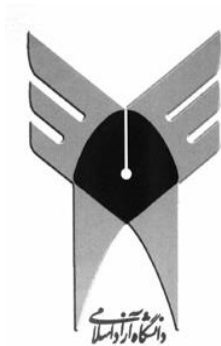


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي
خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ
وَالَّذِي يُضَوِّبُ الْمَوْتَى
إِنَّ رَبَّهُ لَسَدِيدٌ
إِلَىٰ عَرْشِهِ الرَّحِيمُ
الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَّاحَ
تُضَوِّبُ السَّحَابَ الْمَوْبِقَ
الَّذِي يُسْقِطُ مِنَ السَّمَاءِ
مِثْرًا مَاءً بَارِكًا
لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ
وَالَّذِي يُنَزِّلُ مِنَ السَّمَاءِ
مِثْرًا مَاءً فَسَيِّدُهُ
سُحُبًا مُّجَرَّدًا
قَدِيمًا
الَّذِي يُرْسِلُ الشَّوَارِبَ
الْبَازِلِ وَالنَّخِيلِ
وَالْأَعْنَابِ وَالزُّبُرِ
وَالْحَبِّ ذُرًّا وَقَثْبًا
وَالَّذِي جَعَلَ لَكُمُ
النَّجْمَ اللَّيْلِ سُبُورًا
وَالَّذِي جَعَلَ الْقَمَرَ
لِلسَّيْرِ سَازِجًا
وَالَّذِي جَعَلَ لَكُمُ
النَّجْمَ النَّهَارَ سِجْرًا
وَالَّذِي جَعَلَ اللَّيْلَ
لِقَوْمٍ غَافِقًا
وَالَّذِي جَعَلَ لَكُمُ
النَّجْمَ اللَّيْلِ سُبُورًا
وَالَّذِي جَعَلَ الْقَمَرَ
لِلسَّيْرِ سَازِجًا
وَالَّذِي جَعَلَ لَكُمُ
النَّجْمَ النَّهَارَ سِجْرًا
وَالَّذِي جَعَلَ اللَّيْلَ
لِقَوْمٍ غَافِقًا



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی و مهندسی ، گروه عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.A)

گرایش : سازه

عنوان :

تأثیرات استفاده از نانو ذرات در رفتار ملات خود تراکم حاوی خاکستر پوسته برنج

استاد راهنما :

دکتر شهريار طاووسی

استاد مشاور :

دکتر امير علی طباطبایی عدنانی

پژوهشگر :

علیرضا رودباری

زمستان ۱۳۹۲

تقدیم ہے:

روح پاک پدرم شهید محمد رودباری کہ عالمانہ بہ من آموخت تا چگونه در عرصہ زندگی، ایستادگی را تجربہ نمایم
و بہ مادر عزیزم، دریای بی کران فداکاری و عشق، کہ وجودم برایش ہمہ رنج بود و وجودش برایم ہمہ مہر

خداوند بہ ما توفیق تلاش در سگست، صبر در نومیدی، کار بی پاداش، فداکاری در سکوت، عظمت بی نام، خدمت
بی نان، ایمان بی ریا، خوبی بی نمود و مناعت بی غرور، عنایت فرما.

جان ما را صفای خود ده، دل ما را ہوای خود ده، چشم ما را ضیای خود ده و ما را از فضل و کرم خود آن ده کہ آن بہ.

علیرضا رودباری

تقدیر و تشکر

با تشکر فراوان از استاد راهنمای گرامی جناب دکتر شهریار طاووسی که همواره از راهنمایی های آموزشی و اخلاقی ایشان بهره مند بوده ایم و نیز تشکر از جناب دکتر امیرعلی طباطبایی عدنانی، استاد محترم مشاور که در مراحل مختلف تحصیلی از این بزرگواران بسیار آموخته ام. سپاس فراوان از تمام عزیزانی که در رسیدن به این مرتبه قلماً، قدماً و کلاماً مرا یاری نموده اند.



