



# افزودنی های بتن یا مواد ادیسیوه بتن

گردآورنده: آقای مهندس علیدی

خردادماه 1391

## فهرست

صفحه	عنوان
3.....	مقدمه.....
4.....	افزودنی های خاص در شرایط ویژه.....
5.....	برخی از انواع افزودنی ها.....
5.....	هوازای بتن.....
6.....	دیرگیر بتن.....
6.....	زودگیر بتن (شاتکریت).....
7.....	ضد یخ بتن.....
8.....	فوق روان کننده نوترال.....
9.....	فوق روان کننده دیرگیر.....
9.....	مکمل بتن (خمیر میکروسیلیس).....
9.....	فوق روان کننده زودگیر.....
10.....	استفاده از مواد افزودنی برای مقاوم سازی؟.....
14.....	نکات مهم در هنگام استفاده از ماده افزودنی.....
14.....	سخن آخر.....
15.....	منابع:.....

## 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 کاملا 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 .

بتن به طور کلی محصولی است که از اختلاط آب با سیمان آبی و سنگدانه های مختلف در اثر واکنش آب با سیمان در شرایط محیطی خاصی به دست می آید و دارای ویژگیهای خاص است .

اولین سؤالی که پیش می آید این است که چه رابطه ای بین تشکیل دهنده بتن باید وجود داشته باشد تا یک بتن خوب به دست آید و اصولا 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، یقینا بتن خوبی حاصل می شود و اصولا 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 می شوند .

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

بتن اینک با گذشت بیش از 170 سال از پیدایش سیمان پرتلند به صورت کنونی توسط یک بتای لیدزی، دستخوش تحولات و پیشرفتهای شگرفی شده است. در دسترس بودن مصالح آن، دوام نسبتاً زیاد و نیاز به ساخت و سازهای فراوان سازه های بتنی چون ساختمان ها، پل ها، تونل ها، سدها، اسکله ها، راه ها و سایر سازه های 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 نمی تواند جوابگوی مشکلاتی باشد که در درازمدت در سازه های بتنی ایجاد می گردد. چند سالی است که مسأله پایایی و دوام بتن در محیط های مختلف و به ویژه خورنده برای بتن و بتن مسلح مورد توجه خاص قرار گرفته است. مشاهده خرابی هایی با عوامل فیزیکی و شیمیایی در بتن ها در اکثر نقاط جهان و با شدتی بیشتر در کشور های در حال توسعه، افکار را به سمت طرح بتن هایی با ویژگی خاص و با دوام لازم سوق داده است. در این راستا در پاره ای از کشورها مشخصات و دستورالعمل ها 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 دستورالعمل ها گشته اند .

در مواد تشکیل دهنده بتن نیز تحولات شگرفی حاصل شده است. استفاده از افزودنی های مختلف به عنوان ماده چهارم بتن، گسترش وسیعی یافته و در پاره ای از کشورها دیگر بتنی بدون استفاده از یک افزودنی در آن ساخته نمی شود. استفاده از سیمان های مختلف با خواص جدید و سیمان های مخلوط با مواد پوزولانی و نیز زائده های کارخانه های صنعتی روز به روز بیشتر شده و امید است که بتواند تحولی عظیم در صنعت بتن چه از نقطه نظر اقتصادی و چه از نظر دوام و نیز حفظ محیط زیست در قرن آینده بوجود آورد. در سازه های بتنی مسلح نیز جهت پرهیز از خوردگی آرماتور فولادی از مواد دیگری چون فولاد ضد زنگ و نیز مواد پلاستیکی و پلیمری (FRP) استفاده می شود که گسترش آن منوط به عملکرد آن در دراز مدت گشته است. با توجه به نیاز روز افزون به بتن های خاص که بتوانند عملکرد قابل و مناسبی در شرایط ویژه داشته باشند، سعی شده است تا در این مقاله به پاره ای از این بتن ها اشاره گردد . کاربرد مواد افزودنی به ویژه فوق روان کننده ها و نیز مواد پوزولانی به ویژه دوده سیلیس در تولید بتن با مقاومت زیاد و با عملکرد خوب مختصراً آورده می شود.

