به نام آفریدگار ، پروردگار ، آمرزگار

٤٦٥٣٠

دانشکده فنی

گروه عمران

گرایش سازه

بررسی دوام بتن های ساخته شده با خاکستر پوسته برنج در محیط سولفاتی

از

سهیلا بابایی فر

استاد راهنما

دکتر رحمت مدندوست

استاد مشاور

دکتر ملک محمد رنجبر

۱۳۸۷/۱/۲۱

شهریور ۱۳۸۶

۴۶۵۳۰

تقدیم به چشمان پر فروغ و مهر آسمانی مادرم

و

دستان گرم و وجود پر مهر پدرم

که زیستن را به آنها مدیونم

به امید آنکه

بتوانم قطره ای از دریای بیکران الطافتان را جبران نمایم.

۱۳۸۷ / ۱ / ۲۱

سپاسگزاری

از تمام کسانی که امکان تکمیل پایان نامه کارشناسی ارشدم را فراهم نمودند قدر دانی می نمـایم، که بدون کمک و یاری آنها در مدت چند سال تحصیل این کار امکان پذیر نبود. ازاسـتادان عزیـزم جناب آقای دکتر رحمت مدندوست و آقای دکتر ملک محمد رنجبر به منظور رهنمودها ، پشتیبانی ها و شکیبایی شان قدردانی می نمایم ، فراست و هدایت ایشان در انجـام ایـن پـروژه گرانبهـا مـی باشد. از سرکار خانم مهندس فاطمه بلالایی معاونت محترم پـارک علمـی و فنـاوری ، بـه منظـور تمامی کمکها و راهنماییهایشان ، سپاسگزارم. از جناب آقای دکتر مهرداد ، مـدیریت محتـرم گـروه عمران به منظور تمامی کمکهایشان در رابطه با تسهیل امور این پروژه تشکر مـی نمـایم. همچنـین مدیون تمامی همفکری ها و کمکهای جناب آقای مهندس بهمن محمدی علی آبادی مـی باشـم. از همکار عزیزم جناب آقای مهندس سید حسین قاسمی پور در قبال تمامی همیـاری هـا و تـشویق هایشان در راستای انجام این پروژه تشکر فراوان می نمایم.

در ادامه از سرکار خانم مهندس حاج جعفری کارشناس آزمایشگاه بتن و خاک و آقایان مهنـدس کاتبی و سرمست متصدیان آزمایشگاه و آقای جهانگیری در قبـال تمـامی زحمـات، پیـشنهادات و مساعدت هایشان در اجرای این پروژه تشکر مـی نمـایم. جـا دارد از مـسئولین محتـرم در بخـش آزمایشگاه شیمی پارک علمی و فناوری گیلان سرکار خانم فرشته میلانی ومژگان سـلوکی و زهـرا الماسی همچنین سرکار خانم امـام قلـی کارشـناس آزمایـشگاه نـساجی در دانـشکده فنـی بخـاطر همکاری بی دریغشان در این پروژه تشکر و قدردانی نمایم.

فهرست مطالب

فهرست جداول.....ح
فهرست اشکال.....د
چکیده فارسی .....ز
چکیده انگلیسی.....ژ

فصل اول: پیشگفتار

۱-۱ مقدمه ۲
۱-۲ هدف از تحقیق ۳
۱-۳- ساختار پایان نامه.....۳

فصل دوم : پوزولان

۲-۱- مقدمه.....۵
۲-۲- طبقه بندی و مشخصات استانداردها برای پوزولان.....۶
۲-۳- خاکستر پوسته برنج و بررسی خواص آن.....۷
۲-۳-۱- مقدمه.....۷
۲-۳-۲- سابقه تاریخی استفاده از خاکستر پوسته برنج.....۸
۲-۳-۳- ترکیبات متشکل خاکستر پوسته برنج..... ۱۰
۲-۳-۴- رفتار حرارتی خاکستر پوسته برنج.....۱۲
۲-۳-۵- اثر فرایند سوزاندن بر روی رنگ خاکستر پوسته برنج.....۱۲
۲-۳-۶- تاثیر سطح مخصوص روی خواص پوزولانی خاکستر پوسته برنج.....۱۴
۲-۳-۷- خواص فیزیکی خاکستر پوسته برنج.....۱۶
۲-۳-۸-نشانه فعالیت پوزولانی خاکستر پوسته برنج.....۱۶
۲-۳-۹- فعالیت در برابر آهک و دما.....۱۸
۲-۳-۱۰- تعیین دمای بهینه سوزاندن خاکستر پوسته برنج.....۱۸
۲-۳-۱۱- دسترسی به هوا در فرایند سوزاندن.....۲۱
۲-۳-۱۲- انواع کوره های متداول سوزاندن پوسته برنج.....۲۲
۲-۳-۱۳- تاثیر آسیاب کردن روی سطح مخصوص سیمان دارای خاکستر.....۲۳
۲-۳-۱۴- بررسی روشهای آسیاب کردن بر روی مقاومت فشاری سیمان دارای خاکستر پوسته برنج.....۲۶
۲-۳-۱۵- تاثیر میزان کربن موجود در خاکستر در زمان گیرش سیمانهای دارای خاکستر پوسته برنج.....۲۸
۲-۳-۱۶- تاثیر نرمی خاکستر روی میزان روانی ملات سیمان دارای خاکستر پوسته برنج.....۲۹
۲-۳-۱۷- بررسی مقاومت فشاری ملات و بتن های ساخته شده با سیمان دارای خاکستر پوسته برنج.....۳۰
۲-۳-۱۸- دوام بتن های ساخته شده با خاکستر پوسته برنج.....۳۳
۲-۴- میکروسیلیس.....۳۵
۲-۴-۱- خواص فیزیکی و مکانیکی بتن حاوی میکروسیلیس.....۳۷

