

بررسی آزمایشگاهی تأثیر میکرو نانو حباب^۱ در حضور فوق روان کننده بر زمان گیرش و مقاومت فشاری ملات سیمان

علی ترکی^۱، سید فضل الله ساغروانی^۲، جلیل شفائی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه های هیدرولیکی دانشگاه صنعتی شاهرود

۲- دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شاهرود

۳- استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شاهرود

Alitorki89@gmail.com

چکیده

یکی از جدیدترین نوآوری های فناوری نانو استفاده از میکرو نانو حباب ها (میناب) به عنوان جایگزین آب در بتن می باشد. استفاده از میناب به عنوان جایگزین آب مصرفی در بتن می تواند در خصوصیات بتن اثرات ویژه ای داشته باشد. که بعضا این اثرات می تواند در جهت بهبود یا تضعیف خصوصیات بتن سخت شده و بتن در حالت خمیری باشد. با توجه به مشخصات فوق روان کننده ها، استفاده از آن ها می تواند نقش موثری در کاهش اثرات بعضا منفی میناب در خصوصیات بتن داشته باشد. در این پژوهش به منظور بررسی اثرات جایگزین میناب با آب در بتن در حضور درصد های مختلف فوق روان کننده در مرحله ی اول تأثیر میناب بر زمان گیرش، جریان ملات سیمان و مقاومت فشاری ملات سیمان بررسی می گردد. بدین منظور تعداد ۱۶ نمونه آزمایشگاهی سوزن ویکت، ۴۸ نمونه آزمایشگاهی ملات فشاری سیمان و ۱۶ نمونه جریان ملات سیمان به ترتیب به منظور بررسی زمان گیرش، مقاومت فشاری و جریان سیمان با درصد های مختلف فوق روان کننده بر پایه پلی کربوکسیلات اتر (۰.۵، ۰.۹ و ۱.۴) در حضور و عدم حضور میناب آزمایش شد. نتایج نشان می دهد که فوق روان کننده باعث شد زمان گیرش افزایش چند ساعته بیاید و فوق روان کننده توانست کاهش جریان ملات سیمان با میناب را بهبود بخشد. همینطور مقاومت فشاری با میناب نسبت به آب در سنین ۷ و ۲۸ روز افزایش داشت. مقاومت فشاری ملات سیمان با میناب در حضور فوق روان کننده نسبت به ملات سیمان با آب در حضور فوق روان کننده در سنین ۷ و ۲۸ روز افزایش داشته است که بیشترین مقاومت در ۰.۵ درصد فوق روان کننده رخ داد که در سن ۷ روز ۲۱ درصد افزایش و در سن ۲۸ روز ۱۰ درصد افزایش داشتیم.

کلمات کلیدی: ملات سیمان، مقاومت فشاری، زمان گیرش، میناب

۱. مقدمه

تکنولوژی نانو توسط ریچارد فیمن و مقاله معروف آن در سال ۱۹۵۹ با نام "اتاق های زیادی در کف وجود دارد" معرفی گردید. [۱] نانو تکنولوژی یک شاخه نو ظهور در علم است که در ارتباط با فهمیدن و کنترل کردن مواد در ابعاد نانو می باشد. به طور مثال به مواد در ابعاد بین تقریبا ۱ تا ۱۰۰ نانومتر، نانو مواد گفته می شود. نوآور بودن فناوری نانو به طور چشمگیری، نوآوری فناوری سایر صنایع را نیز تحت تأثیر قرار می دهد. این امر فناوری نانو را به یک فناوری عام تبدیل می کند که در آن دگرگون سازی خلاقانه وجود داشته و نوآور بودن بسیار حایز اهمیت است [۲]. در صنعت ساخت و ساز طیف وسیعی از مواد

