

اثر فوق روان کننده پلی کربوکسیلاتی بر کارایی و مقاومت دراز مدت بتن

علی طالبی^۱، سیاوش یونسی^۲، روح ا. علمی فرد^۳

^۱ کارشناس عمران - مهندسین مشاور بانیان دیماس

Email : info@alitalebi.com

^۲ دانشجوی کارشناسی گرایش خاک دانشگاه آزاد تهران مرکز

Email : siavash_amordad@yahoo.com

^۳ روح ا. علمی فرد - کارشناس عمران

Email : r.elmyfard@gmail.com

چکیده

اگرچه امروزه مشخصاتی از بتن، نظیر پایداری، نفوذ پذیری و پایداری اهمیت ویژه ای پیدا کرده اند اما همچنان مقاومت فشاری بتن به عنوان یکی از مهمترین خواص بتن در نظر گرفته می شود امروزه استفاده از انواع افزودنی های شیمیایی برای افزایش کیفیت بتن، رواج پیدا کرده است. بطوریکه افزودنیها به عنوان ماده چهارم بتن گسترش وسیعی یافته و در برخی از کشورها بتن بدون استفاده از افزودنی ساخته نمی شود. افزودنی را به منظور افزایش کیفیت مطلوب بتن، کاهش نارسایی و یا تغییر بعضی از مشخصه های بتن به آن اضافه می نمایند. از مهمترین این افزودنی ها می توان از فوق روان کننده ها نام برد. عملکرد اصلی مواد افزودنی فوق روان کننده، افزایش کارایی بتن یا ملات و کاهش آب مخلوط بتن و افزایش مقاومت بتن است در این تحقیق اثر فوق روان کننده پلی کربوکسیلاتی بر مقاومت فشاری بتن در دراز مدت مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور چندین طرح مخلوط بتن با نسبت آب به سیمان مختلف، نسبتهای مختلف فوق روان کننده و شرایط متفاوت در نظر گرفته شده است سپس برای هر طرح چند نمونه بتنی منشوری مطابق BS تهیه شده است و در نهایت در عمرهای متفاوت پس از زمان کسب حداکثر مقاومت ۲۸ روزه مورد ارزیابی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: فوق روان کننده بتن، دوام بتن، مقاومت بتن، کارایی بتن

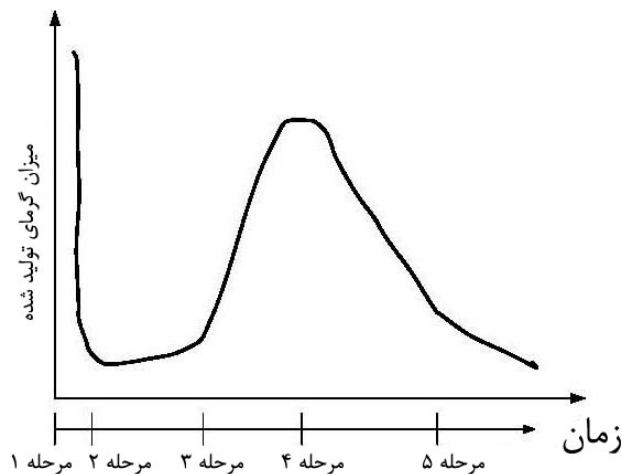
Effect of Carboxylate Super plasticizers on long term Strength of Concrete

Abstract

although today some Concrete characteristics like Sustainability, durability and permeability are in the center of attention but concrete strength is still one of the most important characteristics of concrete. Nowadays we face the extensive use of chemical additives in a way that it is actually the 4th material of concrete and concrete without additives is not allowed in many countries. Additives are used to enhance the quality and characteristics of concrete and one of the most important additives are super plasticizers which reduce water to cement ratio and enhances workability alongside other, durability and strength factors. In this article we have researched mixing time workability and the long time (500 days) strength characteristics of Superplasticized British Standard (15*15 cm) concrete samples.

