

## بررسی مواد افزودنی روان کننده و فوق روان کننده و کاربردهای آنها

مریم کهریزی، دانشجوی مقطع کارشناسی مهندسی عمران، دانشگاه رازی  
تلفن: 0831-4262198، پست الکترونیکی: [maryamkahrizi@yahoo.com](mailto:maryamkahrizi@yahoo.com)

### چکیده

بتن یکی از مهمترین و رایج ترین مصالح ساختمانی است که تولید و مصرف آن به گونه فراآینده ای گسترش می یابد. در مواد تشکیل دهنده بتن تحولات شگرفی حاصل شده است. استفاده از افزودنیهای 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. در این مقاله افزودنی های روان کننده و فوق روان کننده، نحوه تأثیر، اثرات جانبی و کاربردهای آنها مورد بحث قرار می گیرند. همچنین با توجه به نیاز روز افزون به بتن های خاص که بتوانند عملکرد قابل قبول و مناسبی در شرایط ویژه داشته باشند، سعی شده است تا در این مقاله به بتن با مقاومت زیاد و با عملکرد خوب و بتن های خیلی روان که تحولی در اجرا پدید آورده اند، و کاربرد مواد افزودنی فوق روان کننده ها در تولید آنها اشاره شود.

**کلید واژه ها:** ماده افزودنی، روان کننده، فوق روان کننده، بتن، بتن با مقاومت زیاد، بتن روان.

### 1- مقدمه

مواد افزودنی را به منظور افزایش کیفیات مطلوب بتن، کاهش نارسایی و یا تغییر بعضی از مشخصه های بتن به آن اضافه می نمایند. از مهمترین این افزودنی ها مواد روان کننده و فوق روان کننده هستند. عملکرد اصلی مواد افزودنی روان کننده، افزایش کارایی بتن یا ملات و یا به نوعی دیگر، کاهش آب لازم برای اختلاط بتن و یا ملات و لذا افزایش مقاومت بتن است. همچنین استفاده از این مواد باعث صرفه جویی مصرف سیمان در بتن و باعث سادگی عمل تراکم بتن می گردد و مانع آب انداختن بتن می شود. فوق روان کننده ها در مقایسه با روان کننده ها دارای اثر قوی تری هستند. این مواد ضمن حفظ انسجام بتن و بدون کاهش مقاومت آن باعث افزایش کارایی بتن یا ملات می شوند. علاوه بر این، این مواد قادرند آب مورد نیاز بتن را به میزان 25 تا 35 درصد کاهش داده لذا باعث افزایش بسیار زیاد مقاومت می شوند. توسعه آینده تولید بتن، وابسته به افزودنی ها مخصوصاً فوق روان کننده ها است. بتن با مقاومت بالا می تواند با استفاده از افزودنی فوق روان کننده و افزایش دوده سیلیس به دست آید. در ساختمان بزرگراهها برای کسب مقاومت اولیه بالا از فوق روان کننده استفاده می شود.

## 2- مواد افزودنی کاهنده آب (روان کننده)

ماده افزودنی کاهنده آب (روان کننده) ماده ای است که یا بدون تغییر روانی، مقدار آب مخلوط بتن را کاهش می دهد، یا بدون تغییر مقدار آب، روانی بتن را افزایش میدهد، و یا هم موجب کاهش آب و هم افزایش روانی بتن می شود. افزودنیهای کاهنده آب ترکیبات مختلفی از مواد ارگانیک را در بر می گیرند که از متداولترین آنها می توان لیگنو سولفو ناتهای کلسیم، سدیم و یا آمونیم را نام برد. مواد ژنریک و اصلی افزودنیهای کاهنده آب ضمن عملکردهای اصلی، معمولاً اثرات جنبی دیگری نظیر تسریع یا تأخیر در گیرش و یا ایجاد حباب هوا در بتن دارند که در صورت لزوم برای حذف این اثرات ناخواسته، آنها را با دیگر محصولات شیمیایی ترکیب و سپس بکار می گیرند.

