دانشکده فنی و حرفه ای دختران کرمان حضرت فاطمه (س)

بخش معماری و شهرسازی

سازه‌های بتنی

نیمسال دوم ۹۸-۹۹

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست

۱- مقدمه ۵

۲- تاریخچه بتن و بتن آرمه ۵

۳- تعریف ۵

۴- مزایا سازه های بتنی ۶

۵- معایب سازه های بتنی ۷

۶- مقایسه ساختمان های بتنی و فولادی ۹

۷- اجزاء تشکیل‌دهنده بتن ۱۰

۷-۱- مصالح سنگی ۱۰

۷-۲- آب ۱۱

۷-۳- سیمان ۱۳

۸- افزودنی های بتن ۱۵

۸-۱- افزودنی‌های شیمیایی ۱۵

۸-۲- افزودنی‌های معدنی ۱۶

۹- طرح اختلاط بتن ۱۷

۱۰- مراحل اجرای ساختمان بتنی ۱۷

۱۰-۱- اختلاط و ساخت بتن ۱۸

۱۰-۲- حمل بتن ۱۹

۱۰-۳- بتنریزی ۱۹

۱۰-۴- تراکم بتن ۲۰

۱۰-۵- پرداخت سطح بتن ۲۰

۱۰-۶- مراقبت از بتن (کیورینگ بتن) یا عمل آوری بتن ۲۱

۱۰-۷- افت (انقباض یا آبرفتگی) ۲۳

۱۰-۸- خزش یا وارفتگی ۲۳

۱۱- انواع بتن ۲۳

۱۱-۱- معمولی ۲۳

۱۱-۲- بتن سبک ۲۳
۱۱-۳- بتن مسلح ۲۴
۱۱-۴- بتن مگر ۲۴
۱۱-۵- بتن پیش تنیده ۲۴
۱۱-۶- بتن هوادار ۲۵
۱۱-۷- بتن نفوذپذیر ۲۵
۱۱-۸- بتن پلیمری ۲۶
۱۱-۹- بتن با مقاومت بالا (HSC) ۲۶
۱۱-۱۰- بتن با عملکرد بالا (HPC) ۲۶
۱۱-۱۱- بتن خود متراکم (SCC) ۲۷
۱۱-۱۲- شاتکریت ۲۷
۱۱-۱۳- بتن الیافی (FRC) ۲۷

۱- مقدمه

بتن (Concrete) در مفهوم وسیع یک ماده ترکیبی از سنگ‌های بزرگ و کوچک است که با یک ماده چسبنده سیمانی به هم اتصال داده شده و با گذر زمان سفت میشود. این ماده چسبنده عموماً حاصل فعل و انفعال سیمان‌های هیدرولیکی و آب می‌باشد. اینک با گذشت سالها از کشف سیمان بتن دستخوش تحولات و پیشرفتهای شگرفی شده است.

۲- تاریخچه بتن و بتن آرمه

تاریخچه استفاده از بتن بسیار قدیمی است و به حدود ۲۰۰۰ سال قبل یعنی زمانی که مصریان از ترکیب مواد مختلف جهت احداث ساختمان‌های خود استفاده می‌کردند برمی‌گردد. همچنین این ماده توسط رومیان باستان و صدر مسیحیت در مقیاس عظیم مورد استفاده قرار می‌گرفته بطوریکه گنبد پانتئون بزرگترین گنبد بتن غیرمسلح در جهان است سپس مدتی در قرون وسطی و رنسانس اغلب بی استفاده مانده است. با این وجود سابقه ثبت سیمان پرتلند به ژوزف اسپیدین انگلیسی در سال ۱۸۲۴ برمی‌گردد. و از آن پس بتن غیرمسلح به عنوان مصالح ساختمان خوب استفاده شد.

سابقه بتن مسلح به سال ۱۸۵۰ برمیگردد که ژورف لامبوت فرانسوی یک قایق بتنی را که با شبکه ای از سیم های موازی مسلح شده بود، تولید کرد. ولی اختراع بتن آرمه معمولا به ژوزف منیر فرانسوی نسبت داده می‌شود که در سال ۱۸۶۷ ابداع ساخت مخازن و حوضچه‌های بتنی مسلح با شبکه‌ای از سیم آهنی را برای خود ثبت کرد.

امروزه بتن پرکاربردترین ماده‌ی مصرفی ساخت بشر در جهان است سازه‌های بزرگ (مثل سدها و پارکینگ‌های چند طبقه) با بتن مسلح ساخته می‌شوند. و نقش بتن در فناوری های نوین ساختمانی به وضوح قابل رویت است. تبلور این نقش از معماری فضا و مبلمان داخلی گرفته مؤید این ادعاست.

کیفیت بتن، کارایی مناسب، قابلیت طراحی، نداشتن اثرات مخرب زیست محیطی سبب گردیده است که کاربرد این ماده روز به روز بیشتر گردیده، بطوریکه در حال حاضر تولید کمی بیش از ۱ ton بتن در سال به ازای هرنفر در جهان میباشد. و ساخت زیر ساخت های بشری از این ماده بیانگر این مسئله است که اهمیت انواع بتن در جامعه مدرن امروزی امری اجتناب ناپذیر است.

۳- تعریف

بتن یک ماده ترکیبی ساختگی شبیه به سنگ است که از مخلوط کردن مقدار متناسبی از سیمان، شن، ماسه، آب و افزودنی های دیگر بدست می‌آید. توده اصلی بتن، سنگ دانه‌های درشت و ریز (شن و ماسه) است و فعل و انفعال شیمیایی بین آب و سیمان که به صورت شیره‌ای اطراف سنگدانه‌ها را پوشانده است، باعث یکپارچه شدن و چسبیدن سنگدانه‌ها به یکدیگر می شود. این سنگدانه‌ها اسکلت اصلی بتن را تشکیل داده و نیروی وارد بر بتن را تحمل می کنند، آب نیز در این مخلوط موجب ایجاد واکنش شیمیایی در سیمان می‌شود که سخت شدن مخلوط بتن را پس از طی دوره حدود بیست و هشت روز و رسیدن به مقاومت نهایی بتن به همراه دارد. شن و ماسه حدود

۷۰ درصد مخلوط بتن و مابقی را خمیر سیمان و درصد بسیار کمی هوا تشکیل می دهد. اغلب، افزودنی‌هایی (مانند پوزولان‌ها یا فوق روان کننده‌ها) به ترکیب اضافه می‌شوند تا خواص فیزیکی ترکیب را بهبود بخشند.

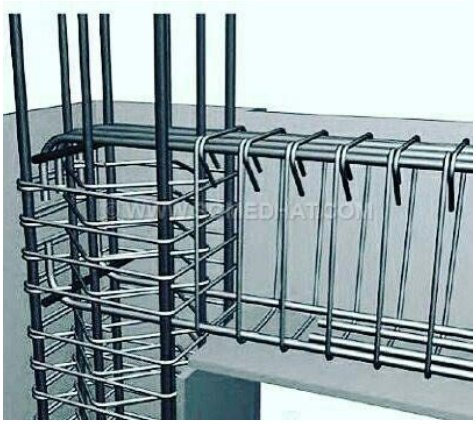
برای غلبه بر محدودیت مقاومت کششی بتن، از میلگردهای فولادی که دارای مقاومت کششی بالایی هستند در قسمت های تحت کشش در بتن استفاده میشود؛ چسبندگی عالی فولاد به بتن از مهم ترین عوامل استفاده از فولاد در بتن است. ترکیب بدست آمده "بتن مسلح" خوانده می‌شود که اغلب مزایای خوب دو ماده مختلف را به تنهایی داراست. به دلیل نزدیک بودن ضریب انبساط حرارتی بتن وفولاد، این دو ماده سازگاری خوبی با یکدیگر دارند و بدلیل چسبندگی شیمیایی و ناصافی و برآمدگی میلگرد چسبندگی خوبی بایکدیگر دارند و همانند جسم واحد عمل میکنند.

سازه بتنی سازه‌ای است که در ساخت آن از بتن یا به طور معمول بتن آرمه (سیمان، شن، ماسه و فولاد به صورت میلگرد ساده یا آجدار) استفاده شده باشد. در ساختمان در صورت استفاده از بتن آرمه در قسمت ستون‌ها و شاه تیرها و پی، آن ساختمان یک سازه بتنی محسوب می‌شود.

۴- مزایا سازه های بتنی

ساختمان های بتنی به علل زیر مورد توجه مهندسین و شهرسازان قرار گرفته و روز به روز رو به توسعه است.

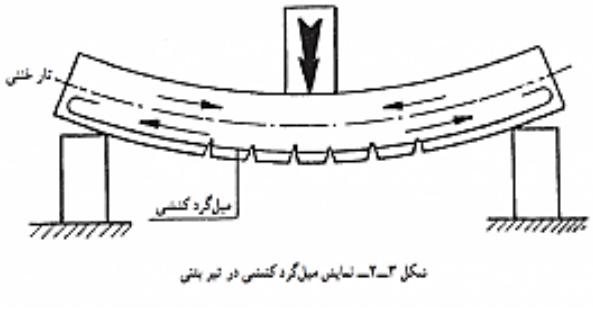
- قابلیت شکل‌پذیری بالا و امکان ساخت انواع سازه‌های بتنی نظیر پل، ستون و ... به اشکال مختلف، ساخت فرم و سطوح نامنظم ب رعکس مقاطع فولادی که در ابعاد مشخص در کارخانه تولید می‌شود، نیازهای طراحان را دگرگون کرد.
- ساختمان‌های بتنی در مقابل آتش‌سوزی نسبت به ساختمان‌های فلزی مقاوم‌تر می‌باشند.آزمایشات نشان داده‌اند که در صورت ایجاد حرارتی معادل° ۱۰۰۰ برای یک نمونه بتن آرمه، حداقل یک ساعت طول می‌کشد تا دمای فولاد داخل بتن، که با یک لایه بتنی با ضخامت ۲/۵ سانتی متر پوشیده شده است، به° ۵۰۰ برسد.
- مقاومت در برابر تاثیرات جوی و محیطی(رطوبت، آب، یون سولفات و یون کلر) نسبت به مصالح دیگر: ساختمان‌های بتنی در مقابل عوامل جوی از ساختمان‌های فلزی مقاوم تر بوده و در نتیجه نسبت به ساختمان‌های فلزی دارای عمر طولانی‌تر می‌باشند. و به نسبت به محافظت و نگهداری کمتری نیاز دارند. تحت یک شرایط مشخص بتن در طول زمان نه تنها کاهش مقاومت ندارد، بلکه با گذشت طولانی زمان با تحکیم بیشتر سیمان، افزایش مقاومت نیز خواهد داشت.
- اجزاء بتن آرمه صلبیت بالایی دارند به همین دلیل معمولا ساکنان یک ساختمان بتن ارمه در هنگاه وزش شدید باد و یا تحریک زیاد همسایگان لرزه ای احساس نمیکنند و آرامش انها حفظ میشود.
- دسترسی آسان و کم هزینه‌تر به مصالح تشکیل دهنده آن (بجز سیمان)، که تقریبا در تمام نقاط کره زمین به حد وفور یافت می‌شود (به ویژه شن و ماسه)



- اتصال مناسب و همگن میان تیر و دیافراگم امکان ساختن ساختمان‌های بتنی را میسر می‌سازد. در صورتیکه اطلاعات آماری نشان میدهد در زلزله‌ها آسیبهای رسیده به سازه‌های فلزی بیشتر از سازه‌های بتنی می‌باشد که علت این امر عدم اجرای صحیح اتصالات می‌باشد.