^۱ میناب

مورد استفاده قرار می گیرند که بسته به کاربردشان بایستی دارای خواص ویژه ای باشند. پس از موفقیت نانو سیلیس، بسیاری از نانو ذرات برای استفاده در بتن توسعه داده شدند، نانو آلومینا، نانو لوله کربنی و پلی کربوکسیلات و نانو کائولین و میناب^۲ از نمونه نانو موادی مصرفی در بتن هستند. برای بهبود کیفیت بتن سخت شده، کاهش نسبت آب به سیمان از ابتدای قرن بیستم در دستور کار ساخت بتن پایاتر و مقاومتر و با نفوذپذیری کمتر بوده و می باشد. همواره این کاهش W/C به کاهش کارایی و روانی بتن منجر می شد و تضادی وجود داشت که حل آن در گرو تغییر روش های ساخت و اجرا بود اما تا بکارگیری مواد کاهنده آب (روان کننده) تحول اساسی و عظیمی رخ نداد. استفاده همزمان از چند ماده نانو و فوق روان کننده ها در بتن باعث بهبود مشخصات بتن گردیده است. که در ادامه به مطالعات برخی از پژوهشگران در موارد استفاده از نانو مواد و فوق روان کننده ها می پردازیم.

۱-۲- پژوهش های اخیر:

افزودن نانو سیلیس به بتن موجب افزایش مقاومت فشاری، کششی و خمشی، کاهش زمان گیرش و کاهش نفوذپذیری آب درون بتن و همچنین مقاومت بالاتر در برابر حمله های شیمیایی می شود. آزمایش هایی که بر روی نانو سیلیس انجام شده، نشان داده اند که این ذرات نه تنها برای محیط زیست مشکل ساز نیستند بلکه نتایج بهتری در مقایسه با میکرو سیلیس ارائه می کنند [۳]. در استفاده ۵٪ نانو سیلیس در بتن با عملکرد خیلی بالا، اسلامپ از ۳۳،۷۵ سانتی متر به طور قابل توجهی به ۲۲،۵ سانتی متر کاهش می یابد، که منجر به کاهش کارایی بتن می شود [۴].

السید عبدال رؤف و همکاران در سال ۲۰۱۴ نشان دادند که با اضافه کردن ۰،۴ و ۰،۸ درصد فوق روان کننده ی پلی کربوکسیلیک نسبت به وزن سیمان به ازای صفر تا ۳ درصد نانو سیلیکا مقاومت فشاری افزایش می یابد. [۵].
حبشی و احدیان در سال ۲۰۱۴ نشان دادند ۰،۴ درصد نانو سیلیکا و ۰،۸ درصد فوق روان کننده از مقدار سیمان، مقاومت فشاری و خمشی ۲۸،۷ و ۴۲ روزه بتن افزایش می دهد. [۶]

در سال ۲۰۱۵ شیخ و ساپیت نشان دادند که حضور فوق روان کننده بر پایه پلی کربوکسیلات و نانو رس و نانو سیلیکا مقاومت های اولیه ملات سیمان را ۲۶ تا ۲۸ درصد افزایش می دهد. [۷]
با بهبود بخشی دمایی، با افزایش دما از ۲۵ تا ۴۵۰ درجه سانتی گراد، در استفاده های ۰،۱ و ۰،۲٪ نانو آلومینا در عدم حضور فوق روان کننده، افزایش مقاومت فشاری ۱۰،۸۹٪، ۳۱،۰۳٪ و ۲۰،۳۳٪ و افزایش مقاومت فشاری ۲۵،۲۲٪، ۴۵،۷۴٪ و ۲۸،۴۹٪ در حضور فوق روان کننده بدست آمده است [۸].

طبق آزمایش های نظری و همکارانش، بکار گیری حداکثر ۲٪ nano-Fe₂O₃ در بتن باعث کاهش زمان گیرش اولیه و نهایی بتن و افزایش مقاومت کششی و خمشی آن می گردد. درصد بهینه برای افزایش مقاومت خمشی و کششی ۱٪ است که بیشترین مقاومت را باعث میشود. افزایش مقاومت خمشی بدلیل مصرف سریع Ca(OH)₂ که در طی هیدراتاسیون سیمان پرتلند شکل گرفته است [۹].

