١٤١٤١٨

دانشگاه گیلان

دانشکده فنی

گروه عمران

گرایش سازه

بررسی اثر فیبرهای پلی پروپیلن بر رفتار فیزیکی و مکانیکی بتن های حاوی نانو سیلیس

از :

فرزاد خیرخواه کفشگری

استادان راهنما :

دکتر علی صدر ممتازی

دکتر اکبر خداپرست حقی

استاد مشاور :

مهندس فاطمه بلالایی

۱۳۸۹/۷/ ۳

تحویل دبیرخانه تحصیلات تکمیلی

ثبت ۹۰

شهریور ۱۳۸۸

۱۴۱۴۱۸

تقدیم به خانواده مهربانم

به پاس حمایت ها و زحماتشان

تقدیر و تشکر

اکنون که نگارش این پایان نامه با یاری خداوند متعال به پایان رسیده است، بر خود واجب می‌دانم از اساتید راهنمای ارزشمندم، جناب آقایان دکتر علی صدر ممتازی و دکتر اکبر خداپرست حقی که انجام این تحقیق بدون راهنمایی علمی و مساعدت همه جانبه این بزگواران امکان‌پذیر نبود، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. همچنین از اساتید بزرگوار، جناب آقای دکتر عطاء اله حاجتی مدارایی و جناب آقای دکتر ملک محمد رنجبر که به عنوان داور زحمت بازخوانی این پایان نامه را بر عهده داشته و نظرات ارزنده و مفیدی در هر چه بهتر و پربارتر شدن آن ارائه نموده‌اند سپاسگزاری می‌نمایم.

از کارشناسان و کارکنان آزمایشگاه بتن و مصالح ساختمانی دانشکده فنی، سرکار خانم مهندس حاج جعفری، آقای مهندس کاتبی، آقای سرمست و همچنین آقای جهانگیری که در انجام آزمایشات کمک‌های شایانی نمودند، سپاسگزاری می‌شود. همچنین آقای مهندس باخدا از گروه مهندسی مکانیک، در انجام برخی آزمایشات کمک های فراوانی نمودند که بدین وسیله از ایشان نیز تشکر و قدردانی می گردد.

همچنین از دوستان عزیزم، مهندسین سید جعفر هاشمی، عادل کسایی، علی فصیحی، محمود نوروزپور، میثم پیکرنگار، میرعلی محمد میرگذار لنگرودی و سید یاسین موسوی که همیشه همراه و مشوقم بودند سپاسگذاری می نمایم.

فهرست مطالب

عنوان ..... الف

تقدیم ..... ب

تقدیر و تشکر ..... پ

فهرست مطالب ..... ت

فهرست جداول ..... ح

فهرست شکل ها ..... خ

چکیده فارسی ..... ر

چکیده انگلیسی ..... ز

پیشگفتار ۱

مقدمه ۲

هدف ۲

ساختار پایان نامه ۳

فصل اول : نانو فناوری در تکنولوژی بتن ٤

۱-۱مقدمه ۵

۱-۲ نانو چیست ؟ ۵

۱-۳ نانو مواد ۶

۱-۴ لزوم رویکرد نانو فناوری در تکنولوژی بتن ۷

۱-۵ نانو سیلیس ۸

۱- ۶ مطالعه‌ای در تحقیقات انجام شده ۸

فصل دوم : بتن الیافی ۱۸

۲-۱ مقدمه ۱۹

۲-۲ انواع الیاف ۲۲

۲-۲-۱ الیاف فولادی ۲۲
۲-۲-۲ الیاف پلیمری ۲۲
۲-۲-۳ الیاف معدنی ۲۳
۲-۲-۴ الیاف طبیعی ۲۳
۲-۳ بتن مسلح به الیاف پلیمری (PFRC) ۲۳
۲-۳-۱ مشخصات الیاف پلی‌پروپیلن ۲۴
۲-۳-۱-۱ ساختار شیمیایی پلی‌پروپیلن ۲۴
۲-۳-۱-۲ تولید پلی‌پروپیلن ۲۴
۲-۳-۱-۳ مشخصات مکانیکی و فیزیکی ۲۴
۲-۳-۱-۴ خواص گرمایی ۲۵
۲-۳-۱-۵ مقاومت در مقابل عوامل شیمیایی ۲۶
۲-۳-۱-۶ خواص دیگر ۲۶
۲-۳-۲ مزایای استفاده از الیاف پلیمری (پلی‌پروپیلن) در بتن ۲۶
۲-۳-۲-۱ بتن بدون ترک ۲۷
۲-۳-۲-۲ بتن مقاوم در برابر ضربه ۲۸
۲-۳-۲-۳ بتن بتن شکل پذیر ۲۸
۲-۳-۲-۴ بتن ضد حریق ۲۹
۲-۴ مروری بر تحقیقات گذشته ۳۰

