخانه آجر پزی هم بتن سبک میسازند.

• مقاومت فشاری این خرده آجرها نباید از ۱۰ مگا پاسکال کمتر باشد.

## سایر انواع بتن:

### • بتن معمولی:

• بتن معمولی دارای وزن مخصوصی بین  $2/5 - 1/8$  است و در ساخت آن از شن و ماسه طبیعی یا شکسته (مصنوعی) استفاده میکنند.

### • بتن سنگین:

• بتن سنگین دارای وزن مخصوصی حدود  $5 - 2/5$  است و از سنگدانه های سنگین نظیر سنگهای آهنی، باریت (Borite) و... ساخته میشود. از این بتن در ساخت رآکتورهای هسته ای و پناهگاهها استفاده میکنند.

# بتن های ویژه:

- امروزه تعداد انواع بتن با ویژگیهای خاص به بیش از ۱۰۰ نوع میرسد که در ادامه به صورت مختصر به برخی از آنها اشاره خواهد شد:
- **بتن ممتاز (پر مقاومت):** بتن ممتاز با سنگ سیلیسی و سیمان ممتاز ساخته میشود به طوری که مقاومت فشاری ۲۸ روزه آن به بیش از ۶۰ مگا پاسکال میرسد.
- **بتن پلیمری:** برای تهیه این بتن مقداری پلیمر نظیر لاستیک، پلی استر و... به مخلوط بتن اضافه میکنند. این پلیمرها باعث کاهش نفوذ آب و گاز به درون بتن سخت شده میشوند. از این بتن میتوان برای پر کردن شکافهای ایجاد شده در نمای بتنی استفاده کرد.
- **بتن الیافی:** در ساخت این بتن از الیافی نظیر پنبه نسوز، کف مخصوص، الیاف شیشه، الیاف فولاد، پروپیلن و... استفاده میکنند. این الیافها مقاومت کششی، سختی بتن و شکل پذیری آن را افزایش میدهند و از ترکهای ناشی از انقباض بتن هنگام گرفتن نیز جلوگیری میکنند. از این بتن بیشتر در کف سازی یا در سطوح پر انحنای استفاده میشود.

# بتن های ویژه:

## • بتن گوگردی:

- گوگرد به عنوان یک ماده ارزان قیمت در بتن مورد استفاده قرار میگیرد و سبب میشود که در مدت ۸-۶ ساعت به ۹۰٪ مقاومتش برسد.
- از بتن گوگردی در قطعات پیش ساخته استفاده میکنند ولی از معایب آن مقاومت کم در برابر یخبندان، شکنندگی و اثر خوردگی بر فولاد است.
- هنگام استفاده از این بتن، قالبها را بیشتر پر میکنند، زیرا گوگرد ضمن سرد شدن منقبض میشود. در نهایت بتن اضافی با اره بریده میشود.
- بتن غلتکی: بتن غلتکی یا بتن متراکم شده با غلتک، بتنی است که با ارتعاش توسط غلتکهای ویژه ای محکم و سخت شده است به طوری که عدد اسلامپ آن صفر است. کاربرد این بتن در سد سازی، اجرای سریع روسازی بزرگراهها و... میباشد.

# انواع محصولات بتنی:

- **بتن مسلح (بتن آرمه):**

- مقاومت کششی بتن بسیار کم است از این رو جهت اصلاح این پارامتر در بتن از فولاد که مقاومت کششی بالایی دارد استفاده میکنند.
- فولاد و بتن ضریب انبساط حرارتی تقریباً یکسانی دارند در نتیجه در اثر تغییرات دما در آنها لغزش ایجاد نمیشود.
- فولاد به صورت میلگردهای آجدار کاملاً تمیز در بتن قرار میگیرد تا پیوستگی کامل بین میلگرد و بتن به وجود آید و با هم فشرده یا کشیده شوند. میلگردهای طولی نیروی کششی و میلگردهای عرضی (خاموت) نیروی برشی را تحمل میکنند.
- برای ساخت بتن مسلح از بتن خمیری (بتن عسلی) استفاده میکنند تا امکان متراکم کردن بتن اطراف میلگردها به خوبی فراهم شود. همچنین اندازه سنگ دانه ها در بتن نباید از حداقل فاصله میلگردها بیشتر باشد. اگر اطراف میلگردها در بتن فضای خالی وجود داشته باشد، علاوه بر کاهش پیوستگی و کارآمدگی بتن مسلح، این امر موجب خوردگی فولاد و زنگ زدن آن میشود.



