دانشکده پردیس بین الملل

گروه عمران

گرایش سازه

نقش الیاف پلی پروپیلن در خواص فیزیکی و مکانیکی ملات های سیمانی حاوی پوزولان های ترکیبی

از:

فرید کیایی

استاد راهنما :

دکتر علی صدر ممتازی

زمستان ۹۱

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم

تشکر وقدردانی

سپاس بی حد ایزد را سزد که بنی آدم را صاحب علم و قلم نمود تا کرامتی در خود یابند و درود فراوان نثار صاحبان فضل و معرفت که روشنی بخش عرصه گیتی شدند. بر خود لازم می دانم از استاد راهنمای بزرگوار و ارجمندم آقای دکتر علی صدر ممتازی که در طول دوره تحصیل و سپس در مراحل انجام پایان نامه با زحمات و راهنمایی های ارزشمند خود مرا همراهی کردند کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

همچنین از اساتید بزرگوار آقایان دکتر علی قربانی و دکتر حسین قاسم زاده موسوی که به عنوان داور زحمت بازخوانی این پایان نامه را بر عهده داشته و نظرات ارزنده ای در هر چه بهتر شدن آن ارائه نموده اند سپاسگزاری می نمایم. از کلیه اساتید بزرگوار گروه عمران که در مدت تحصیل دوره کارشناسی ارشد زحمات فراوانی کشیده اند نیز سپاسگزارم.

بر خود لازم می دانم که از زحمات مسئولین و کارکنان محترم آزمایشگاه بتن دانشکده فنی دانشگاه گیلان ، آقای مهندس کاتبی، آقای سرمست و خانم مهندس حاج جعفری و از دوستانم آقای دکتر موسوی، مهندس مدنی، مهندس عباس زاده و مهندس شریف که به هر نحو مرا در مراحل انجام این پایان نامه همراهی نمودند صمیمانه تشکر نمایم.

از خانم مهندس مهری نژاد که در تمامی مراحل انجام کار مرا همراهی نمودند صمیمانه تشکر می نمایم. از دوست ارجمندم آقای مهندس محمد بصائری و برادر عزیزم آقای مهندس فربد کیایی که به هر نحو مرا در مراحل انجام کار همراهی نموده اند متشکرم و از خانم خوب رفتار که حضورشان در تمام مدت انجام کار به من کمک کرد و باعث دلگرمی من شد قدردانی می نمایم.

در پایان از خانواده خودم که در تمامی مدت تحصیل زحمات زیادی را متحمل شدند سپاسگزاری می نمایم.

چکیده

نقش الیاف پلی پروپیلن در خواص فیزیکی و مکانیکی ملات های سیمانی حاوی پوزولان های ترکیبی

فرید کیایی

استفاده از مخلوط های دوتایی و حتی سه تایی در مواد چسباننده (سیمانی) از جمله راهکارهاییست که می تواند در جهت کاهش تخلخل و افزایش تراکم مورد استفاده قرار گیرد. این تکنیک یعنی استفاده از پودر ریزدانه به همراه پودر درشت دانه در ساختار چسباننده ها، از جمله تکنیک های متداول در صنعت سرامیک می باشد و به نظر می رسد بتوان از آن در جهت بهبود خصوصیات کامپوزیت های سیمانی استفاده کرد. عملاً از این تکنیک در ساخت بتن به وفور استفاده می شود چرا که استفاده از ریزدانه (ماسه) به همراه درشت دانه (شن) و انتخاب نسبت اختلاط بهینه آن دو، مصداق کاملی از استفاده از تکنیک مذکور در مقیاس ماکرو می باشد. اما بهره گیری از آن در مقیاس میکرو و نانو در ساختار خمیر سیمان رویکرد جدیدی است که می تواند راهکاری مناسب جهت بهبود هرچه بیشتر خواص مصالح سیمانی باشد. بر این اساس تحقیق حاضر به بررسی ملات ترکیبی نانو سیلیس با خاکستر پوسته شلتوک برنج، نانو سیلیس با متاکائولین و خاکستر پوسته شلتوک برنج با متاکائولین می پردازد. آزمایشات مورد بررسی شامل مقاومت فشاری، مقاومت خمشی، جذب آب و اُلترا سونیک و انقباض می باشد. مقدار بهینه هر ترکیب مشخص شد.بعد از آن تمام ترکیبات با افزودن الیاف پلی پروپیلن مورد بررسی قرار گرفت(مقدار اضافه شده ثابت و برابر ۰.۳ درصد حجم ملات می باشد).. درصد بهینه طرح ها با الیاف پلی پروپیلن مشخص شد. همچنین عکسبرداری با میکروسکوپ الکترونی جهت ارزیابی ترکیب این پوزولان ها با هم و چگونگی قرار گرفتن الیاف در این ترکیبات بکار گرفته شده است.در نهایت می بینیم استفاده ازترکیب مناسب دو پوزولان تاثییر مثبتی بر خواص فیزیکی مکانیکی ملات دارد ،علاوه بر آن الیاف تاثیرات متفاوتی در ترکیبات مختلف نشان می دهد.

