٩٤٩٤٦

دانشگاه بین المللی امام خمینی

IMAM KHOMEINI
INTERNATIONAL UNIVERSITY

وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری

دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

دانشکده فنی و مهندسی

مطالعه تاثیر واکنش قلیایی- سیلیسی و سیکل تغییرات دما برمقاومت بتن خود متراکم، بدست آمده از روش انتقال اصطکاک

مرکز اطلاعات و مدارک علمی

۱۳۸۶/۱۱/۲۱

اسماعیل یحیی زاده مقدم

استاد راهنما: جناب آقای دکتر محمود نادری

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران- سازه

۹۳۹۳۶

بسمه تعالی

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

صورت جلسه دفاع از پایان‌نامه

جلسه دفاع از پایان‌نامه آقای اسماعیل یحیی زاده مقدم دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه در روز ۷ /۷/ ۱۳۸٦ در محل آمفی تئاتر دانشکده علوم دانشگاه امام خمینی(ره) برگزار گردید و این پایان‌نامه مورد تایید نهایی هیئت داوران قرار گرفت.

۱- استاد راهنما : **آقای دکتر محمود نادری**

عضو هیئت علمی دانشگاه امام خمینی (ره)

۲- داور خارجی : **آقای دکتر حسن صادقی**

عضو هیئت علمی دانشگاه امام حسین (ع)

۳- داور داخلی : **خانم دکتر فرزانه حامدی**

عضو هیئت علمی دانشگاه امام خمینی (ره)

۱۳۸۶ /۱۱/ ۲

٤- نماینده تحصیلات تکمیلی : **آقای مهندس محمد حسین پروین نیا**

عضو هیئت علمی دانشگاه امام خمینی (ره)

چکیده

زمان، هزینه و کیفیت سه عامل مهم در اجراء می باشند که تاثیر مهمی در صنعت ساخت دارند. هرگونه پیشرفت یا توسعه ای که باعث بهبود این سه عامل گردد، همواره مورد علاقه مهندسان عمران خواهد بود. با توسعه روزافزون سازه های بتنی و با تاکید بر مقاومت و دوام از یک طرف و عدم وجود کارگران ماهر از طرف دیگر و گسترش صنعت پیش ساخته بتنی در دنیا موجب گردید بتنی طراحی گردد که برای تراکم و تحکیم خود نیازی به ویبره کردن در هنگام بتن ریزی نداشته باشد. مزایای فراوان این بتن یعنی بتن خود متراکم باعث گردید که در کشورهای صنعتی مانند ژاپن، آمریکا و . . . به سرعت گسترش یابد. بتن خود متراکم بتنی است که تحت اثر نیروی وزن خود، جریان می یابد. مخلوط های بتن خود متراکم حاوی فوق روان کننده برای تولید مخلوط بتن با قابلیت جاری شدن می باشد. در حالی که مواد پودری برای تامین پایداری و کاهش جداشدگی و آب انداختن نیاز است. همچنین مقدار سنگدانه درشت در بتن خود متراکم نسبت به بتن معمولی کمتر است تا خطر مسدود شدن بتن از میان آرماتور کاهش یابد. این بتن با عمر تقریبی ۲۰ ساله خود زمینه ساز حل بسیاری از مشکلات سازه های بتنی خصوصاً در مقاطع با تراکم بالای میلگرد و نقاطی که لرزاندن بتن امکان پذیر نیست، گردیده از خصوصیات این بتن می توان به کارایی بالا، مقاومت زیاد در مقابل جداشدگی، عدم نیاز به ویبره بتن، کاهش هزینه و نیروی انسانی و از همه مهم تر تسریع در عملیات ساخت اشاره کرد.

۱۳۸۶/۱۱/۲

با توجه به جدید بودن تکنیک های آزمایش و تولید بتن خود متراکم، در این پایان نامه سعی بر شناخت بیشتر آزمایشات و خصوصیات این نوع بتن پرداخته ایم. در این تحقیق به بررسی مقاومت بتن در مقابل اثر واکنش قلیایی سیلیسی و تغییرات دمایی با توجه به استاندارد های موجود روی بتن خود متراکم و مقایسه آن با بتن معمولی گردیده است.

