دانشکده مهندسی عمران

بررسی مقاومت پیچشی بتن خودتراکم

نگارش

مرتضی مهروند

استاد راهنما : دکتر موسی مظلوم

استاد مشاور : مهندس شهرام وثوق

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی سازه

آبان ماه۱۳۹۱

بسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب مرتضی مهروند متعهد می شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مأخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی می‌باشد.

مرتضی مهروند

امضاء

شماره: ۱۵/۱۳۹
تاریخ: ۹۲/۴/۱۲
پیوست:

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

صورتجلسهٔ دفاع پایان‌نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تاییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد جناب آقای مرتضی مهروندرشتهٔ مهندسی عمران- سازه تحت عنوان مقاومت پیچشی بتن خود تراکم در برابر پیچش در تیرهای مستطیل شکل ،که در تاریخ ۹۱/۸/۱۰ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی برگزار گردید و نتیجه به شرح زیر اعلام گردید.

☑ قبول (بادرجه .....عالی..... امتیاز .....۲۰.....) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود.

۱ ـعالی (۲۰ – ۱۹)

۲ ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ – ۱۸)

۳ ـ خوب (۱۷/۹۹ – ۱۶)

۴ ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ – ۱۴)

۵- غیرقابل قبول (کمتر از ۱۴)

اعضاء	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
استاد راهنما	دکتر موسی مظلوم	استادیار	
استاد مشاور	مهندس وثوق	مربی	
استاد داور داخلی	دکتر امیر طریقت	استادیار	
استاد داور خارجی	دکتر افشین مصلحی تبار	استادیار	
نماینده تحصیلات تکمیلی	مهندس یزدی زاده	مدرس	

دکتر موسی محمودی صاحبی
رئیس دانشکده مهندسی عمران

تهران، لویزان، کد پستی:۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸
صندوق پستی: ۱۶۳-۱۶۷۸۵
تلفن: ۹-۲۲۹۷۰۰۶۰ فکس: ۲۲۹۷۰۰۳۳
Email:sru@sru.ac.ir
www.srttu.edu

تقدیم به

همسر و فرزند نازنینم،

که با دلسوزی، صبر و تحمل،

مرا در این مهم پشتیبان بودند.

تقدیر و تشکر

من لم یشکر المخلوق، لم یشکرالخالق

خداوند را سپاسگذارم که توفیقات خویش را نصیب این بنده حقیر نمودند تا در پرتو آنها بتوانم این امر مهم را به پایان برسانم. موفقیت در اتمام و به نتیجه رساندن این تحقیق را، فضل الهی می‌دانم و در راستای ادب و احترام، بر خود واجب می‌دانم که از کلیه اساتید بزرگوار و گرانقدری که اینجانب را در این مسیر یاری رساندند، تقدیر و تشکر نمایم.

از جناب آقای دکتر مظلوم، استاد راهنمای اینجانب که همواره با صبر، شکیبایی و دلسوزی، برادرانه در تمام مراحل انجام این تحقیق، راهنما و پشتیبان من بودند سپاسگذارم. همچنین نهایت احترام و تشکر خویش را به جناب آقای مهندس وثوق، استاد مشاور خود تقدیم می‌نمایم. از خداوند منان، توفیقات روزافزون و سرافرازی این بزرگواران را خواستارم.

چکیده

در این پایان نامه علاوه بر بررسی مقاومت پیچشی بتن خودتراکم، مقاومت فشاری و رابطه بین آنها نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. در دو بخش مجزا به بررسی سرعت امواج فراصوتی و رابطه آن با مقاومت فشاری بتن خودتراکم در نمونه‌های مکعبی ۱۰*۱۰ سانتی‌متر و همچنین تاثیر GFRP در مقاومسازی پیچشی تیرهای بتنی پرداخته خواهد شد. این تحقیق بر روی دو نوع بتن با نسبتهای آب به سیمان ۰/۳۵ و ۰/۴۵ متمرکز شده و مقدار مواد سیمانی در تمام بتنهای ساخته شده با این نسبتها، به ترتیب ۵۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب بوده است. در این میان برای مخلوطهای بتنی چهار ترکیب مختلف حاوی فوق روان کننده بر پایه کربوکسیلیک – اتر به میزان ۰/۴٪ و ۰/۸٪ و ۱/۲٪ و ۱/۶٪ وزن مصالح سیمانی در نظر گرفته شد و در دوحالت، با و بدون میکروسیلیس ساخته شدند. مقدار میکروسیلیس جایگزین سیمان به میزان ۱۰ درصد وزن مصالح سیمانی می‌باشد. با توجه به تفاوت‌های بتن معمولی و بتن خودتراکم باید بررسی گردد که آیا مقاومت پیچشی بتن خود تراکم مانند بتن معمولی است یا خیر و آیا روابط آیین‌نامه‌ای ارائه شده برای محاسبه مقاومت پیچشی بتن معمولی در مورد بتن خودتراکم نیز صادق است یا خیر. در این تحقیق خصوصیات و ظرفیت پیچشی بتن خودتراکم و بتن معمولی در تیری با مقطع مستطیل با ابعاد ۱۰*۱۰ و طول ۴۰ سانتی‌متر از طریق آزمایش بدست آمده و با روابط آیین‌نامه در این زمینه که ظرفیت پیچشی تیرهای بتنی را تخمین می‌زنند مقایسه می‌گردد.