تاریخ

شماره

پوست

تعهدنامه اصالت رساله یا پایان نامه

اینجانب علیرضا رودباری دانش اموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته به شماره دانشجویی ۸۸۴۱۲۳۰۰۰۰۱ در رشته عمران-سازه که در تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۲۷ از پایان نامه خود تحت عنوان: تأثیر نانو ذرات در رفتار ملات خود تراکم حاوی خاکستر پوسته برنج با کسب نمره ۱۷,۵ و درجه بسیار خوب دفاع نموده ام بدینوسیله متعهد می شوم:

(۱) این پایان نامه حاصل تحقیق و پژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه، کتاب، مقاله و...) استفاده نموده ام، مطابق ضوابط و رویه های موجود، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در فهرست ذکر و درج کرده ام.

(۲) این پایان نامه قبلاً برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح، پایین تر یا بالاتر) در سایر دانشگاهها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است.

(۳) چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده و هرگونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب، ثبت اختراع و... از این پایان نامه داشته باشم، از حوزه معاونت پژوهشی واحد مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم.

(۴) چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن را بپذیرم و واحد دانشگاهی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.

نام و نام خانوادگی: علیرضا رودباری

تاریخ و امضاء:

بسمه تعالی

در تاریخ : ۹۲/۱۱/۲۷ دانشجو کارشناسی ارشد آقای علیرضا رودباری از پایان نامه خود
دفاع نموده و با نمره ۱۷,۵ بحروف هفده و نیم با درجه خیلی خوب مورد تصویب قرار
گرفت .

امضاء استاد راهنما

دکتر شهریار طاووسی تفرشی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	چکیده فارسی
۲	مقدمه
۲	هدف از انجام پروژه
۳	ساختار پایان نامه
فصل اول: مروری بر ملات خودتراکم	
۵	۱-۱ مقدمه
۶	۲-۱ ویژگی های بتن خود تراکم تازه
۶	۱-۲-۱ رئولوژی بتن خودتراکم تازه
۸	۲-۲-۱ کارایی بتن خودتراکم
۹	۱-۲-۲-۱ توانایی پر کنندگی
۹	۱-۲-۲-۱-۱ اصطکاک کم بین ذره ای
۱۰	۲-۲-۲-۱-۱ خمیر با توانایی تغییر شکل عالی
۱۱	۱-۲-۲-۲-۱-۱ افزایش قابلیت تغییر شکل خمیر
۱۱	۲-۲-۲-۲-۱-۱ کاهش اصطکاک بین ذره ای
۱۱	۲-۲-۲-۲-۱ مقاومت در برابر جداسازی
۱۲	۱-۲-۲-۲-۱ کاهش فاصله بین ذرات جامد
۱۲	۲-۲-۲-۲-۱ به حداقل رساندن آب انداختگی
۱۲	۳-۲-۲-۱ توانایی عبور کنندگی
۱۴	۳-۱ روش هایی برای رسیدن به خود تراکمی

۱۵	۴-۱ امتیازات استفاده از بتن خودتراکم
۱۷	۵-۱ معایب بتن خودتراکم
۱۷	۶-۱ توسعه مخلوط های بتن خودتراکم
۱۷	۷-۱ بتن خودتراکم و سیستم های ساخت و طراحی سازه ای جدید
۱۸	۸-۱ بررسی عملکرد اجزای تشکیل دهنده بتن خود تراکم
۱۸	۱-۸-۱ حجم بالای خمیر در بتن خود تراکم
۱۹	۲-۸-۱ انواع مواد پودری مورد استفاده در بتن خودتراکم
۱۹	۱-۲-۸-۱ کاربرد پودر سنگ آهک در بتن خودتراکم
۲۰	۲-۲-۸-۱ خاکستر بادی و کاربرد آن در بتن خودتراکم
۲۰	۳-۲-۸-۱ میکرو سیلیس و کاربرد آن در بتن خود تراکم
۲۰	۴-۲-۸-۱ نانو ذرات و کاربرد آن در بتن خود تراکم
۲۱	۵-۲-۸-۱ خاکستر پوسته برنج و کاربرد آن در بتن خود تراکم
۲۱	۶-۲-۸-۱ مواد مضاف دیگر و کاربرد آنها در بتن خود تراکم
۲۱	۹-۱ مصرف افزودنی ها در بتن خود تراکم
۲۱	۱۰-۱ طرح اختلاط بتن خودتراکم
۲۴	۱۱-۱ بتن خود تراکم و ملات خود تراکم
۲۴	۱۲-۱ آزمایشاتی برای تعیین خصوصیات مختلف ملات خود تراکم تازه
۲۵	۱-۱۲-۱ آزمایش Mini Slump-folw
۲۵	۲-۱۲-۱ آزمایش Mini V-Funnel
۲۶	۱۳-۱ خصوصیات ملات خود تراکم سخت شده
۲۶	۱-۱۳-۱ مقاومت فشاری ملات خود تراکم
۲۶	۲-۱۳-۱ مقاومت خمشی ملات خود تراکم

