

نانو تکنولوژی در صنعت سیمان و بتن

ایوب خورشیدوند^۱، سمیه خورشیدوند^۲
^۱دانشجوی کارشناسی ارشد، ^۲کارشناس

چکیده

باتوجه به رشد سریع تحقیقات علمی و عملی در فنون نانو در کلیه علوم و صنایع توجه بسیار کمی به کاربردها باین پدیده در صنعت ساختمان شده است. ولی اخیراً با توجه به تقویت کننده ها و استحکام نانویی در مصالح ساخت و ساز، موج جدیدی با شتاب فزاینده صنعت ساخت و ساز را در بر گرفته است. در آینده نه چندان دور، در خانه های جدید آجر ها ممکن است هنگامی که ترکی در آنها ظاهر می شود خودشان را تعمیر کنند. دانشمندان بر این عقیده اند که اگر بتوانند آجر را اتم به اتم بسازند، مولکولهایش را نیز می توانند طوری تعمیر دهند تا هنگامیکه ظاهر شدن ترک، آنرا تعمیر کنند یا اینکه با کمی ازیاد کردن تخلخل خود را با شرایط رطوبه و اوقف دهند. بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی مصالح ساختمانی با استفاده از فناوری نانو پیشرفتهای عظیمی را در صنعت ساختمان ایجاد نموده است و به طراحان و مهندسان امکان ایجاد ساختمانهایی پایدار و همساز با طبیعت را داده است. با توجه به گستردگی صنعت ساختمان و پیشرفت علم نانو و نانو تکنولوژی جایکار بسیاری در این زمینه وجود دارد به گونه ای که مهندسان نانو در هر قسمتی از ساختمان دستی در کار دارند. از زمینه کار در فلزات و بتن و آجر گرفته شده که اهمیت ویژه ای در صنعت ساختمان دارد تا کاشی و سرامیک و سیستمهای برقی و شیشه و دیگر قسمتهای جزئی تا سیستمهای مدرن همچون خودسازی های اجزای مختلف و سیستم های حفظ انرژی و زیبا سازی و دیگر قسمت هایی که در یک ساختمان با آن روبرو هستیم.

واژه های کلیدی: نانو تکنولوژی- فناوری ساخت مولکولی - نانو سیمان

^۱ - A.khorshidvand367@gmail.com

^۲ - somaye.khorshidvand@gmail.com

۱- مقدمه

امروز نانو تکنولوژی تمامی مرزهای دانش را در نوردیده است و صنعت سیمان ها از این امر مستثنی نمی باشد . نانوسم (NANOCEM) یک تحقیق جدید شبکه اروپاست که بر روی مراحل توسعه اصول فنی نانو (مقیاس یک بیلیونی) در مواد سیمانی متمرکز شده است. بستههای سیمان پورتلند ، اجزا اولیه فعال بتن هستند که در بیشتر ساختمانهای مدرن استفاده می شوند .دیگر تشکیل دهنده های بتن ، آب و مصالح دانه ای ریز و درشت (مانند شن و سنگ) هستند. بستهها از جوش سیمان پورتلند با زمینه کمی از سولفات کلسیم ساخته شده اند و به طور متداول شامل پودرهای ریز معدنی مثل سنگ آهک ، پوزولان (معمولا خاکسترهای آتش فشانی) ، خاکستر بادی (معمولا از زغال سوخته گیاهان پر قدرت) و سرباره دانه ای کوره بلند ، هستند. چنین گردهمایی به عنوان مواد سیمانی تکمیلی تلقی می شوند زیرا آنها برای جایگزین شدن به جای بیشتر چسب سیمانهای گران استفاده می شوند. مواد افزودنی شیمیایی مانند افزودنی ها کاهنده آب ، فوق روان کننده ها (خمیر کننده ها) ، کندگیر کننده ها ، تند گیر کننده های بتن و عوامل هوازا می توانند به بتن در مقدار کم اضافه شوند تا خصلتهای بتن را برای موارد استفاده خاص تغییر دهند.

۱-۱- توضیح درباره نانو

گر چه سیمان پرتلند در مقدار وسیع در مواد دست ساز بشر بر روی زمین استفاده می شود اما فهم مکانیزم اصلی ، حاوی خصوصیاتش به طور طبیعی باقی مانده است. مزاحلی که در طول الحظت نخستین واکنش با آب اتفاق می افتد ، می تواند ساختارهای بزرگ و ریز را تحت تاثیر قرار دهد و اجرای طولانی مدت یک ساختار را در پی داشته باشد. بیشتر واکنشهای شیمیایی که عملکرد مواد سیمانی را کنترل می کند در مقیاس نانو سنج (یک بیلیون (اتفاق می افتد ولی اکثر تحقیقات ، عملیات مهندسی گرفته اند و بر روی مرحله درشت) قابل دید) متمرکز شده اند. فقدان فهم جزئیات مولکولی از رشد چشم گیر تقریبا جلوگیری کرده و موج ناتوانی در پیش بینی وضع آینده شده است. نیاز برای آزمایش مکرر خصوصیات در تناسب درشت دانه ای مانع نوآوری و استخراج در SCM هایی که به طور گسترده ای در دسترس قرار دارند ، شده است که به طور کلی در جا دادن انرژی اندک (جدول سمت راست را ببینید) و غیر سمی می باشند. در حال حاضر ، در هر ساختمانی که در آن از مواد سیمانی جدید با عملکرد بالا استفاده می شود ، نیاز به تست زمان (طولانی کردن) دارد. با کسب دانش بنیادین ، این مواد می توانستند به جای آزمایش و خطا با طراحی و پایه گذاری بر روی مدل‌های معتبر، ساخته شوند.

