





دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گروه عمران - گرایش سازه

عنوان پایان نامه:

بررسی و تحلیل رفتار و عملکرد فشاری، کششی بتن های مسلح به مقادیر درصد بالای الیاف فولادی

استاد راهنما :

دکتر منوچهر بهرویان

استاد مشاور :

دکتر شهریار طاووسی

پژوهشگر :

مهدی ظهیری

زمستان ۱۳۹۰

تقدیم بہ

پدر و مادر عزیزم

کہ زیبای اندیشد و زیبا عمل می کنند

و چگونه زیستن (زندگی کردن) را بہ من آموختند

با تشکر و قدردانی

از اساتید محترم

جناب آقای دکتر منوچهر بهرویان (استاد راهنما)

جناب آقای دکتر شهریار طاووسی (استاد مشاور)

که در تمامی مراحل این پایان نامه و تحقیق راهنما و پشتیبان من بودند.

و با سپاس از پرسنل محترم آزمایشگاه بتن، دانشکده فنی مهندسی تهران مرکز که من را یاری کردند.

تعهد نامه اصالت پایان نامه کارشناسی ارشد

اینجانب مهدی ظهیری دانش‌آموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته به شماره دانشجویی ۸۷۰۰۰۲۷۱۸۰۰ در رشته مهندسی عمران سازه که در تاریخ ۹۰/۱۱/۲۷ از پایان نامه خود تحت عنوان: بررسی و تحلیل رفتار و عملکرد فشاری، کششی بتن های مسلح به مقادیر درصد بالای الیاف فولادی

با کسب نمره ۱۸ و درجه عالی دفاع نموده ام بدینوسیله متعهد می شوم :

۱- این پایان نامه حاصل تحقیق و پژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه ، کتاب ، مقاله و...) استفاده نموده ام، مطابق ضوابط و رویه های موجود، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در فهرست ذکر و درج کرده ام .

۲- این پایان نامه قبلاً برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح ، پایین تر یا بالاتر) در سایر دانشگاهها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است .

۳- چنانچه بعد از فراغت از تحصیل ، قصد استفاده و هرگونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب ، ثبت اختراع و ... از این پایان نامه داشته باشم ، از حوزه معاونت پژوهشی واحد مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم .

۴- چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود ، عواقب ناشی از آن را بپذیرم و واحد دانشگاهی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت .

نام و نام خانوادگی :

تاریخ و امضاء:

بسمه تعالی

در تاریخ :

دانشجو کارشناسی ارشد آقای / خانم
از پایان نامه خود دفاع
نموده و با نمره بحروف و با درجه مورد
تصویب قرار گرفت .

امضاء استاد راهنما

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: کلیات
۲.....	۱-۱ مقدمه و تعریف صورت پروژه.....
۵.....	۲-۱ اهمیت و ضرورت موضوع.....
۶.....	۳-۱ تاریخچه.....
۸.....	۴-۱ مروری بر مباحث پایان نامه.....
۱۰	فصل دوم: آشنایی با اجزا، مشخصات و خواص بتن ییافی
۱۱.....	۱-۲ بتن ییافی و انواع آن.....
۱۳.....	۲-۲ موارد استفاده و محدودیت های کاربرد بتن ییافی.....
۱۵.....	۳-۲ افزودنی های خاص جهت بتن های ویژه.....
۱۶.....	۴-۲ توجیه اقتصادی بتن ییافی.....
۱۸	فصل سوم: آشنایی با اجزا، مشخصات و خواص بتن با الیاف فولادی
۱۹.....	۱-۳ استفاده از الیاف فولادی در بتن.....
۲۱.....	۲-۳ طرح اختلاط و نحوه ساخت بتن با الیاف فولادی.....