۱. مقدمه

اگرچه امروزه مشخصاتی از بتن، نظیر پایداری، نفوذ پذیری و پایداری اهمیت ویژه ای پیدا کرده اند اما همچنان مقاومت فشاری بتن به عنوان یکی از مهمترین خواص بتن در نظر گرفته می شود امروزه استفاده از انواع افزودنی های شیمیایی برای افزایش کیفیت بتن، رواج پیدا کرده است. بطوریکه افزودنیها به عنوان ماده چهارم بتن گسترش وسیعی یافته و در برخی از کشورها بتن بدون استفاده از افزودنی ساخته نمی شود. یکی از مواد افزودنی شیمیایی پر کاربرد فوق روان کننده ها می باشند که با افزایش روانی بتن، نسبت آب به سیمان که موثرترین عامل در خواص مکانیکی بتن می باشد را کاهش میدهند. فوق روانکننده ها از طریق کاهش نسبت آب به سیمان میتوانند به افزایش مقاومت، کاهش نفوذپذیری و افزایش دوام بتن کمک نمایند. هدف از این پروژه بررسی نقش این مواد در مقاومت فشاری بتن در دراز مدت می باشد. در این پژوهش اثر فوق روان کننده پلی کربوکسیلاتی بر مقاومت فشاری بتن در دراز مدت مورد بررسی قرار گرفته است.



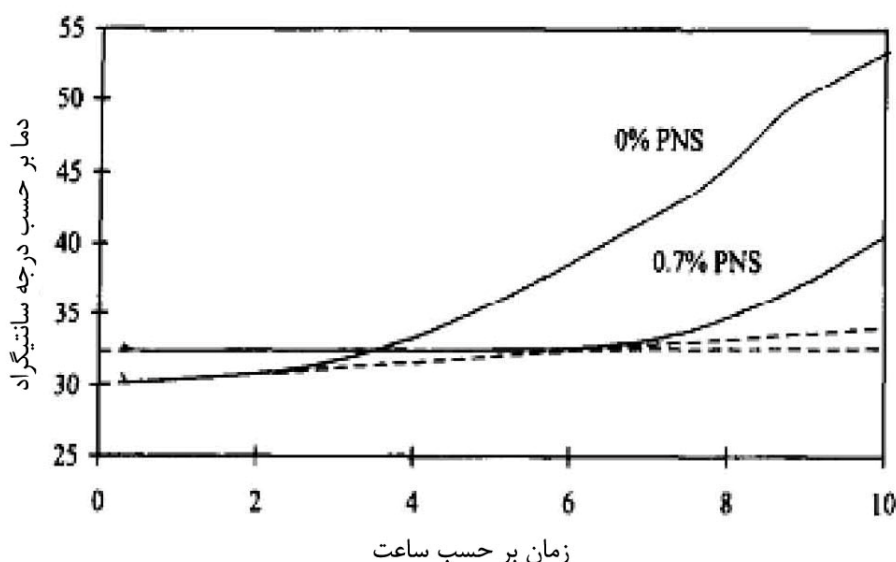
شکل شماره ۱- نمودار مراحل مختلف هیدراسیون سیمان [۱]

۲. فوق روان کننده

فوق روان کننده ها بر اساس الزامات استاندارد ASTM-C494 در دو تیپ A و F و یا براساس استاندارد ۲۹۳۰ ایران ساخته می شوند. باید اشاره کرد این محصولات در کاهش آب بسیار موثر بوده تا جایی که وقتی به عنوان یک کاهش دهنده شدید آب بتن مورد استفاده قرار می گیرند در مقادیر متعارف می تواند تا حدود ۲۰ درصد کاهش در میزان آب مصرفی ایجاد نماید و در مواردی در بتنهای خاص کاهش آب تا ۴۰ درصد نیز ممکن است. خاصیت روان کنندگی این مواد سبب می شود بتنی با اسلامپ زیاد و روان حاصل گردد. همچنین نسبت آب به سیمان کاهش یافته دوام و تراکم بیشتر و کاهش نفوذپذیری را باعث می گردد. [۱]