۱-۲- هدایت در مسیر صحیح

در طول این فعالیت بر روی این مطلب یعنی نانوسم ، ۲۱ انجمن علمی به همراه ۱۲ شریک صنعتی که با شرکت بزرگ تولید کننده سیمان را در بردارد بنا نهاده شد و در ۱۱ کشور اروپایی گسترش یافت و در طول یک چهارم قرن گذشته انقلابی در تکنیکهای تجربی برای رسیدگی به مواردی مثل تشدید طیف بینی مغناطیسی هسته ای (NMR) و نیروهای میکروسکوپی بوجود آورده اند و به شرکای نانوسم امکان دسترسی به ابزارهای پیشرفته را داده است. شرکتهای صنعتی خط شروع مالی برای شبکه ارتباطی فراهم کرده اند و راهنمایی با احترام به پیش بینی علایق بازار فراهم نموده اند. اعضای انجمن علمی مجبور هستند که حداقل یکی از پروژه های تحقیقاتی مستقل مالی را با شبکه ارتباطی تسهیم کنند و باید تحقیقاتشان را به روش تعاونی و مکمل توسعه دهند. کارگاههای اصلی برگزار می شوند تا قسمتهای مهم خالی علمی را پیدا کنند و با ارتباط دادن پروژه های تحقیقاتی ،

سعی در پر کردن نشان نمایند.

این کمیته هدایت کننده شامل ۵ نماینده از شرکای صنعتی و ۵ نفر از انجمن علمی است. جلسات تجاری دو بار در سال برگزار می شود. برنامه تحقیقاتی شبکه ارتباطی، چهار پروژه اصلی و پروژه شریکی در دست اجرا داد که شامل موارد زیر است:

مجموعه هیدرات که خود متشکل از کربن، سولفور هیدروژن (C-S-H) می باشد. در حال حاضر مشخص کردن کمی ترکیب وجهه هیدراتی ممکن نیست در حال حاضر مشخص کردن کمی ترکیبی هیدراتی که از هیدرات یک سیستم سیمانی منتج شده است، ممکن نیست، مخصوصاً زمانی که (SCM) هایی مثل خاکستر بادی یا سرباره شامل آنها می شود. هدف این پروژه ها تعیین مواد تشکیل دهنده و استحکام ترکیب وجهی هیدرات است که انتظار می رود، در دمای بالاتر از ۵۰ درجه سانتی گراد اتفاق بیفتد. این تحقیق شامل پروژه های دکترای تخصصی است که به طور پیوسته توسط دانشگاه های ابردین Aberdeen بریتانیا، امپا Empa در سوئیس و Espci در فرانسه هدایت می شود.

ساختار منفذ توسط: NMR این پروژه امیدوار است تا تنظیم جامعی بر روی هنرهای غیر مخرب، ابزارهای تکنیکی غیر تهاجمی داشته باشد و آنها را قادر می سازد، ساختار منفذ هیدرات سیمانها را در حدی که در آن منافذ با آب پر می شوند و قابلیت جابجایی آب در مواد اشباع کننده را تحلیل کنند. نتیجه کار اجازه خواهد داد که دوام و عملکرد بتن به طور بهتری پیش بینی شود. دو گروه از گروه های هدایت کننده در منطقه چرخش پروتونی را دانشگاه های سوری Surrey در بریتانیا و پلی تکنیک فرانسه را شامل می شود.

فعل و انفعالات ترکیبات آلب آلومینیم با اکسید فلز: این امر یکی از مشکلترین مباحث مربوط به اثر سیمان و فوق روان کننده (خمیر کننده) در بتن است. برای مثال شتاب فوق خمیریازی بر روی فرمهای غیر فعال (که صورت ترکیب آلی آلومینیم با اکسید فلز نامیده می شود) در طول مراحل اولیه ترکیب سازی بتن می باشد. این پدیده شناخته شده، منتهی به مصرف مقدار زیاد فوق خمیرسانی در بسیاری از بتن ها و بوجود آمدن مشکلات کاربردی جدی، زمانی که مواد خام یا شرایط ترکیب تغییر کرده اند، می شود. این تحقیق توسط سیکا در سوئیس و Espci هدایت می شود.

واکنش پذیری سیستم سیمانی: در پروژه دکتری توسط EPFL در سوئیس و DTU در دانمارک و دانشگاه آرهوس Aarhus دانمارک و دانشگاه لیدز Leeds در بریتانیا در دست تحقیق است که بر روی توسعه یک روش برای تشخیص درجه عکس العمل قسمت جوش سیمانی و به طور مستقل SCM ها در سیمانهای چسبیده است.

۱-۳- بررسی فیزیکی و مکانیکی عملکرد

این مقیاسهای طولانی، بررسیهای ارتباطی نانو، ماکرو و ساختاری بزرگ برای توسعه ابزارهای در جهت ارزش گذاری عملکرد مهندسی را احاطه می کند. این تحقیق به توسعه اصول تکنیکی و مدلها برای استفاده توسط مهندسين را متحمل می شود.

مواد سیمانی جدید: در این گروه از پروژه ها، مقدار عمده مواد علمی و مهندسی بکار گرفته می شوند تا عملکرد مواد سیمانی بر سطح و حجم را بهبود بخشند. این کاریک رشته نوآوریهای لازم برای بهبود عملکردی و زیباشناختی در طول افزودن محلی را می پذیرد.

پروژه های متقاطع: این پروژه ها ورودیهای مهم برای موضوعی که در بالا اشاره شده است را تامین می کند. آنها SCMهایی را که به طور افزایشی استفاده می شوند، در ترکیب با جوش سیمان پورتلند، در علائق قابل تحمل پوشش داده اند.

دستاوردهای جاه طلبانه : شبکه ارتباطی نانو ، خود یک منبع ساختمانی جدید ذهنی جاه طلبانه تنظیم کرده که در دستاورد موثری بر تحقیقات اروپایی بر روی مواد سیمانی می باشد.

به طور کلی انجمنهای علمی کوچک و اغلب مجزا ، طرحهایی برای انجمنهای سرمایه گذاری بین المللی می سازند و در رقابت با دیگر گروههای مواد علمی و دیسیپلین های مهندسی عمران ارزش گذاری می شوند. اغلب مسائلی ناشناخته قابل توجهی درباره این کار در دیگر کشورها اتفاق می افتد و چنین کارهایی هیچ گاه منتشر نمی شوند. این امر منتهی به دو برابر شدن تلاشهای تحقیقاتی و مطالعه زیاد پارامتری شده است. جایی که نتایج فقط برای ترکیب خاصی از مطالعه مواد خام در دسترس هستند.