۲۷	۳-۱۳-۱ ضرورت ارزیابی و تعیین مقاومت بتن در سازه
۲۸	۴-۱۳-۱ دوام ملات خود تراکم
۲۹	۱-۴-۱۳-۱ آزمایش جذب آب ملات خود تراکم
۲۹	۲-۴-۱۳-۱ آزمایش مقاومت الکتریکی ملات خود تراکم
۳۱	۳-۴-۱۳-۱ آزمایش نفوذ یون کلر
۳۵	۱-۳-۴-۱۳-۱ عوامل موثر بر روی نفوذ یون کلر و مروری بر کار های گذشته در این زمینه
۳۵	۱-۱-۳-۴-۱۳-۱ تاثیر پارامترهای مربوط به گروه اول
۴۴	۲-۱-۳-۴-۱۳-۱ تاثیر پارامترهای مربوط به گروه دوم (فاکتورهای مربوط به زمان)
فصل دوم: آشنایی با نانو مواد	
۴۹	۱-۲ مواد نانو ساختار
۴۹	۲-۲ نانو چیست
۴۹	۳-۲ نانو مواد
۵۰	۴-۲ روش های تولید
۵۰	۱-۴-۲ رسوب گذاری شیمیایی فاز بخار
۵۱	۲-۴-۲ قوس پلاسما
۵۱	۳-۴-۲ سل-ژل
۵۲	۴-۴-۲ سایش از طریق آسیاب های گلوله ای، ساچمه ای یا فلزی
۵۲	۵-۲ کاربرد نانو مواد
۵۳	۱-۵-۲ مواد عایق کننده
۵۳	۲-۵-۲ ماشین ابزارها
۵۳	۳-۵-۲ فسفرها یا مواد تابنده

۵۴	۴-۵-۲ باتری ها
۵۴	۵-۵-۲ آهنرباهای پر قدرت
۵۴	۶-۵-۲ وسایل نقلیه موتوری و هواپیما
۵۴	۷-۵-۲ تجهیزات الکترونیکی
۵۵	۸-۵-۲ صنعت ساختمان
۵۵	۱-۸-۵-۲ شیشه
۵۶	۲-۸-۵-۲ بتن
۵۷	۱-۲-۸-۵-۲ نانو سیلیس
۵۷	۲-۲-۸-۵-۲ نانو لوله های کربنی
۵۷	۳-۲-۸-۵-۲ نانو ذرات رس
۵۷	۴-۲-۸-۵-۲ نانو ذرات اکسید آهن
۵۸	۵-۲-۸-۵-۲ نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم
۵۸	۳-۸-۵-۲ فولاد
۵۸	۶-۲ مطالعه ای در تحقیقات انجام شده
۵۸	۱-۶-۲ مقدمه
۵۹	۲-۶-۲ اثر نانو سیلیس بر خمیر سیمان
۶۱	۳-۶-۲ اثر نانو سیلیس و نانو اکسید آهن بر ملات
۶۱	۱-۳-۶-۲ خصوصیات مکانیکی ملات
۶۳	۲-۳-۶-۲ خصوصیات خود کنترلی
۶۴	۴-۶-۲ اثر نانو سیلیس بر خواص بتن