کلید واژه : ملات ترکیبی، نانو سیلیس، خاکستر پوسته شلتوک برنج، متاکائولین، الیاف پلی پروپیلن

فهرست مطالب:

چکیده ..... ل

Abstract ..... م

فصل اول ۱

مقدمه و کلیات ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ اهداف پژوهش ۲

۱-۳ ساختار کلی پایان نامه ٤

فصل دوم ۶

مطالعه ای در تحقیقات انجام شده ۶

۲-۱ نانو سیلیس ۷

۲-۲ خاکستر پوسته شلتوک برنج ۱۵

۲-۳ متاکائولین ۱۹

۲-۴ پلی پروپیلن ۲۱

فصل سوم ۳۱

خصوصیات مصالح ۳۱

۳-۱ نانو سیلیس ۳۲

۳-۱-۱ نانو چیست ۳۲

۳-۱-۲ نانو مواد ۳۲

۳-۱-۳ روش های تولید ۳۳

۳-۱-۳-۱ رسوب گذاری شیمیایی فاز بخار ۳۳

۳-۱-۳-۲ قوس پلاسما ۳٤

۳-۱-۳-۳ سُل-ژل ۳٤

۳-۱-۳-۴ سایش از طریق آسیاب های گلوله ای، ساچمه ای یا فلزی ۳۵

۳-۱-۴ مشخصات نانو سیلیس مصرفی ۳۵

۳-۲ خاکستر پوسته برنج ۳٦

۳-۲-۱ سابقه تاریخی استفاده از خاکستر پوسته شلتوک برنج ۳۷

۳-۲-۲ رفتار حرارتی ۳۸

۳-۲-۳ خواص فیزیکی خاکستر پوسته شلتوک برنج ۳۹

۳-۲-۴ ارزیابی فعالیت پوزولانی ۳۹

۳-۲-۵ روش های شیمیایی ۳۹

۳-۲-۶ روش های فیزیکی ۳۹
۳-۲-۷ فعالیت پوزولانی ۴۱
۳-۲-۸ خاکستر پوسته شلتوک برنج استفاده شده ۴۱
۳-۳ متاکائولن ۴۲
۳-۴ الیاف پلی پروپیلن ۴۳
۳-۴-۱ ویژگی ها ۴۴
۳-۴-۲ مزایای الیاف پلی پروپیلن نسبت به آرماتور حرارتی (مش ضد ترک) ۴۶
۳-۴-۳ سایر مزایای الیاف پلی پروپیلن ۴۶
۳-۴-۴ روش مصرف ۴۶
۳-۴-۵ مشخصات الیاف مصرفی ۴۷
۳-۵ فوق روان کننده ۴۸
۳-۶ سیمان ۴۸
۳-۷ ماسه ۴۹
۳-۸ آب ۵۰
فصل چهارم ۵۱
تحقیقات آزمایشگاهی و بررسی نتایج ۵۱
۴-۱ مقدمه ۵۲
۴-۲ هدف از انجام تحقیق ۵۲
۴-۳ ساخت نمونه ها ۵۶
۴-۴ آزمایشات ۵۸
۴-۴-۱ مقاومت فشاری ۵۸
۴-۴-۲ مقاومت خمشی ۶۰
۴-۴-۳ آزمایش التراسونیک (UPV): ۶۲
۴-۴-۴ جذب آب ۶۳
۴-۴-۵ عکس برداری توسط میکروسکوپ الکترونی (SEM) ۶۴
۴-۴-۶ آزمایش انقباض ۶۷
۴-۵ خاکستر پوسته شلتوک برنج و متاکائولین ۶۷
۴-۵-۱ نتایج آزمایشات بر روی ملات های حاوی خاکستر پوسته شلتوک برنج و متاکائولین فاقد الیاف: ۶۷
۴-۵-۱-۱ مقاومت فشاری ۶۷
۴-۵-۱-۲ مقاومت خمشی ۶۹
۴-۵-۱-۳ سرعت عبور امواج التراسونیک ۷۰
۴-۵-۱-۴ جذب آب ۷۱
۴-۵-۱-۵ میکروساختار (مورفولوژی) ۷۳

