بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی

گروه مهندسی عمران

گرایش سازه

بررسی خواص مهندسی بتن خودتراکم حاوی الیاف در دو شرایط دمای معمولی و بالا

از

امیر اصغر مشیری

اساتید راهنما

دکتر رحمت مدندوست

دکتر ملک محمد رنجبر

دی ۱۳۹۱

تقدیم به

مادر و پدر عزیزم

به پاس سالهای بی گذشت

از خود گذشتگی هایشان

از خواهر و برادر مهربانم

که یادآور لحظه های خوش زندگیم هستند

با تمام وجود قدردانی می کنم

تشکر و قدردانی

سپاس بی حد ایزد را سزد که بنی آدم را صاحب علم و قلم نمود تا کرامتی در خود بیابند.

در این مرحله برخود لازم می دانم از استاد گرانقدرم جناب آقای **دکتر رحمت مدندوست** به سبب رهنمودهای دلسوزانه و ارزشمندی که در مراحل مختلف انجام این پایان نامه ارائه فرمودند و نیز استاد ارجمندم جناب آقای **دکتر ملک محمد رنجبر** که در تدوین و تنظیم این پایان نامه مشاوره های لازم را متقبل گردیدند، کمال تشکر را داشته باشم. همچنین از همه اساتید گرانقدر و زحمتکش گروه مهندسی عمران دانشکده فنی دانشگاه گیلان که مرا در کسب و ارتقاء دانش و بینش علمی یاری رساندند، سپاسگزاری می نمایم.

وظیفه خود می‌دانم سپاسگزار تمام آنهایی باشم که در این مدت، حضورشان و امیدشان راهگشای من بود؛ خانواده عزیزم که همانند تمام روزهای گذشته با صبر و حوصله در کنارم بودند.

از زحمات مسئولین آزمایشگاه بتن دانشکده فنی گیلان، سرکار خانم مهندس جعفری، آقایان مهندس سرمست، مهندس کاتبی و جهانگیری و زحمات مسئولین کتابخانه و نیز مسئول محترم آموزش سرکار خانم کیهان تشکر و قدردانی نمایم.

در پایان از دوست عزیزم آقای مهندس سروش عیسی پور که در آغاز این تحقیق بسیار مرا یاری نمودند کمال قدردانی را داشته و نیز حق شناسی خود را نسبت به همه دوستای عزیزی که به هر نحو با راهنمایی های خود مرا در مراحل انجام کار همراهی نمودند اعلام می دارم:

آقایان دکتر سید یاسین موسوی، مهندس سعید بزرگمهرنیا، مهندس جاوید ملک دوست، مهندس هادی رسمی عتیق و ...

امیر اصغر مشیری

۱۳۹۱

فهرست مطالب

عنوان صفحه

چکیده فارسی ..... ژ
چکیده انگلیسی ..... س
فصل اول: پیشگفتار ۱
۱-۱- مقدمه ۲
فصل دوم : بتن خودتراکم ۶
۲-۱- مقدمه ۷
۲-۲- تاریخچه بتن خودتراکم ۷
۲-۲-۱- ساختمان Norrkoping ۹
۲-۲-۲- برج Landmark ۹
۲-۲-۳- پل معلقAkashi - Kaikyo ۱۰
۲-۳- مزایا و معایب بتن خودتراکم ۱۰
۲-۴- خصوصیات بتن خودتراکم تازه ۱۱
۲-۵- طرح اختلاط بتن خودتراکم ۱۴
۲-۶- اجزای تشکیل دهنده بتن خودتراکم ۱۷
۲-۶-۱- سنگدانه ها ۱۷
۲-۶-۲- ریز دانه ها ۱۸
۲-۶-۳- سیمان ۱۸
۲-۶-۴- افزودنی ها ۱۸
۲-۶-۵- پرکننده های معدنی ۱۸
۲-۶-۵-۱-خاکستر بادی ۱۹
۲-۶-۵-۲- میکروسیلیس ۱۹
۲-۶-۵-۳- سرباره کوره آهن گدازی ۱۹
۲-۶-۶- استفاده از مواد افزودنی در بتن ۱۹
۲-۷- آزمایشات بتن خودتراکم تازه ۲۰
۲-۷-۱- آزمایش جریان اسلامپ ۲۲
۲-۷-۱-۱- وسایل مورد نیاز ۲۲
۲-۷-۱-۲- روش انجام آزمایش ۲۲
۲-۷-۱-۳- بررسی نتایج ۲۲

