

تاثیر انواع روان کننده و درصد های مورد استفاده بر مقاومت فشاری بتن پودری واکنش زا (RPC)

دکتر رحمت مدندوست^۱، آریین قرناق^۲

۱- دانشیار دانشکده ی فنی و مهندسی، دانشگاه گیلان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش سازه، پردیس دانشگاهی دانشگاه گیلان

E-mail: arian.gharnagh@gmail.com

چکیده:

با گذشت زمان و نیاز بشر به ساخت بتن های با مقاومت بالاتر بر حسب نوع نیاز خود و همچنین بهینه سازی در مصرف مصالح و زمان، مهندسیین رو به ساخت بتن های توانمند آوردند. از جمله این نیاز ها، نیاز به مقاومت فشاری و خمشی بالا تر، مقاومت ضربه ای مطلوب و همچنین تخلخل پایین تر و نفوذپذیری کمتر می باشد. از جمله این مصالح، بتن های پودری واکنش زا منصوب به RPC می باشد که در دهه ی ۱۹۹۰ در آزمایشگاهی در فرانسه مطرح گردید. این نوع بتن دارای شکل پذیری و مقاومت بسیار زیاد است و یک نوع ماده جدید مبتنی بر سیمان پرتلند با مقاومت فشاری بیش از ۱۶۰ مگاپاسکال می باشد. با توجه به شکل پذیری زیاد و جذب انرژی می تواند جایگزین بهتر برای بتن توانمند باشد و از لحاظ ویژگی های سازه ای با فولاد رقابت کند.

در این مقاله تاثیر انواع مختلف روان کننده (پلی کربوکسیلات خنثی نوع ۱، نفتالین سولفونات، پلی کربوکسیلات اصلاح شده (دیگرگیر)، پلی کربوکسیلات نوع ۲) با نسبت های آب به مواد سیمانی یکسان بر مقاومت فشاری این نوع بتن مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس شرایط موجود و درصد های مختلف (۱، ۲، ۳، ۴، ۶٪)، با توجه به روانی مطلوبی که باعث افزایش تراکم و همچنین افزایش مقاومت فشاری نمونه ها می شود، فوق روان کننده ی پلی کربوکسیلات اصلاح شده (دیگرگیر) با درصد مشخصی نسبت به دیگر فوق روان کننده ها تاثیر بیشتری در افزایش مقاومت فشاری داشته است.

واژگان کلیدی: بتن پودری واکنشی، فوق روان کننده، تکنیک های ارزیابی عملکرد فوق روان کننده، مقاومت فشاری بتن RPC

Effect of different super plasticizers used with different percentages on compressive strength of reactive powder concrete (RPC)

Abstract:

By time passing and the human need to build high-strength concrete according to their requirements and optimize the use of materials and time, engineers turned to make high performance concrete. Some of these needs require high compressive and flexural strength, more favorable impact resistance and lower porosity and permeability. Among these materials, reactive powder concrete (RPC) is appointed in the 1990s in a laboratory in France. This type of concrete with high strength and ductility and a new material is based on Portland cement with more than 160 MPa compressive strength. Due to the high ductility and energy absorption it can be a better alternative for high performance concrete and can compete with steel according to structural characteristics.

In this paper, the effect of different types of super plasticizers (Neutral Poly Carboxylate type II, Corrected Poly Carboxylate, Naphthalene Sulfonate, Neutral Poly Carboxylate type I) with the same water to cementitious ratio on concrete compressive strength was evaluated. Based on current conditions and different percentages (1.2%, 2%, 3%, 4% and 6%), due to required fluency which cause increase in density and compressive strength of the samples, super plasticizer Corrected Poly Carboxylate with a certain percentage compared to other super plasticizers has had a greater impact on increasing compressive strength.