۳. مکانیسم کارکرد فوق روان کننده ها

بتن مخلوطی با کندروانی بالا متشکل از سیمان پرتلند، آب قابل آشامیدن، سنگدانه ها و افزودنی ها است که بلافاصله پس از اختلاط واکنش شیمیایی سیمان پرتلند با آب آغاز می گردد. واکنش سیمان با آب یک واکنش شیمیایی گرما زا است. در مکانیسم این واکنش، یونهای هیدروکسیل آزاد می شوند که به بالارفتن آنی میزان کلسیم و سیلیکون در مخلوط خمیر سیمان و آب منجر می شود. به این روند اصطلاحاً هیدراسیون گوئیم. وقتی تمرکز نمونه های حل شده به سطوح بحرانی برسد میکرو ساختارهای سیمان و مصالح جامد (ابتدا ماسه) به هم می پیوندند و گیرش شکل می گیرد. گیرش در دونوبت اولیه و ثانویه می باشد. در ضمن به موازات این فرآیندها هیدراسیون می تواند تا سالها ادامه یابد. بطور کلی می توان گفت که وقتی آب به سیمان افزوده می گردد ذرات سیمان بواسطه بارهای الکتریکی به شدت به سمت یکدیگر جذب شده و باعث بالارفتن کندروانی بتن می گردند. برای حل این مشکل معمولاً در ابتدا بالا بردن نسبت آب به سیمان توصیه می گردد تا آب بصورت روانگر در دانه های ماکرو عمل کرده و کندروانی را بهبود بخشد. اما در این حالت این مشکل وجود دارد که بالا بردن نسبت آب به سیمان باعث کاهش مقاومت فشاری نهایی بتن، دوام و دیگر اثرات منفی در بتن گردد. همچنین اگر چه کندروانی در ظاهر و در حالت بزرگ مقیاس و یا ماکرو حل شده است ولی مشکل کندروانی در مقیاس میکرو حل نشده و باعث پخش نامتجانس ذرات سیمان در بتن می گردد. برای حل مشکلاتی اینچنین معمولاً از مواد روانساز استفاده می گردد. مکانیسم کارکرد به این شکل است که این مواد معمولاً حول ذرات سیمان را گرفته و به آنها بار الکتریکی همانم می بخشند و باعث خنثی کردن بارهای الکتریکی کووالانسی می گردند در نهایت بارهای الکتریکی هم نام همدیگر را دفع کرده و باعث لغزیدن ذرات سیمان بر روی یکدیگر می شوند. روان کننده های سنتی شامل خانواده فرم آلدئید نفتالین سولفوناته هستند که به علت وجود روان کننده های بهتر مانند فوق روان کننده های با پایه مواد پلی کربوکسیلات اثر از رده خارج شده اند. روان کننده ها معمولاً با این مکانیسم کار می کنند و تفاوت کیفیت روان کنندگی و کاهش گرانبروی در شدت بار تولیدی و طول استرینگهای مولکولی آنها می باشد. همچنین فوق روان کننده های پلی کربوکسیلات مکانیسم کارکرد ثانویه ای به نام مکانیزم ممانعت فضایی دارند به این صورت که مولکولهای فوق روان کننده از زنجیره های مولکولی طولانی تر تشکیل شده و به همان شکل بصورت ریشه ای به بدنه ذره سیمان می چسبند و فاصله مناسب بین ذرات سیمان را تامین می کند. معمولاً در اثر واکنش هیدراسیون و وپس از اشباع، کریستالیزاسیون طبیعی و در نهایت گیرش اتفاق می افتد. این مواد این فرآیند را به تاخیر می اندازند و می باید سیمان پس از چند ساعت تاخیر نسبت به حالت بدون افزودنی فرآیند خود را آغاز کند. [۲]



شکل شماره ۲- اثر فوق روان کننده ها بر روی هیدراسیون سیمان (جولیکوئور ۱۹۹۸) [۱]