نانوسم تلاش بیشتری را برای روشن کردن پروژه ها و جمع آوری تجربیات همه شرکا انجام میدهد.

آشنایی با نانو و حفظ محیط زیست در صنعت سیمان

نانو تکنولوژی یکی از علوم بسیار با اهمیت و فعال در عصر حاضر است به گونه ای که در تمام زمینه ها از جمله صنعت مواد غذایی، دارویی، پزشکی، الکترونیک، محیط زیست، هوا فضا و ... دخالت داشته و باعث تحولات جالبی در ساخت مواد گردیده است به گونه ای که به کمک این تکنولوژی می توان بتن هوشمند، انعطاف پذیر، خودتمیزکن، خودتعمیر شونده و بتن نیمه شفاف ساخت.

در این مقاله سعی بر آن شده است تا به طور خلاصه و مفید فناوری نانو معرفی شده و سپس برخی از کاربردهای آن در صنعت سیمان و کنترل محیط زیست مرور گردد .

۱-۴- فناوری نانو (نانو تکنولوژی) یا فناوری ساخت مولکولی

واژه نانو یک کلمه یونانی است به معنای کوتوله. یک نانومتر (۱ nm معادل با یک میلیاردم) متر می باشد که ۴ برابر قطر یک اتم و ۸۰۰۰۰ بار کمتر از ضخامت موی انسان است . مهندسی و طراحی در مقیاس مولکولی اولین بار (سال ۱۹۵۴) توسط ریچارد فاینمن (R.Feynman) مطرح شد که برنده جایزه نوبل فیزیک گردید. در واقع ایده آقای فاینمن این بود که می توان به کمک ماشینهای کوچک ماشینهای کوچکتر ساخت سپس این کاهش اندازه را تا سطح خود اتمها ادامه داد. فناوری نانو از دیدگاه موسسه ابداعات نانو تکنولوژی آمریکا و پژوهشگاه نانو در انگلستان، عبارت است از تحقیق، جستجو و کاوش در سطوح اتم ها و مولکولهای مواد در محدوده ۱ تا ۱۰۰ نانو متر به شرطی که بتوانند نقش مهمی در خواص مواد ایجاد کنند.

به کمک فناوری نانو می توان اتم ها و مولکولها را به دلخواه چیدمان کرد تا به ماده مورد نظر با خواص ویژه نائل شد. با ایجاد نانو ساختارها امکان تغییر خواص ذاتی مواد از جمله دمای ذوب، خواص مغناطیسی ، رنگ ... وجود دارد. به عبارتی همان گونه که در طبیعت ، تعدادی مولکول در کنار هم قرار گرفته اند تا یک جسم بوجود آید در فضای نانو تکنولوژی تعدادی ذره در حد نانومتر (نانو ذرات) با هم دیگر جمع شده اند تا ماده ای را بوجود آورند. البته صرف ریز بودن ذرات کافی نیست بلکه مهم این است که ماده حاصل دارای خواص مورد نظر نیز باشد.

۱-۵- نانو ذره چیست؟

نانو ذره، ذره ای است با ابعاد نانومتری در هر سه بعد . نانو ذرات به صورت پودر خشک و یا به صورت پخش در مایع در بازار به فروش می رسند. این ذرات دارای شکلهای گوناگونی از جمله کروی ، پولکی، ورقه ای، لوله ای و میله ای یافت می شوند. از معروف ترین و مشهور ترین پودر نانو ذرات کهدهها سالاست استفاده میشود هماندوده یا کربن سیاه است که در تایر اتومبیلها مصرف می گردد. این ذرات دارای نسبت سطح به حجم بالائی هستند که آنها را برای استفاده در کاتالیست ها ، مواد کامپوزیتی و ... مناسب می سازد. مواد نانو ذره به صورتهای زیر تولید می شوند:

۱- خردایش و کار مکانیکی

۲- روش شیمی مرطوب (روش سل-ژل، روش کلوئیدی)

۳- روش تولید نانو ذرات از فاز گاز

۴- روش چگالش بخارات شیمیائی

۱-۵-۱- کاربرد نانو تکنولوژی در محیط زیست

همان گونه که می دانیم دو راه برای مبارزه با آلاینده ها در فضا وجود دارد. یکی حذف منبع آلودکننده که بهترین روش برای کاهش آلاینده هاست و دیگری کنترل منابع تولید آلاینده. به کمک فناوری نانو می توان خود سرچشمه آلودگی را حذف کرد. در این راستا می توان به تولید پارچه های ضد لک، شیشه های خود تمیز کن، بتن خود تمیز شونده و ... اشاره کرد.

از موارد استعمال نانو تکنولوژی در محیط زیست:

- نانو فیلتر ها (برای تصفیه پساب های صنعتی)
- نانو پودرها (برای تصفیه گازهای آلاینده خروجی از دودکش و آگزوز اتومبیل ها)
- نانو لوله ها (برای ذخیره سازی سوخت کاملا " تمیز هیدروژن)
- نانو کاتالیست ها

۱-۵-۱-۱ نانو فیلتر ها

نانو فیلتر، یک غشاء پلیمری بسیار نازک با حفرات نانو متری (۱ تا ۱۰ نانو متر) است که قابلیت جداسازی اجزای یک محلول از همدیگر و یا از حلال را دارد. این در حالی است که فیلتر های معمولی ذرات ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ نانو متر را جداسازی می کنند. به عنوان مثال به کمک نانو غشاء می توان نمک های موجود در آب مانند یونهای منیزیم و کلسیم - که باعث سختی آب میگردند - را تا ۹۰% کاهش داد و یا می توان عناصر فلزی سمی از جمله کرم شش ظرفیتی و آرسنیک را به کمک یک نانو غشاء از آب حذف کرد. همان گونه که می دانید در مناطقی از خراسان جنوبی و بیرجند وجود رگه های فلزات سنگین در لایه های زیر زمینی باعث آلودگی آبهای زیرزمینی می گردد که خطر جدی برای ساکنین به حساب می آید. یکی از راههای حذف فلزات سمی از آب استفاده از نانو فیلتر ها می باشد. در صنعت سیمان نیز به دلیل استعمال آجرهای منیزیت - کرومیتی، کرم سه ظرفیتی در مجاورت قلیائی ها به کرم شش ظرفیتی تبدیل می شود. تبدیل کرومیت به کرومات و حل شدن آن در آب سبب آلودگی آبهای زیرزمینی می شود. این آجرها بعد از تعمیرات از کوره خارج می شوند و به عنوان ضایعات در محیط و در معرض بارش قرار می گیرند. کرومات سمی در اثر تماس با پوست نیز مستقیماً جذب می شود. به کمک نانوفیلترها هواراهم می توان تصفیه کرد.