# انواع محصولات بتنی:

- **بتن پیش تنیده و پس تنیده:**
- پیش تنیده کردن بتن موجب می‌گردد که بتن تحت کشش قرار نگیرد و همواره تحت فشار باقی بماند.
- برای ساخت این محصول کابلهای فولادی را درون قالب قرار داده و با دستگاه آنها را از دو طرف میکشند و دو انتهای آنها را توسط قطعات مخصوص ثابت نگه میدارند. سپس بتن زودگیر را در قالب ریخته و هوای آن را خارج میکنند. پس از سخت شدن بتن، کابلهای بیرون زده از در دو انتها را میبرند.
- بتن پیش تنیده ترک نمیخورد زیرا همیشه در هم فشرده میشود. این بتن را میتوان به طول ۱۲۰ متر بدون درز اجرا کرد و برای بارهای یکسان، ابعاد و سطح مقطع آن از بتن معمولی کمتر است.
- از این محصول بتنی در پلهای قوسی، پوشش گنبدی، مخازن استوانهای و... استفاده میکنند.
- در صورتی که بعد از بتن ریزی در قالب و سخت شدن آن، کابلهای فولادی را از دو طرف به سمت بیرون بکشند و ثابت کنند، بتن پس تنیده حاصل میشود.

# انواع محصولات بتنی:

## • بتن پیش ساخته:

- بتن پیش ساخته در کارخانه، نسبت به بتنهای ساخته شده در کارگاه جنس بهتری دارد.
- در کارخانه، بتن را در قالبهایی به ابعاد مختلف ریخته و در محفظه های بخار آب یا در گرمخانه در حرارت ۸۰ درجه سانتیگراد قرار میدهند تا سخت شوند.
- بدین روش، بتن پس از ۱۰-۵ ساعت ۷۰٪ مقاومت ۲۸ روزه اش را به دست می آورد.
- این قطعات پیش ساخته بتنی سرعت اجرای کار را بالا برده و عملیات ساخت و ساز را اقتصادی تر میکنند.
- در ساختن بناهای پیش ساخته، معمولاً بتن پی را درجا میریزند سپس قطعات بتن پیش ساخته را روی پی سوار میکنند. این قطعات را میتوان در نما، کف، سقف و دیوارها مورد استفاده قرار داد. قطعات نما دارای سطح صافتر و مرغوبتری هستند.

# انواع محصولات بتنی:

- **بتن پیش ساخته عبور دهنده نور (لایتراکان):**
- لایتراکان مخفف عبارت (Light Transmiting Concrete) است.
- این ماده ترکیبی از فیبرهای نوری و ذرات بتن میباشد که به صورت بلوک و صفحات پیش ساخته تولید میشود.
- فیبرها به علت اندازه کوچکیشان با بتن مخلوط شده و تبدیل به یک جزء ساختاری میشوند.
- بدین ترتیب نتیجه کار صرفاً ترکیب دو ماده شیشه و بتن نیست، بلکه یک ماده سوم جدید به دست میآید که هم از حیث ساختار درونی و هم از حیث سطح بیرونی کاملاً همگن و یکنواخت است.
- فیبرهای شیشه سبب نفوذ نور به داخل بلوکها میشوند. جالبترین ویژگی این محصول این است که ضمن عبور نور از آن، دارای سایه نیز میباشد. همچنین رنگ نوری که از پشت این بتن دیده میشود، ثابت است. به عنوان مثال اگر نور سبز به بلوک بتابد، در پشت آن سایه ها سبز دیده میشوند.
- فیبرهای شیشه ای هیچ تأثیر منفی روی مقاومت بتن ندارند بنابراین میتوان از آنها در سازه های باربر نیز استفاده کرد. همچنین این صفحات و بلوکها میتوانند در اندازه های مختلف و با عایق حرارتی خاص نصب شده روی آنها تولید شوند.

# انواع محصولات بتنی:

## • لوله های بتنی:

- از بتن میتوان لوله های عظیم انتقال آب ساخت.
- بدین صورت که بتن را در قالب لوله میریزند، آن را لرزانده و متراکم میکنند. سپس آن را از قالب خارج کرده و در محل نمناک قرار میدهند تا سفت و سخت شود.
- اگر در ساخت بتن از سیمان تراس یا پوزولانی استفاده کنند یا به بتن گرد دیاتمه اضافه کنند، لوله بتنی آب بندی نیز می شود.