طبق آزمایش های انجام شده عارفی و همکاران، با افزودن میناب، اسلامپ بتن کاهش می یابد. مقاومت فشاری، کششی، خمشی بتن افزایش می یابد. و زمان گیرش اولیه و ثانویه سیمان را کاهش می دهد. [۱۰]
در این پژوهش قصد داریم تاثیر همزمان میناب و فوق روان کننده بر پایه پلی کربوکسیلات اتر در سه درصد ۰،۵ و ۰،۹ و ۱،۴ نسبت به وزن سیمان بر مقاومت فشاری ملات سیمان و زمان گیرش بررسی کنیم.

۲. مواد و روش ها:

برای مطالعه تاثیر همزمان میناب و فوق روان کننده یک سری آزمایش در مقیاس آزمایشگاهی طراحی و اجرا شده است و تمامی آزمایش ها در آزمایشگاه بتن و مصالح ساختمانی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شده است. ابتدا آزمایشات با آب معمولی انجام شده سپس با میناب انجام میشود و باهم مقایسه می شود. مواد استفاده شده در این پژوهش به شرح زیر می باشد:

۲-۱-سیمان: سیمان پرتلند تیپ ۲ مطابق استاندارد ۳۸۹ ملی ایران ساخته شده توسط شرکت سیمان شاهرود برای ساخت ملات و خمیر سیمان استفاده شده است.

۲-۲-آب: آب استفاده شده در این تحقیق از آب لوله کشی شهری شهرستان شاهرود می باشد. میناب به روش هیدرودینامیکی توسط Iranian patent #83998 تولید می شود و مورد استفاده قرار گرفت. که مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب و میناب در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات اولیه آب معمولی و میناب

آب معمولی	میناب	موارد اندازه گیری
۲۵،۱	۲۵،۵	دما (°C)
۸،۱۷	۸،۳۴	Ph
۵۳۰	۱۰۶۵	قابلیت هدایت الکتریکی (μs/cm)
۱،۵۴	۲۹،۱۲	کدورت (ntu)
۱،۵۶	۱،۵۷	نیترات (mg/lit)
۱۰۰،۵	۱۰۰،۲	سولفات (mg/lit)
۲۳،۶	۲۳،۷	کلر (mg/lit)

۲-۳- مصالح سنگی: ماسه بکار رفته شده در ملات سیمان سیلیسی می باشد، که عبوری از الک ۳۰ و مانده روی الک ۵۰ می باشد و دانه بندی آن مطابق استاندارد ASTM C778 است.

۲-۴- افزودنی کاهنده آب: افزودنی مورد استفاده از نوع فوق روان کننده^۳ بر پایه پلی کربوکسیلات اثر با وزن مخصوص ۱،۱ کیلوگرم بر لیتر و از افزودنی های نوع G مطابق ASTM C494 و استاندارد ملی ایران ISIRI 2930 می باشد.



شکل ۱- افزودنی کاهنده ی آب

۲-۵- آزمایش های بر روی سیمان: ابتدا با استفاده از استاندارد ASTM C187 غلظت نرمال سیمان هیدرولیکی با نسبت آب به سیمان ۰،۲۵ بدست آمد خمیر سیمان را درست کردیم، سپس براساس استاندارد ASTM C191 زمان گیرش سیمان

^۳ Super plastizer (SP)

اندازه گیری شد و درصد های مختلف از فوق روان کننده را به آن اضافه کردیم. جدول ۲ مقادیر سیمان و آب و فوق روان کننده را برای آزمایش زمان گیرش سیمان نشان می دهد. تعداد نمونه ها برای زمان گیرش ۱۶ می باشد.