به طور کلی از نانو فیلتر ها می توان در موارد زیر استفاده کرد:

- تصفیه پساب رختشوی خانه ها
- تصفیه پساب های اسیدی واحدهای صنعتی
- رنگ زدائی از آب آشامیدنی
- بازیابی آب از فاضلاب
- تصفیه زباله های کشاورزی
- خالص سازی الکلها
- تصفیه آب پنیر

...

۱-۵-۲- نانو کاتالیستها

در اجسام نانوذره‌ای، علاوه بر کوچک بودن اندازه ذرات، نسبت تعداد اتمهای سطحی به اتمهای داخلی افزایش می‌یابد به گونه‌ای که سطح ویژه بیشتری را فراهم می‌کنند لذا این ویژگی در نانو کاتالیست‌ها باعث افزایش سطح تماس بیشتری با مواد اولیه و در نتیجه افزایش کارایی کاتالیست می‌شود. به عنوان مثال از نانو کاتالیست‌ها در تصفیه گازهای خروجی آگزوز اتومبیلها استفاده می‌شود. کاتالیست‌های رایج که پایه پلاتینی دارند بسیار گران قیمت هستند ولی کاتالیستهای نانو ساختاری هم ارزانه‌تر و هم از راندمان کافی برخوردارند.

۱-۵-۳- نانو پودرها

به طور کلی پودرها ذرات ریزی هستند که از خرد کردن قطعات بزرگ جامد، یا ته نشین شدن ذرات جامد معلق در محلولها به دست می‌آیند. نانوپودر، پودری است که اندازه ذرات آن کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد. برای تولید نانوپودرها از دوروش پایین به بالا یا بالا به پایین استفاده می‌گردد. در روش بالا به پایین قطعه را از اندازه‌های بزرگ انتخاب و آن را آنقدر خرد می‌کنیم تا به اندازه‌های نانومتری برسد. در روش پایین به بالا، اتم‌ها را دانه به دانه کنار هم می‌چینیم تا یک ساختار نانومتری به وجود آید.

یکی از روشهای کاربرد نانو پودر، مخلوط آنها با یک ماده نرم دیگر مانند سیمان می‌باشد. در این حالت، پودر را «نانوپودر کامپوزیتی» می‌نامند. کامپوزیت که از کلمه‌ی انگلیسی composition گرفته شده، به معنی ترکیب دو یا چند چیز است. ملموس‌ترین مثال برای کامپوزیت، کاه گل است. در نانوپودرهای کامپوزیتی نیز ذرات نانومتری در زمینه‌ی ذرات بزرگتر (غیر نانومتری) پراکنده شده‌اند. علت ترکیب شدن آنها اختلاف خواص این دو ماده است. در کامپوزیت معمولاً زمینه از یک ماده‌ی نرم و افزودنی از ماده‌ی سخت انتخاب می‌شود. در این صورت، هنگامی که به ماده نیرو وارد می‌شود، زمینه نیرو را به رشته یا پودر اضافه شده منتقل می‌کند تا بتواند در برابر نیروی وارد شده مقاومت بیشتری داشته باشد.

۱-۶- نانو سیمان چیست؟

سیمانی با اندازه ذرات نانومتری (کمتر از ۵۰۰ نانومتر) می‌باشد. جهت تولید سیمان با اندازه نانو دو روش وجود دارد: ۱- سنتز نانو سیمان که در این روش از ابزارهای مکانیکی به منظور سنتز شیمیائی و جداسازی ذرات با اندازه نانو از ذرات بزرگ سیمان استفاده می‌شود.

۲- این روش مربوط به ساختار هیدراته سیمان است.

با استفاده از نانو سیمان می‌توان یک نانو بتن ساخت. نانو بتن، بتنی است که از سیمانی با ذرات کوچکتر از ۵۰۰ نانومتر ساخته شده باشد. بتن معمولی از سیمانی با ذرات چند نانومتری تا حداکثر ۱۰۰ میکرومتر تشکیل شده است. البته شایان ذکر است که بتن معمولی هم دارای ذرات بسیار ریز و در حد نانو می‌باشد اما مسئله اینجاست که داشتن ذراتی با ابعاد نانو برای تولید نانو مواد کافی نیست بلکه باید مقدار و موقعیت این ذرات در مواد قابل کنترل باشد به عبارتی در فناوری نانو کنترل ویژگی‌ها از دستیابی به ابعاد نانو مهم تر است. از کاربردهای نانو بتن می‌توان به تولید محصولات بتن نیمه شفاف، پوششهای بتنی مقاوم (در مقابل خراش، نور، مواد شیمیائی و...) بتن خود تمیز شونده، بتن خود تعمیر شونده و ... اشاره کرد. از مخلوط فیبرهای شیشه با مخلوط خرده سنگ، سیمان و آب و با بکار بردن نانوتکنولوژی می‌توان به تولید بتن نیمه شفاف دست یافت که از آن برای ساخت پلها و ساختمانها می‌توان استفاده کرد. البته محصول فوق بسیار پرهزینه بوده و

فعلا" در حد آزمایشگاهی تولید می شود. همچنین گفتنی است که به کارگیری فناوری نانو در بتن به دو روش امکان پذیر است:

۱- استفاده از نانو سیمان

۲- استفاده از نانو افزودنی ها

اختلاط مناسب نانو ذرات با سیمان شرط مناسب ایجاد و کنترل خواص مورد نظر است. نانو سیمان ها برای ساخت برجهای بلند، نظامی (ضد گلوله)، ساختمان ریاست جمهوری و ... مصرف می گردند. استفاده از این افزودنی ها در تولید سیمان ، علاوه بر بهبود خواص سیمان موجب مصرف کمتر سیمان، کاهش مصرف انرژی و کاهش گازهای گلخانه ای می گردد. نانو ذرات مورد استفاده در صنعت سیمان عبارتند از:

۱- نانو آلومینا

افزودن این نانوذره به سیمان باعث افزایش مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته نسبت به سیمانهای معمولی می گردد. به عنوان مثال مدول الاستیسیته سیمان حاوی ۰.۵٪ نانو آلومینا در طی ۲۸ روز، ۱۴۳٪ افزایش یافته در حالی که در سیمانهای حاوی میکروسیلیکا این عدد معادل ۱۵٪ می باشد. همچنین نتایج نشان می دهد که مقاومت فشاری ۷ روزه سیمانهای حاوی نانو آلومینا ۳۰٪ نسبت به سیمان پرکنند معمولی بیشتر است.

۲- نانو اکسید آهن

استفاده از این نانو ذره در سیمان نیز باعث افزایش مقاومت فشاری سیمان میشود. البته برای استفاده از نانو اکسید آهن حد بهینه وجود دارد زیرا مقدار بیشتر باعث عدم پراکندگی مناسب و تجمع نانو ذرات در سیمان گشته و موجب کاهش مقاومت فشاری می گردد.

۳- نانو اکسید روی

مصرف این نانو ذره بجای درصدی از CaO موجود در کلینکر سبب پایداری فاز C3S شده و افزودن ۰.۵٪ از این نانو ذرات به سیمان موجب حداکثر رشد مقاومت فشاری ۱۶۶ مگا پاسکال می گردد.

۴- نانو سیلیکا

سیلیکا نقش مهمی در چسبندگی و پرکنندگی بتن ایفا می کند. نانوذرات سیلیکا دارای شکل گلوله ای با قطر کمتر از ۱۰۰nm هستند که به صورت ذرات خشک پودری یا به صورت معلق در مایع محلول قابل انتشار می باشند. تحقیقات نشان می دهد که واکنش پذیری و مقاومت فشاری ۷ روزه و ۲۸ روزه سیمانهای حاوی ذرات نانو سیلیکا بیشتر از سیمانهای حاوی ذرات میکرو سیلیکا می باشد. همچنین نانو سیلیکا به عنوان یک ماده پرکننده در ساختار بتن عمل کرده و افزودن ۳٪ نانو سیلیکا به ملات سیمان باعث کاهش اندازه کریستالهای CH شده و به عبارتی جمع تر شده و در نتیجه سطح مشترک مواد واکنش دهنده مناسبتر می باشد. اضافه کردن نانو سیلیکا زمان گیرش را هم تحت تاثیر قرار می دهد به گونه ای که گیرش اولیه سریعتر شده و تفاوت بین زمان گیرش اولیه و گیرش نهاییه دلیل کاهش نفوذپذیری (متراکم بودن ساختار نانو سیمان) بیشتر می باشد.

۱-۷ بررسی کاربردی تکنولوژی نانو در مهندسی زلزله

بلایای طبیعی یکی از مسایلی است که همواره بشر با آن دست در گریبان بوده. بااستنادآمار در قرن بیستم در ایران ۸۹ زلزله دارای تلفات جانی به وقوع پیوسته است و دست کم حدود ۱۲۲۰۰۰ نفر در این حوادث جان باخته اند که از این نظر ایران در رتبه چهارم جهان قرار دارد. زلزله علاوه بر مسائل انسانی از نظر اقتصادی نیز تاثیر منفی فراوانی در کشور دارد. در

سالهای اخیر این امید ایجاد شده است که با مواد حاصل از نانو تکنولوژی مشکل زلزله را مرتفع کرد. واضح است که مقابله با زلزله تنها با بکار گیری یک روش یا تکنولوژی خاص نمی تواند کارساز واقع شود. از جمله مواردی که در بحث مقاوم سازی و کاهش خسارت زلزله موثر می باشند:

- ۱- بهبود مقاومت بتن با کاربرد نانو ذرات در آن
- ۲- ساختمانهای سبک و مقاوم در مقابل کشش با کاربرد نانو لوله ها
- ۳- سازه های خود تعمیربایه کارگیری پلیمر های نانو ساختاری (خانه های خود تعمیر شونده)
- ۴- استفاده از نانو سنسورها، نانو سیمها و قطعات الکترونیکی کوچک بر ثبت شاخص های کنترل سیستم های مختلف (کرنش، جابجایی، شتاب انرژی جذب شده و...) و تصویر کردن وضعیت سلامتی داخلی سازه در ابزار های کنترل غیر فعال

۱-۷-۱- بهبود مقاومت بتن با کاربرد نانو ذرات در آن

آزمایشات نشان داده که واکنش مواد نانو سیلیس با هیدرواکسید کلسیم در مقایسه با میکرو سیلیکا (ماده کنونی) بسیار سریعتر انجام گرفته و مقدار بسیار کم این موادهمان تاثیر پوزولانی مقدار بالای میکروسیلیکا را در سنین اولیه دارا می باشد. نتایج اولیه محصولات نانو سیلیس با قطری در محدوده ۱۰ تا ۵۰ نانو می باشد. با بکار گیری این نوع مصالح از نانو در ساختمان ها می توان بر یکپارچگی و مقاومت آنها در مقابل زلزله افزود. (در ادامه توضیح داده می شود).

۱-۷-۲- ساختمانهای سبک و مقاوم در مقابل کشش با کاربرد نانو لوله ها

نانو لوله های کربنی از مقاوم ترین مواد در دن یا می باشد که مشخصات نانو لوله های کربنی در جدول به همراه تعدادی از مواد ساختمانی دیگر آورده شده است. همانطور که مشاهده می گردد نانو لوله های کربنی دارای دانسیته بسیار کم نسبت به فولاد و آلومینیم می باشد. مقاومت کششیش و فشاری نانو لوله های کربنی نیز نسبت به سایر مواد ساختمانی بسیار بالا می باشد.