فصل سوم : خصوصیات مصالح ۳۴

۳-۱ الیاف پلی‌پروپیلن ۳۵
۳-۱-۱ روش مصرف ۳۵
۳-۲ مشخصات نانو سیلیس مصرفی ۳۶
۳-۳ سیمان ۳۷
۳-۴ دوده سیلیس ۳۷
۳-۵ خاکستر پوسته شلتوک برنج ۳۸

۳-۵-۱ سا بقه تاریخی استفاده ازخاکستر پوسته شلتوک برنج..... ۳۸
۳-۵-۲ رفتار حرارتی..... ۳۹
۳-۵-۳ خواص فیزیکی..... ۳۹
۳-۵-۴ فعالیت پوزولانی..... ۴۰
۳-۵-۵ بررسی قابلیت پوزولانی..... ۴۰
۳-۶ مصالح سنگی..... ۴۱
۳-۶-۱ شن..... ۴۱
۳-۶-۲ ماسه..... ۴۲
۳-۷ فوق روان کننده..... ۴۳
۳-۸ آب..... ۴۴

فصل چهارم : برنامه آزمایشگاهی..... ٤٥

۴-۱ مقدمه..... ۴۶
۴-۲ ساخت نمونه ها..... ۴۶
۴-۲-۱ طرح اختلاط..... ۴۶
۴-۲-۲ عمل آوری نمونه ها..... ۴۸
۴-۲-۳ نمونه‌های مورد آزمایش..... ۴۸
۴-۳ آزمایش های بتن سخت شده..... ۴۹
۴-۳-۱ مقاومت فشاری..... ۴۹
۴-۳-۲ مقاومت خمشی (مدول گسیختگی)..... ۴۹
۴-۳-۳ ارزیابی میزان انبساط و انقباض..... ۵۰
۴-۳-۳-۱ آزمایش انبساط (ورم کردن)..... ۵۰
۴-۳-۳-۲ آزمایش انقباض (جمع شدگی ناشی از خشک شدن)..... ۵۰
۴-۳-۳-۳ روش آزمایش..... ۵۱

۴-۳-۴ آزمایش اولتراسونیک ۵۲

۴-۳-۴-۱ مقدمه ۵۲

۴-۳-۴-۲ آرایش قرار گیری مولد ها ۵۳

۴-۳-۵ آزمایش جذب آب ۵۴

۴-۳-۶ عکس برداری توسط میکروسکوپ الکترونی ۵۵

فصل پنجم : بحث بر روی نتایج ۵۷

۵-۱ مقدمه ۵۸

۵-۲ نتایج آزمایشات ۵۸

۵-۲-۱ مقاومت فشاری ۵۸

۵-۲-۲ مقاومت خمشی ۶۲

۵-۲-۳ آزمایش انبساط ۶۹

۵-۲-۴ آزمایش انقباض ۷۲

۵-۲-۵ آزمایش اولتراسونیک ۷۵

۵-۲-۵ آزمایش جذب آب ۷۶

فصل ششم : نتایج و پیشنهادات ۸۲

۵-۱ مقدمه ۸۳

۵-۲ نتیجه گیری ۸۳

۵-۳ پیشنهادات ۸۴

مراجع ۸۵

فهرست جداول

جدول (۲-۱) : مشخصات مکانیکی الیاف پلی پروپیلن ۲۵

جدول(۲-۲) : خواص فیزیکی الیاف پلی پروپیلن ۲۵

جدول(۲-۳) : مقایسه‌ای میان ویژگی‌های آرماتور حرارتی و الیاف پلی‌پروپیلن ۲۶

جدول(۳-۱) : مشخصات الیاف پلی پروپیلن ۳۵

جدول(۳-۲) : مشخصات نانو سیلیس مورد استفاده در آزمایشات ۳۷

جدول(۳-۳) : آنالیز شیمیایی دوده سیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج ۴۱

جدول(۳-۴) : الزامات بروز خاصیت پوزولانی در مواد ۴۱

جدول(۳-۵) : دانه بندی شن ۴۱

جدول(۳-۶) : دانه بندی ماسه ۴۲

جدول(۳-۷) : مشخصات سوپر فوق روان کننده ۴۳

جدول(۴-۱) : مشخصات اختلاط بتن های حاوی الیاف پلی پروپیلن برحسب کیلوگرم بر متر مکعب ۴۷

جدول(۴-۲) : طبقه بندی کیفیت بتن معمولی بر اساس سرعت پالس ۵۳

جدول(۵-۱) : میزان انرژی جذب شده بتن‌های مختلف حاوی درصدهای متفاوت الیاف پلی‌پروپیلن بر حسب ژول ۶۸