۲-۴-۱-۱- مقدمه ۳۷
۲-۴-۱-۲- خصوصیات شیمیایی میکروسیلیس تولید داخل ۳۷
۲-۴-۱-۳- خصوصیات فیزیکی و اندازه و شکل ذرات ۳۹
۲-۴-۱-۴- حرارت زایی میکروسیلیس در بتن و عوامل موثر بر آن ۳۹
۲-۴-۱-۵- اثر پرکنندگی میکروسیلیس ۴۰
۲-۴-۱-۶- اثر واکنش پوزولانی میکروسیلیس ۴۰
۲-۴-۱-۶-۱- اثر میکروسیلیس بصورت درصدی از جرم سیمان ۴۳
۲-۴-۱-۶-۲- اثر دما بر روی واکنش هیدراتاسیون ۴۳
۲-۴-۱-۶-۳- اثر نسبت آب به سیمان ۴۴
۲-۴-۱-۷- مکانیزم عملکرد میکروسیلیس در کاهش تخلخل بتن ۴۴
۲-۴-۱-۸- مکانیزم کاهش آب انداختن ۴۶
۲-۴-۱-۹- تاثیر میکروسیلیس بر مقاومت فشاری بتن ٤٧
۲-۴-۱-۱۰- مقاومت در برابر سولفاتها ۵۰
۲-۴-۱-۱۱- مقاومت در برابر خوردگی ۵۱
۲-۴-۱-۱۲- تاثیر میکروسیلیس در زمان گیرش ۵۲

فصل سوم : دوام بتن

۳-۱- مقدمه ٥٤
۳-۲- شرایط محیطی مهاجم ٥٥
۳-۲-۱-اثر مایعات مهاجم ٥٦
۳-۲-۲-گازهای مهاجم ٥٦
۳-۲-۳- جامدات مهاجم ٥٦
۳-۳- حمله سولفاتی ٥٧
۳-۳-۱-کنترل حمله سولفاتی ٥٨
۳-۴- شکل بروز خرابی ٥٩
۳-۵- مکانیزم حمله سولفاتها ۶۰
۳-۵-۱- تاثیر C_3A بر مقاومت سولفاتی بتن ۶۲
۳-۵-۲- تشکیل مونوسولفات و اترینگایت و نقش آن در حمله سولفاتی ۶۲
۳-۵-۳- تشکیل گچ و نقش آن در حمله سولفاتی ۶۳
۳-۵-۴- واکنشهای دیگری که توسط یونهای سولفات تسریع می شوند ٦٤
۳-۶- تاثیر عوامل مختلف بر مقاومت سولفاتی بتن ٦٤
۳-۷- روشهای آزمایش تعیین مقاومت سولفاتی ٦٥

فصل چهارم : مروری بر کارهای انجام یافته

۴-۱- مقدمه ۶۸

۴-۲-مروری بر کارهای انجام یافته..... ۶۸
۴-۳- نتیجه گیری..... ۷۶

فصل پنجم : برنامه آزمایشگاهی

۵-۱- مقدمه..... ۷۸
۵-۲- مصالح مورد استفاده..... ۷۸
۵-۲-۱-مصالح سنگی..... ۷۸
۵-۲-۱-۱- ماسه..... ۷۸
۵-۲-۱-۲- شن..... ۷۹
۵-۲-۲- سیمان پرتلند..... ۸۰
۵-۲-۳- خاکستر پوسته برنج..... ۸۰
۵-۲-۴- میکروسیلیس..... ۸۱
۵-۲-۵- فوق روان کننده..... ۸۱
۵-۳- ساخت نمونه ها..... ۸۲
۵-۴- طرح اختلاط..... ۸۲
۵-۵- شرایط مخرب سولفاتی..... ۸۴
۵-۶- آزمایش مقاومت فشاری..... ۸۵
۵-۷- آزمایش میزان انبساط نمونه های مختلف بتن..... ۸۷
۵-۸- نحوه تعیین میزان نفوذ یون سولفات در عمقهای مختلف نمونه ها..... ۸۸
۵-۹- بررسی مقاومت خمشی نمونه های نگهداری شده در محیط مخرب سولفاتی..... ۸۹
۵-۱۰- بررسی شکل ظاهری نمونه های بتنی..... ۹۰