۱-۷-۳- سازه های خود تعمیر با به کارگیری پلیمرهای نانو ساختاری (خانه های خود تعمیر شونده)

تحقیقات در زمینه پلیمر های ساختاری از ساخت گارد ریل هایی خبر می دهد که خود قادر به تعمیر قسمتهای آسیب دیده خود هستند. نتایج این تحقیقات حاکی از آن است که حتی آسفالت ها و سازه های بتنی که در آزمایشگاه ساخته می شوند دارای چنین خاصیتی هستند و میتوانند خرابیهای خود را تعمیر کنند. این مورد در موقع زلزله نیز می تواند مورد توجه قرار گیرد چرا که در صورت علمی شده استفاده از اینگونه مصالح ساختمانی سازه ها قادر خواهند بود صدمات وارده به خود بخصوص در موارد خسارت های جزئی را بهبود ببخشند.

خانه هایی که خود را پس از بروز زلزله ترمیم می کنند خانه های " خود ترمیم شونده " در یونان در حال ساخت هستند. در ساخت دیوارها یا پنخانه ها از ذرات پلیمر نانو استفاده شده است. دیوار ها هنگام بروز زلزله تحت فشار فشرده می شوند و همزمان ذرات پلیمر نانو به داخل منافذ ترک های پدید آمده جریان می یابد. سپس فوراً سخت شده و تشکیل یک ماده صلب را میدهند. نه تنها دیوارها از فریم های فولادی باربر منحصر بفردی ساخته شده، بلکه حسگر ها و برچسب های شناسایی از طریق فرکتس رادیویی (RFID) بی سیم و بدون باتری، بطور مداوم اطلاعات در خصوص استرسها، ارتعاشات، درجه حرارت و رطوبت را ثبت می کنند. در صورت حس هر گونه ارتعاش غیر عادی، این حسگر فوراً ساکنین خانه را مطلع ساخته و احتمال بروز زلزله را هشدار می دهند. همچنین پوشش دیوار های داخلی از ماده موسوم به پلاستکس (PLASTEX) است. پلاستکس که ترکیبی از گچ و لاتکس است، قادر به تحمل استرس ها و تغییر شکل می باشد.

۱-۷-۴- استفاده از نانو سنسورها، نانوسیمها و قطعات الکترونیکی کوچک

حسگرها یکپاز زمینه های وسیعی است که در کنترل سازه ها نیاز می باشد، این قطعات الکترونیکی نه تنها در روش های فعال، بلکه در روش های غیر فعال و برای تصویر کردن وضعیت سازه ها به کار می روند، که می توان با استفاده از نانو فناوری قابلیت های آنها را افزایش داد .

نانوتکنولوژی صدمات بوجود آمده از انقلاب صنعتی را جبران می کند. نانو تکنولوژی نوید ساختمان هایی بادوام، ایمن، ارزان، فراوان، انعطاف پذیر، محیطی قابل تحمل، آرامشی ثابت، پشرفتی سالم، بهبودی مواد قبل از تبدیل شدن به مواد زائد، سلامتی، ثروت و دانش را می دهند و به این ترتیب با فراهم شدن هم امکان سبک سازی، مقاوم سازی و خود تعمیری سازه های ساخته شده که مزایای لرزه ای را در خود جمع دارند. همچنین با نصب نانو سنسور ها در سازه با کمترین هزینه وضعیت ساختمان بصورت همزمان قابل شناسایی و بهسازی می گردد .

۱-۸- نانو ساختار کردن بتن

منظور از نانو بتن در مقاله حاضر بتن ساخته شده با سیمان پرتلندی است که ذرات آن کوچکتر از ۵۰۰ نانومتر می باشند و در حالیکه بتن معمولی از سیمان با ذرات به اندازه چندنانو متر تا حداکثر ۱۰۰ میکرومتر تشکیل شده است .

یکی از چالش هایی که در رشته مصالح ساختمانی بوجود آمده است، بتن با عملکرد بالا است که اصطلاحاً HCP نامیده می شود و مخفف High Performance Concrete میباشد .

بتن از جمله مواد خلل و فرج داری است که این منافذ در مقیاس نانو است و از واکنش شیمیایی سیمان- آب ایجاد می شود. این منافذ نانو خصوصیات محصول هیدراته سیکا- کلسیم را کنترل میکند به همین دلیل بتن از بعضی جهات یک ماده نانو است. حملات شیمیایی از طریق منافذ بتن به فولاد درون آن نفوذ می کند و آن را اکسید می کند و شکستن بتن میشود به همین دلیل میکرو ساختار بتن شایسته توجه بیشتری است .

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

استفاده از فناوری نانو در بتن با افزودنیها مانند نانو لوله های کربنی، نانو تیتانیوم اکسید، مونومر یونیت، نانو الیاف، نانو آلومینا، نانو آهن و ... صورت میگیرد و روش دیگر ایجاد تغییرات در ریز ساختار ذرات سیمان و خواص شیمیایی و بالطبع تغییرات فیزیکی آن می باشد (که در ادامه به شرح آن می پردازیم) .

بتن مقاوم از نوع مصالح کامپوزیت و ترکیبی می باشد و خاصیت و عملکرد این بتن بستگی به نانو ساختار مواد زمینه آن دارد .

از مهمترین پیشرفتهای بوجود آمده در صنعت ساختمانی، بتن با عملکرد بالا میباشد (HPC)، برای درک بهتر رفتار این نوع مصالح باید ساختار بتن و خمیر سیمان در مقیاس نانو مورد بررسی قرار گیرد و نیز بتوان با کاربرد مصالح نانو، بتن با عملکرد بالا و چند منظوره ساخت که دارای خاصیت الکترومغناطیسی بوده و قابلیت به کارگیری در سازه های اتمی (محافظت از تشعشعات) را داشته باشد و نیز در سازه های ساختمانی تأثیر به سزایی در حفظ انرژی ساختمان ایفا کند .