کلمات کلیدی: بتن، بتن خودتراکم، مقاومت فشاری، مقاومت پیچشی، فوق روان کننده، میکروسیلیس.

فهرست مطالب

فصل اول:مقدمه ۱

۱-۱-انگیزه انجام تحقیق ۲

۱-۲- اهداف، قلمرو مکانی و زمانی، محدوده تحقیق ۴

۱-۳- روش تحقیق و برنامه آزمایشگاهی ۷

۱-۴- تقسیم بندی پایان نامه و تعریف فصول ۷

فصل دوم:معرفی بتن خودتراکم ۱۰

۲-۱-مقدمه ۱۱

۲-۲-تاریخچه بتن خودتراکم ۱۲

۲-۳- تعریف بتن خودتراکم ۱۳

۲-۴- مزایای بتن خودتراکم ۱۵

۲-۵- مشخصات بتن خودتراکم ۱۷

۲-۶- بررسی اقتصادی بتن خودتراکم ۱۸

۲-۷- ویژگیهای بتن خودتراکم ۱۸

۲-۷-۱- قابلیت جریان و عبور ۱۸

۲-۷-۲- قابلیت پرکنندگی ۱۹

۲-۷-۳- قابلیت پایداری ۱۹

فهرست مطالب

۲-۸- رئولوژی بتن خودتراکم ۲۰

۲-۹- نمونه هایی از کاربرد بتن خودتراکم در پروژه های مهم ۲۱

۲-۱۰- تفاوتهای بتن خودتراکم و بتنهای روان ۲۸

۲-۱۱- آزمایشهای بتن خودتراکم و نحوه تفسیر نتایج آنها ۲۸

۲-۱۱-۱- آزمایش جریان اسلامپ ۲۸

۲-۱۱-۲-آزمایش حلقه J ۳۱

۲-۱۱-۳- آزمایش قیف Vشکل ۳۳

۲-۱۱-۴- آزمایش جعبه Lشکل ۳۶

۲-۱۱-۵- آزمایش جعبه Uشکل ۳۸

۲-۱۱-۶- آزمایش اوریمت ۴۰

۲-۱۱-۷- آزمایش G.T.M ۴۲

۲-۱۲- طرح اختلاط بتن خودتراکم ۴۳

۲-۱۲-۱- روشهای طرح مخلوط بتن خودتراکم ۴۴

فصل سوم :پیشینه تحقیقات در زمینه بتن خودتراکم، مقاومت فشاری و پیچشی ۴۶

۳-۱- مقدمه ۴۷

۳-۲- اثر سنگدانه‌ها در بتن ۴۹

۳-۲-۱-اثر شکل و بافت سطحی سنگدانه‌ها در بتن خودتراکم ۴۹

فهرست مطالب

۳-۲-۲-اثر تخلخل و جذب آب سنگدانه‌ها در بتن خودتراکم ۵۰

۳-۳- پوزولانها ۵۰

۳-۴- میکروسیلیس ۵۱

۳- ۴-۱- نحوه تولید میکروسیلیس ۵۱

۳-۴-۲- خواص فیزیکی میکروسیلیس ۵۱

۳-۴-۳- اثر میکروسیلیس در بتن ۵۲

۳-۵- فوق روان‌کننده ۵۳

۳-۵-۱- مکانیزم عملکرد فوق روان‌کننده ۵۳

۳-۵-۲- کاربرد فوق روان‌کننده‌ها ۵۳

۳-۵-۳- نحوه اختلاط فوق روان‌کننده‌ها با بتن ۵۴

۳-۶- خصوصیات خمیر ۵۴

۳-۷- مقاومت فشاری ۵۵

۳-۸- مقاومت پیچشی ۵۷

۳-۸-۱- تنشپیچشی در مقاطع همگن ۵۹

۳-۸-۲- سختی پیچشی مقاطع همگن ۶۱

۳-۸-۳- ثابت پیچشی ۶۱

۳-۸-۴- پیچش اعضای بتنی غیر مسلح ۶۲

۳-۸-۵- حالت حدی نهایی مقاومت در پیچش ۶۵

۳-۹- اهمیت ناحیه انتقال ۶۶

