

بررسی اثر نانورس بر روی خواص مکانیکی انواع مختلف ملات سیمان پرتلند تیپ ۵۲

جواد شایگان^۱، محیا روستایی حسین آبادی^۲، علی دلنواز^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشگاه آزاد قزوین، دانشکده عمران

۲- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد قزوین، دانشکده عمران

۳- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد قزوین، دانشکده عمران

E- mail: 1- j_shayegan@yahoo.com

2- mahya_roustaei@yahoo.com

3- alidelnavaz@yahoo.com

کد مقاله: E

کد انجمن: 206E

چکیده

امروزه صنعت سیمان یکی از صنایع کلیدی و حیاتی می باشد. بدین منظور استفاده از مواد و تکنولوژی های جدید از اهمیت فراوان و روزافزونی برخوردار است. نانوتکنولوژی به عنوان یکی از روش های نوین در این صنعت مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. از اینرو، بررسی راهکارها و روش های بهینه و کارآمد به منظور استفاده از نانو افزودنی ها در ملات سیمان جایگاه ویژه ای دارد. نانورس از جمله نانو موادی است که قابلیت چشمگیری در ارتقاء سطح کیفی سیمان نشان داده است.

در این پژوهش اثر ذرات نانورس در بهبود خواص ملات سیمان از جمله زمان گیرش خمیر سیمان، جمع شدگی، مقاومت کششی و فشاری ملات سیمان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که درصد بهینه جهت بهبود خواص مذکور، کمتر از یک درصد وزنی می باشد و همچنین تغییرات مقاومت فشاری و کششی با افزایش درصد نانو ذرات از یک رفتار غیر خطی تبعیت می کند.

واژه کلیدی: زمان گیرش، جمع شدگی، مقاومت کششی، مقاومت فشاری، نانو رس

Investigation on the effect of nano-clay on Mechanical Properties of different type of Portland cement mortar type 2,5

Javad shayegan¹, mahya roustaei², ali delnavaz³

- 1- M.S. Student of Civil Engineering ,Qazvin Azad University, Department of Civil Engineering
- 2- Assistant Professor of Department of Civil Engineering, Qazvin Azad University, Department of Civil Engineering
- 3- Assistant Professor of Department of Civil Engineering, Qazvin Azad University, Department of Civil Engineering

E- mail: 1- j_shayegan@yahoo.com

2- mahya_roustaei@yahoo.com

3- alidelnavaz@yahoo.com

Abstract

Today, the cement industry is one of the key industries and critical. To illustrate the use of new materials and technologies and the increasing importance of great importance. Nano technology as a new method has been regarded by many in the industry. Hence, examining strategies and efficient ways to use nano-additives in cement is a special place. Nano-clay including nano materials that have demonstrated the ability to significantly improve the quality of cement.

In this study, the effect of nano-clay particles to improve the properties of cement mortar including cement paste setting time, shrinkage, tensile and compressive strength of cement mortar was investigated. The results showed that the optimal order to improve the properties, is less than one percent by weight As well as changes in tensile strength and increase the percentage of particles obeys a non-linear behavior.

Keyword: Setting time, shrinkage, Tensile strength, Compressive Strength, nano-clay

از زمان ابداع سیمان پرتلند میزان مصرف آن در جهان همواره رو به گسترش بوده است. در حال حاضر ملات سیمان یکی از پرمصرف ترین مصالح ساختمانی است. از سوی دیگر بشر همواره در پی این بوده تا با افزودن مواد جدید به ترکیب سنتی ملات سیمان مقاومت و دوام آن را بهبود بخشد در چند سال اخیر، فناوری نوظهور نانو امیدهای بسیاری جهت بهبود خواص مواد مختلف در جهان پدید آورده است. از آنجاییکه بسیاری از خواص ملات سیمان به عنوان یک ماده متخلخل از ساختارش در ابعاد نانو نشات میگیرد، امیدهای بسیاری برای استفاده از این فناوری در بهبود خواص ملات سیمان به وجود آمده و تحقیقاتی در این زمینه در کشورهای مختلف در حال انجام است. در این بین نانو رس به عنوان یکی از محصولات فناوری نانو توجه محققان را به عنوان یک ماده افزودنی جدید به خود جلب نموده است.