### 2-1- مزایای استفاده از مواد افزودنی کاهش دهنده آب

- استفاده از مواد افزودنی کاهش دهنده آب ممکن است از چند جهت مفید واقع گردد:
- 1- در مخلوط های بتن با کارایی زیاد با کم کردن میزان آب، باعث چسبندگی بیشتر و کاهش در جداشدگی دانه ها و نیز افزایش انسجام و تراکم بتن می گردد، ضمن آنکه کارایی را در حد ثابت نگاه می دارد. معمولاً جدا شدگی دانه ها در مخلوط هایی ایجاد می گردد که دارای مصالح سنگی گرد گوشه بوده و یا از ماسه ای استفاده شود که درصد ذرات ریز آن کم باشد.
  - 2- با کاهش مقدار آب در مخلوط بتن، ضمن حفظ کارایی باعث کاهش آب انداختن می شود.
  - 3- موجب کاهش مقدار آب می گردد، در نتیجه مقاومت بتن افزایش می یابد، بدون آنکه در کارایی بتن تغییری حاصل شود.
  - 4- باعث کاهش مقدار سیمان می شود در حالی که همان نسبت آب به سیمان و در نتیجه همان مقاومت حفظ می گردد، این عمل با کاهش مقدار آب اما با نگاه داشتن کارایی ثابت امکانپذیر می شود.
  - 5- افزودنیهای روان کننده با ایجاد پراکندگی سیمان در مخلوط بتن، ضمن ایجاد سطوح بیشتر در تماس با آب، باعث هیدراتاسیون بهتر سیمان می شوند و به این دلیل در دراز مدت مقاومت این بتن از بتنی که با همین نسبت آب به سیمان و بدون افزودنی ساخته می شود، بیشتر خواهد بود. تأثیر کوتاه مدت این نوع افزودنی بر روی مقاومت، بیشتر روی سیمان هایی است که  $C_3A$  یا مواد قلیائی آنها کم است. اگر روان کننده ها بطور صحیح استفاده شوند، دوام بتن بیشتر خواهد شد و در دراز مدت هیچ اثر مشخص دیگری روی خواص بتن ایجاد نخواهد شد.
  - 6- در نسبت آب به سیمان ثابت کارایی مخلوط ها با مقاومت بالا و با مقدار سیمان زیاد را افزایش می دهند، در غیر این صورت این مخلوط ها زیاد سفت بوده و امکان جادادن آنها در قالب با نسبت آب به سیمان لازم وجود نخواهد داشت. لازم به ذکر است که کاهنده های آب، افت کارایی بتن تازه را با گذشت زمان اصلاح نمی کنند ولی به مقدار کمی آن را به تأخیر می اندازند.
  - 7- علی القاعده می توان نتیجه گرفت که افزودنیهای کاهنده آب قابلیت نفوذ ناپذیری بتن را در برابر آب و محلولهای شیمیایی به مقدار زیادی افزایش می دهند و این عملکرد موجب می شود که دوام بتن در مقابل یخ زدن - آب شدن، نفوذ آب، اکسیژن و دی اکسید کربن یا  $CO_2$  و دیگر عوامل زیان بخش شرایط جوی - اقلیمی افزایش یابد.

### 2-2- نحوه تأثیر مواد افزودنی روان کننده

اجزاء اصلی و فعال افزودنیهای روان کننده، عواملی با سطح فعال هستند که نیروهای فیزیوشیمیایی را در مخلوط بتن تغییر می دهند. یونهای فعال سطحی توسط ذرات سیمان جذب می شوند که این باعث پیدایش بار منفی در ذرات سیمان و ایجاد نیروی دافعه بین آنها می شود. در نتیجه پراکندگی سیمان در مخلوط تثبیت می شود. حبابهای هوا هم حرکت داده می شوند و نمی توانند به دانه های سیمان متصل شوند. بار منفی همچنین باعث ایجاد یک پوشش از مولکولهای آب در

اطراف هر ذره ای شده و آنها را از هم جدا می کند. از این رو سهولت بیشتری برای حرکت ذرات وجود دارد و آب آزاد شده در اثر جلوگیری از توده ای شدن سیمان باعث روانی مخلوط شده و کارآیی آن را افزایش می دهد.