فهرست مطالب

۳-۱۰- مقایسه ناحیه انتقال در بتن خودتراکم و بتن معمولی ۶۷

۳ -۱۱- تأثیر تراکم بر خواص مکانیکی بتن خودتراکم ۷۲

۳-۱۲- پیشینه پژوهش بر روی بتن خودتراکم ۷۳

۳-۱۴- پژوهشهایی در مورد تأثیر میکروسیلیس بر بتن خودتراکم ۷۹

فصل چهارم :طرح اختلاط بتن خودتراکم و تاثیر دانه‌بندی در آن..... ۸۱

۴-۱- مقدمه ۸۲

۴-۲-مصالح ۸۳

۴-۲-۱- سنگدانه‌ها ۸۳

۴-۲-۱-۱- دانه بندی ۸۴

۴-۲-۱-۲- شن ۸۵

۴-۲-۱-۳- ماسه ۸۶

۴-۲-۱-۴- پودر سنگ ۸۸

۴-۲-۲- سیمان ۸۹

۴-۲-۳- میکروسیلیس (دوده سیلیسی) ۹۰

۴-۲-۴- آب ۹۱

۴-۲-۵- فوق روان‌کننده‌ها ۹۱

۴-۲-۵-۱- نحوه اختلاط ۹۲

۴-۳- طرح اختلاطهای بتن خودتراکم ۹۳

۴-۴- نحوه اختلاط مصالح در این تحقیق ۹۵

۴-۵- ساخت نمونه‌ها ۹۵

۴-۶- شرایط نگهدری و عمل آوری نمونه‌ها ۹۷

فهرست مطالب

فصل پنجم :آزمایشجریان اسلامپ بر روی بتن خودتراکم تازه و تفسیر نتایج آن..... ۹۹

۵ -۱- مقدمه ۱۰۰

۵-۲- آزمایشهای انجام شده بر روی بتن تازه ۱۰۰

۵-۲-۱- آزمایش جریان اسلامپ ۱۰۱

۵-۲-۱-۱- نتایج آزمایش جریان اسلامپ بتن ۰/۳۵ ..... ۱۰۱

۵-۲-۱-۱- نتایج آزمایش جریان اسلامپ بتن ۰/۴۵ ..... ۱۰۱

فصل ششم آزمایشهای مقاومت فشاری و نتایج آنها..... ۱۰۷

۶-۱- مقدمه ۱۰۸

۶-۲- نحوه انجام آزمایشهای مقاومت فشاری و نتایج آنها ۱۰۹

۶-۲-۱- بررسی نتایج آزمایش در نمونه‌های مکعبی ۱۰*۱۰ ..... ۱۱۰

۶-۲-۲- بررسی نتایج آزمایش در نمونه‌های استوانه‌ای استاندارد ۱۱۶

فصل هفتم:نحوه انجام آزمایش و نتایج آزمایشهای مقاومت پیچشی بتن خودتراکم ۱۲۲

۷-۱- مقدمه ۱۲۳

۷-۲- نحوه انجام آزمایش مقاومت پیچشی به روش اول ۱۲۵

۷-۳- نحوه انجام آزمایش مقاومت پیچشی به روش دوم ۱۲۸

۷-۴- مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه‌های استوانه‌ای استاندارد ۱۴۱

فصل هشتم :نتایج آزمایش سرعت امواج فراصوت در بتن خودتراکم..... ۱۴۳

۸-۱- مقدمه ۱۴۴

۸-۲- آزمایش اندازه‌گیری سرعت امواج فراصوتی ۱۴۵

۸-۳- بررسی و نتایج تحلیل ۱۴۶

فهرست مطالب

۸-۳-۱-مقاومت فشاری ۱۴۶

۸-۳-۲- آزمایش اندازه‌گیری سرعت امواج فراصوتی در نمونه‌های استوانه‌ای و تیرهای بتنی ساخته شده از بتن خودتراکم ۱۴۸

