

بتن های توانمند و ویژه

علی خیرالدین¹ ، محمد بزاز² ، پریسا فامیلی فرد³ ، زهرا عندلیب⁴

۱- دانشیار دانشگاه سمنان

2- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه ، دانشگاه سمنان Mohammad_bazzaz1362@yahoo.com

3- دانشجوی کارشناسی عمران ، دانشگاه سمنان Parisa_familifard@yahoo.com

4- کارشناس عمران ، دانشگاه سمنان Zahra_andalib63@yahoo.com

چکیده

بتن و فولاد از متداول ترین مصالح مصرفی بار بر ساختمانی می باشند. این دو مصالح در بعضی مواقع مکمل یکدیگر بوده ، در مواق دیگر در رقابت با یکدیگر در نظر گرفته می شوند، به طوری که می توان ساختمان های از نوع و کاربرد های مشابه را با هر یک از این مصالح بنا نمود. در اکثر موارد به بتن بعنوان ماده ای مقاوم در برابر نیروهای فشاری نگرینسته می شده است. انجام پروژه های وسیع تحقیقاتی بر روی مواد مختلف تشکیل دهنده بتن و آزمایش بتن های مختلف با مواد جدید در سالهای آخر قرن اخیر منجر به پیدایش بتن هایی شده است که علاوه بر تأمین مقاومت خواص دیگری از این ماده نظیر دوام، کارایی، نرمی و مقاومت در برابر عواملی چون آتش و محیط و هوازدگی را دستخوش تغییرات اساسی نموده است. علاوه بر دگرگونی و تحول در مواد تشکیل دهنده بتن، افزودن مواد دیگری به بتن همچون افزودنیهای مختلف، انواع الیاف ها و حتی مواد زائدی که ارزش خاصی نداشته و باعث آلودگی محیط زیست نیز می شوند، موجب پیدایش بتن های جدید با خواص جدید و بهبود یافته شده است. هدف از مقاله اخیر عنوان نمودن پاره ای از دستاوردهای اخیر در بتن و بتن مسلح و ادامه راه در سالهای آینده می باشد.

کلمات کلیدی : بتن های توانمند ، مصالح ساختمانی ،

مقدمه

بتن و فولاد دو نوع مصالحی هستند که امروزه بیشتر از سایر مصالح در ساختمان انواع بناها از قبیل ساختمان پلها، ساختمان سدها، ساختمان متروها، ساختمان فرودگاه ها و ساختمان بناهای مسکونی و اداری و غیره به کار برده می شوند. و شاید به جرأت می توان گفت که بدون این دو پیشرفت جوامع بشری به شکل کنونی میسر نبود. با توجه به اهدافی که از ساخت یک بنا دنبال می شود، بتن و فولاد به تنهایی و یا به صورت مکمل کار برد پیدا می کنند. فولاد به لحاظ اینکه در شرایط به دقت کنترل شده ای تولید می شود و مشخصات و خواص آن از قبیل تعیین و با آزمایشات متعددی کنترل می شود، دارای کاربری آسانتر از بتن است. اما بتن در یک شرایط کاملاً متفاوتی با توجه به پارامتر های مختلف از قبیل نوع سیمان، نوع مصالح و شرایط آب و هوایی تولید و استفاده می شود و عدم اطلاع کافی از خواص مواد تشکیل دهنده بتن و نحوه تولید و کاربرد آن می تواند ضایعات جبران ناپذیری را به دنبال داشته باشد . با توجه به پیشرفت علم و تکنولوژی در قرن اخیر، علم شناخت انواع بتن و خواص آنها نیز توسعه قابل ملاحظه ای داشته است. به نحوی که امروزه انواع مختلف بتن با مصالح مختلف تولید و استفاده می شود و هر یک خواص و کاربری مخصوص به خود را داراست. هم اکنون انواع مختلفی از سیمانها که حاوی پوزولانها، خاکستر بادی، سرباره کوره های آهن گدازی، سولفورها، پلیمرها، الیافهای مختلف، و افزودنیهای متفاوتی هستند، تولید می شد. ضمن اینکه تولید انواع بتن نیز با استفاده از حرارت، بخار، اتوکلاو، تخلیه هوا، فشار هیدرولیکی، ویبره و قالب انجام می گیرد . علاوه بر خود بتن و مصالح تشکیل دهنده آن در سالهای اخیر بر روی آرماتور مصرفی در سازه های بتنی مسلح نیز تحولاتی صورت گرفته است. بعنوان مثال و برای پرهیز از خطر خوردگی آرماتور، از فولادهای ضد زنگ و نیز آرماتورهای ساخته شده با الیاف مختلف پلاستیکی و پلیمری در محیطهای بسیار خورنده استفاده می شود. کار بر روی عملکرد دراز مدت چنین موادی هنوز ادامه دارد. در مقاله اخیر به چند مورد از بتن های جدید که چند سالی است از آنها در صنعت ساخت و ساز برای سازه های بتنی استفاده می شود اشاره شده و مواد جدید مورد استفاده در بتن که تحقیقات روی آنها هنوز ادامه دارد، نیز بیان خواهد شد

بتن

به مجموعه ای از ذرات سنگی که از کمترین تخلخل برخوردارند و دانه های آن توسط دوغابی از سیمان به هم چسبیده باشند، بتن (Concrete) گفته می شود. به زبان دیگر ، بتن متشکل از یک جسم پرکننده (مصالح سنگی) و یک جسم چسبنده (آب و سیمان یا دوغاب سیمان) است. بتن به دلیل کارائیهای مثبتی که دارد، امروزه به عنوان یکی از پر مصرف ترین مصالح ساختمانی در آمده است.

با توجه به پیشرفت علم و تکنولوژی در قرن اخیر، علم شناخت انواع بتن و خواص آنها نیز توسعه قابل ملاحظه ای داشته است. به نحوی که امروزه انواع مختلف بتن با مصالح مختلف تولید و استفاده می شود و هر یک خواص و کاربری مخصوص به خود را داراست. هم اکنون انواع مختلفی از سیمانها که حاوی پوزولانها، خاکستر بادی، سرباره کوره های آهن گدازی، سولفورها، پلیمر ها ، الیافهای مختلف، و افزودنیهای متفاوتی هستند، تولید می شد. ضمن اینکه تولید انواع

بتن نیز با استفاده از حرارت، بخار، اتوکلاو، تخلیه هوا فشار هیدرولیکی، ویبره و قالب انجام می‌گیرد. بتن به طور کلی محصولی است که از اختلاط آب با سیمان آبی و سنگدانه‌های مختلف در اثر واکنش آب با سیمان در شرایط محیطی خاصی به دست می‌آید و دارای ویژگیهای خاص است.

اولین سوآلی که پیش می‌آید این است که چه رابطه‌ای بین تشکیل دهنده بتن باید وجود داشته باشد تا یک بتن خوب به دست آید و اصولاً بتن خوب دارای چه شرایط و ویژگیهایی است. رابطه بین اجزاء تشکیل دهنده بتن، در خواص فیزیکی و شیمیایی و همچنین نسبت اختلاط آنها با هم است. چه اگر مصالح یا آب و سیمانی با خواصی مناسب بتن با هم مخلوط گردند و در شرایط و محیطی مناسب به عمل آیند، یقیناً بتن خوبی حاصل می‌شود و اصولاً بتن خوب، بتنی است که دارای مقاومت فشاری دلخواه و رضایت بخشی باشد. رسیدن به یک مقاومت فشاری دلخواه و رضایت بخش بدین معناست که سایر خواص بتن مانند مقاومت کششی، وزن مخصوص، مقاومت در برابر سایش، نفوذ ناپذیری، دوام، مقاومت در برابر سولفات‌ها و ... نیز همسو با مقاومت فشاری، بهبود یافته و متناسب می‌شوند.

اگر چه شناخت مصالح مورد مصرف در ساخت بتن و همچنین خواص مختلف بتن کار آسانی نیست اما سعی می‌شود به خواص عمومی مصالح و همچنین بتن پرداخته شود.

بتن اینک با گذشت بیش از ۱۷۰ سال از پیدایش سیمان پرتلند به صورت کنونی توسط یک بنای لیدزی، دستخوش تحولات و پیشرفتهای شگرفی شده است. در دسترس بودن مصالح آن، دوام نسبتاً زیاد و نیاز به ساخت و سازه‌های فراوان سازه‌های بتنی چون ساختمان‌ها، پل‌ها، تونل‌ها، سدها، اسکله‌ها، راه‌ها و سایر سازه‌های خاص دیگر، این ماده را بسیار پر مصرف نموده است.