بررسی نتایج مقاومت نمونه های بتن خود متراکم عمل آوری شده در اثر واکنش قلیایی سیلیسی نشانگر کاهش مقاومت به میزان تقریبی ۲۱ درصد بوده و این در حالی است که نمونه معمولی حدوداً ۳۳ درصد کاهش مقاومت داشته، در ضمن نمونه های عمل آوری شده از بتن خود متراکم در ۱۰۰ سیکل یخ و ذوب یخ کاهش مقاومتی به اندازه ۱۱ درصد داشته و در نمونه معمولی این میزان به حدود ۶۰ درصد می رسد که نشان دهنده مقاومت بالای این بتن است. ضمناً روش اندازه گیری مقاومت نمونه ها در این پایان نامه روش انتقال اصطکاک می باشد.

کلمات کلیدی: بتن خود متراکم – مقاومت – اصطکاک - واکنش قلیایی سیلیسی - تغییرات دما.

با سپاس و ستایش از خداوند متعال و سپاسگذاری از استاد عزیز، جناب آقای دکتر محمود نادری به خاطر زحماتی که در طی این دو سال متحمل شده اند و همواره با راهنمایی های ارزنده خود مرا یاری داده اند.

از سرکار خانم دکتر حامدی که وقت با ارزش و گرانقدر خود را در این مدت صرف من نموده اند، تشکر می کنم.

از مادرم که همیشه همراه، همدل و دلسوزم بوده و در همه حال جای خالی پدرم را نیز پر نموده، سپاسگذاری می نمایم و بوسه بر دستان پر مهرش می زنم.

از کلیه دوستانم و مسئولین آزمایشگاه که بنده را در این مدت یاری دادند کمال تشکر را دارم.

از همسرم که با دلگرمی و صبوری هایش مشوق من بوده سپاسگذارم.

امید است که بتوانم جبران زحمات همه این عزیزان را به نحو شایسته انجام دهم.

آمین یا رب العالمین

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول/مقدمه و تاریخچه	۱
۱-۱ مقدمه	۲
۱-۱-۱ معرفی	۲
۱-۱-۲ روش تحقیق	۴
۱-۲ تاریخچه	۶
۱-۲-۱ آنالیز ۱۱ ساله نمونه های بتن خود متراکم	۹
۱-۲-۱-۱ ویژگی های جدید	۱۱
۱-۲-۱-۲ مقاومت فشاری	۱۲
۱-۲-۱-۳ ترکیب و اجزاء تشکیل دهنده	۱۳
۱-۲-۱-۴ نسبت اختلاط	۱۳
۱-۲-۱-۵ مقادیر مصالح	۱۵
۱-۲-۱-۶ خصوصیات مخلوط	۱۶
۱-۲-۲ نمونه های اجرایی بتن خود متراکم	۱۷
فصل دوم/تعاریف و مروری بر تحقیقات انجام شده	۲۳
۲-۱ تعاریف	۲۴