۱-۸-۱- نانوسیلیس ها (SiO₂)

با استفاده از نانو ذرات سیلیس می توان میزان تراکم ذرات را در بتن افزایش داده که این به افزایش چگالی میکرو و نانو ساختارهای تشکیل دهنده بتن و در نتیجه ویژگی های مکانیکی می انجامد. افزودن نانوذرات سیلیس به مواد بر مبنای سیمان هم موجب کنترل تجزیه شیمیایی ناشی از H-C-S (کلسیم- سیلیکات - هیدرات)، که در اثر نشست کلسیم در آب رخ می دهد، و نیز جلوگیری از نفوذ آب به داخل بتن می شود که هر دوی این موارد بتن را افزایش می دهند.

۱-۸-۲- نانولوله های کربنی (CNT)

کربن نانو تیوبها استوانه های تو خالی از تک ورقه های گرافیتی هستند که به شکل استوانه پیچیده شده اند این موارد دارای خواص اختاری و مکانیکی و الکترونیکی فوق العاده هستند که ناشی از خواص ویژه پیوند های کربن و تقارن استوانه ای آنهاست .

۱-۸-۳- نانو سیمان حاوی Nano - Al₂O₃

بررسی نتایج مختلف آزمایشگاهی حاصل از افزودن Nano - Al₂O₃ به سیمان نشان داده است ، مقاومت فشاری و مدول این نوع سیمانها نسبت به سیمانهای معمولی افزایش میابد . استفاده از نانو آلومینا در سیمان با همگن سازی منتسب و به مقدار مناسب (۰,۵) باعث افزایش مدول الاستیسیته میشود . بررسی نتایج تحقیقات مختلف آزمایشگاهی نشان میدهد ۲Co Al₃ ۳O (Tricalcium Aluminate) درصد ذرات سیمان را تشکیل می دهد مدول الاستیسیته حاوی ۵٪ نانوآلومینا در طول ۲۸ روز ۱۴۳٪ افزایش میابد . در صورتی که در سیمان حت وی میکروسیلیس ۱۵٪ میباشد. نانوآلومینا باعث افزایش مقاومت فشاری سیمان می شود بطوریکه بررسی نشان می دهد مقاومت فشاری بتن حاوی نانو آلومینا تا ۳۰٪ نسبت به بتن با سیمان پرتلند معمولی افزایش پیدا می کند.

نانو سیمانهای حاوی نانو سیلیس مخلوطی بتنی که حاوی نانو ساختار فومد سیلیکا (fumed silca) هستند (محصول فرعی تولید شیشه صنعتی که در نتیجه واکنش با هیدروکسید کلسیم، سیلیکات کلسیم هیدراته شده تولید می شوند) به عنوان یک اصلاح کننده بزرگ در دوام ساختار بتنی در معرض نمک خورنده شناخته شده است. بطور کلی با افزودن فومد سیلیکا که نقش افزودنی در مقیاس نانو دارد بتن با دوام ساخته می شود اما اگر به مقدار زیادی افزوده شود بتن را ترد و شکننده می کند، پس لازم است مقداری که اضافه می کنیم را بدانیم .

محصول نانو سیلیس متشکل از ذراتی هستند که دارای شکل گلوله ای بوده و با قطر کمتر از ۱۰۰ nm یا بصورت ذرات خشک پودر یا بصورت معلق در مایع محلول قابل انتشار می باشند ، که مایع آن معمول ترین نوع نانو سیلیس می باشد، این نوع محلول در آزمایشات مشخص در بتن خود تراکم به کار گرفته شده است . نانو سیلیس معلق کاربرد های چند منظوره از خودشان نشان می دهند مانند :

- خاصیت ضد سایش
- ضد لغزش
- ضد حریق
- ضد انعکاس سطوح

آزمایشات شان داده اند که واکنش مواد نانو سیلیس با هیدروکسید کلسیم در مقایسه با میکرو سیلیکا بسیار سریعتر انجام گرفته و مقدار بسیار کم این مواد همان تاثیر پوزالانی مقدار بسیار بالای میکروسیلیکا را در سنین اولیه دارا می باشد.

۱-۸-۴- نانوسیمانهای حاوی Nano-Fe₂O₃

در ترکیبات اصلی سیمان تیپ یک (TetracalciumAluminoferrite) (C_4AF) با فرمول $2O_2Fe$ $3O_2CaO$ Al_4 درصد سیمان پرتلند معمولی را این فرمول که حاوی ذرات آهن است شامل می شود. هنگامیکه مقدار نانو ذرات آهن Nano- Fe_2O_3 به سیمان افزوده می شود، مقاومت آن از سیمان معمولی بیشتر می شود بطوری که با افزودن ۳٪ ذرات نانو آهن مقاومت نهایی آن در طرح اخلاطی متغیر است. علت اصلی ضعف فوق این است به دلیل خوب پخش نشدن در سطح سیمان و زیاد بودن ذرات در مناطقی بصورت کلوخه در می آید و باعث عدم همگنی بتن می شود و در نتیجه در بتن خلل و فرج ایجاد می شود و کرمو شدگی بتن از مقیاس نانو شروع می شود. بررسی نتایج آزمایشگاهی نشان میدهد بهترین حالت مصرف افزودن نانو ذرات آهن کمتر از ۱۰٪ از همه مطلوب تر و مناسب می باشد.

۸-۱-۵- نانو سیمان حاوی نانو مونتوریلونیت (Organo - Modified montmorillonite)

بررسی نتایج آزمایشگاهی نشان می دهد افزودن مونت موریل و نیت اصلاح شده به سیمان باعث کاهش نفوذ پذیری سیمان تا ۱۰۰ مرتبه می شود. نانو مون موری لونیت با مواد آلی سیمان در آمیخته و با همگنی و یکنواخت کردن سطوح سیمان باعث افزایش مقاومت فشاری در حدود ۴۰ درصد و افزایش مقاومت خمشی در حد ۱۵ درصد می شود.