۲-۷-۲- آزمایش قیف V ۲۴
۲-۷-۲-۱- وسایل مورد نیاز ۲۵
۲-۷-۲-۲-روش انجام آزمایش ۲۵
۲-۷-۲-۳- بررسی نتایج ۲۵
۲-۷-۳- آزمایش جعبهL ۲۶
۲-۷-۳-۱- وسایل مورد نیاز ۲۶
۲-۷-۳-۲-روش انجام آزمایش ۲۶
۲-۷-۳-۳- بررسی نتایج ۲۷
۲-۷-۴- آزمایش جعبهU ۲۸
۲-۷-۴-۱- وسایل مورد نیاز ۲۸
۲-۷-۴-۲- روش انجام آزمایش ۲۸
۲-۷-۴-۳- بررسی نتایج ۲۹
۲-۷-۵- آزمایش حلقهJ ۲۹
۲-۷-۵-۱- وسایل مورد نیاز ۳۰
۲-۷-۵-۲- روش انجام آزمایش ۳۰
۲-۷-۵-۳- بررسی نتایج ۳۱
۲-۷-۶- آزمایش جعبه Fill ۳۱
۲-۷-۶-۱- وسایل مورد نیاز ۳۱
۲-۷-۶-۲-روش انجام آزمایش ۳۲
۲-۷-۶-۳- بررسی نتایج ۳۲
۲-۷-۷- آزمایش اوریمت ۳۳
۲-۷-۷-۱- وسایل مورد نیاز ۳۳
۲-۷-۷-۲- روش انجام آزمایش ۳۳
۲-۷-۷-۳- بررسی نتایج ۳۳
۲-۸- بررسی آزمایش های بتن خودتراکم تازه ۳۴
۲-۸-۱- مروری بر مشخصات بتن خودتراکم تازه در مطالعات سایر محققین ۳۸
۲-۹- آزمایشات بتن سخت شده ۳۹
۲-۹-۱- آزمایش مقاومت فشاری ۴۰
۲-۹-۲- آزمایش مقاومت کششی ۴۱
۲-۹-۲-۱-به روش دونیم شدن استوانه ۴۱
۲-۹-۲-۲- آزمایش مقاومت خمشی (مدول گسیختگی) ۴۱
۲-۹-۳- آزمایش مدول الاستیسیته ۴۲

۲-۹-۴- انقباض ۴۳
۲-۱۰- مروری بر خواص مکانیکی بتن های خودتراکم سخت شده ۴۴
۲-۱۰-۱- رابطه مقاومت فشاری و کششی ۴۵
۲-۱۰-۲- مدول الاستیسیته ۴۶
فصل سوم: بتن تقویت شده به الیاف و تاثیر حرارت بر آن ۴۸
۳-۱- مقدمه ۴۹
۳-۲- تعریف بتن الیافی ۴۹
۳-۳- انواع الیاف مصرفی ۵۰
۳-۴- دلایل استفاده از الیاف در بتن ۵۲
۳-۴-۱-کنترل ترک های ناشی از انقباض ۵۲
۳-۴-۲-کاهش تورم در بتن ۵۳
۳-۴-۳- مکانیزم بهبود رفتار و افزایش طاقت ۵۳
۳-۴-۴-بهبود مقاومت کششی بتن ۵۴
۳-۴-۵-بهبود مقاومت خمشی ۵۵
۳-۴-۶- جلوگیری از خوردگی فولادهای تقویت ۵۵
۳-۵- تاثیر الیاف بر بتن با مقاومت بالا ۵۶
۳-۵-۱- تاثیر الیاف فلزی و غیر فلزی در مقاومت فشاری ، کششی و خمشی بتن با مقاومت بالا ۵۶
۳-۶- الیاف فولادی ۵۸
۳-۶-۱- بتن مسلح شده به الیاف فولادی ۶۰
۳-۶-۲- تاثیر الیاف فولادی در خواص بتن ۶۰
۳-۷- الیاف پلی پروپیلن ۶۲
۳-۷-۱- بتن مسلح شده به الیاف پلیمری ۶۳
۳-۷-۲- تاثیر الیاف پلی پروپیلن در خواص بتن ۶۴
۳-۸- الیاف پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی ۶۵
۳-۸-۱- تاثیر الیاف پلی اتیلن ترفتالات بازیافتی در خواص بتن ۶۶
۳-۹- رفتار بتن در آتش ۶۸
۳-۹-۱-پاسخ فیزیکی و شیمیایی به حرارت ۶۸
۳-۹-۲- تورم ۷۰
۳-۹-۳- تشکیل ترک ۷۱
۳-۹-۴- رژیم گرمایی ۷۱
۳-۹-۵- خواص مکانیکی و ظاهری بتن های حرارت دیده ۷۲
۳-۹-۵-۱- مقاومت فشاری ۷۲