نانو رس در حقیقت ترکیب (یا کامپوزیتی) از سیلیکات های معدنی هست. بسته به ترکیب و مورفولوژی نانو ذرات (شکل ظاهری مثلا کروی بودن یا مکعبی بودن دو مورفولوژی مختلف هستند) در دسته بندی های مختلفی قرار دارند. نانو رس ها کانی هایی هستند که حداقل یکی از ابعاد آنها در حد نانومتر باشد. این مواد به دلیل ارزانی و در دسترس بودن، توجه زیادی در زمینه فناوری نانو به خود جلب کرده اند، همچنین اندازه کوچک این مواد آنها را قادر ساخته تا بتوانند با مواد دیگر که در این زمینه وجود دارند، رقابت کنند. سطح ویژه ای این نانو در حدود ۷۵۰ مترمربع بر گرم دارند [1].

۲. برنامه آزمایشگاهی ۱, ۲ مصالح مورد استفاده

سیمان مصرفی در این تحقیق از دو نوع سیمان پرتلند تیب ۲ و سیمان پرتلند تیب ۵ کارخانه سیمان تهران میباشد که مشخصات فیزیکی و شیمیایی در جدول شماره ۱ آمده است.

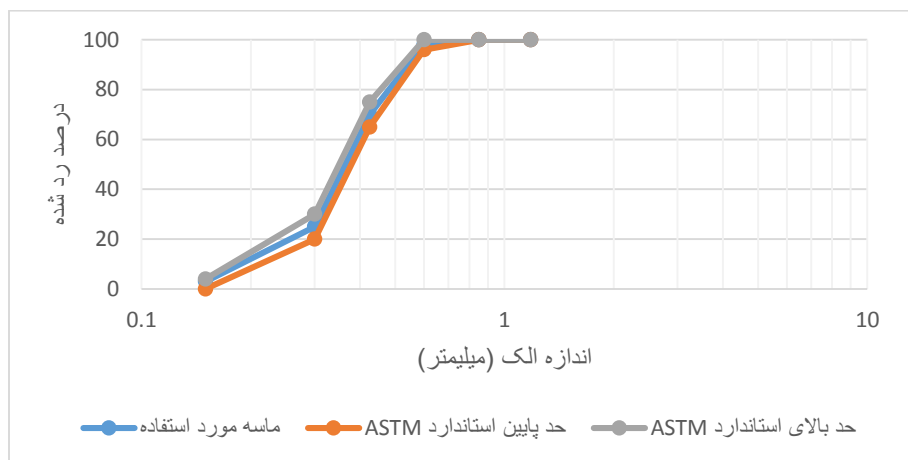
جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی سیمان تیب ۲ و ۵

مشخصه های فیزیکی						مشخصه های شیمیایی						نام مشخصه		
مقاومت فشاری kg/cm^2			زمان گیرش			نسب اتوکلاو %	سطح مخصوص (بلین) cm^2/gr	C_3A %	I.R %	L.O.I %	so_3 %			Mgo %
۲۸ روزه	۷ روزه	۳ روزه	نهایی ساعت	اولیه دقیقه										
>315	>175	>100	<6	>45	<0.8	>2800	<8	<0.75	<3	<3	<3	<5	سیمان تیپ ۲	مقدار در استاندارد ۳۸۹
>270	>150	>85	<6	>45	<0.8	>2800	<5	<0.75	<3	<2.3	<3	<5	سیمان تیپ ۵	

ماسه مورد استفاده در این تحقیق ماسه استاندارد طبق $astm\ c778-06$ بوده که از شرکت تارا بتن تهیه شده است [2]. حدود دانه بندی ماسه استاندارد و ماسه مصرفی در جدول شماره ۲ و همچنین نمودار دانه بندی در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.