شکل ۲- خمیر سیمان در حضور فوق روان کننده
جدول ۲- مقادیر سیمان و آب و فوق روان کننده

مقدار SP (gr)	سیمان (gr)	آب (gr)
0	۶۵۰	۱۶۲،۵
۰،۵ درصد وزن سیمان = ۳،۲۵	۶۵۰	۱۶۲،۵
۰،۹ درصد وزن سیمان = ۵،۸۵	۶۵۰	۱۶۲،۵
۱،۴ درصد وزن سیمان = ۹،۱	۶۵۰	۱۶۲،۵

۲-۶- آزمایش جریان سیمان هیدرولیکی:

تهیه ملات: ملات سیمان طبق روش ارائه شده در ASTM C305 ساخته شد سپس با توجه استاندارد ملی ایران ISIRI 2930 برای کمترین درصد فوق روان کننده ۱۲ درصد کاهش آب در نظر گرفته شد و بقیه درصد های کاهش آب با آزمون و خطا بدست آمد که برای صحت سنجی آن آزمایش جریان ملات سیمان هیدرولیکی با توجه به استاندارد ASTM C1437 انجام شد. جدول ۳ طرح مخلوط ملات سیمان برای آزمایش جریان ملات سیمان در حضور درصد های مختلف فوق روان کننده نشان می دهد. تعداد نمونه ها برای جریان سیمان هیدرولیکی در مجموع ۱۶ می باشد.

جدول ۳- طرح مخلوط ملات سیمان برای آزمایش جریان ملات سیمان

مقدار SP (gr)	درصد کاهش آب	سیمان (gr)	آب (gr)	ماسه (gr)
۰،۰	۰،۰	۵۰۰	۲۴۲	۱۲۷۵
۰،۵ درصد سیمان = ۲،۵	۱۲ درصد	۵۰۰	۲۱۲،۹۶	۱۲۷۵
۰،۹ درصد سیمان = ۴،۵	۲۲ درصد	۵۰۰	۱۸۸،۷۶	۱۲۷۵
۱،۴ درصد سیمان = ۷	۳۵ درصد	۵۰۰	۱۵۷،۳	۱۲۷۵

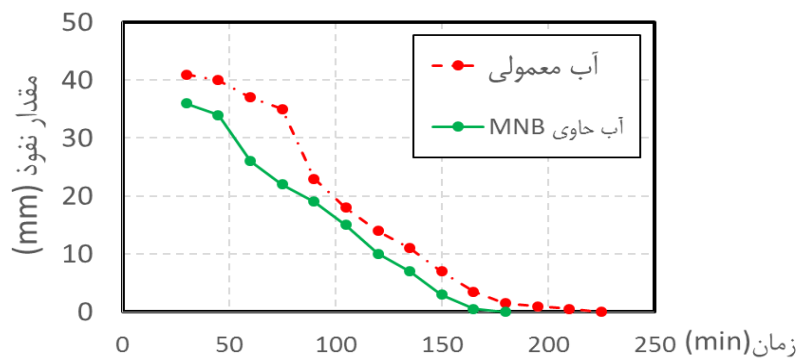
۲-۷- تعیین مقاومت فشاری ملات سیمان: این آزمایش طبق استاندارد ASTM C109 بر نمونه های مکعبی ۵۰ میلیمتری در روزهای ۷ و ۲۸ انجام شده است. نسبت آب به سیمان ۰،۴۸۵ ثابت نگه داشته شده است. نمونه ها توسط جک هیدرولیکی کامپیوتری ساخت شرکت Toni Technic تست شده است. تعداد نمونه در هر مقاومت ۳ تا می باشد که در کل ۴۸ تا نمونه برای این آزمایش ساخته شد. جدول ۴ طرح مخلوط ملات سیمان برای آزمایش مقاومت فشاری نشان می دهد.

