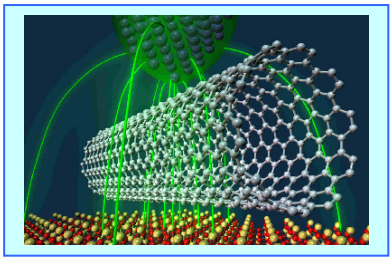
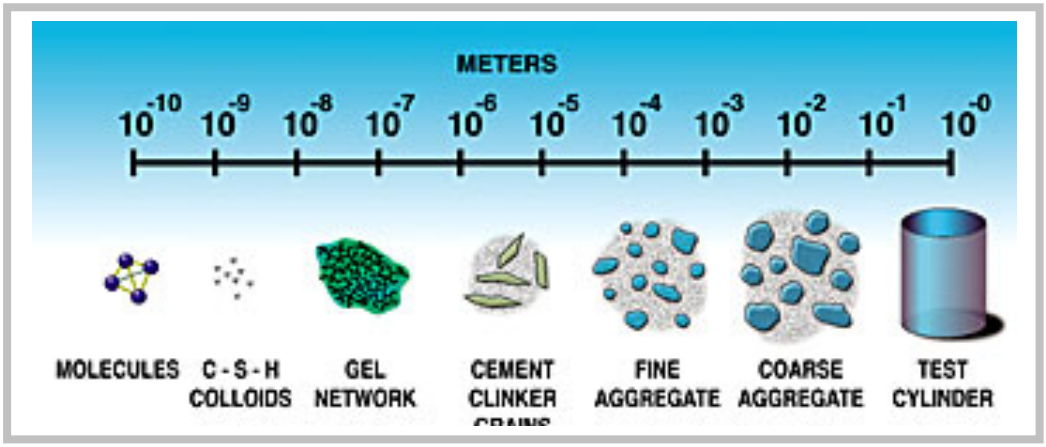


فناوری نانو

نانو سیمان و نانو بتون

طاهره رحیمی کارشناس ارشد شیمی، سیمان تهران



مقدمه

نانو تکنولوژی یک رشته جدید نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته ها است. در سالهای اخیر تحقیقات زیادی در خصوص افزودن نانو ذرات به سیمان انجام گرفته است[۱]

فناوری نانو کاربردهای وسیعی در حوزه های مختلف از جمله صنایع غذایی ، داروئی،پزشکی،بیوتکنولوژی،الکترونیک و کامپیوتر وارتباطات و حمل ونقل و انرژی و محیط زیست و هوا فضا و... دارد. تغییر مقیاس ساخت باعث تغییراتی اساسی در نحوه طراحی سیستم ها خواهد داشت، زیرا در مقیاس نانو، نیروهای بین مولکولی و نیروهای دیگر مرتبط وارد محاسبات می شوند. کنترل مواد در مقیاس نانو به معنای ساختن ساختارهای بنیانی در مقیاسی است که در آن اندازه ها خواص اساسی معین می شود (نانو آخرین مقیاس تولید) وبنابراین کنترل خواص مواد حاوی ذرات نانو بهتر امکان پذیر می باشد [۲].

نانو ذرات افزودنی به سیمان هم می تواند از نوع ترکیبات تشکیل دهنده خود سیمان(اکسید سیلیس،اکسیدآهن وآلومینا) باشند و هم از ترکیباتی دیگر(برای مثال کربونانوتیوب)، که در جهت ایجاد خواصی مشخص و معین در سیمان، کاربرد دارند. به عنوان مثال، برای حصول به سیمانی با خواص مناسب جهت استفاده در چاه های نفت افزودن نانو ذرات مناسب می باشد. در حال حاضر متخصصین پژوهشگاه صنعت نفت* به دانش فنی مورد نیاز برای ساخت نانو افزودنی مناسبی برای کنترل خواص سیمان کاری جداره چاههای نفتی دست یافته اند[۳]. هدف

اصلی استفاده از نانو افزودنی ها در سیمان جداره چاههای نفتی مقابلـه بـا وجـود مـشکلاتی از لحاظ پایین بودن فشار مخزن و ضرورت ایجـاد فـشار لازم توسـط سـیمان اسـتفاده شـده مـی باشد[۳].

