بسم الله الرحمن الرحیم

پردیس دانشگاهی

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی خواص مکانیکی بتن پلاستیک حاوی کائولینیت با استفاده از متاکائولن و الیاف پلی پروپیلن

از

شهرام لطف احمدی

استاد راهنما :

دکتر سید حسین قاسم زاده موسوی نژاد

تابستان ۱۳۹۳

تقدیم به:

پدرم که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم

و به مادرم، دریای بی کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر

شهرام لطف احمدی

تابستان ۹۳

تشکر و قدردانی

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه درخت پر بار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم ودانش تلاش نمایم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم چرا که این دو وجود پس از پروردگار مایه هستی ام بوده اند دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند. آموزگارانی که برایم زندگی؛ بودن و انسان بودن را معنا کردند حال این برگ سبزی است تحفه درویش تقدیم آنان....

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگان به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است به پاس قلب های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند.

بیش و پیش از هر چیز از صمیم قلب از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر حسین قاسم زاده موسوی نژاد تشکر مس کنم ، این پایان نامه با حمایت ها و رهنمود های دلسوزانه و بجای ایشان و صبر و حوصله ی پدرانه شان به سزانجام رسیده است.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

چکیده فارسی ..... ص

چکیده انگلیسی ..... ض

فصل اول: پیشگفتار

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ هدف ۳

۱-۳ ساختار پایان نامه ۴

فصل دوم: بتن پلاستیک

۲-۱ مقدمه ۶

۲-۲ سد ها، انواع آن و خرابی های احتمالی ۷

۲-۲-۱ طبقه بندی سد های خاکی ۷

۲-۲-۱-۱ سدهای خاکی همگن ۷

۲-۲-۱-۲ سدهای خاکی غیر همگن ۷

۲-۲-۱-۳ سدهای خاکی غشایی یا دیافراگمی ۷

۲-۳ کنترل تراوش ۸

۲-۴ معرفی بتن پلاستیک ۸

۲-۵ موارد استفاده از بتن پلاستیک ۹

۲-۶ امتیازات دیوار آب بند بتن پلاستیک ۱۰

۲-۷ تاریخچه ۱۰

۲-۸ ویژگی ها وخواص بتن پلاستیک ۱۲

۲-۸-۱ کارائی ۱۵

۲-۸-۲ تغییر شکل پذیری ۱۵

۲-۸-۳ نفوذ پذیری ۱۴

۲-۸-۴ عوامل موثر بر روی نفوذ پذیری ۱۵

۲-۸-۴ -۱ نسبت سیمان به آب ۱۵

۲-۸-۴-۲ میزان عامل کلوییدی ۱۵
۲-۸-۴-۳ سنگدانه ها ۱۵
۲-۸-۴-۴ خشک شدگی کامل ۱۵
۲-۸-۴-۵ تاثیر نسبت مواد مضاف ۱۵
۲-۸-۴-۶ منافذ در بتن پلاستیک ۱۶
۲-۸-۵ مقاومت فشاری و عوامل موثر بر آن ۱۶
۲-۸-۵ -۱ نسبت آب به سیمان ۱۶
۲-۸-۵ -۲ نوع سیمان ۱۷
۲-۸-۵ -۳ میزان بنتونیت ۱۷
۲-۸-۵ -۴ اثر زمان عمل آوری دوغاب بنتونیت ۱۸
۲-۸-۵ -۵ اثر زمان ۱۸
۲-۸-۵ -۶ نسبت دانه بندی و جنس سنگدانه ها ۱۹
۲-۸-۶ مقاومت سایشی ۲۰
۲-۸-۷ دوام ۲۰
۲-۸-۸ اثر مواد شیمیایی و غلظت آن ها بر خواص بتن پلاستیک ۲۰
۲-۸-۹ تاثیر فشار جانبی ۲۰
۲-۹ مصالح سازنده بتن پلاستیک ۲۱
۲-۹-۱ رس ها ۲۱
۲-۹-۲ واحد های اصلی تشکیل دهنده خاک رس ۲۱
۲-۹-۳ بنتونیت ۲۳
۲-۹-۳-۱ تعریف بنتونیت ۲۴
۲-۹-۳-۲ ساختمان بنتونیت ۲۴
۲-۹-۳-۳ موارد استفاده از بنتونیت ۲۴
۲-۹-۳-۴ ساختار مولکولی بنتونیت ۲۴
۲-۹-۴ کائولین ۲۴
۲-۹-۴-۱ کائولینیت ۲۵