۶۵	۵-۶-۲ اثر نانو مس بر بتن خود تراکم
۶۷	۶-۶-۲ اثر نانوسیلیس و نانو آهن و نانو آلومینیوم بر ملات
	فصل سوم: برنامه آزمایشگاهی
۷۰	۱-۳ مقدمه
۷۰	۲-۳ مصالح مورد استفاده
۷۰	۱-۲-۳ ماسه
۷۱	۲-۲-۳ فوق روان کننده
۷۲	۳-۲-۳ سیمان
۷۲	۴-۲-۳ خاکستر پوسته برنج
۷۴	۵-۲-۳ آب
۷۴	۶-۲-۳ نانو ذرات
۷۵	۳-۳ طرح اختلاط ملات
۷۷	۴-۳ تهیه نمونه های آزمایشگاهی
۷۸	۵-۳ آزمایشات ملات تازه
۷۹	۶-۳ آزمایشات مکانیکی ملات سخت شده
۷۹	۱-۶-۳ مقاومت فشاری
۸۰	۲-۶-۳ مقاومت خمشی
۸۲	۷-۳ آزمایشات دوام
۸۲	۱-۷-۳ آزمایش جذب آب
۸۳	۲-۷-۳ مقاومت الکتریکی
۸۳	۳-۷-۳ آزمایش نفوذ یون کلر تسریع شده (RCPT)
۸۴	۸-۳ عکس برداری توسط میکروسکوپ الکترونی (SEM)

فصل چهارم: ارائه نتایج و تحلیل

۸۹	۱-۴ مقدمه
۸۹	۲-۴ آزمایشات ملات خودتراکم تازه
۹۲	۳-۴ آزمایشات مکانیکی ملات خود تراکم
۹۲	۱-۳-۴ آزمایش مقاومت فشاری
۱۰۰	۲-۳-۴ آزمایش مقاومت خمشی
۱۰۶	۴-۴ آزمایشات دوام ملات خود تراکم
۱۰۶	۱-۴-۴ آزمایش جذب آب
۱۱۰	۲-۴-۴ آزمایش مقاومت الکتریکی
۱۱۴	۳-۴-۴ آزمایش نفوذ یون کلر تسریع شده (RCPT)
۱۱۷	۵-۴ میکروساختار (مورفولوژی)

فصل پنجم: نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

۱۲۶	۱-۵ مقدمه
۱۲۶	۲-۵ نتیجه گیری
۱۲۸	۳-۵ پیشنهادات
۱۲۹	مراجع
۱۳۹	چکیده انگلیسی

فهرست جداول

صفحه	جدول
۱۹	جدول ۱-۱ مواد پودری مورد استفاده در بتن خود تراکم بر حسب واکنش پذیری با آب
۳۰	جدول ۲-۱ دسته بندی نمونه های سیمانی از نظر مقاومت الکتریکی
۳۱	جدول ۳-۱ مجموعه ای از آزمایش های تعیین نفوذ یون کلر
۳۴	جدول ۴-۱ - تفسیر نتایج آزمایش RCPT
۴۴	جدول ۵-۱ طرح اختلاط Hooton و همکارانش (فاز ۱)
۷۰	جدول ۱-۳ دانه بندی ماسه مورد استفاده در ساخت ملات
۷۱	جدول ۲-۳ خواص فوق روان کننده مورد استفاده
۷۲	جدول ۳-۳ تجزیه شیمیایی سیمان مورد استفاده
۷۴	جدول ۴-۳ مشخصات نانو ذرات مورد استفاده
۷۶	جدول ۵-۳ طرح اختلاط ملات ها
۷۹	جدول ۵-۳ خطای مجاز برای زمان آزمایش نمونه های ملات فشاری و خمشی
۹۰	جدول ۱-۴ نتایج آزمایشات جریان اسلامپ و قیف V شکل
۹۳	جدول ۲-۴ مقاومت فشاری ملات های حاوی نانو سیلیس
۹۴	جدول ۳-۴ مقاومت فشاری ملات های حاوی نانو آهن
۹۵	جدول ۴-۴ مقاومت فشاری ملات های حاوی نانو مس
۱۰۰	جدول ۵-۴ مقاومت خمشی ملات های حاوی نانو سیلیس
۱۰۱	جدول ۶-۴ مقاومت خمشی ملات های حاوی نانو آهن
۱۰۲	جدول ۷-۴ مقاومت خمشی ملات های حاوی نانو مس
۱۰۶	جدول ۸-۴ نتایج آزمایش جذب آب بر روی نمونه های ملات خودتراکم حاوی نانو سیلیس