### 2-3- اثرات جانبی مواد روان کننده

به دلیل پراکنده شدن ذرات سیمان و دسترسی کاملتر مولکولهای آب به آنها هیدراسیون با کیفیت بهتری صورت گرفته و باعث افزایش مقاومت بتن در دراز مدت می گردد. همچنین به دلیل افزایش روانی بتن ممکن است پدیده جدایی دانه ها و آب انداختن بتن پیش آید.

### 2-4- میزان مصرف مواد روان کننده

مواد افزودنی روان کننده و فوق روان کننده را به میزان کم، در هنگام ساختن بتن به آب بتن می زنند. مقدار مورد نیاز مواد افزودنی کاهش دهنده آب کم بوده بین 0/1 تا 0/25 لیتر برای هر 50 کیلو سیمان است و برای افزودن آنها به مخلوط بتن از مخزن پخش کن استفاده گردد. مقدار حقیقی این مواد به نسبت های مخلوط و دانه بندی مصالح سنگی بستگی دارد، و برای به دست آوردن مقدار بهینه، ساخت مخلوط های آزمایشی ضروری است. استفاده از این مواد به مقدار بیش از حد لزوم باعث تأخیر در گیرش بتن می شود و در مواردی نیز مشاهده شده که گیرش بتن تا 3 روز به تأخیر افتاده است، در موارد مذکور مقدار مصرف اشتباهاً بیش از ده برابر مقدار معمولی بوده است. مصرف بیش از حد این مواد لزوماً کارآیی را افزایش نمی دهد و بنابراین ممکن است بتن تازه مورد توجه قرار نگیرد.

### 3- مواد افزودنی فوق روان کننده

ماده ای که یا بدون تغییر روانی، مقدار آب مخلوط بتن را به میزان زیادی کاهش می دهد، یا بدون تغییر مقدار آب، روانی بتن را به میزان زیادی افزایش می دهد و یا موجب کاهش زیاد آب و افزایش زیاد روانی بتن به طور همزمان می شود، فوق روان کننده یا کاهنده آب تری نامیده می شوند. این مواد یکی از جدیدترین و مؤثرترین انواع تقلیل دهنده های آب می باشند که در آمریکا بعنوان روان کننده های قوی نامگذاری شده اند.

روان کننده های قوی ملامین فرمالدئید سولفات شده تغلیظ شده یا نفتالین فرمالدئید سولفات شده تغلیظ شده می باشند، که در پراکنده ساختن سیمان مؤثر بوده و تا حدودی خاصیت کند گیر کنندگی دارند، اساساً استفاده از اسید های سولفات شده باعث تسریع عمل پراکنش می شود. چون در سطح ذرات سیمان جذب شده و به آنها بار منفی می دهند و این باعث دفع ذرات از یکدیگر می شود. این فرآیند کارآیی را در یک نسبت آب به سیمان مشخص افزایش می دهد. به عنوان مثال می تواند اسلامپ 75 میلیمتر را تا 200 میلیمتر بالا ببرد.

اثر مواد به نحوی است که در درجه حرارت های بالا تر بهبود در کارآیی کمتر خواهد بود. بتن حاصل را می توان با تراکم کم و یا بدون نیاز به تراکم در جا ریخت و در صورتی که دانه های درشت بتن طویل، تخت و یا خیلی شکسته نباشند و ریز دانه ها از 4 تا 5 درصد بیشتر باشند، چسبندگی بتن حفظ خواهد شد و جدایی یا آب انداختگی در آن ایجاد نخواهد شد. لازم به یاد آوری است که در هنگام طراحی قالبها باید در نظر داشت که بتن سیال می تواند فشار هیدرواستاتیکی کامل را به قالب ها وارد آورد.

در دراز مدت خواص بتن به طور محسوسی تحت تأثیر این نوع افزودنی قرار نمی گیرد. نتایج آزمایشهای دراز مدت تا 13 سال که در دسترس می باشند نشان داده اند که این مواد اثر نامساعدی بر مقاومت دراز مدت بتن ندارند. اثر روان کنندگی زیاد این مواد برای مدت کوتاهی خواهد بود (شاید ده دقیقه) و پس از حدود 30 تا 90 دقیقه کارآیی به حد معمولی خود باز می گردد. بدین دلیل لازمست که فوق روان کننده ها را درست قبل از درجاریختن بتن به مخلوط اضافه نمود.