۸-۳-۳- آزمایش اندازه‌گیری سرعت امواج فراصوتی در نمونه‌های مکعبی ۱۵۰

۸-۳-۴- بررسی تاثیر امواج فراصوتی بر روی مقاومت پیچشی بتن خودتراکم در نمونه‌های تیر با ابعاد ۴۰*۱۰*۱۰ سانتی متر ۱۵۵

فصل نهم : تاثیر الیاف GFRP بر روی مقاومت پیچشی بتن خودتراکم ۱۵۸

۹-۱- مقدمه ۱۵۹

۹-۲- معرفی سیستمهای FRP ۱۶۰

۹-۲-۱- مزایای سیستمهای FRP ۱۶۰

۹-۲-۲- معایب سیستمهای FRP ۱۶۰

۹-۳- مشخصات مکانیکی انواع فیبرهای FRP ۱۶۱

۹-۴- بررسی دقیق تر برخی فیبرهای FRP ۱۶۲

۹-۴-۱- فیبرهای شیشه GFRP ۱۶۲

۹-۴-۱-۱-انواع فیبرهای شیشه و مشخصات آنها ۱۶۳

۹-۴-۲- فیبرهای کربن CFRP ۱۶۴

۹-۵- روشهای ساخت و نصب مصالح FRP ۱۶۵

۹-۵-۱- الیاف ۱۶۵

۹-۵-۲- رزین ۱۶۶

۹-۶- انواع روشهای ساخت FRP ۱۶۷

فهرست مطالب

۹-۶-۱- اشباع فیبر ۱۶۷

۹-۶-۲- سیستم کیسه خلا ۱۶۷

۹-۷- انواع روشهای نصب FRP ۱۶۹

۹-۷-۱- روش نصب تر ۱۶۹

۹-۷-۲- روش نصب ماشینی ۱۶۹

۹-۷-۳- روش پیش عمل‌آوری شده ۱۷۰

۹-۸- نکات مهم در نصب ۱۷۰

۹-۹- مشخصات GFRP مورد استفاده در این تحقیق ۱۷۱

۹-۱۰- روش نصب الیاف GFRP مورد استفاده در این تحقیق ۱۷۴

۹-۱۱- نتایج ۱۸۲

فصل دهم : نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات ۱۸۴

۱۰-۱- مقدمه ۱۸۵

۱۰-۲- نتیجه گیری ۱۸۶

۱۰-۳- پیشنهادات ۱۸۷

منابع و مراجع ۱۸۸

فهرست جداول

فصل اول ..... مقدمه

جدول ۱-۱ : طرح اختلاطهای مورد بررسی بتن خودتراکم ۵

فصل دوم ..... معرفی بتن خودتراکم

جدول ۲-۱ :نتایج جریان اسلامپ بتن تازه طبق طبقه بندی موسسه EFNARC ۲۹

جدول ۲-۲ :رده بندی لزجت بتن خودتراکم ۳۵

فصل سوم .....پیشینه تحقیقات در زمینه بتن خودتراکم ، مقاومت فشاری و پیچشی

جدول ۳-۱ : مقادیر α در رابطه تنش برشی پیچشی حداکثر در مقطع مستطیل ۶۰

جدول ۳-۲ : مقادیر β در رابطه ثابت پیچشی مقطع مستطیلی ۶۱

جدول ۳-۳ : طرح اختلاط و کارایی بتن خودتراکم و بتن معمولی در طرح آقای لیمان ۶۹

جدول ۳-۴ : خصوصیات بتنها (SCCوCVC ۷۱

فصل چهارم ..... مواد، مصالح و طرح اختلاط بتن خودتراکم

جدول ۴-۱: دانه بندی شن مصرفی و مقایسه آن با مبحث ۹ مقررات ملی ایران ۸۵

جدول ۴-۲: دانه بندی ماسه مصرفی و مقایسه آن با مبحث ۹ مقررات ملی ایران ۸۷

جدول ۴-۳: مشخصات فیزیکی سنگدانه‌ها ۸۸

جدول ۴-۴: خصوصیات فیزیکی سیمان مصرفی ۸۹

فهرست جداول

جدول ۴-۵: خصوصیات شیمیایی سیمان مصرفی ۹۰

جدول ۴-۶: ترکیبات شیمیایی میکروسیلیس مصرفی ۹۰

جدول ۴-۷: طرح اختلاط نهایی بتن خودتراکم ۹۴

جدول ۴-۸: طرح اختلاط بتنهای شاهد ۹۵

فصل پنجم .....آزمایش جریان اسلامپ بر روی بتن خودتراکم و تفسیر نتایج آن

جدول۵-۱: نتایج آزمایش جریان اسلامپ ۱۰۳

