

## معرفی انواع بتن

پیشرفت در تکنولوژی و همچنین نیاز بشر به سازه‌های گوناگون باعث شده تا تحقیقات وسیعی بر روی خواص و رفتار مواد صورت گیرد که بالطبع نتیجه آن ابداع گونه‌های مختلف سازه‌ها و بهره‌گیری از مواد گوناگون است. این امر در مورد سازه‌های ساخته شده از بتن و فولاد نیز صادق بوده و تاکنون بتن‌های گوناگونی ابداع و به بازار عرضه شده اند. در این بخش برخی از انواع و گونه‌های مختلف بتن‌ها را مورد بررسی قرار داده تا ضمن شناخت از آنان به کاربردهای فراوانی که در صنعت ساخت و ساز می‌توانند داشته باشند آگاهی حاصل گردد.

بتن را از نظر وزن مخصوص می‌توان به سه دسته تقسیم نمود:

۱. بتن معمولی

۲. بتن سبک

۳. بتن سنگین.

لیکن این تقسیم‌بندی فراگیر نبوده و خواص و کاربردهای متعدد گونه‌های مختلف بتن‌ها را در بر نمی‌گیرد. از این رو در ادامه ویژگی‌ها و کاربردهای هر کدام از انواع بتن‌ها ارائه شده است. در هر حال از آنجا که در پاره‌ای مواقع خصوصیات بتن‌های دیگر با بتن معمولی مقایسه می‌شود، لذا لازم است بتن معمولی معرفی شود.

مطابق تعریف، بتن معمول بتنی است که به صورت عادی با سیمان‌های معمولی تیپ (I) تا تیپ (V) پرتلند ساخته می‌شود. این بتن دارای وزن مخصوصی برابر با ۲۲۰۰ الی ۲۵۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب هستند. (معمولاً ۲۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب) و این تفاوت از ۲۲۰۰ تا ۲۵۰۰ در وزن مخصوص، ناشی از جنس دانه‌ها و تراکم بتن است.

### بتن سبک: (Light weight Concrete)

براساس تعریف موسسه (ACI) بتن سبک عبارتست از: بتنی که وزن مخصوص آن بطور محسوسی کمتر از وزن مخصوص بتن معمولی است و با سنگدانه‌های طبیعی یا شکسته ساخته می‌شود. بتن سبک اغلب به عنوان جایگزینی مناسب و مکمل برای بتن معمولی و به منظور کاهش وزن سازه به کار می‌رود. هر چند مقاومت فشاری نهایی آن، در مقایسه با بتن‌های معمولی مقدار کمتری است. معمولاً افزایش هزینه ناشی از اعمال تمهیدات ویژه در ساخت بتن سبک به ازای هر متر مکعب، با کاهش بار مرده و افزایش مقاومت بتن در مقابل آتش‌سوزی جبران می‌شود. کاهش بار مرده در سازه موجب کاهش ابعاد پی ساختمان کاهش ابعاد پی‌های منفرد و کاهش عرض پی‌های زیر دیوار، ابعاد ستون‌ها، تیرها و همچنین کاهش ضخامت سقف می‌گردد. این کاهش در جرم بتن مصرفی موجب صرفه‌جویی در هزینه ساخت اعضای فوق‌الذکر و جبران اضافه هزینه ناشی از ساخت بتن سبک خواهد شد. علاوه بر این، میزان عایق‌سازی صوتی و حرارتی آن به گونه‌ای است که در اکثر موارد استفاده از لایه‌های اضافی جهت عایق‌بندی جزئی یا کلی را منتفی می‌سازد، که خود از لحاظ اقتصادی به صرفه خواهد بود.

طبقه بندی بتن‌های سبک عموماً به دو شکل کلی صورت می‌گیرد.

- طبقه بندی براساس زمینه‌های کاربرد آن

- طبقه بندی براساس روش دستیابی به سبکی (روش دستیابی به جرم حجمی کم)

از آنجا که جرم حجمی در بتن سبک معیار اصلی شناسایی آنست، اکثر استانداردها و آئین نامه‌های جهانی، حد بالای جرم حجمی خشک بتن سبک را حدود ۱۹۰۰ الی ۲۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب و حد پایین جرم حجمی بتن سبک را حدوداً ۳۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب قید نموده‌اند. راهنمای بتن سبکدانه انجمن بتن آمریکا (ACI) در تقسیم بندی براساس زمینه‌های کاربرد آن تقسیم بندی شده اند.