- سازگاری با محیط زیست: در بین مصالح ساختمانی استفاده شده از دیرباز تا کنون، بتن را می‌توان یکی از مواد مناسب و سازگار با محیط زیست معرفی کرد که به هیچ شکلی نمی‌تواند تأثیر منفی بر روی محیط اطراف خود داشته باشد. مواد اولیه و اصلی استفاده شده در بتن را ماسه سنگ، سیمان و آب تشکیل می‌دهند. این مواد تماماً طبیعی بوده و ماده شیمیایی خاصی به آنها اضافه نمی‌شود. به همین دلیل، ورود آنها به محیط زیست نیز نمی‌تواند مشکل ساز باشد.
- اجرای اسکلت بتنی در مقایسه با اسکلت فلزی از ظرافت، تخصص و حساسیت کمتری برخوردار است و با توجه به تعدد اجرای این نوع اسکلت، پیمانکاران با تجربه ای آن را اجرا می کنند.

۵- معایب سازه های بتنی



شکل ۳ـ۲ـ نمایش میل‌گرد کششی در تیر بتنی

- مقاومت کششی بتن حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد مقاومت فشاری آن است. که این مسئله استفاده از فولادهای مسلح کننده در ناحیه کششی بتن را اجتناب ناپذیر میکند با این وجود در ناحیه کششی ترکهایی ایجاد میشود که بایستی با تمهیدات خاص عرض ترک را محدود کرد تا زمینه جلوگیری از نفوذ اب یا رطوبت یا یون زیان اور را فراهم کرد.

- ضریبی بعنوان مقاومت در واحد وزن وجود دارد، که در اسکلت فلزی این ضریب بزرگتر از اسکلت بتنی است. به بیان دیگر مقاومت قابل تحمل توسط یک کیلوگرم اسکلت فلزی بیشتر از یک کیلوگرم اسکلت بتنی است. (بدلیل اینکه مقاومت فشاری بتن را ۵ تا ۱۰ ٪مقاومت فولاد و وزن مخصوص آن حدود ۳۰ درصد وزن مخصوص فولاد است). بنابراین ابعاد ستونها و تیرهای بتنی به مراتب بیش از سازه‌های فولادی است که این موضوع از لحاظ معماری خوشایند نیست و همواره سازه های بتنی سنگینتر از سازه‌های فلزی هستند. که البته لازم به یاد آوریست در ساختمانهای معمولی که مورد بحث ماست این سنگینی بسیار نمی‌باشد.

- یکی از معایب مهم ساختمان‌های بتنی وزن بسیار زیاد ساختمان می‌باشد که با میزان تخریب ساختمان در اثر زلزله نسبت مستقیم دارد. البته تا حدودی استفاده از میکروسیلیس در ساخت بتن سبک سبب شده است که مقاومت بتن سبک بیشتر شود و دامنه کاربرد این نوع بتن بالا رود.
- به دلیل پایین بودن نسبت مقاومت به وزن در سازه‌های بتنی نسبت به سازه‌های فلزی استفاده از سازه بتنی در شرایطی که طول دهانه بزرگتر باشد و یا جنس خاک زیر سازه سست باشد توصیه نمی‌شود.

- بدلیل افزایش مقطع اعضاء در سازه‌های بتنی نسبت به سازه‌های فلزی محدودیت‌هایی در معماری بوجود میآید. بنابراین سازه‌های فولادی فضای مفید بیشتری را برای تامین پارکینگ و انباری ایجاد کرده و از سوی دیگر نقشه زیباتری را برای واحدهای مسکونی ایجاد می‌کند.
- با وجود عمر بیشتر سازه ای بتنی نسبت به فلزی، ارزش آتی سازی بتنی کمتر است. یعنی این که اگر قصد تخریب ساختمان در سالهای بعد باشد اسکلت فلزی به خاطر داشتن آهن و فولاد بیشتر(تیرآهن) ارزش بیشتری دارد. چرا که در بازار جهانی و ایران این فلزات را به عنوان اسکلت دسته دوم و کهنه خرید و فروش می کنند و در چرخه بازیافت دوباره از آن استفاده می کنند.
- اجرای آرماتوربندی و قالب‌بندی، مهار گذاری، شمع‌بندی در این سازه‌ها نیاز به تخصص و صرف زیادی دارد. بطوریکه ۳۰ تا ۵۰ درصد هزینه اجرای سازه بتنی را به خود اختصاص میدهند.
- بتن با گذشت زمان تغیرات حجمی پیدا میکند که عمدتا با پدیده‌های خزش و افت مرتبط هستند و باعث ترک خوردگی و خیز اجزاء میشود.
- استفاده از اجزاء تشکیل دهنده نامناسب سیمان، شن و ماسه از عوامل ثانوی عمر کوتاه ساختمان در بحث مصالح می‌باشد.
- نیاز به آزمایش مستمر بتن، در محل اجرای این سازه‌ها و همچنین کارگاه می‌باشد و کنترل کیفیت در کارگاه کیفیت کمتری نسبت به کارخانه دارد.
- پس از اتمام اجرای اسکلت فلزی، در صورتیکه نیاز به افزایش مقاومت در قسمتهایی از آن وجود داشته باشد (تغییر در آیین نامه، اشتباه در محاسبات، اضافه شدن به بار ساختمان و ...) این کار را با اضافه کردن قطعات جدید به اسکلت می‌توان انجام داد. اما در اسکلت بتنی چنین امکانی وجود ندارد.

۶- مقایسه ساختمان های بتنی و فولادی

در ساختمان سازی انتخاب نوع اسکلت سازه همواره یکی از دغدغه‌های افراد بوده است. چرا که با دانستن تفاوت های میان این دو نوع اسکلت از جنبه های مختلف می‌توانند به انتخاب درستی میان این دو دست پیدا کنند.

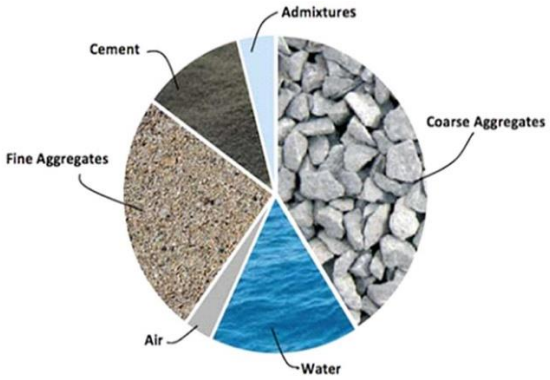
- در گذشته خیلی ها معتقد بودند که سازه فلزی تا ۳۰ ٪گرانتر از سازه بتنی تامین و اجرا می‌گردد اما اگر به دید دیگری نگاه کنیم به طور کلی اسکلت بتنی متشکل از بتن و مقاطع فولادی مانند میلگرد و اسکلت فلزی متشکل از تنها مقاطع فولادی می باشد. با این حساب وزن مقاطع فولادی مورد استفاده در اسکلت بتنی تقریبا ۳۵ درصد کمتر از مقاطع فولادی مورد نیاز در نوع فلزی می‌باشد با احتساب هزینه حجم بتن همچنین دستمزد اجرای بتن و میلگرد مصرفی این اختلاف هزینه کمتر اسکلت بتنی نسبت به فولادی جبران خواهد شد. حتی شاید اگر هزینه تمام شده را با جزئیات بخواهیم محاسبه کنیم در مواردی مشاهده شده قیمت اسکلت بتنی از فلزی بیشتر هم شده است.
- البته لازم به ذکر است که سرعت بالاتر اجرای سازه فلزی نسبت به بتنی و با توجه به تورمات روزانه کشور بخشی از درصد مذکور را کاهش می‌دهد که متاسفانه قابل تخمین یا اندازه‌گیری نیست.
- به‌طور کلی زمان اجرای سازه‌های فولادی کوتاهتر از (حتی یک سوم) سازه‌های بتن‌آرمه است. سازه بتنی می‌توان به تدریج به پروژه تزریق اعتبار نمود در حالی که در ساختمان اسکلت فلزی در بدو کار میبایست مبلغی هنگفت جهت خرید آهن آلات هزینه نمود. در ساختمان بتنی به عکس ساختمان های فلزی می توان فعالیت تدریجی انجام داد به طوری که در سازه فلزی مادامیکه سازه بطور کامل نصب و صلب نشده نباید سقفها را اجرا نمود ولی در سازه بتنی سقفها عموما پس از تکمیل ستونهای هر طبقه اجرا میشود که در اینصورت پس از اجرای دو یا سه سقف میتوان سایر فعالیتها را شروع نمود و بدین ترتیب همزمانی در اجرا ایجاد کرد که باعث افزایش سرعت پروژه می‌گردد.
- فولاد به‌عنوان یک سرمایه ملی ماده‌ای است که ارزان به دست نمی‌آید و همانند نفت روزی تمام خواهد شد؛ ماده‌ای که باید در صنایع ارزشمندتر و یا حداقل در سازه‌های خاص که نیاز به ظرافت خاصی دارند و پس از بررسی‌های علمی برتری فولاد در آن محرز شده، مورد استفاده و بهره‌برداری قرار گیرد تا شاهد رشد اقتصادی در دیگر زمینه‌ها باشیم. بنظر می‌رسد استفاده از سازه‌های بتن آرمه با توجه به مصرف بمراتب پایین‌تر از فولاد (بصورت میلگرد) از جنبه ملی بمراتب مناسب‌تر و بهینه‌تر از سازه‌های فولادی است.