- ۳-۳ خواص مکانیکی بتن با الیاف فولادی..... ۲۱
- ۱-۳-۳ عملکرد تحت بار دینامیکی و ضربه..... ۲۳
- ۲-۳-۳ عملکرد تحت نیروی کششی..... ۲۶
- ۳-۳-۳ عملکرد بتن مسلح به الیاف فولادی در برابر سیکل‌های یخ بندان و خوردگی..... ۲۸
- ۴-۳-۳ عملکرد بتن سازه ای مسلح به الیاف فولادی در خمش..... ۳۰
- ۴-۳ بتن مقاومت بالا با الیاف فولادی..... ۳۳
- ۱-۴-۳ بتن با مقاومت بالا..... ۳۳
- ۲-۴-۳ بتن الیافی با مقاومت بالا..... ۳۴

۳۶ فصل چهارم: مراحل انجام آزمایش ها

- ۱-۴ طرح آزمایشها و تعیین متغیرها..... ۳۷
- ۲-۴ انتخاب مصالح، لوازم و افزودنی ها..... ۳۹
- ۳-۴ تعیین طرح اختلاط نمونه ها..... ۴۰
- ۴-۴ مراحل انجام آزمایش و نحوه ساخت نمونه ها و نگهداری پس از ساخت..... ۴۴
- ۱-۴-۴ مقاومت ۲۰ MPa..... ۴۵
- ۲-۴-۴ مقاومت ۴۵ MPa..... ۴۷
- ۳-۴-۴ مقاومت ۶۰ MPa..... ۴۸
- ۵-۴ انتخاب روش شکست نمونه ها..... ۵۰

فصل پنجم: بررسی نتایج حاصل از آزمایش ها

۵۳

- ۵-۱ استخراج نتایج حاصل از آزمایشها، جداول و نمودارها.....۵۴
- ۵-۱-۱ منحنی های تنش- کرنش، مقادیر جذب انرژی و حداکثر مقاومت.....۵۳
- ۵-۱-۱-۱ نتایج مربوط به مقاومت 20 MPa۵۵
- ۵-۱-۱-۲ نتایج مربوط به مقاومت 45 MPa۵۶
- ۵-۱-۱-۳ نتایج مربوط به مقاومت 60 MPa۵۷
- ۵-۱-۲ منحنی های تغییرات جذب انرژی و مقاومت و منحنی نرمال آنها.....۵۸
- ۵-۱-۲-۱ تغییرات میزان حداکثر مقاومت.....۵۹
- ۵-۱-۲-۲ تغییرات میزان حداکثر مقاومت نسبت به نمونه شاخص۶۰
- ۵-۱-۲-۳ تغییرات میزان جذب انرژی.....۶۱
- ۵-۱-۲-۴ تغییرات میزان جذب انرژی نسبت به نمونه شاخص۶۲
- ۵-۱-۳ منحنی های تغییرات کرنش و ضریب شکل پذیری.....۶۳
- ۵-۱-۳-۱ منحنی تغییرات کرنش معادل $F'c$ و $0.7F'c$۶۴
- ۵-۱-۳-۲ منحنی تغییرات ضریب شکل پذیری (μ).....۶۵
- ۵-۲ تحلیل و بررسی نتایج.....۶۶
- ۵-۲-۱ مقاومت 20 MPa۶۶
- ۵-۲-۲ مقاومت 45 MPa۶۷
- ۵-۲-۳ مقاومت 60 MPa۶۸
- ۵-۲-۴ معادلات پیشنهادی تغییرات مقاومت۶۹