۲-۹-۴-۲ شرایط پدید آمدن کائولینیت ۲۶
۲-۹-۴-۳ خصوصیات فیزیکی کائولینیت ۲۶
۲-۹-۵ سیمان ۲۶
۲-۹-۶ سنگدانه ها ۲۷
۲-۹-۷ مواد افزودنی ۲۷
۲-۹-۷-۱ سودا ۲۷
۲-۹-۷-۲ سلولز کربو هگزی متال ۲۷
۲-۹-۷-۳ کندگیر کنندها ۲۷
۲-۱۰ ترکیبات متداول در بتن پلاستیک ۲۸
۲-۱۱ معیارهای طرح اختلاط بتن پلاستیک ۲۹
۲-۱۲ طرح اختلاط ۲۹
۲-۱۲-۱ خصوصیات بتن پلاستیک ساخته شده ۳۰
۲-۱۲-۲ تاثیر مصالح در خصوصیات بتن پلاستیک ۳۱
۲-۱۲-۳ نمونه سازه های ساخته شده با بتن پلاستیک ۳۱
۲-۱۲-۴ بدست آوردن طرح اختلاط مناسب ۳۲
۲-۱۳ مراحل ساخت بتن پلاستیک ۳۵
۲-۱۳-۱ مرحله اول تولید گل هموژن ۳۵
۲-۱۳-۲ مرحله دوم عمل آوری گل بنتونیت ۳۶
۲-۱۳-۳ مرحله سوم ساخت دوغاب گل و سیمان (گروت) ۳۶
۲-۱۳-۴ مرحله چهارم ساخت بتن پلاستیک ۳۶
۲-۱۴ کنترل و بازرسی ۳۷
۲-۱۴-۱ کنترل و بازرسی مصالح ۳۷
۲-۱۴-۱-۱ بنتونیت ۳۷
۲-۱۴-۱-۲ سیمان ۳۷
۲-۱۴-۱-۳ مواد افزودنی ۳۷
۲-۱۴-۱-۴ آب مصرفی ۳۷

۲-۱۴-۲ کنترل و بازرسی دوغاب بنتونیت ۳۷
۲-۱۴-۲-۱ چگالی ۳۷
۲-۱۴-۲-۲ گرانروی با قیف مارش ۳۷
۲-۱۴-۲-۳ آب انداختن ۳۸
۲-۱۴-۳ کنترل کیفیت بتن پلاستیک تازه ۳۸
۲-۱۴-۳-۱ کنترل کارایی ۳۸
۲-۱۴-۳-۲ کنترل چگالی ۳۸
۲-۱۳-۳-۳ کنترل دما ۳۸
۲-۱۴-۳-۴ کنترل یکنواختی ۳۸
۲-۱۴-۳-۵ کنترل زمان گیرش ۳۸
۲-۱۵ پوزولان و تاثیر آن بر بتن پلاستیک ۳۸
۲-۱۵-۱ مقدمه ۳۸
۲-۱۵-۲ پوزولان ۳۹
۲-۱۵-۳ طبقه بندی پوزولان ها ۳۹
۲-۱۵-۳-۱ پوزولان های مصنوعی ۴۰
۲-۱۵-۳-۲ پوزولان های طبیعی ۴۰
۲-۱۵-۴ اثار فیلری رقیق کنندگی و پخش کنندگی ۴۰
۲-۱۵-۵ خصوصیات فیزیکی متاکائولن ۴۱
۲-۱۵-۶ اثرات متاکائولن در خصوصیات بتن تازه ۴۲
۲-۱۵-۷ اثرات متاکائولن در خصوصیات بتن سخت شده ۴۲
۲-۱۵-۷-۱ مقاومت فشاری ۴۲
۲-۱۵-۷-۲ خزش و جمع شدگی ۴۳
۲-۱۶ مروری بر پژوهش های انجام شده ۴۳
۲-۱۷ تاثیر میکروسیلیس بر بتن پلاستیک ۴۸
۲-۱۷-۱ مطالعات حمداله بهنام و همکارانش ۴۸
۲-۱۷-۱-۱ بررسی رفتار کلی ۴۹

۲-۱۷-۱-۲ مقاومت فشاری ۵۰
۲-۱۷-۱-۳ مقایسه و ارزیابی روند افزایش مقاومت در رده های مختلف بتن پلاستیک ۵۰
۲-۱۷-۲ مطالعات حسن افشین و همکارانش ۵۱
۲-۱۷-۲-۱ مقاومت فشاری ۵۱
۲-۱۷-۲ -۲ تاثیر سیمان و درصدهای مختلف پوزولان بر مدول الاستیسیته ۵۲
۲-۱۷-۲ -۳ نفوذپذیری و دوام در برابر سولفات ها ۵۳
۲-۱۸ برخی از سدها و دیوارهای آب بند ساخته شده با بتن پلاستیک ۵۴
۲-۱۸-۱ سد Hinze ۵۴
۲-۱۸-۲ سد Walter F. George ۵۶
۲-۱۸-۳ سد کرخه ۵۷
۲-۱۸-۳-۱ مشخصات بدنه سد ۵۸
۲-۱۸-۳-۲ سیستم آب بندی پی ۵۹
۲-۱۸-۳-۳ مشخصات دیوار آب بند شرق نیروگاه ۵۹