Keywords:

Reactive powder concrete, super plasticizers, different percentages of super plasticizers, Compressive strength

۱- مقدمه :

موضوع بتن پودری واکنش زا (RPC) برای معرفی یک نمونه سیلیکافوم سیمانی به همراه فوق روان کننده با نسبت آب به سیمان خیلی پایین در حضور ماسه کوارتزی بسیار ریز (دارای ابعاد ۰,۳ تا ۰,۶ میلی متر) بجای مصالح متداول استفاده شده است. اگرچه با توجه به استفاده از ماسه بسیار ریز به جای مصالح طبیعی، فاکتور سیمان برای بتن پودری واکنش زا بین ۸۰۰ الی ۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد.^[۲۹]

در آیین نامه ASTM C 494 برای مواد افزودنی بتن الزامات خاصی برای کاهش آب ، زمان گیرش، مقاومت فشاری، مقاومت خمشی، دوام و تغییرات ابعادی بتن در نظر گرفته است. ASTM 1017 عواملی شامل اسلامپ، زمان گیرش، مقاومت فشاری، مقاومت خمشی را برای ارزیابی فوق روان کننده ها برای بتن های روان در نظر گرفته است. کتابچه راهنما ACI اجرای بتن بخش 212-3R در مواد افزودنی با اطلاعات در مورد مواد افزودنی، جنبه های ارزیابی، کاربرد های این مواد، معیار های عملکرد، درصد های اجزاء بتن، اثرات آن در بتن تازه و سخت شده و تضمین کیفیت بتن حاوی فوق روان کننده سرو کار دارد. در تمامی این استانداردها معمولاً روش آزمون تصریح می شود.

فوق روان کننده ها در اثر تماس با آب ایجاد بار منفی کرده و پس از جذب شدن بر روی ذرات سیمان مانع از نزدیک شدن این ذرات به یکدیگر می شوند و به این ترتیب در روانی و کارایی بتن موثرند. از طرفی، استفاده از فوق روان کننده ها در بتن نسبت آب به سیمان را بدون از دست رفتن کارایی بتن، کاهش می دهد و در این صورت بتن پر مقاومت و با دوام کافی جایگزین خواهد شد. از این رو توجه به خصوصیات فوق روان کننده ها در سیمان حائز اهمیت می باشد. موضوع بتن پودری واکنش زا (RPC) برای معرفی یک نمونه سیلیکافوم سیمانی به همراه فوق روان کننده با نسبت آب به سیمان خیلی پایین در حضور ماسه کوارتزی بسیار ریز (دارای ابعاد ۰,۱۵ تا ۰,۴۰ میلی متر) بجای مصالح متداول استفاده شده است. اگرچه با توجه به استفاده از ماسه بسیار ریز بجای مصالح طبیعی ، فاکتور سیمان برای بتن پودری واکنش زا بین ۹۰۰ الی ۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب می باشد. در حقیقت مطالعات محدودی بر روی بتن پودری واکنش زا صورت گرفته که به صورت خلاصه در زیر آورده شده است.

۱-۱- اهداف استفاده از افزودنی های شیمیایی کاهنده آب :

۱- برای افزایش کارپذیری بدون افزایش مقدار آب یا کاهش مقدار آب با ثابت نگه داشتن کارپذیری.

۴- برای کاهش جداسدگی دانه ها.

۵- برای بهبود بخشیدن به قابلیت پمپ شدن.

۶- برای تسریع نرخ کسب مقاومت.

۷- برای افزایش دوام.

۸- برای کاهش نفوذ پذیری.

۲-۱- کاربرد روان کننده ها در بتن:

بطور کلی فن آوری بتن با ترم های مختلفی از جمله کارایی و مقاومت تعریف میشود. بتن تازه باید دارای قوامی صحیح باشد تا بتوان در حداقل زمان ممکن آن را در حد لازم متراکم کرد. یعنی بتن باید دارای حداکثر کارپذیری باشد.

نکات مهم:

- ۱- ماده افزودنی های بتن به نحوی باید با بتن مخلوط شود که سریع ترین و یکنواخت ترین توزیع را در مخلوط داشته باشد.
 - ۲- حداکثر راندمان، وقتی حاصل می شود که افزودنی های بتن در مراحل انتهایی اختلاط مصالح، سیمان و آب به آن اضافه شود.
 - ۳- نحوه و مراحل افزودن ممکن است روی زمان گیرش و مقاومت فشاری موثر باشد.
- به علاوه بتن باید بتواند در حداقل زمان تا آنجایی که لازم است کسب مقاومت نماید یعنی بتن باید دارای مقاومت فشاری و دوام کافی نیز باشد.
- قانون اساسی تکنولوژی بتن این است که خواص بتن در وهله اول تماما به نسبت آب به سیمان بستگی دارد. هر چه نسبت آب به سیمان کم باشد، کیفیت بتن (استاندارد و خوب متراکم شده) بهتر است.
- از جمله افزودنی های بتن که در جهت تامین موارد فوق الذکر کاربرد دارد روان کننده ها و فوق روان کننده ها را می توان نام برد.