۳-۹-۵-۲- مقاومت کششی و مدول الاستیسیته ۷۴
۳-۹-۵-۳-تورم ۷۵
فصل چهارم:برنامه آزمایشگاهی ۷۹
۴-۱- مقدمه ۸۰
۴-۲- مشخصات مصالح مصرفی ۸۰
۴-۲-۱-سنگدانه ۸۰
۴-۲-۱-۱-درشت دانه ۸۰
۴-۲-۱-۲-ماسه ۸۲
۴-۲-۱-۳-وزن مخصوص و درصد جذب آب سنگدانه ۸۳
۴-۲-۲-پودر سنگ ۸۳
۴-۲-۳- سیمان ۸۴
۴-۲-۴- آب ۸۴
۴-۲-۵- میکروسیلیس ۸۴
۴-۲-۶- فوق روان کننده ۸۴
۴-۲-۷- الیاف ۸۵
۴-۳- طرح اختلاط ۸۶
۴-۴-ساخت بتن خودتراکم ۸۷
۴-۵- آزمایش های بتن تازه ۸۸
۴-۶- منحنی حرارت-دما ۸۸
۴-۷- تعداد نمونه های مورد بررسی ۸۹
۴-۸- عمل آوری بتن ۹۰
۴-۹- آزمایشات بتن سخت شده ۹۰
۴-۹-۱-آزمایش مقاومت فشاری ۹۰
۴-۴-۲- آزمایش مقاومت کششی ۹۱
۴-۹-۲-۱- به روش دو نیم شدن ۹۱
۴-۴-۲-۲- آزمایش مقاومت خمشی (مدول گسیختگی) ۹۲
۴-۹-۳- انقباض ۹۲
۴-۹-۴-آزمایش سرعت امواج اولتراسونیک ۹۳
۴-۱۰- آزمایش های بتن حرارت دیده ۹۴
فصل پنجم:ارائه و تحلیل نتایج ۹۵
۵-۱- مقدمه ۹۶
۵-۲- نتایج آزمایشات بتن تازه ۹۶

۵-۳- نتایج آزمایشات بتن سخت شده..... ۱۰۰
۵-۳-۱-نتایج آزمایش مقاومت فشاری..... ۱۰۱
۵-۳-۲- نتایج آزمایش مقاومت کششی بهروش دو نیم شدن..... ۱۰۲
۵-۳-۲-۱- رابطه بین مقاومت کششی وفشاری..... ۱۰۷
۵-۳-۳-نتایج آزمایش مقاومت کششی به روش مدول گسیختگی..... ۱۱۱
۵-۳-۴-نتایج آزمایش سرعت امواج اولتراسونیک..... ۱۱۳
۵-۳-۵-بررسی نتایج آزمایش انقباض نمونه ها..... ۱۱۷
۵-۴- نتایج آزمایش های بتن حرارت دیده..... ۱۱۸
۵-۴-۱- تاثیر حرارت بر مقاومت فشاری..... ۱۱۸
۵-۴-۲- تاثیر حرارت بر سرعت امواج اولتراسونیک..... ۱۲۳
۵-۵- تغییرات ظاهری بتن در اثر دما..... ۱۲۵
۵-۵-۱- تورم..... ۱۲۵
فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهاد..... ۱۲۷
فهرست مراجع..... ۱۳۰

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول (۲-۱)- بازه ی مقادیر اجزای تشکیل دهنده ی مخلوط بتن خودتراکم آیین نامه ی EFNARC ۱۷
جدول (۲-۲)- انواع مواد پودری مورد استفاده در بتن خودتراکم ۱۸
جدول (۲-۳)- آزمایش های بتن خود تراکم تازه ۲۱
جدول (۲-۴)- آزمایش های کنترل کننده ی کارایی بتن خودتراکم ۲۱
جدول (۲- ۵)- معیارهای کنترل بتن خودتراکم تازه ۲۴
جدول (۲-۶)– محدوده هایقابلپذیرش نتایج آزمایش بتن خودتراکم ۳۴
جدول (۲-۷)- موارد ممکن منجر به نتایج کمتر از حد انتظار مطابق استانداردهای اروپائی ۳۵
جدول(۲-۸)– موارد ممکنمنجر به نتایج بیشتر از حد انتظار مطابق استاندارد اروپائی ۳۶
جدول (۲-۹)- تغییرات در مواد اولیه بتن خودتراکم موثر بر خصوصیات بتن تازه و سخت شده ۳۷
جدول (۳-۱)- انواع الیاف مصنوعی ۵۱
جدول (۳-۲)- مشخصات برخی الیاف فولادی ۵۹
جدول (۳-۳)- مشخصات الیاف پلی پروپیلن ۶۲
جدول (۴-۱)- حدود دانه بندی شن مصرفی ۸۱
جدول (۴-۲)- حدود دانه بندی ماسه مصرفی ۸۲
جدول (۴-۳)- مشخصات مکانیکی مصالح ۸۳
جدول (۴-۴)- حدود دانه بندی پودر سنگ مصرفی ۸۳
جدول (۴-۵)- آنالیز شیمیایی سیمان مصرفی ۸۴
جدول (۴-۶)- مشخصات شیمیایی میکروسیلیس مصرفی ۸۵
جدول (۴-۷)- مشخصات فوق روان کننده ی مصرفی ۸۵
جدول(۴-۸)- مشخصات الیاف مصرفی ۸۶
جدل (۴-۹)- نسبت های طرح اختلاط اولیه بتن خودتراکم معمولی ۸۷
جدول (۴-۱۰)- تعداد نمونه های بتنی در آزمایش های بتن سخت شده ۹۰
جدول (۴-۱۱)- طبقه بندی کیفیت بتن معمولی بر اساس سرعت پالس ۹۳
جدول (۵-۱)- نتایج آزمایش های بتن تازه خودتراکم معمولی ۹۷
جدول (۵-۲)- نتایج آزمایش های بتن خودتراکم تازه با افزودن الیاف پلی پروپیلن (PP) ۹۸
جدول (۵-۳)- نتایج آزمایش های بتن خودتراکم تازه با افزودن الیاف PET بازیافتی ۹۹
جدول (۵-۴)- نتایج آزمایش های بتن خودتراکم تازه با افزودن الیاف فولادی (Steel) ۹۹
جدول (۵-۵)- نسبت های طرح مخلوط های مورد استفاده ۱۰۰
جدول (۵-۶)- نتایج مقاومت فشاری بتن خودتراکم معمولی و بتن خودتراکم الیافی ۱۰۱

