بررسی ساختار وعملکرد فوق روانساز بتن بر پایه پلی کربوکسیلات اتر

کدمقاله:E(کدانجمن۲۹۰)

سولماز عباسیان ، آرش اویسی و سونا عباسیان

اعضای هیئت مدیره شرکت البرز شیمی آسیا : Email:info@alborzchem.com

مشخصات و خواص فیزیکی ومکانیکی بتن با استفاده از مواد افزدونی خصوصا فوق روان سازها قابل تغییر واصلاح می باشد.و توجه به این مطلب ضرورت شناخت پایه ای واساسی در مورد این نسل فوق روانسازها که برخی از آنها برپایه پلی کربوکسیلات اتر می باشد را ایجاب می نماید.

دراین مقاله سعی شده است تا نحوه اثر این نوع فوق روانسازها وتئوری عملکرد آنها شرح داده شده ، و تفاوت اثر آنها در بتن با دیگر روان کننده ها برپایه پلی نفتالین سولفونات و پلی ملامین سولفونات روشن گردد. مولکول پلی کربوکسیلات اتر به شکلهای مختلف و ساختارهای متفاوتی تولید می گردد که هرکدام ازآنها آثار متفاوتی را در بتن ایجاد مینمایند.ساختار تعریف شده واصلی این ماده به شکل مولکول بزرگ از نوع Polymer Comb Type است که دارای یک شاخه اصلی به نام Back Bone و شاخه های فرعی متصل به آن به نام Side Chain می باشد که تفاوت در طول این شاخه اصلی و شاخه های فرعی و همچنین نسبتهای بین آنها موجب بروز آثار متفاوتی در مشخصات بتن تولید شده می گردد.در این مقاله انواع مختلف فوق روانسازها با طول های ملکولی متفاوت در شاخه اصلی و شاخه های فرعی ؛ در آزمایشگاه تولید شده و تاثیر آنها در بتن خصوصا در مورد روانی اولیه ، حفظ روانی ، هوازایی در مقدار مواد جامد یکسان و طرح اختلاط ثابت مورد بررسی قرار گرفته است ؛هرچه طول شاخه اصلی و شاخه های فرعی بیشتر باشد خاصیت حفظ روانی اولیه بتن افزایش می یابد و اگر طول شاخه اصلی از ۱۱نانومتر کمتر شود ،قدرت کاهندگی آب افت میکند.

در بخش دیگری از مقاله نوع جدیدی از فوق روانسازهای بتن برپایه پلی کربوکسیلات اتر معرفی شده که دارای ساختار متفاوتی بوده ,و اثر متفاوتی را در روانی بتن و حفظ روانی بتن نشان می دهد.در ساختار این ماده از ترکیب جدیدی استفاده شده و به شکل قابل توجهی ازافت اسلامپ بدون اثر کاهشی در مقاومت های سنین کم جلوگیری مینماید. و به عنوان ماده افزدونی مناسبی در تولید بتن های خود تراکم مورد استفاده قرار میگیرد. استفاده از مواد شیمیایی دیرگیر کننده جهت جلوگیری از افت اسلامپ اثر کاهشی در مقاومتهای سنین پایین دارند ولی در ترکیب این نوع ماده؛ این عارضه مرتفع شده است.

اطلاعات فنی وتخصصی پلی کربوکسیلات اتر منحصرا در اختیار تولید کنندگان تکنولوژی این ماده می باشد و هدف این مقاله ایجاد دید وسیع و افزایش اطلاعات فنی در میان **مصرف کننده های این محصول ارزشمند** است که متعاقبا موجب شکل گیری سطح اطلاعات عمومی بالا و فنی و مصرف بهینه این محصول خواهد گردید.

واژه های کلیدی : فوق روان کننده بتن برپایه پلی کربوکسیلات اتر ، خواص بتن ؛ روانی اولیه ، حفظ روانی ، درصد هوا

مقدمه :

بتن یکی از پرمصرف ترین کالاهای جهان می باشد و هر ساله حدود ۷ بیلیون متر مکعب بتن در دنیا تولید و مصرف می شود.جهت تصحیح مشخصات بتن از افزودنیهای روان کننده و فوق روان کننده در بتن استفاده میشود که علاوه بر خاصیت کاهندگی آب ؛ خاصیت حفظ کارایی و روانی ، در بالا بردن کیفیت بتن ؛ مقاومت و نفوذناپذیری بتن نقش موثر وثابت شده ای دارند.