فصل سوم: بتن الیافی

۳-۱ مقدمه ۶۲
۳-۲ مزایای استفاده از بتن الیافی ۶۳
۳-۳ شکل و اندازه قطری الیاف ۶۶
۳-۴ انواع و اشکال مختلف الیاف مورد استفاده در بتن ۶۶
۳-۴-۱ الیاف طبیعی ۶۷
۳-۴-۲ الیاف مصنوعی ۶۷
۳-۴-۲-۱ الیاف فولادی ۶۸
۳-۴-۲-۲ الیاف پلی پروپیلن ۶۹
۳-۴-۲-۲-۱ ساختار شیمیایی ۶۹
۳-۴-۲-۲-۲ تولید پلی پروپیلن ۷۰
۳-۴-۲-۲-۳ مشخصات فیزیکی ۷۱
۳-۴-۲-۲-۴ خواص گرمایی ۷۲

۳-۴-۲-۲-۵ مقاومت در مقابل عوامل شیمیایی ۷۲
۳-۴-۲-۲-۶ خواص دیگر ۷۲
۳-۵ بتن مسلح به الیاف پلیمری (PFRC) ۷۲
۳-۵-۱ کارایی ۷۳
۳-۵-۲ مقاومت فشاری ۷۳
۳-۵-۳ مقاومت خمشی ۷۳
۳-۵-۴ بهبود مقاومت کششی بتن ۷۴
۳-۵-۵ دوام الیاف پلیمری در محیط های سیمانی ۷۵
۳-۶ مطالعات انجام شده در زمینه بتن الیافی ۷۵
۳-۶-۱ مطالعات Arkan Radi Ali ۷۵
۳-۶-۱-۱ نتایج آزمایشات بتن سخت شده ۷۵
۳-۶-۱-۱-۱ آزمایش مقاومت فشاری ۷۵
۳-۶-۱-۱-۲ آزمایش مقاومت کششی ۷۶
۳-۶-۱-۱-۳ آزمایش مقاومت خمشی ۷۷
۳-۶-۲ مطالعات آقای libre و همکاران ۷۴
۳-۶-۲-۱ بتن تازه ۷۸
۳-۶-۲-۲ بتن سخت شده ۷۸
۳-۶-۳ مطالعات آقای Priti A. Patel و همکارانش ۷۹
۳-۶-۳-۱ آزمایش مقاومت فشاری ۷۹
۳-۶-۳-۲ آزمایش مقاومت کششی ۷۹
۳-۶-۳-۳ آزمایش مقاومت خمشی ۸۰

فصل چهارم: برنامه آزمایشگاهی

۴ – ۱ مقدمه ۸۳
۴ – ۲ مصالح مورد استفاده ۸۳
۴ – ۲ -۱سنگدانه ها ۸۳
۴-۲-۱-۱شن ۸۳

۴-۲-۱-۲ ماسه ۸۴
۴-۲-۲ سیمان ۸۴
۴-۲-۳ کائولینیت ۸۵
۴-۲-۴ متاکائولن ۸۵
۴-۲-۵ میکروسیلیس ۸۶
۴-۲-۶ الیاف پلی پروپیلن ۸۸
۴-۲-۷ فوق روان کننده ۸۸
۴-۲-۸ آب ۸۹
۴-۳ طرح اختلاط ۸۹
۴-۳-۱ نحوه ساخت بتن پلاستیک ۹۰
۴-۳-۲ تهیه نمونه های آزمایشگاهی ۹۱
۴-۴ آزمایشات بتن سخت شده ۹۱
۴-۴-۱آزمایش مقاومت فشاری ۹۱
۴-۴-۲ آزمایش مقاومت کششی ۹۲
۴-۴-۳ مقاومت خمشی ۹۳
۴-۴-۴ آزمایش جذب آب ۹۴
۴-۴-۵ آزمایش اولتراسونیک ۹۴
۴-۴-۶ آزمایش مدول الاستیسیته ۹۶
۴-۴-۷ آزمایش انبساط و انقباض ۹۸
۴-۴-۸ تصویربرداری با میکروسکپ الکترونی(SEM) ۹۸

فصل پنجم: بررسی نتایج آزمایشگاهی

۵-۱ مقدمه ۱۰۰
۵-۲ نتایج آزمایش مقاومت فشاری ۱۰۰
۵-۲-۱ نمونه های حاوی درصد های مختلف کائولینیت و متاکائولن و الیاف ثابت ۱۰۰
۵-۲-۲ نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف با مقدار کائولینیت و متاکائولن ثابت ۱۰۲
۵-۲-۳ نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف ، کائولینیت و متاکائولن ۱۰۲

