بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه علم و فرهنگ

دانشکده فنی مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران- گرایش سازه

بررسی عملکرد ضربه ای بتن های مسلح به مقادیر بالای الیاف فولادی

نگارش

علی اسدسنگابی

استاد راهنما

دکتر علیرضا خالو

بهمن ماه۱۳۹۱

با تشکر و قدردانی از استاد ارجمند "دکتر علیرضا خالو" که کلیه مراحل این پروژه با راهنمایی های ایشان انجام گرفته است و همچنین اساتید گرانقدر دانشگاه علم و فرهنگ، دکتر پرستش، مهندس میرمعزی و مهندس کوخایی که در طول انجام این تحقیق راهنمای من بودند و با تشکر از

شرکت های صنایع مفتولی زنجان، ابرار شن و شیمی ساختمان که در تهیه مصالح و مواد اولیه این تحقیق یاری نمودند.

چکیده

تمایل زیاد صنعت به استفاده از مصالح بتنی منجر به انجام تحقیقات زیادی در زمینه اصلاح معایب آن شده است. یکی از ضعف‌های مشهور در بتن، تردشکنی، عدم شکل‌پذیری ذاتی و ضعف در برابر بارهای ضربه‌ای می‌باشد. در حال حاضر تسلیح اعضای بتنی به وسیله آرماتورهای فولادی و الیاف گسسته تلاشی جهت غلبه بر آن می‌باشد. الیاف باعث می‌شود که حالت تردی و شکنندگی بتن به نحو قابل توجهی کاهش یابد. همچنین شکل پذیری بتن و مقاومت آن در برابر ترک خوردگی تحت انواع بار بهبود می‌یابد. در این پایان‌نامه با بررسی سوابق تحقیقات گذشته و آزمایش‌های انجام شده تصمیم گرفته شده عملکرد بتن های مسلح به الیاف فولاد را در برابر بارهای ضربه‌ای آزمایش نماییم. در این تحقیق در ابتدا خواص بتن‌های مسلح به درصدهای بالای الیاف فولاد (از صفر تا شش درصد حجمی بتن به غیر از درشت دانه‌ها) و مقاومت فشاری و مقاومت ضربه‌ای بتن مورد بررسی قرار می-گیرد. در ادامه همین روند برای بتن‌های مسلح به الیاف پلیمری بررسی می‌شود و نتایج حاصل از آزمایش‌ها با یکدیگر مقایسه می‌شود.

واژگان کلیدی: بتن الیافی، الیاف فولادی، الیاف پلیمری، مقاومت فشاری، مقاومت ضربه‌ای

