

فناوری نانو (بخش ۲)

نانو سیمان و نانو بتون

طاهره رحیمی کارشناس ارشد شیمی، سیمان تهران

۱- 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 به همراه سایر افزودنیها ساخته می شوند.

استفاده از خاکستر بادی، الیاف، میکروسیلیس، پلیمرها به عنوان افزودنی باعث بهبود خواص بتن، افزایش مقاومت، دوام بیشتر و سایش کمتر و مقاومت 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 و سایش 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 تشعشعات 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.

۱-۱- نانو بتن های حاوی nano-SiO₂

در صنعت بتن، دوده سیلیس یکی از مهمترین موادی است که نقش مهمی در چسبندگی و پر کنندگی بتن هایی با عملکرد بالا ایفا می کند.

محصول نانو سیلیس متشکل از ذراتی هستند که دارای شکل گلوله ای بوده و با قطر کمتر از ۱۰۰ نانومتر یا بصورت ذرات خشک پودر یا بصورت معلق در مایع محلول قابل انتشار می باشند.

همچنین تحقیقاتی در مورد اضافه کردن nano-SiO₂ به مخلوط بتن های حاوی مقادیر زیادی خاکستر بادی انجام گرفته و نشان داده شده است که مقاومت فشاری و میزان پراکندگی خلل و فرج نمونه های حاوی نانو سیلیس نسبت به نمونه های کنترلی بیشتر است. مشخصات و خواص مربوط به نمونه های مورد آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

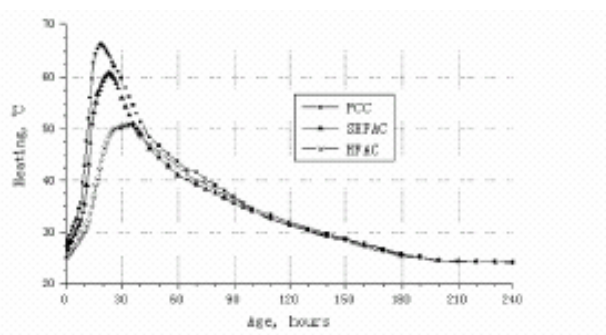
جدول ۱: درصد ترکیب مربوط به نمونه های [۱]

Mix proportions of concretes (kg/m ³)									
Binder combination	Binder				Water	Aggregate		W/B ^a	Superplasticizer ^b dosage
	PC	FA	Nano-SiO ₂	Total		Fine	Coarse		
PCC	500	-	-	500	140	659	1162	0.28	1.7
HFAC	250	250	-	500	140	644	1135	0.28	1.5
SHFAC	230	250	20	500	140	647	1140	0.28	2.0

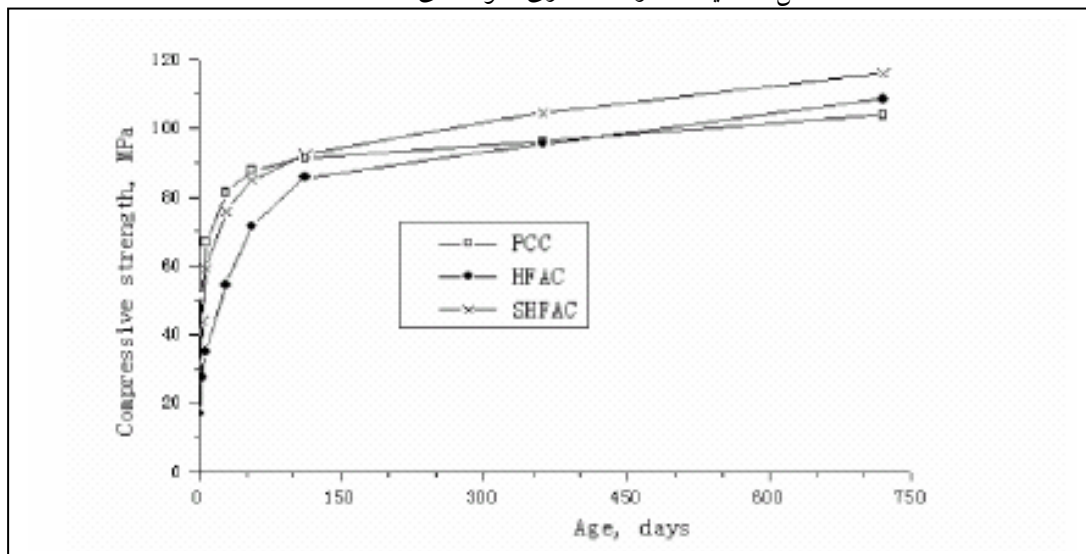
^a Water/binder (i.e., PC plus additional materials) ratio.
^b Dosages given as percent of total binder content by mass.