۵-۳ نتایج آزمایش مقاومت کششی ۱۰۵
۵-۳-۱ نمونه های حاوی درصد های مختلف کائولینیت و متاکائولن و الیاف ثابت ۱۰۵
۵-۳-۲ نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف با مقدار کائولینیت و متاکائولن ثابت ۱۰۶
۵-۳-۳ نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف ، کائولینیت و متاکائولن ۱۰۷
۵-۴ نتایج آزمایش مقاومت خمشی ۱۰۸
۵-۴-۱ نمونه های حاوی درصد های مختلف کائولینیت و متاکائولن و الیاف ثابت ۱۰۹
۵-۴-۲ نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف با مقدار کائولینیت و متاکائولن ثابت ۱۱۰
۵-۴-۳ نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف ، کائولینیت و متاکائولن ۱۱۰
۵-۵ نتایج آزمایش مدول الاستیسیته ۱۱۲
۵-۵-۱ نمونه های حاوی درصد های مختلف کائولینیت و متاکائولن و الیاف ثابت ۱۱۲
۵-۵-۲ نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف با مقدار کائولینیت و متاکائولن ثابت ۱۱۳
۵-۵-۳ نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف ، کائولینیت و متاکائولن ۱۱۴
۵-۵-۴ رابطه مقاومت فشاری با مدول الاستیسیته ۱۱۴
۵-۶ جذب آب ۱۱۵
۵-۶-۱ نمونه های حاوی درصد های مختلف کائولینیت و متاکائولن و الیاف ثابت ۱۱۶
۵-۶-۲ نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف با مقدار کائولینیت و متاکائولن ثابت ۱۱۷
۵-۶-۳ نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف ، کائولینیت و متاکائولن ۱۱۸
۵-۷ انقباض ۱۱۹
۵-۸ نتایج تصویربرداری با میکروسکپ الکترونی (SEM) ۱۲۱
۵-۸-۱ بررسی ساختار بتن پلاستیک حاوی پزولان میکروسیلیس و متاکائولن و کائولینیت ۱۲۱
۵-۸-۲ بررسی پیوند الیاف پلی پروپیلن و ماتریس سیمان حاوی پزولان های مختلف با میکروسکوپ الکترونیکی ۱۲۳
۵-۹ امواج اولتراسونیک ۱۲۶

فصل ششم : نتیجه گیری و پیشنهادات

۶ – ۱ نتیجه گیری ۱۳۰
۶ – ۲ پیشنهادات ۱۳۲

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ۲ - ۱ مقایسه خصوصیات بتن معمولی و بتن پلاستیک ۱۲

جدول ۲ - ۲ میزان نفوذپذیری طراحی در رابطه با نوع دیوار آب بند ۱۴

جدول۲ - ۳ ترکیب شیمیایی بنتونیت ۲۳

جدول ۲ – ۴ ترکیب شیمیایی اولیه کائولینیت ۲۶

جدول ۲ – ۵ مقایسه تکنیک CB و تکنیک CSB ۲۸

جدول ۲ – ۶ درصد اختلاط مصالح مصرفی دریک متر مکعب بتن پلاستیک ۳۰

جدول ۲ – ۷ تاثیر مقدار مصرفی هر یک از مصالح بتن پلاستیک در خصوصیات مکانیکی و دوام آن ۳۱

جدول ۲- ۸ طرح اختلاط و سال ساخت برخی از سد های ایران ۳۱

جدول ۲- ۹ طرح اختلاط و سال ساخت برخی از سد های جهان ۳۲

جدول ۲ – ۱۰ مقایسه برخی از خصوصیات فیزیکی متاکائولن ، سیمان پرتلند ، خاکستر بادی و دوده سیلیس ۴۱

جدول ۲ – ۱۱ طرح اختلاط دیوار آببندسد Hinze در استرالیا ۵۶

جدول ۳ - ۱ مشخصات مختلف الیاف ۶۶

جدول ۳ – ۲ مشخصات متداول انواع الیاف ۶۷

جدول ۳ – ۳ خواص فیزیکی الیاف پلی پروپیلن ۷۱

جدول۴ – ۱ مشخصات سیمان ۸۴

جدول ۴ – ۲ آنالیز شیمیایی کائولینیت ۸۵

جدول ۴ – ۳ ترکیبات شیمیایی متاکائولن مصرفی ۸۶

جدول ۴ – ۴ ترکیب شیمیایی میکرو سیلیس ۸۷

جدول ۴ – ۵ الیاف پلی پروپیلن مصرفی ۸۸

جدول ۴ – ۶ جزییات طرح های اختلاط بتن پلاستیک ساخته شده ۹۰

جدول ۵ – ۱ طبقه بندی کیفیت بتن معمولی بر اساس سرعت پالس ۱۲۶

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل ۲ – ۱ نمونه از یک سد با دیوار آب بند ۱۰

شکل ۲ – ۲ رابطه مقاومت فشاری با نسبت آب به سیمان در بتن پلاستیک با مقدار بنتونیت ۳۰Kg/m3 ..... ۱۶

شکل ۲ – ۳ رابطه مقاومت فشاری با نسبت آب به سیمان در بتن پلاستیک با مقدار بنتونیت ۴۰ Kg/m3 ..... ۱۷

شکل ۲ – ۴ اثر زمان عمل آوری دوغاب بنتونیت روی مقاومت فشاری بتن پلاستیک ۱۸

شکل ۲ – ۵ رابطه مقاومت فشاری با زمان در بتن پلاستیک با مقدار بنتونیت ۲۵ Kg/m3 ..... ۱۹

شکل ۲ – ۶ رابطه مقاومت فشاری با زمان در بتن پلاستیک با مقدار بنتونیت ۳۵ Kg/m3 ..... ۱۹