جدول ۴- طرح مخلوط ملات سیمان برای آزمایش مقاومت فشاری

مقدار SP(gr)	درصد کاهش آب	سیمان (gr)	آب (gr)	ماسه (gr)
۰,۰	۰,۰	۲۵۰	۱۲۱,۲۵	۶۸۷,۵
۱,۲۵ = ۰,۵ درصد سیمان	۱۲ درصد	۲۲۰	۱۰۶,۷	۷۳۲,۱
۲,۲۵ = ۰,۹ درصد سیمان	۲۲ درصد	۱۹۵	۹۴,۵۸	۷۶۹,۲
۳,۵ = ۱,۴ درصد سیمان	۳۵ درصد	۱۶۲,۵	۷۸,۸۱	۸۱۷,۴

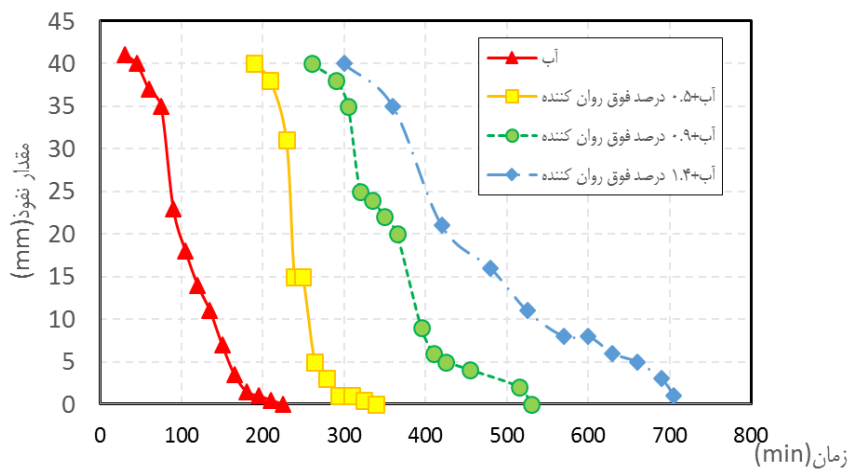
۳. نتایج و بحث:

۳-۱ زمان گیرش: زمان گیرش اولیه خمیر سیمان حاوی میناب حدود ۳۰ دقیقه و زمان گیرش ثانویه حدود ۴۵ دقیقه کاهش یافت (شکل ۳). با اضافه کردن فوق روان کننده زمان گیرش اولیه و ثانویه خمیر سیمان با آب و میناب به سمت جلو پیش رفت و هرچه مقدار فوق روان کننده بیشتر بود این زمان بیشتر بود (شکل ۴ و ۵). در مقایسه میناب و آب در حضور درصد های مختلف فوق روان کننده می توان گفت در درصد های ۰,۵ و ۰,۹ ابتدا اثر میناب عمل می کند و باعث کاهش گیرش سیمان شده است ولی با گذشت زمان این اثر از بین می رود و اثر فوق روان کننده جایگزین آن می شود. اما در درصد ۱,۴ درصد این قضیه برعکس شده و ابتدا فوق روان کننده عمل می کند سپس با گذشت زمان میناب اثر می کند و باعث کاهش زمان گیرش می شود. (شکل ۶)