فصل ششم : ارائه نتایج و تجزیه و تحلیل آنها

۶-۱- مقدمه..... ۹۳
۶-۲- آزمایش مقاومت فشاری..... ۹۳
۶-۲-۱- بررسی نتایج مقاومت فشاری بتن ها در دو شرایط محیطی..... ۹۷
۶-۲-۱-۱- بررسی نتایج مقاومت فشاری بتن ها در شرایط محیطی آب معمولی..... ۹۷
۶-۲-۱-۲- بررسی نتایج مقاومت فشاری بتن ها در محیط مخرب سولفاتی..... ۱۰۰
۶-۳- مقاومت خمشی..... ۱۰۶
۶-۴- بررسی نتایج انبساط نمونه ها..... ۱۱۱
۶-۵- بررسی نتایج میزان نفوذ یون سولفات در عمق نمونه ها..... ۱۲۱
۶-۵-۱- رابطه بین میزان نفوذ یون سولفات و مقاومت فشاری در محیط سولفاتی..... ۱۲۳
۶-۶- بررسی شکل ظاهری نمونه های مختلف در محیط سولفاتی و نتایج آن..... ۱۲۷

فصل هفتم : نتیجه گیری و پیشنهادات

۷-۱- مقدمه..... ۱۲۹
۷-۲- نتایج کلی..... ۱۲۹

۷-۳- پیشنهاد برای کارهای آینده ۱۳۰

منابع

منابع ۱۳۲

فهرست جداول

۲-۱- مقدار خاکستر میکروسیلیس موجود در بعضی گیاهان..... ۹

۲-۲- تجزیه شیمیایی خاکستر پوسته برنج..... ۱۰

۲-۳- تجزیه شیمیایی خاکستر پوسته برنج بدست آمده در شرایط ویژه..... ۱۱

۲-۴- نتایج بدست آمده از اندازه گیری فعالیت خاکستر پوسته برنج (تحقیق شده توسط یئو)..... ۱۷

۲-۵- نشانه فعالیت سیلیس موجود در خاکستر پوسته برنج که تحت شرایط مختلف تهیه شده است(تحقیق شده توسط یئو)..... ۱۷

۲-۶- فعالیت پوزولانی خاکسترهای بدست آمده در حرارت های مختلف..... ۱۹

۲-۷- ویژگیهای فیزیکی سیمان های مخلوط (پرتلند+خاکستر) تحقیق شده توسط چپرا..... ۲۸

۲-۸- تاثیر میزان کربن روی زمان گیرش مخلوطهای آهک- سیمان پرتلند خاکستر(تحقیق شده توسط یئو)..... ۲۹

۲-۹- تاب فشاری ملاتهای سیمان –RHA به نسبت ۲:۱ و غلظت های یکسان..... ۳۲

۲-۱۰- تاب فشاری ملاتهای سیمان –RHA به نسبت ۳:۱ و غلظت های یکسان..... ۳۲

۲-۱۱- ترکیب شیمیایی میکروسیلیس..... ۳۸

۲-۱۲- درصد فعالیت پوزولانی میکروسیلیس در برابر آهک در سنین مختلف..... ۳۸

۲-۱۳- ضرائب حرارت زایی میکروسیلیس..... ۴۲

۵-۱- دانه بندی ماسه..... ۷۸

۵-۲- دانه بندی شن با حداکثر اندازه دانه ۲۰ میلیمتر..... ۷۹

۵-۳- اجزای تشکیل دهنده سیمان و خاکستر پوسته برنج و میکروسیلیس..... ۸۱

۵-۴- مشخصات فوق روان کننده استفاده شده..... ۸۱

۵-۵- علامتگذاری نمونه های بتنی مختلف..... ۸۲

۵-۶- جزئیات مخلوطهای مختلف بتن..... ۸۳

۵-۷- جزئیات نمونه های ساخته شده و نحوه نگهداری آنها..... ۸۴

۶-۱- مقاومت فشاری بتن ها در محیط های آب معمولی و سولفاتی (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)..... ۹۳

۶-۲- درصد مقاومت فشاری ۹۰ روزه به ۲۸ روزه نمونه های مختلف در شرایط محیطی آب معمولی..... ۹۷

۶-۳- درصد مقاومت فشاری بتن های پوزولانی نسبت به بتن کنترل در سنین مختلف..... ۹۹

۶-۴- درصد کاهش مقاومت نمونه های بتن در سن ۲۷۰ روز در محیط مخرب سولفاتی نسبت به محیط آب معمولی..... ۱۰۱

۶-۵- مشخصات شیمیایی Fly ash کلاسهای C و F و سیمان پرتلند I-IIB..... ۱۰۲

۶-۶- مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن های مختلف با نسبت های آب به سیمان مختلف در محیط سولفاتی..... ۱۰۳

۶-۷- مشخصات شیمیایی سرباره..... ۱۰۴

۶-۸- مقاومت فشاری ملاتها در محیطهای آب معمولی و سولفاتی(کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)..... ۱۰۵