درمقایسه با پلی نفتالین سولفونات و پلی ملامین سولفونات ها ، فوق روان سازهای بر پایه پلی کربکسیلات اتر از گستردگی بیشتری در موارد استفاده بر خوردار شدند وعلت آنرا در قدرت فوق العاده این نوع ماده در میزان کاهش آب ملات سیمان و همچنین افزایش در مقاومت بتن تولید شده باید جستجو کرد.بتن های با نسبتهای آب به سیمان بسیار پایین ، مخلوط با افزودنیهای پوزولان؛ خاکستر بادی ؛خود تراکم و...فقط با افزودن پلی کربوکسیلات اتر قابل دستیابی هستند.

گروه های سولفونات از پلیمرهای پلی نفتالین سولفونات و پلی ملامین سولفونات ها در سطح ذرات سیمان جذب میشوند وباعث ایجاد نیروی دافعه الکترواستاتیک بین ذرات سیمان می گردند.ولی پلیمرهای کربوکسیلیک به دلیل داشتن شاخه های فرعی آب دوست علاوه بر نیروی الکترواستاتیک ، نیروی دفع استریک نیز ایجاد می نمایند که باعث افزایش قدرت دافعه بین ذرات شده و روانی ملات سیمان را در مدت زمان بیشتری نسبت به روان ساز های دیگر حفظ می نماید. [۳]

پلیمر پلی کربوکسیلات اتر به شکلهای مولکولی مختلف وبا مواد شیمیایی مختلفی سنتز می شود. واز این نظر کاملا با ساختار پلی نفتالین سولفونات و پلی ملامین سولفونات ها که عمدتا به یک شکل ساخته میشوند متفاوت است.[۲]

زمانیکه آب به سیمان اضافه میشود ذرات سیمان به طور یکنواخت درآب از هم جدانمی شوند وتمایل به تشکیل توده و آگلومره شدن دارند.ومولکولهای آب درون این توده ها درگیر شده و ملات سیمان خاصیت روانی خود را از دست میدهد. [۱] مکانیسم اثر این ماده در کم کردن آب مورد نیاز بتن در از بین بردن این خاصیت ذرات سیمان در مواجهه با آب می باشد.این مولکولهای پلیمر به سطح ذرات سیمان میچسبند وباعث دفع ذرات از یکدیگر وخنثی شدن اثر آگلومریزاسیون در ذرات سیمان می شوند. وآب به دام افتاده آزاد شده و مخلوط همگنی ایجاد میگردد .وروانی ملات افزایش می یابد.وبدلیل همگن شدن مخلوط و تماس یکنواخت آب با ذرات سیمان ،هیدراتاسیون به شکل یکنواخت انجام میگیرد. [۳]

این مقاله حاوی سه بخش می باشد :

- مقایسه عملکرد پلی کربوکسیلات اتر و سایر روان کننده ها در ملات سیمان
- بررسی ساختار مولکول پلی کربوکسیلات اتر
- افت اسلامپ و کاهش کارایی و روانی بتن

که در هر قسمت محور توضیحات ؛ نحوه اثر بخشی ماده پلی کربوکسیلات اتر در بتن می باشد.

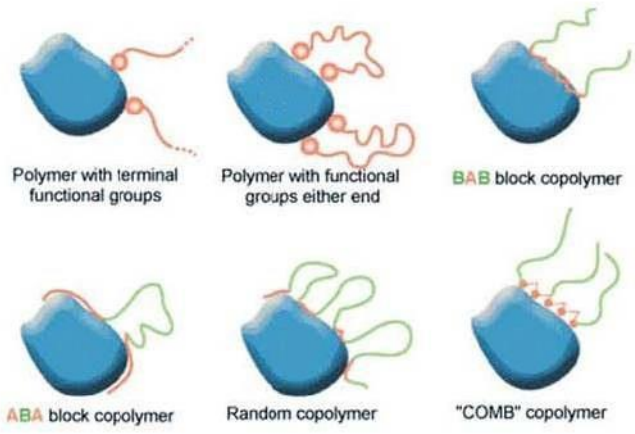
مقایسه عملکرد پلی کربوکسیلات اتر و سایر روان کننده ها در ملات سیمان :

آب مورد نیاز برای واکنش شیمیایی هیدراتاسیون که به صورت صد درصد وارد واکنش میشود ۰/۲ درصد وزن سیمان است[۴] و آب اضافی استفاده شده برای ایجاد روانی وکارایی مطلوب می باشد تا بتوان بتن را در قالب جا داده و مخلوط بتن به طور همگن در قالب جابجا شده و از فضای فشرده بین آرماتورها عبور نماید.روان کننده ها برای دستیابی به همین خاصیت بدون افزودن آب استفاده می شوند .