فهرست شکل ها

شکل(۱-۱) : میکرو ساختار بتن معمولی : الف) بزرگنمایی ۵۰۰۰ برابر، ب) بزرگنمایی ۲۰۰۰ برابر ۱۰

شکل(۱-۲) : میکرو ساختار بتن حاوی نانو سیلیس : الف) بزرگنمایی ۵۰۰۰ برابر، ب) بزرگنمایی ۲۰۰۰ برابر ۱۰

شکل(۱-۳) : تصویر تجهیزات مورد استفاده در تعیین فعالیت پوزولانی نانو سیلیس توسط Li ۱۱

شکل(۱-۴) : میزان افزایش وزن نمونه های مختلف پوزولان در اثر مجاورت با آهک اشباع در سنین مختلف ۱۲

شکل(۱-۵) : کریستال های هیدروکسید کلسیم در سطح تماس بین خمیر سیمان و سنگدانه در نمونه های ۲۸ روزه: الف) خمیر سیمان حاوی ۳ درصد نانو سیلیس ب) خمیر سیمان حاوی ۳ درصد دوده سیلیس ج) خمیر سیمان معمولی ۱۳

شکل(۱-۶) : توزیع میزان حفرات موجود در خمیر سیمان : (a) بدون نانو سیلیس (b) ۰.۶ درصد نانو سیلیس ۱۴

شکل(۱-۷) : میکرو ساختار خمیر سیمان سخت شده الف) حاوی ۳ درصد نانو اکسید آهن ب) حاوی ۳ درصد نانو سیلیس ج) معمولی ۱۵

شکل(۱-۸) : گرمای هیدراتاسیون خمیر سیمان حاوی ۱۰ درصد دوده سیلیس در مقایسه با ۱۰ درصد نانوسیلیس در ۲۴ ساعت نخست ۱۵

شکل (۱-۹) : میکروساختار ملات های حاوی ۲۰ درصد خاکستر لجن فاضلاب و نانو سیلیس: الف) ۲ درصد نانو سیلیس ب) صفر درصد نانو سیلیس ۱۶

شکل(۲-۱) : ترک‌های ناشی از افت پلاستیک در سطح بتن ۲۷

شکل(۲-۲) : نتایج تست فشاری بتن پرمقاومت الیافی و فاقد الیاف ۲۸

شکل(۳-۱) : الیاف پلی پروپیلن مصرفی درآزمایش ۳۶

شکل(۳-۲) : تصویر ذرات نانو سیلیس در مقایسه با دوده سیلیس الف) دوده سیلیس، ب) نانو سیلیس ۳۷

شکل (۳-۳) : نمودار دانه بندی شن (ASTM C33) ۴۲

شکل(۳-۴) : نمودار دانه بندی شن (BS882) ۴۲

شکل(۳-۵) : نمودار دانه بندی ماسه (ASTM C33) ۴۳

شکل(۳-۶) : نمودار دانه بندی ماسه (BS882) ۴۳

شکل(۴-۱) : محل نگهداری نمونه ها پس از ساخت ۴۸

شکل(۴-۲) : دستگاه تست مشخصات مکانیکی بتن ۴۹

شکل(۴-۳) : نحوه انجام آزمایش مدول گسیختگی ۵۰

شکل(۴-۴) : کرنش سنج (Demac Gage) ۵۱

شکل(۴-۵) : روش های انتقال و دریافت پالس های مافوق صوت ۵۴

شکل(۴-۶) : دستگاه اولتراسونیک مورد استفاده در آزمایش ۵۴

شکل(۴-۷) : تصویر دستگاه میکروسکوپ الکترونی (SEM) ۵۶

شکل(۵-۱) : مقاومت فشاری بتن‌های معمولی به همراه درصدهای مختلف الیاف ۵۸

شکل(۵-۲) : مقاومت فشاری بتن‌های حاوی دوده سیلیس به همراه درصدهای مختلف الیاف ۵۹

شکل(۵-۳) : مقایسه شکل گسیختگی بتن با و بدون الیاف پلی‌پروپیلن تحت بارکذاری فشاری ۵۹

شکل(۵-۴) : مقاومت فشاری بتن‌های حاوی خاکستر پوسته شلتوک برنج به همراه درصدهای مختلف الیاف ۶۰

شکل(۵-۵) : مقاومت فشاری بتن‌های نانو سیلیس به همراه درصدهای مختلف الیاف ۶۰

شکل(۵-۶) : مقاومت فشاری بتن‌های نانو سیلیس و دوده سیلیس به همراه درصدهای مختلف الیاف ۶۰