شکل ۲ – ۷ چهار وجهی سیلیکا و ورقه چهار وجهی سیلیکا ۲۲

شکل ۲ – ۸ هشت وجهی آلومینا و ورقه هشت وجهی آلومینا ۲۲

شکل ۲ – ۹ ورقه سیلیکا ۲۲

شکل ۲ – ۱۰ ورقه گیبسیت و بروسیت ۲۳

شکل ۲ – ۱۱ تصویر SEM بنتونیت در بزرگنمایی های مختلف:الف) ۳۰۰ برابر و ب) ۱۰۰۰۰ برابر ۲۴

شکل ۲ – ۱۲ تصویر ساختمان اتمی کائولینیت ۲۵

شکل ۲ – ۱۳ تصویر SEM کائولینیت ۲۶

شکل ۲ – ۱۴ ارتباط مقاومت فشاری و نسبت آب به سیمان در بتن پلاستیک ۳۳

شکل ۲ – ۱۵ ارتباط مقاومت فشاری و نسبت بنتونیت به سیمان در بتن پلاستیک ۳۳

شکل ۲ – ۱۶ ارتباط نفوذپذیری و مقدار بنتونیت در بتن پلاستیک ۳۴

شکل ۲ – ۱۵ ارتباط نفوذپذیری و نسبت بنتونیت به سیمان در بتن پلاستیک ۳۵

شکل ۲ – ۱۸ عمل آوری گل بنتونیت ۳۶

شکل ۲ – ۱۹ مقایسه بین مقدار متاکائولن و مقاومت فشاری در سنین مختلف ۴۳

شکل ۲ – ۲۰ مقایسه بین مقدار متاکائولن و مقاومت فشاری در سنین مختلف ۴۳

شکل ۲ – ۲۱ وضعیت شکست در بتن معمولی ۴۹

شکل ۲ – ۲۲ وضعیت شکست در بتن بتن پلاستیک ۴۹

شکل ۲ – ۲۳ مقایسه مقاومت فشاری ۲۸ روزه بر حسب تغییرات درصد دوده سیلیس ۵۰

شکل ۲ – ۲۴ مقایسه مقاومت فشاری ۲۸ روزه بر حسب تغییرات درصد دوده سیلیس ۵۱

شکل ۲ – ۲۵ مقایسه مقاومت فشاری برای سیمان و درصد های مختلف پوزولان با میزان افزایش بنتونیت(۷ روزه) ۵۲

شکل ۲ – ۲۶ مقایسه مقاومت فشاری برای سیمان و درصد های مختلف پوزولان با میزان افزایش بنتونیت(۱۵۰ روزه) ۵۳

شکل ۲ – ۲۷ مقایسه مدول الاستیسیته برای سیمان و درصد های مختلف پوزولان با میزان افزایش بنتونیت(۷ روزه) ۵۳

شکل ۲ – ۲۸ مقایسه مدول الاستیسیته برای سیمان و درصد های مختلف پوزولان با میزان افزایش بنتونیت(۱۵۰ روزه) ۵۴

شکل ۲ – ۲۹ نفوذپذیری بتن پلاستیک و مقایسه آن در محیط سولفاته ۵۴
شکل ۲ – ۳۰ تاثیر محیط عمل آوری سولفاته روی مقاومت بتن پلاستیک (۱۵۰ روزه) ۴۴
شکل ۲ – ۳۱ سد Hinze در استرالیا ۴۶
شکل ۲ – ۳۲ سد Walter F. George ۵۷
شکل ۲ – ۳۳ مراحل ساخت دیوار آب بند در جلوی سد Walter F. George ۵۸
شکل ۲ – ۳۴ نمای شماتیک بدنه سد و جزئیات اتصال دیوار آب بند و بدنه سد ۵۸
شکل ۲ – ۳۵ نمای کلی و شماتیک سد کرخه ۵۹
شکل ۲ – ۳۶ نمای سد کرخه ۶۰
شکل ۳ - ۱ مکانیزم شکست و تاثیر الیاف بر آن ۶۴
شکل ۳ - ۲ نمودار تنش کرنش بتن معمولی و بتن الیافی با در صد الیاف مختلف ۶۵
شکل ۳ - ۳ اشکال مختلف الیاف ۶۶
شکل ۳ – ۴ برخی از اشکال الیاف فولادی ۶۹
شکل ۳ – ۵ الف) ساختار ۳ بعدی مولکولی الیاف پلی پروپیلن و ب) ساختار مولکولی الیاف پلی پروپیلن ۷۰
شکل ۳ – ۶ الف) عکس مولکولی SEM الیاف پلی پروپیلن و ب) عکس شماتیک از الیاف پلی پروپیلن ۷۰
شکل ۳ – ۷ فرم های حاصل از پلیمرازاسیون پروپیلن که به ترتیب ایزو تاکتیک، سیندوتاکتیک و آتاکتیک ۷۱
شکل ۳ - ۸ نمودار مقاومت کششی تک محوره در مقابل کرنش برای بتن های الیافی مختلف با درصد الیاف متفاوت ۷۴
شکل ۳ – ۹ نتایج حاصل از آزمایش میزان اسلامپ در مقایسه با درصد الیاف مصرفی ۷۵
شکل ۳ – ۱۰ نتایج آزمایش مقاومت فشاری بتن با درصد های مختلف الیاف ۷۶
شکل ۳ – ۱۱ نتایج آزمایش مقاومت کششی بتن با درصد های مختلف الیاف ۷۶
شکل ۳ – ۱۲ نتایج آزمایش مقاومت خمشی بتن با درصد های مختلف الیاف ۷۷
شکل ۳ – ۱۳ نتایج آزمایش مقاومت فشاری بتن با درصد های مختلف الیاف ۸۰
شکل ۳ – ۱۴ نتایج آزمایش مقاومت کششی بتن با درصد های مختلف الیاف ۸۰
شکل ۳ – ۱۵ نتایج آزمایش مقاومت خمشی بتن با درصد های مختلف الیاف ۸۰
شکل ۴ – ۱ منحنی دانه بندی شن مصرفی ۸۳
شکل ۴ – ۲ منحنی دانه بندی ماسه مصرفی ۸۴
شکل ۴ – ۳ کائولینیت مصرفی ۸۵
شکل ۴ – ۴ متاکائولن مصرفی ۸۶
شکل ۴ – ۵ متاکائولن مصرفی ۸۷
شکل ۴ – ۶ دستگاه آزمایش مقاومت فشاری ۹۲
شکل ۴ – ۷ دستگاه آزمایش مقاومت کششی ۹۳
شکل ۴ – ۸ دستگاه آزمایش مقاومت خمشی ۹۴