- ۱۰۷ جدول ۹-۴ نتایج آزمایش جذب آب بر روی نمونه های ملات خودتراکم حاوی نانو آهن
- ۱۰۸ جدول ۱۰-۴ نتایج آزمایش جذب آب بر روی نمونه های ملات خودتراکم حاوی نانو مس
- ۱۱۰ جدول ۱۱-۴ نتایج آزمایش مقاومت الکتریکی بر روی نمونه های ملات خودتراکم حاوی نانو سیلیس
- ۱۱۱ جدول ۱۲-۴ نتایج آزمایش مقاومت الکتریکی بر روی نمونه های ملات خودتراکم حاوی نانو آهن
- ۱۱۲ جدول ۱۳-۴ نتایج آزمایش مقاومت الکتریکی بر روی نمونه های ملات خودتراکم حاوی نانو مس
- ۱۱۴ جدول ۱۴-۴ نتایج آزمایش نفوذ یون کلر تسریع شده (RCPT) بر روی نمونه های ملات خودتراکم حاوی نانو سیلیس
- ۱۱۵ جدول ۱۵-۴ نتایج آزمایش نفوذ یون کلر تسریع شده (RCPT) بر روی نمونه های ملات خودتراکم حاوی نانو آهن
- ۱۱۶ جدول ۱۶-۴ نتایج آزمایش نفوذ یون کلر تسریع شده (RCPT) بر روی نمونه های ملات خودتراکم حاوی نانو مس

فهرست اشکال

شکل	صفحه
شکل ۱-۱ نمودار رسیدن به سیستم ساخت منطقی به وسیله بتن خودتراکم (پیشنهاد شده توسط Ozawa)	۱۸
شکل ۲-۱ پروسه طراحی بتن خودتراکم	۲۳
شکل ۳-۱ دستگاه آزمایش mini V-funnel	۲۵
شکل ۴-۱ نحوه انجام آزمایش نفوذ یون کلر تسریع شده (ASTM C۱۲۰۲ or AASHTO T۲۷۷)	۳۳
شکل ۵-۱ نتایج تحقیقات Hootan و همکارانش در دانشگاه تورنتو	۳۷
شکل ۶-۱ نتایج آزمایشات Hootan و همکارانش	۴۶
شکل ۱-۲ 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	۶۰
شکل ۲-۲ تغییرات مقاومت فشاری خمیر سیمان با درصدهای مختلف نانو سیلیس	۶۰
شکل ۳-۲ توزیع میزان حفرات موجود در خمیر سیمان: a) بدون نانو سیلیس b) ۰/۶ درصد نانو سیلیس	۶۱
شکل ۴-۲ تصویر ذرات نانو سیلیس در مقایسه با دوده سیلیس مورد استفاده در آزمایشات Wan Jo: الف) دوده سیلیس و ب) نانو سیلیس	۶۲
شکل ۵-۲ گرمای هیدراتاسیون خمیر سیمان حاوی ۱۰ درصد دوده سیلیس در مقایسه با ۱۰ درصد نانو سیلیس در ۲۴ ساعت نخست	۶۳
شکل ۶-۲ تغییرات مقاومت الکتریکی با افزایش تنش فشاری در ملات های حاوی نانو اکسید آهن: الف) ۰ درصد ب) ۳ درصد ج) ۵ درصد	۶۴
شکل ۷-۲ شاخص سایش بتن های حاوی درصد های مختلف نانو تیتانیوم	۶۵
شکل ۸-۲ مقاومت فشاری نمونه های حاوی نانو اکسید مس	۶۶
شکل ۹-۲ نتایج آزمایش مقاومت فشاری روی نانو ذرات a) سیلیس، b) آلومینیوم و c) آهن	۶۸
شکل ۱-۳ راهکار رسیدن به تراکم پذیری	۷۵
شکل ۲-۳ وسیله اندازه گیری جریان اسلامپ (شکل سمت چپ) و کیف V شکل (سمت راست)	۷۸