همچنین استفاده از کربن نـانوتیوب بـه عنـوان نـانو افزودنـی در سـیمان پتانـسیل فـوق العـاده قوی(سیمان سخت) ایجاد می کند چون هم یک ماده تقویت کننده ایده ال می باشد و هـم قطـر آن شبیه اندازه کلسیم-سیلیکات-هیدرات است از دیگر کاربردهای کربن نـانوتیوب در صـنعت ساختمان استفاده ازآن به عنوان اجزاء ساختاری و عامل انتقال حرارت می باشد بـه نحـوی کـه یکی از کاربردهای آن، استفاده از آن برای گرم کردن ساختمان ها می باشد[٤].

در حال حاضر در کشور چین، بیشترین تحقیقات در جهـت بررسـی خـواص نـانو سـیمانها، انجام شده است و لذا بسیاری از مقالات معتبـر در خـصوص بررسـی خـواص نـانو سـیمانها مربوط به دانشگاه های این کشور، است. به طور کلی مهمتـرین عامـل درکنتـرل خـواص نـانو سیمانها، علاوه بر خواص نانو ذرات، اختلاط مناسب نانو ذرات و سیمان می باشد. نانو سـیمانها به دلیل مقاومت بالا و خواص ساختاری بهبود یافته، کاربرد های زیادی دارند برای مثال، از ایـن نوع سیمانها، برای ساخت آسمان خراشها، ساختمان های ریاست جمهوری ونظامی (ضد گلوله) و در مناطقی که خورندگی زیاد است، استفاده می شود.

بطور کلی، استفاده از افزودنی ها در تولید سیمان، علاوه بر تأثیراتی که بـر خـواص سـیمان دارد، بدلیل مصرف کمتر سیمان، کاهش مـصرف انـرژی و کـاهش گازهـای گلخانـه ای را نیـز بهمراه دارد.

نانو سیمانهای حاوی نانو سیلیس

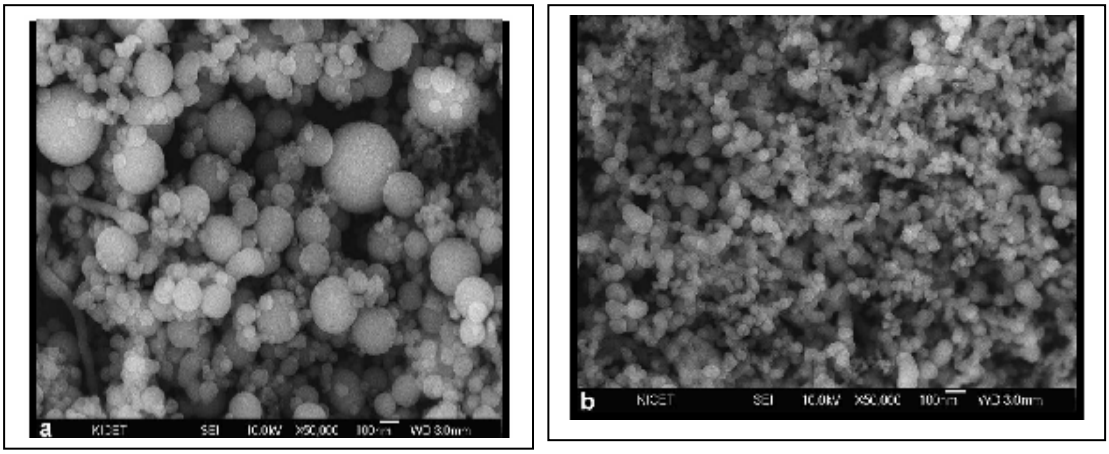
مهمترین ترکیب پوزولانها* ، سیلیکا آمورف و یا سیلیس شیشه ای است که در نتیجـه واکـنش آنها با هیدروکسید کلسیم، سیلیکات کلسیم هیدراته شده ، تولید می شود.

سرعت واکنش و واکنش پذیری پوزولان ها ، بستگی به مقدار سطح مقطع آنها دارد، هرچه سـطح مقطع واکنش دهنده ها بیشتر باشد سرعت انجام واکنش ، بیشتر می شود. بنابراین بدیهی است کـه نانو سیلیس ها بدلیل سطح مقطع بیشتر از اهمیت خاصی برخودار باشند.