جدول(۵-۷)- نتایج مقاومت کششی بتن خودتراکم معمولی و بتن خودتراکم الیافی تحت عمل آوری مرطوب.....۱۰۳
جدول(۵-۸)- نتایج مقاومت کششی بتن خودتراکم معمولی و بتن خودتراکم الیافی تحت عمل آوری خشک.....۱۰۳
جدول (۵-۹)- رابطه بین مقاومت کششی و مقاومت فشاری برای چهار نوع بتن خودتراکم بدون الیاف و حاوی الیاف.....۱۱۰
جدول (۵-۱۰)- نتایج آزمایش مدول گسیختگی بتن خودتراکم معمولی و بتن خودتراکم الیافی.....۱۱۱
جدول (۵-۱۱)- نتایج امواج اولتراسونیک بتن خودتراکم معمولی و بتن خودتراکم الیافی ۱۱۳
جدول (۵-۱۲)- رابطه سرعت امواج اولتراسونیک و مقاومت فشاری برای چهار نوع بتن خودتراکم بدون الیاف و حاوی الیاف.....۱۱۶
جدول(۵-۱۳)- میزان انقباض بتن خودتراکم معمولی و بتن های خودتراکم الیافی در سنین مورد نظر.....۱۱۷
جدول (۵-۱۴)- نتایج مقاومت فشاری در برابر افزایش دما.....۱۱۹
جدول (۵-۱۵)- نتایج امواج اولتراسونیک در برابر افزایش دما.....۱۲۴

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل (۲-۱) : ساخت قطعات پیش ساخته با استفاده از بتن خودتراکم ۸
شکل (۲-۲)- برج landmark در ژاپن ۹
شکل (۲-۳) : پل معلقAkashi - Kaikyoدر ژاپن ۱۰
شکل (۲-۴)- چگونگی انسداد سنگدانه ها ۱۳
شکل (۲- ۵) : اصول بنیادی تولید SCC ۱۴
شکل (۲-۶) : روش کلی طرح اختلاط بتن خودتراکم ۱۶
شکل (۲-۷)- مخروط ناقص و صفحه کار آزمایش اسلامپ روانی ۲۳
شکل (۲- ۸)- آزمایش جریان اسلامپ ۲۳
شکل (۲-۹)- قیف V شکل ۲۵
شکل (۲- ۱۰)- جعبه L شکل ۲۶
شکل(۲-۱۱)- رفتار بتن خودتراکم بعد از باز شدن دریچه ۲۸
شکل(۲- ۱۲)-جعبه u ۲۹
شکل (۲-۱۳) آزمایش حلقهJ ۳۰
شکل(۲- ۱۴)- آزمایش حلقه J ۳۱
شکل (۲-۱۵)- تصویری از وسیله ی آزمایش پرکنندگی ۳۲
شکل(۲- ۱۶)- دستگاه آزمایش اوریمت ۳۳
شکل(۲-۱۷)- مقادیر اسلامپ روانی برگرفته از همه اجرائیات (فراوانی در مقابل جریان اسلامپ) ۳۸
شکل (۲-۱۸)– مقاومت فشاری مکعبی و نسبت آب به سیمان معادل ۴۵
شکل (۲-۱۹)- رابطه ی بین مقاومت دو نیم شدن استوانه و مقاومت فشاری مکعبی ۴۶
شکل (۲-۲۰)- رابطه بین مقاومت فشاری مکعبی با مدول گسیختگی ۴۶
شکل (۲-۲۱)- رابطه ی بین مدول الاستیسیته و مقاومت فشاری ۴۷
شکل (۳-۱)- تغییر شکل بتن ساده و الیافی در مقابل بار کششی ۵۲
شکل (۳- ۲)- منحنی تنش- کرنش بتن تقویت شده با الیاف ۵۴
شکل (۳-۳)- مقاومت خمشی در برابر الیاف ترکیبی ۵۷
شکل (۳-۴)- سختی خمشی در مقابل بتن الیافی ۵۷
شکل (۳-۵)-چند نمونه از اشکال الیاف فولادی ۵۸
شکل (۳-۶)- شکل الیاف PET بریده شده ۶۷
شکل (۳-۷)- منحنی های زمان- دما ASTM E-119، ISO-834و یا BS-476 ۷۲