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: مقدمه

۱-۱- کلیات و تعریف صورت پروژه ۱

۱-۲- تاریخچه ۴

۱-۳- ضرورت موضوع ۶

۱-۴- مروری بر مباحث پایان نامه ۷

فصل دوم: آشنایی با بتن الیافی

۲-۱- انواع الیاف ۹

۲-۲- مزایای بتن الیافی ۱۳

۲-۳- کاربردهای بتن الیافی ۱۴

۲-۴- افزودنی‌ها ۱۵

۲-۵- الیاف پلی‌پروپیلن ۱۷

۲-۵-۱- ویژگی‌های الیاف پلی‌پروپیلن ۱۷

۲-۵-۲- تاثیر الیاف پلی‌پروپیلن بر بتن ۱۹

۲-۶ - الیاف شیشه ۱۹

فصل سوم:آشنایی با اجزا و خواص بتن با الیاف فولادی

۳-۱- استفاده از الیاف فولادی در بتن ۲۱

۳-۲- طرح اختلاط و نحوه ساخت بتن با الیاف فولادی ۲۴

۳-۳- بتن با مقاومت بالا ۲۵

۳-۴- عملکرد الیاف تحت نیروی کششی ۲۷

۳-۵ -عملکرد الیاف تحت بارهای ضربه‌ای ۳۲

۳-۶-نتایج نرم افزار ls dayna ۳۷

فصل چهارم : ساخت دستگاه آزمایش مقاومت ضربه‌ای

۴-۱- ساخت دستگاه آزمایش مقاومت ضربه‌ای ۳۹

فصل پنجم :بررسی موضوعی انجام آزمایش

۵-۱- روش انجام آزمایش ۴۵

۵-۲- انتخاب مصالح ۴۶

۵-۳- الیاف پلی پروپیلن ۴۹

۵-۴- طرح اختلاط ۵۰

۵-۵- مراحل انجام آزمایش و نحوه ساخت نمونه‌ها و نگهداری پس از ساخت ۵۲

۵-۵-۱- روش ساخت نمونه های بتنی ۵۳

۵-۵-۲- انجام آزمایش ۵۴

فصل ششم : بررسی نتایج حاصل از آزمایش‌ها

۶-۱- بررسی نتایج آزمایش مقاومت فشاری ۵۶

۶-۲- بررسی نتایج آزمایش ضربه ۶۳

۶-۳- بررسی تصاویر شکست ۷۳

۶-۳-۱- تصاویر شکست نمونه ۷روزه الیاف فولادی ۷۳

۶-۳-۲- تصاویر شکست نمونه ۷روزه الیاف پلی‌پروپیلن ۷۵

۶-۳-۳- تصاویر شکست نمونه ۲۸روزه الیاف فولادی ۷۷

۶-۳-۴- تصاویر شکست نمونه ۲۸روزه الیاف پلی‌پروپیلن ۷۹

فصل هفتم : نتیجه گیری و ارئه پیشنهادات آتی

۷-۱- نتیجه‌گیری ۸۱

۷-۲- پیشنهاد تحقیقات آتی ۸۴

فهرست مراجع ۸۵

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول۲-۱- ویژگی انواع الیاف ۱۲

جدول۲-۲- مورد مصرف انواع الیاف ۱۴

جدول۳-۱- طرح اختلاط در آزمایش کشش ۲۸

جدول۳-۲- طرح اختلاط آزمایش ضربه ۳۳

جدول۳-۳- نتایج آزمایش ضربه ۳۳

جدول۳-۴- نتایج آزمایش مقاومت ضربه ۳۵

جدول۵-۱- مشخصات الیاف فولاد ۴۷

جدول۵-۲- طرح اختلاط الیاف فولادی ۵۱

جدول۵-۳- طرح اختلاط بتن پلی پروپیلن ۵۱

جدول۶-۱- مقاومت فشاری ۷ روزه بتن الیاف فولادی ۵۷

جدول۶-۲- مقاومت فشاری ۷روزه برای الیاف پلی پروپیلن ۵۸

جدول۶-۳- مقاومت فشاری نمونه ۲۸روزه الیاف فولادی ۶۰

جدول۶-۴- مقاومت فشاری ۲۸روزه الیاف پلی‌پروپیلن ۶۰

جدول۶-۵- نتایج آزمایش مقاومت ضربه ای ۷ روزه الیاف فولاد و پلی پروپیلن ۶۴

جدول۶-۶- نتایج آزمایش ضربه ۲۸ روزه الیاف فولاد ۶۶

جدول۶-۷- نتایج آزمایش ضربه ۲۸ روزه الیاف پلی پروپیلن ۶۷

فهرست شکل‌ها

عنوان

صفحه

شکل ۲-۱- انواع الیاف ۱۱

شکل ۳-۱- انواع الیاف فولادی ۲۲

شکل ۳- ۲- ایجاد شکاف در آزمایش کشش شکاف برزیلی..... ۳۰

شکل ۳-۳- نحوه شکست نمونه بدون الیاف در نرم افزار Ls-dyna ۳۷

شکل ۳-۴- نحوه شکست نمونه الیاف دار در نرم افزار Ls-dyna ۳۸

شکل ۴-۱ برشی از دستگاه آزمایش ضربه ۴۰

شکل ۴-۲ پلانی از دستگاه آزمایش ضربه ۴۰

شکل ۴-۳نمای کلی از دستگاه آزمایش ضربه ۴۱

شکل ۴-۴- نحوه قرارگرفتن اجزای ساخته شده بر روی بیس پلیت ۴۲

شکل ۴-۵- تصاویری از روند ساخت دستگاه آزمایش ضربه ۴۳

شکل ۴-۶- تصویری از دستگاه آزمایش ضربه ۴۴

شکل ۵-۱- الیاف فولادی مورد استفاده در آزمایش ۴۷

شکل ۵-۲-الیاف پلی پروپیلن استفاده شده در آزمایش ۴۹

شکل ۶-۱- مجموعه تصاویری از شکست نمونه‌های آزمایش ضربه ۷۳

فهرست نمودارها

عنوان

صفحه

نمودار ۳-۱- منحنی بار – تغییرمکان در آزمایش مقاومت فشاری..... ۲۹

نمودار۳-۲- منحنی بار – تغییر مکان برای نمونه های ۱ ٪ الیاف با طولهای ۲۲ و ۳۰ میلی متر ۲۹