تحقیقات انجام شده نشان داده است [۵]که مقاومت فشاری ۷ روزه و ۲۸ روزه سـیمانهای حـاوی نانو سیلیس بیشتر از سیمانهای حاوی میکرو سیلیس می باشد. علاوه بر این ، آزمایشات scanning electron microscope(SEM) و با قیمانده مقدار $Ca(OH)_2$ و سرعت تغییـرات حرارتـی ، نـشان دهنده افزایش واکنش پذیری سیمانهای حاوی نانو سیلیس می باشد.

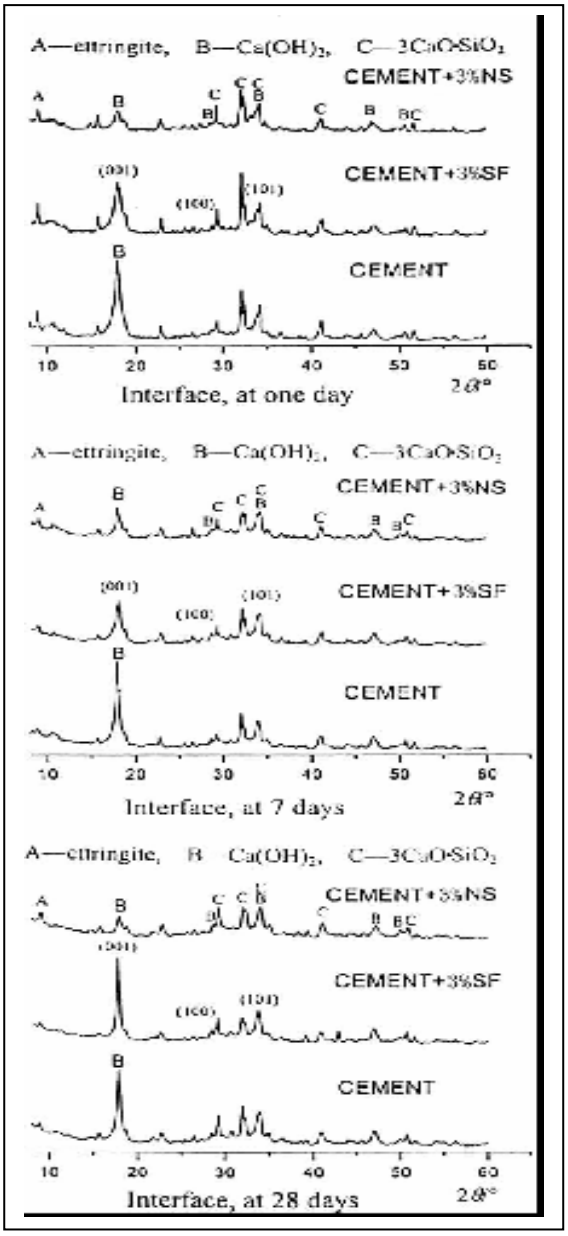
استفاده از نانو سیلیس در سیمان ، نه تنها به علت خاصیت پرکنندگی منافذ باعث بهبود ساختار می شود، بلکه واکنشهای پوزولانی را فعالتر می نماید.

تصویر حاصل از SEM* نانو سیلیسb و میکرو سیلیسa



.نتایج حاصل از آنالیز کمی در طول ۷ روز نشان داده که مقدار $Ca(OH)_2$ برای سیمانهای حاوی ۱۰٪ نانو سیلیس ٤/٠٦٪ و برای سیمانهای حاوی ۱۰٪ دوده سیلیس معادل ٦/٠٩٪ و برای سیمان پرتلند معمولی معادل۸/۸۹٪ می باشد. بنابراین مقاومت سیمان های حاوی نانو سیلیس نیز بعلت افزایش واکنشهای پوزولانی،و ایجاد سیلیکات کلسیم هیدراته شده و پر شدن منافذ سیمان افزایش می یابد.آنالیز XRD میزان واکنش CH با نانو سیلیس و دوده سیلیس نشان داده شده است ، نتایج حاصل نشان می دهد با افزایش نانو سیلیس و دوده سیلیس ، پیک مربوط به CH در طول زمان کاهش می یابد .