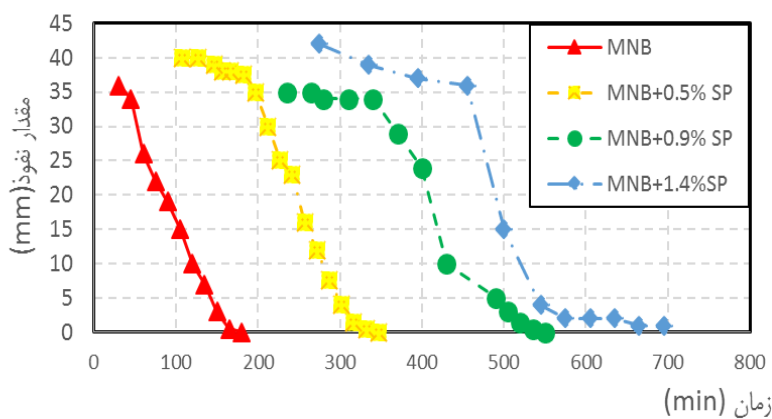


شکل ۳- مقایسه زمان گیرش سیمان حاوی میناب و آب معمولی

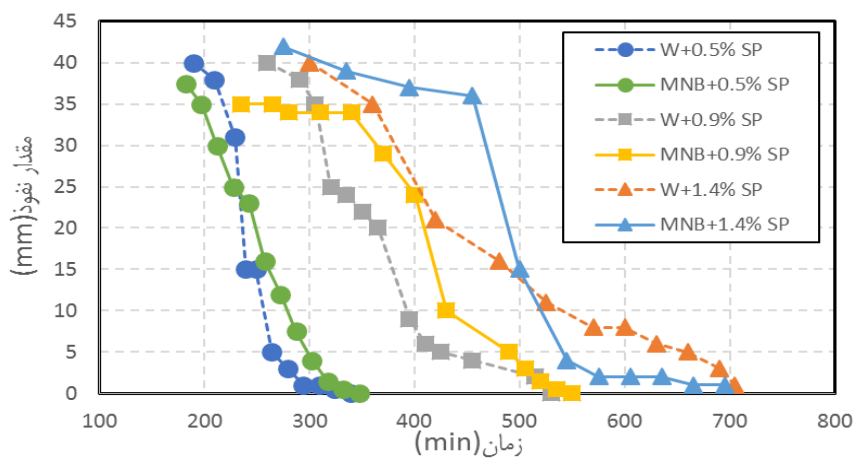
۳-۲ جریان ملات سیمان: در این پژوهش به ازای استفاده از هر درصد از فوق روان کننده مقداری کاهش آب فرض شده است که برای صحت سنجی آن آزمایش جریان ملات سیمان انجام شد. نتایج نشان می دهد این فرض تقریباً درست و قابل قبول است زیرا جریان سیمان در حضور فوق روان کننده تقریباً برابر جریان سیمان بدون فوق روان کننده است. همچنین همانطور که انتظار می رفت میناب جریان ملات را کاهش داد ولی این کاهش را فوق روان کننده بهبود داد. (شکل ۷)



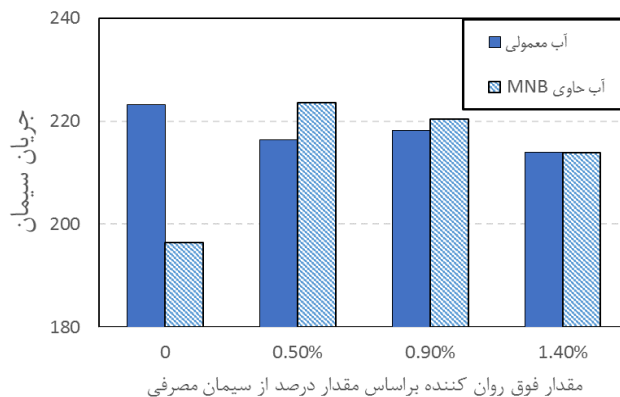
شکل ۴- مقایسه زمان گیرش سیمان با آب معمولی در حضور درصد های مختلف فوق روان کننده