اینک حدود سه تا چهار دهه است که کاربرد این ماده ارزشمند در شرایط ویژه و خاص مورد توجه کاربران آن گشته است. اکنون کاملاً مشخص شده است که توجه به مقاومت تنها به عنوان یک معیار برای طرح بتن برای محیط‌های مختلف و کاربریهای متفاوت نمی‌تواند جوابگوی مشکلاتی باشد که در درازمدت در سازه‌های بتنی ایجاد می‌گردد. چند سالی است که مسأله پایایی و دوام بتن در محیط‌های مختلف و به ویژه خوردنده برای بتن و بتن مسلح مورد توجه خاص قرار گرفته است. مشاهده خرابی‌هایی با عوامل فیزیکی و شیمیایی در بتن‌ها در اکثر نقاط جهان و با شدتی بیشتر در کشور های در حال توسعه، افکار را به سمت طرح بتن‌هایی با ویژگی خاص و با دوام لازم سوق داده است. در این راستا در پاره‌ای از کشورها مشخصات و دستورالعمل‌ها و استانداردهایی نیز برای طرح بتن با عملکرد بالا تهیه شده و طراحان و مجریان در بعضی از این کشورهای پیشرفته ملزم به رعایت این دستورالعمل‌ها گشته‌اند.

کاراییهای بتن

اقتصادی بودن

حدود ۸۰ درصد وزن بتن از مصالح سنگی ارزان قیمت درست شده است.

تنوع

با تغییر نوع و مقدار سیمان و مصالح سنگی و انجام برخی اعمال فیزیکی و شیمیایی می‌توان بتن‌هایی با خواص کاملاً متفاوت تهیه کرد.

شکل پذیری

با کمترین مخارج می‌توان قطعاتی با اشکال مختلف از بتن تهیه کرد.

مکانیزه شدن

تهیه و تولید بتن را می‌توان به صورت مکانیزه انجام داد. به این وسیله می‌توان قدرت تولید بتن و کیفیت آن را افزایش و قیمت تمام شده آن را کاهش داد.

ویژگیهای مهم بتن

ویژگیهای مهم بتن شامل مقاومت، وزن، قابلیت کار و دوام است که از این میان مقاومت از اهمیت خاصی برخوردار است. مقاومت بتن بیش از همه به عواملی مانند نوع و مقدار سیمان، کمیت و کیفیت آب مصرفی، مشخصات فیزیکی و شیمیایی مصالح سنگی، نحوه ساختن و عمل آوردن بتن و بالاخره نوع و سن بتن بستگی دارد.

تهیه بتن

مقدار کم بتن را معمولاً بطور دستی می‌سازند. بتن را اغلب در حمل ساخته و مصرف می‌کنند. در مواردی نیز بتن در کارخانه ساخته شده و توسط کامیون به محل مصرف حمل می‌شود. بتن را بهتر است پس از ساختن هرچه زودتر مصرف کرد. برای اینکه بتن شکل مورد نظر را به خود بگیرد از قالب استفاده می‌شود. پس از آنکه بتن در قالب ریخته شد، باید آن را متراکم نمود (عمل آورد) تا مقاومت آن افزایش یابد. بتن سخت را در لایه‌های متوالی ۱۵ الی ۲۰ سانتیمتری در قالب می‌ریزند و با تخماتی می‌کوبند تا به اصطلاح عرق کند. بر اثر این عمل دانه‌های سنگی در کنار هم جفت و جور شده و هوای موجود در بتن به صورت کف (شیر بتن) به سطح آن می‌آید.

برای دستیابی به بتن مناسب باید هوای آن، تا ۳ درصد حجم بتن کاهش یابد. بتن‌های دارای حجم زیاد را با لرزاندن از داخل متراکم می‌کنند. به این صورت که خرطوم لرزاننده‌ای را داخل بتن نموده و آن را جابجا می‌کنند. گرما در گرفتن و سخت شدن بتن اثر زیادی دارد. در گرما بتن زود می‌گیرد و سخت

می‌شود. در مقابل در دمای صفر درجه سانتیگراد دوغاب سیمان نمی‌گیرد و سخت نمی‌شود. بتن را در دماهایی تا ۵ درجه سانتیگراد می‌توان ساخت، به شرط آنکه تا ۴ روز دمای آن از ۵ درجه کمتر نشود. بتن سازی در نقاط سرد سیر بوسیله گرم کردن مصالح صورت می‌گیرد.

اجزا تشکیل دهنده بتن

بتن ترکیبی از سیمان ، آب و مصالح خرد سنگی (شن و ماسه) است که به نسبت‌های متناسب بطور دستی یا مکانیکی با یکدیگر مخلوط شده است.

ساختار بتن :

در حال حاضر بتن دیگر همان مصالح ساختمانی قدیمی نیست

Cement + Agregates + Water + Admixture or Adetives = Concrete

بسیاری از مواد معدنی و آلی جهت اصلاح خواص آن برای ساخت بتن دوره جدید به سیمان پرتلند اضافه می‌شوند. برخلاف بتن ساخته شده فقط با سیمان پرتلند، خواص بتن دوره جدید به خاطر پیچیدگی خاص خود کاملاً روشن و مدون نیست، ولی آنالیز بسیاری از مواد مصرفی فعال روی دوام بتن شفاف تر از قبل می‌باشند.

یک بتن ایده آل بتن مصالحی است متشکل از سنگدانه (شن و ماسه حدوداً ۷۰ درصد) و مابقی آب و سیمان است. بتن بعد از ۲۸ روز به حدود ۹۰ درصد از مقاومت نهایی خود می‌رسد و هر آن به مقاومت آن افزوده می‌شود تا به مقاومت کامل خود برسد. برای دستیابی به یک بتن ایده آل باید نسبت آب به سیمان مناسب بوده، دانه بندی استاندارد و مقاومت و سختی کافی سنگدانه ها (شن و ماسه) و مخلوط کردن آنها با نسبت های تعیین شده نیز باید بر اساس دستور العمل های موجود باشد. استفاده از نوع سیمان (تیپ ۲، ۳، ۴، ۵، ضد سولفات) متناسب با شرایط محیطی و مقاومت مورد نیاز مهمترین عامل در کیفیت بتن است، متراکم کردن کامل و هواگیری بتن در هنگام بتن ریزی به کمک لرزاندن بتن در مدت زمان معین برای خروج آب و حباب اضافی بتن و جلوگیری از تخلخل (حفره حفره شدن) بتن و در نتیجه کاهش مقاومت آن بعد از گیرش بتن نتیجه ای بی نقص را به همراه خواهد داشت.

بتن ریزی

بتن آماده توسط ماشینهای حمل بتن (میکسر) برای شما آورده میشود، توجه به نکات زیر برای اجرای یک بتن ریزی صحیح الزامی است:

- ۱- از افزودن آب به بتن حمل شده بدون اجازه مهندس ناظر اکیداً خودداری شود. (معمولاً کارگران برای سهولت کار خود و روانی بیشتر بتن به آن آب می-افزایند که این امر از مقاومت بتن به شدت میکاهد لذا توجه به این امر بسیار دارای اهمیت میباشد.)
- ۲- معمولاً مقداری از بتن در ابتدای تخلیه از میکسر دارای دانه بندی نا مناسبی میباشد. باید دقت شود این بتن که دارای کیفیت نا مناسب جهت بتن ریزی میباشد، مورد مصرف کارهای ساختمانی قرار نگیرد.
- ۳- قبل از بتن ریزی حتماً باید درون قالبهای فونداسیون که آرماتور گذاری شده است از خاکهای ریزی و نخاله های ساختمانی کاملاً پاکسازی گردد
- ۴- در زمان بتن ریزی استفاده از دستگاه وایبره الزامی است، پیمانکاران موظف هستند قبل از آغاز بتن ریزی از سلامت دستگاه وایبره خود اطمینان حاصل نمایند .
۵. برای آنکه آجرهای قالب بندی فونداسیون آب شیرابه بتن را جذب نکند استفاده از پوشش پلاستیکی (کاور) الزامی است.
- ۶- قبل از اینکه بتن ریزی آغاز شود برای اینکه آب بتن سریعاً توسط بستر خارج نشود لازم است بستر بتن ریزی مرطوب شود، البته باید مراقب بود تا آب در کف پی جمع نشود و فقط رطوبت وجود داشته باشد.
- ۷- بتن ریزی بنا بر خاصیت هر بتن باید در زمان معین انجام شود در صورت دیرکرد بر مقاومت فشاری بتن تاثیر می گذارد (بیشترین دیرکرد مجاز ۱ ساعت می باشد)

خاصیت نفوذ پذیری و تخلخل بتن

بتن بهترین نمونه برای توصیف یک ماده نفوذ پذیر و متخلخل است. تخلخل مقدار منافذ و سوراخهای داخل بتن می باشد که با درصدی از مجموع حجم ماده نشان داده می شود. نفوذپذیری نیز بیانی از چگونگی ارتباط میان منافذ می باشد. این خاصیت ها به کمک یکدیگر اجازه تشکیل مسیری برای انتقال آب به درون ماده را همراه با ایجاد شکافی که هنگام انقباض بوجود می آید ، میدهد.