- شکل ۳-۳ نحوه انجام آزمایش مقاومت خمشی ۸۱
- شکل ۳-۴ نحوه بار گذاری در آزمایش مقاومت خمشی ملات ۸۱
- شکل ۳-۵ طریقه اندازه گیری مقاومت الکتریکی و وسایل آن به طور شماتیک ۸۳
- شکل ۳-۶ تصویر دستگاه میکروسکوپ الکترونی پیمایشی (SEM) ۸۵
- شکل ۳-۷ تصویر دستگاه اسپاتر جهت کت کردن نمونه ها پیش از عکسبرداری ۸۶
- شکل ۳-۸ نمونه های آماده شده جهت انجام آزمایش SEM به همراه پایه های مخصوص ۸۷
- شکل ۴-۱ نتایج آزمایشات جریان اسلامپ و قیف V شکل ۹۱
- شکل ۴-۲ نتایج آزمایش مقاومت فشاری ملات های خود تراکم به ازای در صد های مختلف نانو سیلیس ۹۳
- شکل ۴-۳ نتایج آزمایش مقاومت فشاری ملات های خود تراکم به ازای در صد های مختلف نانو آهن ۹۴
- شکل ۴-۴ نتایج آزمایش مقاومت فشاری ملات های خود تراکم به ازای در صد های مختلف نانو مس ۹۶
- شکل ۴-۵ نتایج مقاومت فشاری نمونه های ۳ روزه حاوی نانو ذرات مختلف ۹۷
- شکل ۴-۶ نتایج مقاومت فشاری نمونه های ۷ روزه حاوی نانو ذرات مختلف ۹۷
- شکل ۴-۷ نتایج مقاومت فشاری نمونه های ۲۸ روزه حاوی نانو ذرات مختلف ۹۸
- شکل ۴-۸ نتایج مقاومت فشاری نمونه های ۹۰ روزه حاوی نانو ذرات مختلف ۹۸
- شکل ۴-۹ نتایج آزمایش مقاومت خمشی ملات های خود تراکم به ازای در صد های مختلف نانو سیلیس ۱۰۱
- شکل ۴-۱۰ نتایج آزمایش مقاومت خمشی ملات های خود تراکم به ازای در صد های مختلف نانو آهن ۱۰۲
- شکل ۴-۱۱ نتایج آزمایش مقاومت خمشی ملات های خود تراکم به ازای در صد های مختلف نانو مس ۱۰۳
- شکل ۴-۱۲ نتایج مقاومت خمشی نمونه های ۳ روزه حاوی نانو ذرات مختلف ۱۰۳
- شکل ۴-۱۳ نتایج مقاومت فشاری نمونه های ۷ روزه حاوی نانو ذرات مختلف ۱۰۴
- شکل ۴-۱۴ نتایج مقاومت فشاری نمونه های ۲۸ روزه حاوی نانو ذرات مختلف ۱۰۴
- شکل ۴-۱۵ نتایج مقاومت فشاری نمونه های ۹۰ روزه حاوی نانو ذرات مختلف ۱۰۵
- شکل ۴-۱۶ نتایج آزمایش جذب آب بر روی نمونه های ملات خودتراکم حاوی نانو سیلیس ۱۰۶