۶-۹- مقاومت خمشی بتن ها در محیط های آب معمولی و سولفاتی(Kg/mm^2)..... ۱۰۷

۶-۱۰- نسبت مقاومت خمشی ۲۷۰ روزه محیط سولفاتی به آبی..... ۱۱۱

۶-۱۱- میزان انبساط طولی بتن ها در محیط های آب معمولی و سولفاتی..... ۱۱۱

۶-۱۲- انبساط ملاتهای مخلوط با سیمان تیپ I با طرحهای اختلاط مختلف در محیط سولفاتی در سن ۱۸۰ روزه ۱۱۸
۶-۱۳- میزان انبساط طولی ملاتها در محیط سولفاتی و آب معمولی.....۱۱۹
۶-۱۴- میزان سولفات در عمق نمونه های بتنی در سن ۲۷۰ روزه به درصد.....۱۲۱
۶-۱۵- میزان کاهش نفوذ یون سولفات در رابطه با تغییرات میزان مقاومت نمونه های مختلف در محیط مخرب سولفاتی نسبت به شرایط محیطی آب معمولی.....۱۲۳
۶-۱۶- نفوذ پذیری نمونه های بتنی با نسبتهای آب به سیمان مختلف.....۱۲۴
۶-۱۷- میزان سولفات در عمق نمونه ملاتها در سن ۱۷۰ روزه به درصد.....۱۲۶

فهرست اشکال

۲-۱- پیک مربوط به خاکستر دارای سیلیس بلوری ، استخراج شده توسط دستگاه پرتو ایکس.....۱۳

۲-۲-پیک های مربوط به پوسته برنج سوزانده شده در شرایط مختلف استخراج شده توسط دستگاه پرتو ایکس.....۱۴

۲-۳- تاثیر زمان و دمای سوختن در محیط دارای عوامل اکسید کننده روی سطح مخصوص.....۱۵

۲-۴- ارتباط بین سطح مخصوص RHA و شاخص فعالیت پوزولانی.....۱۶

۲-۵- فعالیت در برابر آهک (معیاری برای اندازه گیری میزان فعالیت پوزولانی)خاکستر تهیه شده در دما و زمان های مختلف سوختن.....۱۷

۲-۶- پیکهای بدست آمده از آزمایش پرتو ایکس به روش پراش سنجی در مورد خاکستر پوسته برنج تهیه شده در کوره حرارتهای ۵۰۰،۷۰۰،۹۰۰،۱۱۰۰ درجه سانتیگراد.....۲۰

۲-۷- افت وزن پوسته های برنج سوخته شده در دماهای مختلف.....۲۰

۲-۸-افت وزن پوسته های برنج سوخته شده در ۵۰۰ درجه سانتیگراد.....۲۱

۲-۹- شمای فرایند سوزاندن پوسته برنج برای تولید **RHA** و بخار آب(طرح کوره توسط پیت و مهتا).....۲۳

۲-۱۰- شمای کوره آجری توسعه یافته (تحقیق شده توسط شاه).....۲۳

۲-۱۱- ارتباط بین آسیاب کردن و نرمی خاکستر پوسته برنجی که در دماهای مختلف برای مدت ۲ ساعت سوزانده شده است.....۲۵

۲-۱۲- تاثیر زمان آسیاب کردن روی سطح مخصوص اندازه گیری شده به روش BET (تحقیق شده توسط کوک و سوان ویتایا).....۲۵

۲-۱۳-تاثیر میزان کربن روی تاب فشاری ملات آهک –RHA (تحقیق شده توسط کوک و سوان ویتایا).....۲۷

۲-۱۴- تاثیر میزان کربن روی تاب فشاری ملات سیمان پرتلند –RHA (تحقیق شده توسط کوک و سوان ویتایا).....۲۷

۲-۱۵- ارتباط بین نرمی RHA و نسبت W/(C+RHA) برای ملات سیمان دارای RHA با غلظت استاندارد.....۳۰

۲-۱۶- تاثیر میزان آب روی تاب فشاری ملات سیمان-RHA با نسبت ۱:۲ .....۳۱

۲-۱۷-افت وزن در آزمایشهای دوام (تحقیق شده توسط سوآن ویتایا وکوک).....۳۵

۲-۱۸-اندازه گیری و کنترل دما بر حسب زمان.....۴۱

۲-۱۹-منحنی حرارت زائی بتن های کنترل و بتن حاوی میکروسیلیس.....۴۲

۲-۲۰-اثر نسبت آب به سیمان روی حرارت زائی بتن.....۴۴

۲-۲۱-دانه بندی ذرات میکروسیلیس در مقایسه با سیمان پرتلند معمولی و انواع خاکستر بادی.....۴۵