نمودار۳-۳- منحنی بار-تغییر مکان برای نمونه ۱و ۲درصد الیاف ۳۱
نمودار ۳-۴- مقاومت فشاری در سن ۷(a)،۲۸(b)و۹۰(c)روزه ۳۴
نمودار ۳-۵- مقاومت کششی در سن ۷(a)،۲۸(b)و۹۰(c)روزه ۳۴
نمودار ۳-۶- مقاومت ضربه ای در ترک اولیه(a) وترک گسیختگی(b) ۳۵
نمودار۵-۱- دانه بندی شن و ماسه مصرفی در تحقیق ۴۸
نمودار ۶-۱- مقاومت فشاری ۷ روزه بتن الیاف فولادی ۵۷
نمودار۶-۲- مقاومت فشاری ۷روزه بتن الیاف پلیمری ۵۸
نمودار۶-۳- مقایسه مقاومت فشاری بتن الیاف فولادی و الیاف پلی‌پروپیلن در سن ۷روزه ۵۹
نمودار ۶-۴- مقایسه مقاومت فشاری ۲۸ روزه الیاف فولاد و پلی پروپیلن ۶۱
نمودار۶-۵- تنش و کرنش بتن حاوی۰تا ۳٪ الیاف فولاد ۶۲
نمودار۶-۶- تنش کرنش بتن حاوی۰تا ۶٪ الیاف فولاد ۶۲
نمودار۶-۷- تنش و کرنش بتن حاوی۰ تا ۶٪الیاف پلی‌پروپیلن ۶۳
نمودار ۶-۸ ،۶-۹ و ۶-۱۰ مقایسه بتن الیاف فولاد و پلی پروپیلن ۷روزه در آزمایش ضربه ۶۵
نمودار۶-۱۱، ۶-۱۲ و ۶- ۱۳ مقایسه الیاف فولاد و پلی پروپیلن در آزمایش ضربه سن ۲۸روز ۶۸
نمودار۶-۱۴، ۶-۱۵ و ۶-۱۶ مقایسه اولین ترک در بتن الیاف فولادی در سن ۷و۲۸روزه در آزمایش ضربه ۶۹
نمودار۶- ۱۷، ۶-۱۸ و ۶-۱۹ مقایسه اولین ترک در بتن الیاف پلی پروپیلن در سن ۷ و ۲۸روزه در آزمایش ضربه..... ۷۰
نمودار۶-۲۰، ۶-۲۱ و۶-۲۲ مقایسه ای اولین ترک در بتن الیاف فولادی نسبت به بتن بدون الیاف در آزمایش ضربه..... ۷۱
نمودار۶-۲۳، ۶-۲۴ و۶-۲۵ مقایسه ای اولین ترک در بتن الیاف پلی پروپیلن نسبت به بتن بدون الیاف در آزمایش ضربه۷۱

فصل اول

مقدمه

۱-۱- کلیات و تعریف صورت پروژه

امروزه بتن به عنوان یکی از پرمصرف‌ترین مصالح ساختمانی در جهان شناخته شده است. اقتصادی بودن، دسترسی آسان به اجزاء تشکیل دهنده، بالا بودن مقاومت فشاری این مخلوط باعث توجه روزافزون به آن شده است. بتن به عنوان ماده‌ای که ساختار اصلی بیشتر سازه‌ها از قبیل پل، سد، روسازی فرودگاه و اسکلت سازه‌ها و ... را تشکیل می‌دهد، از نظر خواص دارای مزایا و معایبی می باشد که نظر محققان و مهندسان را به خود جلب کرده است.[۱]