مطابق طبقه بندی کاربردی ASTM C 494 مواد روان کننده به دسته های زیر تقسیم می شوند:

نوع A: فقط به عنوان کاهش دهنده آب^۱

نوع D: در صورتی که خاصیت کاهش دهنده آب با خاصیت به تاخیر انداختن گیرش^۲ توأم باشد.

نوع E: در صورتی که خاصیت کاهش دهنده آب با خاصیت زودگیرکنندگی همراه باشد.

۳-۱- مکانیزم عمل:

ترکیبات اصلی و فعال روان کننده های بتن، موادی با سطح فعال^۳ هستند که در فصل مشترک دو فاز غیر قابل اختلاط^۴ جمع می شوند و نیروهای فیزیکی-شیمیایی را در این سطح تماس داخلی تغییر می دهند.

این افزودنی با استفاده از ساختار شیمیایی حاصل از اتصال زنجیره های پلیمری بلند باردار، علاوه بر ایجاد بار منفی بین ذرات سیمان، سبب دفع شدن (دور شدن) این ذرات از هم و تثبیت حالت پخش شدگی آن ها و ممانعت فضایی مداوم ایجاد کرده، حباب های هوا نیز

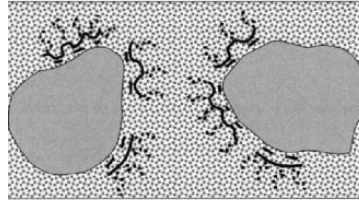
¹Water Reducing Agent

²Set-Retardation

³Surface Active

⁴Immiscible

دفع شده و نمی توانند به ذرات سیمان بچسبند. خصوصیت کاهندگی آب قوی باعث شده که افزودنی های پلی کربوکسیلاتی بطور گسترده ای در بتن های با فاصله ی حمل طولانی مورد استفاده قرار گیرد. شکل زیر مکانیزم اثر این ماده را نشان می دهد.



شکل ۱- مکانیزم عمل فوق روان کننده بر پایه پلی کربوکسیلات اتر

۴-۱- تاثیر روان کننده های بتن روی خواص ملات^[۳] و بتن:

۴-۱-۱- کاهش آب اختلاط^۵

کم کردن آب همراه با ثابت نگه داشتن کار پذیری بطور محسوسی مقاومت مکانیکی بتن را افزایش داده، خطر جداسدگی دانه ها را کم و یکنواختی و تراکم مخلوط را بهبود می بخشد.

میزان کاهش آب در اثر مصرف این نوع مواد افزودنی مشروط بر اینکه اثرات نامطلوبی مشاهده نشود از ۵ تا ۱۵ درصد است. در بسیاری از موارد بخشی از این کاهش ناشی از خاصیت هوازایی^۶ افزودنی های بتن است.

مقدار واقعی کاهش آب بستگی به مقدار سیمان، نوع مصالح سنگی، پوزولان ها و مواد هوازا (در صورتی که در بتن بکار رفته باشد) و شرایط محیطی دارد. بنابراین ساختن مخلوط های آزمایشی برای بررسی و رسیدن به خواص بهینه و مطلوب و در ضمن اطمینان از عدم وجود عوارض جانبی نامطلوب مانند جداسدگی دانه ها، آب آوری^۷ و کاهش کارپذیری با زمان (یا کم شدن اسلامپ) و... ضروری است.

۴-۱-۲- افزایش کارپذیری^۸

کارپذیری مخلوط با به کاربردن روان کننده بتن در حالتی که نسبت آب به سیمان ثابت نگاه داشته شود، بهبود می یابد. میزان تاثیر روان کننده بتن و مقدار مصرف بهینه آن بستگی به عوامل مختلفی که عموماً به طور همزمان عمل می کنند دارد. از جمله ترکیب کانی کلینکر نقش عمده ای دارد بر همین اساس مقدار مصرف بهینه این نوع افزودنی بتن با افزایش مقدار آلومینات ها زیاد می شود.