٤-٥-٢ نتایج آزمایشات بر روی ملات های حاوی خاکستر پوسته شلتوک برنج و متاکائولین مسلح به الیاف: ٧٦
٤-٥-٢-١ مقاومت فشاری ٧٦
٤-٥-٢-٢ مقاومت خمشی ٧٧
٤-٥-٢-٣ سرعت عبور امواج التراسونیک ٧٨
٤-٥-٢-٤ جذب آب ٧٩
٤-٥-٢-٥ میکروساختار (مورفولوژی) ٨٠
۴-۶ نانوسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج ٨٣
۴-۶-۱ نتایج آزمایشات بر روی ملات های حاوی نانوسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج فاقد الیاف: ٨٣
۴-۶-۱-۱ مقاومت فشاری ٨٣
۴-۶-۱-۲ مقاومت خمشی ٨٤
۴-۶-۱-۳ سرعت عبور امواج التراسونیک ٨٥
۴-۶-۱-۴ جذب آب ٨٧
۴-۶-۱-۵ میکروساختار (مورفولوژی) ٨٨
۴-۶-۲ نتایج آزمایشات بر روی ملات های حاوی نانوسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج مسلح به الیاف: ٩٠
۴-۶-۲-۱ مقاومت فشاری ٩٠
۴-۶-۲-۲ مقاومت خمشی ٩٢
۴-۶-۲-۳ سرعت عبور امواج التراسونیک ٩٣
۴-۶-۲-۴ جذب آب ٩٤
۴-۶-۲-۵ میکروساختار (مورفولوژی) ٩٥
۴-۷ نانوسیلیس و متاکائولین ٩٧
۴-۷-۱ نتایج آزمایشات بر روی ملات های حاوی نانوسیلیس و متاکائولین فاقد الیاف: ٩٧
۴-۷-۱-۱ مقاومت فشاری ٩٧
۴-۷-۱-۲ مقاومت خمشی ٩٨
۴-۷-۱-۳ سرعت عبور امواج التراسونیک ٩٩
۴-۷-۱-۴ جذب آب ١٠٠
۴-۷-۱-۵ میکروساختار (مورفولوژی) ١٠١
٤-٧-٢ نتایج آزمایشات بر روی ملات های حاوی نانوسیلیس و متاکائولین مسلح به الیاف: ١٠٤
٤-٧-٢-١ مقاومت فشاری ١٠٤
٤-٧-٢-٢ مقاومت خمشی ١٠٥
٤-٧-٢-٣ سرعت عبور امواج التراسونیک ١٠٦
٤-٧-٢-٤ جذب آب ١٠٨
٤-٧-٢-٥ میکروساختار (مورفولوژی) ١٠٩
۴-۸ نتایج آزمایش انقباض اختلاط های بهینه ١١١
۴-۹ مقایسه مقاومت فشاری ملاتهای ترکیبی با و بدون الیاف ١١٣

فصل پنجم ۱۱۷

نتیجه گیری و پیشنهاد ۱۱۷

۵-۱ مقدمه ۱۱۸

۵-۲ نتیجه گیری ۱۱۸

۵-۳ پیشنهادات ۱۲۰

مراجع: ۱۲۱

فهرست شکل ها:

شکل ۲-۱ کریستال های هیدروکسید کلسیم در سطح تماس بین خمیر سیمان و سنگدانه در نمونه های ۲۸ روزه ۸

شکل ۲-۲ تغییرات مقاومت فشاری خمیر سیمان با درصد های مختلف نانوسیلیس ۹

شکل ۲-۳ تغییرات مقاومت الکتریکی با افزایش تنش فشاری در ملات های حاوی درصد های مختلف نانو اکسید آهن ۱۰

شکل ۲-۴ تصویر ذرات نانوسیلیس در مقایسه با میکروسیلیس مورد استفاده در آزمایشات Wan Jo ۱۰

شکل ۲-۵ مقاومت فشاری ملات های حاوی مقادیر مختلف خاکستر لجن فاضلاب ۱۱

شکل ۲-۶ الف) کاهش وزن وابسته به زمان ب) مدول الاستیسیته دینامیکی نسبی وابسته به زمان بعد از چندین سیکل یخ زدن و ذوب شدن بتن ۱۲

شکل ۲-۷ مقاومت خمشی ملات های حاوی ۱۳

شکل ۲-۸ الف) میزان گرمای حاصل از هیدراتاسیون با گذشت زمان ب) مقاومت فشاری ۱۴

شکل۴-۱ میکسر مورد استفاده در ساخت ملات ۵۷

شکل ۴-۲ مخزن نگهداری نمونه های ملات ۵۸

شکل ۴-۳ قالب های مورد استفاده در ساخت نمونه های فشاری و جذب آب ۵۸

شکل ۴-۴ روند کوبیدن نمونه های ملات فشاری ۵۹

شکل ۴-۵ جک هیدرولیکی مورد استفاده در آزمایش مقاومت فشاری ملات ۶۰

شکل۴-۶ قالب های مورد استفاده در ساخت نمونه های ملات خمشی ۶۱

شکل ۴-۷ ترتیب کوبش برای نمونه های ملات خمشی ۶۱

شکل۴-۸ نشان دهنده چگونگی قرار گرفتن نمونه ها برای تعیین مقاومت خمشی ۶۲

شکل ۴-۹ دستگاه التراسونیک مورد استفاده برای تایین سرعت عبورد امواج ۶۲

شکل ۴-۱۰ دستگاه میکروسکوپ الکترونی (SEM) ۶۵

شکل ۴-۱۱ تصویر دستگاه اسپاتر جهت کت کردن نمونه ها پیش از عکسبرداری ۶۶

شکل ۴-۱۲ نمونه های در حال آماده سازی برای آزمایش SEM ۶۶

شکل ۴-۱۳ مقاومت فشاری ملات ترکیبی خاکستر پوسته شلتوک برنج و متاکائولین فاقد الیاف ۶۸

شکل ۴-۱۵ سرعت امواج التراسونیک عبوری ملات ترکیبی خاکستر پوسته شلتوک برنج و متاکائولین فاقد الیاف ۷۰