۸-۱-۶- نانو سیمان حاوی نانو اکسید روی

بررسی نشان می دهد ۴۹ درصد سیمان معمولی را (C_3S) tricalcium silicate با فرمول CaO SiO_3 و دی کلسیم سیلیکات سیمان بدین جهت است که در طراحی ها اگر نانو ذرات مرتبط با فرمول استفاده گردد نتایج مطلوب تری حاصل خواهد شد. حال اگر اکسید روی با بخشی از CaO جایگزین شود باعث پایداری C_3S می شود و اضافه کردن ۵ درصد مول نانو اکسید باعث افزایش مقاومت فشاری در بالاترین حد طرح خواهد شد.

۸-۱-۷- نانو ذرات رس (Nano-Clay)

برخی از انواع نانو ذرات در چسبهای (ملاتهای binder) مختلف و نحوه تاثیر آنها بر روی ویژگی های کلیدی مرتبط با فرسایش بتن؛ مانند ممانعت از انتقال یون های کلر، مقاومت در برابر دی اکسید کربن، پخش بخار آب، جذب آب و عمق نفوذ هدایت می شوند. نوعی حلال متشکل از رزیناپوکسی با وزن ملکولی پایین و نانو ذرات رس (Nano-Clay)، نتایج امیدوارکننده ای را در این زمینه نشان داده است.

۸-۱-۸- نانو ذرات اکسید آهن یا هماتیت (Fe_2O_3)

در صورت اضافه نمودن نانو ذرات اکسید آهن به ماتریس بتن علاوه بر افزایش مقاومت بتن، پایش سطوح تنش بتن را از طریق اندازه گیری مقاومت الکتریکی برشی امکان پذیر می سازد.

۸-۱-۹- نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم (TiO_2)

نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم مهم برای بهبود ویژگیهای بتن در نمای ساختمانها به عنوان پوشش بازتاب کننده مورد استفاده قرار می گیرد. این نانو ذرات از طریق واکنشهای فوتوکاتالیستی قوی قادر به شکستن و تجزیه آلاینده های آلی، ترکیبات آلی فرار (VOC) و غشای باکتریایی هستند، به همین جهت برای ایجاد خاصیت ضد عفونی کنندگی به رنگ ها، سیمان ها و شیشه ها اضافه می شوند. بتن حاوی TiO_2 دارای رنگ سفید و درخشندگی خاصی است و این درخشندگی را بطور موثری حفظ می نماید. در حالی که ساختمان های ساخته شده بابتن معمولی فاقد چنین ویژگی هستند.

۹-۱- بتن نیمه شفاف

استفاده از تکنولوژی نانو همچنین امکان تولید بتن نیمه شفاف را فراهم نموده است که تحولی حظیم در زمینه طراحی ساختمان و سازه های شهری از قبیل پلها ایجاد می نماید. این نوع بتن با افزودن فیبر های شیشه به مخلوط خرده سنگ ، سیمان و آب به شیوه ای متفاوت با شیوه سنتی ساخت بتن، برای تولید محصولی خارق العاده تهیه می شود . این نوع بتن نیمه شفاف مقاومت بسیار بالایی دارد و می تواند برای مصارف معمول بتن به کار گرفته می شود. مواد افزودنی شیمیایی نیز می توانند به بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی این محصول کمک نمایند. البته این نوع بتن در حال حاضر یک محصول آزمایشگاهی است، تولید این محصول پر هزینه بوده . هنوز به تولید انبوه نرسیده است.

۱۰-۱- حسگرها

حسگرهای مبتنی بر فناوری نانو نیز می توانند به نو به خود کاربردهای زیادی در سازه های بتنی داشته باشند؛ برای کنترل کیفیت و دوام بتن، این حسگرها می توانند برای هدفهای مختلفی نظیر؛ اندازه گیری چگالی، میزان افت بتن، پارامترهای موثر در دوام بتن مانند؛ دما، رطوبت، غلظت کلر، PH ؛ دی اکسیدکربن، تنش، خوردگی میلگردها و ارتعاش طراحی شوند.

۱۱-۱- هدف

هدف نهایی از بررسی مواد در مقیاس نانو ، یافتن طبقه جدیدی از مصالح ساختمانی با عملکرد بالا می باشد، که آنها را می توان به عنوان مصالحی با عملکرد بالا و چند منظوره اطلاق نمود. منظور از عملکرد چند منظوره، ظهور خواصی جدید و متفاوت نسبت به خواص مواد معمولی می باشد به گونه ای که بتوانند کاربرد های گوناگونی را ارائه نمایند .

۲- نتیجه گیری

جهت پی بردن به اهمیت فناوری نانو فقط کافی است بگوئیم که این دانش در عرصه جهانی سبب کاهش ۱۰ درصدی مصرف انرژی در دهه اول هزاره جدید خواهد شد به طوری که ارزش آن معادل یک میلیارد دلار می باشد. طبعاً به دنبال آن انتشار آلاینده های زیست محیطی نیز کاهش می یابد. هر چند برخی معتقدند که استفاده از این تکنولوژی معضلات جدید زیست محیطی ایجاد می کند مانند تولید مواد سمی جدید . به هر حال توسعه این دانش در تمام زمینه ها می تواند چاره گشا باشد. درایران نانو تکنولوژی بیشتر به سمت تولید مواد شیمیایی و داروئی گرایش دارد و در زمینه تولید مصالح ساختمانی و سیمانی چندان پیشرفتی نداشته است.

مراجع

- [۱] آیتی، بیتا، فرتوس، سمیرا " مروری بر کاربردهای فناوری نانو در محیط زیست"
- [۲] راستگوی حقی، هدا، مظهر سرمدی، نسترن ، " فناوری نانو و کاربرد آن در بهبود خواص بتن و فلزات"
- [۳] واعظی فر، صدیقه، هوشنگ خانی، سالمی، پریناز، کلاهدوزان، حمیده ، " نانو ذرات، روشهای تولید و کاربرد آنها در صنعت سیمان و بتن"
- [۴] رشیدی، عبدالله، اختری، فاطمه، ترابیان، علی، " بررسی کارائی نانو فیلتراسیون در حذف کروم شش ظرفیتی از آب آشامیدنی"