شکل ۵- مقایسه زمان گیرش سیمان با میناب در حضور درصد های مختلف فوق روان کننده

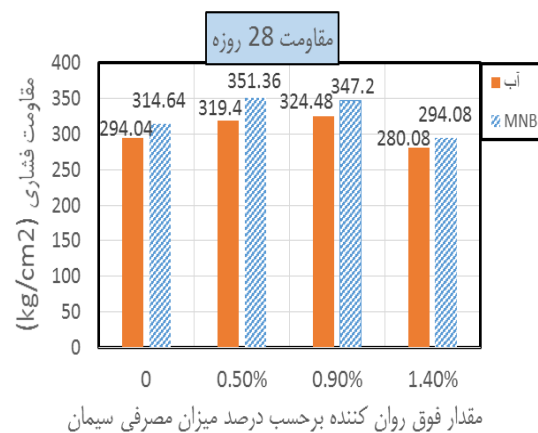
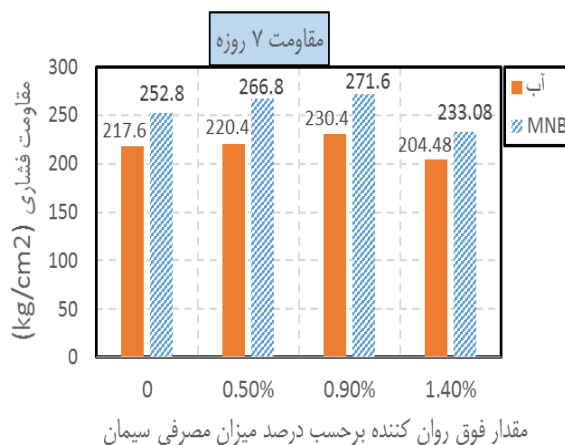


شکل ۶- مقایسه زمان گیرش سیمان با آب و میناب در حضور درصد های مختلف فوق روان کننده

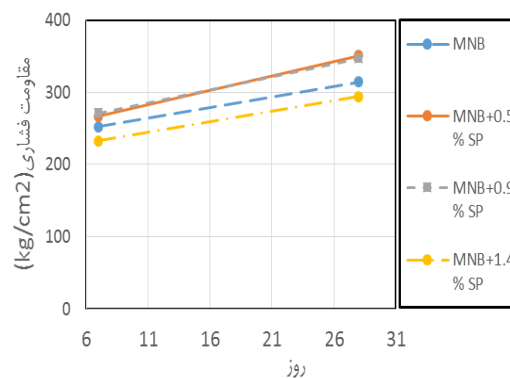
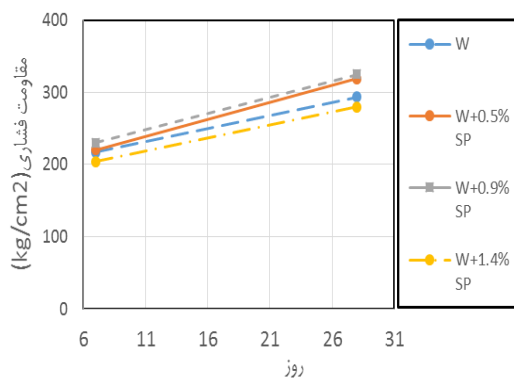


شکل ۷- صحت سنجی مقدار آب کاهش داده شده برای فوق روان کننده

۳-۳ آزمایش مقاومت فشاری ملات سیمان: با توجه به طرح مخلوط ملات سیمان برای آزمایش مقاومت فشاری نتایج نشان داد که حضور میناب در ملات سیمان باعث افزایش مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه ملات سیمان می گردد. همینطور ملات سیمان با میناب در حضور فوق روان کننده باعث افزایش مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه شده است. اما این افزایش مقاومت با گذشت زمان کمتر می شود (شکل ۸). روند کسب مقاومت مقاومت فشاری ملات حاوی میناب و آب معمولی در حضور درصد‌های مختلف فوق روان کننده در شکل ۹ نشان داده شده است.



شکل ۸- مقاومت فشاری ملات سیمان با آب و میناب در حضور درصد‌های مختلف فوق روان کننده در سنین ۷ و ۲۸ روزه



شکل ۹- روند کسب مقاومت فشاری ملات سیمان حاوی میناب و آب در حضور درصد‌های مختلف فوق روان کننده

۴. نتیجه گیری:

در این پژوهش به بررسی اثرات میناب و فوق روان کننده بر بتن، تعدادی نمونه با مشخصات گفته شده در این تحقیق ساخته شده که نتایج نشان می دهد میناب باعث کاهش زمان گیرش اولیه و ثانویه شده که این امر باعث می شود ملات سریعتر خود را بگیرد و سریعتر به مقاومت دست یابد که باعث افزایش مقاومت فشاری ملات در سنین اولیه شده است. این افزایش با مرور زمان کم می شود و اثر میناب کم تر به چشم میاید. همانطور که در نتایج پیداست در سن ۷ روزه مقاومت فشاری ملات سیمان با میناب ۱۶ درصد افزایش نسبت ملات سیمان با آب معمولی داشته است و این افزایش به ۷ درصد در سن ۲۸ روزه کاهش پیدا کرده است.