### **افزودنی های خاص در شرایط ویژه**

برای ساخت بتن های ویژه در شرایط خاص نیاز به استفاده از افزودنی های مختلفی می باشد. پس از پیدایش مواد افزودنی حباب هواساز در سالهای 1940 کاربرد این ماده در هوای سرد و در مناطقی که دمای هوا متناوباً به زیر صفر رفته و آب بتن یخ می زند، رونق بسیار یافت. این ماده امروز یکی از پر مصرف ترین افزودنی ها در مناطق سرد نظیر شمال آمریکا و کانادا و بعضی کشورهای اروپایی است .

ساخت افزودنی های فوق روان کننده که ابتدا نوع نفتالین فرمالدئید آن در سالهای 1960 در ژاپن و سپس نوع ملامین آن بعداً در آلمان به بازار آمد شاید نقطه عطفی بود که در صنعت افزودنی ها در بتن پیش آمد. ابتدا این مواد برای کاستن آب و به دست آوردن کارایی ثابت به کار گرفته شد و چند سال بعد با پیدایش بتن های با مقاومت زیاد

نقش این افزودنی اهمیت بیشتری یافت. امروزه بتن های مختلفی برای منظور ها و خواص ویژه و نیز به منظور مصرف در شرایط خاص با این مواد ساخته می شود که ازمیان آنها به ساخت بتن های با مقاومت زیاد، بتن های با دوام زیاد، بتن های با مواد پوزولانی زیاد (سرباره کوره های آهن گدازی و خاکستر بادی)، بتن های با کارایی بالا، بتن های با الیاف و بتن های زیر آب و ضد شسته شدن می توان اشاره نمود .

بتن های با کارایی بسیار زیاد که چند سالی است از پیدایش آن در جهان و برای اولین بار در ژاپن نمی گذرد، تحول جدیدی در صنعت ساخت و ساز بتنی ایجاد کرده است. این بتن که نیاز به لرزاندن نداشته و خود به خود متراکم می گردد، مشکل لرزاندن در قالب های با آرماتور انبوه و محلهای مشکل برای ایجاد تراکم را حل نموده است. این بتن علیرغم کارایی بسیار زیاد خطر جدایی سنگدانه ها و خمیر بتن را نداشته و ضمن ثابت بودن کارایی و اسلامپ تامدتی طولانی می تواند بتنی با مقاومت زیاد و دوام و پایایی مناسب ایجاد کند. در طرح اختلاط این بتن باید نسبت های خاصی را رعایت نمود. به عنوان مثال شن حدود 50 درصد حجم مواد جامد بتن را تشکیل داده و ماسه حدود 40 درصد حجم ملات انتخاب می شود. نسبت آب به مواد ریزدانه و پودری بر اساس خواص مواد ریز بین 0/9 تا 1 می باشد. با روش آزمون و خطا نسبت دقیق آب به سیمان و مقدار ماده فوق روان کننده مخصوص برای مصالح مختلف تعیین می گردد. از این بتن با استفاده از افزودنی دیگری که گرانروی بتن را می افزاید در زیر آب استفاده شده است .

## برخی از انواع افزودنی ها 1-هوازای بتن

این محلول به منظور وارد نمودن مقادیر کنترل شده ای حباب هوای میکروسکوپی به بتن اضافه می گردد . که به صورت یکنواخت و زنجیره ای در بتن پراکنده می گردند و به یخ حاصله از انجماد آب در مجاری موئین امکان انبساط داده و از فشار هیدرولیکی حاصله کاسته و در نتیجه از تخریب درون بتن جلوگیری می نماید . و با استاندارد ASTM - C260 سازگاری دارد.

## خواص و اثرات . موارد کاربرد

- ✓ افزایش مقاومت بتن در برابر یخ زدگی
- ✓ ساخت بتن های مقاوم در برابر سیکلهای یخبندان و ذوب
- ✓ بالا بردن کارایی بتن و افزایش دوام آن
- ✓ کاهش آب انداختگی و جدا شدن اجزاء بتن
- ✓ کاهش مقدار مصرف آب جهت کسب اسلامپ مطلوب
- ✓ کاهش نفوذ پذیری بتن
- ✓ افزایش مقاومت خمشی بتن
- ✓ بتن ریزی در بزرگراهها و پیاده روها ، سدها و مخازن و کانالهای آب

✓ اجرای بتن مقاوم در برابر نفوذ املاح و مواد شیمیائی

## 2- دیرگیر بتن

این محصول پس از افزوده شدن به بتن زمان گیرش سیمان را با تاخیر مواجه می سازد . با استاندارد ASTM 494 type B مطابقت دارد .