مولکولهای پلی نفتالین سولفونات و پلی ملامین سولفونات ها دارای گروههای $Na\ So3^-$هستند که در محلول آبی تبدیل به دویون $Na+ , So3-$ میشوند که یون منفی روی مولکول مربوط به پلی نفتالین سولفونات باقی مانده و به دلیل داشتن قطبیت منفی ، برروی ذرات $Ca++$ در سطح ذرات سیمان جذب میشود و زتاپتانسیل ذرات سیمان از 5+ میکروولت به حدود 25- میکروولت تا35- میکرو ولت تغییر می یابد و ذرات سیمان توسط نیروی الکترواستاتیک ازیکدیگر دفع می گردند. و آب محبوس در توده های سیمانی آزاد شده و روانی بتن افزایش می یابد.

زمانیکه یک مولکول ماده جامد که دارای بار سطحی می باشد در یک حلال قرار می گیرد همین بار سطحی باعث ایجاد یک اختلاف پتانسیل الکتریکی بین سطح باردار ماده جامد و حلال می گردد که در اصطلاح علمی به زتاپتانسیل تعریف می گردد. هر چه پتانسیل زتا بیشتر باشد در نتیجه احتمال تشکیل دو لایه الکتریکی روی سطح ذره بیشتر می‌شود و تمایل برای لخته شدن و تجمع کم می‌شود و ذرات ریزتر می‌مانند و تجمع نمی‌کنند و توزیع اندازه ذرات باریک‌تر می‌شود.درواقع در علم شیمی کلوییدی اینطور گفته می شود که پایدار سازی الکترواستاتیکی ایجاد شده است.

ولی دراثرحل شدن مولکلوهای پلی کربوکسیلات اتر درآب؛ پایدارسازی از نوع ایجاد ممانعت فضایی بین ذرات اتفاق می افتد.که در شکل ۱ ؛ شش نوع متفاوت ساختار پلیمرهای پراکنده کننده ذرات یا Dispersant نشان داده شده است که مولکول پلی کربوکسیلات اتر به عنوان یک روان کننده از نوع Comb Type است . [13] [14]



شکل شماره ۱ : ساختار مختلف پلیمر های پراکنده کننده یا اصطلاحا Dispersant

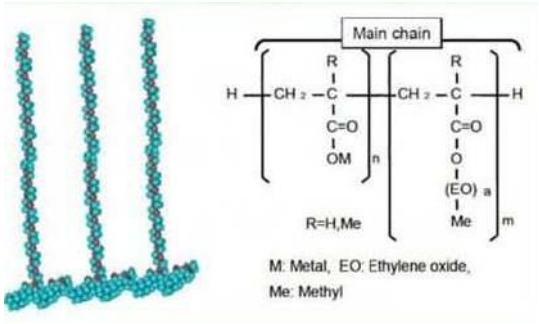
.بررسی ساختار مولکول پلی کربوکسیلات اتر:

مولکول پلی کربوکسیلات اتر یک پلیمر دارای ساختار شانه ای یا همان Comb Typeاست.دارای یک قسمت به نام شاخه اصلی Backboneوقسمتهای دیگری متصل به آن می باشد که اصطلاحا شاخه جانبی یا Side Chainنامیده می شود.این ساختار توسط چندین مرحله فرآیند های شیمیایی کنترل شده تولید می گردد. در شکل شماره ۲ شمای کلی مولکولی این ماده نشان داده شده است. [۵]

نحوه عملکرد فوق روان کننده حاصل از این ترکیب به طول شاخه اصلی ، تعداد وطول شاخه های فرعی ، ومیزان قلیاییت ماده بستگی دارد[13] [14]

این ماده دارای خاصیت قطبی بوده و در محلول آبی۲۰-۲۵ درصد ؛ دارای بیشترین میزان پولاریزاسیون است که نشان دهنده بیشترین میزان انتقال الکتریکی یا همانConductivityمی باشد.