فصل ششم: نتیجه گیری

۷۱

۶-۱ نتیجه گیری کلی از مباحث پروژه..... ۷۲

۶-۲ ارائه پیشنهاد برای تحقیقات آینده..... ۷۴

فهرست منابع و مآخذ..... ۷۵

چکیده انگلیسی

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه و تعریف صورت پروژه

بتن جسم مرکبی است که از اجزای مختلف شمال سنگدانه ، سیمان و آب ساخته می شود . شاید کمتر ماده ساختمانی میتوان یافت که تا این حد تنوع داشته باشد . زیرا نه تنها با تغییر دادن مقدار سیمان ، آب و سنگدانه ها ، بلکه با مصرف سیمان های مختلف و مصالح سنگی متفاوت می توان بتن هایی با خواص متفاوت متناسب با نوع نیاز تولید کرد . امروزه بتن به عنوان یک ماده ساختمانی مهم در ساخت انواع مختلف سازه ها نظیر ساختمان ها ، پل ها ، تونل ها ، سد ها ، اسکله ها ، راه ها و سایر سازه های خاص دیگر کاربرد دارد . در ساخت و سازه های معمولی ، غالباً تنها معیار پذیرش بتن ، مقاومت فشاری آن است . شاید این مسئله از آنجا ناشی میشود که بتنی با مقاومت فشاری رضایت بخش ، غالباً دیگر ویژگی ها را در حد متوسط خواهد داشت .

در سالهای اخیر کارشناسان با بررسی سازه های بتنی به ویژه در محیط های خورنده و سخت ، متوجه شدند که مقاومت فشاری بتن نمی تواند به تنهایی پاسخگوی کلیه انتظارات از بتن باشد و لازم است در طراحی بتن برای اهداف مختلف علاوه بر مساله مقاومت و تحمل بارها ، بر خواص دیگر بتن به ویژه پایایی و دوام آن نیز توجه کافی شود .



شکل (۱-۱) بتن ریزی در حجم وسیع- بتن بیشترین حجم مصالح ساختمانی می باشد

امروزه در بعضی کشورهای پیشرفته صنعتی دستورالعمل و استانداردهایی برای طرح بتن های با عملکرد بالا تهیه شده که طراحان و مجریان در آن کشورها ملزم به رعایت این دستورالعمل ها گشته اند.

اما با تمام این تفاسیر بتن همچنان ضعف ذاتی خود را دارد. این ضعف همان توان پایین بتن در تحمل کشش است. یکی از موثرترین راه کارهایی که تا کنون برای رفع این مشکل پیشنهاد شده، استفاده از الیاف در بتن است.

بتن الیافی در حقیقت نوعی کامپوزیت است که با به کارگیری الیاف تقویت کننده داخل مخلوط بتن، مقاومت کششی و فشاری آن، فوق العاده افزایش می یابد. این ترکیب کامپوزیتی، یکپارچگی و پیوستگی مناسبی داشته و امکان استفاده از بتن به عنوان یک ماده شکل پذیر جهت تولید سطوح

مقاوم پرنحن را فراهم می‌آورد. بتن الیافی از قابلیت جذب انرژی بالایی نیز برخوردار است و تحت اثر بارهای ضربه‌ای به راحتی از هم پاشیده نمی‌شود. شاهد تاریخی این فناوری، کاربرد کاهگل در بنای ساختمان است. در واقع بتن الیافی نوع پیشرفته این تکنولوژی می‌باشد که الیاف طبیعی و مصنوعی جدید، جانشین کاه و سیمان جانشین گل به کار رفته در ترکیب کاهگل شده‌اند.

بتن الیافی خواص مناسبی همچون شکل‌پذیری بالا، مقاومت فوق‌العاده، قابلیت جذب انرژی و پایداری در برابر ترک خوردن را دارا می‌باشد که متناسب با آنها می‌توان موارد کاربرد فراوانی برای آن یافت. به طور مثال در ساخت کف سالن‌های صنعتی، می‌توان از این نوع بتن به جای بتن آرماتوری متداول سود جست. این نوع بتن از بهترین مصالح مورد استفاده در ساخت بناهای مقاوم به ضربه، همچون سازه پناهگاه‌ها و انبارهای نگهداری مواد منفجره به شمار می‌رود و بنای شکل گرفته از بتن، قابلیت فوق‌العاده‌ای در جذب انرژی ضربه دارد. همچنین در ساخت باند فرودگاه‌ها به خوبی می‌توان از این نوع بتن کمک گرفت. موارد دیگری از به کارگیری این بتن، ساخت قطعات پیش ساخته ساختمانی همچون پانل‌های سایبان و یا پاشش بتن روی سطوح انحنادار همچون تونل-ها می‌باشد. اخیراً برای حذف ترک‌ها در پوشش تونل‌هایی که به صورت چند تکه پیش ساخته اجرا می‌شود از بتن بدون آرماتور و تنها الیاف استفاده شده و این نوع بتن سبب حذف ترک‌ها در حین عمل آوری و حمل و نقل قطعات و نصب آنها برای کامل کردن مقطع تونل‌های مترو شده است.