### خواص . اثرات و موارد کاربرد

- ✓ تاخیر در زمان گیرش بتن
- ✓ امکان حمل طولانی بتن
- ✓ امکان بتن ریزی در مناطق با بادهای تند و گرمسیر
- ✓ امکان بتن ریزی با سرعت پائین در شرایط خاص

## 3- زودگیر بتن (شاتکریت) ---<< پودری و مایع

این مواد افزودنی بتن سبب تسریع هیدراتاسیون و افزایش روند سخت شدن ملات و بتن و در نتیجه باعث افزایش مقاومت اولیه بتن می گردد. این ماده با هیدروکسید کلسیم حاصل از هیدراتاسیون سیمان ترکیب می شود و کربنات کلسیم نامحلول و سود را تشکیل می دهد که سود حاصل از واکنش موجب تسریع واکنش سیلیکات و آلومینات می شود. کربنات کلسیم تولید شده از واکنش فوق سخت شده و باعث افزایش مقاومت بتن می گردد. این ماده مانند یک کاتالیزور در واکنش های شیمیائی عمل می کند و به محض اتصال بتن جدید به سطوح مورد نظر به آن می چسبند. که با نوع C آیین نامه C494 استاندارد ASTM مطابقت دارد.

### خواص . اثرات و موارد کاربرد :

- ✓ مسدود نمودن سریع درزهای بتنی در محل نفوذ آب
- ✓ بتن پاشی یا شاتکریت
- ✓ ایجاد مقاومت بالاتر در زمان کوتاهتر
- ✓ افزایش چسبندگی بتن
- ✓ انجام کارهای ترمیمی در سازه های بتنی
- ✓ بتن ریزی در سطوح شیب دار
- ✓ کاهش خطرات ناشی از تغییرات سریع دما
- ✓ لاینینگ تونلها و کانالها

## نحوه و میزان مصرف

بر حسب عیار و زمان گیرش لازم و دمای محل اجراء بتن توصیه به مصرف 2 الی 7 درصد وزن سیمان می گردد که برای بدست آوردن میزان دقیق مصرف انجام آزمایشهای کارگاهی توصیه می گردد. شاتکریت پودری را می بایست با اجزاء خشک بتن ترکیب نمائیم سپس آب مصرفی به ترکیب خشک اضافه گردد و پس از انجام اختلاط کامل در سریع ترین زمان بتن ریزی را انجام دهیم و شاتکریت مایع را میبایست پس از آماده شدن بتن به مخلوط بتن افزوده و پس از اختلاط کامل سریعاً بتن ریزی را انجام دهیم .

## 4-ضد یخ بتن

این ضد یخ با جدیدترین فرمولاسیون های جهانی ساخت ضد یخ مطابقت دارد و فاقد هرگونه یون کلر یا سایر مواد مخرب بتن می باشد. دمای هیدراتاسیون برای انواع سیمان های پرتلند از نظر مقدار و میزان متغیراست. ضمن اینکه تولید حرارت در اثر هیدراتاسیون تابعی از ابعاد بتن، دمای هوای محیط، نسبت آب به سیمان و مواد افزودنی مصرفی می باشد. (واکنش هیدراتاسیون سیمان بهتراست در دمای بین 10الی 25 درجه سانتیگراد و در مدت 28روز انجام شود .) می دانیم در حرارت 20درجه سانتیگراد گیرش بتن حدود 12ساعت به طول می انجامد. ضد یخ بتن با تشدید حرارت زائی گیرائی بتن را از 12 ساعت به حدود 4 ساعت (با توجه به نوع مواد سازنده بتن و شرایط کارگاهی) تقلیل می دهد که رعایت آیین نامه A CI 360R الزامی است، و این نوع ضد یخ بتن با استاندارد قسمت اول و نوع C استاندارد ASTM C494 سازگاری دارد.