# افزودنیهای بتن:

• افزودنیها موادی هستند که جهت بهبود برخی خواص بتن به آن اضافه میشوند. این مواد را به مقدار کم در هنگام ساختن بتن به آب آن، اضافه میکنند. مواد افزودنی نباید بر سیمان اثری داشته باشند یا موجب زنگ زدن میلگردها در بتن مسلح شوند:

• روان کننده ها (تقلیل دهنده های آب)

• تسریع کننده ها

• کندگیر کننده ها

• هوازها

• چسب بتن

# افزودنیهای بتن:

- روان کننده ها (تقلیل دهنده های آب):

- این مواد تأثیرات زیر را در بتن ایجاد میکنند:

- ۱. رسیدن به مقاومت بالاتر به وسیله کاهش نسبت آب به سیمان (با استفاده از دوده سیلیسی و مواد افزودنی فوق روان کننده میتوان بتن هایی با مقاومت بیش از ۳۰۰ مگاپاسکال تولید کرد)
- ۲. کاهش مقدار سیمان مصرفی با حفظ کارایی (روانی) بتن و در نتیجه کاهش حرارت آبگیری در توده بتن.
- ۳. سادگی بتن ریزی به وسیله افزایش کارایی (روانی) بتن.
- ۴. ایجاد بار منفی در سطح ذرات سیمان که موجب میگردد ذرات سیمان یکدیگر را دفع کنند و پراکندگی یکنواختی در مخلوط حاصل گردد.
- ۵. کاهش سایش بین سنگدانه ها

# افزودنیهای بتن:

## • تسریع کننده ها:

- این مواد سبب تسریع در گیرش ابتدایی بتن شده و رشد مقاومت آن را سریعتر می کنند.
- از این مواد در بتن ریزی در هوای سرد استفاده میشود.
- مهمترین آنها کلرورکلسیم به میزان کمتر از ۲٪ وزن بتن است که انقباض بتن را نیز کاهش میدهد ولی باعث خوردگی فولاد و آلومینوم می شود.
- بنابراین در بتنهای مسلح و نیز در بتن هایی که در معرض آبهای سولفات دار هستند بهتر است از تسریع کننده های دیگر نظیر کربنات سدیم، کربنات پتاسیم و... استفاده شود.

# افزودنیهای بتن:

## • کندگیر کننده ها:

- کندگیر کننده ها زمان گیرش ابتدایی بتن را به تأخیر می اندازند.
- بنابراین رشد مقاومت بتن کاهش مییابد ولی بر میزان مقاومت نهایی تأثیری ندارد.
- این مواد عمل آبگیری را کند میکنند. بنابراین نیاز به آب کمتری در بتن است و نسبت آب به سیمان کاهش مییابد.
- کاربرد کندگیر کننده ها عبارتست از: بتن ریزی در هوای گرم، زمانی که فاصله بین ایستگاه بتن تا محل قالب زیاد است و نیز زمانی که بتن ریزی به صورت مداوم ادامه دارد و نیاز است که بتن قبلی زود خشک نشود تا بین آن و بتن جدید پیوستگی به وجود آید، نظیر بتن ریزی در پلها، در سقف و... .



# افزودنیهای بتن:

## • هوازاها:

• مواد هوازا حبابهای بسیار ریز میکروسکوپی از هوا را به طور یکنواخت و جدا از هم در سراسر دوغاب سیمان ایجاد میکنند.

• این حبابها سبب افزایش دوام بتن در برابر یخ زدن ها و آب شدن های مکرر، آب بندی و نفوذ ناپذیری بیشتر بتن، کم کردن اصطکاک داخل بتن و در نتیجه افزایش کارایی (روانی) آن و تسهیل بتن ریزی میشوند.

# افزودنیهای بتن:

## • چسب بتن:

- این چسب از رزینهای مصنوعی پلیمری نظیر اکریلیک، استات و... ساخته میشود و باعث افزایش مقاومت فشاری و خمشی، دوام بتن، کاهش میزان نفوذ آب در آن، اتصال بتن تازه به بتن کهنه، افزایش روانی بتن، افزایش چسبندگی بتن، جلوگیری از ترک خوردن آن و... میشود.
- دانه های سیمان در بتن تمایل دارند که به دور هم گرد آمده و حالت آماج به خود بگیرند در نتیجه آب به همه ذرات سیمان نمی رسد.
- مواد همزوج ساز نظیر کلسیم لینگنین سولفات سبب میشوند که آبگیری سیمان بهتر انجام گیرد و آب انداختن بتن به حداقل برسد.