شکل(۵-۷) : مقاومت فشاری بتن‌های نانو سیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج به همراه درصدهای مختلف الیاف ۶۱

شکل(۵-۸) : مقاومت فشاری بتن‌های مختلف حاوی ۰/۳ درصد حجمی الیاف پلی‌پروپیلن ۶۱

شکل(۵-۹) : مقاومت خمشی بتن‌های معمولی به همراه درصدهای مختلف الیاف ۶۳

شکل(۵-۱۰) : مقاومت خمشی بتن‌های حاوی دوده سیلیس به همراه درصدهای مختلف الیاف ۶۳

شکل (۵-۱۱) : مقاومت خمشی بتن‌های حاوی خاکستر پوسته شلتوک برنج به همراه درصدهای مختلف الیاف ۶۴

شکل (۵-۱۲) : مقاومت خمشی بتن‌های حاوی نانو سیلیس به همراه درصدهای مختلف الیاف ۶۴

شکل (۵-۱۳) : مقاومت خمشی بتن‌های یحاو نانو سیلیس و دوده سیلیس به همراه درصدهای مختلف الیاف ۶۴

شکل (۵-۱۴) : مقاومت خمشی بتن‌های حاوی نانو سیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج به همراه درصدهای مختلف الیاف ۶۵

شکل (۵-۱۵) : اثر نانو سیلیس بررفتار بار- تغییر مکان خمشی بتن‌های معمولی ۶۶

شکل (۵-۱۶) : اثر نانو سیلیس بررفتار بار- تغییر مکان خمشی بتن های ساخته شده با دوده سیلیس ۶۶

شکل (۵-۱۷) : اثر نانو سیلیس بررفتار بار- تغییر مکان خمشی بتن‌های ساخته شده با خاکستر پوسته شلتوک برنج ۶۶

شکل(۵-۱۸) : نمودار بار – تغییر مکان بتن (الف) معمولی و(ب) ساخته شده با ۷ درصد نانو سیلیس، حاوی درصدهای مختلف فیبر ۶۷

شکل(۵-۱۹) : نحوه گسیختگی بتن (الف) فاقد الیاف پلی‌پروپیلن و (ب) حاوی ۰/۳ درصد الیاف پلی‌پروپیلن ۶۷

شکل(۵-۲۰) : میزان جذب انرژی بتن‌های مختلف حاوی ۰/۳ درصد الیاف پلی‌پروپیلن بر حسب ژول ۶۹

شکل(۵-۲۱) : اثر الیاف پلی پروپیلن بر انبساط بتن‌های معمولی ۷۰

شکل(۵-۲۲) : اثر الیاف پلی پروپیلن بر انبساط بتن‌های حاوی دوده سیلیس ۷۰

شکل(۵-۲۳) : اثر الیاف پلی پروپیلن بر انبساط بتن‌های حاوی خاکستر پوسته شلتوک برنج ۷۰

شکل(۵-۲۴) : اثر الیاف پلی پروپیلن بر انبساط بتن‌های حاوی نانو سیلیس ۷۱

شکل(۵-۲۵) : اثر الیاف پلی پروپیلن بر انبساط بتن‌های حاوی نانو سیلیس و دوده سیلیس ۷۱

شکل (۵-۲۶) : اثر الیاف پلی پروپیلن بر انبساط بتن‌های حاوی نانو سیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج ۷۲

شکل (۵-۲۷) : اثر الیاف پلی پروپیلن بر انقباض بتن‌های معمولی ۷۲

شکل (۵-۲۸) : اثر الیاف پلی پروپیلن بر انقباض بتن‌های حاوی دوده سیلیس ۷۳

شکل (۵-۲۹) : اثر الیاف پلی پروپیلن بر انقباض بتن‌های حاوی خاکستر پوسته شلتوک برنج ۷۳

شکل(۵-۳۰) : اثر الیاف پلی پروپیلن بر انقباض بتن‌های حاوی نانو سیلیس ۷۴

شکل(۵-۳۱) : اثر الیاف پلی پروپیلن بر انقباض بتن‌های حاوی نانو سیلیس و دوده سیلیس ۷۴

شکل(۵-۳۲) : اثر الیاف پلی پروپیلن بر انقباض بتن‌های حاوی نانو سیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج ۷۵

شکل(۵-۳۳) : رابطه بین مقاومت فشاری و سرعت امواج مافوق صوت در کلیه نمونه های مورد بررسی در ۷ روزگی ۷۵

شکل (۵-۳۴) : رابطه بین مقاومت فشاری و سرعت امواج مافوق صوت در کلیه نمونه های مورد بررسی در ۲۸ روزگی ۷۶