مصرف این نوع افزودنی معمولاً بیشتر از مصرف متداول برای روان کننده های عادی می باشد و از اثرات جنبی نامطلوب آن هم بطور چشمگیری کاسته شده است. به عنوان مثال فوق روان کننده ها چون نمی توانند کشش سطحی آب را بطور محسوسی پائین بیاورند، در نتیجه مقدار قابل توجهی هوا وارد بتن نمی کنند. در عمل معمولاً روان کننده های قوی در ضمن مخلوط کردن به بتن اضافه می شوند و پس از اضافه کردن آنها مدت زمان کوتاهی به مخلوط کردن بتن ادامه می دهیم. در مورد بتن های آماده دو دقیقه بهم زدن پس از اضافه کردن روان کننده قوی ضروری است.

بجز در مواردیکه سیمانهای با یک مقدار خیلی کم  $C_3A$  بکار برده میشوند و مصرف این مواد باعث کندگیر کنندگی قابل ملاحظه ای میگردد بطور کلی مصرف این مواد تأثیر قابل ملاحظه ای بر گیرش بتن ندارد. فوق روان کننده ها تأثیری بر جمع شدگی، خزش، مدول الاستیسیته و یا مقاومت بتن در برابر یخ زدن و آب شدن ندارند.

نظر با اینکه نفوذنا پذیری نقش تعیین کننده ای در دوام بتن داشته و این خاصیت نیز به نسبت آب به سیمان بستگی دارد، لذا فوق روان کننده ها باید در این مورد نقش مثبت و مؤثری داشته باشند. در واقع نفوذنا پذیری وقتی که آب اختلاط کاهش یابد، افزایش یافته و از طرف دیگر بتن روان و سیال دارای افزودنی و بتن بدون افزودنی با نسبت آب به سیمان ثابت، نفوذنا پذیری مشابهی دارند. اما مصرف این مواد بر دوام بتنی که در معرض سولفاتا قرار می گیرد تأثیر ندارد. کار برد آنها با مواد افزودنی هواساز نیاز به احتیاط دارد زیرا در بعضی مواقع این مواد مقدار واقعی هوا ایجاد شده را کاهش می دهند. فوق روان کننده های اصلاح شده مخصوصی توسعه یافته اند که بنظر می رسد با مواد هواساز معمولی، بتن با حباب هوای رضایت بخشی می سازند. تنها عیب واقعی فوق روان کننده ها هزینه نسبتاً زیاد آنها می باشد که این امر بدلیل هزینه تولید زیاد این مواد که وزن مولکولی زیادی دارند است هزینه آن را می توان در محاسبات بهای بتن در نظر گرفت.

فوق روان کننده ها در تولید بتن های روان در مواقعی که محل بتن ریزی غیر قابل دسترس است و برای بتن ریزی در مقاطعی که تراکم آرماتور در آنها زیاد باشد، دال کف ها و یا جاده ها و نیز برای مواردی که نیاز به سرعت خیلی زیاد در بتن ریزی باشد، کاربرد دارد. مورد مصرف دیگر فوق روان کننده ها در تولید بتن های با مقاومت خیلی بالاست که با کارایی معمولی و نسبت آب به سیمان بسیار پایین به دست می آیند. نسبت های آب به سیمان تا حد پایین 0.28 بکار برده شده اند و مقاومت های 28 روزه در حدود  $100MP_a$  بدست آمده اند.

به طور کلی فوق روان کننده ها میتوانند برای حصول یک کارآئی معین میزان آب بتن را بین 25 تا 35 درصد کاهش دهند (در مورد روان کننده های معمولی نصف این مقدار حاصل میشود) و مقاومت 24 ساعته بتن بین 50 تا 75 درصد افزایش می یابد و در عمرهای کوتاهتر حتی این افزایش بیشتر خواهد بود.

#### 4- بتن های با مقاومت زیاد و عملکرد خوب

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  $50 MPa$  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  $80 - 110 MPa$  و 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. امروزه شاهد ساخت ساختمانهای بسیار بلند با چنین بتن های هستیم که مشخصات و طرح اختلاط یکی از این بتن ها در جدول شماره (1) آورده شده است.