شکل ۴-۱۶ تغییرات مقاومت فشاری در مقابل سرعت امواج التراسونیک ۷۱

شکل ۴-۱۷ جذب آب ملات ترکیبی خاکستر پوسته شلتوک برنج و متاکائولین فاقد الیاف ۷۲

شکل ۴-۱۸ تغییرات مقاومت فشاری در مقابل جذب آب ۷۳

شکل۴-۱۹ ٪۱۵خاکستر پوسته شلتوک برنج و٪۱۰ متاکائولین و فاقد الیاف - بزرگنمایی۱۰۰۰۰ ..... ۷۴

شکل ۴-۲۰ ٪۱۵خاکستر پوسته شلتوک برنج و٪۱۰ متاکائولین و فاقد الیاف - بزرگنمایی۵۰۰۰ ..... ۷۴

شکل۴-۲۱ ٪۱۵خاکستر پوسته شلتوک برنج و٪۱۰ متاکائولین و فاقد الیاف - بزرگنمایی۱۵۰۰۰ ..... ۷۵
شکل ۴-۲۲ ٪۱۵خاکستر پوسته شلتوک برنج و٪۱۰ متاکائولین و فاقد الیاف - بزرگنمایی۵۰۰۰ ..... ۷۵
شکل ۴-۲۳ مقاومت فشاری ملات ترکیبی خاکستر پوسته شلتوک برنج و متاکائولین مسلح به الیاف ۷۶
شکل ۴-۲۴ مقاومت خمشی ملات ترکیبی خاکستر پوسته شلتوک برنج و متاکائولین مسلح به الیاف ۷۷
شکل ۴-۲۵ سرعت امواج التراسونیک عبوری ملات ترکیبی خاکستر پوسته شلتوک برنج و متاکائولین مسلح به الیاف ۷۸
شکل ۴-۲۶ تغییرات مقاومت فشاری در مقابل سرعت امواج التراسونیک ۷۹
شکل ۴-۲۷ جذب آب ملات ترکیبی خاکستر پوسته شلتوک برنج و متاکائولین مسلح به الیاف ۷۹
شکل ۴-۲۸ تغییرات مقاومت فشاری در مقابل جذب آب ۸۰
شکل ۴-۲۹ ٪۱۰خاکستر پوسته شلتوک برنج و٪۱۰ متاکائولین و مسلح به الیاف - بزرگنمایی۳۰۰۰ ..... ۸۱
شکل ۴-۳۰ ٪۱۰خاکستر پوسته شلتوک برنج و٪۱۰ متاکائولین و مسلح به الیاف - بزرگنمایی۱۰۰۰ ..... ۸۱
شکل ۴-۳۱ ٪۱۰خاکستر پوسته شلتوک برنج و٪۱۰ متاکائولین و مسلح به الیاف - بزرگنمایی۱۰۰۰ ..... ۸۲
شکل ۴-۳۲ ٪۱۰خاکستر پوسته شلتوک برنج و٪۱۰ متاکائولین و مسلح به الیاف - بزرگنمایی۲۵۰۰ ..... ۸۲
شکل ۴-۳۳ مقاومت فشاری ملات ترکیبی نانوسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج فاقد الیاف ۸۳
شکل ۴-۳۴ مقاومت خمشی ملات ترکیبی نانوسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج فاقد الیاف ۸۴
شکل ۴-۳۵ سرعت امواج التراسونیک عبوری ملات ترکیبی نانوسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج فاقد الیاف ۸۶
شکل ۴-۳۶ تغییرات مقاومت فشاری در مقابل سرعت امواج التراسونیک ۸۶
شکل ۴-۳۷ جذب آب ملات ترکیبی نانوسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج فاقد الیاف ۸۷
شکل ۴-۳۸ تغییرات مقاومت فشاری در مقابل جذب آب ۸۸
شکل ۴-۳۹ ٪۱۰ نانوسیلیس و٪۵ خاکستر پوسته شلتوک برنج و فاقد الیاف - بزرگنمایی۱۵۰۰۰ ..... ۸۸
شکل۴-۴۰ ٪۱۰ نانوسیلیس و٪۵ خاکستر پوسته شلتوک برنج و فاقد الیاف - بزرگنمایی۵۰۰۰ ..... ۸۹
شکل۴-۴۱ ٪۱۰ نانوسیلیس و٪۵ خاکستر پوسته شلتوک برنج و فاقد الیاف - بزرگنمایی۱۰۰۰۰ ..... ۸۹
شکل۴-۴۲ ٪۱۰ نانوسیلیس و٪۵ خاکستر پوسته شلتوک برنج و فاقد الیاف - بزرگنمایی۵۰۰۰ ..... ۹۰
شکل ۴-۴۳ مقاومت فشاری ملات ترکیبی نانوسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج مسلح به الیاف ۹۱
شکل ۴-۴۵ مقاومت خمشی ملات ترکیبی نانوسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج مسلح به الیاف ۹۲
شکل ۴-۴۶ سرعت امواج التراسونیک عبوری ملات ترکیبی نانوسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج مسلح به الیاف ۹۳
شکل ۴-۴۷ تغییرات مقاومت فشاری در مقابل سرعت امواج التراسونیک ۹۴
شکل ۴-۴۸ جذب آب ملات ترکیبی نانوسیلیس و خاکستر پوسته شلتوک برنج مسلح به الیاف ۹۴
شکل ۴-۴۹ تغییرات مقاومت فشاری در مقابل جذب آب ۹۵
شکل۴-۵۰ ٪۵ نانوسیلیس و٪۵ خاکستر پوسته شلتوک برنج و مسلح به الیاف - بزرگنمایی۵۰۰ ..... ۹۵