۲- برنامه آزمایشگاهی:

در این پژوهش سعی شده جهت رسیدن به مقاومت بالا موارد زیر به دقت مورد توجه قرار گیرد:

۱- حذف درشت دانه و در نتیجه حذف (کاهش ضعف) ناحیه انتقال به آن (محل اتصال درشت دانه و خمیر سیمان)

⁵Mixing Water

⁶Air-Entraining

⁷Bleeding

⁸Workability

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

۲- بهینه سازی بافت ریز دانه مخلوط و رسیدن به متراکم ترین حالت

۳- بهبود فرآیند تشکیل ژل CSH در خمیر سیمان با عملیات حرارتی در روزهای نخست عمل آوری (پروراندن بتن)

با توجه به خواص بتن پودری واکنش زا^[۴] و لزوم حرکت به سوی ساخت سازه های با دوام تر و از طرف دیگر بررسی امکان تولید این نوع بتن با استفاده از مصالح موجود، سعی به ساخت و بررسی عوامل موثر فوق روان کننده ها روی ذرات سیمان، نوع فوق روان کننده و همچنین درصد بهینه میزان آن ها بر روی مقاومت فشاری این نوع بتن^[۵] در آزمایشگاه بتن دانشگاه گیلان مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲-۱- مصالح مصرفی

۲-۱-۱- سیمان:

سیمان مورد استفاده در تمامی طرح ها از نوع سیمان پرتلند نوع ۲ هگمتان با درصد نسبتا پایین C_3A می باشد. نتایج آزمایش شیمیایی این نوع سیمان در جدول ۱ آورده شده است.

مشخصات شیمیایی سیمان پرتلند نوع ۲										
C ₃ A	LOI	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	درصد های شیمیایی مقایسه با استانداردها
max8	max3	***	***	max3	Max5	***	Max6	Max6	min20	ISIRI-389
***	Max5	***	***	Max3.5	***	***	***	***	***	EN-197-1 (32.5R)
6.76	1.95	0.44	0.65	2.17	1.55	63.15	3.88	5.03	21.37	سیمان هگمتان

جدول ۱- مشخصات شیمیایی سیمان پرتلند هگمتان، نوع ۲

۲-۱-۲- مصالح ریز دانه :

برای بتن پودری واکنش زا ماسه بسیار ریز با حداکثر سایز ۶۰۰ میکرون استفاده شده است این ماسه به وسیله الک برای ارضای آیین نامه (ASTM 311-02 2002) BS 882/1992 آماده سازی شده است و در جدول ۲ آورده شده است.

دانه بندی نوع ۳	سری الک استاندارد
درصد مانده روی الک	
۰	۲,۳۶ میلی متر
۰	۱,۲ میلی متر
۶۰	۶۰۰ میکرون
۴۰	۳۰۰ میکرون
۰	۱۵۰ میکرون
۰	۷۵ میکرون

جدول ۲- مشخصات دانه بندی ماسه سیلیسی مورد استفاده

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

۳-۱-۲-افزودنی پوزولانی :

دوده سیلیسی مورد استفاده مربوط به شرکت فروسیلیس سمنان بوده که خواص شیمیایی آن در جدول ۳ آورده شده است، الزامات شیمیایی پوزولانی مورد نیاز در ASTM C618 را ارضا می کند.

ترکیبات شیمیایی:

SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	C	L.O.I	رطوبت
%Min	%Max						
۸۵	۱	۲	۱,۵	۲	۳	۳,۵	۱

مشخصات فیزیکی:

شکل	شکل ذرات	اندازه ذرات	دانسیته فله ای (kg/m3)	سطح ویژه (m2/gr)	وزن مخصوص (g/cm ³)
بیشکل (آمورف)	کروی	۰,۲-۰,۳	۲۰۰-۳۰۰	۱۴-۲۰	۱,۹-۲,۳

جدول ۳- مشخصات شیمیایی و فیزیکی میکروسیلیس

۴-۱-۲-افزودنی شیمیایی :

مشخصات فنی پلی کربوکسیلات اصلاح شده (دیرگیر)		مشخصات فنی نفتالین سولفونات	
حالت فیزیکی	مایع	حالت فیزیکی	مایع
نوع	دیرگیر	نوع	خنثی
درصد مواد جامد	بر اساس استاندارد ASTM C 494 (TYPE G)	درصد مواد جامد	بر اساس استاندارد ASTM C 494 (TYPE F)
درصد توصیه شده	۱ تا ۱,۶ درصد وزن سیمان	درصد توصیه شده	۰,۳ تا ۱,۱ درصد وزن سیمان
رنگ	سبز تیره	رنگ	صورتی شفاف
پایه شیمیایی	پلی کربوکسیلات اتر	پایه شیمیایی	نفتالین
وزن مخصوص	۱/۱ گرم در سانتیمتر مکعب در ۲۰ درجه	وزن مخصوص	۱/۰۷ گرم در سانتیمتر مکعب در ۲۵ درجه سانتیگراد
اسیدیته (PH)	۷±۱	اسیدیته (PH)	حدود ۷
میزان کلراید	حداکثر ۵۰۰ ppm	میزان کلراید	-
مقدار نیترات	فاقد نیترات	مقدار نیترات	-

