

بررسی اثر نانو رس بر روی خواص مکانیکی انواع مختلف ملات سیمان پرتلند تیپ ۵و۲ در سیکل های یخبندان و آب شدن

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: D

کد انجمن: D 205

چکیده

در آب و هوای مناطق سردسیر جهان ، سیکل های یخ بندان و ذوب یکی از پدیده های طبیعی و معمول می باشند. در حدود ۳۰ درصد از مناطق وسیعی از زمین دارای یخبندان های دوره ای بوده وبخش زیادی از کاربرد سیمان در مناطقی هستند که احتمال وجود سیکل های روزانه و فصلی در آنها وجود دارد. از آنجایی که علم نانو و فناوری نانو یک زمینه ی فرارشته ای و فرابخش می باشد علوم و صنایع مختلف از جمله مهندسی عمران متاثر از این فناوری شده است. امروزه استفاده از فناوری های نوین در صنعت سیمان باعث بهبود در کیفیت و سطح بهره برداری از آن در سازه ها گردیده است. نانو رس یک فناوری نوین در این زمینه بوده که با استفاده از خاصیت نانو تکنولوژی سیمانی مرغوب تر با خواص مناسب تر ایجاد می کند.

در این پژوهش با توجه به اهمیت موضوع یخ زدگی و ذوب شدن ملات سیمان در اب و هوای سرد، اثر نانو رس را بر روی مقاومت فشاری ملات سیمان پس از سیکل یخبندان و آب شدن مورد بررسی قرار می گیرد.

واژه کلیدی : سیکل یخ زدگی و آب شدن ، مقاومت فشاری، نانو رس

Investigation on the effect of nano-clay on Mechanical Properties of different type of Portland cement mortar on freezing and thawing cycles

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

Climate cold regions of the world, cycles of freezing and thawing is a normal phenomenon. Approximately 30% of large areas of land have been periodic glacial section of cement used in areas that are likely to exist in daily and seasonal cycles. Since a field of nanoscience, nano technology and Frabkhsh is a transdisciplinary science and various industries including civil engineering technology has affected. The use of new technologies in the cement industry to improve the quality and utilization of the structures have been. Nano-clay was a new technology in the field of nano technology using the property more desirable properties than cement causes.

In this study, given the importance of freezing and melting of cement in cold weather, the effect of nanoclay on compressive strength of cement mortar after freezing cycle Vzvb is being studied.

Keyword: cycles of freezing and thawing ,Compressive Strength, nano-clay

۱. مقدمه

امروزه پیشرفت شتابان و فزاینده صنعت و تکنولوژی و دستیابی به نوآوری های روز افزون در زمینه مصالح و روش های ساختمانی، تولیدمات سیمان توانمند را میسر ساخته است. یکی از آسیب های جدی ملات سیمان پدیده یخ زدن و ذوب شدن می باشد که در سازه های همچون جداول و روسازیهای بتنی که در تماس مستقیم تغییرات دمای محیط قرار دارند، بسیار متداول است. عمل یخ زدن در میان مهمترین مسائل پایایی سازه های بتنی در شرایط آب و هوایی سرد است. زوال و خرابی مصالح پایه سیمانی در برابر شرایط چرخه های یخ زدن-آب شدن به هیدرولیک و فشار اسمزی نسبت داده می شود. [1,2,3] آب خالص دردمای صفر درجه سانتی گراد تحت فشار اتمسفر نرمال یخ می زند. در این هنگام میزان 9 درصد افزایش حجم مرتبط با تبدیل آب به یخ داریم. اگرچه، آبی که در محدوده حفره های موئینه داخل بتن محبوس شده است الزاماً در دمای صفر درجه سانتی گراد یخ نمی زند. دمایی که در آن آب در فضاهای موئینه یخ می زند تابعی از سایز فضاهای خالی و منفذ های شیمیایی است [4]. همان طور که آب در منافذ موئینه یخ می زند، یخ شکل گرفته، آب درون حفره ای یخ زده را فشرده می سازد. اگر آب بتواند به فضای اشغال نشده راه یابد، فشار هیدرولیکی آزاد می شود هر چند اگر فاصله تا فضای خالی خیلی زیاد باشد و فشار هیدرولیکی توانایی آزادسازی را پیدا نکند، فشار آب، منافذ را توسعه خواهد داد که این موضوع باعث ایجاد تنش های کششی در محدوده خمیر بتنی خواهد شد. در بتن اشباع، تنش های کششی ممکن است سرانجام از ظرفیت کششی خمیر بیشتر گردیده و ترک خوردن اتفاق بیفتد. تمامی نظریه ها [2,3,5]، بر این که تکرار چرخه های یخ زدن-آب شدن باعث بروز ترک های داخلی در چسبیده سیمانی گردیده که این ترک با در هر چرخه یخ زدگی رشد بزرگتری داشته و متعاقب آن در دوره های آب شدن از آب پر شده و در پی آن روند زوال بتن سرعت بیشتری پیدا می کند، توافق دارد. عوامل دیگر موثر بر مقاومت بتن در برابر عمل یخ زدگی شامل درجه اشباع، کیفیت سنگ دانه ها، نسبت آب به مواد سیمانی و وضعیت عمل آوری بتن است [1,5].