به دلیل گیرش سریع سیمان با میناب، کارایی و جریان ملات سیمان کاهش پیدا می کند که برای بهبود آن از فوق روان کننده استفاده شد که نتایج نشان داد بیشترین مقاومت فشاری بهینه در ۰.۵ درصد فوق روان کننده با افزایش ۲۱ درصدی در سن ۷ روزه و افزایش ۱۰ درصدی در سن ۲۸ مشاهده شد. در ۰.۹ درصد مقاومت فشاری در سن ۷ روزه ۱۸ درصد افزایش و در ۲۸ روزه ۷ درصد افزایش داشت و همینطور در ۱.۴ درصد مقاومت فشاری به دلیل کاهش شدید سیمان کمتر از حالت بدون فوق روان کننده شد و مقاومت فشاری آن ملات سیمان با میناب در سن ۷ روزه ۱۴ درصد افزایش و ۲۸ روزه ۵ درصد افزایش داشت. این کاهش مقاومت فشاری ۲۸ روزه نسبت به مقاومت فشاری ۷ روزه نشان می دهد که این افزایش مقاومت فشاری به مقدار سیمان هم بستگی دارد هرچقدر سیمان کم باشد این افزایش کمتر بوده و در طی زمان سریعتر این افزایش، کاهش می یابد.

۵. مراجع:

- [1] Feynman R (1960), "There's plenty of room at the bottom", reprint from the speech given at the annual meeting of the West Coast section of the American Physical Society. Caltech Engineering and Science;23:22-36.
- [2] Bae S., Lim J. S., Shin K. M., Kim C. W., Kang S. K., Shin M., (2013) "The innovation policy of nanotechnology development and convergence for the new Korean government.", Journal of nanoparticle research 15.11: 1-15.
- [3] Chong K. P, Garboczi E. J (2002), "Smart And Designer Structural Material Systems", Process in Structural Engineering and Materials, 4(4):417-430.
- [4] Ganesan K.A., (2012), "Strength and water absorption properties of ternary blended cement mortar using rice husk ash and metakaolin", Scholarly Journal of. Engineering Research . 1 (4): 51-59
- [5] Rauof, E. Elkady, H. Ragab, M. "Investigation on Concrete Properties for Nano Silica Concrete by using Different Plasticizers". Civil and Environmental Research, Vol.6, No.9, 2014.
- [6] Habashi, S. Ahadiyan, J. "Effects of Nano-material and R-B super plasticizer on the compressive strength of concrete, Type 2 Portland cement". Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, Vol 3 (4) March 2014: 40-47.
- [7] Shaikh, F. Supit, W. "Effects of Superplasticizer Types and Mixing Methods of Nanoparticles on Compressive Strengths of Cement Pastes". Journal of Materials in Civil Engineering.
- [8] Heikal M, Ismail M.N, Ibrahim N.S (2015), "Physico-mechanical, microstructure characteristics and fire resistance of cement pastes containing Al₂O₃ nano-particles" Construction and Building Materials 91 232-242.
- [9] Nazari, A. Riahi, Sh. Shamekhi, S.F. Khademno, A(2010), "Assessment of the effects of the cement paste composite in presence TiO₂ Nanoparticles", Journal of American Science, vol.6(4), pp.43-46.
- [10] Arefi, A. Saghravani, S.F. Mozaffari, R. (2016) "Mechanical Behavior of Concrete, Made with Micro-Nano Air Bubbles", Civil Engineering Infrastructures Journal, 49(1): 139 - 147