مشخصات فنی پلی کربوکسیلات نوع ۲		مشخصات فنی پلی کربوکسیلات خنثی نوع ۱	
حالت فیزیکی	مایع	حالت فیزیکی	مایع
نوع	خنثی	نوع	خنثی
درصد مواد جامد	بر اساس استاندارد ASTM C 494 (TYPE F)	درصد مواد جامد	بر اساس استاندارد ASTM C 494 (TYPE F)
درصد توصیه شده	۰٫۳ تا ۰٫۷ درصد وزن سیمان	درصد توصیه شده	۰٫۲ تا ۰٫۸ درصد وزن سیمان
رنگ	طیفی از زرد مایل به سبز	رنگ	قهوه ای
پایه شیمیایی	پلی کربوکسیلات اتر	پایه شیمیایی	پلی کربوکسیلات اتر
وزن مخصوص	۱/۱ گرم در سانتیمتر مکعب در ۲۵ درجه سانتیگراد	وزن مخصوص	۱/۰۵ گرم در سانتیمتر مکعب در ۲۵ درجه سانتیگراد
اسیدیته (PH)	۶٫۵	اسیدیته (PH)	حدود ۷
میزان کلراید	حد اکثر ۷۰۰ ppm	میزان کلراید	-
مقدار نیترات	فاقد نیترات	مقدار نیترات	-

جدول ۴- مشخصات فنی فوق روان کننده های مورد استفاده (پلی کربوکسیلات خنثی نوع ۱، نفتالین سولفونات ، پلی کربوکسیلات اصلاح شده (دیرگیر)، پلی کربوکسیلات نوع ۲)

۲-۲- آماده سازی و عمل آوری طرح های اختلاط :

در این پژوهش ۲۸ طرح اختلاط با ثابت نگه داشتن نسبت های مصالح مختلف و با تغییر در نوع فوق روان کننده و همچنین درصد های مورد استفاده آنها مورد ارزیابی قرار گرفت .

بتن با توجه به نسبت های مختلف طرح اختلاط که در جدول ۳ آورد، ساخته شده است. ابعاد قالب استفاده شده در این پژوهش ۷×۷×۷ سانتی متر می باشد.