۱- براساس زمینه‌های کاربرد، بتن سبک را به شکل زیر دسته‌بندی نموده است:

الف- بتن‌های سبک سازه‌ای: این نوع بتن عموماً دارای جرم مخصوصی بین ۱۴۰۰ تا ۱۹۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب بوده و حداقل مقاومت فشاری تعریف شده برای آنها، معادل ۱۷ نیوتن بر میلیمتر مربع است، بتن‌های سبک سازه‌ای دارای مقاومت و وزن مخصوص کافی بوده، بگونه ای که کاربرد آنها را در اعضای سازه‌ای مجاز می‌سازد. در بعضی حالات امکان افزایش مقاومت تا ۶۰ نیوتن بر میلیمتر مربع نیز وجود دارد. در مناطق زلزله خیز، آیین‌نامه‌ها، حداقل مقاومت فشاری بتن سبک را به ۲۸ نیوتن بر میلیمتر مربع محدود می‌کنند. در بتن‌های سبک سازه‌ای از سنگدانه‌هایی استفاده می‌شود که حصول مقاومتی بیش از ۱۷ نیوتن بر میلی‌متر مربع و جرم مخصوص کمتر از ۱۹۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب (البته اسماً بزرگتر از ۱۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب) را امکان پذیر سازند. سنگدانه‌هایی که این شرایط را عموماً برآورده می‌کنند و سنگدانه‌هایی که طبق استاندارد ASTN - C330 برای ساخت بتن‌های سبک سازه‌ای مورد استفاده هستند، عبارتند از: شیل، رس و اسلیت منبسط شده در فرایند کوره دوار، فرایند تفتیدن، سرباره‌های منبسط شده، پوک‌های معدنی، پوک‌های صنعتی، خاکستر بادی تفتیده.

تأمین مقاومت فشاری معادل ۲۷ نیوتن بر میلی‌متر مربع و بیشتر با بعضی از این سنگدانه‌ها امکان پذیر است. شرایط سایر سنگدانه‌ها نیز طوری است که قادر به حصول حداقل مقاومت فشاری مقرر شده برای بتن سبک سازه‌ای (یعنی ۱۷ نیوتن بر میلی‌متر مربع) می‌باشند. مقاومت بتن‌های دانه سبک، تابعی از جرم مخصوص آنها است. باید توجه داشت که جرم مخصوص بتن، عمدتاً متأثر از جرم مخصوص سنگدانه مصرفی است، به گونه ای که استفاده از مصالح سبک‌تر، موجب کاهش وزن مخصوص بتن خواهد شد، ولی استفاده از مصالح سنگین‌تر از نوع سبک، لزوماً موجب افزایش مقاومت بتن ساخته شده نخواهد گشت. بیشترین مقاومت برای بتن با استفاده از شیل، رس و اسلیت منبسط شده در فرایند کوره دوار به دست می‌آید. در ساخت و تولید این سنگدانه‌های مخصوص، مصالح خام مورد استفاده، باید دارای خاصیت انبساط و شیشه‌ای شدن (اصطلاحاً هم جوش شدن) در اثر حرارت ذوب باشند.

ب- بتن‌های سبک نیمه سازه‌ای: این نوع بتن از لحاظ وزن مخصوص و مقاومت فشاری در محدوده بتن‌های سبک سازه‌ای و بتن‌های سبک غیرسازه‌ای قرار دارد، بگونه ای که مقاومت فشاری آن‌ها بین ۷ الی ۱۷ نیوتن بر میلی‌متر مربع و جرم مخصوص آنها ۸۰۰ الی ۱۲۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد. بتن‌های سبک نیمه سازه‌ای با سنگدانه‌های تولید شده از روش‌های تکلیس (آهکی شدن)، سنگدانه کلینکر، محصولات منبسط شده ای نظیر سرباره‌های منبسط شده، خاکستر بادی، شیل و اسلیت یا سنگدانه‌های تولیدی از مصالح طبیعی، مانند پوک سنگ آذرین، سنگ‌های آذرین متخلخل یا توف، ساخته می‌شوند. جرم مخصوص بتن تولید شده با سنگدانه‌های فوق، بین ۸۰۰ الی ۱۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. با تجدید نظر و اصلاح ترکیبات تشکیل دهنده بتن‌های سبک، می‌توان ساخت بتن‌های نیمه سازه‌ای را با سنگدانه‌هایی نظیر پرلیت، الیاف پلی استایرن و کف‌های اسفنجی گسترش داد. مقاومت بتن به طور معمول تابعی است از وزن مخصوص آن. کاربرد مواد افزودنی نظیر تسریع کننده‌ها و روان کننده‌ها (مواد کاهش دهنده آب)، می‌تواند در تغییر مقاومت بتن‌های ساخته شده با سنگدانه‌های مذکور مؤثر باشد. ج- بتن سبک غیرسازه‌ای: این بتن برای مقاصد پرکننده و عایق بندی حرارتی و جدا کننده‌های سبک (تیغه‌های جداساز و عایق‌های صوتی در کف) مورد استفاده قرار می‌گیرند. دارای جرم مخصوصی کمتر از ۸۰۰ کیلوگرم بر