شکل (۵-۳۵) : میزان جذب آب نمونه‌های حاوی پوزولان‌های مختلف ۷۶

شکل(۵-۳۶) : میکروساختار خمیر سیمان (الف) معمولی و (ب) حاوی نانو سیلیس، با بزگنمایی ۱۰۰۰۰ برابر ۷۸

شکل(۵-۳۷) : میکروساختار خمیر سیمانی (الف) حاوی دوده سیلیس و (ب) حاوی دوده سیلیس و نانو سیلیس ۷۹

شکل(۵-۳۸) : میکروساختار خمیر سیمانی (الف) حاوی خاکستر پوسته شلتوک برنج و (ب) حاوی خاکستر پوسته شلتوک برنج و نانو سیلیس ۷۹

شکل (۵-۳۹) : نمودار تغییرات جذب آب نهایی بتن های حاوی مقادیر متفاوت الیاف ساخته شده با مصالح سیمانی متفاوت ۸۰

شکل(۵-۴۰) : نمودار تغییرات جذب آب نهایی بتن های حاوی مقادیر متفاوت الیاف ساخته شده با مصالح سیمانی متفاوت ۸۰

شکل(۵-۴۱) : نمودار تغییرات جذب آب نهایی کلیه نمونه های مورد بررسی با مقاومت فشاری نظیر در سن ۲۸ روزگی ۸۱

چکیده

بررسی اثر فیبرهای پلی پروپیلن بر رفتار فیزیکی و مکانیکی بتن‌های حاوی نانو سیلیس

فرزاد خیرخواه

با گذر از مقیاس میکرو به نانو، تغییری در برخی خواص فیزیکی و شیمیایی مواد ایجاد می‌شود که از جمله می‌توان افزایش نسبت مساحت سطحی به حجم را نام برد. درک این که خواص بتن می‌تواند با افزودنی مواد نانو، اصلاح شود از موضوعات تحقیقی جدیدی است که بسیار مورد توجه قرار دارد. از بین نانو ذرات نانو سیلیس به دلیل فعالیت پوزولانی، دارای پتانسیل بالایی جهت استفاده در کامپوزیت‌های سیمانی می‌باشد. بر این اساس، تحقیق حاضر بر خواص فیزیکی و مکانیکی بتن‌های حاوی نانو سیلیس متمرکز گردیده است. اثر همراه کردن نانو سیلیس با دوده سیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج بر خصوصیات مختلف بتن نیز مورد بررسی قرار گرفت. خواص مورد بررسی شامل مقاومت فشاری، مقاومت خمشی، آزمایش اولتراسونیک، جذب آب، انبساط و انقباض می‌باشد. بتن‌های حاوی مواد پوزولانی فعال از خصوصیات مقاومتی مناسبی برخور دارند، که به طور اخص با افزایش مقاومت فشاری همراه می‌باشند. که این افزایش مقاومت فشاری، کاهش شکل پذیری بتن را به دنبال دارد. بکار گیری الیاف پلی پروپیلن می‌تواند رویکردی اقتصادی به منظور غلبه بر مورد فوق باشد. بر این اساس در تحقیق حاضر الیاف پلی پروپیلن با بتن‌های حاوی نانو سیلیس همراه گردید. از سوی دیگر مشارکت الیاف در خواص مقاومتی به دلیل پیوند ضعیف بین الیاف و ماتریس محدود شده است. به نظر می رسد نانوسیلیس به دلیل ذرات بسیار ریز و فعالیت پوزولانی بالا توانایی ایجاد میکروساختار لازم برای برقراری پیوند بهتر بین الیاف و ماتریس را داشته باشد. از این رو به منظور پی بردن به اثر افزایش تراکم ماتریس بر کارایی مسلح سازی با الیاف، اثر الیاف پلی پروپیلن بر بتن‌های حاوی نانوسیلیس مطالعه و با بتن‌های فاقد نانو سیلیس مقایسه گردید. نتایج نشان داد نانو سیلیس اثر قابل توجهی در بهبود مقاومت مکانیکی و نفوذ پذیری بتن دارد و زمینه بهبود خصوصیات بتن مسلح شده با الیاف پلی پروپیلن را فراهم می‌نماید.