بتن جسم مرکبی است که از اجزای مختلف شامل سنگدانه، سیمان و آب ساخته می‌شود. شاید کمتر ماده ساختمانی می‌توان یافت که تا این حد تنوع داشته باشد. زیرا نه تنها با تغییر دادن مقدار سیمان، آب و سنگدانه‌ها، بلکه با مصرف سیمان‌های مختلف و مصالح سنگی متفاوت می‌توان بتن‌هایی با خواص متفاوت متناسب با نوع نیاز تولید کرد. امروزه بتن به عنوان یک ماده ساختمانی مهم در ساخت انواع مختلف سازه ها نظیر ساختمان‌ها، پل‌ها، تونل‌ها، سدها، اسکله‌ها، راه‌ها و سایر سازه‌های خاص دیگر کاربرد دارد. در ساخت و سازهای 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

ویژگی‌ها را در حد متوسط خواهد داشت. در سالهای اخیر کارشناسان با بررسی سازه‌های بتنی به ویژه در محیط‌های خورنده و سخت، متوجه شدند که مقاومت فشاری بتن نمی‌تواند 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.[۲]

امروزه در بعضی کشورهای پیشرفته صنعتی دستورالعمل و استانداردهایی برای طرح بتن‌های با عملکرد بالا تهیه شده که طراحان و مجریان در آن کشورها ملزم به رعایت این دستورالعمل‌ها 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 تاکنون برای رفع این مشکل پیشنهاد شده، استفاده از الیاف در بتن است.

بتن ساخته شده از مخلوط آب، سیمان، شن و ماسه که دارای مقاومت فشاری زیاد و مقاومت کششی کم بوده و به همین علت دارای شکل‌پذیری کم وتردی زیاد می‌باشد. برای رفع این عیب از تسلیح بتن توسط میلگردهای فولادی استفاده می شود. این میلگردها بصورت متمرکز در بتن قرار می‌گیرد و تا حد خیلی زیاد ضعف مقاومت کششی بتن را جبران می‌کند. استفاده از میلگرد در همه جا امکان پذیر نبوده یا باعث هزینه‌های زیادی می‌شود مانند پوسته کانالهای آب، روسازی فرودگاهها و ... از اینرو برای رفع این مشکل در چند دهه اخیر از رشته‌های نازک یا الیاف که به صورت یکنواخت در حجم بتن پراکنده شده استفاده می‌شود که ایده آن به قرنها قبل مانند استفاده از کاه یا موی دم اسب در خشت‌های گلی بر می‌گردد.[۳]

بتن الیافی در حقیقت نوعی کامپوزیت است که با به کارگیری الیاف تقویت‌کننده داخل مخلوط بتن، مقاومت کششی و فشاری آن، فوق‌العاده افزایش می‌یابد. این ترکیب کامپوزیتی، یکپارچگی و پیوستگی مناسبی داشته و امکان استفاده از بتن به عنوان یک مادهٔ شکل‌پذیر جهت تولید سطوح مقاوم پرانحنا 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.[۴]

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 تونل‌ها می‌باشد. اخیراً برای حذف ترک‌ها در پوشش تونل‌هایی که به صورت چند تکه پیش‌ساخته اجرا می‌شود از بتن بدون آرماتور و تنها الیاف استفاده شده و این نوع بتن سبب حذف ترک‌ها در حین عمل‌آوری و حمل و نقل قطعات و نصب آنها برای کامل کردن مقطع تونل‌های مترو شده است.[۴]

به‌کارگیری 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. درحال حاضر با استفاده از انواع الیاف شیشه، پلی‌پروپیلن، فولاد و بعضاً کربن، تولید انواع بتن‌های کامپوزیتی در کاربردهای مختلف صنعتی ممکن گردیده و به‌کارگیری آنها درکشورهای پیشرفته دنیا مورد قبول بخش ساختمان و عمران واقع شده است.

امروزه کاربرد 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 می‌باشد. هدف از کاربرد الیاف در بتن افزایش مقاومت کششی، کنترل گسترش ترک‌ها و افزایش طاقت بتن می باشد، تا قطعه بتنی بتواند در مقابل بارهای وارده در یک مقطع ترک خورده تغییر شکل‌های زیادی را پس از نقطه حداکثر تنش تحمل نماید.