- شکل ۴-۱۷ نتایج آزمایش جذب آب بر روی نمونه های ملات خودتراکم حاوی نانو آهن ۱۰۷
- شکل ۴-۱۸ نتایج آزمایش جذب آب بر روی نمونه های ملات خودتراکم حاوی نانو مس ۱۰۸
- شکل ۴-۱۹ نتایج آزمایش مقاومت الکتریکی بر روی نمونه های ملات خودتراکم حاوی نانو سیلیس ۱۱۰
- شکل ۴-۲۰ نتایج آزمایش مقاومت الکتریکی بر روی نمونه های ملات خودتراکم حاوی نانو آهن ۱۱۱
- شکل ۴-۲۱ نتایج آزمایش مقاومت الکتریکی بر روی نمونه های ملات خودتراکم حاوی نانو مس ۱۱۲
- شکل ۴-۲۲ نتایج آزمایش نفوذ یون کلر تسریع شده (RCPT) بر روی نمونه های ملات خودتراکم حاوی نانو سیلیس ۱۱۴
- شکل ۴-۲۳ نتایج آزمایش نفوذ یون کلر تسریع شده (RCPT) بر روی نمونه های ملات خودتراکم حاوی نانو آهن ۱۱۵
- شکل ۴-۲۴ نتایج آزمایش نفوذ یون کلر تسریع شده (RCPT) بر روی نمونه های ملات خودتراکم حاوی نانو مس ۱۱۶
- شکل ۴-۲۵ میکروساختار ملات خود تراکم نمونه کنترل ۱۱۸
- شکل ۴-۲۶ میکروساختار ملات خود تراکم نمونه کنترل ۱۱۸
- شکل ۴-۲۷ میکروساختار ملات خود تراکم حاوی ۱ درصد نانو سیلیس ۱۱۹
- شکل ۴-۲۸ میکروساختار ملات خود تراکم حاوی ۳ درصد نانو سیلیس ۱۱۹
- شکل ۴-۲۹ میکروساختار ملات خود تراکم حاوی ۴ درصد نانو سیلیس ۱۲۰
- شکل ۴-۳۰ میکروساختار ملات خود تراکم حاوی ۱ درصد نانو آهن ۱۲۱
- شکل ۴-۳۱ میکروساختار ملات خود تراکم حاوی ۲ درصد نانو آهن ۱۲۱
- شکل ۴-۳۲ میکروساختار ملات خود تراکم حاوی ۳ درصد نانو آهن ۱۲۲
- شکل ۴-۳۳ میکروساختار ملات خود تراکم حاوی ۱ درصد نانو مس ۱۲۳
- شکل ۴-۳۴ میکروساختار ملات خود تراکم حاوی ۳ درصد نانو مس ۱۲۳
- شکل ۴-۳۵ میکروساختار ملات خود تراکم حاوی ۴ درصد نانو مس ۱۲۴

تاثیرات استفاده از نانوذرات در رفتار ملات خودتراکم حاوی خاکستر پوسته برنج

علیرضا رودباری

مواد نانو با توجه به رفتار بارزی که از خود نشان داده است در بخش صنعت مورد توجه قرار گرفته اند. در این میان صنعت بتن نیز با توجه به نیاز های خود چه از نظر استحکام و چه از نظر دوام، از کاربران مهم مواد نانو ساختار می باشد. خواص، رفتار و عملکرد بتن بستگی به نانو ساختار ماده زمینه بتن یا سیمانی دارد که یکپارچگی را بوجود می آورد. بنابراین، مطالعات بتن، ملات و خمیر سیمان در مقیاس نانو برای توسعه مصالح ساختمانی جدید و کاربرد آنها بسیار حائز اهمیت می باشد.

ملات به عنوان پایه ای برای ویژگی های کارایی بتن خودتراکم به کار گرفته می شود و این ویژگی ها توسط ملات خودتراکم بدست می آید. در حقیقت ارزیابی ویژگی های ملات خودتراکم یک بخش کامل طراحی بتن خودتراکم می باشد.

هدف از این مطالعه، کاهش مقدار سیمان در ملات های با مقاومت بالا در جایگزینی بخشی از سیمان با نانو ذرات است. همچنین در راستای کاهش مقدار سیمان و رسیدن به کارایی بهتر در ملات خود تراکم در تمامی نمونه ها ۲۵ درصد خاکستر پوسته برنج جایگزین سیمان شد. کاهش مصرف سیمان به عنوان نمودی از توسعه پایدار و به کارگیری نانو ذرات در این کاهش به عنوان نمودی از کاربرد نانو فناوری در این راستا است. در این پایان نامه به بررسی ویژگی های ملات های خود تراکم ساخته شده با به کارگیری ۴،۲،۲،۱ و ۵ درصد نانو ذرات سیلیس، آهن و مس ($\text{SiO}_2, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{CuO}$) پرداخته شده است. کارایی ملات تازه توسط آزمایشات Mini V-funnel و Mini Slump flow، ویژگی های ملات سخت شده توسط آزمایشات مقاومت فشاری و خمشی و دوام ملات خود تراکم توسط آزمایشات جذب آب، مقاومت الکتریکی و نفوذ یون کلر تسریع شده (RCPT) در سنین ۲۸،۷،۳ و ۹۰ روزه بررسی شد. نتایج آزمایشات نشان دهنده عملکرد مناسب نانو ذرات مذکور به خصوص نانوسیلیس و مس در بهبود کارایی، خواص مکانیکی و دوام ملات خودتراکم می باشد.