آنالیز XRD:



بررسی XRD سیمانهای حاوی نانو سیلیس و دوده سیلیس و مقایسه آن با سیمان معمولی نشان داده است که افزودن ۳٪ نانو سیلیس به ملات سیمان باعث کاهش اندازه کریستالهای CH می شود ،کریستالهای CH جمع تر شده و اصطلاحا" چین خورده و در نتیجه سطح مشترک مواد واکنش دهنده نسبت به سیمانهای حاوی دوده سیلیس ، مناسبتر می باشد.

افزودن نانوسیلیس و دوده سیلیس بر روی زمان گیرش سیمان موثر می باشدو زمان گیرش اولیه کاهش می یابد. با افزایش نانو سیلیس به سیمان ، ملات سیمان متراکم تر شده و نفوذ پذیری نسبت به سیمان معمولی بتدریج کاهش می یابد.

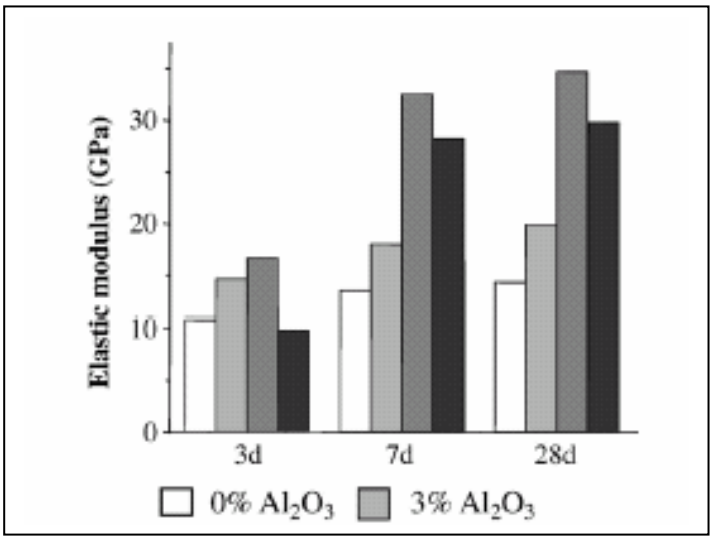
گیرش اولیه نمونه های حاوی نانو سیلیس، نسبت به نمونه های حاوی دوده سیلیس، سریعتر بوده و تفاوت بین زمان گیرش اولیه وگیرش نهایی نمونه های حاوی نانو سیلیس نسبت به نمونه های حاوی دوده سیلیس بدلیل کاهش نفوذ پذیری(متراکم بودن ساختار نانو سیمانها) بیشتر می باشد.

نانو سیمانهای حاوی $nano\text{-}Al_2O_3$

نتایج حاصل از تحقیقات حاصل از افزودن $nano\text{-}Al_2O_3$ به سیمان نشان داده است، مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته سیمانهای حاوی $nano\text{-}Al_2O_3$ نسبت به سیمانهای معمولی افزایش می یابد.[٦]

استفاده از نانو آلومینا در سیمان، با همگن ساز ی مناسب و به مقدار مناسب (٥٪) ،باعث افزایش مدول الاستیسته می شود. برای مثال، مدول الاستیسته سیمانی حاوی ٥٪ نانو الومینا در طول ٢٨ روز، ١٤٣٪ افزایش می یابد ، در صورتی که در سیمانهای حاوی میکروسیلیس این مقدار معادل ١٥٪ می باشد.

نسبت تغییرات مدول الاستیسیته با درصدهای متفاوت نانو آلومینا در سیمان در طول ٣ و٧ و ٢٨ روز