۲-۱-۱ مواد مضاف معدنی ۲۴

۲-۱-۲ افزودنی های شیمیایی ۲۴

۲-۱-۳ چسب ۲۴

۲-۱-۴ قابلیت پرکنندگی ۲۵

۲-۱-۵ ملات ۲۵

۲-۱-۶ خمیر سیمان ۲۵

۲-۱-۷ قابلیت عبور ۲۵

۲-۱-۸ پودر ۲۶

۲-۱-۹ بتن خود متراکم ۲۶

۲-۱-۱۰ مقاومت در برابر جداشدگی ۲۶

۲-۱-۱۱ کارایی ۲۶

۲-۱-۱۲ افزودنی های شیمیایی ۲۷

۲-۱-۱۳ مواد مضاف معدنی ۲۷

۲-۱-۱۳-۱ انواع مواد مضاف معدنی ۲۷

۲-۱-۱۴ پودر سرباره آهن گدازی ۲۸

۲-۱-۱۵ پودر پر کننده شیشه ای ۲۸

۲-۱-۱۶ رنگ دانه ۲۸

۲-۱-۱۷ الیاف ۲۸

۲-۲ آزمایش های بتن خود متراکم تازه ۳۰

۲-۲-۱ آزمایش جریان اسلامپ و زمان جریان اسلامپ تا ۵۰ سانتی متر ۳۳

۲-۲-۱-۱ مراحل انجام آزمایش ۳۴

۲-۲-۱-۲ تفسیر نتایج ۳۵

۲-۲-۲ آزمایش حلقه J شکل ۳۶

۲-۲-۳ آزمایش قیف V شکل و افزایش زمان قیف V شکل در ۵ دقیقه ۳۸

۲-۲-۳-۱ مراحل انجام آزمایش ۴۰

۲-۲-۳-۲ تفسیر نتایج آزمایش ۴۱

۲-۲-۴ آزمایش قالب L شکل ۴۱

۲-۲-۴-۱ مراحل انجام آزمایش ۴۲

۲-۲-۴-۲ تفسیر نتایج ۴۲

۲-۲-۵ آزمایش قالب U شکل ۴۵

۲-۲-۵-۱ مراحل آزمایش ۴۷

۲-۲-۶ آزمایش جعبه پر کردن ۴۸

۲-۲-۷ آزمایش پایداری الک ۵۰

۲-۲-۸ روش اریمت ۵۰

۲-۲-۸-۱ تفسیر نتایج ۵۲
۲-۲-۹ روش ستون نشست ۵۲
۲-۳ آزمایشات انجام شده ۵۴
۲-۳-۱ آزمایش تعیین مقاومت بتن در مقابل سیکل یخ و ذوب یخ ۵۴
۲-۳-۲ آزمایش واکنش سیلیسی قلیایی ۵۴
۲-۴ رئولوژی بتن خود متراکم ۵۵
۲-۴-۱ کارایی بتن خود متراکم ۵۶
۲-۴-۲ قابلیت پر کنندگی ۵۷
۲-۴-۳ مقاومت در مقابل جدا شدگی ۵۸
۲-۴-۴ توانایی عبور ۵۸
فصل سوم/انواع روش های تعیین مقاومت بتن در جا ۶۰
۳ انواع روش های تعیین مقاومت بتن در جا ۶۱
۳-۱ آزمایش های غیر مخرب ۶۱
۳-۱-۱ آزمایش سرعت امواج مافوق صوت ۶۱
۳-۱-۱-۱ دامنه و کاربرد ۶۲
۳-۱-۱-۲ دامنه و کاربرد ۶۴
۳-۱-۲ چکش اشمیت ۶۴
۳-۱-۲-۱ دامنه و کاربرد ۶۷

۳-۱-۳ روش امواج را دار نفوذی در زمین ۶۷

۳-۱-۴ روش برش نگاری بتن مسلح ۷۱

۳-۱-۴-۱ دامنه و کاربرد ۷۲

۳-۲ آزمایش های نیمه مخرب ۷۲

۳-۲-۱ آزمایش مقاومت در مقابل نفوذ ۷۲

۳-۲-۲ آزمایش بیرون کشیدن ۷۳

۳-۲-۲-۱ موارد مهم در بیرون کشیدن ۷۵

۳-۲-۳ روش پیچش ۷۶

۳-۲-۳-۱ دامنه و کاربرد ۷۸

۳-۲-۴ روش انتقال اصطکاک ۷۹

۳-۲-۴-۱ دامنه و کاربرد ۸۲

فصل چهارم/مصالح مورد نیاز و آزمایش ها ۸۴

۴-۱ بررسی اولیه ۸۵

۴-۲ مصالح مورد نیاز جهت انجام آزمایش ها ۸۶

۴-۲-۱ مصالح سنگدانه ۸۶

۴-۲-۱-۱ شن ۸۷

۴-۲-۱-۲ ماسه ۹۲

۴-۲-۲ سیمان ۹۴

۴-۲-۳ خاکستر بادی ۹۴
۴-۲-۳-۱ تاثیر خاکستر بادی در خواص بتن تازه ۹۵
۴-۲-۴ فوق روان کننده ۹۷
۴-۳ مصالح مصرفی ۹۸
۴-۴ طرح و نحوه اختلاط ۹۹
۴-۵ نکات مهم هنگام آزمایش بتن تازه ۱۰۱
۴-۶ آزمایش ها مطابق استاندارد ASTM ۱۰۲
۴-۶-۱ آزمایش واکنش سیلیسی قلیایی ۱۰۲
۴-۷ نمونه ها بتنی ۱۰۸
۴-۷-۱ عمل آوری نمونه ها ۱۰۹
۴-۸ محاسبه نتایج ۱۱۱
۴-۹ آزمایش مقاومت بتن در انجماد سریع و ذوب ۱۱۱
۴-۹-۱ روش های انجام آزمایش ۱۱۲
۴-۹-۲ تجهیزات ۱۱۲
۴-۱۰ نمونه های بتنی ۱۱۴
فصل پنجم/نتایج و بررسی آزمایش ها ۱۱۹
۵-۱ نتایج مربوط به آزمایش های دانه بندی شن و ماسه ۱۲۰
۵-۱-۱ نمودار دانه بندی ماسه ۱۲۱