## خواص . اثرات و موارد کاربرد

- ✓ افزایش سرعت هیدراتاسیون
- ✓ کاهش نقطه انجماد
- ✓ بتن ریزی یا ملات کاری در هوای سرد و یخبندان در محدوده 5+ تا 15- درجه سانتیگراد
- ✓ افزایش حرارت زائی
- ✓ تامین زودرس مقاومت اولیه
- ✓ افزایش سرعت گیرش
- ✓ سازگار با انواع سیمان های پرتلند

## 5- فوق روان کننده نوترال

این محصول علاوه بر افزایش اسلامپ و کاهش نفوذپذیری بتن نقش بسیار مؤثری در افزایش مقاومت فشاری بتن نیز دارد و از نظر استاندارد با نوع F و ASTM C494 و نوع I و ASTM C1017 مطابقت دارد.

### خواص، اثرات و موارد کاربرد

- ✓ - تولید بتن با اسلامپ بالا
- ✓ - سهولت پمپاژ با حداقل استهلاك تجهیزات
- ✓ - عدم نیاز به ویبره
- ✓ کاهش ترک خوردگی در سطح بتن
- ✓ - بتن ریزی با سرعت زیاد
- ✓ - اجرای سازه های فوق مسلح
- ✓ - افزایش چسبندگی بتن و فولاد
- ✓ - اجرای سازه های پیش ساخته و درجا
- ✓ - امکان پمپ بتن تا ارتفاعات بالا و تراکم سنگدانه ها (شن و ماسه)

## 6- فوق روان کننده دیرگیر

این فوق روان کننده علاوه بر افزایش کارایی بتن که با افزایش اسلامپ و تأخیر در زمان گیرش همراه است مانند یک دیرگیر عمل می کند و باعث افزایش مقاومت فشاری بتن نیز می گردد. و از نظر استاندارد با آیین نامه ASTM C1017, C494 مطابقت دارد.

### خواص، اثرات و موارد کاربرد :

- ✓ تولید بتن با اسلامپ بالا
- ✓ حداقل استهلاك تجهیزات
- ✓ بتن ریزی در مناطق گرمسیر
- ✓ بتن ریزی های حجیم و اجرای سازه های فوق مسلح
- ✓ سهولت پمپاژ
- ✓ حمل و نقل بتن در مسافت های طولانی
- ✓ افزایش انسجام بتن



## 7- مکمل بتن ( خمیر میکروسیلیس )

امروزه با آشکار گشتن مزایای بتن هائی که در ساختار آنها از میکروسیلیس و فوق روان کننده استفاده شده است ، مخصوصاً سازه هائی که تحت تاثیر عوامل شیمیائی محیطی می باشند ، استفاده از اقلام فوق الذکر متداول گشته یا گاهاً از جانب کارفرمایان یا مهندسين مشاور اجباری گشته است اما مصرف کنندگان با توجه به حجیم بودن میکروسیلیس ، هزینه های بالائی از نظر حمل و نقل و نگهداری متقبل می گردند . همچنین در صورت نگهداری طولانی مدت کارائی میکروسیلیس کاهش خواهد یافت و از خطرات جبران نا پذیر استشمام گرد میکروسیلیس به هنگام جا به جائی و ساخت بتن به بروز بیماریهای ریوی و سرطان ریه می توان اشاره نمود .

از دیگر معایب استفاده از ترکیبات مذکور به دو جزء بودن افزودنی های مورد نیاز و خطر عدم میکس مطلوب و تناسب مصرف و زمان بیشتر از نظر ساخت بتن می توان اشاره نمود .

### مزایای استفاده از خمیر میکروسیلیس :

- ✓ جلوگیری از نفوذ یون کلر و مواد شیمیائی خورنده به داخل بتن
- ✓ حفاظت کاتدی از میلگرد ها
- ✓ افزایش روانی بتن
- ✓ 4- کاهش نفوذ پذیری بتن
- ✓ بالا بودن مقاومت شیمیائی بتن در مقابل عوامل خورنده محیطی ( یون کلر و 000 ) 6-افزایش مقاومت بتن حدود 30%
- ✓ 7- کاهش هزینه حمل و نقل
- ✓ 8- افزایش مدت نگهداری تا مدت 18 ماه
- ✓ 9- حفظ سلامتی افرادی که مستقیماً با این محصول ارتباط دارند
- ✓ 10- کاهش مصرف آب و سیمان
- ✓ 11- استفاده از یک جزء برای ساخت بتن

## 8-فوق روان کننده زودگیر A

این محصول علاوه برافزایش اسلامپ و کاهش نفوذ پذیری بتن نقش بسیار مؤثری در تسریع زمان گیرش و حصول مقاومت فشاری بالاتر در زمان کوتاه تر دارد. ضمن آنکه از اثرات منفی ناشی از تغییرات سریع دما روی بتن جلوگیری می نماید. با آیین نامه های ASTM C1017، C 494 مطابقت دارد.