فصل ششم .....آزمایشهای مقاومت فشاری و نتایج آنها

جدول ۶-۱: نتایج آزمایش مقاومت فشاری بتنهای مختلف نمونه های مکعبی ۱۱۰

جدول ۶-۲: نتایج آزمایش مقاومت فشاری بتنهای مختلف نمونه های استوانه‌ای ۱۱۶

فصل هفتم .....نحوه انجام آزمایش و نتایج آزمایشهای مقاومت پیچشی بتن خودتراکم

جدول ۷-۱: نتایج آزمایش مقاومت پیچشی بتن خودتراکم حاوی مقادیر متفاوت

فوق روان‌کننده ۱۳۳

جدول۷-۲: ضرایب تبدیل مقاومت نمونه‌های مکعبی ۱۰ سانتیمتری به نمونه‌های

استوانه ای ۱۵X ۳۰ سانتیمتری ۱۴۱

جدول۷-۳:مقاومت فشاری نمونه‌های مکعبی ۱۰*۱۰*۱۰ سانتی متر و نمونه‌های استوانه‌ای

استاندارد ۳۰*۱۵ سانتی‌متر ۱۴۲

فهرست جداول

فصل هشتم ..... بررسی سرعت امواج فراصوتی در بتن خودتراکم

جدول ۸-۱: نتایج آزمایش مقاومت فشاری بتن خودتراکم ۱۴۶

جدول ۸-۲: نتایج آزمایش مقاومت فشاری بتن شاهد ۱۴۷

جدول ۸-۳:نتایج آزمایش امواج فراصوت بر روی نمونه‌های استوانه‌ای استاندارد و
تیرهای ۴۰*۱۰*۱۰ سانتی متر ۱۴۸

جدول ۸-۴:نتایج آزمایش امواج فراصوت بر روی نمونهای مکعبی ۱۰*۱۰*۱۰ سانتی متر ۱۵۰

فصل نهم .....تاثیر الیاف GFRP بر روی مقاومت پیچشی بتن خودتراکم

جدول ۹-۱:مشخصات انواع فیبر ۱۶۲

جدول ۹-۲:مشخصات انواع فیبر شیشه ۱۶۴

جدول ۹-۳:نتایج آزمایش مقاومت پیچشی در تیرهای ساخته شده بتن خودتراکم تقویت شده با الیاف GFRP ۱۸۲

فهرست اشکال

فصل دوم .....معرفی بتن خودتراکم

شکل ۲-۱: سیستم ساخت منطقی بتن خودتراکم ۱۴

شکل ۲-۲:نحوه رفتار رئولوژی بتن تازه بر اساس مدل بینگام ۲۱

شکل ۲-۳: پل معلق آکاشی – کایکو در ژاپن ۲۲

شکل ۲-۴: برج بلند لندمارک در ژاپن ۲۳

شکل ۲-۵: بازار بزرگ میدسامر در لندن- انگلستان ۲۴

شکل ۲-۶:طرح توسعه حرم حضرت معصومه (ع) در استان قم ۲۴

شکل ۲-۷:تونل رسالت در استان تهران ۲۵

شکل ۲-۸: برج میلاد در استان تهران ۲۶

شکل ۲-۹: تونل نیایش در حال ساخت ۲۷

شکل ۲-۱۰:دستگاه آزمایش اسلامپ ۲۸

شکل ۲-۱۱:آزمایش جریان اسلامپ ۳۱

شکل ۲-۱۲: ابعاد دستگاه آزمایش حلقه J ۳۲

شکل ۲-۱۳:مقایسه عبور بتن از حلقه J ۳۳

شکل ۲-۱۴:ابعاد دستگاه آزمایش قیف V شکل ۳۴

شکل ۲-۱۵:آب انداختگی بتن روی دستگاه قیف V شکل ۳۵

شکل ۲-۱۶:ابعاد دستگاه آزمایش جعبه L شکل ۳۶

شکل ۲-۱۷:رفتار بتن خودتراکم بعد از باز شدن دریچه جعبه L ۳۸

شکل ۲-۱۸:ابعاد دستگاه آزمایش جعبه U شکل ۳۹

شکل ۲-۱۹:ابعاد دستگاه آزمایش اوریمت ۴۱

شکل ۲-۲۰:رفتار بتن خودتراکم در آزمایش با دستگاه ترکیبی اوریمت و حلقه J ۴۲

فهرست اشکال

فصل سوم .....پیشینه تحقیقات در زمینه بتن خودتراکم، مقاومت فشاری و پیچشی

شکل ۳-۱: مقاومت فشاری ۲۸ روزه بر حسب نسبت آب به سیمان در بتنهای دارای میکروسیلیس..۵۵

