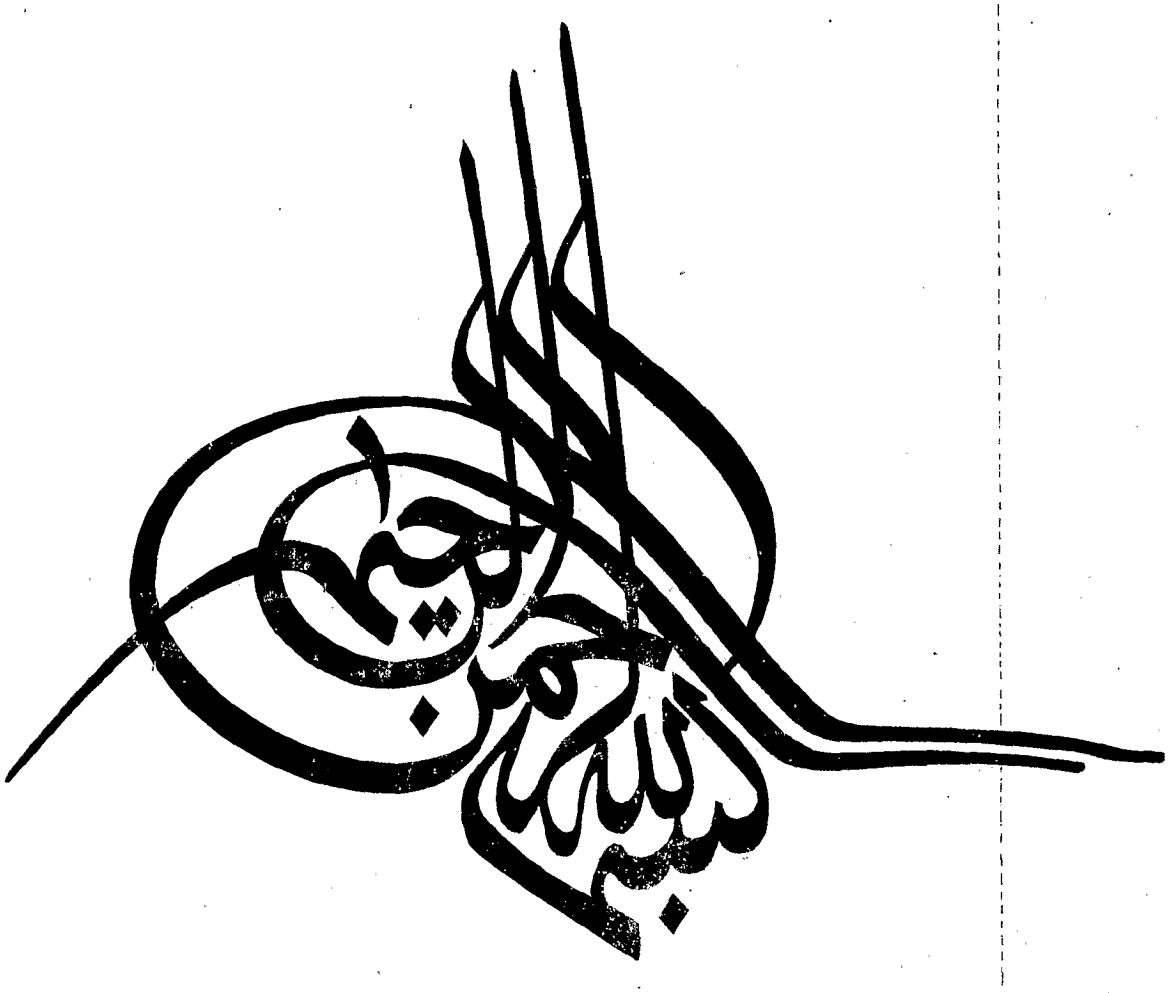


٤٦٧٥٩

دانشگاه تهران
دانشکده فنی

بررسی خواص کششی میلگردهای کامپوزیتی

نگارش : فرشاد خلقتی

استاد راهنما: دکترسیامک مطهری

۱۳۸۷ /۲/ ۵

پایان نامه جهت دریافت مدرک کارشناسی ارشد
مهندسی شیمی گرایش صنایع پلیمر

بهمن ۸۶

۴۷۵۹

تقدیم به پدرم و مادرم،

آنانکه ناتوان شدند تا توانا شوم، موهایشان سپید شد تا روسپید شوم.