۲-۲۲-اثر میکروسیلیس و فوق روان کننده بر تراکم ذرات.....۴۶

۲-۲۳-مکانیزم کاهش آب انداختن در خمیر سیمان با میکروسیلیس.....۴۷

۲-۲۴-نمودار شماتیک اثرات مختلف میکروسیلیس بر روی مقاومت بتن.....۴۸

۲-۲۵-تاثیر میکروسیلیس بر میزان هیدروکسید کلسیم خمیر سیمان پرتلند.....۴۹

۲-۲۶-مقاومت فشاری ۲۸ روزه بر حسب نسبت آب به سیمان برای بتن با مقادیر مختلف میکروسیلیس.....۵۰

۲-۲۷-اثر میکروسیلیس در شدت خوردگی.....۵۱

۲-۲۸-اثر میکروسیلیس بر روی مقاومت الکتریکی.....۵۲

۵-۱-منحنی دانه بندی ماسه مصرفی بر اساس استاندارد BS882 ..... ۷۹
۵-۲- منحنی دانه بندی شن مصرفی بر اساس استاندارد BS882 ..... ۸۰
۵-۳- نمونه های نگهداری شده در آب معمولی ۸۵
۵-۴- نمونه های نگهداری شده در محیط مخرب سولفاتی ۸۶
۵-۵- دستگاه اندازه گیری مقاومت فشاری نمونه ها ۸۶
۵-۶- اندازه گیری مقاومت فشاری نمونه ها ۸۷
۵-۷-دستگاه اندازه گیری انبساط نمونه ها (Demec gage) و روش اندازه گیری آنها ۸۸
۵-۸- دستگاه مورد استفاده برای اندازه گیری مقاومت خمشی نمونه ها ۸۹
۶-۱- منحنی تغییرات مقاومت فشاری بتن کنترل بر حسب زمان ۹۴
۶-۲- منحنی تغییرات مقاومت فشاری بتن با ۱۵٪ خاکستر پوسته برنج بر حسب زمان ۹۴
۶-۳- منحنی تغییرات مقاومت فشاری بتن با ۲۰٪ خاکستر پوسته برنج بر حسب زمان ۹۵
۶-۴- منحنی تغییرات مقاومت فشاری بتن با ۲۰٪ خاکستر پوسته برنج با w/c=0.6 بر حسب زمان ۹۵
۶-۵- منحنی تغییرات مقاومت فشاری بتن با ۲۵٪ خاکستر پوسته برنج بر حسب زمان ۹۶
۶-۶- منحنی تغییرات مقاومت فشاری بتن با ۱۰٪ میکروسیلیس بر حسب زمان ۹۶
۶-۷- منحنی تغییرات مقاومت فشاری بتن های مختلف بر حسب زمان در محیط آب معمولی ۹۸
۶-۸- درصد مقاومت فشاری بتن های پوزولانی نسبت به بتن کنترل در سنین مختلف ۱۰۰
۶-۹- منحنی تغییرات مقاومت فشاری بتن های مختلف بر حسب زمان در محیط مخرب سولفاتی ۱۰۱
۶-۱۰- مقاومت فشاری بتن های مختلف با نسبت های آب به سیمان مختلف در محیط سولفاتی ۱۰۳
۶-۱۱- مقاومت فشاری ملاتها در محیط آب معمولی (Kg/cm2) ۱۰۵
۶-۱۲- مقاومت فشاری ملاتها در محیط سولفاتی (Kg/cm2) ۱۰۶
۶-۱۳- نمودار مقاومت خمشی نمونه بتن معمولی در آب معمولی و محیط مخرب سولفاتی ۱۰۷
۶-۱۴- نمودار مقاومت خمشی نمونه بتن با ۱۵٪ خاکسترپوسته برنج در آب معمولی و محیط مخرب سولفاتی ۱۰۸
۶-۱۵- نمودار مقاومت خمشی نمونه بتن با ۲۰٪ خاکسترپوسته برنج در آب معمولی و محیط مخرب سولفاتی ۱۰۸
۶-۱۶- نمودار مقاومت خمشی نمونه بتن با ۲۰٪ خاکستر پوسته برنج با w/c=0.6 در آب معمولی و محیط سولفاتی ۱۰۹
۶-۱۷- نمودار مقاومت خمشی نمونه بتن با ۲۵٪ خاکستر پوسته برنج در آب معمولی و محیط مخرب سولفاتی ۱۰۹
۶-۱۸- نمودار مقاومت خمشی نمونه بتن با ۱۰٪ میکروسیلیس در آب معمولی و محیط مخرب سولفاتی ۱۱۰
۶-۱۹- انبساط نمونه های بتن کنترل (C) در محیط آب و سولفاتی ۱۱۲
۶-۲۰- انبساط نمونه های بتن حاوی ۱۵ درصد خاکستر پوسته برنج (CR15) در محیط آب و سولفاتی ۱۱۲
۶-۲۱- انبساط نمونه های بتن حاوی ۲۰ درصد خاکستر پوسته برنج (CR20) در محیط آب و سولفاتی ۱۱۳
۶-۲۲- انبساط نمونه های بتن حاوی ۲۰ درصد خاکستر پوسته برنج (CR20-0.6) در محیط آب و سولفاتی ۱۱۳
۶-۲۳- انبساط نمونه های بتن حاوی ۲۵درصد خاکستر پوسته برنج (CR25) در محیط آب و سولفاتی ۱۱۴
۶-۲۴- انبساط نمونه های بتن حاوی ۱۰درصد میکروسیلیس (CM10) در محیط آب و سولفاتی ۱۱۴
۶-۲۵- نمودار تغییرات انبساط بتن ها بر حسب زمان در محیط آب معمولی ۱۱۵
۶-۲۶- نمودار تغییرات انبساط بتن ها بر حسب زمان در محیط سولفاتی ۱۱۶