نهایتا هر سازنده‌ای با توجه به شرایط و معیارهای خود تصمیم‌گیرنده اصلی است و گاهی ممکن هست تمام مزیت‌های یک نوع اسکلت خاص با توجه به شرایط حاکم فدای تنها یک مزیت خاص شود و تنها یک مزیت معیار انتخاب گردد.

۷- اجزاء تشکیل‌دهنده بتن

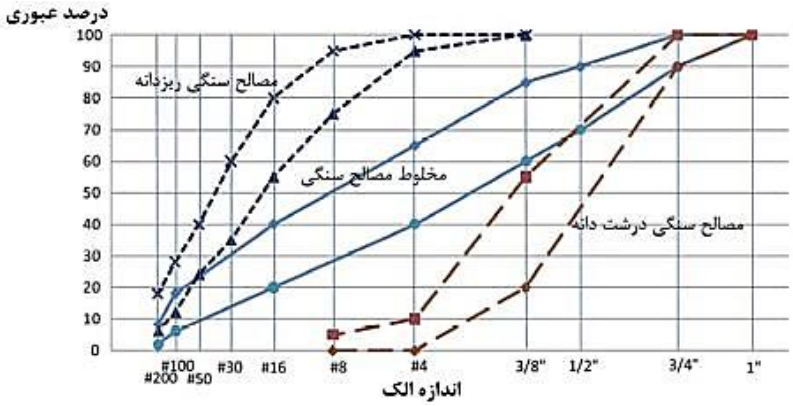
بتن دارای انواع مختلفی می‌باشد که تفاوت آن‌ها در مواد اصلی به کار رفته در ساخت آن‌ها است بنابراین مواد تشکیل دهنده بتن بستگی به نوع آن دارد. بطورکلی مصالح مصرفی اصلی بتن عبارتند از سیمان، سنگدانه درشت یا مصالح سنگی درشت دانه (شن)، سنگدانه ریز یا مصالح سنگی ریزدانه (ماسه) و آب. علاوه بر این مصالح، مواد اصلاح کننده خواص بتن، یعنی مواد افزودنی، پوزولانها و مواد شبه سیمانی، نیز می‌توانند در بتن استفاده شوند.

اجزای بتن معمولی		نسبت حجمی(٪)
(coarse +fine) aggregates	مصالح‌سنگی	۶۰ تا ۷۵
cement	سیمان	۷ تا ۱۵
water	آب	۱۴ الی ۲۱
admixtures	افزودنی	کمتر از ۰/۵ ٪ وزن سیمان
air	هوا	۰/۵ تا ۳



۷-۱- مصالح سنگی

مصالح سنگی بصورت ریز دانه (ماسه) و درشت‌دانه (شن)، بوده و در مجموع ۶۰ تا ۷۵٪ حجم بتن را تشکیل می‌دهند. مرز بین شن و ماسه الک شماره ۴ (که اندازه بعد شبکه‌های آن ۴/۷۶ میلیمتر) می‌باشد.



طبق تعریف، «بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه» عبارت است از اندازه کوچکترین الکی که حداکثر ۱۰٪ وزنی سنگدانه روی آن باقی بماند.

بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه‌های درشت نباید از هیچ یک از مقادیر زیر بیشتر باشد:

- یک پنجم کوچکترین بعد داخلی قالب بتن
- $\frac{1}{3}$ ضخامت دال
- $\frac{3}{4}$ حداقل فاصله آزاد بین میلگردها
- $\frac{3}{4}$ پوشش بتن روی میلگردها
- ۳۸ میلیمتر در بتن آرمه
- ۶۳ میلیمتر در بتن حجیم غیرمسلّح

دانه های ماسه باید از ۰/۰۷۵ میلیمتر بزرگتر باشد و اگر بتن تحت شرایط سایش نباشد حداکثر میزان گل ولای مجاز در شن ۱٪ و در ماسه ۳٪ است.

افزایش حجم مصالح سنگی در بتن به شرط دانه بندی مناسب باعث افزایش مقاومت بتن می‌شود .نحوه توزیع دانه‌ها از نظر ابعاد را منحنی‌دانه بندی مربوطه مشخص می‌کن. اگر اندازه‌ی سنگدانه‌ها یکنواخت باشد، بیشترین فضای بین اجزا را داریم که با اضافه کردن سنگدانه‌های ریزتر این فضاها پر خواهند شد. ملات باید فضای بین سنگدانه‌ها را پر کند، سطح سنگدانه‌ها را به هم بچسباند. بطور کلی بتنی که با مصالح با دانه‌بندی **پیوسته** ساخته می‌شود، هم مقاومت مطلوبتری دارد و هم مصرف سیمانش کمتر است.

سنگ‌های زینتی مانند کوارتزیت، سنگ‌های کوچک رودخانه و یا شیشه‌ی خرد شده گاهی اوقات به سطح بتن افزوده می‌شوند تا لایه‌ی بیرونی حالت تزئینی‌تری داشته باشد.

علاوه بر مقدار و اندازه دانه‌های سنگی مورد استفاده که بایستی طبق استاندارد باشد شکل دانه‌های سنگی نیز خصوصیات بتن موثر است. به عنوان مثال دانه‌های پولکی وسوزنی برای بتن‌سازی مناسب نمی‌باشند و وزن دانه‌های پولکی و سوزنی نمی‌بایست از ۱۵٪ وزن کل سنگدانه‌ها تجاوز کند. همچنین سنگدانه‌های شکسته که تیزگوشه می‌باشند نسبت به سنگدانه های طبیعی (گرد گوشه با سطح صاف) کارایی کمتر ولی مقاومت خمشی و فشاری بیشتری دارند. در صورت استفاده از دانه‌های گردگوشه در بتن سازی مصرف سیمان کمتر میشود.

بدلیل اینکه سنگدانه ها نقش استخوان‌بندی بتن و سیمان نقش چسباننده دانه‌ها به عهده دارد، سنگدانه‌ها بایستی در مقابل اعمال تنش مقاوم باشد. بهترین سنگدانه برای تهیه بتن، سنگدانه های سیلیسی هستند.سختی آنها بین ۷ تا ۸ (۱۰ که مربوط به الماس است) می‌باشد. ولی برای بتن‌های معمولی بیشتر از سنگدانه‌های آهکی استفاده می‌شود که سختی آنها بین ۳ تا ۴ است. و دانه‌های گچی که سختی کمتر از ۳ دارند برای بتن مناسب نیستند.

سنگ دانه ها از نظر رطوبت سطحی و جذب آب دانه‌ها انواع مختلف دارد و بطورکلی در طرح مخلوط بتن فرض میشود که دانه ها از لحاظ رطوبت در حالت اشباع با سطح خشک (S.S.D) هستند، یعنی کلیه خلل و فرج و حفره‌های انها از آب پر ولی حفره‌های مجاور سطح خارجی فاقد آب باشند بطوریکه نه آب بتن جذب دانه‌ها می‌شود و نه دانه‌ها آبی به بتن اضافه می‌کنند.

ضوابط حمل و نقل، تحویل و نگهداری سنگدانه های مصرفی در بتن در ایین نامه های مربوطه ارائه شده است

۷-۲- آب

آب نقش بسیار اساسی در بتن دارد و استفاده از آب مناسب در بتن بسیار مورد توجه است.

سیمان در مجاورت آب شروع به فعل وانفعالات شیمیایی بنام هیدراته شدن نموده و تشکیل سیلیکات‌ها و آلومینات‌های کلسیم متبلور می‌دهد که اساس گرفتن و سخت شدن بتن می‌باشد. این مقدار آب در حدود ۲۰-۲۵ درصد وزن سیمان است.

آب باعث روان شدن قابل حمل و شکل گیری بتن در قالب میگردد. زیرا آب سطح دانه های سنگی را تر نموده و باعث لغزش این عناصر به روی یکدیگر می گردد بدیهی است هر قدرسطح دانه ها بیشتر باشد یعنی هر قدر دانه ریزتر باشد آب بیشتری در این قسمت مصرف می‌شود.

آب بکار رفته در ساخت بتن باید پاک و عاری از هرگونه ناخالصی باشد یا بعبارتی قابل شرب باشد و بطورکلی خصوصیاتش طبق استاندارد باشد. استفاده از آب ناخالص باعث دیرگیر شدن بتن، ایجاد لکه روی سطح خشک شده بتن، کاهش تا ۳۰٪ مقاومت بتن و خوردگی میلگرد می‌شود.

نسبت وزنی آب به سیمان یا $(\frac{W}{C})$ (w: مخفف water و c: مخفف cement) معمولا ۰/۴ تا ۰/۶ در نظر گرفته می‌شود که هرچه کمتر بهتر است.

نسبت وزنی پایین‌تر آب به سیمان $(\frac{W}{C})$ مزایای زیادی دارد:

افزایش مقاومت فشاری و کششی

افزایش چسبندگی بین میلگرد و بتن

افزایش مقاومت در مقابل شرایط جوی نا مساعد

کاهش مزان افت

کاهش میزان خزش

کاهش آب انداختن بتن

کاهش امکان جدا شدن دانه ها

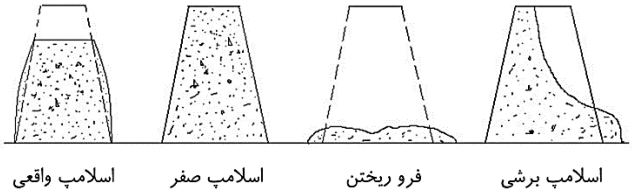
$(\frac{W}{C})$ فقط یک حسن دارد که آن روانی و کارائی بیشتر است در این حالت بتن به راحتی جریان پیدا می‌کند و اسلامپ بالاتری دارد.