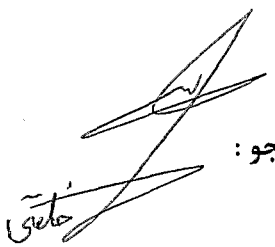
تقدیر و تشکر:

پس از سپاس و ستایش ایزد منان که توفیق انجام این پروژه را عنایت فرمود، از جناب آقای دکتر سیامک مطهری به خاطر راهنمایی‌های بی‌دریغشان نهایت سپاسگذاری را دارم. در ادامه از تمامی عزیزان، به ویژه دایی عزیزم مهندس بهرام قاضی وکیلی که در مراحل مختلف پروژه بنده را یاری رسانده اند کمال تشکر و قدردانی را دارم. از عمه دلسوزم و عموهای مهربانم نیز که در طی دوران تحصیلی همیشه پشتیبان و مشوق من بوده اند تشکر و سپاسگذاری می نمایم.

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب ...مهسا...حاتمی... تائید می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آنها استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشکده فنی دانشگاه تهران می باشد.



نام و نام خانوادگی دانشجو :

امضای دانشجو :

چکیده

در سالهای اخیر استفاده از کامپوزیتهای پلیمری در ساختار بتن توجه بسیاری از محققان و تولید کنندگان را به خود جلب کرده است. پدیده خوردگی در میلگردهای فولادی سبب شد که محققان به فکر استفاده از مواد دیگری به جای آن بیفتند. بهترین گزینه برای این امر میلگردهای اف.آر.پی بود. وجود یکسری معایب در میلگردهای اف.آر.پی سبب گردیده است که تاکنون نتوانند به طور وسیع در ساخت و سازها استفاده گردند. مهمترین معایب میلگردهای کامپوزیتی ساختار ترد آنها می باشد که سبب می شود وقتی تحت بار قرار می گیرند، یک شکست ناگهانی و بدون هیچگونه هشدار در آنها ایجاد شود. از دیگر معایب میلگردهای کامپوزیتی می توان به پایین بودن کرنش شکست و مدول و چسبندگی ضعیف آنها به بتن اشاره نمود.

در این پروژه سعی گردیده است که با استفاده از ساختار هیبریدی، رفتار شکننده کامپوزیتها را به شبه داکتایل تبدیل نموده و همچنین با استفاده از تکنیکهای ساخت مختلف و استفاده از دو نوع الیاف در ساختار کامپوزیت، کرنش شکست میلگرد را افزایش داد تا در نهایت چقرمگی آن افزایش یابد. وقتی بتنهایی که با میلگردهای اف.آر.پی چقرمه تقویت شده اند تحت تنش قرار می گیرند، میلگرد شروع به افزایش طول می نماید. درصورتیکه میزان تنش بسیار زیاد باشد میلگرد به ناحیه تسلیم خود می رسد و افزایش طول بیشتری در آن دیده می شود. این افزایش طول به مانند یک هشدار عمل کرده و زمان لازم را به مسئولان نگهداری از سازه می دهد تا اقدام به تعمیر و یا تعویض آن قسمت نمایند.

در این تحقیق از الیاف کربن و شیشه و رزین وینیل استر در ساخت میلگردها استفاده گردید. میلگردها به صورت دولایه (هسته و پوسته) بوده که هسته با یکی از الیاف و به روش پالتروژن ساخته شده و سپس الیاف دیگر به دور آن تابانده شدند. تاثیر محل قرار گیری الیاف کربن و شیشه و همچنین درصد آنها نسبت به یکدیگر بر روی خواص مکانیکی میلگرد، با انجام آزمونهای کشش مشخص گردید و در نهایت نتایج تجربی بدست آمده از آزمونهای کشش با نتایج تئوری بدست آمده از قانون مخلوط ها مقایسه گردید .

فهرست

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	۱
۱-۱- مقدمه	۱
۱-۲- سیر تکاملی تقویت کننده های اف.آر.پی	۲
۱-۳- شرکتهای تولید کننده میلگردهای کامپوزیتی	۳
فصل دوم: معرفی میلگردهای کامپوزیتی	۵
۲-۱- ساختار میلگردهای اف.آر.پی	۵
۲-۱-۱- الیاف	۵
۲-۱-۲- رزین	۵
۲-۲- انواع الیاف مورد استفاده در کامپوزیتها	۶
۲-۲-۱- الیاف شیشه	۶
۲-۲-۲- الیاف بور	۷
۲-۲-۳- الیاف کربن	۸
۲-۲-۴- الیاف آرامید	۹
۲-۲-۵- الیاف پلی اتیلن	۱۰
۲-۳- انواع رزینهای مورد استفاده در کامپوزیتها	۱۰
۲-۳-۱- پلی استرها	۱۰
۲-۳-۲- وینیل استرها	۱۱
۲-۳-۳- رزین های اپوکسی	۱۲
۲-۴- خواص فیزیکی و مکانیکی	۱۴
۲-۴-۱- دانسیته	۱۵
۲-۴-۲- انبساط حرارتی	۱۵
۲-۴-۳- استحکام کششی	۱۵