به کارگیری این بتن در بنای یک سازه علاوه بر موارد یاد شده از مزایایی همچون عایق بودن سازه در برابر صدا و سرعت بالای اجرا نیز برخوردار است. در حال حاضر با استفاده از انواع الیاف شیشه،

پلی پروپیلن، فولاد و بعضاً کربن، تولید انواع بتن‌های کامپوزیتی در کاربردهای مختلف صنعتی ممکن گردیده و به‌کارگیری آنها در کشورهای پیشرفته دنیا مورد قبول بخش ساختمان و عمران واقع شده است.

امروزه کار برد بتن با نرمی بالاتر که بتواند تغییر شکل های زیاد را بدون شکست تحمل نماید، مورد توجه قرار گرفته است. تحقیقات در خصوص تأمین نرمی لازم در بتن با الیاف های مختلف و حتی حذف آرماتور در حال انجام می باشد. هدف از کاربرد الیاف در بتن افزایش مقاومت کششی، کنترل گسترش ترک ها و افزایش طاقت بتن می باشد، تا قطعه بتنی بتواند در مقابل بارهای وارده در یک مقطع ترک خورده تغییر شکل های زیادی را پس از نقطه حداکثر تنش تحمل نماید .

۲-۱ اهمیت و ضرورت موضوع

بتن با توجه به حجم بالای تولید در سطح جهان در رتبه نخست پرمصرف ترین مصالح سازه ای قرار دارد. به دلایل مختلف حجم زیادی از این بتن ترک می خورد. دلیل ترک خوردگی می تواند سازه ای یا غیرسازه ای باشد، اما عمده ترکها ناشی از ضعف ذاتی این ماده در کشش است. چنانکه ذکر شد استفاده از الیاف تا حدزیادی قابلیت شکل پذیری، تحمل بارها و بخصوص جذب انرژی بتن را بالا می برد. همچنین الیاف ترکهای ناشی از خزش و انقباض بتن را نیز کاهش می دهد و بطور کلی با فراهم آوردن یکپارچگی و نرمی بیشتر جلوی گسترش ترکها در بدنه بتن را می گیرد .

اهمیت استفاده از الیاف بخصوص برای بتن های تحت بارهای دینامیکی و ارتعاشی بیشتر است. به عنوان مثال پی های مخصوص ماشین آلات صنعتی - ارتعاشی، سکوهای تخلیه و بارگیری بنادر، روسازی صلب فرودگاهها و سکوهای لرزه گیری نیروگاهها. اهمیت این موضوع از آن جهت است

که بتن تحت بارهای دینامیکی و یا سیکلهای یخبندان بیشتر در معرض ترک خوردگی قرار می گیرد و چنانکه خواهیم دید استفاده از الیاف بیش از هرچیز قابلیت جذب انرژی بتن را بالا می برد. علاوه بر موارد ذکر شده در صنعت ساختمان سازی نیز اهمیت الیاف ثابت شده است. بخصوص هر جا که ضعف بتن در کشش مشکل ساز می شود، مانند شاهتیرهای دهنده های بزرگ، دالهای عریض، کنسولهای طویل و دیوارهای برشی بلند، همچنین از الیاف در ترمیم و مقاوم سازی سازه های موجود استفاده گسترده می شود .

۳-۱ تاریخچه

استفاده از فیبرها و الیاف گیاهی در مخلوط ملاتها به ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ سال قبل برمی گردد. رومیان باستان از موی اسب و بز در مخلوط ملاتها برای ساخت دیوارهای خشتی استفاده می کردند. در معابد بوداییان هندوستان از الیاف پوسته نارگیل برای اندود کردن دیوارها استفاده می شده است و چینی ها از الیاف گیاهی مانند سیسال، تفاله نیشکر و کتان برای ساخت ملاتهای خود استفاده می کردند. در ایران نیز استفاده از کاه در ملات کاه گل از زمانهای بسیار دور مرسوم بوده است و نمونه بارز آن ارگ بم کرمان است .