نتایج حاصل از بررسی حرارت حاصل از هیدراتاسیون مقاومت فشاری و اندازه منافذ در شکل های ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است.

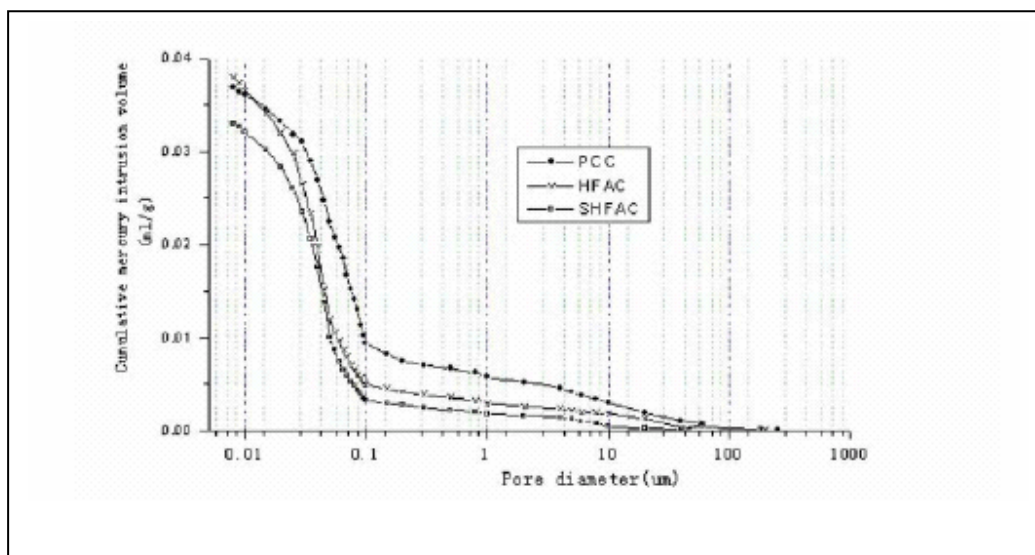
شکل ۲: گرمای حاصل از نمونه های PCC, HFAC, SHFAC



شکل ۳: مقایسه مقاومت فشاری نمونه های PCC,HFAC,SHFAC



شکل ۴: مقایسه نفوذ پذیری نمونه های PCC,HFAC,SHFAC



نتایج حاصل از بررسی نمودارها نشان می دهد که در اثر افزودن نانوسیلیس به بتون های حاوی خاکستر بادی، فعالیت پوزولانی، افزایش می یابد و گرمای حاصل از بتن حاوی ۵۰٪ خاکستر بادی و ۴٪ نانوسیلیس حدوداً 61°C است و این مقدار کمتر از گرمای حاصل از

بتن معمولی 65C و بیشتر از حرارت حاصل از بتنی است که فقط حاوی خاکستر بادی می باشد و حرارتی معادل 51C دارد، در نتیجه در اثر افزودن نانوسیلیس به بتون های حاوی خاکستر بادی دما ۱۹٪ افزایش می یابد.

مقاومت فشاری بلند مدت و کوتاه مدت SHFAC نسبت به سایر نمونه های افزایش یافته و بعد از گذشت ۳ روز نسبت به HFAC ۸۱٪ بیشتر شده و بعد از گذشت ۲ سال به ۱۱۵/۹MPa

می رسد

همانطور که در نمودار ها ۳ و ۴ نشان داده شده است ، تخلخل نمونه های بتنی حاوی خاکستر بادی در کوتاه مدت، بزرگ بوده اما منافذ نمونه هایی که به آن نانوسیلیس افزوده شده ، در کوتاه مدت نسبت به سایر نمونه ها متراکم تر و کوچک تر می باشد.