۴. پلی کربوکسیلات اتر

یا پلیمرهای شانه ای نیز نامیده میشوند، این ترکیبات بر عکس نفتالین و ملامین فرمالدهید سولفوناته که عمدتاً از یک ساختار واحد تشکیل شده‌اند، خانواده ای از محصولات با ساختارهای شیمیایی متفاوت هستند شاکله پلیمری تشکیل دهنده این ترکیبات بر پایه پلیمریزاسیون آکریلیک اسید بوده که میتواند با گروههای مونومری دیگری جایگزین شده و به این ترتیب موجب اصلاح تعداد گروههای کربوکسیلاتی بر روی شاکله پلیمری گردد. گروه کربوکسیلاتی با تشکیل نمک سدیم خنثی شده و با تجزیه یون مثبت سدیم در محیط محلول بار منفی ای به خود میگیرد که نقطه اتصال برای جذب افزودنی بر سطح ذرات سیمان میگردد. میتوان از سایر پلی اترها یا ترکیبی از آنها نیز استفاده کرد و با تغییر میزان n معمولاً در محدوده ۲۰ تا ۸۰ وزن مولکولی را تغییر داد این اقدامات در کنار تغییر تعداد گروههای پلی اتری جایگزین شده در امتداد زنجیره اصلی و تغییر طول این زنجیره، امکان ایجاد محدوده بزرگی از خواص را فراهم میکند. به این ترتیب پلیمر پایه میتواند برای ایجاد خواص متعددی هم چون افزایش مقاومت کوتاه مدت برای صنایع پیش ساختگی یا نگه داشتن زمان کارپذیری در ساخت بتن آماده تنظیم گردد. پلی اتر وظیفه پراکنده کردن ذرات سیمان را بر عهده داشته و این کار را از طریق ایجاد ممانعت فضایی انجام میدهد. مکانیزم غالب در عملکرد افزودنیهای پلی کربوکسیلاتی برای پراکنده کردن ذرات سیمان از طریق ممانعت فضایی بوده در حالی که در افزودنیهای با پایه ملامین و نفتالین سولفوناته و هم چنین لیگنوسولفونات اصلاح شده این عملکرد از طریق نیروهای دافعه الکترواستاتیکی صورت می گیرد. [۳]

۵. طرح مخلوط بتن

برای داشتن یک توزیع مناسب در پژوهش، چندین طرح مخلوط بتن با نسبت آب به سیمان مختلف و نسبت‌های مختلف فوق روان کننده در نظر گرفته شد و در هر مخلوط بتن انجام گرفته دو تا سه نمونه مکعبی مطابق آیین نامه ایران تهیه گردید همچنین در ابتدا و انتهای زمان پژوهش دو طرح مخلوط بتن کنترلی و یا شاهد بدون فوق روان کننده در نظر گرفته شده است. در طرح مخلوط بتن بطور کلی غیر از دو مورد، نسبت آب به سیمان ۰.۴ در نظر گرفته شده است. سیمان مورد استفاده از سیمان پرتلند تیپ ۲ کارخانه سیمان تهران و سنگدانه از شن و ماسه شسته کارخانجات تولید شن و ماسه رودخانه ای جاجرود از جنس نهشته های آبرفتی سنزوئیکرودخانه جاجرود (مورفولوژی شرق تهران - سازند هزار دره) می باشد. [۴]. همچنین با توجه به آزمایشها پابلوت تعیین درصد بهینه فوق روان کننده، و مطالب منتشر شده در پژوهشهای مشابه و پیشنهاد تولید کننده، درصد ماده افزودنی در بازه بین ۰.۵ تا ۱ درصد حفظ گردیده است. فوق روان کننده های پایه پلی کربوکسیلاتی استفاده شده از تولیدات شرکت فن آوران بتن ایرانیان (فابیر) می باشد. [۵].