شکل۴-۵۱ ٪۵ نانوسیلیس و٪۵ خاکستر پوسته شلتوک برنج و مسلح به الیاف - بزرگنمایی۳۰۰ ..... ۹۶
شکل۴-۵۲ ٪۵ نانوسیلیس و٪۵ خاکستر پوسته شلتوک برنج و مسلح به الیاف - بزرگنمایی۱۰۰۰ ..... ۹۶
شکل۴-۵۳ ٪۵ نانوسیلیس و٪۵ خاکستر پوسته شلتوک برنج و مسلح به الیاف - بزرگنمایی۲۰۰۰ ..... ۹۷
شکل ۴-۵۴ مقاومت فشاری ملات ترکیبی نانوسیلیس و متاکائولین فاقد الیاف ۹۸
شکل ۴-۵۵ مقاومت خمشی ملات ترکیبی نانوسیلیس و متاکائولین فاقد الیاف ۹۹
شکل۴-۵۶ سرعت امواج التراسونیک عبوری ملات ترکیبی نانوسیلیس و متاکائولین فاقد الیاف ۹۹
شکل ۴-۵۷ تغییرات مقاومت فشاری در مقابل سرعت امواج التراسونیک ۱۰۰
شکل ۴-۵۸ جذب آب ملات ترکیبی نانوسیلیس و متاکائولین فاقد الیاف ۱۰۱
شکل ۴-۵۹ تغییرات مقاومت فشاری در مقابل جذب آب ۱۰۱
شکل ۴-۶۰ ٪۷.۵ نانوسیلیس و٪۱۵ متاکائولین فاقد الیاف - بزرگنمایی۵۰۰۰ ..... ۱۰۲
شکل۴-۶۱ ٪۷.۵ نانوسیلیس و٪۱۵ متاکائولین فاقد الیاف - بزرگنمایی۱۰۰۰۰ ..... ۱۰۲
شکل۴-۶۲ ٪۷.۵ نانوسیلیس و٪۱۵ متاکائولین فاقد الیاف - بزرگنمایی۵۰۰۰ ..... ۱۰۳
شکل۴-۶۳ ٪۷.۵ نانوسیلیس و٪۱۵ متاکائولین فاقد الیاف - بزرگنمایی۱۰۰۰۰ ..... ۱۰۳
شکل ۴-۶۴ مقاومت فشاری ملات ترکیبی نانوسیلیس و متاکائولین مسلح به الیاف ۱۰۴
شکل ۴-۶۵ مقاومت خمشی ملات ترکیبی نانوسیلیس و متاکائولین مسلح به الیاف ۱۰۵
شکل ۴-۶۶ سرعت امواج التراسونیک عبوری ملات ترکیبی نانوسیلیس و متاکائولین مسلح به الیاف ۱۰۷
شکل ۴-۶۷ تغییرات مقاومت فشاری در مقابل سرعت امواج التراسونیک ۱۰۸
شکل ۴-۶۸ جذب آب ملات ترکیبی نانوسیلیس و متاکائولین مسلح به الیاف ۱۰۸
شکل۴-۶۹ تغییرات مقاومت فشاری در مقابل جذب آب ۱۰۹
شکل۴-۷۰ ٪۷.۵ نانوسیلیس و٪۱۵ متاکائولین مسلح به الیاف - بزرگنمایی۲۰۰ ..... ۱۰۹
شکل۴-۷۱ ٪۷.۵ نانوسیلیس و٪۱۵ متاکائولین مسلح به الیاف - بزرگنمایی۵۰۰ ..... ۱۱۰
شکل۴-۷۲ ٪۷.۵ نانوسیلیس و٪۱۵ متاکائولین مسلح به الیاف - بزرگنمایی۲۵۰۰ ..... ۱۱۰
شکل۴-۷۳ ٪۷.۵ نانوسیلیس و٪۱۵ متاکائولین مسلح به الیاف - بزرگنمایی۱۰۰۰ ..... ۱۱۱
شکل ۴-۷۴ انقباض ملات حاوی ۱۵ درصد خاکستر پوسته شلتوک برنج و ۱۰ درصد متاکائولن با و بدون الیاف پلی پروپیلن ... ۱۱۱
شکل ۴-۷۵ انقباض ملات حاوی ۱۰ درصد نانوسیلیس و ۵ درصد خاکستر پوسته شلتوک برنج با و بدون الیاف پلی پروپیلن ۱۱۲
شکل ۴-۷۶ انقباض ملات حاوی ۷.۵ درصد نانوسیلیس و ۱۵ در صد متاکائولن با و بدون الیاف پلی پروپیلن ۱۱۲
شکل ۴-۷۷ انقباض طرح های بهینه فاقد الیاف ۱۱۳
شکل۴-۷۸ اثرگذاری الیاف پلی پروپیلن بر خواص فیزیکی مکانیکی ۱۱۴
شکل۴-۷۹ مقاومت فشاری ملاتهای ترکیبی با و بدون الیاف خاکستر پوسته شلتوک برنج با متاکائولین ۱۱۴