نفوذپذیری مدت زمان انتشار از منافذ ، توانایی عبور آب در فشار بین منافذ ماده می باشد. نفوذپذیری با یک مقدار مشخص مثل ضریب نفوذپذیری توضیح داده می شود و عموماً به ضریب "دارسی" باز می گردد. نفوذپذیری آب در یک ترکیب بتنی شاخص خوبی برای سنجش کیفیت کارایی بتن است . ضریب "دارسی" کم نشان دهنده غیر قابل نفوذ بودن و کیفیتی بالا برای مصالح می باشد. با اینکه یک بتن با نفوذپذیری کم نسبتاً مقاوم می باشد ، اما ممکن است هنوز نیاز به ضدآب کردن برای جلوگیری از نشت میان شکاف ها وجود داشته باشد.

با وجود دانسیته (تراکم) معلوم آن ، بتن یک ماده نفوذ پذیر و متخلخل است که می تواند با جذب آب و برخورد با مواد شیمیایی متجاوز نظیر دی اکسید کربن ، مونواکسید کربن ، کلراید ها و سولفات ها و دیگر ترکیبات آنها به سرعت تباہ شود. اما راه دیگری نیز وجود دارد که هر آبی می تواند به عمق بتن نفوذ پیدا کند .

رابطه بین نفوذپذیری و دوام بتن

ساختار متخلخل بتن قابلیت ایستادگی آن را در مقابل عبور سیالات یا گازها، تحت گرادبانهای مختلف تعیین می کند، یک سیال می تواند تا عمق کامل بتن تحت یک گرادبان بوجود آمده بطور مثال دیواره بتنی سازه آبی از جمله سد، مخزن آب و فاضلاب و غیره حرکت کند.

مقابله با خوردگی بتن

مسأله خوردگی فولاد در بتن از معضلات عمده کشورهای مختلف جهان است. این مسأله حتی در کشورهای پیشرفته همچون آمریکا، کانادا، ژاپن و بعضی کشورهای اروپایی هزینه های زیادی را برای تعمیر آنها به دنبال داشته است. این مسأله در کشورهای در حال توسعه و در کشورهای حاشیه خلیج فارس بسیار شدیدتر بوده و سازه های بتنی زیادی در زمانی نه چندان طولانی دچار خوردگی و خرابی گشته اند. بررسی ها در این مناطق نشان می دهد که اگر مصالح مناسب انتخاب گردد، بتن با مشخصات فنی ویژه این مناطق طرح گردد، در اجرای بتن از افراد کاردان استفاده شود و سرانجام اگر عمل آوری کافی و مناسب اعمال شود، بسیاری از مسائل بتن بر طرف خواهد گشت. به هرحال برای پیشگیری در سال های اخیر روش ها و موادی توصیه و به کار گرفته شده است که تا حدی جوابگوی مسأله بوده است .

استفاده از آرماتورهای ضدزنگ و نیز آرماتورهای با الیاف پلاستیکی FRP یکی از این روش ها است که به علت گرانی آن هنوز کاملاً توسعه نیافته است. به علاوه عملکرد دراز مدت این مواد باید پس از تحقیقات روشن گردد .

از روش های دیگر کاربرد حفاظت کاتدیک در بتن می باشد با استفاده از جریان معکوس با آند قربانی شونده می توان محافظت خوبی برای آرماتورها ایجاد نمود. این روش نیاز به مراقبت دائم دارد و نسبتاً پرخارج است ولی روش مطمئنی می باشد .

برای محافظت آرماتور در مقابل خوردگی، چند سالی است که از آرماتور با پوشش اپوکسی استفاده می شود. تاریخچه مصرف این آرماتورها بویژه در محیط های خورنده نشان می دهد که در بعضی موارد این روش موفق و در پاره ای نا موفق بوده است. به هرحال اگر پوشش سالم بکار گرفته شود با این روش می توان حدود ۱۰ تا ۱۵ سال خوردگی را عقب انداخت .

استفاده از ممانعت کننده ها و بازدارنده های خوردگی بتن نیز به دو دهه اخیر برمی گردد. مصرف بعضی از این مواد همچون نیترات کلسیم و نیترات سدیم جنبه تجارتي یافته است. به هر حال عملکرد این مواد در تاخیر انداختن خوردگی در تحقیقات آزمایشگاهی و نیز در محیط های واقعی مناسب بوده است. بازدارنده های دیگری از نوع آندی و کاتدی مورد آزمایش قرار گرفته اند ولی دلیل گرانی زیاد هنوز کاربرد صنعتی پیدا نکرده اند .

برای محافظت بیشتر آرماتور و کم کردن نفوذپذیری پوشش های مختلف سطحی نیز روی بتن آزمایش و به کار گرفته شده است. این پوشش ها که اغلب پایه سیمانی و یا رزینی دارند با دقت روی سطح بتن اعمال می گردند. عملکرد دوام این پوشش به شرایط محیطی وابسته بوده و در بعضی محیط ها عمر کوتاهی داشته و نیاز به تجدید پوشش بوده است. روی هم رفته پوشش های با پایه سیمانی هم ارزانتر بوده و هم به علت سازگاری با بتن پایه پیوستگی و دوام بهتری در محیط های خورنده و گرم نشان می دهند .

با پیشرفت روزافزون انقلاب تکنولوژیک به ویژه در تولید بتن های خاص برای مناطق و شرایط خاص می توان از این بتن ها در ساخت وسازه های آینده استفاده نمود. دانش استفاده صحیح از مصالح، اجرای مناسب و عمل آوری کافی می تواند به دوام بتن ها در مناطق خاص بیفزاید. تحقیقات گسترده و دامنه داری برای بررسی دوام بتن های خاص در شرایط ویژه و در دراز مدت بایستی برنامه ریزی و به صورت جهانی به اجرا گذاشته شود.

فرسودگی بتن

علل مختلفی که باعث فرسودگی و تخریب سازه های بتنی می شوند - علائم هشدار دهنده که کار مرمت را الزامی می دارند.

۱- علل فرسودگی و تخریب سازه های بتنی (CAUSES OF DETERIORATIONS)

علل مختلفی که باعث فرسودگی و تخریب سازه های بتنی می شود همراه با علائم هشدار دهنده دیگری که کار تعمیرات را الزامی می دارند، در نخستین بخش از کتاب مورد بررسی و تحلیل قرار می گیرند:

1-1- نفوذ نمکها (INGRESS OF SALTS)

نمکهای ته نشین شده که حاصل تبخیر و یا جریان آبهای دارای املاح می باشند و همچنین نمکهایی که توسط باد در خلل و فرج و ترکها جمع می شوند، هنگام کریستالیزه شدن می توانند فشار مخربی به سازه ها وارد کنند که این عمل علاوه بر تسریع و تشدید زنگ زدگی و خوردگی آرماتورها به واسطه وجود نمکهاست. تر و خشک شدن متناوب نیز می تواند تمرکز نمکها را شدت بخشد زیرا آب دارای املاح، پس از تبخیر، املاح خود را به جا می گذارد.

1-2- اشتباهات طراحی (SPECIFICATION ERRORS)

به کارگیری استانداردهای نامناسب و مشخصات فنی غلط در رابطه با انتخاب مواد، روشهای اجرایی و عملکرد خود سازه، می تواند به خرابی بتن منجر شود. به عنوان مثال استفاده از استانداردهای اروپایی و آمریکایی جهت اجرای پروژه هایی در مناطق خلیج فارس، جایی که آب و هوا و مصالح ساختمانی و مهارت افراد متفاوت با همه این عوامل در شمال اروپا و آمریکا است، باعث می شود تا دوام و پایایی سازه های بتنی در مناطق یاد شده کاهش یافته و در بهره برداری از سازه نیز با مسائل بسیار جدی مواجه گردیم.

1-3- اشتباهات اجرایی (CONSTRUCTION ERRORS)

کم کاریها، اشتباهات و نقصهایی که به هنگام اجرای پروژه ها رخ می دهد، ممکن است باعث گردد تا آسیبهایی چون پدیده 'لانه زنبوری، حفره های آب انداختگی، جداشدگی، ترکهای جمع شدگی، فضاها یا بتنی آلوده شده، به وجود آید که همگی آنها به مشکلات جدی می انجامند. این گونه نقصها و اشکالات را می توان زاینده 'کارآنی، درجه 'فشرده، سیستم عمل آوری، آب مخلوط آلوده، سنگدانه های آلوده و استفاده غلط از افزودنیها به صورت فردی و یا گروهی دانست.