## خواص و اثرات . موارد کاربرد

- ✓ بتن ریزی در سازه های فوق مسلح
- ✓ کاهش ترک خوردگی و جمع شدگی بتن
- ✓ کاهش زمان لازم برای محافظت و نگهداری بتن
- ✓ تولید بتن با اسلامپ بالا
- ✓ جلوگیری از یخ زدن در فصل سرما
- ✓ بتن ریزی با سرعت زیاد
- ✓ سهولت پمپاژ و با حداقل استحلاک تجهیزات
- ✓ عدم نیاز به وایبره
- ✓ کاهش زمان باز کردن قالب ها و امکان بارگذاری سریع

## استفاده از مواد افزودنی برای مقاوم سازی؟

آیا مواد افزودنی ( Admixtures ) علاوه بر بهبود کیفیت بتن ، کاهش مصرف سیمان و کاهش هزینه تمام شده ، انجام کارهای بتنی در شرایط سخت و موارد دیگری می توانند بمنظور مقاوم سازی در سازه ها هم بکار گرفته شوند ؟

اگر نخواهیم با " مقاوم سازی " بدینگونه که امروزه در کشورمان رایج شده برخورد کنیم ، پروسه مقاوم سازی شامل دو مرحله می باشد :

- مقاوم ساختن
- مقاوم سازی

مقاوم ساختن : به این معنی است که قبل از ساخت ( مراحل مطالعه و طراحی ) ، در هنگام اجرا و همچنین پس از ساخت سازه ( مراحل مراقبت و مونیتورینگ ) ، تمام دست اندر کاران پروژه طبق استانداردهای موجود و معتبر عمل کنند . بعنوان مثال کیفیت مواد و مصالح بکار رفته در پروژه مورد نظر دارای کیفیت مطلوب و استاندارد باشند . مقاوم سازی کردن : به این معنی است که چنانچه پس از ساخت و در مرحله مونیتورینگ بخصوص در برابر حوادثی که باید در هنگام طراحی و اجراء نظر گرفته می شد ( مانند زلزله مورد انتظار در منطقه مورد نظر ) سازه عملکرد مطلوبی از خود نشان نداده و از حداکثر تغییر شکل های مجاز در استاندارد تجاوز نماید ، آنگاه عملیات تقویت سازه ضروری خواهد بود .

در اینجا در مورد روش های مقاوم سازی و اینکه مقاوم ساختن بهتر است یا مقاوم سازی کردن !!! صحبتی نخواهیم کرد بلکه می خواهیم به این موضوع بپردازیم که در دومقوله مذکور ، بخصوص مورد دوم که تقریباً " رایج ترین بحث صنعت ساختمان در کشور است ، سهم مواد افزودنی چقدر است ؟ و اینکه اصولاً " آیا مواد افزودنی هیچ نقشی در ساختمان می توانند داشته باشند ؟ و اگر دارند آیا می توانند در مقابل این سؤال همیشگی پیمانکاران یعنی " " صرفه اقتصادی " " توجیهی داشته باشد یا خیر ؟

براستی آیا مهندسين فعال در پروژه های عمرانی و همچنین مسئولین شرکتهای ساخت بتن ( بتن آماده ) توجه دارند که در حال حاضر سازه ها باید مقاوم سازی شوند نه " عيار بالا سازی " ؟ در واقع شاید بهتر باشد قانون " برای مقاومت بالاتر ، عيارسيماں بیشتر " را به صورت " برای مقاومت بالاتر ، طرح اختلاط خوب " تغییر داد .

با توجه به اهمیت بحث ، ابتدا استفاده از مواد افزودنی را در مقاوم سازی کردن بررسی کرده و سپس مختصری به نقش آنها در مقاوم ساختن سازه ها هم اشاره خواهیم کرد .