ایده اضافه کردن الیاف به مخلوطهای ترد و شکننده که در مقابل کشش توان ناچیزی دارند، از زمانهای قدیم وجود داشته است. علیرغم اینکه تکنولوژی بتن الیافی در ایران کمتر شناخته شده است امروزه در دنیا انواع بسیار متنوعی از الیاف برای کاربردهای گوناگون در بتن وجود دارد که یکی از پرکاربردترین آنها، الیاف فولادی می باشد.

۱-۲- تاریخچه

استفاده از فیبرها و الیاف گیاهی در مخلوط ملاتها به ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ سال قبل برمی‌گردد. رومیان باستان از موی اسب و بز در مخلوط ملاتها برای ساخت دیوارهای خشتی استفاده می‌کردند. درمعابد بوداییان هندوستان از الیاف پوسته نارگیل برای اندود کردن دیوارها استفاده می‌شده است و چینی‌ها از الیاف گیاهی مانند سیسال، تفاله نیشکر و کتان برای ساخت ملاتهای خود استفاده می-کردند. در ایران نیز استفاده از کاه در ملات کاه‌گل از زمانهای بسیار دور مرسوم بوده است و نمونه بارز آن ارگ بم کرمان است. [۵]

در سال ۱۸۴۷ Joseph Lambot پیشنهاد کرد که با اضافه کردن الیاف پیوسته به شکل سیم به بتن یک ماده ساختمانی جدیدی می توان تولید کرد.[۷]در سال ۱۹۱۰ یک سری آزمایشات برای مقاومت بتن بوسیله الیافهای کوتاه توسط poter انجام شد .او با اضافه کردن گل میخ به بتن، افزایش مقاومت کششی و خردشدگی بتن را بدست آورد. در سال‌های بعد از ۱۹۱۰ ساخت المانهای کامپوزیت شامل سیمان و پنبه نسوز توسط Lhatschel توسعه یافت. در سال ۱۹۳۹ Zitkevic یک روش

برای بهبود رفتار بتن مسلح یافت. او از الیافهای سیم آهنی تقریبا به طول ۱۰۰و قطر mm ۱ که به الیاف فولادی مورد استفاده در بتن امروزی بسیار شبیه بود استفاده کرد و نتیجه گرفت که مقاومتهای فشاری، کششی و برشی افزایش می یابند.[۸]

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 موردآزمایش قراردادند. اولین استفاده از الیاف در جاده‌ها 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.[۵]

امروزه با توجه به حجم بالای بتن مصرفی در سطح جهان و اهمیت این ماده ساختمانی، تلاش‌های گسترده‌ای در جهت رفع نواقص آن صورت می‌گیرد. ارائه پیشنهاد استفاده از الیاف در پیکره بتن سهم عمده‌ای در بهبود بخشیدن خواص این ماده ساختمانی پرمصرف 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 تونل‌ها، پایدارسازی شیب‌ها و نظایر آن استفاده می شود. اما با توجه به مزایای استفاده از این نوع بتن، نیاز به تحقیق و بررسی‌های دقیق در این زمینه احساس می‌شود. در سال ۲۰۰۱ آقای مارار تحقیقاتی راجع به بتن‌های الیافی آغاز و از رشته‌های فولادی در بتن استفاده کردند نتایج نشان میداد اضافه کردن ۱٪ الیاف فولاد تا ۱۰ برابر در مقاومت ضربه تأثیر می‌گذارد.[۶]

در ایران در سال‌های گذشته تاکنون دکتر خالو در دانشگاه صنعتی شریف و دکتر نیلی در دانشگاه بوعلی همدان و افراد دیگری تحقیقاتی را در این زمینه شروع کرده ولی تمام این تحقیقات در درصد های پایین از الیاف بوده است. در سال ۲۰۱۲ دکتر خالو تحقیقاتی درباره بتن های حاوی درصدهای بالای الیاف فولاد را آغاز نموده و آقای پیام شاد در دانشگاه علم و فرهنگ پایان نامه خود را با موضوع بررسی مقاومت فشاری بتن‌های حاوی مقادیر بالای الیاف فولاد انجام دادند که از نتایج آن در ادامه استفاده خواهیم کرد.