از آنجا که در کاربرد این بتن گاه مقادیر بالایی سیمان و بیش از 400 کیلوگرم (حتی تا 500 کیلوگرم) مصرف می شود، علاوه بر گرانی این بتن، ترکهایی نیز حین ساخت به دلیل جمع شدگی لاستیکی و ناشی از خشک شدن بیشتر این بتن ها و نیز ترک های حرارتی به وجود آمد. همچنین با افزایش این مقاومت تردی و شکنندگی بتن نیز افزایش یافت. چنین بتنی نمی توانست در شرایط محیطی سخت و محیط های 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، سرباره کوره های آهنگدازی، خاکستر پوسته برنج و بالاخره پوزولانهای طبیعی به صورت مواد ریزدانه جایگزین آن گردید. امروزه شاهد ساخت بتن هایی با دوام که نفوذپذیری کمی دارند و در مقابل حملات شیمیایی کلرورها و سولفاتها 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 الیافهای کوتاه استفاده شده تا بدین وسیله نرمی این بتن ها افزایش یابد.

طرح اختلاط		خواص بتن	
اسلامپ	195 میلیمتر	سیمان نوع 1	335 کیلوگرم در متر مکعب
درصد هوا	1/2 درصد	آب	146 لیتر
مقاومت فشاری 7 روزه	77 MPa	سرباره	94 کیلوگرم در متر مکعب
مقاومت فشاری 28 روزه	87/5 MPa	میکروسیلیس	36 کیلوگرم در متر مکعب
مقاومت فشاری 56 روزه	92/5 MPa	شن تا 10 میلیمتر	1600 کیلوگرم در متر مکعب
مقاومت فشاری 91 روزه	93/7 MPa	ماسه	704 کیلوگرم در متر مکعب
		نسبت آب به سیمان	0/31
		کاهش دهنده آب	0/9 لیتر در متر مکعب
		دیرگیر کننده	6/8 لیتر در متر مکعب
		فوق روان کننده	14 لیتر در متر مکعب

جدول 1- مشخصات بتن استفاده شده در ساختمان 68 طبقه تورتو کانادا

## 5- بتن های با کارآیی بسیار زیاد

بتن های با کارآیی 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 بخود متراکم می گردد، مشکل لرزاندن در قالبهای با آرماتور انبوه و محلهای مشکل برای ایجاد تراکم را حل نموده است. این بتن علیرغم کارآیی بسیار زیاد خطر جدایی سنگدانه ها و خمیر بتن را نداشته و ضمن ثابت بودن کارآیی و اسلامپ تا مدتی طولانی می تواند بتنی با مقاومت زیاد و دوام و پایایی مناسب ایجاد کند. در طرح اختلاط این بتن باید نسبتهای 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. به عبارت دیگر برای تهیه این بتن ها باید نسبت اختلاط مجدداً تعیین شود. زیرا برای تهیه بتنی با انسجام و روانی مناسب، بدون اثر آب انداختگی و جداسدگی، لازم است که نسبت ریزدانه به درشت دانه کنترل شده و از کافی بودن مقدار ریزدانه اطمینان داشت و در صورت لزوم مقدار سیمان با مواد نرم دانه دیگر مثل پوزولان یا سرباره را افزایش داد.

نسبت آب به مواد ریز دانه 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.

## 6- منابع و مراجع:

1- مجموعه مقالات نقش مواد افزودنی در توسعه تکنولوژی بتن از دانشگاه امیرکبیر به کوشش دکتر رمضانپور و مهندس اسماعیل پور

2) نویل - ترجمه: فامیلی، هرمز " بتن شناسی ( و خواص بتن ) "

3) رمضانپور، علی اکبر - شاه نظری، محمدرضا، " تکنولوژی بتن " شاه نظری

4) فامیلی، هرمز - کریمی، صدر، " تکنولوژی خواص و کاربرد مواد مضاف در بتن "

5) دکتر رمضانپور، علی اکبر، مقاله " بتن های خاص برای شرایط ویژه "

6) دکتر خالو، علیرضا - مهندس نژادی، شمس الدین، مقاله " نقش مواد افزودنی در افزایش عمر مفید سازه های بتنی "

7) دکتر حسنی، ابولفضل - جعفرپور، فاطمه، مقاله " چگونه افزودنی ها می توانند به بتن تازه کمک کنند "