کلیدواژه : الیاف پلی پروپیلن، دوده سیلیس، خاکستر پوسته شلتوک برنج، نانو سیلیس

Abstract

Assessment of the effect of polypropylene fibers on physical and mechanical properties of concrete containing nano-SiO_2
Farzad Kheirkhah

Increscent of surface-volume ratio and other chemical and physical properties, have been seen when the size of material decrease to nano-scale. As regard to enhancement of concrete properties via nano-additions are opened new researches topics. Among nano particles, nano-SiO_2 due to pozzolanic reaction has a high potential to be used in cementitious matrices. Accordingly present study focuses on physical and mechanical properties of concretes containing nano-SiO_2. The influence of integrating nano-SiO_2 with silica fume and rice husk ash on different properties of concretes was also investigated. The measured properties included shrinkage and expansion (were measured up to the age of 42), ultra Pulse velocity, water absorption (carried out at 28 days), compressive and flexural strengths (were determined at 7 and 28 days). Especially in the case of compressive strength, concrete containing active pozzolanic materials have effective performance. This compressive strength increasing can decrease the ductility. Utilization of polypropylene fibers can be an economical approach to overcome above matter. Therefore in the present study Polypropylene fibers were integrated with concretes containing nano-SiO_2. In the other hand the contribution of polypropylene fibers to mechanical properties has been limited due to weak bond with cementitious matrices. It seems that nano-SiO_2 due to extremely fine size and high pozzolanic activity has a potential to provide better fiber/matrix bond. Hence in order to find out the influence of matrix densification on effectiveness of fiber reinforcement the effect of polypropylene fibers on characteristics of concrete containing nano-SiO_2 was studied and results were compared to those of concrete without nano-SiO_2. Results showed that nano-SiO_2 significantly improved the strength and the permeability of concretes. Presence of nano-SiO_2 can prepare the way to enhance the polypropylene fibers effectiveness in improving concrete characteristics.

Key words: Polypropylene fibers, Silica fume, Rice husk ash, Nano-SiO_2

پیشگفتار

مقدمه

امروزه در پی گسترش صنعت ساخت و ساز در کشور و نیاز به ایجاد سازه های حیاتی ، افزایش دقت و ایمنی در تولید و اجرای سازه های مهندسی، امری ضروری می باشد . از جمله راهکارهای مناسب می توان به دستیابی به تکنیک‌ها و ترکیبات جدیدی از مصالح ساختمانی جهت تسهیل پروژه های پیچیده به منظور افزایش ضریب اطمینان و ایمنی ساخت آن‌ها در بالا بردن مقاومت قابل قبول و همچنین کاهش هزینه های ساخت و ساز اشاره نمود.

بتن پر مصرف‌ترین مصالح ساختمانی می‌باشد. جایگزین کردن بتن با مصالح دیگر به لحاظ کاربرد متنوع آن تقریباً غیر ممکن و نشدنی است. از طرفی توجه به بتن از توجه به مواد تشکیل دهنده آن امری تفکیک ناپذیر است. کارایی و خواص بتن تا حد زیادی به مقدار و ابعاد ریز ساختارهای به کار رفته در آن وابسته است. ذرات در ابعاد نانو خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوت و منحصر به فردی از خود نشان می‌دهند. از این رو به نظر می رسد استفاده از سیمانی مبتنی بر نانو مواد، منجر به تولید بتن با خواص مقاومتی بالا و نفوذپذیری بسیار پایین گردد[۱].

هدف

بتن مسلح به الیاف پلیمری (PFRC[۱]) گونه‌ای از بتن‌های الیافی بوده که در آن از الیاف پلیمری به عنوان مسلح کننده استفاده می‌شود. چگالی کم الیاف پلیمری و حساس نبودن آن‌ها به خوردگی، این الیاف را برای کاربردهای مختلفی در مهندسی عمران مطلوب نموده است. چنانچه این بتن‌ها درمعرض مواد شیمیایی قرار گیرند، پیش از آنکه الیاف متاثر گردد، ماتریس بتن تخریب خواهد شد. الیاف پلی پروپیلن از پرمصرف ترین الیاف پلیمری مورد استفاده در بتن محسوب می‌شوند که به منظور کنترل ترک‌های بوجود آمده بواسطه تغییرات حجمی ناشی از انبساط و انقباض و تنش‌های حرارتی در بتن و نیز جهت افزایش مقاومت کششی، نرمی، قابلیت جذب انرژی و فراهم آوری یک سیستم یکپارچه مورد استفاده قرار می‌گیرند. لذا پژوهش حاضر به منظور بررسی تاثیرات استفاده از درصدهای مختلف الیاف پلی پروپیلن به میزان ۰/۱٪ ، ۰/۳٪ و ۰/۵٪ حجم بتن اختلاط، بر بتن‌های حاوی پوزولان‌های مختلف انجام گرفته است. همچنین سعی شده است اثر استفاده از پوزولان‌های مختلف بر میزان کارایی مسلح سازی با الیاف پلی‌پروپیلن مورد مطالعه قرار گیرد.