۱-۲- بتون های حاوی نانو لوله کربنی

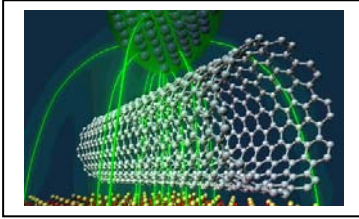
همان گونه که در مقدمه مقاله مطرح شد ، معمولاً الیاف برای مسلح کردن و اصلاح عملکرد مکانیکی بتن بکار برده می شوند. امروزه از الیاف فلزی ، شیشه ای ، پلی پروپیلین ، کربن و . . . در بتن برای مسلح کردن استفاده می شود ولیکن تحقیقات روی بتن مسلح شده، توسط نانو لوله کربنی (*Carbon Nanotubes*) انتشار نیافته است تا بتوان از نتایج آن برای مسلح کردن بوسیله نانو لوله ها استفاده کرد .

با توجه به تحقیقات انجام شده در مرکز تحقیقات بتن (وابسته به موسسه ACI شاخه ایران) ، مقاومت کششی نانو لوله ها بیش از هر نوع الیاف بتنی شناخته شده می باشد.

نانو لوله ها خواص ویژه قابل ملاحظه حرارتی و الکتریکی از خود نشان می دهند ، بطوریکه هادی بودن حرارت آنها بیش از دو برابر الماس و هادی بودن الکتریکی آنها در حدود ۱۰۰۰ برابر فلز مس می باشد .

نانو لوله ها طبقه جدیدی از محصولات می باشند که انقلابی جدید در زمینه مصالح و مواد پیشرفته را بوجود آورده اند. یک نسل جدید از نانو کامپوزیت های چند منظوره می توانند به عنوان نانو لوله های کربنی در نقش الیاف مسلح کننده مناسب مورد استفاده قرار گیرند .

بنابراین نانو لوله های کربنی از اجزای کلیدی مصالح ساختمانی با عملکرد بالای چند منظوره هستند.



*نانو لوله های کربنی می توانند به شکل یک لایه از گرافیت که بصورت لوله در آمده است تصور شوند به این نکته توجه شود که کربن در الماس چهار همسایه دارد ولی در لایه ورقه گرافیت سه همسایه دارد، خواص نانولوله های حد زیادی به نظم اتمی چگونگی درهم پیچیدن این لایه گرافیتی، قطر، طول لوله و مرفولوژی آن بستگی دارد نانو لوله ها می توانند به صورت تک دیواره، چند دیواره باشند که چند دیواره های تشکیل یافته از نانولوله های کربنی هم مرکزی باشند نانولوله ها یکی از سخت ترین مواد به شمار می آیند و در عین استحکام بالا بسیار انعطاف پذیر هستند. مقاومت یک نانولوله نسبت به وزنش ۵۰۰ برابر آلومینیوم است. ساختار تو خالی نانولوله سبک بودن آن را به دنبال دارد. نانو لوله ها مقاومت خوبی در برابر مواد شیمیایی دارند و از پایداری گرمایی بالایی برخوردار هستند رسانایی گرمایی آنها در جهت محوری نیز بالا است نانولوله های کربنی از لحاظ کاتالیزوری فعال می باشند نانو لوله ها خاصیت موبینگی بالا دارند و می توانند گازها و مایعات را در خود جای دهند

۲- نانو سنگ دانه و بتون

نانو سنگ ها می توانند از سطوح سنگی در برابر آلودگی و تخریب حفاظت نمایند. پوشش های نانو سنگ کاملاً نامرئی هستند و زمانی که یک غشاء مایع از نانو سنگ روی سنگ را می پوشاند تغییری در شکل ظاهری، رنگ و خواص فیزیکی سطح سنگ ایجاد نمی شود.

موارد کاربرد نانو سنگها

- سطوح بتونی مانند گاراژ های بتنی، ستون های بتن و لوله های بتن و پلیت های بتنی
- راههای خیابانی، پل ها، معابر سنگی و دیواره جوی آب

- مزایا

- دفع آب از روی سطح
- جلوگیری از کثیف شدن سطح
- جلوگیری از رشد خزه ها
- نامرئی بودن
- جلوگیری از اکسید شدن سطح
- جلوگیری از ایجاد رسوب نمک
- سهولت تمیز کردن سطح سنگ
- ممانعت از ترک خوردن بتون
- غیر سمی بودن