۶-۲۷- منحنی تغییرات انبساط بتن ها در محیط مخرب سولفاتی و آب معمولی.....۱۱۷
۶-۲۸- انبساط ملاتهای مخلوط با با طرحهای اختلاط مختلف سیمان تیپ I در محیط سولفاتی در سن ۱۸۰ روزه.....۱۱۸
۶-۲۹- انبساط نمونه های ملات در محیط آب معمولی ۱۱۹
۶-۳۰- انبساط نمونه های ملات در محیط سولفات.....۱۲۰
۶-۳۱- میزان نفوذ سولفاتها در نمونه های بتنی بر حسب عمق نفوذ پس از ۲۷۰ روز.....۱۲۲
۶-۳۲- نفوذ پذیری نمونه های بتنی با نسبتهای آب به سیمان مختلف.....۱۲۵
۶-۳۳-میزان نفوذ یون سولفات در عمق نمونه های ملات در سن ۱۷۰ روز به درصد.....۱۲۶

چکیده

بررسی دوام بتن های ساخته شده با خاکستر پوسته برنج در محیط سولفاتی

سهیلا بابایی فر

دوام و پایایی بتن در مقابل عوامل مهاجم محیطی که ممکن است در خاک و آب و هوا وجود داشته باشد، بسیار با اهمیت است که این عوامل مهاجم عمدتا از سولفات های محلول بخصوص سولفاتهای سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و کلرورها و قلیاییها که اغلب در خاک و آب بطور طبیعی در نقاط مختلف دنیا وجود دارند ، تشکیل شده است .مطالعات بعمل آمده نشان می دهد که بتن های حاوی پوزولان نسبت به بتن های ساخته شده با سیمان پرتلند معمولی ، دارای مقاومت بالاتری در مقابل حمله سولفاتها و آب دریا هستند. دلیل مهم مقاومت بالا در برابر کلرورها و سولفاتها ، کاهش نفوذ پذیری بتن در اثر واکنشهای پوزولانی می باشد.

در این تحقیق مطالعات آزمایشگاهی گسترده ای صورت گرفته است که شامل ساختن نمونه های بتنی برای بررسی دوام بتن است. دوام نمونه هایی که در معرض محیط مهاجم (۴٪ سولفات سدیم) قرار داشتند، در سن ۹ ماه مورد بررسی قرارگرفتند. همچنین نمونه هایی مشابه در محیط آب معمولی بمنظور مقایسه نگهداری شدند.

نمونه ها با طرح اختلاطهای مختلف با دو نسبت آب به سیمان ۰/۵ و۰/۶ شامل بتنهای با سیمان پرتلند معمولی (بتن کنترل) ، بتن شامل ۱۰٪ میکروسیلیس و ۱۵٪ ،۲۰٪ و ۲۵٪ خاکستر پوسته برنج ساخته شدند. در کلیه مخلوطهای بتن جهت رسیدن به اسلامپ ۵۰ میلیمتر، فوق روان کننده اضافه شد. پس از عمل آوری ، نیمی از نمونه ها به درون محیط مخرب سولفاتی و نیمی در محیط آب معمولی تا مدت ۲۷۰ روز نگهداری شدند . برای بررسی دوام بتن ، آزمایشات مختلفی از جمله ، آزمایش مقاومت فشاری ، آزمایش مقاومت خمشی ، آزمایش تعیین انبساط نمونه ها ،آزمایش تعیین مقدار نفوذ یون سولفات در عمقهای مختلف و بررسی شکل ظاهری نمونه ها انجام گرفت.

نتایج آزمایشات نشان دادند که جایگزینی درصدی از سیمان بوسیله خاکستر پوسته برنج باعث بهبود دوام بتن می شود، اما باعث کاهش مقاومت فشاری نمونه ها در سنین اولیه در مقایسه با نمونه های کنترل می باشد. بتن شامل خاکستر پوسته برنج مقاومت فشاری بیشتری را در سن های بالاتر در محیط مهاجم در مقایسه با نمونه های بتن کنترل نشان داد. بعد از ۹ ماه قرارگیری نمونه ها در محلول سولفات سدیم ، مقدار نفوذ سولفات در نمونه های ساخته شده با خاکستر پوسته برنج و میکروسیلیس کمتر بوده است. نتایج آزمایشات خمشی نشان داد که بتن های شامل میکروسیلیس و خاکستر پوسته برنج مقاومت خمشی بیشتری را در مقایسه با بتنهای کنترل تحمل می کنند.