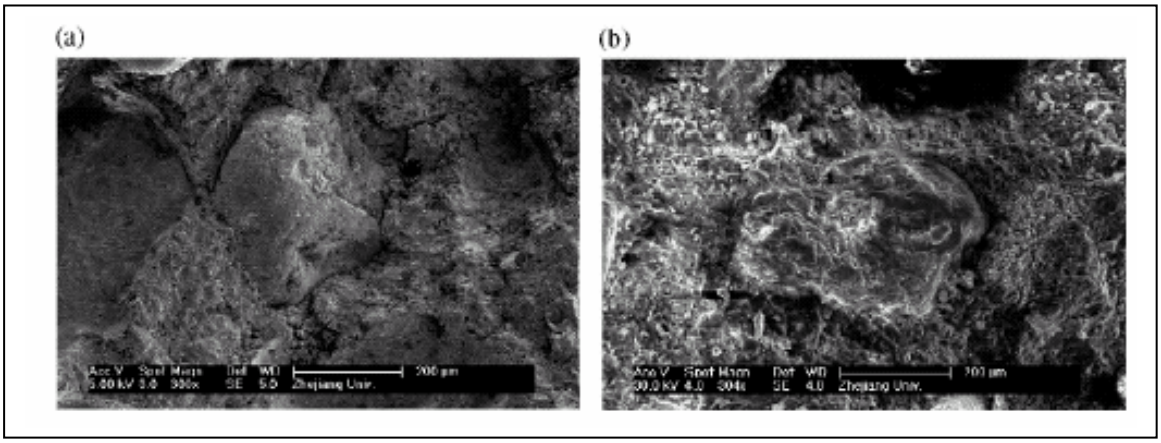
تغییرات مدول الاستیسته سیمانهای حاوی نانو آلومینا ، بستگی به دانسیته و تعداد منافذ و تخلخل موجود در ملات سیمان دارد.

ثابت شده است که ترکیب ملات سیمان، شامل خمیر سیمان، سنگ دانه و ITZ–interfacial transtition zone می باشد. ITZ شامل منافذ موجود در مخلوط سیمان است. نیروی واندروالسی بین سیمان و سنگ دانه، بستگی به مقاومت و دانسیته و تعداد منافذ ITZ دارد[۷–۹] ملات سیمان های حاوی نانو آلومینا نسبت به ملات سیمانهای کنترلی (شاهد) خلل و فرج کمتری دارند.

نانو آلومینا باعث افزایش مقاومت فشاری سیمان می شود. برای مثال نتایج نشان داده مقاومت فشاری ۷ روزه سیمانهای حاوی نانو آلومینا ۳۰٪ نسبت به سیمان پرتلند معمولی کنترلی(شاهد) بیشتر است.

.

تصویر SEM هیدراتاسیون ۲۸ روز a- 0% nano-Al_2O_3 b-5%nano-Al_2O_3



نانو سیمانهای حاوی nano-Fe_2O_3

سیمانهای حاوی nano-Fe_2O_3 کمتر از ۱۰٪ از لحاظ مقاومتی مناسبتر می باشند[۱۰].

وقتی مقدار nano-Fe_2O_3 مصرفی در سیمان، افزایش می یابد، نانو آهن به خوبی در مخلوط سیمان پراکنده نمی شود واز تجمع آنها مناطق ضیعفی در مخلوط سیمان تشکیل می شود و به همین دلیل مقاومت فشاری با افزایش nano-Fe_2O_3 بیش از مقدار بهینه، باعث کاهش مقاومت فشاری می شود.

نانو سیمانهای حاوی نانو مونتموریلونیت(organo-modified montmorillonite)

تحقیقات انجام شده نشان داده است که استفاده از نانو مونتموریلونیت اصلاح شده، با مواد آلی در سیمان باعث می شود، نفوذپذیری ملات سیمان تا ۱۰۰ مرتبه کاهش یابد و مقاومت فشاری ۴۰٪ و مقاومت خمشی تا ۱۵٪ افزایش یابد[۱۱].

نانو سیمانهای حاوی نانو اکسید روی

اگر اکسید روی با بخشی از CaO جایگزین شود باعث پایداری فاز C_3S می شود* و اضافه کردن ۵٪ مول نانو اکسید منتج به بالاترین مقاومت فشاری یعنی مقاومتی در حدود ۱٦٦ مگاپاسکال خواهد شد.

-نانو بتن

یکی از چالشهایی که در رشته مصالح ساختمانی بوجود آمده است ، تولید بتنهای با عملکرد بالا ، مقاومت زیاد و دوام در برابر شرایط نامناسب جوی می باشد. این نوع بتن های مقاوم، از مخلوط سیمانهای مقاوم بهمراه سایر افزودنیها ساخته می شوند.