شکل (۱-۲) ارگ بم واقع در استان کرمان - سازه ای ساخته شده از کاهگل

استفاده از الیاف فولادی در بتن اولین بار در سال ۱۹۶۲ توسط رومالدی در آمریکا به ثبت رسید، بعد از وی محققان ژاپنی ترکیبات مختلفی را برای بهبود خواص بتن پیشنهاد کردند و انواع گوناگونی از الیاف را در ترکیبات بتن مورد آزمایش قراردادند. اولین استفاده از الیاف در جاده ها و دال کف ساختمانها صورت گرفت. نخستین عملیات اجرائی، سنگفرش ایستگاه وزن کشی کامیونها در ایالت اهایو آمریکا در آگوست سال ۱۹۷۱ انجام شد. پس از آن، با گذر زمان روز به روز تحقیقات بیشتری بر روی این نوع از بتن صورت گرفت و محققان با افزودن انواع الیاف و دیگر ترکیبات سعی کردند خواص بتن را بهبود ببخشند.

امروزه با توجه به حجم بالای بتن مصرفی در سطح جهان و اهمیت این ماده ساختمانی، تلاش های گسترده ای در جهت رفع نواقص آن صورت می گیرد. ارائه پیشنهاد استفاده از الیاف در پیکره بتن سهم عمده ای در بهبود بخشیدن خواص این ماده ساختمانی پر مصرف داشته است.

در کشور ما نیز با توجه به میزان مصرف روز افزون بتن نیاز به آگاهی بیشتر از آن بسیار احساس می شود. هم اکنون در ایران از تکنولوژی بتن الیافی در پروژه های خاص نظیر شاتکریت دیواره تونل

ها، پایدار سازی شیب ها و نظایر آن استفاده می شود. اما با توجه به مزایای استفاده از این نوع بتن، نیاز به تحقیق و بررسی های دقیق در این زمینه احساس می شود.



شکل (۳-۱) نمونه ای از شاتکریت بتن الیافی جهت پایدار سازی دیواره تونل ها

۴-۱ مروری بر مباحث پایان نامه

در پایان نامه حاضر پس از مباحث مقدماتی فصول زیر را خواهیم خواند.

در فصل دوم شرح مختصری از انواع بتن های الیافی ارائه شده است، همچنین موارد استفاده، افزودنی ها، مزایا، هزینه های کار و محدودیت های بتن الیافی عنوان شده است. در فصل سوم بطور تخصصی در مورد بتن های حاوی الیاف فولادی صحبت شده است، انواع الیاف فولادی از نظر شکل ظاهر معرفی شده اند، طرح اختلاط و نحوه ساخت آن ها بیان شده است و در مورد خواص مکانیکی آنها بطور کامل بحث شده، در این بخش بیشتر از نتایج دیگر محققین کمک گرفته شده است. در انتهای این فصل در مورد بتن های مقاومت بالا نیز مباحثی ارائه شده است.

فصول چهارم و پنجم کاملاً مربوط به آزمایش های انجام گرفته توسط گرد آورنده پایان نامه حاضر می باشد. در فصل چهارم نحوه انتخاب روش آزمایش ها، انتخاب مصالح، انتخاب روش شکست نمونه ها و بطور کلی مراحل انجام آزمایش ها عنوان شده است. در فصل پنجم نیز نحوه استخراج نتایج، ترسیم نمودارها و تحلیل نتایج بیان شده است. در فصل آخر نیز نتیجه گیری کلی از روند کار انجام گرفته است. در پایان پیشنهاداتی جهت ادامه مسیر این پروژه عنوان شده است.

آشنایی با اجزاء، مشخصات و خواص بتن الیافی