ساختار مولکول پلی کربوکسیلات نیز در توانایی ماده برای ایجاد بیشترین میزان پولاریزاسیون مولکولهای آب نیز موثر می باشد. بهترین ساختار ؛ طول زنجیره اصلی بلند ؛ دانسیته شاخه های جانبی کم و میزان اسیدیته نزدیک به خنثی می باشد.



شکل شماره ۲ : شمای کلی ساختار مولکولی پلی کربوکسیلات اتر

در مولکولهای پلی کربوکسیلات اتر روی شاخه اصلی گروه $Na\ COO^-$ وجود دارد که در محلول آبی به دویون Na^+ و COO^-تبدیل میشود که یون منفی روی مولکول پلی کربوکسیلات اتر باقی می ماند و باعث جذب مولکول پلی کربوکسیلات بر روی ذرات سیمان می گردد.ولی آزمایش زتا پتانسیل نشان میدهد که زتا پتانسیل ذرات سیمان تغییری نمیکند و دفع ذرات از یکدیگر به دلیل شاخه های فرعی متصل به شاخه اصلی است،[11] [10]

جهت بررسی اثر ساختار مولکول پلی کربوکسیلات اتر بر خواص بتن ، سه نوع فوق روانساز برپایه پلی کربوکسیلات اتر در آزمایشگاه سنتز شد و برای بررسی ومقایسه آنها در بتن ، در یک طرح اختلاط ثابت هر سه ماده در دوز مصرف مساوی به بتن اضافه گردید ، طول شاخه های اصلی و فرعی و وزن مولکولی بیشترین توزیع ذره پلیمری در جدول شماره ۱ آورده شده است:

Item	SCL (nm)	MCL (nm)	Mw (10^3g/mol)
PCE1	6.5	16.5	33.1
PCE2	13.2	16.5	40.6
PCE3	16.6	16.5	53.8

جدول شماره ۱ : مشخصات طول مولکولی و وزن مولکولی شاخه اصلی و شاخه های فرعی هر نمونه پلی کربوکسیلات اتر ساخته شده در آزمایشگاه

MCL: Main Chain Length طول شاخه اصلی

SCL: Side Chain Length طو ل شاخه فرعی

Mw: Molecular Weight وزن مولکولی

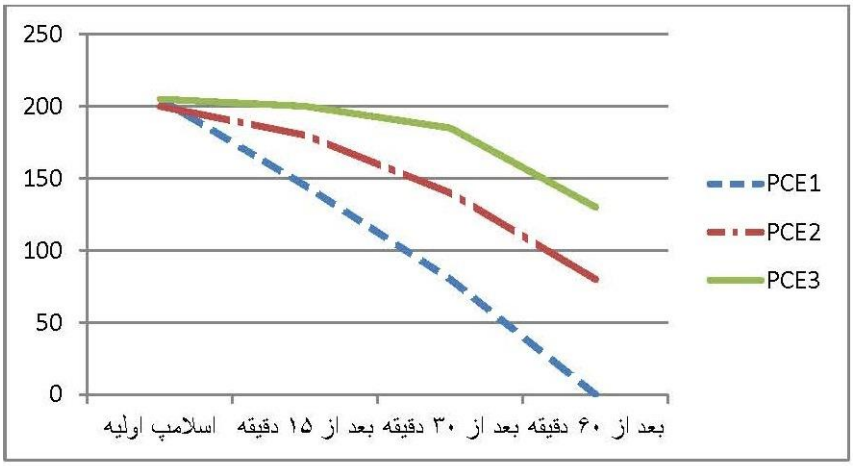
جهت مقایسه میزان کاهندگی آب مصرفی بتن ، ابتدا در یک طرح اختلاط ثابت ؛ میزان کاهش آب توسط هرسه نوع فوق روان ساز تعیین گردید.میزان کاهش آب در مقدار مصرف مساوی برای رسیدن به اسلامپ شاهد محاسبه گردیده است.در جدول شماره ۲ داده های منتجه از آزمایشها آورده شده است.