۵-۱-۲ نمودار دانه بندی شن ۱۲۲
۵-۲ نتایج مربوط به آزمایش های تعیین چگالی جذب آب، مدول نرمی و ارزش ماسه ۱۲۳
۵-۳ طرح اختلاط استفاده شده ۱۲۳
۵-۴ نتایج مربوط به آزمایش های بتن خود متراکم تازه ۱۲۴
۵-۴-۱ نتایج مربوط به نمونه SC25 ۱۲۵
۵-۴-۲ نتایج مربوط به نمونه SC35 ۱۲۶
۵-۴-۳ نتایج مربوط به نمونه SC45 ۱۲۷
۵-۵ آزمایش واکنش سیلیسی قلیایی تسریع شده و نتایج آن ۱۲۸
۵-۵-۱ منحنی های مربوط به نمونه SC25 ۱۲۸
۵-۵-۲ منحنی های مربوط به نمونه SC35 ۱۳۰
۵-۵-۳ منحنی های مربوط به نمونه SC45 ۱۳۲
۵-۵-۴ منحنی های مربوط به نمونه NC ۱۳۴
۵-۶ نتایج آزمایش سیلیسی قلیایی بر مقاومت پیچشی نمونه ها ۱۳۷
۵-۷ نتایج آزمایش تاثیر یخ و ذوب یخ بر مقاومت پیچشی نمونه ها ۱۳۸
فصل ششم/ارزیابی نتایج و پیشنهادها ۱۳۹
۶ ارزیابی نتایج ۱۴۰
۶-۱ آزمایش واکنش سیلیسی قلیایی تسریع شده ۱۴۰
۶-۲ آزمایش تاثیر تغییرات دمایی ۱۴۲

۶-۳ ارائه پیشنهادات برای ادامه کار ۱۴۴

منابع و مآخذ

Abstract

فهرست جدول ها

عنوان	صفحه
(جدول ۲-۱) فهرست روشهای آزمایش برای تعیین خواص بتن خود متراکم	۳۱
(جدول ۲-۲) معیار پذیرش بتن خود متراکم	۳۲
(جدول ۳-۱) طبقه بندی کیفیت بتن بر اساس سرعت امواج	۶۳
(جدول۴-۱) ترکیبات خاکستر بادی و سیمان تیپ دو (درصد جرمی)	۹۶
(جدول ۴-۱) طرح اختلاط ۴ نمونه منتخب	۹۹
(جدول۵-۱) دانه بندی شن	۱۲۰
(جدول۵-۲) دانه بندی ماسه	۱۲۰
(جدول۵-۳) طرح اختلاط چهار نمونه منتخب	۱۲۳
(جدول ۵-۴) نتایج آزمایشهای بتن تازه برروی نمونه‌ها	۱۲۴
(جدول۵-۵) مقاومت پیچشی نمونه‌ها برای شرایط عمل آوری مختلف	۱۳۷
(جدول۵-۶) مقاومت پیچشی نمونه‌ها برای شرایط عمل آوری مختلف	۱۳۸

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
(شکل ۱-۱) روانی اسلامپ برای نمونه های مورد مطالعه	۱۱
(شکل ۱-۲) مقاومت ۲۸ روزه برای نمونه های مورد مطالعه	۱۲
(شکل ۱-۳) پل معلق Akashi-Kaiko	۱۷
(شکل ۱-۴) دیواره های مخازن عظیم LNG	۱۸
(شکل ۱-۵) بازار بزرگ Midsummer Place	۱۹
(شکل ۱-۶) پروژه تونل غوطه ور در Kobe ژاپن	۲۰
(شکل ۱-۷) برج Landmark	۲۱
(شکل ۱-۸) هتل Crowne Plaza	۲۲
(شکل ۲-۱) آزمایش اسلامپ	۳۵
(شکل ۲-۲) دستگاه آزمایش اسلامپ	۳۶
(شکل ۲-۳) حلقه J شکل	۳۷
(شکل۲-۴) آزمایش حلقه J شکل	۳۸
(شکل۲-۵) قیف V شکل	۳۹
(شکل ۲-۶) قالب L شکل	۴۳