شکل ۴-۸۰ مقاومت فشاری ملاتهای ترکیبی با و بدون الیاف نانو سیلیس با متاکائولین ۱۱۵

شکل۴-۸۱ مقاومت فشاری ملاتهای ترکیبی با و بدون الیاف نانو سیلیس با خاکستر پوسته شلتوک برنج ۱۱۵

فهرست جداول:

جدول ۳-۱ مشخصات نانو سیلیس مورد استفاده در آزمایشات ۳۶

جدول ۳-۲ مشخصات شیمیائی خاکستر پوسته شلتوک برنج ۴۱

جدول ۳-۳ مشخصات فیزیکی و شیمیائی متاکائولن ۴۳

جدول ۳-۴ نمونه ای از خصوصیات الیاف ۴۴

جدول ۳-۵ مشخصات الیاف پلی پروپیلن ۴۷

جدول ۳-۶ مشخصات فنی فوق روان کننده ۴۸

جدول ۳-۷ مشخصات شیمیائی سیمان TYPE 1 ..... ۴۹

جدول ۳-۸ دانه بندی ماسه اتاوا بر اساس استاندارد ASTM C 778 ..... ۵۰

جدول ۴-۱ مشخصات اختلاط ملات های ترکیبی خاکستر پوسته شلتوک برنج با متاکائولین ۵۳

جدول ۴-۲ مشخصات اختلاط ملات های ترکیبی نانو سیلیس با خاکستر پوسته شلتوک برنج ۵۴

جدول ۴-۳ مشخصات اختلاط ملات های ترکیبی نانو سیلیس با متاکائولین ۵۵

جدول ۴-۴ خطای مجاز برای زمان آزمایش نمونه های ملات فشاری و خمشی ۵۹

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه

بتن به عنوان یکی از رایجترین مصالح ساختمانی است. تولید و مصرف آن همگام با پیشرفت تکنولوژی در پروژه های مختلف با درجه اهمیت های متفاوت، از یک ساختمان مسکونی در مساحت های کم تا پروژه های عظیم و زیربنایی نظیر نیروگاه های اتمی، سد ها و تونل های آبرسانی، اسکله ها، پل ها و ... که به عنوان سرمایه های ملی هر کشور تلقی می شوند، مورد استفاده قرار می گیرد.

بحران انرژی و کمبود مواد اولیه، پژوهشگران این عرصه را به اندیشیدن راهکارهایی در جهت مصرف بهینه انرژی و مواد اولیه واداشته است. درصنعت ساختمان یکی از پرکاربردترین مصالح، سیمان است که انرژی زیادی صرف تولید آن میگردد. یکی از راههایی که به صرفه جویی در مصرف انرژی در صنعت ساختمان منتهی میگردد جایگزین نمودن سیمان با مصالحی نظیر پوزولانها با خو اص هیدرولیکی و سیمانی شوندگی نهایی می باشد.

به علاوه استفاده از پوزولان ها، بسیاری از خواص مهندسی و پایایی بتن های سخت شده را نیز بهبود می بخشد و سبب صرفه جویی در مصرف مواد اولیه ای نظیر آهک که در تولید سیمان به مقدار زیادی مصرف میشود نیز میگردد. جدا از انرژی زیادی که صرف تولید سیمان میگردد، کارخانه های تولید کننده سیمان نیز نقش زیادی در آلوده نمودن محیط زیست دارند. به طوریکه به ازای تولید هر تن سیمان با سوختهای فسیلی، حدود ۵۶۰ کیلوگرم دیاکسیدکربن نیز تولید شده و وارد اتمسفر کره زمین می شود. تحقیقات نشان میدهند که کارخانه های تولیدکننده سیمان مسئول انتشار حدود ۵ درصداز کل دیاکسیدکربن وارد شده به اتمسفر کره زمین می باشند. موضوع دیگری که در سالهای اخیر ذهن محققان این عرصه را به خود مشغول کرده است، بحث پایایی بتن ها در شرایط سخت محیطی میباشد. سازه های ساخته شده با بتن معمولی، عموماً دارای عملکرد مناسبی در شرایط سخت محیطی و عوامل مهاجم نمی باشند و در مدت کوتاهی دچار زوال می گردند. یکی از راهکارهایی که محققان برای رفع این نقیصه و بهبود دوام بتن پیشنهاد نموده اند، استفاده از مواد پوزولانی به عنوان جایگزین بخشی از سیمان پرتلند موجود در مخلوط بتن می باشد.

۱-۲ اهداف پژوهش

امروزه به منظور دست یابی به مقاومت و پایایی بیشتر علاوه بر مواد متشکله اصلی بتن، یعنی آب، سیمان و سنگدانه، از مواد دیگری در بتن استفاده می شود که مواد پوزولانی نامیده می شوند. در حقیقت از این مواد می توان به عنوان یک عامل چهارم در تولید بتن نام برد. ضمن اینکه مواد پوزولانی، دوام و کیفیت بتن را در شرایط مختلف تامین می کنند. استفاده موفق از این مواد به مقدار زیادی به غنای دانش فنی در ارتباط با استفاده از آنها در حین اجرا و نگهداری پس از اجرا بستگی دارد.