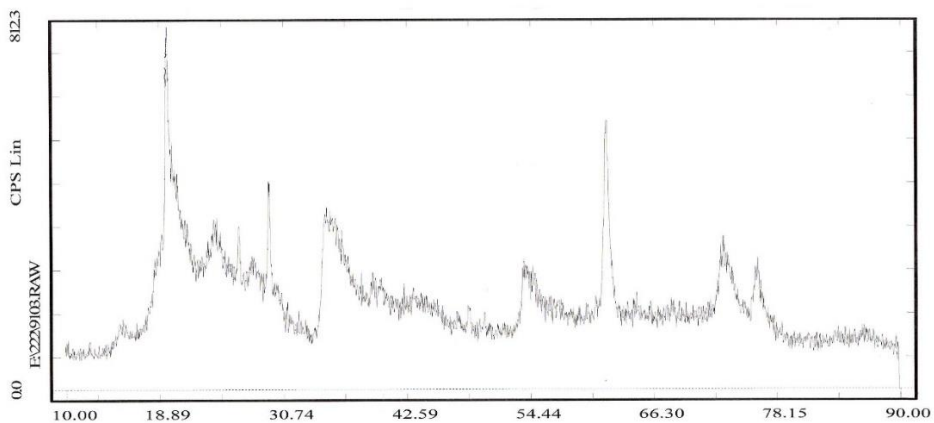
جدول ۲- حدود دانه بندی ماسه

شماره الک	درصد عبوری (astm c778)	درصد عبوری (مورد استفاده)
NO.16	100	۱۰۰
NO20	100	۱۰۰
NO30	96-100	۹۸
NO40	65-75	۷۰
NO50	20-30	۲۵
NO100	0-4	۳



شکل ۱- منحنی دانه بندی ماسه

نانو رس مورد استفاده برای ساخت نانو کامپوزیت ها از نوع Nanolin DK2 بود که با انجام تست پراش پرتو X فاصله بین صفحات لایه ها و فازهای تشکیل دهنده نانو رس مورد استفاده بررسی شد که نتایج این آزمایش در شکل ۲ و جدول ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲- طیف XRD بر روی نانو رس (Nanolin DK2)

جدول ۳ - فازهای تشکیل دهنده نانو رس

Major Phase(s)	Minor Phase(s)	Trace Phase(s)
Montmorillonite (13-0135) Ca _{0.2} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·xH ₂ O	Calcite (05-0586) CaCO ₃	Quartz (33-1161) SiO ₂

2.2 طرح اختلاط

طرحهای اختلاط مورد مطالعه در این پژوهش برای درصدهای مختلف نانو رس طراحی شده و برای هر آزمایش مطابق astm های مربوطه میباشد است. برای اینکه نتایج آزمایش های قابل مقایسه باشد در تمامی طرح ها از نسبت های آب به سیمان و ماسه ثابت استفاده گردیده است. جزئیات طرح اختلاط آزمایش ها در جداول ۴ و ۵ و ۶ ارائه شده است.

جدول ۴ - جزئیات طرح اختلاط های آزمایش مقاومت فشاری

شماره طرح اختلاط	سیمان (%)	نسبت نانو رس به سیمان (%)	نسب آب به سیمان	نسبت ماسه به سیمان
۱	۱۰۰	۰	۰,۴۸۵	۲,۷۵
۲	۹۹,۷۵	۰,۲۵	۰,۴۸۵	۲,۷۵
۳	۹۹,۵۰	۰,۵۰	۰,۴۸۵	۲,۷۵
۴	۹۹,۲۵	۰,۷۵	۰,۴۸۵	۲,۷۵
۵	۹۹,۱۵	۰,۸۵	۰,۴۸۵	۲,۷۵
۶	۹۹	۱	۰,۴۸۵	۲,۷۵

جدول ۵ - جزئیات طرح اختلاط های آزمایش مقاومت کششی

شماره طرح اختلاط	سیمان (%)	نسبت نانو رس به سیمان (%)	نسب آب به سیمان	نسبت ماسه به سیمان
۱	۱۰۰	۰	۰,۵	۳
۲	۹۹,۷۵	۰,۲۵	۰,۵	۳
۳	۹۹,۵۰	۰,۵۰	۰,۵	۳
۴	۹۹,۲۵	۰,۷۵	۰,۵	۳
۵	۹۹,۱۵	۰,۸۵	۰,۵	۳
۶	۹۹	۱	۰,۵	۳