نانو تکنولوژی به عنوان یکی از روش های نوین نقش بسیار موثری در تولید ملات سیمان توانمند را دارد. نانو رس از جمله نانو موادی است که قابلیت چشمگیری در ارتقاء سطح کیفی سیمان نشان داده است. 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. نانورس ها سطح ویژه ای در حدود ۷۵۰ مترمربع بر گرم دارند یکی از مهمترین خصوصیات نانورس ها نسبت طول به ضخامت بسیار بالای تک تک صفحات (از ۳۰۰ به ۱ و ۱۵۰۰ به ۱ است) است. مساحت سطح صفحات جدا و پراکنده می تواند به 1000 m²/g برسد.

۲. روش های آزمون (عمل یخبندان و آب شدن)

دستگاه سیکل یخبندان و آب شدن مطابق دستور العمل ASTM C666/C666 M-03 انتخاب شده است. دو روش آزمایش در این دستور العمل وجود دارد که در این پژوهش از روش A استفاده شده است. در این روش آزمایش، در تمامی مواقعی که نمونه ها در معرض چرخه های یخبندان و آب شدن قرار دارند پیرامون هر نمونه بین ۱ میلیمتر تا ۳ میلیمتر با آب پوشیده شده است. نمونه ها طی ۳۰۰ سیکل یخبندان و آب شدن که شامل کاهش دمای نمونه ها از ۴۰ به صفر درجه فارنهایت (۴ به ۱۸- سلسیوس) در مدت زمان ۱۲۰ دقیقه و افزایش دما از صفر تا ۴۰ درجه فارنهایت (۱۸- تا ۴ درجه سلسیوس) در مدت زمان ۳۰ دقیقه قرار می گیرند [6].

۳. برنامه آزمایشگاهی

۳.۱ مصالح مورد استفاده

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

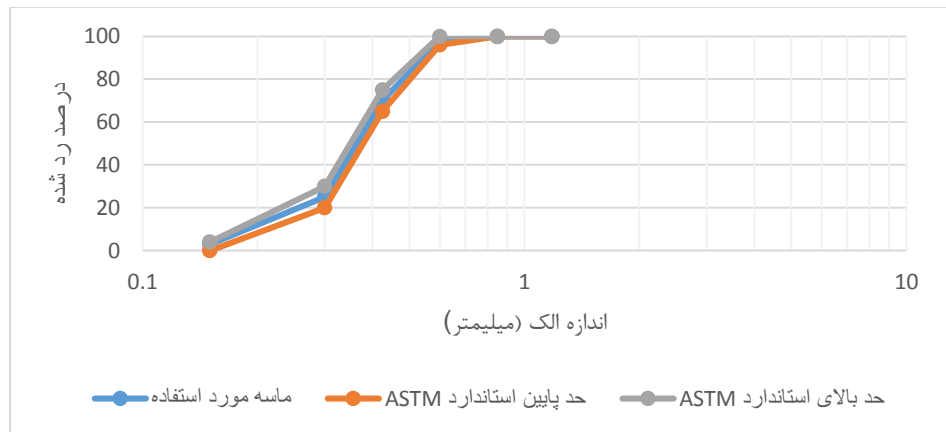
جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی سیمان تیپ ۲ و ۵