شکل ۴ – ۹ دستگاه آزمایش التراسونیک ۹۵
شکل ۴ – ۱۰ دستگاه آزمایش مدول الاستیسیته ۹۶
شکل ۴ – ۱۱ دستگاه آزمایش انبساط و انقباض ۹۷
شکل ۴ – ۱۲ دستگاه میکروسکپ روبشی ۹۸
شکل ۵ - ۱ مقاومت فشاری نمونه های حاوی درصد های مختلف کائولینیت و متاکائولن و الیاف ثابت در سنین مختلف ۱۰۱
شکل ۵ - ۲ مقاومت فشاری نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف با مقادیر ثابت کائولینیت و متاکائولن در سنین مختلف ۱۰۲
شکل ۵ - ۳ مقاومت فشاری نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف ، کائولینیت و متاکائولن در سنین مختلف ۱۰۳
شکل ۵ – ۴ تغیرات مقاومت فشاری با گذشت زمان برای بتن پلاستیک با درصد های مختلف کائولینیت ۱۰۴
شکل ۵ – ۵ تغیرات مقاومت فشاری با گذشت زمان برای بتن پلاستیک با درصد های مختلف کائولینیت ۱۰۴
شکل ۵ – ۶ تغیرات مقاومت فشاری با گذشت زمان برای بتن پلاستیک با درصد های مختلف کائولینیت ۱۰۴
شکل ۵ – ۷ مقاومت کششی نمونه های حاوی درصد های مختلف کائولینیت و متاکائولن و الیاف ثابت در سن ۲۸ روز ۱۰۵
شکل ۵ - ۸ مقاومت کششی نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف با مقادیر ثابت کائولینیت و متاکائولن در سن ۲۸ روز ۱۰۶
شکل ۵ - ۹ مقاومت کششی نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف ، کائولینیت و متاکائولن در سن ۲۸ روز ۱۰۷
شکل ۵ - ۱۰ مقاومت کششی تمامی نمونه ها با درصد های مختلف الیاف ، کائولینیت و متاکائولن در سن ۲۸ روز ۱۰۸
شکل ۵ – ۱۱ مقاومت خمشی نمونه های حاوی درصد های مختلف کائولینیت و متاکائولن و الیاف ثابت در سن ۲۸ روز ۱۰۹
شکل ۵ - ۱۲ مقاومت خمشی نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف با مقادیر ثابت کائولینیت و متاکائولن در سن ۲۸ روز ۱۰۹
شکل ۵ - ۱۳ مقاومت خمشی نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف ، کائولینیت و متاکائولن در سن ۲۸ روز ۱۱۰
شکل ۵ - ۱۴ درصد تغییرات مقاومت خمشی وکششی نمونه ها نسبت به نمونه کنترل در سن ۲۸ روز ۱۱۱
شکل ۵ – ۱۵ مدول الاستیسیته نمونه های حاوی درصد های مختلف کائولینیت و متاکائولن و الیاف ثابت در سن ۲۸ روز ۱۱۲
شکل ۵ – ۱۶ مدول الاستیسیته نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف با مقادیر ثابت کائولینیت و متاکائولن در سن ۲۸ روز ۱۱۳
شکل ۵ - ۱۷ مدول الاستیسیته نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف ، کائولینیت و متاکائولن در سن ۲۸ روز ۱۱۴
شکل ۵ – ۱۸ رابطه بین مدول الاستیسیته و مقاومت فشاری تمامی نمونه های با درصد های مختلف کائولینیت ، متاکائولن و الیاف پلی پروپیلن ۱۱۵
شکل ۵ – ۱۹ مقدار جذب آب نمونه های حاوی درصد های مختلف کائولینیت و متاکائولن و الیاف ثابت ۱۱۶
شکل ۵ – ۲۰ مقدار جذب آب نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف با مقادیر ثابت کائولینیت و متاکائولن ۱۱۷
شکل ۵ - ۲۱ مقدار جذب آب نمونه های حاوی درصد های مختلف الیاف ، کائولینیت و متاکائولن در سن ۲۸ روز ۱۱۸
شکل ۵ – ۲۲ نتایج حاصل از آزمایش انقباض تمامی نمونه های بتن پلاستیک ۱۲۰
شکل ۵ – ۲۳ تصویر میکروسکپ الکترونی ماتریس سیمان حاوی میکروسیلیس ، متاکائولن وکائولینیت ۱۲۱
شکل ۵ – ۲۴ تصویر میکروسکپ الکترونی ماتریس سیمان حاوی میکروسیلیس ، متاکائولن وکائولینیت ۱۲۲
شکل ۵ – ۲۵ تصویر میکروسکپ الکترونی ذرات کائولینیت ۱۲۲