شکل (۳-۸)- تاثیر حرارت بر مقاومت فشاری فشاری پسماند بتن..... ۷۴
شکل (۳-۹)- تاثیر حرارت بر مقاومت کششی پسماند بتن..... ۷۵
شکل (۳-۱۰)- ورقه شدن ناگهانی..... ۷۶
شکل (۳-۱۱)- ورقه شدن یا پوسته شدن سطحی..... ۷۶
شکل (۳-۱۲)- جداشدگی گوشه..... ۷۶
شکل (۳-۱۳)- شکافته شدن سنگدانه..... ۷۷
شکل (۳-۱۴)- مسیرهای اضافی ناشی از ذوب الیاف..... ۷۸
شکل (۴-۱)- منحنی دانه بندی شن مصرفی..... ۸۱
شکل (۴-۲)- منحنی دانه بندی ماسه مصرفی..... ۸۲
شکل (۴-۳)- شکل ظاهری الیاف..... ۸۶
شکل (۵-۱)- مقایسه مقاومت فشاری بتن خودتراکم معمولی و بتن خود تراکم الیافی ۱۰۱
شکل (۵-۲)- مقایسه مقاومت کششی بتن خودتراکم معمولی و بتن خود تراکم الیافی تحت عمل آوری مرطوب..... ۱۰۴
شکل (۵-۳)- مقایسه مقاومت کششی بتن خودتراکم معمولی و بتن خود تراکم الیافی تحت عمل آوری خشک..... ۱۰۴
شکل(۵-۴)- مقاومت کششی بتن خودتراکم معمولی در هر دو شرایط نگهداری..... ۱۰۵
شکل(۵-۵)- مقاومت کششی بتن خودتراکم حاوی الیاف پلی پروپیلن (PP) در هر دو شرایط نگهداری..... ۱۰۶
شکل(۵-۶)- مقاومت کششی بتن خودتراکم حاوی الیاف PET بازیافتی در هر دو شرایط نگهداری..... ۱۰۶
شکل(۵-۷)- مقاومت کششی بتن خودتراکم حاوی الیاف فولادی (Steel) در هر دو شرایط نگهداری..... ۱۰۷
شکل (۵-۸)- رابطه بین مقاومت فشاری و کششی بتن خودتراکم معمولی (Control) ۱۰۸
شکل (۵-۹)- رابطه بین مقاومت فشاری و کششی بتن خودتراکم حاوی الیاف پلی پروپیلن (PP)..... ۱۰۸
شکل (۵-۱۰)- رابطه بین مقاومت فشاری و کششی بتن خودتراکم حاوی الیاف PET بازیافتی ۱۰۹
شکل (۵-۱۱)- رابطه بین مقاومت فشاری و کششی بتن خودتراکم حاوی الیاف فولادی (Steel)..... ۱۰۹
شکل(۵-۱۲)- مقایسه نتایج مقاومت کششی بتن خودتراکم الیافی و معمولی (بدون الیاف) در سن ۲۸ روز با حدود آیین نامه.... ۱۱۰
شکل(۵-۱۳)- مقایسه مدول گسیختگی بتن خودتراکم معمولی (بدون الیاف) و بتن های خودتراکم حاوی الیاف..... ۱۱۲
شکل (۵-۱۴)- مقایسه نسبت سرعت امواج اولتراسونیک بتن های خودتراکم الیافی (V_f) به بتن خودتراکم معمولی (V_n) در سنین مختلف..... ۱۱۴
شکل (۵-۱۵)- رابطه سرعت امواج اولتراسونیک و مقاومت فشاری بتن خودتراکم بدون الیاف (Control)..... ۱۱۴
شکل (۵-۱۶)- رابطه سرعت امواج اولتراسونیک و مقاومت فشاری بتن خود تراکم حاوی الیاف پلی پروپیلن (PP)..... ۱۱۵
شکل (۵-۱۷)- رابطه سرعت امواج اولتراسونیک و مقاومت فشاری بتن خود تراکم حاوی الیاف PET بازیافتی..... ۱۱۵
شکل (۵-۱۸)- رابطه سرعت امواج اولتراسونیک و مقاومت فشاری بتن خود تراکم حاوی الیاف فولادی (Steel)..... ۱۱۶
شکل(۵-۱۹)- میزان انقباض بتن خودتراکم معمولی و بتن های خودتراکم الیافی..... ۱۱۸
شکل (۵-۲۰)- مقاومت فشاری در برابر افزایش دما..... ۱۱۹