مشخصه های فیزیکی						مشخصه های شیمیایی						نام مشخصه	
مقاومت فشاری kg/cm^2			زمان گیرش		انقباض 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	<5	سیمان تیپ ۲	مقدار در استاندارد ۳۸۹
>270	>150	>85	<6	>45	<0.8	>2800	<5	<0.75	<3	<2.3	<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 [7]. 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.

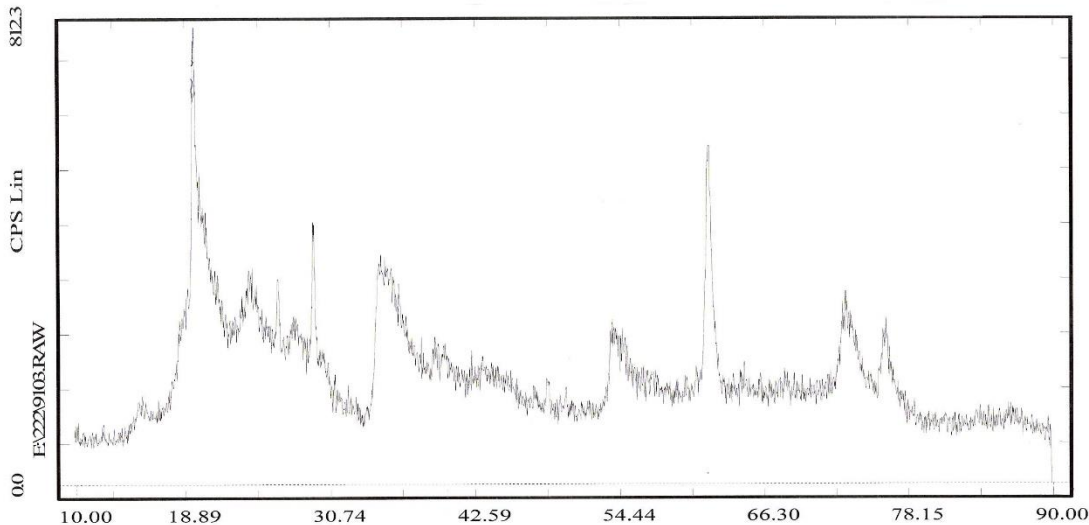
جدول ۲- حدود دانه بندی ماسه

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) Ca0.2(Al,Mg)2Si4O10(OH)2, xH2O	Calcite (05-0586) CaCO3	Quartz (33-1161) SiO2

۲,۳ طرح اختلاط

طرح های اختلاط مورد مطالعه در این پژوهش مطابق ASTM C 109/C109 M-08 می باشد [8]. طرح اختلاط برای درصد های مختلف نانو رس طراحی شده 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 کامل طرح اختلاط مطابق جدول شماره ۴ 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

۳,۳ نگهداری و عمل آوری نمونه ها

هر طرح اختلاط شامل ۴ نمونه مکعبی ۵۰*۵۰*۵۰ می باشد. بلافاصله پس از قالب گیری تمامی نمونه های آزمایشی درون قالب را به مدت ۲۴ ساعت در محفظه مرطوب قرار داده شد. نمونه ها پس از این مدت از قالب ها جدا شده و به مدت ۲۷ روز در آب آهک مستغرق شد. پس از پایان عمل آوری در آب آهک از هر چهار نمونه ۲۸ روزه دو نمونه درون دستگاه سیکل یخ زدن و آب شدن و دو نمونه دیگر نیز در محیط در تماس با هوا قرار می گیرد.