1-4- حملات کلریدی (CHLORIDE ATTACK)

وجود کلرید آزاد در بتن می تواند به لایه 'حفاظتی غیر فعالی که در اطراف آرماتورها قرار دارد، آسیب وارد نموده و آن را از بین ببرد. خوردگی کلریدی آرماتورهایی که درون بتن قرار دارند، یک عمل الکتروشیمیایی است که بنا به خاصیتش، جهت انجام این فرآیند، غلظت مورد نیاز یون کلرید، نواحی آندی و کاتدی، وجود الکترولیت و رسیدن اکسیژن به مناطق کاتدی در سل (CELL) خوردگی را فراهم می کند. گفته می شود که خوردگی کلریدی وقتی حاصل می شود که مقدار کلرید موجود در بتن بیش از ۰/۶ کیلوگرم در هر متر مکعب بتن باشد. ولی این مقدار به کیفیت بتن نیز بستگی دارد.

خوردگی آبله رویی حاصل از کلرید می تواند موضعی و عمیق باشد که این عمل در صورت وجود یک سطح بسیار کوچک آندی و یک سطح بسیار وسیع کاتدی به وقوع می پیوندد که خوردگی آن نیز با شدت بسیار صورت می گیرد. از جمله مشخصات (FEATURES) خوردگی کلریدی، می توان موارد زیر را نام برد:

(الف) هنگامی که کلرید در مراحل میانی ترکیبات (عمل و عکس العمل) شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته ولی در انتها کلرید مصرف نشده باشد.

(ب) هنگامی که تشکیل همزمان اسید هیدروکلریک، درجه PH مناطق خورده شده را پایین بیاورد. وجود کلریدها هم می تواند به علت استفاده از افزودنیهای کلرید باشد و هم می تواند ناشی از نفوذیایی کلرید از هوای اطراف باشد.

فرض بر این است که مقدار نفوذ یونهای کلریدی تابعیت از قانون نفوذ FICK دارد. ولی علاوه بر انتشار (DIFFUSION) به نفوذ (PENETRATION) کلرید احتمال دارد به خاطر مکش موئینه (CAPILLARY SUCTION) نیز انجام پذیرد.

1-5- حملات سولفاتی (SULPHATE ATTACK) محلول نمکهای سولفاتی از قبیل سولفاتهای سدیم و منیزیم به دو طریق می توانند بتن را مورد حمله و تخریب قرار دهند. در طریق اول یون سولفات ممکن است آلومینات سیمان را مورد حمله قرار داده و ضمن ترکیب، نمکهای دوتایی از قبیل ETTRINGITE و THAUMASITE تولید نماید که در آب محلول می باشند. وجود این گونه نمکها در حضور هیدروکسید کلسیم، طبیعت کلونیدی (COLLOIDAL) داشته که می تواند منبسط شده و با ازدیاد حجم، تخریب بتن را باعث گردد. طریق دومی که محلولهای سولفاتی قادر به آسیب رسانی به بتن هستند عبارتست از: تبدیل هیدروکسید کلسیم به نمکهای محلول در آب مانند گچ (GYPSUM) و میرابلیت MIRABILITE که باعث تجزیه و نرم شدن سطوح بتن می شود و عمل LEACHING یا خلل و فرج دار شدن بتن به واسطه یک مایع حلال، به وقوع می پیوندد.

علل دوام نا کافی

دوام ناکافی به صورت از هم پاشیدن بتن ظاهر می شود که می تواند یا در اثر عوامل خارجی و یا به دلیل عوامل داخلی موجود در خود بتن باشد عوامل مختلف می توانند فیزیکی ، شیمیایی یا مکانیکی باشند . خسارت مکانیکی ممکن است در اثر ضربه، سایش فرسایش، یا خللازی باشد ؛ عوامل شیمیایی از هم پاشیدن شامل واکنش های قلیایی-سیلیسی و قلیایی-کربناتی می باشند. علل فیزیکی از هم پاشیدن نیز شامل اثرات دمایی زیاد و یا تفاوت در انبساط حرارتی سنگدانه ها و خمیر سخت شده سیمان می باشد . همچنین یک علت مهم خسارت ، یخ زدن و آب شدن متناوب بتن و اثرات مربوط به نمک های یخ زدا می باشد.

سه نوع سیال وجود دارد که اساساً بر دوام بتن اثر می گذارند و می توانند به داخل بتن وارد شوند : آب ، دی اکسید کربن و اکسیژن این مواد می توانند به روش های مختلفی در داخل بتن جا به جا شوند اما کلیه این جا به جایی ها عمدتاً به ساختار خمیر هیدراته شده سیمان وابسته اند دوام بتن عمدتاً به سهولتی که سیالات می توانند به داخل بتن وارد شوند و از میان آن بگذرند ، بستگی دارد. جا به جایی انواع سیالات از میان بتن نه تنها به صورت جریان از میان مجموعه ای متخلخل رخ می دهد بلکه به صورت پخش و جذب اشباعی نیز می باشد به طوری که قابلیت نفوذ بتن مورد توجه خواهد بود.

آرماتورهای غیر فولادی در بتن

در سال های اخیر استفاده محدودی از آرماتورهای غیر فلزی آغاز گشته است هر چند تحقیقات بر روی کاربرد وسیعتر آنها و عملکرد دراز مدت این نوع آرماتورها ادامه دارد این آرماتورها که معروف به آرماتورهای با الیاف پلاستیکی (FRP) هستند از الیاف مختلفی چون الیاف شیشه ای (GFRP) الیاف آرامیدی (Afrp) والیاف کربنی (CFRP) در یک رزین چسباننده تشکیل شده اند .

خاصیت عمده این آرماتورها که سبب کار برد آنها شده است مقاومت در برابر خوردگی آنهاست که می تواند در محیط های بسیار خورنده دوام دراز مدتی داشته باشند. علاوه بر این مقاومت بالا، ظرفیت بالا، ظرفیت بالای تغییر شکل ارتجاعی، مقاومت الکتریکی زیاد و هدایت مغناطیسی پایین و کم این مواد از مزایای آنها شمرده می شود. البته این مواد معایبی چون کرنش گسیختگی کم و شکننده بودن و خزش زیاد و تفاوت قابل ملاحظه ضریب انبساط حرارتی آنها در مقایسه با بتن را به همراه دارند .

اخیراً از الیاف مختلف شبکه هایی بافته شده و به صورت یک شبکه آرماتور در سطح بتن برای کنترل ترک و کم کردن عرض آن و همچنین در دیوارهای نمای بتنی از آن استفاده می کنند. تحقیقات روی کاربرد صفحات الیافی به جای صفحات فولادی برای تقویت مقاطع خمشی و تیرها و دال ها به ویژه در پل ها ادامه دارد. این صفحات با رزین های اپوکسی به نواحی کششی از خارج اتصال داده می شود. کاربرد صفحات با الیاف کربنی برای این تقویت بیشتر رایج گشته و در چندین پل در ژاپن و در بعضی کشورهای اروپایی از آن استفاده شده است.

انواع بتن

بتن ها انواع متعددی دارند که هر کدام با توجه به شرایط خاص خود کارایی داشته ما در این قسمت به معرفی تعدادی از بتن ها می پردازیم.

بتن های با نرمی بالا

امروزه کاربرد بتن با نرمی بالاتر که بتواند تغییر شکل های زیاد را بدون شکست تحمل نماید، مورد توجه قرار گرفته است. تحقیقات در خصوص تأمین نرمی لازم در بتن با الیاف های مختلف و حتی حذف آرماتور در حال انجام می باشد. هدف از کاربرد الیاف در بتن افزایش مقاومت کششی، کنترل گسترش ترک ها و افزایش طاقت بتن می باشد تا قطعه بتنی بتواند در مقابل بارهای وارده در یک مقطع ترک خورده تغییر شکل های زیادی را پس از نقطه حداکثر تنش تحمل نماید .

بتن الیافی

بتن با الیاف مختلف در سال های اخیر در سازه های عمده ای چون رو سازی راهپا و فرودگاه ها، پی های عظیم با تغییر شکل های زیاد و به ویژه در پوشش بتنی تونل ها به کار رفته است. در ساخت پوشش تونل ها بتن الیافی با پاشیدن بر جداره شکل می پذیرد. اخیراً برای حذف ترک ها در پوشش تونل هایی که به صورت چند تکه پیش ساخته اجرا می شود از بتن بدون آرماتور و تنها الیاف استفاده شده و این نوع بتن سبب حذف ترک ها در حین عمل آوردن و حمل و نقل قطعات و نصب آنها برای کامل کردن مقطع تونل های مترو شده است .

بتن الیافی ، شامل یک کالبد بتنی مرکب از سیمان ، مصالح سنگی ، آب و هم چنین درصدی از الیاف می باشد که به طور درهم و کاملاً اتفاقی و در جهات مختلف در مخلوط پراکنده شده اند.