جدول ۶- جزئیات طرح اختلاط های آزمایش جمع شدگی

شماره طرح اختلاط	سیمان (%)	نسبت نانو رس به سیمان (%)	نسب آب به سیمان	نسبت ماسه به سیمان
۱	۱۰۰	۰	۰,۴۸۵	۲
۲	۹۹,۷۵	۰,۲۵	۰,۴۸۵	۲
۳	۹۹,۵۰	۰,۵۰	۰,۴۸۵	۲
۴	۹۹,۲۵	۰,۷۵	۰,۴۸۵	۲
۵	۹۹,۱۵	۰,۸۵	۰,۴۸۵	۲
۶	۹۹	۱	۰,۴۸۵	۲

جدول ۷- جزئیات طرح اختلاط های آزمایش زمان گیرش

شماره طرح اختلاط	سیمان (%)	نسبت نانو رس به سیمان (%)	آب (kg)
۱	۱۰۰	۰	0.182
۲	۹۹	۱	0.182
۳	۹۸	۲	0.182
۴	۹۶	۴	0.182

2.2 ساخت مخلوط

ساخت طرح اختلاط فوق مطابق astm c 305-06 به شرح زیر می باشد [3].

پره و جام خشک را در محل اختلاط درون مخلوط کن قرار میگیرد سپس مصالح لازم برای یک پیمانانه را درون جام ریخته و عمل اختلاط به ترتیب زیر انجام میگیرد.

۱- به جز طرح اختلاط یک، نانو سیمان با مقدار سیمان آن طرح به صورت خشک ترکیب کرده تا مخلوط سیمانی خشک همگنی حاصل شود.

۲- تمام آب اختلاط را درون جام می ریزیم.

۳- مخلوط سیمانی را به آب اضافه نموده سپس مخلوط کن را روشن کرده تا مخلوط را به مدت ۳۰ ثانیه با سرعت آهسته (140 ± 50) دور بر دقیقه) مخلوط نماید.

۴- در حالی که مخلوط کن با سرعت کم کار میکند طی ۳۰ ثانیه تمام ماسه لازم را به آرامی به مخلوط اضافه کنید.

۵- مخلوط کن را خاموش کرده، سرعت را به سرعت متوسط (285 ± 10) دور بر دقیقه) تغییر داده و ۳۰ ثانیه عمل اختلاط را ادامه دهید.

۶- مخلوط کن را به مدت ۹۰ ثانیه خاموش کنید. طی ۱۵ ثانیه اول، سریعاً "خمیر جمع شده در لبه های جام را به درون آن بازگردانید. سپس در مدت زمان باقی مانده درپوش جام را بگذارید.

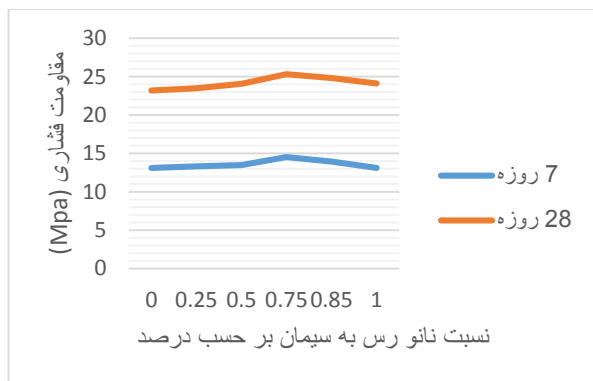
۷- عمل اختلاط را با ۶۰ ثانیه اختلاط با سرعت متوسط (285 ± 10) دور بر دقیقه) خاتمه دهید.

۸- در هر شرایطی که به اختلاط مجدد نیاز باشد، باید پیش از اختلاط مجدد خمیر جمع شده در لبه های جام سریعاً با کاردک به درون آن بازگردانید.