# اجرای بتن:

## • حمل و نقل بتن:

- امروزه بتن به صورت استاندارد در کارخانه ساخته شده سپس به محل مصرف حمل میشود.
- در پروژه های بزرگ میتوان ایستگاههای بتن ساز (Batching Plant) را در کارگاه مستقر کرد.
- در حمل بتن از کارخانه از ماشینهای مخصوص (Mixer Truck) استفاده میشود که چرخش مخزن بتن این ماشینها مانع از ته نشین شدن سنگها شده و روانی بتن را حفظ میکند. این ماشینها همچنین از تأثیر هوای گرم (تبخیر آب بتن) و هوای سرد (کاهش گرمای بتن) بر بتن جلوگیری میکنند.
- بتنی که از مخلوط کن خارج میشود نباید بیشتر از ۳۰ درجه سانتیگراد گرما داشته باشد.
- عمل تخلیه بتن بر حسب نوع و محل کار میتواند مستقیماً از ماشین به محل بتنریزی صورت گیرد یا از قیف مخصوص، دمپر، ناودانی تخلیه و یا پمپ بتن استفاده شود.

# اجرای بتن:

## • حمل و نقل بتن:

- بتن را به وسیله پمپ میتوان تا فاصله ۹۰۰ متری افقی و ۱۵۰ متری عمودی پمپ کرد. البته در این حالت روانی بتن باید زیاد باشد که خود به کیفیت بتن لطمه میزند.
- زمان گیرش بتنی که حمل میشود باید اندکی بیشتر از مجموع زمانهای ساختن، حمل تا محل مصرف، ریختن و عمل آوردن بتن باشد.
- در غیر این صورت به بتن مواد کندگیر کننده میافزایند.
- زمان حمل بتن از محل ساخت تا محل مصرف، در هوای سرد و نمناک نباید بیشتر از یک ساعت و در هوای گرم و خشک بیشتر از نیم ساعت طول بکشد.
- در صورت زیاد بودن فاصله حمل، سنگدانه ها و سیمان توسط ماشین مخصوص که دارای مخزن گردنده است به محل مصرف حمل میشوند و در آنجا درون مخزن گردنده آب میریزند.

# اجرای بتن:

## • قالب بندی بتن:

- جنس و بافت سطح درونی قالب تأثیر مستقیمی بر بافت نهایی بتن دارد.
- بسته به بافت دلخواه در سطح بتن از قالبهای چوبی، فلزی یا پلاستیکی استفاده میکنند.
- سطح درونی قالب چوبی باید پیش از ریختن بتن، نمناک شود تا آب بتن را جذب نکند.
- سطح درونی قالب فولادی نیز باید با روغن چرب شود تا به بتن نچسبد.
- قالب باید به اندازه کافی محکم باشد تا فشار بتن را تحمل کند و درزها و محل اتصالات قالب نیز باید از نشست بتن جلوگیری کنند.
- زمان باز کردن قالبها بر حسب نوع بتن و شرایط سازه بتنی متفاوت است ولی معمولاً بین ۲۴ ساعت تا یک هفته به طول می انجامد.

# اجرای بتن:

## • بتن ریزی:

- در بتن ریزی اختلاف ارتفاع بین محل تخلیه بتن و درون قالب نباید از یک متر بیشتر باشد در غیر این صورت دانه های درشت جدا شده و ته نشین میشوند.
- در ستونهایی که ارتفاع آنها زیاد است باید بتن از بازشوهایی موسوم به پنجره در بدنه قالب ستون ریخته و مترکم گردد. سپس این بازشو کاملاً بسته شده و بتن ریزی از بازشو بالایی که فاصله آن از بازشو پایینی یک متر است، ادامه میابد.
- لایه های مختلف بتن ریزی باید سریع اجرا گردد تا لایه قبلی خشک نشود و اتصال لازم بین آنها ایجاد گردد.

# اجرای بتن:

## • بتن ریزی:

• **بتن ریزی در هوای گرم:** باعث افزایش میزان آب مورد نیاز، افت سریعتر اسلامپ، افزایش احتمال ایجاد ترک در بتن، نیاز شدید به عمل آوردن سریع و... میشود.

• **بتن ریزی در هوای سرد:** در شرایط یخبندان بتن باید متراکم و توپر ساخته شود تا آب در آن نفوذ نکند و یخ نزند. در غیر این صورت ازدیاد حجم آب یخ زده سبب ایجاد ترک در بتن میشود. استفاده از سایبان در هوای گرم و پتوی عایق حرارت در هوای سرد و نیز استفاده از باد شکن میتواند تا حدی تأثیر شرایط جوی نامناسب را تعدیل کند.