استفاده از مخلوط های دوتایی و حتی سه تایی در مواد چسباننده (سیمانی) از جمله راهکارهاییست که می تواند در جهت کاهش تخلخل و افزایش تراکم مورد استفاده قرار گیرد. این تکنیک یعنی استفاده از پودر ریزدانه به همراه پودر درشت دانه در ساختار چسباننده ها، از جمله تکنیک های متداول در صنعت سرامیک می باشد و به نظر می رسد بتوان از آن در جهت بهبود خصوصیات کامپوزیت های سیمانی استفاده کرد. عملاً از این تکنیک در ساخت بتن به وفور استفاده می شود چرا که استفاده از ریزدانه (ماسه) به همراه درشت دانه (شن) و انتخاب نسبت اختلاط بهینه آن دو، مصداق کاملی از استفاده از تکنیک مذکور در مقیاس ماکرو می باشد. اما بهره گیری از آن در مقیاس میکرو در ساختار خمیر سیمان رویکرد جدیدی است که می تواند راهکاری مناسب جهت بهبود هرچه بیشتر خواص مصالح سیمانی باشد. بر این اساس در ادامه اختلاط نانو سیلیس با متاکائولن و خاکستر پوسته شلتوک برنج نیز مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور نانو سیلیس به صورت جایگزین بخشی از متاکائولن و خاکستر پوسته شلتوک برنج در کامپوزیت های سیمانی مورد استفاده قرار گرفت.

از جمله مواد پوزولانی بسیار جدیدی که مدد پیشرفت های اخیر در عرصه فناوری نانو حاصل شده است، نانو سیلیس می باشد. تا کنون تحقیقات محدودی در ارتباط با ویژگی ها و خصوصیات کامپوزیت های سیمانی حاوی این پوزولان انجام شده است. نظر به اهمیت شناخت مسائل استفاده از این ماده افزودنی در بتن و آشنایی با روش های 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.

در سالهای اخیر از متاکائولن که از کلسینه کردن مناسب کائولن به دست می آید و دارای خواص پوزولانی است به عنوان افزودنی سیمان استفاده می شود. با توجه به پژوهش های مختلف، تحقیقات بر روی متاکائولن در دو محور ساختار کائولن و کائولینیت و روش های فراوری آن و نیز رفتار پوزولانی و تاثیر آن بر خواص سیمان و بتن استوار است.

از میان ضایعات کشاورزی خاکستر پوسته شلتوک برنج بیشترین مقدار سیلیس را دارا می باشد. گزارش های بسیاری نشان از ویژگی های منحصر بفرد خاکستر پوسته شلتوک برنج بعنوان ماده جایگزین سیمان دارند. در بتنی که مواد پوزولانی هم چون خاکستر پوسته شلتوک برنج استفاده شده باشد در حالت بتن تازه باعث کاهش آب انداختگی و جداشدگی شده و همچنین باعث بهبود اساسی کارایی بتن می گردد. خاکستر پوسته شلتوک برنج همچنین باعث بهبود پایایی و دوام بتن نیز می گردد و در کاهش حلالیت در اسید کلریدریک و انبساط ناشی از حمله سولفاتی واکنش های سیلیسی- قلیایی نقش بسزایی ایفا می کند.

سالهاست که الیاف پلی پروپیلن جهت مسلح سازی کامپوزیت های سیمانی به منظور بهبود خصوصیات مکانیکی و افزایش شکل پذیری مورد استفاده قرار می گیرند. مطالعات متعددی در زمینه اثر الیاف بر خواص مکانیکی بتن صورت گرفته است. در حالی که برخی از مطالعات صورت گرفته حاکی از اثر مثبت الیاف پلی پروپیلن در بهبود خواص مکانیکی می باشد، مطالعات دیگر حضور الیاف را در افزایش خصوصیات مکانیکی بی اثر می دانند. به نظر می رسد پیوند ضعیف بین الیاف و ماتریس از جمله عوامل محدود کننده اثر بخشی الیاف پلی پروپیلن باشد. در بخش دوم تحقیقات، اثر الیاف پلی پروپیلن بر خصوصیات ملات ها بررسی گردید. همچنین اثر استفاده از سیمان های مخلوط متفاوت، (به عبارت دیگر اثر افزایش تراکم ماتریس سیمانی و در نتیجه بهبود پیوند بین الیاف و ماتریس) بر میزان کارایی مسلح سازی با الیاف پلی پروپیلن، نیز مورد مطالعه قرار گرفت.

تحقیق حاضر به ساخت ملات ترکیبی نانو سیلیس با خاکستر پوسته شلتوک برنج، نانو سیلیس با متاکائولین و نانو سیلیس با متاکائولین می پردازد. خواص ۱۵۰ طرح اختلاط مورد بررسی قرار گرفت که در آن درصد های مختلف از پوزولان های نانو سیلیس (۰ – ۲/۵ – ۵ – ۷/۵ – ۱۰) و خاکستر پوسته شلتوک برنج (۰ – ۵ – ۱۰ – ۱۵ – ۲۰) و متاکائولین (۱۰ – ۱۵ – ۲۰ – ۲۵ – ۳۰) دوتایی با هم ترکیب شدند. خواص مورد بررسی شامل مقاومت فشاری، مقاومت خمشی، جذب آب و اُلترا سونیک و انقباض می باشد. همچنین عکسبرداری با میکروسکوپ الکترونی جهت ارزیابی ترکیب این پوزولان ها با هم بکار گرفته شده است. مقدار بهینه هر ترکیب مشخص شد. بعد از آن تمام ترکیبات با افزودن الیاف پلی پروپیلن مورد بررسی قرار گرفت (مقدار الیاف اضافه شده ثابت و برابر ۰/۳ درصد حجم ملات می باشد). سپس درصد بهینه طرح ها با الیاف پلی پروپیلن مشخص شد.