۳. آزمایش ها

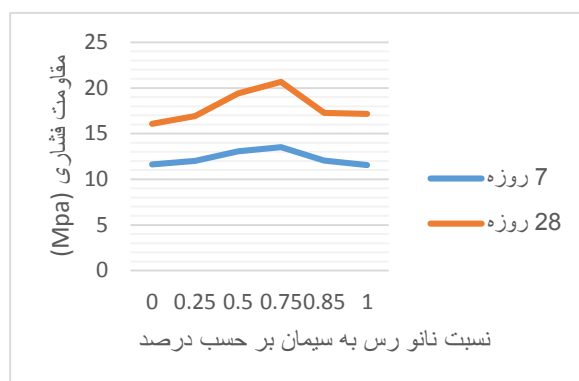
۱,۳ آزمایش مقاومت فشاری

مقاومت فشاری بر اساس دستور العمل ASTM C109 M-08 در سنین ۲۸ و ۷ روز بر روی نمونه های مکعبی ۵۰*۵۰*۵۰ میلیمتری انجام شد. سرعت بار گذاری 900 N/S انتخاب گردید [4]. نتایج مقاومت فشاری آزمونه ها در شکل ۳ و ۴ به شرح ذیل می باشد.



شکل ۴- نمودار نتایج آزمایش مقاومت فشاری

ملات سیمان تیپ ۵

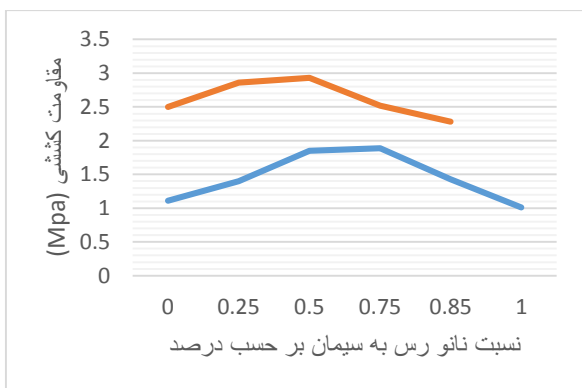


شکل ۳- نمودار نتایج آزمایش مقاومت فشاری

ملات سیمان تیپ ۲

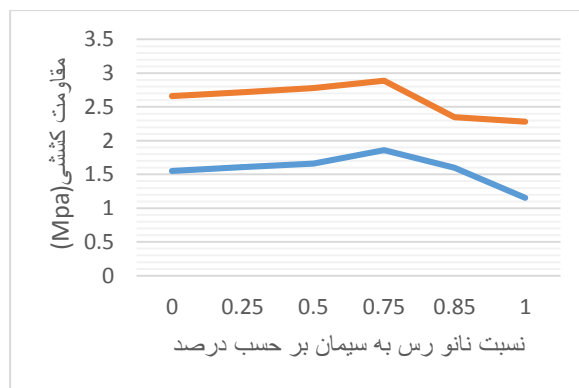
۲,۳ آزمایش مقاومت کششی

مقاومت کششی بر اساس دستور العمل ASTM C190 انجام شد. [5]. در این آزمایش برای ساخت نمونه ها از قالبهای بریکت استفاده شده است. نتایج مقاومت کششی در سنین ۲۸ و ۷ در شکل ۵ و ۶ به شرح ذیل می باشد.