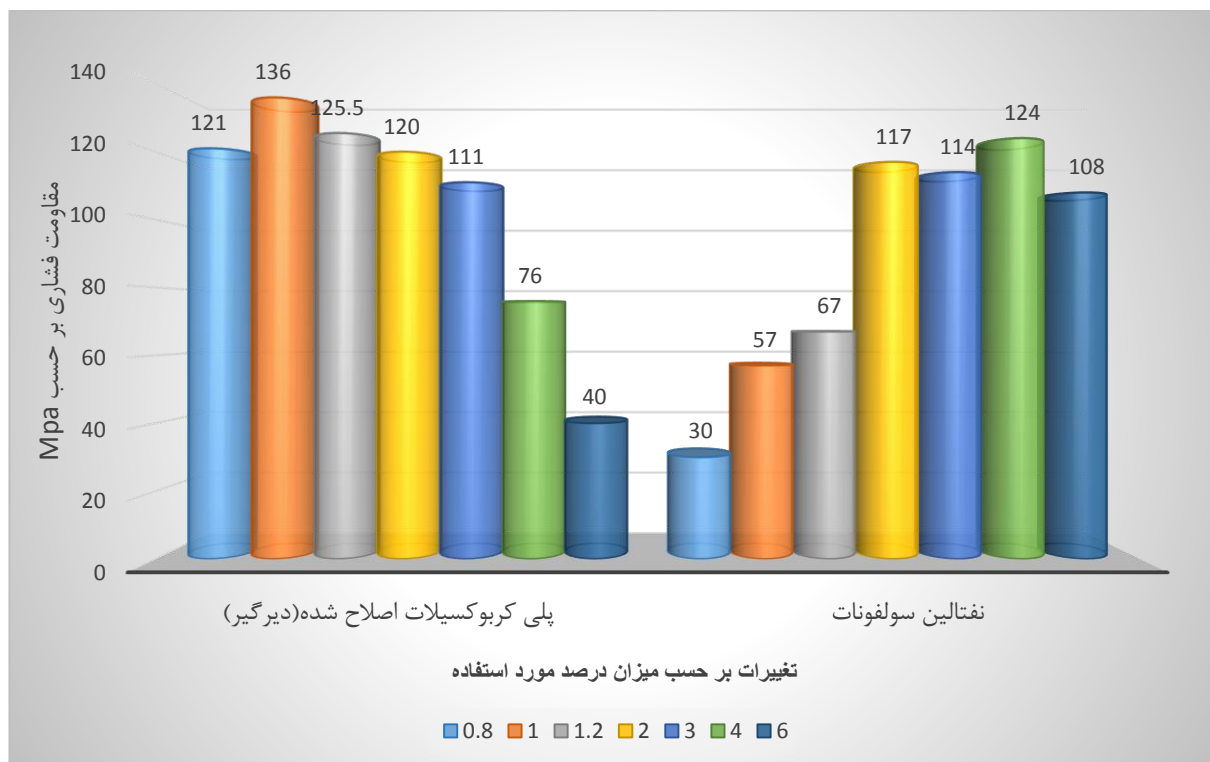
مصالح مانند سیمان، ماسه سیلیسی و دوده سیلیسی را ابتدا به صورت خشک به مدت ۵ الی ۱۰ دقیقه با سرعت کم مخلوط کرده. نصف آب اختلاط را به همراه نصف فوق روان کننده به مخلوط اضافه شده و به مدت ۳ دقیقه مخلوط کرده و در نهایت برای بدست آوردن خمیر مورد نظر مابقی فوق روان کننده و آب را اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت زیاد مخلوط میکنیم. سپس مخلوط در قالب های مکعبی برای ارزیابی مقاومت فشاری ریخته و قالب ها در ۳ مرحله و در هر مرحله با کوبیده شدن پر می شوند و برای مدت ۲۰ ثانیه برای کاهش هوای محبوس شده در بتن، ویبره شده و برای جلوگیری از کاهش رطوبت، با پوشش های پلاستیکی روی قالب پوشانده می شود. قالب ها را بعد از ۲۴ ساعت باز کرده و نمونه ها را در آب با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ روز و بعد از آن تا سن مورد نظر جهت شکستن در دمای معمولی قرار می گیرد. نرخ افزایش دما ۰٫۳۳ درجه سانتی گراد بر دقیقه می باشد. نمونه ها را بصورت تدریجی طی ۶ ساعت بعد از بیرون آوردن از آب گرم خنک کرده تا شک حرارتی به آن ها وارد نشود و بعد در آب بادمای معمولی قرار می گیرد.