آزمایش اسلامپ: بتن یکی از راهکارها برای مشخص کردن مقدار روانی (درجه شلی بتن) و کارایی بتن تازه می‌باشد.

عموماً مقدار اسلامپ بتن نشانگر نسبت آب به سیمان بتن می‌باشد. اما چندین عامل دیگر نیز در بتن وجود دارد که در اسلامپ آن تاثیر می‌گذارد؛ از جمله: نوع و میزان مواد (سیمان، سنگدانه ها، آب و مواد افزودنی) مورد استفاده در بتن، روش‌های مخلوط کردن بتن و میزان زمان سپری شده از هنگام مخلوط کردن بتن غیره.

برای آزمایش اسلامپ از یک قالب که به شکل مخروط ناقص است استفاده می‌شود. قطر قاعده‌ی این مخروط ناقص، ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع آن ۳۰ سانتی‌متر است. بتن تازه به داخل این قالب ریخته می‌شود و سپس قالب را بر می‌دارند. مقدار افت و پایین آمدن بتن را اندازه گیری می‌کنند و آن را میزان اسلامپ بتن می‌نامند. اسلامپ برای کارهای عادی بتن (بدون ارماتور یا ارماتور کم) حدود ۲تا ۵ سانتیمتر، برای کارهای بتن آرمه در محدوده ۱۰ تا ۵ سانتیمتر و برای کارهایی که از پمپ ولوله برای بتن ریزی استفاده میشود و یا تراکم آرماتور زیاد باشد حدود ۱۰ تا ۱۲ سانتی متر انتخاب میشود.

بدیهی است هرچه اسلامپ کمتر باشد خواص مطلوب در بتن سخت شده، بهتر خواهد بود.



گاهی اوقات بعد از بتن ریزی و پرداخت سطحی یک لایه نازک آب آغشته به سیمان به دلیل خاصیت موئینگی، روی سطح بتن ظاهر می‌شود که آب انداختن بتن نام داره و پدیده پودر شدگی را به دنبال دارد و با زیاد ماله کشیدن روی سطح بتن بر طرف نمی‌شود.

مهمترین دلیل افزایش پدیده آب انداختن، در وحله اول جداشدن دانه‌های ریز و درشت از هم در بتن تازه در اثر **اسلامپ بالا** و سپس ویبره بیش از حد و نامناسب بودن دانه بندی می‌باشد

۷-۳- سیمان

سیمان ماده به رنگ خاکستری است که با انجام واکنش شیمیایی (هیدراسیون) با آب نقش چسباندن مصالح سنگی به یکدیگر و تولید جسم سخت بتن را ایفا میکند.

ولی کشف سیمان به شکل امروز مربوط است به یک نفر بنای انگلیسی بنام ژوزف اسپدین که از پختن آهک و خاک رس در حرارت بالا و آسیاب کردن آن موفق شد ابتدایی‌ترین نوع سیمان را کشف نموده و آن را در سال ۱۸۲۴ به نام خود در انگلستان ثبت نماید.

باید توجه نمود رایج‌ترین و پر مصرف‌ترین سیمان مورد استفاده در صنعت ساختمان‌سازی اعم از پل، تونل، راه‌سازی و یا ساختمان و غیره همان سیمان پرتلند است. مواردی که برای پختن سیمان به کوره می‌روند از دو ماده اصلی تشکیل شده‌اند: خاک رس، سنگ آهک. ولی اگر بخواهیم به طور مجزا مواد تشکیل دهنده سیمان را مطالعه نماییم، این مواد عبارتند از: ۱-اهک زنده (CaO_2) ۲ – سیلیس(Sio_2) ۳ – اکسید آلومینیوم (Al_2o_3) ۴ – اکسید آهن(Fe_2o_3) ۵ – اکسید منیزیم (Mgo) و ... که این اکسیدها عمدتا به صورت پیوند یافته در بتن وجود دارند و شامل ترکیبات زیر میشوند:

$$۳CaO.SiO_۲(C_۳S)$$
$$۲CaO.SiO_۲(C_۲S)$$
$$۳CaO.Al_۲O_۳(C_۳A)$$
$$۴CaO.Al_۲O_۳.Fe_۲O_۳(C_۴AF)$$

باید توجه داشت مواد فوق با نسبت‌های مختلف وارد کوره می‌شوند و به روش خشک یا تر، کلینگر سیمان تولید میشود سپس همراه با درصدی از گچ، بدلیل دیرگیر کردن سیمان ، آسیاب و پودر سیمان تشکیل میشود.

انواع گوناگون سیمان تولید می‌شود تا شرایط فیزیکی و شیمیایی معینی را که برای هدف‌های خاص لازم برآورد. از جمله سیمانهای پرتلند پنج گانه و سیمانهای ویژه. انواع سیمان های پرتلند به شرح زیر می‌باشند:

۱- سیمان نوع ۱ (I) :این نوع سیمان که به سیمان معمولی نیز موسوم است، برای عموم مصارفی است که ویژگی‌های خاصی از بتن خواسته نشده است. این نوع سیمان فراوان‌تر از سایر انواع سیمان می‌باشد. از این نوع سیمان در ساختن پیاده‌روها، روسازی جاده‌ها، مخازن لوله‌های آب و ملات ساختمان‌های بنایی استفاده می‌شود. به طور کلی این سیمان در تمام مواردی که بتن در خطر مجاورت با سولفات‌ها نباشد و یا حرارت آبگیری سیمان باعث افزایش نامطلوب درجه حرارت بتن نشود، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲- سیمان نوع ۲ (II) :این نوع سیمان نوع مرغوب‌تری است و در مواردی که در مقابل حمله سولفات‌های معتدل احتیاط لازم باشد به کار می‌رود. سیمان تیپ ۲ معمولاً کندتر از سیمان تیپ ۱ می‌گیرد و در گرفتن حرارت کمتری تولید می‌کند. از این سیمان می‌توان در ساختمان‌های حجیم استفاده نمود تا در هنگام گرفتن بتن حرارت کم‌تری ایجاد شود و حجم بتن کم‌تر باشد.

۳- سیمان نوع ۳ (III) : سیمانی است که در مدت کوتاهی یعنی معمولاً در عرض ۱ هفته یا کم‌تر مقاومت زیادی به دست می‌آورد و مقاومت ۷ روزه آن، حدود مقاومت ۲۸ روزه سیمان نوع ۱ می‌باشد. این نوع سیمان نسبت به سیمان نوع ۱ در هنگام گرفتن حرارت بیشتری تولید می‌کند. از این سیمان وقتی استفاده می‌کنند که بخواهند زودتر از معمول قالب را برداشته و بتن را مورد استفاده قرار دهند. در هوای سرد نیز می‌توان از این سیمان استفاده کرد تا مدت زمان لازم برای محافظت بتن ریخته شده کوتاه‌تر شود. اگرچه با به کار بردن مخلوط پر سیمان‌تر با سیمان نوع ۱ هم می‌توان بتنی تهیه کرد که در مدت کوتاه مقاومت بیشتری کسب کند ولی سیمان نوع ۳ همین کار را به نحو بهتر و با صرفه‌تر انجام می‌دهد. سیمان نوع ۳ را سیمان **زودگیر** هم می‌گویند.

۴- سیمان نوع ۴ (IV) :سیمانی است که هنگام گرفتن حرارت خیلی کم‌تری تولید می‌کند و مورد استفاده آن جایی است که شدت و مقدار حرارت تولید شده اهمیت دارد. بتنی که با این سیمان ساخته می‌شود آهسته‌تر افزایش مقاومت پیدا می‌کند یعنی دیرتر می‌گیرد. کاربرد اصلی این نوع سیمان در **ساختمان‌های حجیم بتنی** است چون سدهای وزنی بتنی به علت حجم زیاد بتن، افزایش درجه حرارت ناشی از گرفتن بتن می‌تواند بسیار زیاد و خطرناک شود. برای پایین نگه داشتن درجه حرارت سیمان، سیمان نوع ۴ را که به آن سیمان **دیرگیر** نیز می‌گویند، به کار می‌برند.

۵- سیمان نوع ۵ (V) :سیمان ضدسولفات یا نوع ۵ وقتی به کار می‌رود که بتن در تماس شدید با سولفات‌ها قرار داشته باشد. از این سیمان اساساً وقتی استفاده می‌شود که خاک یا آب زیرزمینی که در تماس با ساختمان بتنی قرار دارد، مقدار زیادی املاح سولفات داشته باشد. سیمان نوع ۵ دیرتر از سیمان معمولی می‌گیرد.

سیمانهای ویژه شامل سیمان پرتلند سفید، سیمان پرتلند رنگی، سیمان پرتلند پوزولانی، سیمان پرتلند سرباره ای یا روباره ای و سیمان بنایی میباشد.

سیمان پرتلند پوزولانی و سیمان پرتلند سرباره ای کندگیر هستند و نیز در مواردی که بتن تحت تهاجم شیمیایی (نظیر سولفات) قرار میگیرد به کار میرود.

در مناطقی که سولفات و کلراید توأماً موجود میباشند، مثلاً شرایط محیطهای دریایی، باید در انتخاب نوع سیمان برای اعضا و قطعات بتن آرمه دقت بیشتری به عمل آید. بویژه ازکاربرد سیمان پرتلند نوع پنج میباید خودداری گردد. مناسبترین نوع سیمان در این مناطق سیمان نوع دو، با یا بدون پوزولان، است.

سیمان به دو صورت فله‌ای و کیسه‌ای به بازار عرضه می‌شود که ضوابط الزامی بسته‌بندی، حمل‌ونقل، انبار کردن و مصرف در آیین‌نامه‌های مربوطه به تفضیل ارائه شده است.