شکل ۶- نمودار نتایج آزمایش مقاومت کششی

ملات سیمان تیپ ۵

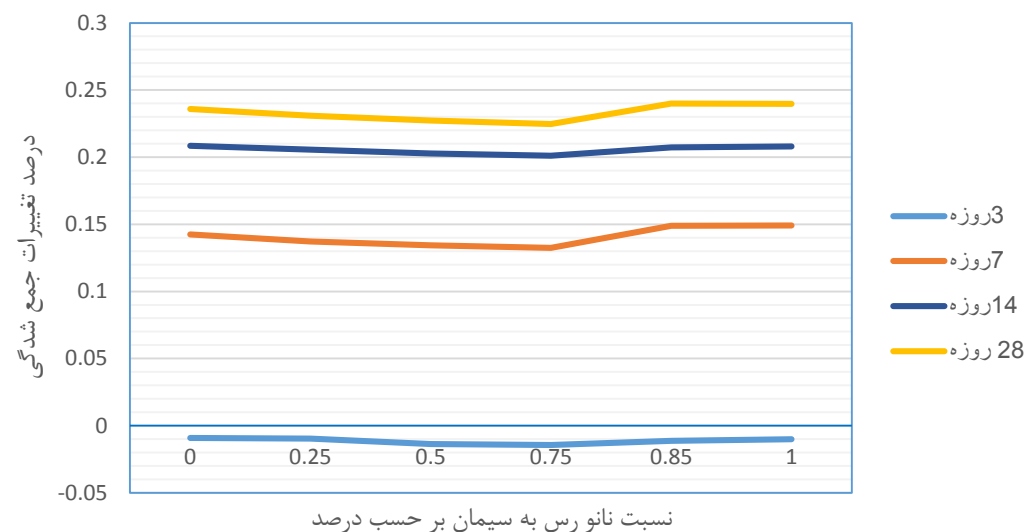


شکل ۵- نمودار نتایج آزمایش مقاومت کششی

ملات سیمان تیپ ۲

۳,۳ آزمایش جمع شدگی

آزمایش جمع شدگی بر اساس دستورالعمل ASTM C596-07 انجام شد [6]. در این استاندارد، برای ملات سیمان و بتن، هر کدام چهار نمونه مورد نیاز است. برای نمونه های ملات سیمانی ابعاد $28 \times 25 \times 25$ میلیمتر در نظر گرفته می شود [7]. نتایج میزان جمع شدگی در شکل ۸ و ۷ به شرح ذیل می باشد.



شکل ۷- نتایج میزان جمع شدگی ملات سیمان تیپ ۲ حاوی درصد های مختلف نانو رس



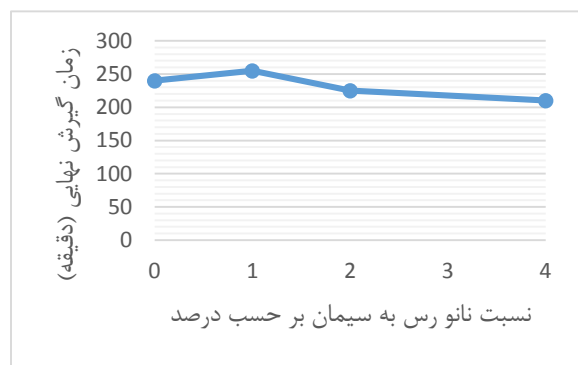
شکل ۸- نتایج میزان جمع شدگی ملات سیمان تیپ ۵ حاوی درصد های مختلف نانو رس

۴,۳ آزمایش زمان گیرش

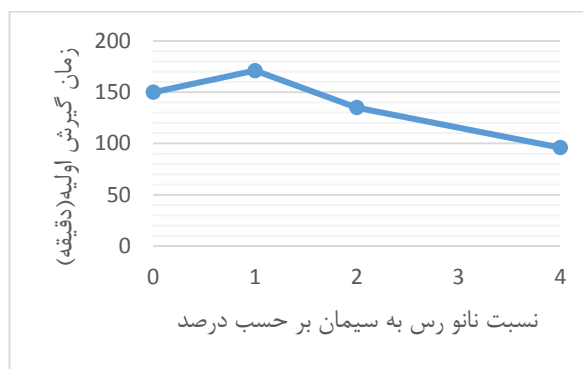
زمان گیرش خمیر سیمان بر اساس دستور العمل ASTM C191-08 انجام شد. زمان گیرش اولیه و یکات بین زمان تماس اولیه سیمان و آب، و زمانی که مقدار نفوذ اندازه گیری و محاسبه شده برابر با ۲۵ میلیمتر است، اتفاق می افتد. زمان گیرش نهایی و یکات، بین زمان تماس اولیه سیمان و آب و زمانی است که سوزن به طور واضح درون خمیر نفوذ نکرده است [8]. نتایج آزمایش زمان گیرش اولیه و نهایی در جدول ۸ و شکل های ۹ و ۱۰ و ۱۱ و ۱۲ ارائه شده است.