۴. آزمایش مقاومت فشاری

مقاومت فشاری بر اساس دستور العمل ASTM C109 M-08 در سنین ۷ و ۲۸ روز بر روی نمونه های مکعبی ۵۰*۵۰*۵۰ میلیمتری انجام شد. سرعت بار گذاری 900 N/S انتخاب گردید [8]. نتایج مقاومت فشاری آزمونه ها در جداول ۶ و ۵ شکل های ۳ و ۴ به شرح ذیل می باشد. مقایسه مقاومت فشاری نمونه های ۲۸ روزه پس از سیکل یخبندان و آب شدن ملات سیمان در شکل ۵ و ۶ ارائه شده است.

جدول ۶ - مقادیر مقاومت فشاری سیمان

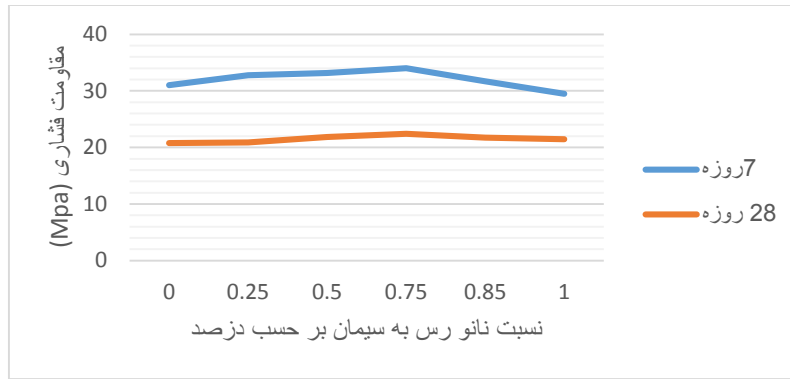
تیپ ۵ بر حسب (MP)

شماره طرح اختلاط	نسبت نانو رس به سیمان (%)	مقاومت فشاری نمونه های ۲۸ روزه پس از عمل آوری در تماس با هوا (Mpa)	مقاومت فشاری پس از سیکل یخ زدن و ذوب شدن (Mpa)
۱	۰	۳۳,۶۶	۲۳,۱۲
۲	۰,۲۵	۳۴,۹۸	۲۳,۷۲
۳	۰,۵۰	۳۵,۴۱	۲۳,۷۶۵
۴	۰,۷۵	۳۶,۲۶	۲۴,۸۵
۵	۰,۸۵	۳۴,۴۹	۲۳,۹۸
۶	۱	۳۱,۲۹	۲۱,۶۴۵

جدول ۵ - مقادیر مقاومت فشاری سیمان

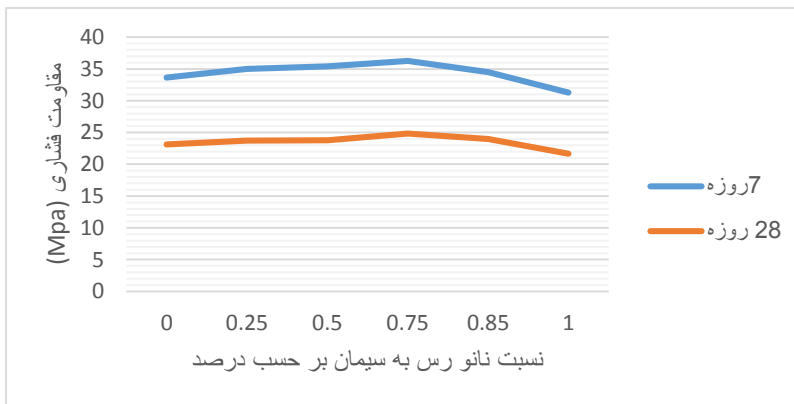
تیپ ۲ بر حسب (MP)