کلید واژه ها : دوام ، خاکستر پوسته برنج ، میکروسیلیس ، نفوذ یون سولفات ، آزمایش مقاومت فشاری ، آزمایش انبساط ، آزمایش مقاومت خمشی

Abstract

The durability assessment of concrete made with rice husk ash (RHA) in sulfate environment

Soheila babaie far

The durability of concrete in aggressive environment that exists in soil, water, and air may have a high significance. These attacking factors are mainly composed of special solved sulfate, sodium sulfate, potassium, calcium, magnesia, chlorines, and alkaline that often exists in soil and water in different places of the world. It has been proved that the pozzolanic concretes have a higher strength against the sulfates attack and sea water in compared to those concretes made of ordinary Portland cement.

Within this research a wide experimental study was planned including making concrete specimens for analyzing the durability of concrete. The durability of the specimens, which were exposed to aggressive environments (4%sulfate) was evaluated for a total of nine months. Also similar specimens were exposed in water condition. The different mixes with two water/cement ratio(0.5 and 0.6) including concretes with ordinary Portland cement, concrete containing 10% silica fume and 15% to 25% RHA were considered. In all concrete mixtures, superplasticizers were added in order to bring them to the same slump. The specimens were demoulded after one day and then after 28 days soaked in water were transferred in aggressive environment for a total of nine months. Different tests, namely, compressive strength, expansion examination and sulfate ion penetration at various depths of specimens were performed. Flexural strength and visual observation were also considered.

The test results indicate that the partial replacement of cement by RHA improved concrete durability but did not increase compressive strength (short term) compared to the control specimens. Concrete containing RHA showed higher compressive strength at the later ages in aggressive environment when compared with control specimens. After nine months of exposure in sulfate solution, the amount of sulfate penetration was lower in specimens with RHA and silica fume. The results of flexural strength also show that the concretes containing silica fume and rice husk ash posses' higher flexural strength compared to the controlled concrete.
Key words: Durability,Rice Husk Ash,Silica fume, sulfate ion penetration, compressive strength, expansion examination, flexural strength

فصل اول

پیشگفتار

۱-۱- مقدمه

مرغوبیت و کیفیت بتن ضمن آنکه به خواص مکانیکی آن نسبت داده می شود ، به پایایی و دوام آن نیز مربوط می شود.شرایط نامناسب جوی و یا محیط دریایی می تواند صدمات و خساراتی را به بتن هایی با مقاومت مطلوب وارد نماید و این در صورتی است که واکنش های شیمیایی بین شرایط محیطی و بتن سخت شده در جهت تضعیف بتن صورت پذیرد.سواحل و جزایر خلیج فارس از نظر آب و هوا وضعیت ویژه ای دارد. املاح موجود در آن از دیگر آبهای آزاد جهان بیشتر است، خصوصا کلرور سدیم و سولفات سدیم که دو عامل عمده در اضمحلال بتن هستند. رطوبت و شرجی بودن هوا و آلودگی خاک منطقه و آبهای زیر زمینی به مواد شیمیایی مضر از دیگر عوامل موجود هستند.

طی سالهای متمادی ، بسیاری از سازه های بتنی در مناطق جنوبی کشور بعلل مختلف دچار آسیب دیدگی و یا خرابی زودرس شده اند. شرایط آب و هوایی بسیار خورنده ، عدم آگاهی کافی عوامل اجرایی ، بکارگیری مصالح نامناسب و بدون کیفیت ، عمل آوری نامناسب و ... از عوامل انواع این خرابیها بوده است.

امروزه در کشور ما با توجه به توسعه روزافزون و همه جانبه در مناطق جنوبی در حاشیه خلیج فارس بعلت توسعه ترانزیت دریایی و بهره برداری و استخراج منابع نفت و گاز ، نیاز به ساخت و اجرای انواع سازه های بتنی در سطح وسیع در سالهای آتی در این مناطق وجود دارد و اکنون نیز بسیاری از انواع سازه های بتنی در این مناطق در مراحل ساخت است. به همین دلیل دوام بتن در محیطهای خورنده نظر اکثر کارشناسان بتن را بخود معطوف کرده است. کاربرد انواع پوزولانها می تواند تاثیر عمده ای بر دوام بتن در این مناطق داشته باشد.

در سالهای گذشته مطالعاتی در خصوص استفاده از خاکستر پوسته برنج به عنوان جایگزین بخشی از سیمان وتاثیر آن بر دوام بتن در محیطهای مخرب در کشور ایران صورت گرفته است[۱]. در این تحقیق از دو نوع محیط (معمولی و مخرب سولفاتی) و همچنین جهت مقایسه از سه نوع بتن (بتن معمولی ، بتن حاوی میکروسیلیس و بتن حاوی خاکستر پوسته برنج با دو نسبت آب به سیمان) استفاده شده است.