مترمکعب بوده و با وجود جرم مخصوص کم، مقاومت فشاری آن می‌تواند تا ۷ نیوتن بر میلی‌متر مربع باشد. مزیت عمده این نوع بتن عبارتست از، کاهش هزینه لازم برای تهویه گرمایی یا سرمایی فضاها و کاهش انتقال صوت بین طبقات و فضاهای ساختمان. بتن‌های سبک غیرسازه‌ای براساس ترکیب ساختمان خود، می‌توانند به دو گروه جداگانه تقسیم بندی شوند. بتن‌های اسفنجی که در حین ساخت آنها با استفاده از ایجاد کف، حباب‌های هوا در خمیر سیمان یا در ملات سیمان - سنگدانه، ایجاد می‌گردد. کف مورد نظر یا از طریق مواد کفزا (در حین اختلاط) تولید شده و یا به صورت کف آماده به مخلوط اضافه می‌شود. بتن اسفنجی می‌تواند جرم مخصوصی تا حدود ۲۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب نیز داشته باشد. بتن با سنگدانه‌های سبک یا به اختصار بتن‌های دانه سبک با استفاده از پرلیت یا ورمیکولیت منبسط شده و یا الیاف‌های منبسط شده پلی‌استر، ساخته می‌شوند. جرم مخصوص خشک این مخلوط بین ۲۴۰ تا ۹۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. امروزه، اضافه کردن ریزدانه‌هایی با وزن معمولی به مخلوط بتن سبک، جهت بهبود خواص خزشی آن، مدنظر است. استفاده از ماسه با وزن معمولی، موجب افزایش وزن بتن و مقاومت آن خواهد شد، لیکن به منظور حصول خواص عایق‌بندی حرارتی (ضریب انتقال حرارت پایین)، حداکثر جرم مخصوص به ۸۰۰ کیلوگرم در مترمکعب محدود می‌گردد. هنگام ساخت و استفاده از بتن سبک غیرسازه‌ای، معمولاً علاقه‌مند هستیم که با کاهش وزن، خصوصیات حرارتی را افزایش دهیم، ولی باید توجه داشت، که با کاهش هر چه بیشتر وزن مخصوص بتن، مقاومت آن نیز کاهش می‌یابد. بهینه‌سازی پارامترهای فوق‌الذکر هنگامی که مقتضیات ویژه‌ای وجود دارد، در ساخت بتن سبک ناسازه‌ای مهم و ضروری است.

۲- طبقه بندی انواع بتن‌های سبک براساس روش دستیابی به سبکی (روش دستیابی به جرم حجمی کم)

اصول اولیه و روش پایه برای دستیابی به بتن سبک، ایجاد تخلخل در بتن است.

لذا بتن سبک را می‌توان از نقطه نظر مواد بکار برده شده و روش دستیابی و شیوه تولید آن به سه روش عمده تقسیم بندی نمود.

الف - کاربرد سنگدانه‌های متخلخل در بتن، به نام بتن سبک دانه (Light weight Aggregate Concrete)

ب - ایجاد تخلخل در خمیر سیمان بتن که به عنوان بتن اسفنجی یا سلولی مطرح می‌باشد ( Aerated or cellular concrete)

ج - ایجاد تخلخل و فضای خالی در بتن از طریق حذف ریزدانه‌ها بنام بتن بدون ریزدانه (No fine concrete)