با بررسی مقالات داخلی و خارجی مشخص گردید الیاف فولاد تأثیر مهمی در مقاومت کششی و ضربه ای بتن می‌گذارد بطوری که دکتر نیلی در مقاله خود با بررسی نتایج حاصل از آزمایش نشان می دهد مقاومت کششی با اضافه کردن ۱٪الیاف فولادی ۷۴٪ اضافه می‌شود همچنین با اضافه کردن ۱٪ الیاف فولاد مقاومت ضربه ای تا ۱۰ برابر افزایش یافته است.

بررسی‌های بیشتر در زمینه بتن های تحت بار ضربه نشان می‌دهد تاکنون بتن تحت درصدهای بالای الیاف فولاد مورد آزمایش قرار نگرفته است شاید یکی از دلایل آن سختی اختلاط باشد و این موضوع ما را بر آن داشت تا تحقیقاتی در این موضوع انجام دهیم.

۱-۳- ضرورت موضوع

بتن با توجه به حجم بالای تولید در سطح جهان در رتبهٔ نخست پرمصرف ترین مصالح سازه‌ای قرار دارد. به دلائل مختلف حجم زیادی از این بتن ترک می خورد. دلیل ترک خوردگی می تواند سازه‌ای یا غیرسازه‌ای 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 می‌دهد و بطور کلی با فراهم آوردن یکپارچگی و نرمی بیشتر جلوی گسترش ترکها در بدنه بتن را می‌گیرد.[۱]

اهمیت استفاده از الیاف بخصوص برای بتن های تحت بارهای دینامیکی و ارتعاشی بیشتر است. به عنوان مثال پی‌های 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 می‌برد. علاوه بر موارد ذکر شده در صنعت ساختمان سازی نیز اهمیت الیاف ثابت شده است. بخصوص هرجا که ضعف بتن در کشش مشکل ساز می‌شود، مانند شاهتیرهای دهانه‌های بزرگ، دالهای عریض، کنسولهای طویل و دیوارهای برشی بلند، همچنین از الیاف در ترمیم و مقاوم‌سازی سازه‌های موجود استفاده گسترده می‌شود.[۱]

۱-۴- مروری بر مباحث پایان نامه

در پایان‌نامه حاضر پس از مباحث مقدماتی فصول زیر را خواهیم خواند. در فصل دوم شرح مختصری از انواع بتن‌های الیافی ارائه شده است، همچنین موارد استفاده، افزودنی‌ها، مزایا و محدودیت‌های بتن الیافی عنوان شده است. در فصل سوم بطور تخصصی در مورد بتن‌های حاوی الیاف فولادی و پلیمری صحبت شده است، انواع الیاف از نظر شکل ظاهر معرفی شده اند، طرح اختلاط و نحوه ساخت آن‌ها بیان شده است و در مورد خواص مکانیکی آنها بطور کامل بحث شده است.

در فصل چهارم ساخت دستگاه مورد بررسی قرار گرفته است و در فصل پنجم نحوه انتخاب روش آزمایش ها، انتخاب مصالح، انتخاب روش شکست نمونه‌ها و بطور کلی مراحل انجام آزمایش‌ها عنوان شده است. در فصل ششم نیز نحوه استخراج نتایج، ترسیم نمودارها، تحلیل نتایج آنها بیان شده است. در فصل هفتم نتیجه گیری کرده و در پایان پیشنهاداتی جهت ادامه مسیر این پروژه عنوان شده است.

فصل دوم

آشنایی با بتن های الیافی

۲-۱- انواع الیاف

تنوع الیاف از نظر جنسیت، شکل و رفتار آنها در بتن باعث شده تا تحقیقات زیادی بر روی انواع الیاف صورت گیرد. این تحقیقات بیشتر در خارج از ایران صورت گرفته و از بتن الیافی در طرح-های عملی استفاده‌های زیادی شده است. ولی به دلیل نداشتن تولید تجاری در ایران و تحقیقات کمی که بر روی الیاف انجام شده اکثر مهندسین داخلی از مزایای بتن الیافی بی اطلاع می‌باشند. به همین منظور این تحقیق برای بررسی تأثیر الیاف بر روی مقاومت ضربه ای و فشاری صورت گرفته است.