بطور عمده مقاوم سازی کردن یا به اختصار مقاوم سازی سازه ها به سه طریق صورت می گیرد :

✓ کاهش بارهای وارده بر سازه

✓ وصله کردن یا به عبارتی تقویت اعضای موجود

✓ اضافه کردن یک تعداد اعضای جدید .

در اینجا لازم است به این نکته اشاره گردد که در بحث حاضر مواد افزودنی روان کننده و فوق روان کننده ( **plastisizer&superplastisizer** ) مورد بررسی قرار خواهند گرفت .

مواد افزودنی روان کننده و فوق روان کننده در کاهش بارهای وارده بر سازه بطور مستقیم نمی توانند نقشی داشته باشند اما بطور غیر مستقیم می توانند بدین شکل عمل کنند : چنانچه سازه با بتن بدون مواد افزودنی ( بتن ساده ) ساخته شود ، چون مقاومت آن از بتن با ماده افزودنی ( بتن مجهز ) کمتر خواهد بود ، لذا اندازه اعضای سازه بیشتر و بار وارده بر سازه زیادتر خواهد بود . به عبارت دیگر ساختن بتن با مقاومت بالا در شرایط یکسان با مواد افزودنی راحت تر است . کما اینکه در بسیاری موارد بخصوص هنگامیکه درصد آب به سیماں از یک مقدار اجرایی کمتر می شود ، ساختن بتن اصولاً غیر ممکن است . در صورتیکه با استفاده از مواد افزودنی این امر امکان پذیر می باشد . اما نقش مواد افزودنی در روش های دوم و سوم مقاوم سازی سازه معقول تر و بطور مشهودتری قابل بررسی است . معمولاً در هنگام مقاوم سازی به روش تقویت اعضای موجود ، مطلوب است که از مصالحی با کیفیت بالاتر و بهتر از مصالح بکار رفته در سازه استفاده شود که در مورد بتن ، اغلب " بتن با مقاومت بالا " و " یا " بتن چگال تر " مد نظر است . برای ساخت بتن با مقاومت بالامهمترین کار ، کاهش مقدارنسبت آب به سیماں تا حد اقل مقدار ممکن است . اما این کار مشکلات اجرایی را در بر خواهد داشت بطوریکه یک درصد مشخص آب به سیماں اجرایی تعریف می شود (  $0/5$  الی  $0/55$  درصد ) . مواد افزودنی حتی در نسبت های آب به سیماں کمتر از عددی که اجرایی نامیده می شود می توانند به گونه ای بتن را مجهز کنند که مشکلات اجرایی را مرتفع نمایند .

در روش سوم مقاوم سازی همانند روش قبل معمولاً مطلوب این است که اعضای اضافه شده بهتر از اعضای موجود باشند لذا دوباره همانند آنچه در بالا توضیح داده شد می توان یک سازه بتنی با مقاومت بالا را اجرا کرد .

روش های مذکور به عبارتی " روش های درمان " سازه بیمار هستند اما همواره " پیشگیری بر درمان مقدم است " بعبارت دیگر بجای مقاوم سازی بعد از ساخت که بخصوص در اکثر موارد روش های اجرای خاصی را می طلبد ( البته هزینه ها و بودجه های هنگفت و اضافی اختصاص داده شده بر کسی پوشیده نیست و نیاز به توضیح ندارند ) ، بهتر است سازه در هنگام طراحی و ساخت ، مقاوم و مجهز ساخته شود . در مورد یک سازه و یا عضو بتنی " مقاومت بتن " مهمترین خصوصیت آن است که تقریباً اکثر خواص دیگر بتن را می توان با آن سنجید . بنا براین بطور کلی و در اکثر موارد و نه همیشه ساخت یک بتن خوب به معنای ساخت بتن با مقاومت فشاری مطلوب

است. و همانطور که اشاره شد چنانچه ماده افزودنی در بتن استفاده گردد نگرانی دست یافتن به مقاومت مورد نظر کمتر خواهد بود.

بد نیست پس از اینکه فواید مواد افزودنی روان کننده و فوق روان کننده و همچنین مزایای استفاده از بتن مجهز بررسی شد، سوالاتی را هم که در ذهن اکثر مهندسان عمران همواره وجود دارد پاسخ داده شود. به عبارت بهتر ذهنیت موجود در صنعت ساختمان نسبت به مواد افزودنی منفی بوده و یا حداقل مثبت نیست. اولین سوال "صرفه اقتصادی" است.