Item	اسلامپ مخلوط آزمون وشاهد میلی متر	درصد کاهش آب مصرفی
PCE1	۲۰۵	٪۱۹,۸۰
PCE2	۲۰۰	٪۲۱,۲۰
PCE3	۲۰۵	٪۲۱,۳۰

جدول شماره ۲ : مقدار افزایش اسلامپ هر نمونه بتن در مقایسه با بتن شاهد و درصد کاهش آب مصرفی

همانطور که ملاحظه می گردد قابلیت کاهش آب در سه نوع پلیمر ؛ تفاوت قابل توجهی با هم ندارند و میتوان گفت که اختلاف موجود در طول زنجیره مولکولی شاخه های جانبی تاثیر قابل توجهی در قابلیت کاهش آب نداشته است.

درهمان نمونه های بتن ساخته شده قابلیت نگهداری روانی نیز با تکرار آزمایش اسلامپ مقایسه گردید که نتایج نشان دهنده افزایش قابلیت نگهداری روانی متناسب با افزایش طول زنجیره مولکولی شاخه های فرعی می باشد.



نمودار شماره ۱ : اسلامپ اولیه وافت اسلامپ نمونه های بتن ساخته شده با سه نوع پلی کربوکسیلات اتر

همانطور که ملاحظه می گردد قابلیت نگهداری روانی ارتباط مستقیمی با طول زنجیره مولکولی شاخه های فرعی دارد.در واقع هرچه شاخه اصلی وشاخه های فرعی بلندتر باشد ؛ میزان نگهداری روانی بیشتر خواهد شد . ولی در صورتیکه نسبت طول شاخه اصلی به دانسیته شاخه های جانبی از یک حد معینی فراتر رود ؛ قابلیت کاهندگی آب تحت تاثیر قرار گرفته و برای رسیدن به درصد کاهش آب مطلوب مقدار بیشتری از فوق روانساز باید مصرف گردد.

هوازایی در فوق روانساز های برپایه پلی کربوکسیلات اتر ناشی از دو عامل می باشد، اولین عامل خاصیت کاهش دهندگی جذب سطحی مولکولهای کربوکسیلات به عنوان فعال کننده سطحی یا Surfactant(surface active agent) می باشد که ایجاد هوازایی می کنند و عامل دوم خارج شدن آب از داخل آگلومره های سیمان و افزایش میزان آب آزاد بتن می باشد که به خودی خود باعث افزایش هوازایی در بتن می گردد.و بعد از مقایسه هوازایی سه نوع پلی کربوکسیلات اتر نتایج نشان دهنده این است که میزان هوای ایجاد شده در بتن ارتباط مستقیمی با طول مولکولی شاخه های فرعی و اصلی دارد. در جدول شماره ۴ نتایج آزمایش هوای بتن نمونه های بتن تازه نشان داده شده است.

Item	درصد هوای بتن شاهد	درصد هوای بتن با افزدونی
PCE1	٪۱,۹۰	٪۲,۵۰
PCE2	٪۲	٪۳,۲۰
PCE3	٪۱,۹۰	٪۴

جدول شماره ۴ : مقدار هوای ایجاد شده در بتن های ساخته شده با سه نوع پلی کربوکسیلات اتر

البته لازم به ذکر است طبق تجربه حاصل شده از آزمایشات متعدد میزان هوای ایجاد شده متناسب با موارد متعددی است که برخی از آنها عبارتند از : طرح اختلاط و میزان قلیایی سیمان ؛ مقدار سختی وسنگینی آب مصرفی ؛ مقدار سیمان و بلین آن ؛مقدار ماسه طرح و حداکثر اندازه سنگدانه ؛ نسبت آب به سیمان و مدت زمان مخلوط کردن وحمل بتن.

جهت محدود نمودن هوازایی پلی کربوکسیلات ها از De-Foamer یا ضد کف استفاده میگردد.ضد کف ها برپایه مواد شیمیایی مختلفی ساخته میشوند که تشکیل Micelle را در محلولهای آبی توسط مولکولهای فعال کننده سطحی کنترل میکنند.و متعاقبا هوازایی پلی کربوکسیلاتها را کم میکنند.به دلیل متغیر بودن میزان هوازایی پلی کربوکسیلات اتر در بتنهای مختلف ،اکثر تولید کنندگان پلی کربوکسیلات اتر در دنیا؛ ضد کف را به همراه ماده فوق روانساز نیز عرضه میدارند و مصرف کننده به همراه آزمایش هوای بتن تازه ؛ متوسط مقدار مورد نیاز را تعیین می کند.