شکل (۵-۲۱)- مقایسه نسبت مقاومت فشاری در دما T (f_{ct}) به مقاومت فشاری در دمای مبنا(۲۰ درجه سانتیگراد f_c) در برابر دماهای مختلف..... ۱۲۰
شکل (۵-۲۲)- مقایسه مقاومت فشاری در برابر افزایش دما..... ۱۲۲
شکل (۵-۲۳)- نتایج آزمایش مقاومت فشاری در برابر افزایش دما..... ۱۲۲
شکل (۵-۲۴)- تاثیر حرارت بر مقاومت فشاری طرح های بتن پرمقاومت بعد از حرارت دادن..... ۱۲۳
شکل (۵-۲۵)- مقایسه نسبت سرعت امواج اولتراسونیک در دمای T(V_T) به سرعت امواج اولتراسونیک در دمای مبنا(V_0) در برابر دماهای مختلف..... ۱۲۴

چکیده

بررسی خواص مهندسی بتن خودتراکم حاوی الیاف در دو شرایط دمای معمولی و بالا

امیر اصغر مشیری

بتن خودتراکم به عنوان بتنی نوین با عملکرد بالا محسوب می شود که خصوصیاتی چون عدم نیاز به تراکم داخلی و یا خارجی و عبور از شبکه های آرماتور بندی متراکم آن را از بتن های معمولی متمایز می کند. ویژگیدیگر بتن های خودتراکم پایداری و لزجت بالای آن می باشد که در نتیجه افزودن پرکننده ها و استفاده بیشتر مواد سیمانی است. اما افزایش در مقادیر مصرف مواد سیمانی و پرکننده ها در بتن های خودتراکم موجب افزایش تردی ماتریس بتن شده و در نتیجه کاهش شکل پذیری را به دنبال دارد. با توجه به تجربه ی موفق استفاده از الیاف در بتن در طول سالیان گذشته به جهت افزایش شکل پذیری بتن های معمولی، سبکدانه و مقاومت بالا، استفاده از الیاف پیشنهاد مناسبی جهت ارتقای شکل پذیری بتن های خودتراکم خواهد بود. از سوی دیگر به علت اثر کاهنده شدید الیاف بر شاخص های جریان پذیری بتن تازه، حفظ خواص بتن تازه خودتراکم در محدوده تعیین شده آیین نامه، عاملی محدود کننده در مقادیر مورد استفاده الیاف است. همچنین با توجه به عملکرد پیچیده بتن در برابر افزایش دما، پیش بینی رفتار بتن در اثر دماهای بالا به خصوص بتن الیافی، لازم می باشد. در این پایان نامه به ارزیابی آزمایشگاهی اثر الیاف فولادی، پلی پروپیلن و پلی اتیلن ترفتالات (PET) بازیافتی، هر کدام به طور جداگانه بر خواص تازه و سخت شده بتن خودتراکم پرداخته می شود. آزمایش های مورد بررسی در فاز سخت شده، مقاومت فشاری، مقاومت کششی به روش شکافت، مقاومت خمشی، سرعت عبور امواج اولتراسونیک و انقباض را شامل می شود. ویژگی های بتن تازه توسط آزمایش های جریان اسلامپ، قیف V شکل و جعبه L شکل بررسی شده است. جهت بررسی رفتار بتن در دماهای بالا، بین ۲۰۰ تا ^{o}C ۶۰۰، آزمایش های مقاومت فشاری و سرعت امواج اولتراسونیک روی چهار نوع بتن خودتراکم انجام شده است.

نتایج نشان می دهند اضافه کردن الیاف های فولادی، پلی پروپیلن و PET بازیافتی به بتن خودتراکم (بدون الیاف) سبب افزایش در مقاومت کششی بتن شده بطوریکه این افزایش در طرح های حاوی الیاف فولادی و PET بازیافتی بیشتر و در طرح حاوی الیاف پلی پروپیلن کمتر می باشد. افزودن الیاف فولادی و PET سبب بهبود عملکرد در آزمایش خمش نسبت به بتن بدون الیاف شده است ولی در طرح های حاوی الیاف پلی پروپیلن بهبودی مشاهده نشد.در بررسی آزمایشات نمونه های حرارت دیده، بتن های الیافی، کاهش مقاومت فشاری کمتری نسبت به بتن بدون الیاف در برابر افزایش دما را دارا می باشند، بطوریکه کمترین کاهش مقاومتی مربوط به بتن خودتراکم حاوی الیاف فولادی است.