همچنین لازم به ذکر است این نمونه ها در فواصل زمانی زیاد از هم و از زمان آزمایش (حد اکثر ۵۰۰ روز) تهیه گردیده و جهت تمرکز بر روی اثر زمان در آزمایشها از تعدد محصولات و شرکتهای تولید کننده فوق روان کننده اجتناب گردیده تا همه نمونه ها حد الامکان با شرایط یکسان ساخت و روا داری مورد ارزیابی قرار گیرند. همچنین جهت کاهش تعداد پارامترها از دیگر ماده های افزودنی یا پوزولانی استفاده نگردید تا تنها رفتار فوق روان کننده مورد ارزیابی دقیق قرار گیرد. لازم به ذکر است که به علت پر عیار بودن بتن و بالا بودن زبری ماسه و با توجه به نمودارهای طرح های مخلوط بتن و فرمول فولر میزان ماسه ۱۰۵۰ کیلوگرم در متر مکعب در نظر گرفته شد. همچنین با توجه به بالا بودن عیار سیمان (تقریبا بالاترین میزان عیار سیمان اجرایی) و پایین بودن نسبت آب به سیمان و در نتیجه شرایط خاص بتن های بدست آمده مانند اسلامپ بسیار کم و یا برشی می توان این پژوهش را همچنین بررسی اثر فوق روان کننده ها در بتن های توانمند با عیار سیمان بالا و نسبت آب به سیمان پایین نیز در نظر گرفت. [۶]

۶. اختلاط و رواداری

نمونه ها همگی در دمای ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتیگراد که محدوده بهینه میانه ۵ تا ۳۲ درجه برای بتن می باشد ساخته و رواداری گردیده اند. همچنین بواسطه پایین بودن نسبت آب به سیمان و جهت داشتن کنترل بهینه بر روی پدیده هیدراسیون و گیرش و جلوگیری از هیدراسیون سرعت یافته همواره سعی گردید که پایین ترین دماهای ساخت و رواداری مورد استفاده قرار گیرد. از موارد مورد توجه در هنگام ساخت یکی اینکه با کاهش نسبت آب به سیمان و افزودن فوق روان کننده میزان جذب آب سیمان تیپ ۲ پوزولانی کاهش پیدا میکند همچنین به همین علتها کارپذیری بتن های مورد آزمایش کاهش یافته و بنابراین نمونه ها اکثرا فاقد اسلامپ مشخص بودند (اندک، صفر یا برشی) بنابراین جهت بدست آوردن تراکم مناسب به جای میز لرزه، همه نمونه ها با ویبراتور میله ای با فرکانس ۵۰ هرتز ویبره و متراکم گردیده اند. نمونه ها پس از خروج از قالب به مدت ۱۴ روز مستغرق در آب قرار گرفته اند در اینجا لازم به ذکر است که به علت امکان حل شدن مواد فوق روان کننده در آب و رسوخ آن به نمونه های بدون روان کننده و یا دارای درصد های مختلف فوق روان کننده نمونه های دارای درصد های متفاوت مواد افزودنی در حوضچه های مختلف نگهداری شده اند. پس از آن تا ۲۸ روز نمونه ها در محیط در بسته و سپس در هوای آزاد نگهداری شده اند. [۷]

"هفتمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران - تهران - ۱۵ مهرماه ۱۳۹۴"



شکل شماره ۳-اسلامپ صفر که در اکثر مخلوط بتن های انجام شده بدست آمد



شکل شماره ۴- رواداری اختلاط کنترلی (شاهد) شماره ۷ فاقد روانکننده با دیگر نمونه های فاقد روانکننده

"هفتمین کنفرانس ملی سالیانه بتن ایران - تهران - ۱۵ مهرماه ۱۳۹۴"



شکل شماره ۵- تصویری از نمونه های بتن ساخته و رواداری شده این پژوهش به همراه تاریخ ساخت



شکل شماره ۶- نمونه های در حال آزمایش - در اینجا عدد ۱۲۵ تن نمونه C7-a خوانده می شود

۷. نتایج آزمایش

پس از گذشت زمان نسبتاً طولانی یک تا دو سال از زمان ساخت نمونه ها، مکعب های بتن سخت شده به ابعاد ۱۵ سانتیمتر مطابق آیین نامه ایران تحت آزمایشها تعیین مقاومت فشاری قرار گرفته اند. [۸] آزمایشها در تاریخ ۹۴/۴/۱۳ و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد در آزمایشگاه سایت تحقیقاتی بتن ایران [۹] انجام گرفت ونتایج بصورت زیر حاصل گردید.