۱-۳ ساختار کلی پایان نامه

رساله حاضر مشتمل بر پنج فصل می باشد. فصل اول به بیان اهداف تحقیق اختصاص داده شده است. فصل دوم به تحقیقات انجام شده در زمینه استفاده از نانو سیلیس، خاکستر پوسته شلتوک برنج و متاکائولن در مصالح سیمانی اختصاص داده شده و در ادامه به مطالعه متون علمی و مقالات مرتبط با بکارگیری الیاف پلی پروپیلن در ماتریس های سیمانی پرداخته 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. در این فصل توضیحاتی در مورد مصالح مصرفی و چگونگی انجام آزمایشات بیان شده است. همچنین خواص مختلف سیمان های مخلوط حاوی نانو سیلیس خاکستر پوسته شلتوک برنج و متاکائولن در مقیاس ملات مورد ارزیابی قرار گرفته و اثر الیاف پلی پروپیلن بر ملات های ساخته شده با نانو سیلیس خاکستر پوسته شلتوک برنج و متاکائولن 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 دوم

مطالعه ای در تحقیقات انجام شده

۲-۱ نانو سیلیس

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 اتم ها یا مولکول ها می باشد. از همین تعریف ساده بر می آید که نانومتر فناوری یک رشته جدید نیست بلکه رویکردی جدید در تمام رشته هاست.

اولین جرقه نانو فناوری (البته در آن زمان هنوز به این نام شناخته نشده بود) در سال ۱۹۵۹ زده شد. در این سال ریچارد فایتمن طی یک سخنرانی تحت عنوان " فضای زیادی، در سطح پایین وجود دارد. " ایده نانو فناوری را مطرح ساخت. همچنین وی این نظریه را که " در آینده ای نزدیک می توانیم مولکول ها و اتم ها را به صورت مستقیم دستکاری و آرایش کنیم، ارائه داد. واژه نانو فناوری اولین بار توسط توریو تاینگو جی استاد دانشگاه علوم توکیو، در سال ۱۹۷۴ بر زبان ها جاری شد. او این واژه را برای توصیف ساخت مواد دقیقی که تلورانس ابعادی آن ها در حد نانومتر می باشد، به کار برد. البته تئوری های این علم اولین بار در سال ۱۹۸۰ توسط دکتر اریک در کسلر در کتابی تحت عنوان " موتورهای خلقت " مطرح گردید.

کاربرد های وسیع این عرصه به همراه پیامدهای اجتماعی، سیاسی و حقوقی آن این فناوری را به عنوان یک زمینه ی فرا رشته ای و فرا بخشی مطرح نموده است. هر چند آزمایش ها و تحقیقات پیرامون نانو فناوری از ابتدای دهه ی ۸۰ قرن بیستم به طور جدی پیگیری شد. اما اثرات تحول آفرین، معجزه آسا و باور نکردنی نانوفناوری 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 مهم ترین الویت های تحقیقاتی خویش طی دهه اول قرن بیست و یکم 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 [۱]. زمانی که ذرات بسیار ریز در ساختار مصالح پایه سیمانی بکار می رود مصالحی با عملکرد متفاوت نسبت به مصالح متداول بدست می آیند [۲]. در ابتدای این فصل کلیاتی در ارتباط با نانو فناوری و لزوم رویکرد نانو فناوری در تکنولوژی بتن بیان می گردد و در نهایت مروری بر تحقیقات انجام شده در این رابطه صورت می گیرد.

کینگ و همکاران (Qing et al) [۳] به بررسی خصوصیات خمیر سیمان حاوی نانوسیلیس ($nano\text{-}Sio_2$) در مقایسه با دوده سیلیس پرداختند. بدین منظور از نانو ذرات دی اکسید سیلیس با قطر متوسط ۱۵ نانومتر استفاده کردند. درصد های جایگزینی نانو سیلیس ۱ ، ۲ ، ۳ و ۵ درصد نسبت به وزن سیمان مصرفی در نظر گرفته شد. پس از بررسی مقاومت فشاری در سنین مختلف دریافتند که نانو سیلیس دارای واکنش پذیری بیشتر و فعالیت پوزولانی بهتری خصوصاً در سنین اولیه می باشد. بررسی میزان کریستال های هیدروکسید کلسیم (CH) موجود در سطح مشترک خمیر سیمان و سنگدانه توسط اشعه ایکس نشان داد که میزان کریستال های هیدروکسید کلسیم در نمونه ی حاوی نانو سیلیس به شدت کاهش یافت. نانوسیلیس با مصرف