استفاده از افزودنی‌های بتن باعث بهبود خواص مطلوب بتن، همچون مقاومت آن می گردد و در بعضی موارد با کاهش وزن بتن، مصالح بسیار سبکی را فرا راه مهندسین قرار می‌دهد. الیاف تقویت کننده نیز از دیگر مواد عصر حاضر هستند که کاربردهای فراوانی در قسمت های مختلف ساختمان یافته‌اند. این الیاف که بیشتر شامل الیاف شیشه، پلی پروپیلن و گاه کربن نیز می شود، در ساخت انواع بتن‌های الیافی کاربرد فراوان دارد. همچنین از الیاف شیشه می توان در تولید آرماتورهای سبک و بسیار مقاوم در برابر خوردگی بهره برد. این الیاف جایگاه نسبتاً مناسبی در تعمیر بناها و تقویت سازه های صدمه

دیده دارند و می توانند مقاومت پیچشی و برشی مناسبی پدید آورند. علاوه بر اینها از ورقه های پارچه‌ای فایبر گلاس نیز در تقویت انواع قطعات ساخته شده از بتن مسلح می توان استفاده نمود.

از انواع بتن الیافی می توان بتن با الیاف پلاستیکی (FRP)، بتن با الیاف شیشه ای (GFRC)، بتن با الیاف آرامیدی (AFRC)، بتن با الیاف کربنی (CFRC) و بتن با الیاف فلزی (SFRC) را نام برد.(شکل۲-۱)[۱]

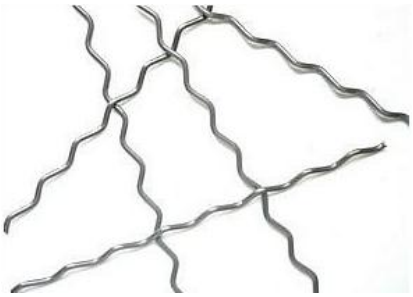
الیاف علاوه بر تفاوت در خواص، ممکن است از نظر هندسی نیز با هم متفاوت باشند. الیاف فولادی و شیشه‌ای که در سالهای گذشته استفاده می شدند دارای شکل مستقیم و صاف بودند اما الیافی که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند، دارای هندسه متعددی بوده و این مسئله به علت خواص مکانیکی آنها در درگیری با بتن می‌باشد. خواص انواع الیاف در جدول ۲-۱ذکر شده است.

از نظر کاربرد، الیاف معمولاً به دو دسته تقسیم می شوند:

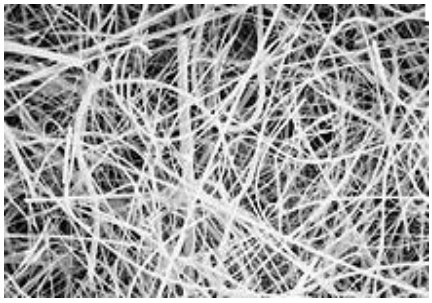
مقاومت بالا : مانند فولاد، شیشه و آزبست که معمولاً این دسته از الیاف برای افزایش مقاومت و سختی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مقاومت پائین : این دسته از الیاف با طول زیاد همراه بوده مانند نایلون، پلی‌پروپلین و پلی‌اتیلن، که بیشتر برای جذب انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یک رشته الیاف بامشخصه‌ای به نام نسبت ظاهری شناخته می شود که نسبت طول الیاف به قطر آن است. نسبت ظاهری الیاف معمولاً۳۰ تا ۱۵۰ به طولهای ۰/۶ تا ۷/۵ سانتیمتر است. از پلاستیک‌های مخصوصی نظیر نایلون، پلی‌پروپلین، پلی‌استروریون نیز الیافی به قطرهای ۰/۰۲ تا ۰/۳۸ میلیمتر ساخته شده است. الیاف فولادی با مقطع دایره، معمولاً در قطرهای ۰/۲۵ تا ۰/۸میلیمتر هستند. الیاف با مقطع مستطیلی نیز با ۰/۱۵ تا ۰/۵میلیمتر ضخامت و ۰/۲۵ تا ۰/۹ میلیمتر عرض تولید می‌شود. الیافی که از مواد طبیعی نظیر آزبست و کتان ساخته می‌شود اندازه مختلفی دارند.[۱]



الیاف فولاد



الیاف شیشه

الیاف کربن

الیاف پلیمری

شکل۲-۱- انواع الیاف