جدول شماره ۱- مشخصات طرح های مخلوط بتن و مقاومت نمونه های آزمایش شده

شماره	تاریخ ساخت	عیار سیمان به کیلو	آب به لیتر	w/c	ماسه (۶-۰)	نخودی (۱۲-۶)	بادامی شکسته	نوع روان کننده	روان کننده	آزمایش	عمر به روز	چگالی	تلاش کیلوگرم بر سانتیمتر مربع
C7-a	۹۲/۱۲/۲	۵۰۰	۲۰۰	۰.۴	۱۰۰۰	۶۰۰	۴۰۰	-	۰	۹۴/۴/۱۳	۴۹۸	۲.۳۷	۵۶۴
C7-b	۹۲/۱۲/۲	۵۰۰	۲۰۰	۰.۴	۱۰۰۰	۶۰۰	۴۰۰	-	۰	۹۴/۴/۱۳	۴۹۸	۲.۳۷	۶۴۴
C8-a	۹۲/۱۲/۱۶	۵۰۰	۱۰۰	۰.۲	۱۰۰۰	۶۰۰	۴۰۰	FabC20	۱	۹۴/۴/۱۳	۴۸۴	۲.۳۹	۶۳۶
C8-b	۹۲/۱۲/۱۶	۵۰۰	۱۰۰	۰.۲	۱۰۰۰	۶۰۰	۴۰۰	FabC20	۱	۹۴/۴/۱۳	۴۸۴	۲.۴۱	۶۹۰
C9-a	۹۲/۱۲/۲۶	۵۰۰	۱۵۰	۰.۳	۱۰۰۰	۶۰۰	۴۰۰	FabC20	۰.۵	۹۴/۴/۱۳	۴۷۴	۲.۳۶	۶۵۷
C9-b	۹۲/۱۲/۲۶	۵۰۰	۱۵۰	۰.۳	۱۰۰۰	۶۰۰	۴۰۰	FabC20	۰.۵	۹۴/۴/۱۳	۴۷۴	۲.۳۹	۶۴۴
C10-a	۹۳/۱/۱۵	۵۰۰	۲۰۰	۰.۴	۱۰۰۰	۶۰۰	۴۰۰	CPLUS	۰.۵	۹۴/۴/۱۳	۴۰۲	۲.۳۱	۴۴۴
C10-b	۹۳/۱/۱۵	۵۰۰	۲۰۰	۰.۴	۱۰۰۰	۶۰۰	۴۰۰	CPLUS	۰.۵	۹۴/۴/۱۳	۴۰۲	-	-
C11-a	۹۳/۸/۱۵	۵۰۰	۲۰۰	۰.۴	۱۰۰۰	۶۰۰	۴۰۰	CPLUS	۰.۵	۹۴/۴/۱۳	۲۴۱	۲.۲۷	۴۳۱
C11-b	۹۳/۸/۱۵	۵۰۰	۲۰۰	۰.۴	۱۰۰۰	۶۰۰	۴۰۰	CPLUS	۰.۵	۹۴/۴/۱۳	۲۴۱	۲.۳۳	۶۴۴
C11-c	۹۳/۸/۱۵	۵۰۰	۲۰۰	۰.۴	۱۰۰۰	۶۰۰	۴۰۰	CPLUS	۰.۵	۹۴/۴/۱۳	۲۴۱	۲.۲۷	۳۸۶
C12-a	۹۳/۹/۲۰	۵۰۰	۲۰۰	۰.۴	۱۰۰۰	۶۰۰	۴۰۰	-	۰	۹۴/۴/۱۳	۲۰۶	۲.۳۵	۶۲۲
C12-b	۹۳/۹/۲۰	۵۰۰	۲۰۰	۰.۴	۱۰۰۰	۶۰۰	۴۰۰	-	۰	۹۴/۴/۱۳	۲۰۶	۲.۳۲	۶۰۰
C12-c	۹۳/۹/۲۰	۵۰۰	۲۰۰	۰.۴	۱۰۰۰	۶۰۰	۴۰۰	-	۰	۹۴/۴/۱۳	۲۰۶	۲.۳۳	۵۷۷