میزان مصرف بهینه ضد کف با توجه به طرح اختلاط و آب مصرفی و از همه مهمتر انجام حداقل سه بار آزمایش تعیین درصدهوای بتن در کارگاه در حدی تعیین میگردد که کارایی بتن را بیش از حد تحت تاثیر قرار ندهد.

افت اسلامپ و کاهش کارایی و روانی بتن

پدیده افت اسلامپ به دلایل مختلف در بتن اتفاق می افتد؛ مهمترین دلیل شروع هیداراتاسیون سیمان وجذب آب توسط سیمان می باشد و همینطور می توان به جذب آب توسط سنگدانه ها وتبخیر آب نیز اشاره کرد ،

این پدیده خصوصا در سیمانهایی که میزان C3A آنها زیادتر از ۵,۵٪ باشد بیشتر اتفاق می افتد . درواقع رسوب اترینگایت نه تنها باعث جذب آب به دلیل واکنش شیمیایی می شود بلکه به صورت سطحی نیز مولکولهای آب را به خود جذب می نماید.

ولی در بیشتر مواقع نیاز به نگهداری اسلامپ بتن حداقل به مدت ۴۵ دقیقه وجود دارد، که درواقع ناگزیر از استفاده از مواد دیرگیر کننده می باشیم تا هیدراتاسیون را به تاخیر انداخته و نهایتا جذب آب توسط سیمان را به تعویق بیندازیم ، ولی فقط در برخی مواقع خصوصا در بتن ریزیهای حجیم استفاده از فوق روان کننده به همراه دیرگیر کننده ها در جلوگیری از ایجاد درز سرد یا اصطلاحا Cold joint مفید و غیر قابل اجتناب است ،

چو ن دیر گیر کننده ها اتمام دوره Dormant در هیدراتاسیون سیمان را به تاخیر می اندازد [6]و در سخت شدن سیما ن تاخیر ایجاد می کند ولی در بیشتر مواقع علاقمندیم که روانی بتن در مقیاس اسلامپ را برای مدت زمان جا دهی بتن در قالب نگه داریم ولی بعد از جای دادن بتن دیگری نیازی به نگهداری اسلامپ نیست و بهتر است که گیرش بتن هرچه زودتر اتفاق افتاده تا از عوارضی مثل تاخیر در گیرش، آب انداختگی و دررفتن شیره بتن دور بمانیم ولی تاخیر درگیرش از عوارض غیرقابل اجتناب دیر گیر کننده هاست .

درسالهای اخیر تغییرات زیادی در سنتز پلی کربوکسیلات اتر جهت ایجاد قابلیت حفظ اسلامپ طولانی بوجود آمده است.

ازروشهای مختلفی برای ایجاد این قابلیت استفاده میشود.

جهت جلوگیری از افت اسلامپ ، میتوان در ساختار مولکول پلی کربوکسیلات تغییراتی را ایجاد نمود تا از افت سریع اسلامپ جلوگیری شود.

اولین روش ؛ تولید مولکول پلی کربوکسیلات کراس لینک شده است وروش دوم ؛ استفاده از شا خه های جانبی با وزن مولکولی زیاد است تا روند جذب معکوس ، کندتر اتفاق افتاده و اسلامپ بتن دیرتر کاهش یابدو درنهایت روش سوم؛ استفاده از مواد شیمیایی دیگری در ساختار مولکول پلی

کربوکسیلات اتر می باشد که اصطلاحاSlump Loss Control Agentنامیده میشوند و عملکرد یونی کاملا متفاوتی در محلول آبی دارند که باعث نگهداری روانی بتن در طول زمان تا مدت یک تا دوساعت میشوند و ترکیب این محصول با فوق روان کننده پلی کربوکسیلات اتر روند کاهش اسلامپ را کم میکند ،

به این نوع از پلیمر های پلی کربوکسیلاتی اصطلاحا Slump Retention Typeگفته میشود.

وآخرین روش استفاده از کند گیر کننده ها می باشد که یک ماده شیمیایی مجزایی می باشند که به محصول نهایی فوق روان کننده پلی کربوکسیلات اتر در مقادیر معینی اضافه میشوند تا گیرش سیمان وافت اسلامپ را به تاخیر بیندازند.

وهم زمان میتوان هردوروش رابرای کند نمودن افت اسلامپ به کار گرفت.