۸- افزودنی های بتن

با افزودن مواد خاصی در حین اختلاط به بتن یا ملات، خواص بتن در هر حالت تازه و سخت شده، می‌تواند اصلاح شود، که این باعث رشد زیاد صنعت افزودنی بتن در ۴۰ سال گذشته شده است. افزودنی‌های بتن به صورت افزودنی‌های شیمیایی و افزودنی‌های معدنی هستند که ممکن است با توجه به خواص مورد انتظار به کار برده شوند.

۸-۱- افزودنی‌های شیمیایی

اگر چه افزودنی‌های شیمیایی جز اجزای اصلی ترکیب نیست و می‌توان از آن‌ها استفاده نکرد؛ برای بخشیدن برخی خواص مختلف از آن‌ها استفاده می‌شود. این افزودنی‌ها می‌توانند سرعت گیرش را افزایش یا کاهش دهند و یا خواص مفید دیگری ایجاد کنند از جمله: افزایش مقاومت کششی، افزایش کارایی، ایجاد حباب هوا و مقاومت در برابر یخ زدگی.

افزودنی‌های شیمیایی موادی به شکل پودر یا مایع هستند که جهت بخشیدن ویژگی‌های خاصی افزوده می‌شوند. در کاربردهای معمولی، غلظت افزودنی‌ها کمتر از ۰/۵ ٪وزن سیمان مورد استفاده بوده و در زمان اختلاط افزوده می‌شوند. نمونه‌های رایج افزودنی‌ها عبارتند از:

زودگیرکننده‌ها :باعث افزایش سرعت هیدراته شدن می‌شوند. با توجه به ترکیبات موجود در آن‌ها و حضور کلر، استفاده از آن‌ها در برخی کشورها ممنوع است. زودگیرکننده‌ها خصوصا در شرایط آب و هوایی سرد، جایی که بخواهند قالب را زود باز کنند و در تعمیرات فوری کاربرد دارند.که مشهورترین و بهترین آن کلرور کلسیم ($Cacl_2$) می‌باشد.

دیرگیرکننده‌ها : سرعت هیدراتاسیون را کاهش می‌دهد و برای بتن‌ریزی‌های حجیم و دشوار که گیرش موضعی تا پایان بتن‌ریزی مدنظر نیست، کاربرد دارد. چند نمونه دیرگیر کننده در دسترس عبارتند از: شکر، ساکارز، سدیم گلوکونات، گلوکز، اسید سیتریک و تارتاریک اسید.

روان‌کننده‌ها :باعث افزایش کارایی بتن تازه می‌شوند و به آن اجازه می‌دهند آسان‌تر و با تلاش کمتر در محل قرار بگیرد. از روان‌کننده‌ها می‌توان برای کاهش آب موجود در بتن همزمان با حفظ کارایی آن استفاده نمود. با استفاده از آن‌ها به جای آب اضافه، مقاومت و پایداری افزایش می‌یابد.

فوق روان کننده‌ها :نیز نوعی روان کننده هستند که خواص زیان آور کمتری دارند و در صورت استفاده می‌توانند باعث شوند که کارایی در مقایسه با حالتی که از روان کننده‌ها استفاده شده بیشتر شود.

ضد یخ‌ها: معمولا برای جاهایی استفاده می‌شود که امکان یخ زدن **بتن تازه** فراهم باشد زیرا ضدیخ دمای انجماد آب را پایین می‌آورد. و زودگیر کننده نیز میباشند ولی مقاومت بتن را کاهش می‌دهند.

هوازاها: این افزودنی ایجاد حباب‌های هوای ریز(کوچیکتر از ۰/۰۵ میلیمتر) می‌کنند، و محاسن زیادی دارد اما مهمترین حسن، کاهش آسیب در چرخه‌های یخ زدگی و آب شدگی شده و پایداری را افزایش می‌دهد. از جمله مواد هوازا ترکیب شیمیایی چربی جانوران و یا ضمغ درختان می‌باشد. اگرچه، هوای محبوس باعث کاهش مقاومت می‌شود (ازای هر ۱٪ هوای موجود، مقاومت فشاری ۵٪ کاهش می‌یابد.

استفاده از مواد حباب زا و ساخت بتن با حباب هوا برای بتن هایی که در معرض یخ زدن و آب شدن های متوالی قرار میگیرند، الزامی است.

رنگدانه :برای نماسازی و جهت تغییر رنگ می‌توان از آن‌ها استفاده نمود.

ضد زنگ :برای کاهش زنگ زدگی فولاد و میلگردهای موجود در بتن به کار می‌روند.

عامل اتصال :برای ایجاد اتصال بین بتن قدیمی و جدید، با تلورانس دمایی بالا و مقاومت در برابر زنگ زدگی از آن‌ها استفاده می‌شود.

آسان کننده پمپاژ :باعث بهبود قابلیت پمپاژ، ضخیم شدن چسب، کاهش جداشدن ذرات در هنگام پاشش و کاهش آب انداختن می‌شوند.

۸-۲- افزودنی‌های معدنی

افزودنی‌های معدنی در دهه‌های اخیر محبوبیت بیشتری پیدا کرده‌اند. استفاده از مواد بازیافتی به عنوان اجزای بتن به دلیل افزایش سختگیری‌های محیط زیستی و کشف این که چنین موادی دارای خواص ارزشمندی هستند؛ محبوبت یافته است. افزودنی‌های معدنی به عنوان جایگزین سیمان عمل می‌کنند. این موضوع باعث کم شدن نیاز به تولید سیمان می‌شود که خود یک فرآیند نیازمند انرژی زیاد و مشکل‌زا برای محیط زیست است؛ و در عین حال افزودنی‌های معدنی می‌توانند زباله‌های صنعتی باشد که استفاده از آنها به محیط زیست کمک می‌کند. افزودنی‌های معدنی می‌توانند در زمان تولید سیمان با آن مخلوط شوند؛ یا همزمان با تولید همراه با اجزای دیگر به ترکیب اضافه گردند.

خاکستر بادی :یک محصول جانبی از نیروگاه‌های برقی استفاده کننده از زغال سنگ. از آن به عنوان جایگزینی برای سیمان پرتلند استفاده می‌شود. (تا میزان ۶۰٪) خواص خاکستر بستگی به زغالی دارد که مورد استفاده قرار گرفته است. در مجموع خاکستر بادی سیلیسی پوزولانی است در حالی که خاکستر آکی خواص هیدرولیکی دارد. دلیل استفاده از این ماده افزایش مقاومت در برابر محیط مهاجم، افزایش دوام، افزایش مقاومت فشاری و افزایش کارایی بتن می‌باشد

سرباره‌ی آتشفشانی :محصول جانبی تولید فولاد که به عنوان جایگزین سیمان پرتلند (تا ۸۰٪) مورد استفاده قرار می‌گیرد. این محصول دارای خواص هیدرولیکی است. باعث کاهش نفوذپذیری، افزایش مقاومت فشاری و دوام بتن می‌گردد.

فوم سیلیکا :محصول جانبی تولید آلیاژهای سیلیکون و فروسیلیکون. فوم سیلیکا به خاکستر بادی شبیه است ولی ذرات آن ۱۰۰ برابر کوچکتر هستند. نتیجه‌ی آن بالاتر بودن سطح ویژه و بالاتر بودن واکنش پوزولانی است. فوم سیلیکا برای افزایش مقاومت و پایداری مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی برای حفظ کارایی نیاز به فوق روان کننده‌ها دارد.

متکائولین واکنش‌پذیر :(HRM)متاکائولین باعث تولید بتنی با مقاومت و پایداری مشابه بتن تولید شده با فوم سیلیکا می‌شود. در حالی که فوم سیلیکا معمولا خاکستری تیره و یا مشکی است، این محصول معمولا رنگ روشنی دارد که آن را برای کاربردهای معماری که در آن ظاهر اهیمت دارد، مناسب می‌سازد.

امروزه استفاده ازمواد نانو به صورت افزودنی خیلی رواج پیدا کرده است از جمله:

نانوفیبرهای کربنی :برای افزایش مقاومت فشاری و رسیدن به مدول یانگ بالاتر و همچنین بهبود خواص الکتریکی مورد نیاز برای مانیتور کرنش، ارزیابی آسیب و مانیتور سلامت بتن مورد استفاده قرار می‌گیرند. فیبر کربنی مزیت‌های زیادی در زمینه‌ی خواص مکانیکی، الکتریکی و امکان مانیتورینگ به دلیل مقاومت کششی و رسانایی بالا دارند.

محصولات کربنی جهت رسانا کردن بتن و یخ زدایی بتن مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

میکروسیلیس: ذرات بسیار ریز و غیر کریستالی سیلیسی هستند که محصول جانبی کوره های دوار الکتریکی بوده و از عنصر پایه ی سیلیسیم یا آلیاژهای حاوی سیلیسیم تولید می شود. میکروسیلیس به عنوان یک ماده ی افزودنی سیمانی طبقه بندی می شود.به دلیل بسیار ریز بودن دانه‌های آن باعث فزایش خیلی زیاد مقاومت فشاری و دوام افزایش می‌دهد.

۹- طرح اختلاط بتن

تعیین طرح اختلاط بتن یا تعیین نسبت مخلوط های بتن، روندی است که طی آن می توان به ترکیب درست سیمان، سنگدانه ها، آب و مواد افزودنی برای ساخت بتن طبق مشخصات داده شده، رسید. با اینکه تا به امروز چندین اصل فنی دقیق در مورد تعیین نسبت اختلاط بتن ثبت شده، اما به دلایل مختلف ثابت شده که این روندها متکی بر مبانی علمی نبوده و بیشتر یک هنر تجربی محسوب می گردد.

برای بتن‌های رده C20 و بالاتر، تعیین نسبتهای بهینه اختلاط باید از طریق مطالعـات آزمایشگاهی و با در نظر گرفتن ضوابط طراحی بر اساس دوام، مقاومت و اسلامپ صورت گیرد تا بتن ساخته شده به خواص مشخصی برسد. طرح اختلاط مورد استفاده، به نوع سازه‌ی موردنظر، چگونگی اختلاط، تحویل و همچنین نحوه اجرای آن سازه‌ی در حال ساخت وابسته است.