کلید واژه : بتن خودتراکم حاوی الیاف، خواص مهندسی بتن، بتن خودتراکم در دماهای زیاد

Abstract

The investigation of engineering properties of self-compacting concrete containing fibers in ordinary and high temperature conditions
Amir Asghar Moshiri

the velocity of ultrasonic pulse

Self compacting Concrete is one of the newest types of high-performance concrete which does not need to use the internal and external compaction, pass from the dense network reinforcement make it different from ordinary concrete. Another characteristics of self compacting concrete is its high viscosity and stability that is due to use more fillers and cementitiousmaterial.Increasing the cementitious materials and fillers in self compacting concrete, it will increase the brittleness of concrete matrix and consequently decreases the ductility. Considering the successful experience of using fibers in concrete during the past years to improve the ductility of ordinary, lightweight and high strength concrete, the use of fibers is a good idea to promote the ductility of self compactingconcrete.Beside due to the severe reduction of fibers on the workability parameters of fresh concrete, maintaining the fresh properties of self compacting concrete within the regulation, is a limiting factor in the amount of fibers. Also due to complex performance of concrete under influence increase in temperature, It is necessary to investigate of concrete's behavior especially concrete containing fibers in elevated temperatures. This thesis experimentally evaluates the effect of steel, polypropylene and recycled PET (polyethylene terephthalate) fibers separately on the properties of either fresh or hardened self-compacting concrete. The experiments reviewed in the hardened phase consist of: compressive strength, splitting tensile strength, flexural strength, and shrinkage. Fresh properties of concrete have been reviewed by slump flow, V funnel and L box tests. To examine the behavior of concrete in high temperatures, 200-600 ℃, compressive strength and the velocity of ultrasonic pulse tests on four kinds of self-compacting concrete have been carried out.

The results show that adding Steel, polypropylene and recycled PET fibers to self-compacting concrete (without fiber) increased the splitting tensile strength of concrete so that the increase rate in the Steel and recycled PET fibers is higher, and in polypropylene fibers is lower. The addition of Steel and PET fibers improve the performance in a flexural test of concrete without fibers but the concrete containing polypropylene fibers were not seen any improvement substantially. In reviewing heated concretes tests, concretes containing fibers under influence increase in temperature have less compressive strength loss in ratio to concrete without fibers, So that the lowest strength loss relates to self-compacting concrete containing steel fibers.

Key words : self-compacting concrete containing fiber, engineering properties of concrete, self-compacting concrete in high tempratures

فصل اول

پیشگفتار

۱-۱- مقدمه

بتن در مفهوم بسیار وسیع به هر ماده یا محصولی که از یک ماده چسبنده با خاصیت سیمانی شدن تشکیل شده باشد اتلاق می شود. این ماده چسبنده عموماً حاصل فعل و انفعال سیمان های هیدرولیکی و آب می باشد.حتی امروزه چنین تعریفی از بتن شامل طیف وسیعی از محصولات می شود. بتن ممکن است از انواع مختلف سیمان و نیز پوزولان ها، سرباره کوره ها، مواد مضاف، گوگرد، مواد افزودنی، پلیمرها، الیاف و غیره تهیه شود.

امروزه بتن به عنوان یکی از مهمترین و رایج ترین و پرمصرف ترین مصالح ساختمانی در جهان شناخته شده است. اقتصادی بودن، آسانی دسترسی به اجزاء تشکیل دهنده و دوام نسبتاً بالای این مخلوط باعث توجه روزافزون به آن شده است [۱].

مصرف بتن به علت ارزانی و دسترسی راحت به آن روز به روز در سراسر جهان توسعه می یابد. زیرا مصالح اصلی مورد مصرف در بتن که عبارت از شن و ماسه و سیمان است به حد وفور در همه جای کره زمین یافت می شود. از طرفی به علت عمر طولانی قطعات بتنی و مقاومت آن در مقابل عوامل جوی توجه مهندسین را در سراسر دنیا به خود معطوف داشته و در نتیجه کاربرد آن روز به روز زیادتر می شود، بطوریکه که درصد ساختمان های بتنی به نسبت ساختمان های دیگر رو به فزونی است [۲].

با توجه به اقتصاد و دوام سازه های بتنی موجود، کیفیت و چگالی سازه های بتنی به اندازه تراکم آن ها یک پارامتر مهم می باشد. در این راستا، بتن خودتراکم، چشم انداز جدیدی را پیشنهاد می کند. در دهه ۱۹۸۰ میلادی مشکل دوام سازه های بتنی، در کنار کاهش نیروی کار ماهر و کیفیت تراکم سازه های بتنی پرآرماتور ، یک مشکل قابل توجه و مهم در ژاپن بود. یک راه حل برای دستیابی به سازه های با دوام، مستقل از کیفیت ساخت، در به کارگیری بتن خودتراکم است. این نوع بتن که کارایی بالایی دارد می تواند تحت اثر وزن خود و بدون جداشدن دانه ها ، در میان انبوه اجزای سازه ای جریان یابد. به عبارت دیگر این نوع بتن بدون نیاز به لرزاننده (ویبره) و به خاطر وزن و بدون جداشدگی دانه ها، خودمتراکم می شود. طرح اولیه بتن خودتراکم در ابتدا در سال ۱۹۸۶ توسط اکامورا[1] پیشنهاد گردید و در سال ۱۹۸۸ این بتن با نام اختصاری SCC[2] به دنیا معرفی شد. از آن زمان به بعد تحقیقات بسیاری بر طرح اختلاط بتن خود تراکم انجام گرفت.