در یک بررسی آزمایشگاهی جهت مقایسه عملکرد دو نوع سیستم نگهدارنده اسلامپ :اولی برپایه مواد شیمیایی دیرگیر کننده نظیر گلوکونات سدیم و دومی برپایه تغییر در سنتز عادی پلی کربوکسیلات اتر و ساخت نوع Slump Retention Type، دونوع ماده افزودنی , PCE-SG-1 PCE-R برپایه پلی کربوکسیلات اتر تهیه شد.

که در جدول شماره ۵ نحوه ترکیب مواد آورده شده است.

نام ماده افزودنی	مقدار پلی کربوکسیلات از نوع water reducer بر حسب درصد وزنی	مقدار پلی کربوکسیلات از نوع slump retention برحسب درصد وزنی	مقدار ماده دیرگیر کننده بر حسب درصد وزنی	مقدار مصرف برحسب درصد وزن سیمان	درصد مقدار ماده جامد نهایی در هر واحد وزن ماده
PCE-SG-1	٪۵۰	٪۵۰	۰	٪۰,۶۰	۴۰ درصد
PCE -R	٪۹۵	۰	٪۵	٪۰,۶۸	۴۰ درصد

جدول شماره ۵ : نحوه ترکیب مواد پایه پلی کربوکسیلات اتر برای ساخت ئو نوع نمونه نگهدارنده روانی بتن

آزمایش گیرش براساس استاندارد ASTM C403 انجام شد.برای تعیین زمانهای اولیه ونهایی گیرش؛بعد از ساخت بتن ملات آن توسط الک شماره ۴,۷۵میلیمتر خارج شده ؛در ظرف استاندارد متراکم شده ، ونیروی لازم برای نفوذ سوزنهای مختلف به مقدار ۲۵ میلی متر درداخل ملات تعیین می گردد و زمان گیرش از روی منحنی جامد شدن بدست می آید.گیرش اولیه ونهایی به عنوان زمانهایی تعیین شده اند که مقاومت در برابر نفوذ به ترتیب ۳,۵ مگاپاسکال و ۲۷,۶ مگاپاسکال باشد.نسبت اختلاط سیمان و آب و ماسه مطابق جدول شماره ۶ می باشد ونتایج اسلامپ و گیرش درآن آورده شده است.

مخلوط شماره ۲

مخلوط شماره ۱														
Component	%of Cement	SSD (weight)	Mix Ingredient Content	Slump			Setting		Slump			Setting		
				first	30min	60min	Initial	Final	first	30min	60min	Initial	Final	
	%	Kg		mm			min.		mm			min.		
سیمان		320	16	190	200	190	200	320	210	160	110	380	460	
ماسه (۰-۵)	55	1014.37	51.85											
شن نخودی(۵-۱۲,۵)	20	368.86	18.55											
شن نخودی(۱۲,۵-۲۵)	25	461.08	23.06											
آب	0.5	160	6.746											

جدول شماره ۶ : طرح اختلاط بتن و میزان روانی و نگه داری روانی حاصل شده در طول زمان ؛ و زمان گیرش اولیه و نهایی

میزان مصرف هردوماده افزودنی به نحوی تنظیم گردید که اسلامپ اولیه مساوی و نگهداری اسلامپ نیز تقریبا مساوی گردد.

همانطور که در بررسی نتایج ملاحظه می گردد،با وجود اینکه نگهداری حالت روانی بتن در مخلوط اول بهتر است ولی گیرش اولیه وثانویه در مدت زمان سریعتری نسبت به مخلوط دوم اتفاق افتاده است.

ولی درمخلوط دوم با وجود اینکه خاصیت روانی وکارایی بتن افت قابل توجهی داشته است ولی گیرش اولیه و نهایی بتن در زمانهای دیرتری نسبت به مخلوط اول اتفاق افتاده است که میتواند به عنوان تاخیر در گیرش نسبت به آن محسوب گردد.