استفاده از خاکستربادی،الیاف،میکروسیلیس،پلیمرها به عنوان افزودنی باعث بهبود خواص بتن، افزایش مقاومت ، دوام بیشتر وسایش کمتر ومقاومت در برابر خوردگی می شود. مواد نانو ساختار ، نیز با توجه به رفتارهای بارزی که از خود نشان داده اند، مورد توجه بخش صنعت و دانشگاه در دهه های اخیر قرار گرفته اند. در این میان صنعت بتن نیز با توجه به نیازهای خود چه از نظر استحکام , مقاومت و دوام و نیز کارایی بالا، از استفاده کنندگان مهم مواد نانو ساختار می باشد.

خواص ، رفتار و عملکرد بتن بستگی به نانو ساختار ماده زمینه بتن و سیمانی دارد که چسبندگی ، پیوستگی و یکپارچگی را بوجود می آورد . بنابراین ، مطالعات بتن و خمیر سیمان در مقیاس نانو برای توسعه مصالح ساختمانی جدید و کاربرد آنها بسیار حائز اهمیت می باشد.

با استفاده از نانو ذرات در بتن می توان خواص دیگری از جمله خاصیت الکترو مغناطیسی ، و قابلیت به کار گیری در سازه های اتمی (محافظت از تشعشعات) و حفظ انرژی ساختمانها و ... را کنترل نمود.

با توجه به مقاومت بالا، مقاومت در برابر خوردگی وسایش در مناطقی که نیاز به استفاده از بتونهای با کارایی بالا می باشد ، برای مثال باندها ، فرودگاه ،پلها، ساختمانهای بلند(آسمان خراشها) و پارکینگها کاربرد زیادی دارند . همچنین با توجه به اینکه می تواند از نانو ذراتی در بتون استفاده نمود که جلوی تشعشات رادیو اکتیو را بگیرد، از این نوع بتن ها در ساخت بلوکهای نگهداری ضایعات هسته ای نیز استفاده می شود. . بکار گیری فناوری نانو در بتن به دو طریق انجام می گیرد.

۱- استفاده از نانو سیمان

۲- استفاده از نانو افزودنیها(کربن ناتیوپ،نانو تیتانیوم اکسید،نانو الیاف،نانو سیلیس)

باتوجه به تأثیر افزایش نانو ذرات در سیمان و بهبود خواص سیمان، مشخص است که استفاده از نانو سیمان ها در بتن نیز باعث بهبود خواص بتن می شود در ادامه به بررسی تأثیر انواع نانو افزودنیها و نانو سنگ دانه ها پرداخته خواهد شد.

[1] Li Hui, Xiao Hui-gang, Yuan Jie, Ou Jinping. Microstructure of ement mortar with nano-particle. Composites particles. Composites Part B:Engineering 2003;35 www.siencedirect.com (march).

۲-مترجم علیرضا نادرپور نانو تکنولوژی بخشی از آینده نیست همه آینده است.

۳-کاربرد نانو تکنولوژی در صنعت نفت

٤-کاربرد کربن نانو تیوپ ، گزارش شرکت نفت در همایش فناوری نانو

[5] Byung-Wan Joa, Chang-Hyun Kima, * , Ghi-ho Taeb .Characteristics of cement mortar with nano-SiO2 particles, Jong-Bin parka2005. www.siencedirect.com

[6] Zhenhua Li [a], , Huafeng Wang [a] , Shan He [a] , Yang Lu [a] , Miao Wang [b] Investigations on the preparation and mechanical properties of the nano-alumina reinforced cement composite-2005. www.siencedirect.com

[7]D.D. Chung, Mentals and Material International 10"(2004)55. www.siencedirect.com

[8] D.D. Chung, Journal of Material Science 37(2002)673. www.siencedirect.com

[9] m. Tang, H.J.Ba, Y.Li, Journal of the Chinese Ceramic Sociey31(203)523. www.siencedirect.com

[10] Hui Li * , Hui-gang Xiao, Jin-ping Ou, A study on mechanical and pressure-sensitive properties of cement mortar with nanophase materials -2003. www.siencedirect.com

[11] Wen-Yih Kuo, Jong-Shin Huang * , Chi-Hsien Lin, Effects of organo-modified montmorillonite on strengths and permeability of cement mortars.2005. www.siencedirect.com