شکل ۵ – ۲۶ ، الف) ، ب) ، ج) تصویر میکروسکپ الکترونی از نحوه پیوند الیاف پروپیلن و ماتریس سیمان در بتن پلاستیک ۱۲۴
شکل ۵ – ۲۷ نحوه فولوکوله شدن الیاف پلی پروپیلن در بخشی از بتن ۱۲۵
شکل ۵ – ۲۸ نحوه فولوکوله شدن الیاف پلی پروپیلن در در بخشی از بتن ۱۲۵
شکل ۵ – ۲۹ الیاف پروپیلن در ناحیه شکست ۱۲۶
شکل ۵ – ۳۰ سرعت امواج اولتراسونیک در بتن پلاستیک حاوی کائولینیت ، پزولان و الیاف پروپیلن ۱۲۷
شکل ۵ – ۳۱ رابطه بین مقدار کائولینیت و متاکائولن مصرفی و سرعت امواج اولتراسونیک ۱۲۸
شکل ۵ – ۳۲ رابطه بین مقدار الیاف مصرفی و سرعت امواج اولتراسونیک ۱۲۸

چکیده

بررسی خواص مکانیکی بتن پلاستیک حاوی کائولینیت با استفاده از متاکائولن و الیاف پلی پروپیلن

شهرام لطف احمدی

خاک طبیعی موجود در محل پروژه ها، همواره برای استفاده مناسب نمی باشد و ممکن است در اثر اعمال بار نشست های قابل توجهی در خاک نا مرغوب بوجود آید. تقویت خاکهای ضعیف و نامناسب جهت بکارگیری در شیروانیها، پی ها، بستر جاده ها، سدها و ... برای ایجاد پیکربندی خاکی با ویژگیهای دلخواه، امری ضروری است. پدیده استفاده از الیاف، جهت ارتقای خصوصیات رفتاری مواد گوناگون، یک ایده قدیمی می باشد و امکان ساخت و استفاده از بتن های شکل پذیر در اعضای سازه ای همواره مورد توجه محققین بوده است. از طرفی استفاده از بتن پلاستیک به عنوان ماده پرکننده و شکل پذیر در صنعت ساخت امری رایج است. این بتن از آن جهت پلاستیک نامگذاری شده است که دارای قابلیت تغییر شکل زیاد و پلاستیسیته بالایی است. از الزامات اصلی بتن های پلاستیک مدول ارتجاعی پایین، تغییر شکل زیاد و نفوذپذیری کم می باشد. همچنین لازم است بتن پلاستیک دارای مقاومت کافی جهت تحمل بارهای وارده باشد. مشکل اصلی در استفاده از بتن پلاستیک مقاومت فشاری پایین آن می باشد. از اهداف اصلی در این رساله ، بررسی عملکرد کائولینیت و متاکائولن به عنوان جایگزین بنتونیت و تاثیر الیاف پلی پروپیلن در بتن پلاستیک و استفاده از آن در اعضای سازه ای بوده است. اما با توجه به اینکه مقاومت فشاری بتن های پلاستیک عمدتا پایین می باشد سعی شده تا با کاهش نسبت آب به مواد سیمانی به مقاومت های المان های سازه ای رسید. از طرفی بررسی منابع فنی نشانگر این است که کاربرد دوده سیلیسی و متاکائولن در بتنهای معمولی تاثیر عمده ای در افزایش مقاومت فشاری بتن دارد. با توجه به اینکه این نوع بتن می تواند تغییر شکل های بیشتری نسبت به بتن معمولی تحمل کند استفاده از این نوع بتن در سازه می تواند باعث کاهش خسارت در هنگام زلزله گردد. در این رساله سعی بر این شده تا تاثیر مقادیر ۳۰,۵ ، ۳۵,۱ ، ۳۸,۱۲ و ۴۱,۱۷ کیلوگرم بر متر مکعب کائولینیت و متاکائولن و درصدهای حجمی ۰,۱ ، ۰,۱۵ ، ۰,۲ و ۰,۲۵ الیاف پلی پروپیلن بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی بتن پلاستیک مورد بررسی قرار گیرد.