شماره طرح اختلاط	نسبت نانو رس به سیمان (%)	مقاومت فشاری نمونه های ۲۸ روزه پس از عمل آوری در تماس با هوا (Mpa)	مقاومت فشاری پس از سیکل یخ زدن و ذوب شدن (Mpa)
۱	۰	۳۱,۰۱	۲۰,۷۶۵
۲	۰,۲۵	۳۲,۷۶	۲۰,۸۹۵
۳	۰,۵۰	۳۳,۱۷	۲۱,۸۷۵
۴	۰,۷۵	۳۴	۲۲,۴۲
۵	۰,۸۵	۳۱,۶۸	۲۱,۷۴
۶	۱	۲۹,۴۹	۲۱,۴۵



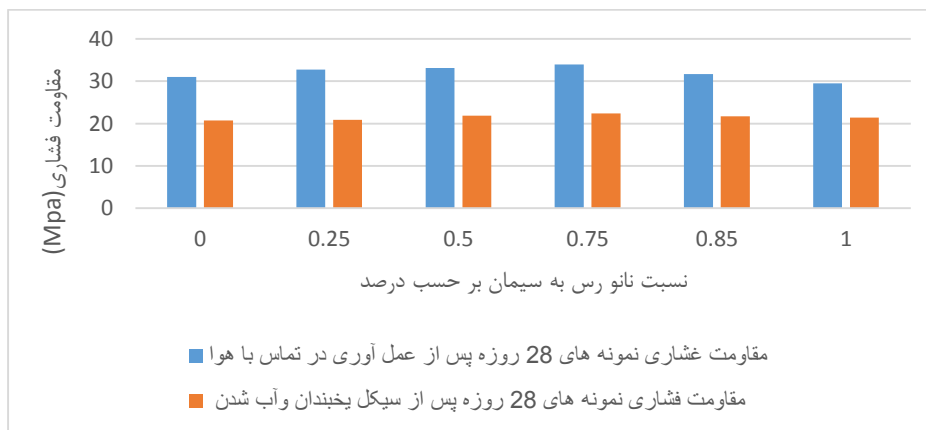
شکل ۳- نمودار نتایج آزمایش مقاومت فشاری نمونه های

28 روزه ملات سیمان تیپ ۲

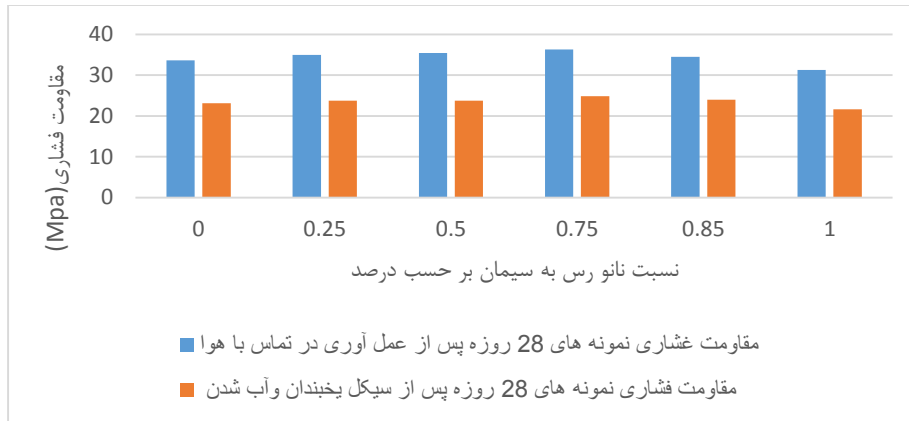


شکل ۴- نمودار نتایج آزمایش مقاومت فشاری نمونه ها

28 روزه ملات سیمان تیپ ۵



شکل ۵- مقایسه مقاومت فشاری نمونه های 28 روزه پس از سیکل یخبندان و آب شدن ملات سیمان تیپ ۲



شکل ۶- مقایسه مقاومت فشاری نمونه های ۲۸ روزه پس از سیکل یخبندان و آب شدن ملات سیمان تیپ 5