در نوع بسیار جدید بتن الیافی که می توان با آن به حداکثر نرمی در بتن رسید از روش ریختن دوغاب روی الیاف استفاده می شود . در این روش ابتدا الیاف ریخته شده و سپس فضای بین آنها با ملات دوغابی پر می شود. میزان الیاف در این بتن حدود ۱۰ در صد می باشد که حدود ۱۰ برابر میزان الیاف در بتن های الیافی متداول است. با این مصالح لایه های محافظی بدون ترک و تقریباً غیر قابل نفوذ می توان ایجاد نمود. به علت نرمی زیاد این قطعات ظرفیت تغییر شکل پذیری این قطعات به میزان ظرفیت دال های فولادی می رسد. مقاومت فشاری این نوع بتن حدود ۱۱۰-۸۵ مگا پاسکال و مقاومت خمشی حدود

45-35 N/m می باشد. از این قطعات می توان نه تنها به عنوان لایه های محافظ کوچک استفاده نمود بلکه در باندهای فرودگاه در برابر ضربات عملکرد خوبی نشان می دهند. در کارهای تعمیراتی دال ها می توان از آنها به عنوان لایه روی بتن قدیم و بدون درز و در زمان کوتاهی استفاده نمود.

مزایای الیافی

مقاومت در مقابل تورق، سایب و هوازگی، مقاومت زیاد در مقابل تنش های خستگی، مقاومت بسیار عالی در مقابل ضربه، قابلیت کششی خوب، قابلیت باربری زیاد پس از ترک خوردگی، مقاومت کششی، خمشی و برشی زیاد، طاقت زیاد، قابلیت انعطافی بالا

بتن های با عملکرد و دوام زیاد

از آنجا که رسیدن به مقاومت بالا در بتن از اهداف دست اندرکاران کارهای بتنی در دو دهه اخیر بوده است، ابتدا این نوع بتن با مقاومت بیش از **MPA50** ساخته شد. با پایین آوردن نسبت آب به سیمان تا حد $0/3$ رسیدن به چنین مقاومتی بسیار آسان است. برای ساخت بتن هایی با مقاومت بیشتر و در حد **Mpa 110-80** برای تقویت ناحیه فصل مشترک سنگدانه درشت و خمیر سیمان مواد سیلیسی فعال و غیر بلوری به نام دوده سیلیس به کار گرفته شد. همزمان سنگدانه هایی با مقاومت بیشتر و با دانه بندی مناسب تر و با کنترل حداکثر اندازه سنگدانه در این مخلوط ها به کار رفت.

از آنجا که در کاربرد این بتن گاه مقادیر بالایی سیمان و بیش از 400 کیلوگرم (حتی تا 500 کیلوگرم) مصرف می شد، علاوه بر گرانی این بتن، ترک های نیز حین ساخت به دلیل جمع شدگی پلاستیکی و ناشی از خشک شدن بیشتر این بتن ها و نیز ترک های حرارتی بوجود آمد. همچنین با افزایش این مقاومت تردی و شکنندگی بتن نیز افزایش یافت. چنین بتنی نمی توانست در شرایط محیطی سخت و محیطهای خورنده به علت وجود ترک های زیاد دوام قابل قبولی داشته باشد.

به منظور افزایش دوام حین افزایش مقاومت ضمن کاربرد دوده سیلیس و کم کردن آب و مصرف فوق روان کننده، مقدار سیمان کاهش یافته و در عوض مواد پوزولانی همچون دوده سیلیس، خاکستر بادی، سرپاره کوره های آهن گدازی، خاکستر پوسته برنج و بالاخره پوزولان های طبیعی به صورت مواد ریزدانه جایگزین آن گردید. امروز شاهد ساخت بتن هایی با دوام که نفوذپذیری کمی دارند و در مقابل حملات شیمیایی کلرورها و سولفات ها و گاز کربنیک و بعضاً واکنش قلیایی پایدارتر می باشند، هستیم.

برای مصرف این بتن در سازه های بلند و رفع نقیصه شکنندگی در پاره ای موارد از الیاف های کوتاه استفاده شده تا بدین وسیله نرمی این بتن ها افزایش یابد. از مزایای عمده این بتن ها کاهش وزن ساختمان ها به علت کم کردن ابعاد ستون ها، صرفه جویی در میزان بتن و فولاد، کوتاه شدن دوران ساخت، تغییر شکل های وابسته به زمان کمتر و پایایی و دوام بیشتر آنها می باشد.

به منظور کاستن وزن سازه های بتنی که با بتن با مقاومت زیاد ساخته می شوند چند سالی است که با مصرف بخشی از سنگدانه های سبک در آن، بتن های سبک تری تولید نموده اند. امروزه بتن هایی با وزن مخصوص 2 تن بر متر مکعب و مقاومت های **mpa 80-60** در بعضی پروژه ها به کار رفته است. به علت دوام قابل قبولی که این بتن ها در آزمایشات متعدد از خود نشان داده اند مصرف آنها در چند سازه بتنی دریایی در محیط های خورنده در کشورهای نروژ، کانادا، ژاپن، آمریکا و استرالیا گزارش شده است.

در کشور ما نیز اخیراً با تولید دوده سیلیس در کارخانه های داخلی کاربرد این ماده در بتن آغاز گشته است. در چند پروژه در جنوب کشور که به علت داشتن آب و هوای گرم و محیطی خورنده برای بتن و نیز فولاد از سخت ترین شرایط محیطی برای بتن است، بتن با سیمان دارای حدود 7 تا 10 درصد میکرو سیلیس به عنوان جایگزین سیمان استفاده شده است. بایستی توجه داشت که به علت عدم آب انداختگی این بتن و واکنش های سریع و گرمای محیط خطر ایجاد ترک های پلاستیک در ساعات اولیه و سپس ترک های ناشی از خشک شدن و حرارتی در این بتن ها زیاد بوده و در صورت عدم کنترل و دقت و عمل آوری سریع و مناسب علیرغم مقاومت زیاد وجود ترک در این بتن ها سبب افزایش نفوذ پذیری آنها گشته و در نتیجه املاح و مواد خورنده به داخل بتن و خوردگی آرماتور خرابی بتن تشدید می گردد. در پاره ای از تونل های انتقال آب و نیز تونل سدها نیز از این ماده در طرح اختلاط بتن برای بتن پاشی پوشش استفاده شده است. پیوستگی خوب این بتن و کم شدن مصالح بازگشتی و مقاومت و دوام خوب از خصوصیات آن در پوشش تونل ها است. این ماده در لایه نهایی سرریز بعضی سدهای کشور نیز در حال استفاده و یا در آینده استفاده نخواهد شد. مصرف میکرو سیلیس در بتن سبب افزایش مقاومت سایشی و فرسایشی بتن می گردد.

بتن با سنگدانه باز یافتی

امروزه با توجه به پیشرفت جمعیت و مشکل فضا در شهرهای بزرگ برای ساخت و ساز لازم است ساختمان های قدیمی بتنی تخریب و بجای آن ساختمان های بلند جدید احداث شوند. در کشور ژاپن و چند کشور اروپایی که زمین و فضای لازم برای ایجاد بنا ارزش ویژه ای دارد و همچنین برای جلوگیری از مسائل محیط زیستی که از تخریب ساختمانها ناشی می شود و کاربرد مصالح آن در بنای جدید تحقیقات وسیعی در ساخت بتن با سنگدانه باز یافتی (خورد کردن بتن قدیم و استفاده از آن بعنوان سنگدانه در بتن جدید) در حال انجام است. بعنوان مثال در کشور هلند هر سال حدود 10 میلیون تن مصالح ناشی از تخریب

ساختمان‌های بتنی که حدود $\frac{1}{3}$ حجم بتن مورد نیاز در ساخت ساختمانهاست، تولید می‌شود. قرار است نیمی از این مصالح در بتن‌های جدید استفاده شوند. در حال حاضر تحقیقات روی میزان جمع‌شدگی و خزش و دوام این بتن‌ها ادامه دارد تا در قرن بیست و یکم کاربرد وسیع‌تر آن را امکان‌پذیر سازد.

بتن خود متراکم

بتن خودمتراکم بتنی است که تحت وزن خود جاری شده و بدون نیاز به هر نوع لرزاندنی به طور کامل، قالب‌ها را پر کرده (حتی با وجود میلگردهای متراکم) و حالت همگن بودن خود را حفظ نماید. بتن خودمتراکم به بتنی اطلاق می‌شود که به علت داشتن روانی بسیار زیاد بدون نیاز به تراکم یا بتنی با تراکم نزدیک به 100٪ ویبراسیون به راحتی، در هر قالبی و با هر تراکمی از آرماتور قرار گرفته و با پر کردن کامل قالب‌ایجاد می‌کند. ویژگی‌ها

بتن خودمتراکم مخلوطی با روانی فوق‌العاده است که قابلیت شکل‌پذیری بسیار بالایی دارد و بدون به وجود آمدن جدایش‌ها و مسائلی از این قبیل می‌تواند محصولی یک دست و کاملاً متراکم و با سطحی کاملاً صاف به وجود آورد.