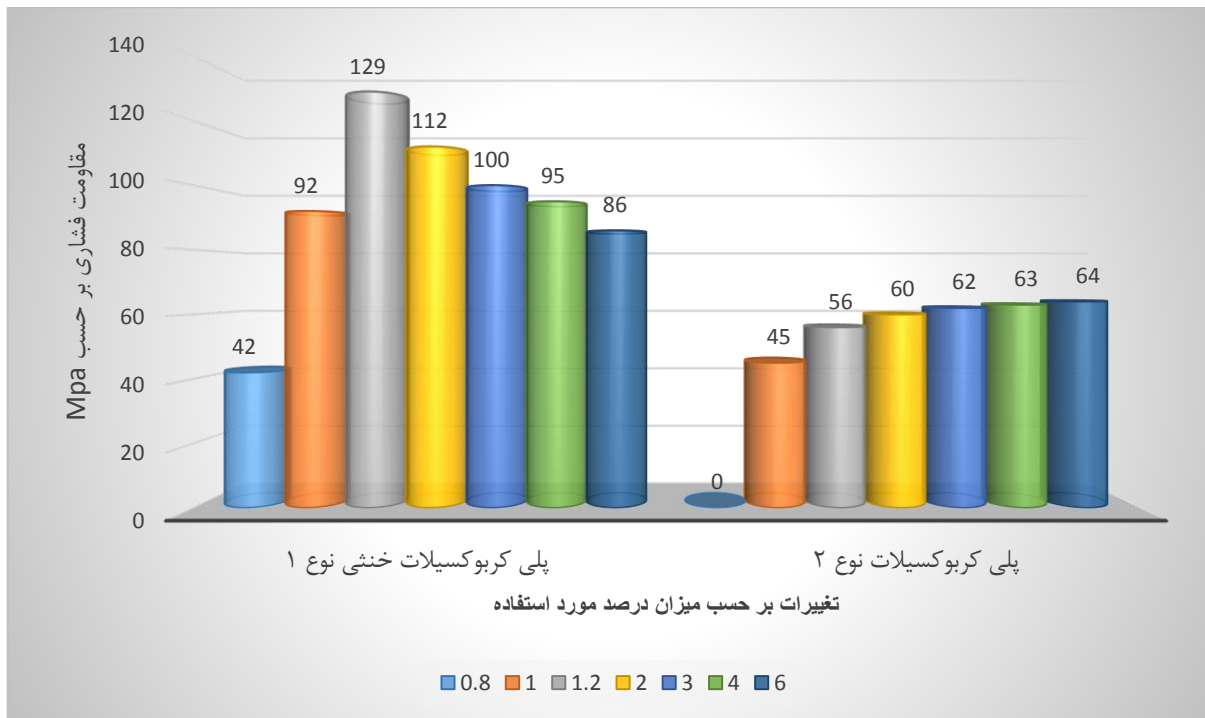
انواع روان کننده ها	شماره طرح	نسبت فوق روان کننده به مواد سیمانی	نسبت سیمان به سنگدانه	نسبت دوده سیلیسی به سیمان	نسبت آب به مواد سیمانی	عیار مواد سیمانی Kg/m3	عیار سیمان Kg/m3
پلیکربوکسیلات خنثی نوع ۱، نفتالین سولفونات، پلی کربوکسیلات اصلاح شده (دیگر گیر)، پلی کربوکسیلات نوع ۲	۱	۰,۸	۰,۶۸	۰,۲۵	۰,۱۶	۱۰۴۷,۳	۸۳۷,۹
	۲	۱	۰,۶۸	۰,۲۵	۰,۱۶	۱۰۴۵,۱	۸۳۶,۱
	۳	۱,۲	۰,۶۸	۰,۲۵	۰,۱۶	۱۰۴۳	۸۳۴,۴
	۴	۲	۰,۶۸	۰,۲۵	۰,۱۶	۱۰۳۴,۳	۸۲۷,۵
	۵	۳	۰,۶۸	۰,۲۵	۰,۱۶	۱۰۲۳,۷	۸۱۹
	۶	۴	۰,۶۸	۰,۲۵	۰,۱۶	۱۰۱۳,۴	۸۱۰,۷
	۷	۶	۰,۶۸	۰,۲۵	۰,۱۶	۹۹۳,۲	۷۹۴,۶

جدول ۵- طرح اختلاط های مورد استفاده در این پژوهش

در این آزمایش تمامی ۱۸ طرح اختلاط ذکر شده، شرایط عمل آوری و نگه داری در تمامی آنها برابر بوده و تنها تفاوت طرح های ذکر شده در میزان درصد مورد استفاده فوق روان کننده می باشد. نمونه ها بعد از بیرون آوردن از آب در فضای آزاد خشک و مورد آزمون مقاومت فشاری قرار گرفتند که نتایج بدست آمده از مقاومت فشاری هر کدام در سن ۲۸ روزه در جدول زیر قابل مشاهده می باشد.

۳- ارایه نتایج:





نمودار ۱- مقاومت فشاری بر حسب تغییرات در درصد فوق روان کننده مصرفی

همان طور که در جدول فوق مشخص شده است، هر یک از فوق روان کننده ها دارای درصد بهینه برای بدست آوردن بیشینه مقاومت فشاری، کارایی و تراکم مناسب می باشد. اما 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 ۳ روز و حتی بیشتر به تأخیر افتاده است، مصرف بیش از حد این مواد لزوماً کارایی و تراکم را افزایش نمی دهد و بنابراین ممکن است مقاومت بتن تازه مورد توجه قرار نگیرد.

طبق نمودار ۱ مشاهده می شود که فوق روان کننده ی پلی کربوکسیلات نوع ۲ به هیچ عنوان گزینه ی مناسبی جهت انتخاب برای ساخت بتن پودری نمی باشد و تغییر در میزان مصرف آن هیچ اثری بر مقاومت فشاری نمی گذارد.