## بتن سنگین

در ساخت بتن سنگین به جای شن و ماسه از خرده‌های فولاد، چدن و یا سولفات باریم استفاده می‌شود. کاربرد اینگونه بتن باری جلوگیری از تشعشع اشعه X و Y و غیره بوده و اصولاً برای سازه‌های مربوط به تأسیسات اتمی و یا هر جا که امکان تشعشعات رادیواکتیو وجود دارد از اینگونه بتن استفاده می‌شود. وزن مخصوص بتن سنگین حدود ۵/۱ تا ۵/۲ برابر وزن مخصوص بتن معمولی است. براساس تعریف موسسه ACI آمریکا بتن سنگین، بتنی است که اساساً دارای وزن مخصوص بزرگتری نسبت به بتن‌های ساخته شده با سنگدانه‌های معمولی می‌باشد، و معمولاً با استفاده از سنگدانه‌های سنگین تهیه شده و به طور ویژه به عنوان سپر محافظ در مقابل تشعشع به کار می‌رود. هر چند که سپرهای محافظ در مقابل تشعشع کاربرد اصلی بتن‌های سنگین هستند، لیکن در ساخت وزنه‌های تعادلی (بتن‌های وزنی) و یا در مواردی که نیاز به افزایش بار مرده سازه، بدون افزایش حجم هستیم، نیز مورد استفاده می‌باشند. هنگامی که بحث از بتن سنگین است، منظور بتنی با جرم مخصوص بیش از ۲۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد، که براساس نوع و اندازه سنگدانه مصرفی و شیوه تراکم و تخلیه، می‌تواند جرم مخصوص بیش از ۶۴۰۰

کیلوگرم بر متر مکعب داشته باشد. بتن سنگین همواره هزینه ساخت بیشتری نسبت به بتن‌های معمولی دارد. این اضافه قیمت می‌تواند ناشی از مواردی نظیر؛ حفاری معدن، حمل مصالح، شکستن دانه بندی مصالح، اختلاط مناسب سنگدانه در خمیر سیمان، جادادن و پرداخت سطح بتن ریخته شده باشد. هزینه حمل و نقل سنگدانه‌های سنگین در مقایسه با سنگدانه‌های معمولی که معمولاً در نزدیکی کارگاه در دسترس می‌باشند، نسبتاً بالاست. اکثر تجهیزات مرتبط با مصالح سنگی نظیر سنگ شکن‌ها و دستگاه‌های دانه‌بندی براساس خصوصیات سنگدانه‌های معمولی ساخته و آماده می‌شوند، به همین جهت در صورت استفاده از سنگدانه‌های سنگین سرعت استهلاک این تجهیزات افزایش می‌یابد. در نتیجه بازده این تجهیزات نسبت معکوس با چگالی سنگدانه‌ها دارد. در این حال اگر جرم مخصوص بتن معمولی حدود ۲۴۰۰ و بتن سنگین ۶۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب فرض شود، جهت تهیه یک مخلوط همگن و یکنواخت بدون اینکه بخواهیم فشار اضافی بر تجهیزات مکانیکی اعمال نماییم، باید از ۴۰ درصد ظرفیت اسمی دستگاه مخلوط‌کن استفاده شود. با وجودی که استحصال، حمل، شکستن و دانه بندی سنگدانه‌ها جهت تهیه بتن سنگین پرهزینه است و اختلاط، حمل و نقل و ریختن و پرداخت بتن ساخته شده هزینه بالاتری نسبت به بتن معمولی را در بر دارد، لیکن این نوع بتن در ساخت سپر محافظ در مقابل تشعشع، (نظیر دیواره نیروگاه‌ها و آزمایشگاه‌ها) ساخت وزنه‌های تعادلی و در مواردی که در حداقل فضا، تراکم جرم (وزن مرده زیاد) مورد نیاز باشد، کاربرد ویژه خواهد داشت. هنگامی که طراحی براساس چگالی باشد، ضخامت دیوار یا کف ممکن است با دو برابر کردن چگالی بتن ساخته شده، به میزان ۵۰ درصد کاهش یابد. با افزایش چگالی بتن، خصوصیات زیادی از بتن افزایش یافته یا دستخوش تغییر خواهد شد. یکی از مهمترین این خصوصیات، مقاومت سایشی بتن است. در صورت یکسان بودن سایر شرایط، با افزایش چگالی بتن، مقاومت سایشی آن نیز افزایش می‌یابد. با کاربرد برخی از مواد افزودنی پیشرفته، می‌توان چگالی خمیر سیمان را افزایش داده و نسبت آب به سیمان را کاهش و کارایی را افزایش داد، در ضمن با کاهش نسبت آب به سیمان بالطبع، مقاومت بتن ساخته شده نیز افزایش می‌یابد. علاوه بر افزودنی‌های شیمیایی، با بکار بردن دوده سیلیسی که یک افزودنی معدنی است، می‌توان نفوذ پذیری بتن، را کاهش و چگالی خمیر سیمان و مقاومت بتن را افزایش داد.

دکتر محمد حسن رامشت