با استفاده از بتن خودمتراکم در حقیقت، تنها ۲ مرحله اجرا وجود دارد: ریختن بتن و عمل‌آوری سایر مراحل مانند: تراکم، تسطیح، رفع نواقص، لب‌بریدگی‌های موجود و... از بین می‌رود. مقاومت فشاری بتن خودمتراکم در همان حدود مقاومت بتن‌های عادی ویبره شده با طرح اختلاط و آب به سیمان تقریباً یکسان است.

با بتن خودمتراکم به راحتی می‌توان به 60 Mpa دست یافت.

مقاومت فشاری

مقاومت کششی و نسبت مقاومت کششی به مقاومت فشاری برای بتن خودمتراکم در حدود بتن‌های عادی ویبره شده است. مقاومت پیوستگی آرماتور و بتن خودمتراکم بیشتر از مقاومت پیوستگی در بتن‌های عادی ویبره شده است.

با استفاده از بتن خود متراکم می‌توان ارتفاع بتن ریزی را افزایش داد.

برای بتن خود متراکم، تعداد سیکل‌های بتن ریزی کاهش می‌یابد، که موجب 5 m برای بتن‌های عادی به حدود 1.5 m با افزایش ارتفاع بتن ریزی از حدود کاهش درزه‌های ساخت می‌شود.

با جایگزینی بخشی از سیمان با مصالحی نظیر خاکستر بادی می‌توان از مشکلات ناشی از حجم زیاد مواد سیمانی نظیر حرارت زایی، سفیدک زدگی ناشی از هیدروکسید کلسیم و تخلخل ناشی از آن جلوگیری کرد و دوام‌سازه را افزایش داد.

خصوصیات مهم

خصوصیات بتن خودمتراکم در حالت تازه: قابلیت جریان و عبور، قابلیت پُرکنندگی، قابلیت پایداری

دلایل اقتصادی پیشرفت روز افزون کاربرد بتن خود متراکم (S.C.C):

۱- اجرای سریع‌تر ۲- کاهش نیروی انسانی ۳- پرداخت بهتر سطوح ۴- قالب ریزی مطلوب‌تر ۵- مقاطع نازک‌تر بتنی ۶- آزادی بیشتر طراحی ۷- کاهش امواج صوتی به دلیل عدم عملیات ویبره

بتن‌های سبک

به طور کلی و براساس یک تعریف عمومی، بتن‌های سبک دارای وزنی کمتر از ۱۸۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشند. بتن‌های معمولی (سنگین) عموماً وزنی بالاتر از ۲۴۰۰ کیلوگرم در متر مکعب دارند. بتن‌های سبک متعارف عموماً کمتر از ۱۰۰۰ کیلوگرم در هر متر مکعب وزن دارند یعنی یک‌تر از آب هستند و بر روی آن شناور باقی می‌مانند.

تولید و کاربرد بتن‌های سبک از اوایل قرن بیستم در دنیا آغاز شده است و عمده کاربرد آن در دنیا در صنعت ساختمان می‌باشد. مصارف صنعتی همانند عایق‌ها و آجرهای نسوز و پروفیل‌های خاص صنعتی نیز برای آنها گزارش شده است. به به طور کلی بتن‌های سبک به دلیل استفاده از مواد متخلخل و بواسطه ایجاد تخلخل در بافت بتن تولید می‌گردند و در تعاریف کلاسیک به سه دسته کلی تقسیم بندی می‌شوند:

- بتن‌های دانه سبک: در این گروه از بتن‌ها از مواد اولیه سبک معدنی (همانند پومیس - پومیت - ورمیکولیت و ...) و غیر معدنی (انواع EPS و پلی‌استایرن) و یا صنعتی (همانند رس و شیل منبسط شده و پرلیت فراوری شده) به عنوان جایگزین مصالح سنگی در بتن استفاده می‌شود.
- این گروه از بتن‌های سبک دارای طرح اختلاط متفاوت با بتن‌های معمول هستند و احیاناً نیاز به افزودنی‌های خاصی در طرح اختلاط وجود دارد. سیمان در این نوع بتن نقش سیمان و بتن‌های معمولی را داشته و به عنوان چسب به کار می‌رود.
- بتن‌های متخلخل (هوادر): از مواد اولیه سبک استفاده نمی‌شود و تمام مواد اولیه دارای وزن معمولی هستند. ولی فرایند تولید به گونه‌ای است که یک عامل ایجاد حباب هوا به میزان ناچیز به مخلوطی از مواد اضافه می‌شود و در حین فرایند تخلخل در بافت جامد بتن جاگیر می‌شود.

عامل تخلخل‌ساز می‌تواند به صورت فیزیکی عمل نموده که در این حالت گروه بتن‌های کفی یا فوم بتن ایجاد می‌شوند که عمل‌آوری آنها در محیط معمولی یا حداکثر در گرمخانه انجام می‌شود و از مواد اولیه در ابعاد بتن‌های معمول استفاده می‌کنند.

در حالت دوم ایجاد تخلخل ناشی از واکنش شیمیایی یک عامل حباب ساز مانند پودر آلومینیم در یک محیط دوغابی است. مواد اولیه در این گروه از بتن های متخلخل به طور کامل پودر میشوند چرا که همه واکنش شیمیایی پودر آلومینیم باید در شرایط سوسپانسیون و دوغابی و بعد از سفت شدن اولیه و برش عمل آوری کیک ها در محیط های ایزوله ای تحت عنوان اتو کلاو تحت فشار صورت می گیرد. این گروه از بتن های متخلخل پسوند اتو کلاو شده رانیز به خود می گیرند. و به طور خلاصه بتن متخلخل اتوکلاو شده نام می گیرند.

از نظر تکنولوژی ساخت بالاترین سطح تکنولوژی در بتن های سبک مربوط به این نوع بتن هاست

● زیرگروه سوم بتن های سبک، بتن های بدون ریزدانه می باشند که داری کمترین کاربرد در صنایع ساختمان هستند. چون در اثر حذف ریزدانه در طرح اختلاط بتن هرچند که سبکی نسبی حاصل می شود ولی مقاومت ناچیز و بی دوام و خوردگی و موک دریافت بتن حادث می شود. این گروه از بتن های بیشتر در صنایعی همچون آب و فاضلاب و ساخت مقاطع مدولار بتنی سبک کاربرد دارند.

ویژگی های بتن های سبک

سبکی وزن باعث اقتصادی شدن ساختمان به جهت کم شدن مصالح سازه ای همانند تیر آهن و بتن سنگین در اسکلت ساختمان می شود پایین بودن ضریب انتقال حرارت باعث کم شدن حجم تاسیسات و کم شدن مصرف سوخت در ساختمان می شود سبکی وزن کلی ساختمان باعث کم شدن ریسک خرابی ساختمان در اثر امواج زلزله می شود چرا که کماتس سازه ای در اثر ارتعاشات در بارهای جانبی با وزن ساختمان نسبت مستقیم دارند. همچنین در اثر تخریب احتمالی ساختمان و کم شدن وزن آوار فروریخته باعث کم شدن تلفات میشود

هزینه اجرا (بنایی) ساختمان به دلیل بزرگی و سبکی ابعاد بلوکها ۱/۳ تا ۱/۴ کاهش می یابد

هزینه مصرف مواد اولیه در ملات اتصال دهنده ردیف بلوکها و ملات پلاستر اولیه و نهایی دیوارها کاهش می یابد عموماً به دلیل داشتن بافت متخلخل و توپر کارهایی مانند اره کردن، میخ کوبی، شیرزنی در آنها به راحتی انجام می شود مقاومت در برابر آتش، یخ زدگی، دیرپایی، عایق صدایی بتن های سبک در بین مصالح ساختمانی منحصربه فرد است

بتن سبک هوادار

در راستای پیشرفتهای صورت گرفته در جهان، مهندسان بخش مسکن تحقیقات جدی و مستمری انجام داده و می دهند تا بتوانند مسکن با عمر مفید زیاد (چند قرن)، استحکام بالا در مقابل بلایای طبیعی (زلزله، آتش سوزی و ...)، همچنین با توجه به پایان رسیدن عصر انرژی ارزان، حداقل انرژی در ساختمان مصرف گردد و دارای هزینه کمتری نسبت به سایر مصالح رایج باشد که این ایده ها با شناسایی بتن سبک هوادار (foam concrete) تحقق یافت.