این مطالعات ممکن است قبل از شروع عملیات اجرایی توسط طراح انجام پذیرد و نتیجه به دست آمده به عنوان «نسبتهای اختلاط مقرر» در دفترچه مشخصات فنی خصوصی درج شود، یا توسـط مجـری به انجام رسد و نتیجه به دست آمده به عنوان «نسبتهای اختلاط تعیین شده» به کار رود.

امروزه روش‌های مختلف و آیین‌نامه‌های متعددی برای طرح مخلوط بتنی وجود دارد. از جمله آیین‌نامه ACI به صورت وزنی یا حجمی طرح مخلوط بتن را ارائه کرده است.

۱۰- مراحل اجرای ساختمان بتنی

اجرای سازه های بتنی و ساختمان ها مشتمل بر اعمال زیر می‌باشد:

۱- آرماتوربندی ۲- قالب‌بندی ۳- ساخت و اختلاط بتن ۴- حمل بتن ۵- ریختن بتن ۶- متراکم کردن بتن ۷- پرداخت سطح بتن) ۸-مراقبت یا عمل‌آوری بتن ۹- قالب‌برداری ۱۰- ترمیم قسمت‌های آسیب دیده

در فرایند ساخت و سازهای بتنی تمام مراحل بالا در رسیدن بتن به مقاومت نهایی آن که مهندسین طراح سازه طبق آیین‌نامه‌های موجود برای سازه‌های مختلف بسیار موثرند. در ادامه ابتدا بخش‌های مربوط به مراحل اجرای بتن شرح داده می‌شود.

۱۰-۱- اختلاط و ساخت بتن

بتن باید به گونه‌ای ساخته شود که تمامی مواد تشکیل دهندهٔ آن به صورت همگن مخلوط شود.

نسبتهای به کار رفته برای اختلاط مصالح و ترتیب ورود مواد متشکلهٔ بتن به داخل مخلوط کن باید متناسب با نوع مخلوط کن و نوع بتن باشد. برای کنترل کیفیت آزمایش‌های بتن تازه طبق استاندارد انجام شود.

همه تجهیزات کارگاه بتن سازی از جمله مخلوط کن یا میکسر، بایستی طبق استاندارد باشد به عنوان مثال مخلوط کن باید با سرعت استاندارد چرخانده شود.

بتن آماده باید مطابق استانداردهای (مشخصات بتن آماده) یا (مشخصات بتن تهیه شده از طریق پیمانه کردن حجمی و اختلاط پیوسته) مخلوط و تحویل شود.

پیشنهاد میشود در اختلاط بتن از میکسر و یا از بچینگ پلانت (یا دستگاه تولید بتن) استفاده شود. ساخت و اختلاط بتنهای سازه‌ای با دست به هیچ وجه مجاز نیست، بجز ساخت و اختلاط بتنهای غیرسازهای با دست، با رعایت شرایط خاص آیین نامه مجاز می‌باشد.

۱۰-۲- حمل بتن

انتقال بتن از مخلوط کن تا محل نهایی بتن ریزی همچنین تجهیزات انتقال بتن بایستی بگونه ای باشد که از جدا شدن دانه یا از بین رفتن مصالح جلوگیری شود. حمل به روش‌های مختلف زیر قابل انجام است

- **انواع چرخهای دستی و دامپر:** حمل بتن با این وسیله فقط برای کارهای کوچیک و تحت شرایط خاص ایین نامه مجاز است

- **ناوۀ شیبدار یا شوت شیبدار**: ناوۀ شیبدار باید فلزی یا دارای روکش فلزی یا پلاستیکی بوده، کاملا آببند و شیب آن ثابت باشد. این روش اقتصادی برای بتن‌ریزی در ارتفاع کم مناسب می‌باشد.

- **باکت یا جام**: علاوه براین که جام یا باکت بایستی ابعاد و شکل هندسی استانداردی داشته باشد، دریچۀ تخلیه باکت بایستی در کف آن تعبیه شده باشد. که این وسیله نیاز به بالا برنده و یا جرثقیل است

- **کامیون مخلوط کن (تراک** میکسر): انتقال بتن با کامیونهای مخلوط کن باید بر اساس استاندارد ملّی ایران صورت گیرد .و توصیه میشود زمان مسافت حمل با میکسر از ۱/۵ ساعت بیشتر طول نکشد.
- **پمپ بتن** : در مورد مسائل مربوط به حمل و ریختن بتن با پمپ به نکات مربوط در ایین نامه آبا مراجعه شود که باتوجه به استفاده از لوله برای ریختن بتن برای اسلامپ و دانه بندی محدودیت های خاصی در نظر گرفته شده است.

۱۰-۳- بتن‌ریزی

بتن باید تا حد امکان نزدیک به محل نهایی خود ریخته شود تا از جدایی دانه‌ها بر اثر جابجایی مجدد جلوگیری شود.

بتن‌ریزی باید از آغاز تا پایان، به صورت عملیاتی سریع و پیوسته قبل از نیمه سخت شدن بتن و در محدودۀ مرزها یا درزهای از پیش تعیین شدۀ قطعات ادامه یابد. درزهای اجرایی مورد نیاز باید با ضوابط مندرج در این مقررات مطابقت داشته باشد.

سطح بتن ریخته شده به صورت لایه های افقی، باید تراز باشد میزان و سرعت بتن‌ریزی باید چنان باشد که هنگام ریختن لایۀ جدید، لایۀ قبلی در حالت خمیری باشد. عدم رعایت این نکته باعث ایجاد درز و نهایتاً عدم یکپارچگی بتن خواهد شد.

توصیه می‌شود فاصله قرارگیری بتن از محلی که بتن سرازیر میشود حتی‌المقدور کم بوده و از ۵۰ سانتی‌متر تجاوز نکند. در بتن ریزی ستونها و دیوارها تا حد امکان باید ارتفاع سقوط آزاد بتن را محدود نمود. این ارتفاع برای جلوگیری از جدا شدن اجزای بتن به ۱/۲ متر محدود می‌شود.

۱۰-۴- تراکم بتن

هدف از تراکم بتن به حرکت دراوردن ذرات بتن و خارج کردن حباب هوازا بتن می‌باشد، به گونه‌ای که میلگردها و اقلام مدفون را به طور کامل در بر گیرد و قسمتهای داخلی و به خصوص گوشه‌های قالبها را به خوبی پر کند. مکانیزمی که برای تراکم بتن به کار میرود ارتعاش است. در بتنهای خود تراکم، نیازی به استفاده از وسایل متراکم کننده نیست.

تراکم بتن میباید در طول عملیات بتن‌ریزی با استفاده از وسایل مناسب پیش از شروع گیرش سیمان صورت گیرد.

ویبره یا متراکم کردن بتن باعث افزایش مقاومت، افزایش دوام در مقابل عوامل مخرب محیطی، چسبندگی بهتر بتن و میلگرد و سطح صاف برای بتن می‌شود که بسته به شرایط با انواع وسایل زیر امکان پذیر است:

ویبره دستی: بصورت میله لرزانده کوچکی است که به وسیله دست هدایت میشود و بصورت قائم در قسمتهای مختلف فرو برده و به آرامی بیرون کشیده میشود تا حباب هوا داخل بتن باقی نماند.

ویبراتور باید به طور منظم به فاصله هر ۰/۵ تا ۱ متر (فاصلهٔ بین نقاط فرو بردن ویبراتور می‌باید حداکثر ۱/۵ برابر شعاع عملکرد موثر ویبراتور باشد دو قسمت لرزانیده شده با هم، همپوشانی داشته باشند) در داخل بتن فرو برده و هر بار بین ۵ تا ۳۰ ثانیه در بتن نگه داشته شود. همچنین قسمتی از ویبراتور باید در لایهٔ زیرین که هنوز حالت خمیری دارد، فرو رود.

ویبره لرزاننده قائم: که در مجاورت یا متصل به قالب بتن قرار داده میشود

ویبره میزی: که مجموعه میز و قالب و بتن، لرزیده و عمل ویبره انجام می‌شود. معمولاً در کارگاه‌های پیش‌ساخته مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ویبره زیادی مضر است و ممکن است باعث جدا شدن سنگ‌دانه از یکدیگر و آب انداختن سطح بتن گردد.

۱۰-۵- پرداخت سطح بتن

هدف از عملیات پرداخت سطح بتن افزایش مقاومت سایش و کاهش نفوذپذیری یا فقط تراز کردن سطح بتن است. پرداخت سطح بتن باید طبق مراحل زیر انجام شود:

ابتدا با شمشه کاری، سطح بتن به ارتفاع مورد نظر تراز میشود و سپس با ماله کشی با ماله دسته بلند و یا کوتاه لبه های باقی مانده از شمشه کاری حذف و منافذ سطح بتن پر می‌شود. در مرحله بعد با ابزار ماله‌کشی به صورت دستی و مکانیکی (ابزار ماله دستی برای سطوح کم و نوع مکانیکی برای سطوح زیاد) سنگدانه ها به درون بتن فرو برده، ناهمواریها حذف و سطح بتن متراکم و نهایتا با پرداخت نهایی سطح بتن متراکم و صاف می‌گردد.

هرگاه در هنگام عملیات پرداخت، آب انداختن بتن مشاهده شد، باید عملیات پرداخت متوقف شود و اجازه داده شود که آب ناشی از آب انداختن تبخیر شود یا آب توسط چتایی جذب شود. همچنین می‌توان از دستگاه مکش استاندارد استفاده کرد.

پخش کردن سیمان بر روی سطح بتن برای جذب آب به هیچ وجه مجاز نیست.

۱۰-۶- مراقبت از بتن (کیورینگ بتن) یا عمل آوری بتن

عمل‌آوری روندی است که **رطوبت** و **دمای** مطلوب بتن را حفظ یا تأمین کند تا فرآیند هیدراسیون ادامه یابد و خواص و دوام مورد نظر بتن حاصل شود. رطوبت مورد نیاز برای عمل آوری ۸۰ تا ۱۰۰ درصد می‌باشد. اگرچه بهترین درجه حرارت برای نگهداری بتن حدود ۱۳ ^{o} است اما حساسیت بتن به درجه حرارت چندان قابل توجه نبوده و چندان نیاز به کنترل دما نمی‌باشد، مگر در هوای بسیار گرم و یا درجه حرارت ۴^{o}+ و پایین تر که گیرش بتن با مشکل بر می‌خورد و شرایط یخ زدن بتن فراهم است.