با این ذهنیت که "اگر از مواد افزودنی استفاده کنیم هزینه هر متر مکعب بتن بالا خواهد رفت". این قضیه در اکثر موارد درست نیست. بخصوص اگر در یک ساختمان بررسی شود، برای استفاده از بتن مجهز به دو صورت می توان عمل کرد:

اول اینکه استفاده از مواد افزودنی در اسلامپ ثابت باعث کاهش آب می شود، از طرفی با توجه به اینکه مقاومت بتن به نسبت آب به سیمان بستگی دارد لذا می توان مقدار سیمان را به اندازه ای کم کرد که نسبت قبلی ثابت بماند و با استفاده از مواد افزودنی یک بتن "مهربانتر" ساخت که با توجه به نوع بتن و کاهش سیمان می تواند حتی باعث کاهش قیمت تمام شده بتن شود. البته با توجه به وضعیت فعلی بازار سیمان، کاهش مصرف سیمان هم میتواند یک امتیاز مثبت باشد.

دوم اینکه اکثراً در هنگام طراحی اعضای بتنی مقاومت آن به اندازه ای در نظر گرفته میشود که به راحتی میتوان مقاومتی بالاتر از آنرا با ماده افزودنی گرفت. در نگاه اول هزینه اجرای سازه به علت اضافه شدن ماده افزودنی و تبدیل بتن ساده به بتن مجهز، بیشتر شده و به صورت ظاهری نا مطلوب می نماید، در صورتی که کاهش هزینه کلی اجرای سازه به علت کاهش اندازه مقاطع اعضای سازه و در نتیجه کاهش بار مرده ساختمان اصلاً در نظر گرفته نمیشود.

علاوه بر دو مورد بالا شعار کاهش مصرف سیمان را نیز همگی شنیده اید !!!

پس از اینکه به این نتیجه رسیدیم که: "شاید هم مواد افزودنی بد نباشد"، "حتماً بد نیست"، "شاید خوب باشد"، "حتماً خوب است" و یا "حتماً باید استفاده شود"، همانند هر کالای دیگری استفاده از نوع مناسب ماده روان کننده یا فوق روان کننده در اینجا نیز مطرح خواهد بود.

اما چرا تولید نسل های پی در پی مواد فوق روان کننده احساس شد؟

در جواب سوال می توان این گونه بیان کرد، که بتن یک موجود زنده است. لذا این موجود زنده در شرایط، مکان های مختلف و با مصالح مختلف رفتار متفاوتی از خود نشان میدهد.

بنابر این نسل اول مواد افزودنی در بسیاری موارد نتوانست باعث افزایش اسلامپ بتن تا حد مطلوب شود، حتی وقتی که حداکثر مقدار دوزاج مصرف شد. نسل دوم فوق روان کننده ها توانست با دوزاج کمتر از نسل اول، بتن قوی مذکور را تکان دهد ولی نسل دوم هم در برخی موارد نتوانست مقدار آب بتن را تا جایی که مطلوب بود کاهش دهد. لذا نسل سوم فوق روان کننده ها بر پایه پلی نفتالین به بازار آمد. این مواد با دوزاج تقریبی یک درصد وزن سیمان، بتنی را که اسلامپ آن حدود صفر باشد به 15 سانتی متر و با دوزاج  $1/5$  درصد به حدود اسلامپ بتن SCC می رساند. البته وقتی که مقصود، اسلامپ ثابت و کاهش آب بتن باشد، مقاومت را در بتن مذکور تا 110 کیلوگرم بر

سانتی متر مربع نسبت به بتن شاهد افزایش خواهد داد. نسل چهارم فوق روان کننده ها که بر پایه پلی کربوکسیلات است بتن فوق را فقط با 0/5 درصد وزن سیمان از اسلامپ حدود صفر به بتن SCC تبدیل می کند. در حال حاضر استفاده از فوق روان کننده های نسل اول و دوم تقریباً منسوخ شده و نسل سوم و چهارم در پروژه ها استفاده می شود.