فوق روان کننده ی نفتالین سولفونات رفتار نامطلوبی از خود در برابر درصد های پایین مورد استفاده نشان داده که یکی از دلایل آن می تواند وزن مخصوص نسبتاً پایین آن باشد ولی دلیل عمده ی آن در ریز ساختار این نوع فوق روان کننده می باشد و همچنین مشاهده می شود که به هنگام استفاده بیشتر یعنی حدود ۲ درصد و به بالا، نرخ افزایش مقاومت حالت صعودی به خود می گیرد و در ۴ درصد بیشترین مقاومت فشاری را شاهد خواهیم بود.

فوق روان کننده ی پلی کربوکسیلات خنثی نوع ۱ علی رغم وزن مخصوص پایین تر نسبت به سایر فوق روان کننده های مورد آزمایش، جواب قابل قبولی را در درصد پایین مورد استفاده از خود نشان داد ولی با توجه به افزایش دوز مصرف، نرخ کاهش مقاومت به خوبی مشخص می باشد.

اما به طور کل و با توجه به مطالب فوق و برای دست یابی به مقاومت بالا، کارایی بهتر و تراکم مناسب تر و همچنین مصرف کمتر از فوق روان کننده، فوق روان کننده پلی کربوکسیلات اصلاح شده (دیگرگیر) مورد توجه قرار گرفت که در دوز های مصرف کم، مقاومت قابل قبولی را در نمونه ها شاهد خواهیم بود. البته شایان ذکر است که در صورت استفاده ی بیش از حد این نوع فوق روان کننده (پلی کربوکسیلات اصلاح شده (دیگرگیر)) میزان مقاومت فشاری به طور چشمگیری افت خواهد داشت ولی با توجه به مطالب گفته شده و تمایل به مصرف کمتر فوق روان کننده، می توان پلی کربوکسیلات اصلاح شده (دیگرگیر) را به عنوان گزینه ی مناسبی از میان موارد مورد آزمایش معرفی کرد.

۴- نتیجه گیری :

میزان افزایش مقاومت در نمونه های حاوی فوق روان کننده ی پلی کربوکسیلات اصلاح شده (دیگرگیر) در حضور درصد کمتر مورد استفاده که مد نظر مهندسين می باشد، رشد محسوسی داشته و همچنین این افزایش را می توان به ریز ساختار های این نوع فوق روان کننده نسبت داد که واکنش های شیمیایی میان آن و اجزای متشکل بتن پودری نظیر سیمان و میکروسیلیس منجر به افزایش مقاومت فشاری بتن RPC با درصد مورد استفاده کمتر فوق روان کننده ی پلی کربوکسیلات اصلاح شده (دیگرگیر) که برابر ۱ درصد می باشد، شده است.

نکته ی مهم علاوه بر میزان درصد بهینه ی فوق روان کننده، انجام واکنش های شیمیایی گوناگون بین آن و مصالح مورد مصرف در بتن پودری می باشد که باعث شده فوق روان کننده ی مذکور بتواند با درصد استفاده ی کمتر، کارایی مورد انتظار را فراهم آورد.

۵- منابع:

- [1] Adeline, R. & Cheyrezy, M. 1998. The Sherbrooke Footbridge: the first RPC structure, FIP 98, Amsterdam, May.
- [2] Richard, P; Cheyrezy, M.H; Reactive Powder Concretes with High Ductility and 200-800 MPa Compressive Strength, Concrete Technology: Past, Present, and Future, Proceedings of the V. Mohan Malhotra Symposium, ACI SP-144, S. Francisco, pp. 507-518. Editor: P.K. Mehta, 1994.
- [3] Collepardi M. et al, "Influence of superplasticizer type on the compressive strength of Reactive powder mortars", ACI SP 173-27, 1997.
- [4] Collepardi S., Coppola L., Troli R., Collepardi M., "Mechanical properties of modified reactive powder concrete", Proceedings of the Fifth conference on superplastizers and other chemical admixtures in concrete, ACI publication SP-173, Rome, Italy, Pp. 1-21, 1997.
- [5] Collepardi S., Coppola L., Troli R., and Zaffaroni P.; 1999 "Influence of the Super Plasticizer Type on the Compressive Strength of Reactive Powder Concrete for Precast Structures", Published by: Congress International BIBM' 99 Venezia, 25-28 Maggio .