عمل‌آوری بر مبنای نوع بتن و نسبت آب به سیمان مخلوط بتن و شرایط محیطی، به دو روش آبرسانی و عایقی قابل انجام است روش آبرسانی شامل:

۱- ایجاد حوضچه آب بر سطح افقی بتن

۲- پوشش‌های خیس مانند گونی و موکت که اطراف عضو بتنی پیچیده میشود وبصورت مداوم با اپاشی خیس نگه داشته میشوند.

۳- آبپاشی مداوم و یا ایجاد بخار اب (اتوکلاو) است.

در روش عایقی، رطوبت بتن حفظ می‌شود و از تبخیر آب بتن جلوگیری می‌گردد .این روش شامل پوشش‌های مانند قالب مورد استفاده برای شکل گیری بتن، پلاستیک و مواد شیمیایی غشایی است.

امروزه استفاده از پوشش‌های خیس مانند گونی که بخصوص در مناطق گرم پرکاربرد است، بسیار متداول‌ترو به صرفه‌تر میباشد.

بطورکلی **حداقل زمان عمل‌آوری ۷ تا ۱۰ شبانه‌روز** پیشنهاد شده است. مدت عمل آوری بر اساس جدول ایین‌نامه بصورت زیر می‌باشد.

۹-۷-۲ جدول حداقل مدت عمل‌آوری

نوع بتن و نسبت آب به سیمان مخلوط بتن	حداقل مدت عمل‌آوری بر اساس شرایط محیطی، روز		
	شرایط محیطی معمولی	شرایط محیطی هوای گرم	شرایط محیطی هوای سرد
بتن معمولی با نسبت آب به سیمان ۰/۴۳ و بیشتر	۶	۷	۱۰
بتن حاوی مواد افزودنی معدنی مانند دوده سیلیس، سرباره و متاکائولین، با نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۴۳	۱۰	۱۴	۱۴

عدم مراقبت یا مراقبت ناقص از بتن عواقب زیر را به دنبال دارد:

- افت مقاومت خمشی و فشاری
- ایجاد زمینه پودر شدگی سطحی بتن
- افزایش میزان افت یا انقباض در بتن
- افزایش میزان خزش در بتن

۱۰-۷- افت (انقباض یا آبرفتگی)

افت کاهش حجمی ایست که از لحظه شروع گیرش بتن آغاز و در طول سخت شدن ادامه می‌یابد و در اثر بکارگیری اب اضافی در ساخت بتن ایجاد شده و به صورت ترک‌های موئین در سطح بتن جلوه می‌کند. حدود ۲۵٪ افت در دو هفته اول، ۶۰٪ در سه ماه اول و ۷۵٪ افت در یکسال اول اتفاق میافتد و بعد از ۳ الی ۵ سال افت کاملا متوقف می‌شود. با افزایش مراقبت بتن بخصوص در ۷ تا ۱۰ روز اولیه و کاهش w/c میزان افت کمترمیشود.

استفاده از درزهای انقباض مناسب در فواصل معین و یا استفاده از ارماتور افت و حرارت برای خنثی نمودن کشش ناشی از افت در بتن به عنوان راههای متقابل با افت بکار گرفته می‌شود.

۱۰-۸- خزش یا وارفتگی

خزش یا وارفتگی عبارت است از تغییر طول اجسام، تحت تنش ثابت در طول زمان. بطوریکه اگر عضو بتنی تحت تنش ثابت قرار گیرد علاوه بر تغییر طول آنی اولیه با گذشت زمان تغییر طولی اضافه تری نیز خواهد داشت که خزش نام دارد. در شرایطی که مقاومت فشاری بتن کمتر یا تنش وارده به بتن بیشتر یا رطوبت محیط کمتر و یا عمر بتن کمتر باشد میزان خزش بتن بیشتر است.

۱۱- انواع بتن

انواع بتن را می توان از جهات مختلف بررسی نمود. انواع مختلف بتن براساس مقاومت فشاری، کارایی، مصالح به کار رفته، طرح اختلاط، روش ساخت، محل کاربرد، نوع واکنش هیدراتسیون و ... از یکدیگر متمایز می‌شوند. در ادامه تلاش شده است تا بعضی بتن‌های موجود در حال حاضر توضیح داده شوند.

۱۱-۱- معمولی

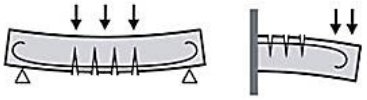
این نوع بتن با ترکیب اجزای اصلی بتن تولید می‌شود. مقاومت آن بین ۱۰ مگاپاسکال تا ۴۰ مگاپاسکال متغیر است. زمان گیرش اولیه آن بین ۳۰ تا ۹۰ دقیقه بر اساس خواص سیمان مورد استفاده و شرایط آب و هوایی است و وزن مخصوص ۲۲۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلوگرم بر مترمربع دارد..

۱۱-۲- بتن سبک

سنگدانه‌ها مهم‌ترین عامل مشخص کننده وزن مخصوص بتن هستند. و استفاده از سنگدانه‌های سبک و متخلخل از جمله پومیس(سنگ پا)، پرلیت و پوکه معدنی در بتن منجر به تولید بتن سبک می‌شود. وزن مخصوص بتن سبک حدود $^{kg}/_{m^3}$ ۸۰۰ تا ۲۰۰۰ است حتی می‌توان بتنی با وزن مخصوص کمتر $^{kg}/_{m^3}$ ۸۰۰ تهیه کرد که از آب سبکتر بوده و روی آب شناور می‌ماند. مقاومت این نوع بتن نیز بین ۷ تا ۴۰ مگاپاسکال است.

بتن سبک اصولا بصورت غیر سازه ای وجایی که مقاومت مطرح نباشد به عنوان مثال در دیوارهای جداکننده، سقف کاذب، نماسازی، محافظت از سازه‌های فولادی و همچنین ساخت عرشه پل‌های با دهانه‌های بزرگ کاربرد دارد. با این وجود در مناطق با خط زلزله کم یصورت سازه ای هم قابل استفاده است.

۱۱-۳- بتن مسلح



بتن مسلح در واقع همان بتن معمولی است که المان‌های تسلیح کننده جهت تحمل تنش‌های کششی به آن اضافه شده است. بتن غیرمسلح در فشار قوی و در کشش ضعیف است. بنابراین با جایگذاری المان‌های تسلیح کننده در بتن، وظیفه تحمل تنش‌های کششی به آن ها واگذار می‌شود. در واقع بتن مسلح نتیجه همکاری بتن غیرمسلح و المان‌های تسلیح در تحمل بار است.

المان‌های فولادی مورد استفاده در بتن جهت تسلیح می‌توانند به شکل راد، میلگرد و یا شبکه باشند. حتی از الیاف نیز می توان به عنوان المان تسلیح استفاده نمود. فارغ از نوع تسلیح کننده استفاده شده در بتن، بسیار مهم است که از اتصال مناسب بتن و المان های تسلیح اطمینان حاصل گردد. این اتصال مناسب تضمین کننده مقاومت و پایداری بتن حاصله است.

۱۱-۴- بتن مگر

بتن مگر یا بتن پوششی که همان lean concrete است، در واقع یک بتن با عیار سیمان کم (بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم سیمان بر مترمکعب) است. در این بتن آب بیشتری استفاده می‌شود به شکل روان تشکیل می‌شود. این بتن در تراز زیر ساخت ها به منظور آماده سازی (صاف، تراز و همگن کردن) بستر خاکبرداری ، و اماده شدن زمینه برای آرماتوربندی و صفحه گذاری کاربرد دارد.

۱۱-۵- بتن پیش تنیده

مقاومت بتن در برابر فشار بالاست ولی در مقابل کشش ضعیف است. ایجاد پیش فشردگی در بتن با کابل‌های فولادی باعث می‌گردد بتن همواره در تنش فشاری باقی بماند و در نتیجه میزان باربری آن افزایش خواهد یافت. چون کابلها در حالت فشرده قرار دارند و نیروی کششی را به نیروی فشاری تبدیل می‌کنند و هیچ ضعفی در مقطع بتن ایجاد نمی‌کنند و بتن فقط تحت بارهای بسیار زیاد به کشش می‌افتد و ترک نمی‌خورد. برای پیش فشرده یا پیش تنیده کردن بتن دو سیستم متفاوت وجود دارد. پیش کشیدن و پس کشیدن.

الف- پیش کشیدن

در این روش کابل‌ها را به صورت آزاد در داخل قالب قرار می‌دهند و با دستگاه مخصوص کشش لازم را وارد می‌کند. بتن‌ریزی را انجام می‌دهند و به کمک لرزاندن، هوای آن را تخلیه می‌کند و شرایط لازم برای انجام خودگیری سریع‌تر را فراهم می‌کنند. طول اضافی کابلها را که در دو انتها ثابت شده‌اند می‌برند و بتن را تحت فشار رها می‌سازند. مانند بتن مسلح پیش ساخته مقطع و محل قرارگیری کابل‌ها براساس بارهای محاسبه شده مشخص و رعایت می‌شود. تعداد زیادی از قطعات بتن پیش فشرده، از جمله دال های کف با این روش تولید می‌شوند

ب- پس کشیدن: در روش پس کشیدن، کابل‌ها را در قالب کار، داخل غلاف‌هایی قرار می‌دهند تا به بتن نچسبند، بتن‌ریزی را انجام می‌دهند. وقتی به اندازه کافی خود را گرفت دو سر کابل‌ها را به طرف بیرون می‌کشند. این کار به وسیله گره‌های مخصوص که به دو سر

سیم‌ها بسته می‌شوند و پس از قطع شدن کشش محکم می‌شوند، انجام می‌گیرد. مزیت پس کشیدن بر پیش کشیدن این است که می‌توان آنها را خمیده کرد تا در مسیر تنش قرار گیرند. به این ترتیب می‌توان بتن را به شکلی ریخت که کمترین حجم ممکن را داشته باشد.