---

[۱] Polymeric fiber reinforced concrete

از جمله مواد پوزولانی بسیار جدیدی که به مدد پیشرفت های اخیر در عرصه فناوری نانو حاصل شده است، نانو سیلیس می باشد. نظر به اهمیت شناخت مسایل مربوط به استفاده از این ماده افزودنی در بتن و آشنایی با روش‌های صحیح مصرف و ویژگی های مثبت و منفی آن، ضروریست که تحقیقات اساسی در این زمینه انجام پذیرد. چرا که شناخت این ماده سبب می شود که از آن بتوان به نحو مطلوب جهت بهبود کیفیت و دوام بتن استفاده نمود. علاوه بر نانو سیلیس، در این تحقیق از پوزولان‌هایی همچون دوده سیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج استفاده شده است. در ادامه اختلاط نانو سیلیس با دوده سیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج نیز مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور نانو سیلیس به صورت جایگزین بخشی از دوده سیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج در کامپوزیت های سیمانی مورد استفاده قرار گرفته است.

ساختار کلی پایان نامه

پایان نامه حاضر شامل یک پیشگفتار و پنج فصل است. در پیشگفتار، به بیان اهداف تحقیق پرداخته شده است. فصل اول با عنوان نانو فناوری در تکنولوژی بتن، با مقدمه‌ای در ارتباط با لزوم رویکرد نانو فناوری در تکنولوژی بتن آغاز می‌گردد و در ادامه به تحقیقات انجام شده در زمینه استفاده از نانو مواد در مصالح سیمانی اختصاص داده شده است. در فصل دوم به معرفی بتن الیافی پرداخته شده است. در ابتدا ضمن معرفی انواع الیاف مصرفی در بتن، با تاکید بر الیاف پلیمری، به شرح مزایای استفاده از انواع الیاف خصوصا الیاف پلی پروپیلن در بتن پرداخته شده است. در ادامه به مطالعه متون علمی و مقالات مرتبط با بکار گیری الیاف پلی‌پروپیلن در بتن اختصاص داده شده است. در فصل سوم به خصوصیات مواد و مصالح مورد استفاده در انجام آزمایشات پرداخته شده است. فصل چهارم به آزمایشات و بیان نتایج حاصل از انجام آن‌ها اختصاص داده شده است. دراین فصل توضیحاتی در مورد چگونگی انجام آزمایشات بیان شده است. همچنین خواص مختلف سیمان‌های مخلوط حاوی نانو سیلیس در مقیاس بتن مورد ارزیابی قرار گرفته و اثر الیاف پلی پروپیلن بر بتن‌های ساخته شده با نانو سیلیس مورد مطالعه قرار گرفته است. در این راستا در برخی موارد توضیحاتی در جهت توجیه مشاهدات بر اساس مطالعات صورت گرفته در متون علمی و مقالات، ارائه شده است. در فصل پایانی (پنجم) نیز، نتایج قابل استخراج از بررسی داده های آزمایشگاهی ارائه و پیشنهاداتی در جهت ادامه تحقیقات داده شده است.

فصل اول

نانو فناوری در تکنولوژی بتن

۱-۱ مقدمه

نانو فناوری، توانایی مطالعه و کار در تراز اتمی، مولکولی و فرا مولکولی در ابعاد ۱ الی ۱۰۰ نانومتر با هدف ساخت و دخل و تصرف در چگونگی آرایش اتم‌ها یا مولکول‌ها می باشد. از همین تعریف ساده بر می‌آید که نانو فناوری یک رشته جدید نیست بلکه رویکردی جدید در تمام رشته‌هاست[۲].

اولین جرقه نانو فناوری (البته در آن زمان هنوز به این نام شناخته نشده بود) در سال ۱۹۵۹ زده شد. در این سال ریچارد فاینمن طی یک سخنرانی تحت عنوان " فضای زیادی، در سطوح پایین وجود دارد. " ایده نانو فناوری را مطرح ساخت. همچنین وی این نظریه را که " در آینده‌ای نزدیک می توانیم مولکول‌ها و اتم‌ها را به صورت مستقیم دستکاری و آرایش کنیم. " ارائه داد. واژه نانو فناوری اولین بار توسط نوریو تاینگوجی استاد دانشگاه علوم توکیو، در سال ۱۹۷۴ بر زبان‌ها جاری شد. او این واژه را برای توصیف ساخت مواد دقیقی که تلورانس ابعادی آن‌ها در حد نانومتر می باشد، به کار برد. البته تئوری‌های این علم اولین بار در سال ۱۹۸۰ توسط دکتر اریک درکسلر در کتابی تحت عنوان " موتورهای خلقت " مطرح گردید[۲].