بتن به عنوان ماده ای شناخته می شود که در فشار قوی و در کشش ضعیف و شکننده است. ضعف در کشش با میلگرد های تقویت مرسوم بهبود می یابد، ولی امروزه با گسترش تکنولوژی، استفاده از الیاف در اصلاح این ضعف بتن توسعه یافته است. الیاف با پخش یکنواخت خود پس از افزودن به مخلوط بتن خودتراکم بر کارایی بالای بتن خودتراکم تازه اثر می گذارد. پیوستگی بین الیاف و ماتریس بتن خودتراکم به دلیل حجم بالای خمیر و میزان ریزدانه بتن خودتراکم بهتر اتفاق می افتد که

[1] Okamura
[2] Self-compacting concrete

این پیوستگی باعث تاخیر در گسترش و ائتلاف بهتر ترک ها می گردد. تکنولوژی بین بتن خودتراکم و بتن الیافی باعث حذف ویبره و کاهش یا حتی جایگزینی کامل تقویت های مرسوم، با الیاف می شود که منجر به کارایی اقتصادی بهتر بتن می گردد [۳].

از میان الیاف مورد استفاده در بتن، استفاده از الیاف فولادی و پلی پروپیلن گسترش یافته است. علاوه براین، اخیراً ظروف یکبار مصرف پلی اتیلن ترفتالات، PET، (که امروزه مصرف فراوانی یافته است) را به صورت الیافی به بتن می افزایند که این عمل در واقع کمک به کاهش آلودگی زیست محیطی ناشی از وجود این محصولات پلیمری تقریباً غیر قابل تجزیه و مضر برای طبیعت، می باشد.

عوامل متعددی بر کاهش عمر یک سازه موثر است. آتش یکی از مواردی است که همواره ساختمان ها و سازه ها را تهدید می کند. در میان سازه های مختلف، سازه های بتنی به علت طبیعت غیرقابل اشتعال خود دارای یک امتیاز قابل ملاحظه در برابر افزایش دما می باشند. اما در میان انواع مختلف بتن، مخلوط های بتنی با تراکم بالا مانند بتن خودتراکم و بتن با مقاومت بالا در برابر حملات افزایش دما آسیب پذیرتر می باشد. به علت کاهش تخلخل و کاهش ارتباط حفرات در بتن خودتراکم و با مقاومت بالا، رطوبت و بخار آب به سختی از سازه می تواند خارج شود که منجر به افزایش فشار داخلی و آسیب به سازه می گردد. با توجه به این نکته، استفاده از الیاف در بهبود این کاستی بتن خودتراکم در مقابل افزایش دما موثر خواهد بود. درک بیشتر از رفتار بتن خودتراکم حاوی الیاف تحت افزایش دما، اعتماد بهتر در استفاده از این نوع بتن را ایجاد می کند.

با توجه به مزایای ذکر شده از بتن خودتراکم، استفاده از بتن خودتراکم و همچنین بتن خودتراکم تقویت شده به الیاف در صنعت ساختمان در حال گسترش است که این موضوع خود مطالعات بیشتری را برای شناخت بهتر می طلبد.

هدف از انجام پروژه

با توجه به گسترش استفاده از بتن خودتراکم در عرصه ساخت و ساز و عدم وجود شناخت کافی از رفتار بتن خودتراکم و ضوابط لازم برای طراحی مخلوط بتن خودتراکم، نیاز به انجام تحقیقات نظری و عملی در این حوزه وجود خواهد داشت. در بررسی تحقیقات انجام گرفته بر بتن خودتراکم، استفاده از الیاف به عنوان تقویت در بتن خودتراکم نیز توسعه یافته است، البته تحقیقات انجام گرفته بر تاثیر انواع الیاف مختلف مانند فولادی، پلی پروپیلن و پلی اتیلن ترفتالات (PET) بازیافتی در بتن خودتراکم محدود بوده و نیازمند بررسی بیشتر مطالعات تئوری و آزمایشگاهی می باشد.

هدف از انجام این تحقیق، بهینه کردن الیاف فولادی، پلی پروپیلن و پلی اتیلن ترفتالات (PET) بازیافتی، هرکدام به صورت جداگانه بر بتن خودتراکم با حفظ ویژگی ها و کارایی بتن خودتراکم جهت بررسی مشخصات مهندسی بتن خودتراکم می باشد. استفاده از الیاف بر خواص بتن سخت شده موثر خواهد بود، اما این پرسش مطرح می شود که الیاف تا چه میزان کارایی بتن خودتراکم تازه را کاهش می دهند. لذا بررسی نوع و میزان الیاف مصرفی بر کارایی بتن مورد توجه می باشد.