کلمات کلیدی: ملات خودتراکم، نانو ذرات، کارایی، خواص مکانیکی و دوام

مقدمه

بتن خود تراکم پدیده ای جدید در علم مصالح ساختمانی است که کمتر از دو دهه از عمر آن می گذرد و امکانات جدیدی را در اختیار قرار داده که با استفاده از آن می توان بر مشکلاتی که ناشی از عدم تراکم مناسب در سازه های بتنی می باشد، از جمله کاهش عمر و دوام سازه ها فائق آمد و کیفیت و دوام بتن ها را افزایش داد.

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 می دهند. 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.

هدف از انجام پروژه

بتن خودتراکم به نحوی تعریف شده است که احتیاج به هیچ ویبره داخلی و خارجی ندارد و با وزن خود، خود را متراکم می نماید و زمانی که در قالب جاری می شود به طور کامل هواگیری می گردد و فقط با استفاده از نیروی جاذبه قالب را پر نموده و آرماتورهای موجود را پوشانده و هم زمان یکنواختی خود را حفظ می نماید.

امروزه به منظور دست یابی به مقاومت و پایداری 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.

از جمله مواد پوزولانی بسیار جدیدی که به مدد پیشرفت های اخیر در عرصه فناوری نانو حاصل شده است، نانوذرات سیلیس، آهن و مس می باشد. تاکنون تحقیقات محدودی در ارتباط با ویژگی ها و خصوصیات کامپوزیت های سیمانی حاوی این نانو ذرات انجام شده است. نظر به اهمیت شناخت مسایل مربوط به استفاده از این ماده افزودنی در ملات 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.

بر این اساس در تحقیق حاضر، خواص سیمان های مخلوط حاوی نانو ذرات سیلیس، آهن و مس به همراه خاکستر پسته برنج مورد بررسی قرار گرفت. از آنجا که استفاده از خمیر سیمان خالص با مشکلاتی همراه است، به منظور بررسی خصوصیات سیمان های آمیخته با نانو ذرات، ملات ماسه سیمان با نسبت های معین مواد در شرایط استاندارد ساخته و مورد بررسی قرار گرفت.

ساختار پایان نامه

رساله حاضر شامل پیشگفتار و پنج فصل می باشد. پیشگفتار شامل ۳ بخش مقدمه، هدف و ساختار پایان نامه است که در قسمت مقدمه دلایل لزوم تحقیق در مورد افزودن نانو ذرات به بتن و ملات خود تراکم بیان گردیده است و در قسمت هدف، هدف از انجام این تحقیق تشریح شده است و در قسمت ساختار پایان نامه به مطالب مختلف این پایان نامه اشاره شده است. فصل اول در مورد مروری بر ملات های خود تراکم بوده و ضمن آشنایی با بتن و ملات خود تراکم، کاربرد این نوع بتن در جهان و ویژگی های استفاده از بتن خود تراکم مورد توجه بوده است. در ادامه در این فصل ضمن معرفی ملات خود تراکم، خصوصیات ملات تازه و معرفی آزمایشات مربوط به ملات تازه ارائه شده است. فصل دوم در مورد آشنایی با نانو مواد می باشد. در این فصل ضمن معرفی و معرفی از نانو ذرات به روش های تولید این مواد و کاربرد آن ها پرداخته می شود. در ادامه به تحقیقات انجام شده در زمینه استفاده از نانو ذرات در مصالح سیمانی اختصاص داده شده است. در فصل سوم برنامه آزمایشگاهی ارائه شده است. در این فصل ضمن معرفی خصوصیات مصالح مصرفی، طرح اختلاط مورد استفاده مطرح شده و خصوصیات و خصوصیات ملات تازه خود تراکم حاوی نانو ذرات مورد بررسی قرار گرفته است. فصل چهارم به آزمایشات و بیان نتایج حاصل از انجام آنها اختصاص داده شده است. در این فصل توضیحاتی درباره آزمایشات بیان شده است همچنین خواص مختلف سیمان های مخلوط حاوی نانو ذرات سیلیس، آهن و مس در مقیاس ملات مورد ارزیابی قرار گرفته و اثرات نانو ذرات بر خواص مکانیکی و دوام ملات های ساخته شده 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.