کاربردهای وسیع این عرصه به همراه پیامدهای اجتماعی، سیاسی و حقوقی آن این فناوری را به عنوان یک زمینه‌ی فرا رشته‌ای و فرابخشی مطرح نموده است. هر چند آزمایش‌ها و تحقیقات پیرامون نانو فناوری از ابتدای دهه‌ی ۸۰ قرن بیستم به طور جدی پیگیری شد. اما اثرات تحول آفرین، معجزه آسا و باور نکردنی نانو فناوری در روند تحقیق و توسعه باعث گردید که نظر تمام کشورهای بزرگ به این موضوع جلب گردد و نانو فناوری را به عنوان یکی از مهم‌ترین الویت‌های تحقیقاتی خویش طی دهه اول قرن بیست‌ویکم محسوب نمایند. لذا طراحی یک برنامه منسجم، فراگیر و همه جانبه جهت حضور محققین، اساتید و صنعتگران ایرانی در این عرصه، اجتناب ناپذیر می باشد[۳]. در ابتدای این فصل کلیاتی در ارتباط با نانو فناوری و لزوم رویکرد نانو فناوری در تکنولوژی بتن بیان می‌گردد و در نهایت مروری بر تحقیقات انجام شده در این رابطه صورت می گیرد.

۱-۲ نانو چیست ؟

پیشوند «نانو» به معنی یک میلیاردیم است. یک نانومتر (که به اختصار آن را با nm۱ نشان می‌دهند) برابر

است با $\frac{۱}{۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰}$ متر. برای درک مقیاس نانو می‌توان مثلاً به این موارد اشاره کرد: ضخامت یک برگ کاغذ معمولی ۱۰۰۰۰۰ نانومتر، قطر موی سر انسان ۵۰۰۰۰ نانومتر، قطر یک سلول باکتریایی چند صد نانومتر وکوچکترین چیزهایی که امروز روی مدارات ریز پردازنده حک می کنند درحدود۱۳۰ نانومتر است. کوچکترین چیزهای قابل دید برای انسان با چشم غیر مسلح می‌توانند حداقل ۱۰۰۰۰ نانومتر پهنا داشته باشند. ده اتم هیدروژن در یک خط پشت سر هم تنها یک نانومتر طول دارند. هرچیزی که اندازه آن کوچکتر از یک نانومتر باشد تنها می تواند یک اتم آزاد یا یک مولکول کوچک باشد که درفضا معلق است. پس نانو ساختارها تنها کوچکتر از هر آنچه پیش از این ساخته‌ایم نیستند، بلکه در واقع کوچکترین جامداتی هستند که می‌توان آن‌ها را ساخت[۴].

۱-۳ نانو مواد

نانو مواد از ریز دانه‌هایی تشکیل شده‌اند که به نوبه خود از اتم‌های زیادی ساخته شده‌اند. این دانه‌ها را بسته به اندازه‌شان، با استفاده از چشم غیر مسلح، می توان دید و یا نمی توان دید. مواد رایج، حاوی دانه‌هایی هستند که اندازه آن‌ها درهر عمقی و در هر جایی از نمونه ماده، از چند صد میکرون تا چند سانتی‌متر تغییر می‌کند. نانو مواد را گاهی اوقات وقتی که متراکم و فشرده نشده باشند، نانوپودر[1] می‌نامند که اندازه دانه‌های آن‌ها حداقل در یک بعد و یا معمولا در سه بعد، درمحدوده ۱۰۰nm-۱ می‌باشند[۵].

با گذر از مقیاس میکرو به نانو، تغییری در برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی مواد ایجاد می‌شود که دو مورد مهم از آن‌ها عبارتند از افزایش نسبت مساحت سطحی به حجم و ورود اندازه ذره به قلمرو اثرات کوانتومی. افزایش نسبت مساحت سطحی به حجم که به تدریج با کاهش اندازه ذره رخ می‌دهد باعث غلبه یافتن رفتار اتم‌های واقع در سطح ذره بر رفتار اتم‌های درونی می‌شود. این پدیده بر خصوصیات ذره در حالت انزوا و بر تعاملات آن با دیگر مواد اثر می‌گذارد. افزایش سطح، واکنش پذیری نانو مواد را به شدت افزایش می‌دهد. زیرا در ابعاد نانو، اتم‌ها یا مولکول‌هایی که مرز ماده با خارج را تشکیل می‌دهند کسر بزرگی از کل اتم‌ها یا مولکول‌های یک ذره هستند و با توجه به این نکته که انرژی سطحی ذرات نقش عمده‌ای در پایداری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ماده دارد، نانو مواد با داشتن نسبت سطح به توده بسیار بالا خواص متفاوت و بهتری نسبت به مواد رایج از خود نشان می‌دهند[۲].

---

[1] Nanopowdr