• نمونه C10-b در هنگام خارج کردن از قالب از حالت منشوری خارج گردید و قابل استفاده برای آزمایش نبود

۸. آنالیز نتایج

بیشترین عمر نمونه ها مخلوط بتن شماره ۷ و معادل ۴۹۸ روز است که در واقع یک نمونه کنترلی یا شاهد است. و بیشترین مقاومت نیز مربوط به یک نمونه از مخلوط بتن شماره ۸ با عمر ۴۸۴ روز و متعلق به همان دوره زمانی است که با نسبت آب به سیمان نصف نمونه شاهد یا کنترلی و یک درصد وزنی سیمان فوق روان کننده کربوکسیلاتی مقاومت ۶۹۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع را بدست داده است. دو نمونه مخلوط بتن شماره ۹ نیز که در عمر ۴۷۴ روزه مورد آزمایش قرار گرفته اند نیز مقاومت متوسط در حدود ۶۵۰

کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بدست داده اند و با توجه به اینکه نسبت آب به سیمان آنها نسبت مابین نسبت آب به سیمان مخلوط بتنهای ۷ و ۸ می باشد و در عین حال نیم درصد فوق روان کننده کربوکسیلاتی در آنها استفاده شده که آن هم نسبت مابین درصد صفر و یک درصد می باشد تا اینجا به نظر می رسد که درصد افزودنی فوق روان کننده کربوکسیلاتی اثر چندانی بر افزایش یا کاهش مقاومت دراز مدت ۵۰۰ روزه نداشته است. مخلوط بتن شماره نیز ۱۰ که یکی از نمونه های آن در هنگام خارج کردن از قالب از حالت منشوری خارج گردید و قابل استفاده برای آزمایش نبود و دیگری نیز به علت چگالی کم، مقاومت کم بدست داده است را از سیکل آنالیز نتایج کنار می گذاریم. در نهایت به نظر می رسد که مخلوط بتن های ۱۱ و ۱۲ که به ترتیب ۲۴۱ و ۲۰۶ روز عمر دارند و دارای شرایط کاملا یکسان طرح مخلوط بتن می باشند و هر یک سه نمونه بدست می دهند برای یک مقایسه نهایی راهگشا باشند. مخلوط بتن شماره ۱۱ با نیم درصد وزنی سیمان فوق روان کننده کربوکسیلاتی مقاومتهای ۴۳۱، ۶۴۴ و ۳۸۶ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع را بدست می دهد که متوسط آن ۴۸۷ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است.

مخلوط بتن شماره ۱۲ بدون فوق روان کننده کربوکسیلاتی (نمونه شاهد) و با طرح مخلوط بتن و شرایط اجرایی کاملا مشابه مخلوط بتن شماره ۱۱ مقاومتهای ۶۲۲، ۶۰۰ و ۵۷۷ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع را بدست می دهد که متوسط آن ۶۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است. در این مورد این نتیجه حاصل می گردد که استفاده از فوق روان کننده کربوکسیلاتی در مقاومت دراز مدت و به تبع آن پایداری بتن اثر نامطلوب بر جای می گذارد.