نسبت نانو رس به سیمان (%)		۰		۱		۲		۴	
تیپ سیمان		تیپ ۲	تیپ ۵	تیپ ۲	تیپ ۵	تیپ ۲	تیپ ۵	تیپ ۲	تیپ ۵
زمان گیرش اولیه (دقیقه)		۱۵۰	۱۰۱,۲۵	۱۷۱	۱۲۶,۵	۱۳۵	۱۱۱,۴۳	۹۶	۹۷,۵
زمان گیرش نهایی (دقیقه)		۲۴۰	۲۲۵	۲۵۵	۲۵۵	۲۲۵	۲۴۰	۲۱۰	۲۱۰

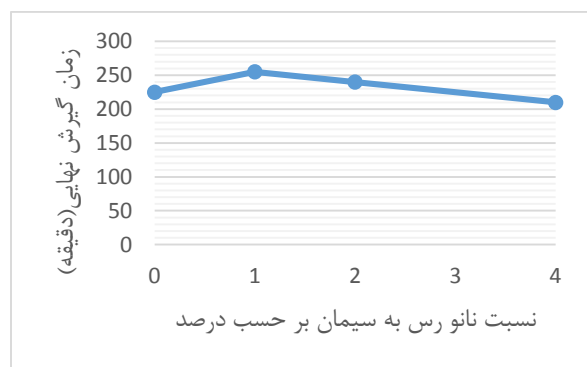
جدول ۸- نتایج آزمایش زمان گیرش اولیه و نهایی برای درصد های مختلف نانو رس



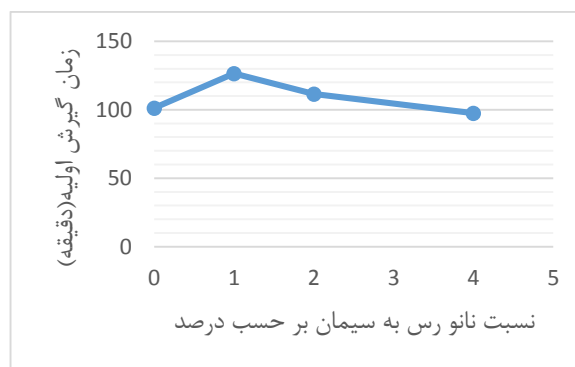
شکل ۱۰- نمودار زمان گیرش نهایی بر (حسب دقیقه) برای ملات سیمان تیپ ۲ حاوی درصد های مختلف نانو رس



شکل ۹- نمودار زمان گیرش اولیه بر (حسب دقیقه) برای ملات سیمان تیپ ۲ حاوی درصد های مختلف نانو رس



شکل ۱۲- نمودار زمان گیرش نهایی بر (حسب دقیقه) برای ملات سیمان تیپ ۵ حاوی درصد های مختلف نانو رس



شکل ۱۱- نمودار زمان گیرش اولیه بر (حسب دقیقه) برای ملات سیمان تیپ ۵ حاوی درصد های مختلف نانو رس

۴. تفسیر آزمایش ها

- مطابق نتایج بدست آمده اضافه کردن نانو رس تا یک درصد وزن سیمان، باعث افزایش مقاومت فشاری و مقاومت کششی هر دو نوع تیپ سیمان می شود که این افزایش مقاومت در تمامی سنین نسبت به نمونه با سیمان تنها قابل مشاهده است.
- تغییرات مقاومت فشاری و کششی با افزایش درصد نانو ذرات از یک رفتار غیر خطی تبعیت میکند
- درصد بهینه برای حداکثر افزایش مقاومت فشاری و کششی کمتر از یک درصد می باشد
- یک درصد بهینه جهت حداکثر کاهش جمع شدگی در هر دو نوع تیپ سیمان دو و پنج وجود دارد و مقدار آن کمتر از یک درصد وزنی سیمان می باشد.
- در صد بهینه افزایش زمان گیریش کمتر از دو درصد است.