بیشتر پروژه‌های بتنی عظیم با استفاده از بتن‌پیش تنیده اجرا می‌شوند. فرآیند پیش تنیده کردن بتن به تجهیزات سنگین و توانایی اجرایی بالایی نیاز دارد. این نوع بتن برای ساخت پل‌ها، سازه‌های تحت بارهای سنگین و بام‌های با دهانه بزرگ به کار می‌رود.

استفاده از تکنیک پیش‌تنیدگی امکان ایجاد دهانه‌های بلندتر و تعداد ستون کمتر، حذف آویز تیرها و امکان استفاده از سقفی کاملاً مسطح، امکان ایجاد کنسول های بلندتر، امکان ایجاد بازشوهای بزرگتر در سقف – کاهش ارتفاع طبقات و کل ساختمان – قابلیت استفاده در پلان‌های نامنظم و منحنی و بطور کلی باعث انعطاف در طراحی معماری می‌گردد.

۱۱-۶- بتن هوادار

بتن هوادار یا بتن سبک فومی یک اختراع مهم در زمینه‌ی بتن است. بیش از ۲۰ درصد این بتن را هوا تشکیل داده است. محبوس کردن هوا در بتن به کمک اضافه کردن فوم یا هوا و یا افزودنی‌های بتنی هوازا انجام می گیرد. از عوامل هوازا می‌توان به رزین، الکل و اسیدهای چرب، پود الومینیم اشاره کرد. از مزایای این بتن قابل برش بودن، سهولت در حمل و نقل قطعات پیش ساخته، و کاهش بار مرده ساختمان، مقاوم در مقابل آتش و یخزدگی، عایق گرما، سرماو صدا می‌باشد.

کاربرد آن برای شیب‌بندی پشت‌بام، کف‌بندی طبقات، بلوک‌های غیرباربر، عایق‌سازی لوله‌های حرارتی و برودتی، ساخت قطعات تزئینی می‌باشد.

بتن اتوکلاو یا بتن گازی (AAC) و فوم بتن و بتن اسفنجی ... از انواع این نوع بتن هستند.

۱۱-۷- بتن نفوذپذیر

بتن نفوذپذیر بتنی است که به گونه ای طراحی می شود که به آب اجازه می دهد از میان آن عبور کند. در این نوع بتن معمولا بین ۱۵٪ تا ۲۰٪ حجم از فضاهای خالی تشکیل شده است. این بتن از طریق فرآیندهای خاصی، ترکیب و اجرا می شود. از آن برای ساخت سنگ فرش پیاده رو ها و جاده هایی استفاده می شود که احتمال سیل زیاد است. سیل از میان فضاهای خالی این بتن عبور کرده و به کانال‌های زیرزمینی می‌رسد. بنابراین با استفاده از این نوع بتن در چنین محل‌هایی مشکل زهکشی آب برطرف می گردد.

۱۱-۸- بتن پلیمری

در بتن پلیمری از یک پلیمر به عنوان ماده چسبنده به جای سیمان یا آب استفاده می شود. بتن‌های پلیمری انواع مختف دارند که انواع آن بدلایلی کاربرد خاصی دارند به عنوان مثال از انجا که ظرف مدت کوتاهی مقاومت زیادی بدست میآورند، برای کارهای بتنی فوری(در معادن، تونل ها و جاده ها) مناسب است، بدلیل داشتن قابلیت بالا پیوستگی به بتن قدیم، برای بازسازی دال‌های آسیب دیده کاربرد دارد و بدلیل غیرقابل نفوذی‌پذیری دوام زیاد در مقابل محلول‌های مخرب نیز برخوردار است در روکش‌های کف‌های صنعتی نیز بکار گرفته می‌شود.

به دلیل هزینه زیاد این مصالح و دردسرهای زیاد فناوری تولید بعضی انواع آن، استفاده از بتن‌های حاوی پلیمر خیلی محدود است.

۱۱-۹- بتن با مقاومت بالا (HSC)

این نوع بتن با استفاده از سنگدانه‌های با کیفیت بالا، کاهش نسبت آب به سیمان و اضافه کردن افزودنی مانند میکروسیلیس و انواع پوزولان تولید می‌شود. مقاومت آن بالاتر از ۴۰ مگاپاسکال است.

استفاده از این نوع بتن در ستون های ساختمان های مرتفع باعث کاهش ابعاد ستون و افزایش طبقات میشود. همچنین در ساخت سازه هایی مانند پایه های پل, سقف جایگاه تماشاگران در میدان های ورزشی و خود میدان های ورزشی از بتن با مقاومت بالا استفاده میشود.

۱۱-۱۰- بتن با عملکرد بالا (HPC)

کاربرد بتن با عملکرد بالا عموماً در موارد خاصی که کنترل دقیقی بر کیفیت مصالح و مراحل اجرایی باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد که باعث وجود خصوصیات برجسته از قبیل مقاومت بالا، دوام و عمر طولانی، نفوذپذیری کم و ... در این بتن است .مقاومت این نوع خاص از بتن می‌تواند از ۷۰ تا ۱۰۰ مگاپاسکال باشد، که به معنی مقاومت فوق‌العاده بالای آن است. همچنین دوام و عملکرد آن نیز بسیار بالا است. بطور کلی برای آن که بتنی در این دسته قرار بگیرد باید حداقل ویژگی‌هایی را داشته باشد که لزوما فقط ویژگی‌های مقاومتی نیست. ویژگی‌هایی که باعث می‌شود بتن با عملکرد بالا در نظر گرفته شود، عبارتند از

- مقاومت اولیه و نهایی بالا
- اجرای راحت بتن و قابلیت بالای پمپاژ (کارایی و روانی بالا)
- کنترل کامل هیدراسیون بتن و قابلیت بالا برای اجرا در هوای سرد و گرم
- نفوذپذیری کم و امکان تولید سطوح یکنواخت و متراکم
- سختی و خواص مکانیکی بالا در طول عمر بتن

۱۱-۱۱- بتن خود متراکم (SCC)

بتن خود متراکم نوع جدیدی از بتن است که بدون نیاز به لرزش، از خاصیت پر کنندگی مطلوب برخوردار است. این بتن هم اکنون سهم بسزایی را در ساخت و ساز سازه های گوناگون به خود اختصاص داده و نه تنها هزینه استفاده از آن کمتر از بتن معمولی است، بلکه به علت دوام و استحکام بالا، سازه‌ای با سطح یکنواخت و بدون تخلخل ایجاد می‌کند که طول عمر بالایی خواهد داشت .

بتن خود متراکم بدون نیاز به هیچ نوع متراکم کننده در تمام گوشه و کنار قالب ها تراکم یکسان ایجاد نموده و دوام سازه بتنی را تضمین می کند. در مکان هایی که امکان ویبره کردن وجود ندارد مانند بتن ریزی در ارتفاعات یا زیر اب و جایی که میلگردگذاری فشرده است بسیار کار دارد. سرعت بتن ریزی با استفاده از بتن خود متراکم بالاست و می توان به میزان قابل توجه هزینه نیروهای انسانی را کاهش داد.

تغییرات در بتن خود متراکم در بتن معمولی با استفاده از مقدار زیاد پودر (سیمان، پودر سنگ و مواد افزودنی معدنی)، نسل جدید روان کننده ها و مواد افزودنی اصلاح کننده ویسکوزیته حاصل می شود. انتخاب دقیق حجم سنگدانه ها و دانه بندی مناسب آن ها نیز از ضرورت های طرح اختلاط بتن خود تراکم است.

۱۱-۱۲- شاتکریت

از جمله نوآوریها در صنعت بتن شاتکریت است، شاتکریت عبارت است از ملات یا بتنی که با فشار و سرعت بالا به سطح مورد نظر پاشیده می شود. کاربرد این بتن در بازسازی و مرمت سازه های بتنی و ساختمان های قدیمی، ساخت پوشش های بتنی نگهداری اولیه در تونل سازی، پایدارسازی شیب های سنگ خاکی، پایدارسازی بسیاری از سازه های زیرزمینی و پوشش حفاظتی برای سطوح میباشد.

در مواردی که شکل کار پیچیده و نامنظم باشد یا قالب بندی مشکل و پر هزینه باشد از این نوع بتن استفاده می شود.

۱۱-۱۳- بتن الیافی (FRC)

بتن الیافی در حقیقت نوعی کامپوزیت است که با بکارگیری الیاف تقویت‌کننده داخل مخلوط بتن، مقاومت کششی فوق‌العاده افزایش می‌یابد. این ترکیب کامپوزیتی، یکپارچگی و پیوستگی مناسبی داشته و امکان استفاده از بتن به عنوان یک ماده شکل‌پذیر جهت تولید سطوح مقاوم پر انحنا را فراهم می‌آورد

بتن الیافی از قابلیت جذب انرژی بالایی نیز برخوردار است و تحت اثر بارهای ضربه‌ای به راحتی ازهم پاشیده نمی‌شود. شاهد تاریخی این فن‌آوری، کاربرد کاه‌گل در بناهای ساختمان است. در واقع بتن الیافی نوع پیشرفته این تکنولوژی می‌باشد که الیاف طبیعی و مصنوعی جدید، جانشین کاه و سیمان جانشین گل بکار رفته در کاه‌گل شده است.

از جمله خاصیت های این نوع یکپارچه بودن و مقاوم در برابر کشش، سایش، برش و ضربه فشار بالا، شکل‌پذیری بالا، مقاومت فوق‌العاده، قابلیت جذب انرژی و پایداری در برابر ترک خوردن، عایق صدا و سرعت بالای اجرا می‌باشد که متناسب با آن‌ها می‌توان موارد کاربرد فراوانی برای آن یافت.

الیاف‌های مورد استفاده در بتن بیشتر شامل الیاف شیشه، فولاد، پلی پروپیلن، آزبست و کربن نیز می‌باشند.

از کاربردهای آن می توان به استفاده در پیاده روها، سدها، تونل ها، پناهگاه ها، انبارهای نگهداری، باند فرودگاه‌ها، استفاده در کف سازی اماکن صنعتی اشاره کرد.

این بتن‌ها می‌توانند بر اساس فرآیند اختلاط، روش‌های کاربرد، ترکیبات به کار رفته در آن‌ها، عملکرد و ... به انواع مختلفی تقسیم شوند.