شکل ۳-۲: اعضای بتنی تحت پیچش ۵۷

شکل ۳-۳: لنگر پیچشی وارد شده در المان‌ها.....۵۹

شکل ۳-۴: لنگر پیچشی وارد شده در تیر بتنی ۶۲

شکل ۳-۵: توزیع نیرو در سطح شکست ناشی از برش پیچشی.....۶۳

شکل ۳-۶: تیر بتن آرمه تحت تاثیر لنگر پیچشی ۶۶

شکل ۳-۷: میانگین حجم تخلخل خمیر در ناحیه انتقال نسبت به فاصله از لبه سنگدانه ۷۰

شکل ۳-۸: میانگین حجم تخلخل خمیر در ناحیه انتقال نسبت به فاصله از لبه سنگدانه ۷۰

فصل چهارم .....مواد، مصالح و طرح اختلاط بتن خودتراکم

شکل ۴-۱: نمودار دانه بندی شن ۸۶

شکل ۴-۲: نمودار دانه بندی ماسه ۸۷

شکل ۴-۳: نمودار دانه بندی سنگدانه ها ۸۸

شکل ۴-۴: بتن تولید شده با طرح اختلاط شماره یک ۹۲

شکل ۴-۵: جداشدگی شدید در بتن خودتراکم ۹۳

شکل ۴-۶: قالبهای مورد مصرف جهت نمونه گیری ۹۶

شکل ۴-۷: قالبهای مورد مصرف جهت نمونه استوانه‌ای استاندارد ۹۷

شکل ۴-۸:مقایسه سطح بتن خودتراکم و بتن معمولی ۹۷

شکل ۴-۹: میکسر مورد استفاده در ساخت بتنهای مورد آزمایش ۹۸

فهرست اشکال

فصل پنجم .....آزمایش جریان اسلامپ بر روی بتن خودتراکم و تفسیر نتایج آن

شکل ۵-۱: آزمایش اسلامپ بتن خودتراکم ۱۰۲

شکل ۵-۲:تاثیر میزان فوق روان کننده در روانی بتن خودتراکم ۱۰۴

شکل ۵-۳: بررسی تأثیر حضور میکروسیلیس در روانی بتن خودتراکم با درصد فوق

روان‌کننده مختلف ۱۰۶

فصل ششم .....آزمایشهای مقاومت فشاری و نتایج آنها

شکل ۶-۱ مقاومت فشاری ۲۸ روزه در نمونه‌های مکعبی با نسبت آب به سیمان ۰/۳۵ و میزان

فوق روان کننده متفاوت ۱۱۱

شکل ۶-۲ مقاومت فشاری ۲۸ روزه در نمونه‌های مکعبی با نسبت آب به سیمان ۰/۴۵ و میزان

فوق روان‌کننده متفاوت ۱۱۲

شکل ۶-۳- تأثیر حضور میکروسیلیس در مقاومت فشاری ۲۸ روزهبتن ۱۱۳

شکل ۶-۴- نمودار مقایسه‌ای مقاومت ۲۸ روزه بتنها با نسبت آب به سیمان مختلف ۱۱۴

شکل ۶-۵- نحوه شکست نمونه‌های آزمایش فشاری ۱۱۴

شکل ۶-۶-دستگاه شکست نمونه‌های آزمایش فشاری ۱۱۵

شکل ۶-۷-مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن در نمونه‌های استوانه‌ای با نسبت آب به سیمان

۰/۳۵ و میزان فوق روان کننده متفاوت ۱۱۷

شکل ۶-۸- مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن در نمونه‌های استوانه‌ای با نسبت آب به سیمان

۰/۴۵ و میزان فوق روان کننده متفاوت ۱۱۸

شکل ۶-۹- تأثیر حضور میکروسیلیس در مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن در نمونه‌های

استوانه‌ای ۱۱۹