۱-۲- هدف از تحقیق

عمر سازه های بتنی در نواحی جنوبی کشور بسیار کمتر از عمر مفید معمول سازه های بتنی است و غالبا سازه های کنار دریا و همچنین سازه های در تماس با آب دریا و حتی سازه هایی که از ساحل فاصله قابل ملاحظه ای دارند، در معرض تخریب زودرس بوده اند و سرمایه کلانی در این مناطق در حال از بین رفتن است. استفاده از بعضی از انواع سیمانها و پوزولانها نتایج مطلوبی روی عملکرد بتن از لحاظ دوام در مناطق خورنده داشته است که انجام تحقیقات بیشتر بمنظور ارائه راهکارهایی برای ساخت بتن با دوام در این مناطق کاملا احساس می شود. هدف اساسی این پروژه انجام یک سلسله تحقیقات آزمایشگاهی دراز مدت بر روی مسئله دوام بتن در محیط آب حاوی ۴٪ سولفات سدیم می باشد که شامل ساخت یک سری نمونه های بتنی با نسبت های آب به سیمان مختلف و استفاده از سیمان پرتلند و پوزولانهای خاکستر پوسته برنج و میکروسیلیس برای انجام آزمایشات طولانی دوام بتن است.

۱-۳- ساختار پایان نامه

این پایان نامه در مجموع شامل ۷ فصل می باشد. در فصل اول به خلاصه ای برکاربرد پوزولان در بتن در محیطهای مخرب و هدف از انجام پایان نامه بحث شده است. در فصل دوم به بررسی پوزولانها و مشخصات استاندارد آنها و همچنین خواص مختلف خاکستر پوسته برنج و میکروسیلیس پرداخته شده است. در فصل سوم دوام بتن در محیط سولفاتی بررسی شده است. در فصل چهارم به سابقه تحقیق و مروری بر کارهایی که در گذشته در این زمینه انجام گرفته ، پرداخته شده است. در فصل پنجم ، برنامه آزمایشگاهی و همچنین مشخصات مصالح مصرفی و طرح اختلاط بتن و روشهای انجام آزمایش تشریح شده است.در فصل ششم ارائه نتایج حاصل از آزمایشهای دوام بتن در دو محیط (معمولی و مخرب سولفاتی) ارائه شده است. و نهایتا در فصل هفتم به نتیجه گیریهای کلی و پیشنهادات اشاره گردیده است.

فصل دوم

پوزولان

۲-۱- مقدمه

بدرستی مشخص نیست که بشر در چه زمانی موفق به کشف سیمان با خواص هیدرولیکی گردید. گفته می شود که قدمت این کشف به رم باستان مربوط می شود. به هر صورت مردم آن عصر، بر اثر تجارب دریافتند که وقتی ذرات بسیار ریز مواد سیلیسی با آهک مخلوط شوند، نوعی سیمان با خواص هیدرولیکی بدست می آید. این ذرات بسیار ریز مواد سیلیسی از خاکسترهای تحکیم یافته آتشفشانی یا توفهایی بوده اند که در حوالی پوزولی (pozzulli) ایتالیا پیدا شده اند. بعدها نام پوزولا (pozzola) برای مشخص کردن هر ماده دیگری که دارای چنین خواصی بود، بدون توجه به منشا زمین شناسی آنها به کار رفت. بتن های حاوی سیمان پوزولانی از سال ۱۹۱۲ مورد استفاده قرار گرفت که امروزه بطور کلی برای کم کردن قیمت تمام شده و اصلاح در اجرا و ساخت بتن کاربرد دارد. این مواد بر اساس منشا و مبنای تولیدشان به دو دسته کلی تقسیم می شوند[۲].

الف- پوزولانهای طبیعی Natural Pozzolans

ب- پوزولانهای مصنوعی یا صنعتی By Products

پوزولانهای طبیعی شامل خاکسترهای دیاتومه (Diatomaceous earth) ، اپالین (Opalin) ، چرتها (Cherts) ، شیلها (Shales) ، توفها (Tuffs) و خاکسترهای آتشفشانی یا پومیس ها (Pumicitess) است[۲].

منبع اصلی پوزولانهای مصنوعی تاسیسات تولید انرژی است، که از زغال سنگ با عنوان سوخت استفاده می کنند. همچنین کوره های ذوب فلزات تولید شمش آهن ، فولاد ، مس ، نیکل ، سرب ، سیلیس و آلیاژهای آهن و سیلیس نیز از منابع اصلی مواد صنعتی و مصنوعی بشمار می روند. این مواد را به عنوان پر کننده دانه ای در بتن و همچنین در زیر سازی جاده ها مورد استفاده قرار می دهند. امروزه با جایگزین کردن این مواد بصورت جزیی با سیمان پرتلند معمولی که بصورت انبوه و فراوان و ارزان در دسترس می باشد ، می توان بصورت با ارزشی از آن استفاده کرد.امروزه ثابت شده است که بسیاری از مواد صنعتی قادرند مقاومت نهایی و دوام بتن های ساخته شده از سیمان پرتلند معمولی را خصوصا وقتی که جانشین مواد دانه ای بتن می شوند افزایش دهند [۲].