۴. تفسیر آزمایش ها

- ۱- مطابق نتایج بدست آمده اضافه کردن نانو رس تا یک درصد وزن سیمان، باعث افزایش مقاومت فشاری هر دو نوع تیپ سیمان می شود که این افزایش مقاومت در تمامی سنین نسبت به نمونه با سیمان تنها قابل مشاهده است.
- ۲- تغییرات مقاومت فشاری با افزایش درصد نانو ذرات از یک رفتار غیر خطی تبعیت می کند.
- ۳- درصد بهینه نانو رس جایگزین سیمان برای حداکثر افزایش مقاومت فشاری کمتر از یک درصد می باشد.
- ۴- درصد بهینه جایگزین نانو رس برای حداکثر افزایش مقاومت فشاری پس از سیکل یخبندان و آب شدن کمتر از یک درصد وزنی سیمان می باشد.
- ۵- بیشترین افت مقاومتی پس از انجام سیکل یخبندان و ذوب شدن را نمونه هایی داشته اند که کمتر از یک درصد نانو رس جایگزین سیمان شده بود.
- ۶- افت مقاومت در هر دو نوع تیپ سیمان تقریباً برابر بوده و در مقایسه افت مقاومت در درصد های مختلف نانو رس هر دو نوع تیپ سیمان با هم افت مقاومت کمتر از 1Mpa می باشد.

5. نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست در این پژوهش ، درصد بهینه نانو رسی جهت افزایش مقاومت فشاری پس از سیکل یخبندان و آب شدن وجود دارد که کمتر از یک درصد وزنی سیمان می باشد. افت مقاومت فشاری پس از سیکل یخبندان و آب شدن در ملات سیمان تیپ ۲ بین ۲۷-۳۶ درصد و در ملات سیمان تیپ ۵ بین ۳۰-۳۳ درصد می باشد. در ترکیب درصد بهینه افت مقاومت در ملات سیمان تیپ دو ۳۴٪ می باشد که از افت مقاومت در ملات سیمان تیپ پنج که ۳۱٫۴٪ است بیشتر می باشد. با افزایش درصد نانو رس جایگزین سیمان از درصد بهینه، افت مقاومت فشاری کاهش می یابد.

افزایش مقاومت فشاری نمونه های ۲۸ روزه تقویت شده با درصد بسیار کم نانو رس پس از عمل آوری در تماس با هوا در ملات سیمان تیپ دو ۱۰-۵٪ و در ملات سیمان تیپ پنج ۴-۸٪ می باشد. این افزایش مقاومت فشاری در ترکیب درصد بهینه در ملات سیمان تیپ دو ۹,۶٪ است که از ملات سیمان تیپ ۵ که ۷,۷٪ می باشد بیشتر است

۶. مراجع

- 1-ML.Nehdi ,M.T.Bassuoni.”durability of self-consolidating concrete to combined effects of sulphate attack and frost action “,J.Materials and structures,vol 41,2008,pp1657-1679
- 2-powers TC Working hypothesis for further studies of frost resistance of concrete J ACI Proceeding 4(4),245-272,(1945)
- 3- Powers TC Freezing effects of concrete, ACI SP-47 .American concrete Institute,pp1-11,(1975)
- 4- w. Micah Hale ,seamus F.Freyne,Bruce w.Russell ,”Examining the frost resistance of high performance concrete”,J.construction and Building Materials. Vol 23,2009 ,pp 878-888
- 5-Detwiler R,Dalagleish B,Williamson R,Assessing the durability of concrete in freezing and thawing .ACI Mater J 86(1),29-35,(1985)
- 6- ASTM C 666/C666 M-03(reapproved 2008), “ Standard test method for resistance of concrete to rapid freezing and thawing ”,Annual book of ASTM standards, 4.01, (2010)
- 7- ASTM C 778-06 , “ Standard specification for standard sand ”,Annual book of ASTM standards, 4.01, (2010)
- 8- 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)
- 9- 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)
- 10-Zhang M.H and malhotra V.M ,characteristics of a thermally activated alumino _ silicate pozzolanic material and its use in concrete, cement and concrete research , 1995,volume 25,page 91713-1725

۱۱ - رمضانیان پور ،علی اکبر، اعرابی، نگین، آزمایش های سیمان و بتن بر اساس ASTM 2010، تهران، نگارنده دانش، ۱۳۹۰