(شکل۲-۷) دستگاه L-Box ۴۴

(شکل۲-۸) قالب U شکل ۴۶

(شکل۲-۹) وسیله آزمایش جعبه پرکردن ۴۸

(شکل ۲-۱۰) دستگاه اریمت ۴۹

(شکل۲-۱۱) دستگاه آزمایش ستون نشست ۵۳

(شکل ۳-۱) روش های ارسال و دریافت امواج اولتراسونیک ۶۲

(شکل ۳-۲) چکش اشمیت ۶۵

(شکل ۳-۳) امواج را دار ۷۰

(شکل ۳-۴) را دار نفوذی ۷۱

(شکل ۳-۵) مقاومت در مقابل نفوذ ۷۳

(شکل۳-۶) آزمایش بیرون کشیدن ۷۴

(شکل ۳-۷) روش آزمایش پیچش ۷۷

(شکل ۳-۸) خرابی جزئی ۷۸

(شکل ۳-۹) تجهیرات روش انتقال اصطکاک ۸۰

(شکل ۳-۱۰) روش انجام آزمایش انتقال اصطکاک ۸۱

(شکل ۴-۱) سبد حاوی شن ۸۹

(شکل ۴-۲) فوق روان کننده ۹۷

(شکل ۴-۳) آماده سازی مصالح ۱۰۰

(شکل ۴-۴) آزمایش های بتن تازه ۱۰۱

(شکل ۴-۵) سنگدانه ها ۱۰۳

(شکل ۴-۶) هیدروکسید سدیم ۱۰۴

(شکل ۴-۷) قالب ها ۱۰۵

(شکل ۴-۸) الک ها ۱۰۶

(شکل ۴-۹) کمپراتور ۱۰۷

(شکل ۴-۱۰) اون ۱۰۸

(شکل ۴-۱۱) محلول سود یک نرمال ۱۰۹

(شکل ۴-۱۲) ظرف پلی اتیلن درب دار ۱۱۰

(شکل ۴-۱۳) فریزر ۱۱۳

(شکل ۴-۱۴) دماسنج ۱۱۴

(شکل ۴-۱۵) نمونه بتنی ۱۱۵

(شکل ۴-۱۶) آب آهک اشباع ۱۱۶

(شکل ۴-۱۷) عمل آوری نمونه ۱۱۷

فصل اول

مقدمه و تاریخچه

۱-۱ مقدمه

۱-۱-۱ معرفی

در سازه های بتنی برای رسیدن به مقاومت مورد نیاز و کاهش تخلخل و هوای درون بتن و حصول در پایایی بتن به روش های مختلف لرزانده می شود. با توسعه روزافزون کارهای بتنی و کمبود نسبی کارگران ماهر و یا سهل انگاری های آنان در کارگاه ها در هنگام ریختن بتن در قالب، بویژه مواضعی که تراکم میلگرد وجود دارد، عمل لرزاندن بطور کامل و صحیح انجام نگرفته و در نهایت مشخصات مکانیکی مطلوب بتن حاصل نمی گردد. لذا ساخت یک بتن بی نیاز از ویبره همیشه مورد تحقیق دانشمندان این رشته بوده است که بتوانند با افزودن ماده ای به بتن به این مهم دست یابند که ساخت بتن خود متراکم[1] (SCC) نتیجه این تحقیقات می باشد.

در نتیجه بتن خود متراکم بتنی است که تحت اثر وزن خود در قالب جریان یافته و قالب را کاملاً پر نماید. در واقع بتنی است که نیاز به ویبره کردن جهت قرار گرفتن در محل مورد نظر یا تراکم را ندارد حتی در حالتی که آرماتوربندی متراکم باشد.[۱]

بتن خود متراکم دارای خواصی مانند پایداری بیشتر در برابر جدا شدگی و آب انداختگی و دارای شکل پذیری بالاتر که در ساخت و ساز بسیار استفاده می شود. این ویژگی ها با وجود یک طرح اختلاط و بکار بردن مواد افزودنی پیشرفته و انتخاب دقیق تر سنگدانه ها صورت می گیرد. که این مواد افزودنی در ترکیب با مقداری بیشتری خمیر، با توجه به نداشتن هیچگونه اثر منفی بر افزایش ترک های حرارتی با استفاده از جایگزین کردن قسمتی از سیمان با پر کننده های گوناگون قابل استحصال است. [۲]

1. Self Compacting concrete