۵. نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست در این پژوهش، افزایش استحکام فشاری ملات سیمان تقویت شده با درصد بسیار کمی از نانو ذرات ۱-۲۸٪ بوده در حالی که افزایش استحکام کششی ۲-۲۳٪ می باشد. هر دو استحکام فشاری و کششی ملات سیمان بعد از عبور از یک مقدار بیشینه با افزایش مقدار ترکیب درصد نانو ذرات استفاده شده در ملات سیمان ابتدا افزایش یافته و سپس کاهش پیدا می کند. افزایش مقاومت فشاری در ملات سیمان تیپ ۲ در ترکیب درصد بهینه ۲۸٪ می باشد که در مقایسه با ملات های سیمان تیپ ۵ که ۹٪ میباشد بیشتر است اما در مقاومت کششی افزایش مقاومت در ملات سیمان تیپ ۵ نسبت به ملات سیمان تیپ ۲ بیشتر است افزایش مقاومت کششی در ملات سیمان تیپ ۵ در ترکیب درصد بهینه ۲۳٪ و در ملات سیمان تیپ ۲ در حدود ۹٪ می باشد. با توجه به نتایج حاصل استفاده از نانو رس باعث بهبود رفتار جمع شدگی ملات هر دو نوع تیپ سیمان می شود. در آزمایش جمع شدگی نمونه های هر دو نوع تیپ سیمان در ۳ روز اول انبساط پیدا کرده اند و بیشترین انبساط در ترکیب درصد کمتر از یک درصد رخ داده است. میزان انبساط اولیه در ملات سیمان تیپ ۵ کمتر از ملات سیمان تیپ ۲ می باشد که همین انبساط کمتر در نهایت منجر به جمع شدگی بیشتر در ملات سیمان تیپ ۵ می شود. یکی از دلایل انبساط ملات سیمان میزان سولفات موجود در سیمان می باشد به طوری که سیمان های حاوی مقدار کم سولفات انبساط کمتری دارند. در نمونه های ۷ و ۱۴ و ۲۸ روزه نمونه ها کاهش طول داده اند که در کمتر از یک درصد نانو رس جایگزین سیمان کمترین کاهش جمع شدگی اتفاق افتاده است. افزایش زمان گیرش اولیه در سیمان تیپ ۵ در حدود ۲۵ دقیقه می باشد که نسبت به افزایش زمان گیرش سیمان تیپ ۲ که ۲۱ دقیقه می باشد بیشتر است همچنین افزایش زمان گیریش نهایی نیز در سیمان تیپ ۵ از سیمان تیپ ۲ بیشتر است در سیمان تیپ ۵ افزایش زمان گیریش نهایی ۳۰ دقیقه میباشد و در سیمان تیپ ۲ این افزایش ۱۵ دقیقه است. در هر دو نوع تیپ سیمان بعد از عبور از یک مقدار بهینه با افزایش درصد نانو رس زمان گیرش کاهش می یابد.

۶. مراجع

- 1-Yong-Lai Lu, Zhao Li, Zhong-Zhen Yu, Ming Tian, Li-Qun Zhang, Yiu-Wing Mai, "Microstructure and Properties of highly filled rubber/clay nanocomposites prepared by melt blending." Composites Science and Technology 67 (2007) 2903-2913.
- 2- ASTM C778-06 , “ Standard specification for standard sand ”,Annual book of ASTM standards, 4.01, (2010)
- 3- ASTM C 305-06 , “Standard practice for mechanical mixing of hydraulic cement pastes and mortars of plastic consistency ”,Annual book of ASTM standards, 4.01, (2010)
- 4- ASTM C 109/109 M-08, “ Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (using 2-in or [50-mm] cube specimens)”,Annual book of ASTM standards, 4.01,(2010)

5- ASTM C 190,(2010), “Standard test method for tensile strength of hydraulic cement mortars”,Annual book of ASTM standards, 4.01, (2010)

6- ASTM C 596-09, “Standard test method for drying shrinkage of mortar containing hydraulic cement”,Annual book of ASTM standards, 4 01,(2010).

7- ASTM C490 "Use of apparatus for the determination of length change of hardened cement paste ,mortar, and concrete",Annual book of ASTM standards, 4.01,(2010).

8- ASTM C 191-08, “Standard test method for time of setting of hydraulic cement by vicat needle”,Annual book of ASTM standards, 4.01,(2010)

9 - Morsy. M.S., Alsayed. S.H and Aqel.M , “Effect of Nano-clay on Mechanical Properties and Microstructure of Ordinary Portland Cement Mortar” , International Journal of civil & Environmental Engineering,2010,volume 10 ,page 21-24

۱۰ - رمضانپور، علی اکبر، اعرابی، نگین، آزمایش های سیمان و بتن بر اساس ASTM 2010، تهران، نگارنده دانش، ۱۳۹۰