# اجرای بتن:

## • متراکم کردن بتن:

- زمانی که بتن در قالب ریخته شد به جهت اینکه کاملاً در محل خود جا بیفتد و هوای درون آن خارج شود، بلافاصله بتن را متراکم میکنند.
- متراکم کردن بتن فضاهای خالی درون آن را کم میکند (کمتر از ۲٪ حجم بتن) در نتیجه وزن مخصوص بتن افزایش یافته و مقاومت آن بالا میرود.
- برای متراکم کردن بتن، اگر بتن سفت باشد آن را با دستگاههای پرس مخصوص میکوبند (بتن کوبیده) و هرگاه خمیری باشد آن را با دستگاه ویراتور می لرزانند (بتن لرزیده).
- دستگاه ویراتور باید به صورت عمودی وارد بتن شود و نباید به قالب یا آرماتورها تکیه کند.
- حدود نیم تا یک دقیقه برای لرزاندن بتن کافی است، کم لرزاندن بتن آن را متراکم نمی کند و زیاد لرزاندن آن نیز باعث جدا شدن سنگدانه ها از دوغاب سیمان و ته نشین شدن آنها میشود.
- پس از لرزاندن، هوای اضافی بتن به صورت کف ریزدانه موسوم به شیر بتن در سطح آن ظاهر میشود. در این مرحله سطح بتن را ماله کشی میکنند تا کاملاً صاف شود.



# اجرای بتن:

## • عمل آوردن بتن:

- آخرین مرحله در انجام کارهای بتنی حفاظت از بتن در برابر تابش آفتاب، وزش باد، گرمای هوا، یخ زدن و... و در نتیجه جلوگیری از تبخیر آب بتن و ترک خوردن آن است که به آن عمل آوردن بتن میگویند و بلافاصله پس از تراکم کردن بتن آغاز می شود.
- زمان عمل آوردن بتن در واقع زمانی است که دوغاب سیمان در بتن، تحت درجه حرارت ۳۵-۱۰ درجه سانتیگراد و رطوبت مناسب سخت میشود.
- این زمان ۱۳-۱۴ روز میباشد ولی نگهداری و عمل آوردن بتن در ۲۴ ساعت اولیه حیات آن بسیار حائز اهمیت است. زیرا اگر در این زمان آب بتن تبخیر شود، دوغاب سیمان کند روان شده و بتن در اصطلاح میسوزد و مقاومتش کاهش مییابد.

# اجرای بتن:

## • عمل آوردن بتن:

- مرطوب نگهداشتن سطح خارجی بتن با آب ریختن دائم و پوشاندن آن با نایلون یا گونی خیس صورت میگیرد، این عمل در افزایش رشد مقاومت بتن بسیار مؤثر است.
- علاوه بر این عمل آوردن بتن تأثیر زیادی روی خواص بتن سخت شده نظیر دوام، مقاومت، آب بندی، سختی، ثبات حجمی، مقاومت در برابر یخ زدن و آب شدن دارد.
- عمل آوردن و نگهداری از بتن در سلامت سطح ظاهری بتن نیز بسیار مؤثر است زیرا در صورت سوختن بتن سطح آن پوسته پوسته شده و ترک میخورد. مضاف بر اینها بارندگی شدید نیز بر روی سطوح بتنی خشک نشده باعث آبله رو و کرمو شدن آن میشود.

# راهنمای شناخت بتن مرغوب:

- برای به دست آوردن بتن مرغوب باید از کیفیت مواد تشکیل دهنده آن، نسبت مناسب اختلاط مواد اولیه و اجرای مناسب (حمل، ریختن، نگهداری و...) اطمینان حاصل شود.
- نسبت کم آب به سیمان در کیفیت و مقاومت بتن بسیار مؤثر است و بتن باید قابل ویریه باشد (خیلی شل نباشد مگر برای مصارف خاص).
- مقدار اکسیدهای منیزیم و پتاسیم و نیتروژن آهک آزاد باید در بتن به حداقل برسد. آهک آزاد در بتن سبب می‌گردد که آب هنگام عبور از لوله های موئین داخل بتن و خروج از سطح دیگر آن، ایجاد شوره و سفیدک کند.
- در نهایت سطح بتن باید یکنواخت باشد و پوسیدگی، ترک، گرم شدن و... در سطح آن مشاهده نشود.