علت این امر در واقع در نحوه اثر دونوع سیستم متفاوت میباشد. عموم دیرگیر کننده های شیمیایی که بعد از سنتز پلی کربوکسیلات اتر به آن اضافه میگردد در گیرش اولیه و نهایی تاخیر ایجاد می کنند ؛ چون در واقع به لحاظ مولکولی دارای ساختار متفاوتی هستند و بسیاری از آنها با ذرات سیمان وارد واکنش شیمیایی می شوند. [8]واین در حالی است که حالت روانی وکارایی بتن چندان حفظ نشده است و اگر مقدار مصرف به نحوی تنظیم گردد که حالت روانی بتن مساوی با مخلوط اول حفظ گردد ،تاخیر بسیار بیشتری در گیرش سیمان اتفاق خواهد افتاد که عملا مطلوب نیست.

نتیجه گیری :

ماده پلی کربوکسیلات اتر به عنوان فوق روان کننده بتن به شکلهای مختلف و با درصد ترکیب های متفاوتی از مواد شیمیایی خاصی ساخته میشود و هر نوعی از ساختار ؛ وزن مولکولی و طول زنجیره های اصلی وفرعی ؛ خواص متفاوتی را در بتن ایجاد میکنند و می توان سنتز این ماده را به نحوی تغییر داد که بیشترین کارایی متناسب با سیمان و مصالح مورد استفاده در بتن داشته باشد. و در واقع بتوان خواص بتن مورد نیاز را با تغییر در ساختار مولکولی پلی کربوکسیلات اتر بدست آورد.

افت روانی وکارایی بتن در طول زمان ساخت تا زمان اجرا ؛ یکی از بزرگترین مشکلات تولید بتن و خصوصا حمل بتن در فواصل طولانی است ؛ که در نسبت های آب به سیمان کمتر از ۴۵ ٪ ؛ این مساله موانع بزرگتری را بر سرراه تولید بتن با کیفیت بالا و مقاومت بالا ایجاد میکند. و با استفاده از نوع خاصی از کربوکسیلات اتر به نام Slump Retention Type یا اصطلاحا نوع نگهدارنده اسلامپ ؛ می توان از افت روانی وکارایی بتن جلوگیری نموده و بتن با کیفیت بالا و مقاومت بالا تولید نمود.

مراجع :

۱-ماهنامه فن آوری نانو :بهمن ۹۰ ؛ " مروری بر واژه های آگلومره شدن و کلوخه شدن" ؛ ترجمه دکتر محمود صمدپور

2-Effectiveness of Polycarboxylate Superplasticizer in Ultra High-Strength Concrete,Journal of advanced concrete technology,Feb.2009, Japan, Concrete Institute.by Johann Plank,

3-Effect of polycarboxylate superplasticizer on contribution of interfacial transition zone to electrical conductivity of Portland cement mortars ,ACI Material Journal., Aug.2000,by X u , G . ; B e a u d o i n , J . J .

4-Amount of Water Required for Complete Hydration of Portland Cement, ACI, Internation Concrete Research & Information Portal, June2002, by Bryant Mather

5-Zeta Potenthial Theory, Chapter 16 , Zeta sizer Nano Series, NBTC center , www.nbtc.cornell.edu

6-National Concrete Pavement Technology CenterOctober 2007, Doc.(FHWA HIF-07-004)

7- 8th CEMENT/ACI International Conference on Superplasticizer and Other Chemical Admixtures in Concrete " by, V.M.Malhotra

8-Purdue University, JTRP Technical Reports, "Retarders for Concrete and Their Effects on Setting Time and Shrinkage" by Yasuhiko Yamamoto , 1972

9-"Mechanism of Action of Different Superplasticizer for High-Performance Concrete" by S.Collepardi,L.Copplla,R.Troli. and M.Collepardi,1998

10-"A New Admixture for High Performance Concrete" by R.K.Dhir,M.J.McCarthy,1996

11-"Fluidizing Mechanism and Application of Polycarboxylate-Based Superplasticizer" ibidem, by A.Ohta,T.Sugiyama, 1997

۱۲-"Chemical Admixture Today", Proceedings of Second International Symposium on Concrete Technology for Sustainable February - Development with Emphasis on Infrastructure, Hyderabad, India, 27 February, by Mario Collepardi, Enco, Engineering Concrete, Ponzano Veneto ۳ –March (2005) pp. 527-541.

13-" MatSE 280: Introduction to Engineering Materials ©D.D. Johnson 2004, 2006, 2007-08Polymerization Methods", Chapter 4 ,

14-" Basic Principles of Polymer Chemistry (Part I - Chapter 1 in Stevens)" Chemistry Hunter, Youngstown State University Department of Chemistry ,2002