هم اکنون بتن معمولی غالباً با دانسیته 2400 kg/m^3 تولید می گردد که با توجه به وزنش مشکلات فراوانی از جمله اجرای سخت و باخصیت جذب آب بسیار بالا دائماً تاسیسات حرارتی و برودتی ساختمان را در معرض تخریب قرار می دهد و معایب دیگر، خوشبختانه در حال حاضر با افزودن هوا به مخلوط ماسه و سیمان، وزن آن تا اندازه قابل توجهی کاهش می یابد، (۴۰۰ الی ۱۸۰۰ کیلو گرم بر متر مکعب) و بتن سبک هوادار با خصوصیات بارزی تولید می گردد.

تولید بتن سبک با نوعی مواد افزودنی (فوم هوازی پروتئینی) جهت متخلخل نمودن خمیر ماسه و سیمان توسط شرکت NEOPOR SYSTEM در کشور آلمان با روش بهبود دائم طی مراحل تعاملی مهندسی انجام گرفته است. بتن سبک در گذشته و در حال حاضر در کشورمان تولید می شود که به بتن سبک صنعتی (پوکه صنعتی، معدنی و ...) و بتن سبک گازی معروفند که هر کدام با نوبه خود ضررهایی برای محیط زیست دارا می باشند ولی در کشورها توسعه یافته این نوع بتن سبک جای خود را به بتن سبک هوادار داده است.

خصوصیات فنی:

بتن سبک هوادار را می توان در دو سطح دانسیته ای تولید کرد :

الف - وزن مخصوص (۴۰۰ الی ۹۰۰ کیلو گرم بر متر مکعب) برای ساخت بلوکهای ساختمانی غیر باربر و همچنین بلوکهای تزئینی و پانلهای.

ب - وزن مخصوص (۱۰۰۰ الی ۱۸۰۰ کیلو گرم بر متر مکعب) برای قطعات باربر و مسلح.

بتن سبک هوادار در هر دو سطح دارای خصوصیات مشترکی می باشند که شماری از آنها بشرح زیر می باشد :

- ۱_ عایق رطوبت ۲_ عایق گرما و سرما ۳_ عایق صوت ۴_ مقاومت بیشتر در مقابل حریق ۵_ نسبت مقاومت فشاری مناسب به وزن ۶_ کاهش بار مرده در ساختمان ۷_ مقاوم در مقابل نفوذ آب ۸_ خاصیت خوب جذب و دفع آب ۹_ راحتی در عمل بردن و میخ کوبی ۱۰_ انقباض مطلوب در حین خشک شدن ۱۱_ مقاوم در برابر یخ زدگی ۱۲_ جلوگیری از استهلاک سیستم سرمایش و گرمایش

مزایا:

- بتن سبک هوادار دارای مزایای زیادی می باشد که برخی از آنها به شرح زیر می باشد.
- ۱_ صرفه جویی در هزینه های ترانسپورت قطعات پیش ساخته (تولید صنعتی)
 - ۲_ صرفه جویی در حمل مصالح (وزن ماسه و میله گرد)
 - ۳_ عمر مفید بیشتر قالب فلزی (ضریب تکرار بیشتر قالب در سیستم بتن سبک)
 - ۴_ حذف دستمزدهای بنایی (گچ و خاک و حداقل سفید کاری)
 - ۵_ حذف هزینه های مصالح (خاک و گچ)
 - ۶_ حذف دستمزدهای اجرای نماکاری (سیمانکاری)
 - ۷_ حذف هزینه های مصالح نماکاری (سیمان و ماسه)
 - ۸_ حذف هزینه های مربوط به ترانسپورت پرت مصالح به خارج از کارگاه
 - ۹_ صرفه جویی در هزینه های مصرف انرژی (نفت ، گاز ، برق ، ...) بدلیل تبادل حرارتی و برودتی بهتر دیوار بتن سبک
 - ۱۰_ سرعت در اجرا به دلیل سیال بودن بتن سبک ، عمل بتن ریزی به مراتب سریعتر از بتن معمولی انجام می شود و در این سیستم عمل و بهره حذف می گردد.
 - ۱۱_ صرفه جویی در مصرف میله گرد ، در اینجا باید رقم ۳۰٪ را در هزینه های مربوط به وزن میله گرد منظور نموده (دیوارهای باربر و پی ها)
 - ۱۲_ سهولت عملیات کنده کاری و هزینه های مربوط در مقایسه با دیوار آجری
 - ۱۳_ سرعت در بازگشت سرمایه و پرداخت کمتر بهره بانکی در مقایسه با سیستم های ساخت و ساز سنتی و مشابه آن با بتن سبک
 - ۱۴_ سبک سازی ساختمان (پی ، دیوار ، سقف)
 - ۱۵_ افزایش قابل توجه عمر مفید ساختمان (بیش از صد سال)

موارد استفاده

- ۱_ ایزولاسیون پشت بام
این بتن می تواند بعنوان یک عایق حرارتی برای پشت بامها مورد استفاده قرار گیرد.
- ۲_ ایزولاسیون کف ساختمان
این بتن می تواند بعنوان یک عایق رطوبتی و حرارتی برای کفها مورد استفاده قرار گیرد ، بطوریکه هر ۵ سانتی متر بتن سبک هوادار معادل یک لایه قیر اندود عمل می کند .
- ۳_ ساختمان سازی
ساختمانهای پیش ساخته و قالب درجا بعنوان پارتیشن بندی در انواع سازه (انواع بلوکهای ساختمانی)
- ۴_ ژئوتکنیک
این بتن با توجه به سیال بودنش داخل تمامی حفره ها نفوذ کرده و تمام روزنه ها را پر می کند و در مقابل براحتی می توان از آن حفره برداری نمود.
- ۵_ محوطه سازی (با قطعات پیش ساخته یا بتن درجا)
این بتن با توجه به خصوصیاتش از جمله مقاومت در برابر یخ زدگی و عدم جذب رطوبت بسیار پوشش مناسبی برای سطح جاده ها و فرودگاهها و پیاده روها می باشد.
- ۶_ حصار کشی
از این بتن می توان هر قطعه ای (هر اندازه و هر شکل) برای دیوار محوطه تهیه و نصب نمود .
- ۷_ بلوکهای تزئینی و متفرقه
از این بتن می توان هر نوع قطعه بتنی را تهیه نمود ، بر این اساس از آن می توان برای ساخت گلدان ، نیمکت پارک ، سنگ فرش پیاده رو ، سنگ چمن ، آبراه باران و ... استفاده نمود.
- ۸_ مجسمه سازی بخاطر سیال بودن بتن و در نهایت سبک بودن آن می توان هر نوع مجسمه ای را تولید کرد.

تمام موارد بالا را میتوان همراه با سلیقههای مختلف بصورت رنگی تولید نمود

فوم بتن

مهندسی و معماران سازنده ساختمان در دنیا با استفاده از بتن سبک در قسمت های مختلف بنا با سبک کردن وزن ساختمان به طور مستقیم (به لحاظ سبکی ویژه این نوع بتن) و صرفه جویی در مصرف انرژی بطور غیر مستقیم (به لحاظ عایق بودن این نوع بتن در مقابل سرما و گرما و در نتیجه کاهش میزان

مواد سوختی) ، از لحاظ اقتصادی امروزه گام های بلند و مهمی برداشته اند .خانم مهندس آزاده شفاعی در مقاله ای به معرفی فوم بتن (بتن کفی) و ذکر خواص ویژه آن پرداخته اند. ایشان در این مقاله می نویسند: فوم بتن مصالحی است جدید که برای مصارف مختلف در ساختمان بکار می رود. باید اشاره کرد خواص فیزیکی منحصر به فرد این محصول ، آن را بتنی سبک و عایق با مقاومت لازم و کیفیت مطلوب می نماید . این محصول از ترکیب سیمان ، ماسه بادی (ماسه نرم) ، آب و فوم (ماده شیمیایی تولید کننده کف) تشکیل می شود . ماده کف را در ضمن اختلاط با آب در دستگاه مخصوص ، با سرعت زیادی ، حباب های هوا را تولید و تثبیت نموده و کف حاصل که کاملاً پایدار می باشد در ضمن اختلاط با ملات سیمان و ماسه بادی در دستگاه مخلوط کن ویژه ، خمیری روان تشکیل می دهد که به صورت درجا با در قالب های فلزی یا پلاستیکی قابل استفاده می باشد . لازم به ذکر است این خمیر پس از خشک شدن با توجه به درصد سیمان و ماسه بادی دارای وزن فضایی از ۳۰۰ الی ۱۶۰۰ کیلو گرم در متر مربع خواهد بود .