توجه به این نکته در استفاده از مواد فوق روان کننده ضروری است که :

تفاوت عملکرد فوق روان کننده ها ، تفاوت قدرت آنها در کاهش آب و یا افزایش اسلامپ ( و یا نگهداری اسلامپ ) بتن میباشد . یعنی همانگونه که نمی توان برای طی یک مسیر مشکل از تجهیزات ابتدایی و ضعیف استفاده کرد ، نمیتوانید یک فوق روان ساز نسل اول ، دوم و شاید سوم را برای تولید یک بتن قوی انتخاب کنید . هر چند که ممکن است بتوانید به ظاهر و در ابتدای امر با خرید محصول ارزانتر و صرفاً اضافه کردن یک ماده به عنوان فوق روان ساز در پروژه صرفه جویی کنید .

بطور کلی چهار عامل انگیزشی و امتیازی، در مصرف مواد افزودنی بتن ( فوق روانساز ها ) ، بشرح زیر متصور می باشد :

- ✓ افزایش روانی بتن
- ✓ افزایش مقاومت بتن
- ✓ کاهش نفوذ پذیری و افزایش دوام بتن
- ✓ صرفه جویی در مصرف سیمان و نهایتاً تقلیل هزینه های متعلقه که هر کدام از موارد مذکور به جای خود و در زمان مناسب قابل محاسبه و وصول خواهد بود .

بدنبال اظهار مزایای مشروحه استفاده از مواد افزودنی بتن فقط یک عامل مهم و باز دارنده مصرف مواد افزودنی ، بعنوان دغدغه مهم و پر اهمیت مهندسین و مصرف کنندگان، که همان تضمین کیفیت مواد افزودنی در بتن که در صد بسیار بسیار نازلی از قیمت کل سازه بتنی را شامل میشود مطرح می باشد .

چگونه به این کالاها اعتماد کنیم ؟

متولی تایید صلاحیت تولید کنندگان و محصولات تولید شده کیست؟ خوشبختانه هم اکنون در کشورمان استاندارد مواد افزودنی فوق روانساز موجود است و یا به عبارت بهتر همه شرکت های تولید کننده مواد افزودنی موظف شده اند که محصولات خود را به تایید اداره استاندارد برسانند و افزون بر این امر از سوی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران نیز ورود ، تولید و توزیع مواد افزودنی بتن ( شامل روان کننده ها ، فوق روان کننده ها و کند گیر کننده و مواد حباب ساز ) بصورت غیر استاندارد ممنوع و عاملین به ورود ، تولید و یا توزیع مواد افزودنی غیر استاندارد تهدید به تعقیب قانونی شده اند و این دغدغه استفاده از مواد غیر استاندارد با اخذ مجوز کاربرد علامت استاندارد مرتفع گردیده و نهایتاً با تمام مباحث مشروحه تبدیل به عاملی انگیزشی در جهت مصرف فوق روان کننده Silcrete گردیده است .

### نکات مهم در هنگام استفاده از ماده افزودنی

- هنگام انتخاب ماده افزودنی نیازها و الزامات استفاده از آن در پروژه شناسایی و مشخص گردد تا بتوان بهترین گزینه را جهت مصرف انتخاب کرد .
- ماده افزودنی به اندازه یی استفاده شود که " در نسخه " ارائه شده از طریق شرکت " مهندسی " ، " اتیکت " محموله ماده افزودنی و یا مهندس مشاور اعلام شده است .
- ماده افزودنی در موقع مناسب اضافه شود و به اندازه مورد نیاز زمان انجام انجام فعالیت ، پس از اضافه شدن به بتن را داشته باشد .

### سخن آخر

اما در ارتباط با موارد ذکر شده باید گفت که :  
از مهندسين کارگاههای ساختمانی که به خصوص در مواقع " اورژانس " در کارگاه ها بهترین مدیران هستند انتظار این که " بخواهند " و " بتوانند " موارد ذکر شده را اجرایی کنند ، قطعاً انتظار بالایی نخواهد بود .

منابع:

[www.omranab.ir](http://www.omranab.ir)

[www.shimibehkar.com](http://www.shimibehkar.com)

[www.daneshnameh.roshd.ir](http://www.daneshnameh.roshd.ir)

[www.ir-cc.ir](http://www.ir-cc.ir)