بررسی نتایج آزمایشات نشان می دهند که ۳۸,۱۲ کیلوگرم بر متر مکعب متاکائولن و کائولینیت (مخلوط ۵۰:۵۰ کائولینیت و متاکائولن) مقدار بهینه بوده و مقاومت فشاری ، کششی وخمشی را بهبود می بخشد ، باعث افزایش مدول الاستیسیته و کاهش شکل پذیری می گردد. جایگزینی میکروسیلیس با سیمان منجر به کاهش درصد جذب آب شده است . نتایج نشان دهند اثر کاهنده افزودن کائولینیت و متاکائولن و میکروسیلس بر روند جذب آب است همچنین نشان دهنده وجود رابطه مستقیم پدیده انقباض بتن با مقدار پوزولان مصرفی می باشد. با اضافه نمودن الیاف پلی پروپیلن به بتن پلاستیک مقاومت کششی بهبود یافته و باعث افت مقاومت فشاری خواهد شد. همچنین به کار بردن درصد های بیشتر از ۰,۲ درصد الیاف باعث افت مقاومت خمشی خواهد شد. حضور ۰,۱ درصد الیاف پلی پروپیلن در بتن پلاستیک حاوی کائولینیت باعث افزایش مدول الاستیسیته گردید است و با افزودن درصد های بیشتر الیاف به نمونه ها مدول الاستیسیته ها کاهش یافته است. در تمام طرح های اختلاط ساخته شده نتایج آزمایشات بتن سخت شده شامل مقاومت فشاری ، کششی ، خمشی ، مدول الاستیسیته ، جذب آب و انقباض مورد بررسی قرار گرفته اند. بعلاوه ، تصویر برداری SEM بر روی بعضی از نمونه ها انتخابی انجام شده است.

کلید واژه ها : بتن پلاستیک ، کائولینیت ، متاکائولن ، الیاف پلی پروپیلن ، خصوصیات فیزیکی و مکانیکی

Abstract

Mechanical properties of plastic concrete containing Kaolinite, Metakayolin and Polypropylene fibers

Shahram Lotfahmadi

Natural soil in project's site are not always suitable for use and may occur considerable subsidence by putting load on poor soil, Strengthening the weak and poor soils to use as gable, foundations , road beds ,dams , … For createing a custom configuration properties of soil is a necessity. The phenomenon of fiber usage in promoting behavioral characteristics of various materials is an old idea and the possibility of making and using deformable concrete in structural members is always considered by researchers. On the other hand the use of plastic concrete as a filler and deformable material is common in the manufacturing industry. The reason it is named plastic concrete is because of it's high plasticity and excessive deformation. Low modulus of elasticity, excessive deformation and low permeability is the main requirements of the plastic concrete and it is also necessary that plastic concrete have sufficient strength to withstand the loads. The main objectives of this study is to investigate the performance of kaolinite and metakaolin as an alternative replacement of bentonite and the influence of polypropylene fibers in plastic concrete and using it as a structural member. But according to the the low compressive strength of plastic concrete we have tried to reduce the ratio of water to cementitious materials to reach the minimum strength needed for structural members. Moreover an investigation in technical resources indicates that the use of silica fume and metakaolin in ordinary concrete has a major impact in increasing the compressive strength of concrete. Since the plastic concrete can withstand more deformation than ordinary concrete using this type of concrete in structures can reduce the damage during the earthquake. In the present study the influence of 30.5, 35.1, 38.12 and 41.17 kg/m^3 of kaolinite and metakaolin and different Volume percentages of 0.1, 0.15, 0.2 and 0.25 for polypropylene fibers has been investigated

Results of experiments show that 38.12 kg/m^3 metakaolin and kaolinite (50:50 mixture of metakaolin and kaolinite) is the optimal value and it improves the compressive, tensile and flexural strength,increases the moduls of elasticity and decreases the plasticity. Replacing silica fume with cement has led to water absorption reduction and adding kaolinite, metakaolin and silica fume will continue the water absorption. Results showed an inverse relationship between the amount of shrinkage phenomenon and the consumption of pozzolans. Addition of polypropylene fibers improved the tensile strength and dropped the compressive strength of plastic concrete. Employing more than 0.2 percent of fibers decreases the flexural strength. Presence of 0.1% polypropylene fibers in plastics concrete, containing kaolinite increases the modulus of elasticity and adding more percentage of fibers will decrease the elastic modulus. Results of testing hardened concrete including compressive strength, tensile strength, modulus of elasticity, water absorption and shrinkage has been studied in all mixing designs.Moreover SEM has been done on some selected samples.

Key words: Plastic concrete, kaolinite, metakaolin, polypropylene fibers, mechanical properties

فصل اول

مقدمه