ویژگی های عمده فوم بتن را می توان به صورت زیر دسته بندی کرد::

- ۱- عامل اقتصادی ۲- سهولت در حمل و نقل و نصب قطعات پیش ساخته ۳- خواص فوق العاده عایق بودن در مقابل گرما ، سرما و صدا
 - ۴- خصوصیات عالی در مقابل یخ زدگی و فرسایش ناشی از آن و مقاومت در برابر نفوذ رطوبت و آب ۵ - مقاومت فوق العاده در مقابل آتش ۶- قابل برش بودن
- شایان ذکر است از کاربرد فوم بتن در ساختمان می توان د به موارد زیر اشاره کرد:
- ۱- شیب بندی پشت بام . ۲- کف بندی طبقات . ۳- بلوک های غیر بار بر سبک . ۴- پانل های جدا کننده یکپارچه و نرده های حصارى جهت محوطه و کاربری در موارد خاص

لیکا

یکی از روش های تهیه دانه های سبک استفاده از کوره گردان است .وقتی برخی از انواع رس با دانه هایی به ریزی صفر تا دو میکرون در دمای بالاتر از ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد در این کوره ها حرارت می بینند ، گازهای ایجاد شده در داخل آنها منبسط می شوند و هزاران سلول هوای ریز تشکیل می دهند . با سرد شدن مواد ، این سلول ها باقی می مانند و سطح آن ها سخت می شود .

مهمترین ویژگی های لیکا عبارتند از :

وزن کم ، عایق حرارت ، عایق صوت ، باز دارنده نفوذ رطوبت، مقامت در برابر یخ زدگی ، تراکم ناپذیری تحت فشار ثابت و دائمی ، فساد ناپذیری ، مقاومت در برابر آتش و PH نزدیک به نرمال .وزن کم این دانه ها و در نتیجه هزینه حمل پایین آن باعث شده است تا از لیکا در پر کردن فضاهای خالی استفاده شود . در کاربرد های خاص نظیر زیرسازی ساختمان و تسطیح و شیب بندی بام ، خواص عایق حرارتی و دوام لیکا مشخصات فنی مناسبی برای آن فراهم می کند . راهسازی نیز از تراکم ناپذیری لیکا برای کنترل نشست پلاستیک بستر های سست استفاده می شود . همچنین جذب آب مناسب ، تخلخل و دوام لیکا آن را برای کشاورزی بدون خاک مناسب ساخته است . همین خواص باعث شده است تا در تصفیه فاضلاب های خانگی از فیلتر های ساخته شده از لیکا استفاده شود.

ویژگی های بتن لیکا

خواص لیکا باعث شده است تا در بتن سبک لیکا کاربردهای فراوانی داشته باشد . مهمترین ویژگی های بتن لیکا عبارتند از :وزن کم ، سهولت حمل و نقل ، بهره وری بالا هنگام اجرا ، سطح مناسب برای اندود کاری ، مقاومت و باربری در شرایط خاص ، عایق حرارت ، مقاومت در برابر آتش ، عایق صدا مقاومت در برابر یخ زدگی ، بازدارندگی در برابر نفوذ رطوبت و دوام در برابر مواد آهکی . متناسب با وزن و مقاومت مورد نظر از بتن سبک لیکا به عنوان پر کننده ، عایق و یا باربر استفاده می شود . بتن لیکا می تواند درجا ریخته شود و یا به صورت بلوک ، اجزای ساختمانی و سایر قطعات پیش ساخته به کار رود . در هر مورد متناسب با کاربرد و روش اجرا از دانه بندی های مناسب لیکا استفاده می شود . بتن های پرکننده و عایق اغلب در پی سازی و زیر سازی ساختمان ، شیب بندی کف و بام ، بلوک ها یا اجزای دیوارهای جداکننده و محیطی غیر باربر به کار می روند . در حالی که از بتن های سبک سازه ای - که البته عایق نیز خواهند بود - در ساخت اجزای مقاوم نظیر بلوک های باربر ، پانل های دیواری و سقفی مسلح و نیز اسکلت بتن مسلح ساختمان ها استفاده می شود . قابل توجه است که به دلیل الزامات مقاومت و دانه بندی ، تنها با استفاده از دانه های لیکا می توان در ایران بتن سبک سازه ای ساخت

بتن های ابداعی

در بعضی موارد با تغییر در مواد تشکیل دهنده بتن و با روش های ابداعی می توان پاره ای از خواص نامطلوب بتن را حذف نمود. این امر منجر به پیدایش بتن های خاص با خواص ویژه ای می گردد. بعنوان مثال تغییراتی است که می توان در ترکیب بتن های با مقاومت زیاد که این روزها کاربرد بیشتری پیدا می کنند را نام برد. بتن های با مقاومت بالا معمولاً با سیمان زیاد و نسبت آب به سیمان کم و اضافه و جایگزین نمودن سیمان با دوده سیلیس ساخته می شوند. در حین عمل هیدراسیون سیمان و سخت شدن این بتن ها چون آب داخل بتن کافی نیست، مقداری آب از سطح خارجی به قسمت داخلی برای تکمیل عمل فوق می رسد. بنابراین بتن های با مقاومت زیاد در ساعت اولیه سخت شدن دچار جمع شدگی ذاتی قابل ملاحظه ای می شوند. ممکن است اثرات منفی دیگری نظیر حساسیت به ترک خوردگی بیشتر در این بتن ها مشاهده شود. این معایب را می توان با روش ساده ای برطرف نمود. در یک عمل ابداعی می توان حدود ۲۵ درصد از حجم سنگدانه را با سنگدانه سبک وزن قبلاً خیس شده جایگزین نمود. این سنگدانه ها باعث ایجاد ذخیره آب در بتن شده و محیطی با عمل آوری مرطوب فراهم می سازند. نتیجه اضافه کردن سنگدانه پیش اشباع شده به بتن با مقاومت زیاد، کاهش جمع شدگی ذاتی و کم شدن و حذف ترک های مویی

خواهد بود. همچنین تراکم و دانسیته بالای بتن‌های با مقاومت زیاد سبب کاهش مقاومت در برابر آتش این بتن‌ها می‌شود که بعنوان یک عیب محسوب می‌شود. در دمای بالا آب شیمیایی خمیر سیمان بخار شده ولی به علت متراکم بودن بتن با مقاومت زیاد نمی‌تواند از آن خارج شود. در نتیجه پوشش بتنی بصورت ورقه جدا شده و ظرفیت بارپذیری ستون کاهش می‌یابد. در یک کار ابداعی می‌توان الیاف پروپیلنی به بتن اضافه نمود. در دمای بالا الیاف ذوب شده و کانالهایی برای فرار و خروج بخار آب از بتن فراهم می‌سازند و از ورقه ورقه شدن بتن جلوگیری بعمل می‌آورند

نتیجه‌گیری

در سالهای اخیر تحول عظیمی در تکنولوژی بتن و پیدایش بتن‌های جدید صورت گرفته است و بتن‌های متنوعی تولید گردیده که هر کدام مزایای خاص خود را دارا می‌باشند با این حال نمی‌توان گفت کدام بتن برای استفاده بهتر است، چرا که هر کدام از انواع بتن‌ها شرایط خاص خود را دارند البته باید ذکر کرد که در جهت سبک‌سازی می‌توان بتن‌های سبک را یکی از بتن‌های کاربردی معرفی کرد.

با این حال با وجود این که بتن‌های بسیار عالی برای استفاده اما متاسفانه هنوز در اغلب شهرهای ایران از بتن‌های معمولی و بتن ریزی به روش سنتی استفاده می‌شود.

البته با وجود باید اذعان نمود که نتایج تحقیقات سالهای آخر قرن حاضر و ادامه آنها در قرن جدید می‌تواند نگرش تازه‌ای به بتن بعنوان یک ماده ساختمانی پرمصرف بدهد. این نتایج منجر خواهد شد تا دیدگاه بتن بعنوان تنها یک ماده با مقاومت فشاری خوب به کلی دگرگون شده و خواص جدید بتن‌های نوین نظر اکثر دست‌اندرکاران پروژه‌های عظیم عمرانی را در جهان بخود معطوف سازد.

منابع

[۱] رمضانیان پور - علی اکبر و شاه نظری - محمدرضا (ترجمه) "تکنولوژی بتن" تالیف نویل چاپ ۱۳۸۱

[۲] فامیلی - هرمز (ترجمه) "خواص بتن" تالیف نویل چاپ اول ۱۳۷۸

[3] H. Okamura, "Self compacting high performance concrete", Ferguson Lecture at ACI convention (New Orleans), November 1996

[4] <http://www.mojepishro.ir>

[5] <http://www.elhamalavi.persian blog . com>

[6] <http://www.kanfanbeton.com>

[7] <http://moein-omran.blogfa.com>

[8] <http://www.daneshju.ir/forum/f290>

[9] <http://www.phalls.com>

[10] <http://daneshnameh.roshd.ir>