۹. نتیجه گیری

به عنوان نتیجه پژوهش حاضر می توان گفت که در بهترین حالت شواهدی دال بر افزایش دوام و مقاومت دراز مدت بتن در اثر استفاده از مواد فوق روان ساز ارائه شده در ایران مشاهده نمی شود. حتی در بعضی موارد مانند آزمایشها این پژوهش که طرح های مخلوط بتن بر اساس شرایط خاص بتن توانمند و نسبت آب به سیمان پایین تهیه شده اند نمونه های دارای فوق روان کننده کربوکسیلاتی از گرانترین نوع در درصد های پهنه، نسبت به نمونه های شاهد کاهش مقاومت از خود نشان می دهند. اگرچه در همین آزمایشها بالاترین مقاومت متعلق به نمونه ای با فوق روان کننده کربوکسیلاتی بود اما بطور کلی جمع بندی آماری نظر اول را تایید می کند. اثرات نامطلوب فوق روان کننده کربوکسیلاتی و یا دیگر مواد شیمیایی می تواند به علت ماندگاری مواد شیمیایی درون بتن و اثر آن بر روی پیوندهای سطح انتقالی ITZ بین خمیر و سنگدانه و یا تداخل کردن با هیدراسیون دراز مدت (که گاهی تا سالیان دراز به طول انجامیده و باعث بهبود مشخصات بتن می گردد) رخ دهد. همچنین مواد شیمیایی باقی مانده در بتن می توانند واکنش هیدروکسید کلسیم اضافی با پوزولانها را سد کرده و مانع از تشکیل پیوندهای مفید CSH در دراز مدت گردند و به این صورت باعث حضور دراز مدت هیدروکسید کلسیم در بتن و افزایش ریسک کربوناسیون گردند. از سوی دیگر در اثر گرمای هیدراسیون در گیرش اولیه و ثانویه مواد افزودنی فرار و ناپایدار شیمیایی تمایل به جابجایی و خروج سریع از جسم بتن دارند و در هنگام خروج ممکن است باعث ایجاد خلل و فرج ناخواسته گردیده و به این صورت احتمال نفوذ نمک ها و گاز کربنیک و سولفاتها را در بتن افزایش دهند. در کل به نظر می رسد که اثرات منفی دراز مدت مواد افزودنی تا کنون مورد توجه کارفرمای دولتی یا خصوصی قرار نگرفته و تا کنون تنها به کارایی اجرایی خاص ماده افزودنی توجه گردیده است و این مسئله باعث شده تا تولید کنندگان نیز به فکر تولید یا وارد کردن محصولی بهتر نباشند. در نهایت پیشنهاد می گردد جهت کم کردن اثرات نامطلوب استفاده از افزودنی های روانساز، میزان فوق روان کننده ها همواره کمتر از نیم درصد وزنی سیمان و با محدودیتهای خاص اعمال شده به پارامترهایی مانند نسبت آب به سیمان، دمای هوا و غیره در نظر گرفته شود.

۱۰. مراجع

- ۱- افزودنیهای شیمیایی بتن - شکرچی زاده، لیبر، دهقان مروستی، پور ضرابی - چاپ اول ۱۳۹۱، انتشارات علم و ادب
- ۲- کنترل هیدراسیون بتن دارای فوق روان کننده با کالریمتری آدیاباتیک جهت تامین زمان دوام در کارگاههای وسیع پهنا - علی طالبی، محمد علی ارجمندی نژاد - اولین کنفرانس روسازی های بتنی
- ۳- بررسی نقش مواد افزودنی فوق روان کننده ها در افزایش مقاومت فشاری و دوام بتن و تاثیر استفاده از آنها در هزینه تمام شده اسکلت ساختمانهای آموزشی - دانشگاه صنعتی سهند - حسن افشین و همکاران
- ۴- آزمایش سنگدانه های مصرفی در بتن - موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران یا ASTM C33 امریکا
- ۵- دفترچه مشخصات فنی فوق روان کننده های پایه کربوکسیلاتی شرکت فن آوران بتن ایرانیان (فابیر)
- ۶- طرح مخلوط بتن های آیین نامه بتن امریکا ACI 211-01- Guide for mix design of concrete
- ۷- آزمایشها و استانداردهای افزودنی های بتن - ASTM C494-12 امریکا
- ۸- آزمایش مقاومت فشاری بتن - موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران یا ASTM C39 امریکا
- ۹- سایت تحقیقاتی بتن ایران - www.Iranbeton.com
- ۱۰- تاثیر روان کننده ها بر کاهش عیار سیمان و کیفیت بتن - هانی هنرمند، موسی کلهری، محسن تدین - اولین کنفرانس ملی بتن