۲-۴-۴- مدول کششی ۱۵
۲-۴-۵- استحکام فشاری ۱۶
۲-۴-۶- مدول الاستیسیته فشاری ۱۶
۲-۴-۷- استحکام برشی ۱۶
۲-۴-۸- خزش و شکست در اثرخزش ۱۷
۲-۴-۹- خستگی ۱۷
۲-۵- فاکتورهای موثر بر خواص مکانیکی ۱۸
۲-۵-۱- رطوبت ۱۸
۲-۵-۲- آتش و دما ۱۸
۲-۵-۳- امواج ماوراء بنفش ۱۹
۲-۵-۴- خوردگی ۱۹
۲-۶- مشخصه های مهم یک میلگرد ۱۹
۲-۶-۱- نحوه شکست ۱۹
۲-۶-۲- سفتی و مدول ۲۱
۲-۶-۳- کرنش در نقطه شکست ۲۳
۲-۶-۴- چسبندگی بین میلگرد و بتن ۲۳
۲-۷- هیبرید کامپوزیتها ۲۴
۲-۸- مشاهده سلامتی سازه ۲۵
۲-۹- مشکلات انجام آزمایشات کشش بر روی میلگردهای کامپوزیتی ۲۵
۲-۹-۱- استاندارد ACI 440.3R ۲۷
۲-۹-۲- استاندارد ASTM D391.84 ۳۱

فصل سوم: نگاهی به کارهای انجام شده توسط محققین دیگر ۳۵
۳-۱- مقدمه ۳۵
۳-۲- باکیس و همکاران ۳۵
۳-۳- صفان ۴۰
۳-۴- کوکاز، نانی و همکاران ۴۲
۳-۵- هریس، همپتون و همکاران ۴۵
۳-۶- بلاربی و همکاران ۴۶

۳-۷- هیبرید کامپوزیتها ۵۰
۳-۸- فایبر اپتیک سنسورها ۵۲

فصل چهارم: محاسبات تئوریک ۵۴
۴-۱- محاسبات تئوریک ۵۴
۴-۲- اهداف پروژه ۵۷

فصل پنجم: مطالعات آزمایشگاهی ۶۱
۵-۱- مقدمه ۶۱
۵-۲- مشخصات مواد مصرفی ۶۲
۵-۲-۱- الیاف کربن ۶۲
۵-۲-۲- الیاف شیشه ۶۲
۵-۲-۳- رزین وینیل استر ۶۲
۵-۳- انتخاب روش ساخت ۶۳
۵-۴- نحوه ساخت میلگردها ۶۴
۵-۵- مراحل انجام پروژه ۶۸
۵-۵-۱- مرحله اول ۶۹
۵-۵-۲- مرحله دوم ۷۲
۵-۵-۳- مرحله سوم ۷۴
۵-۵-۴- مرحله چهارم ۷۷
۵-۵-۵- مرحله پنجم ۸۲
۵-۵-۶- مرحله ششم ۸۵
۵-۵-۷- مرحله هفتم ۸۷

فصل ششم: نتایج و مباحثات ۹۰
۶-۱- مقدمه ۹۰

۶-۲- محاسبه نتایج تئوریک ۹۰
۶-۲-۱- میلگردهای مرحله پنجم ۹۱
۶-۲-۲- میلگردهای مرحله ششم ۹۴
۶-۲-۳- میلگردهای مرحله هفتم ۹۶
۶-۳- نتایج آزمونهای کشش ۹۸
۶-۳-۱- میلگردهای مرحله اول ۹۸
۶-۳-۲- میلگردهای مرحله دوم ۱۰۰
۶-۳-۳- میلگردهای مرحله سوم ۱۰۲
۶-۳-۴- میلگردهای مرحله چهارم ۱۰۳
۶-۳-۵- میلگردهای مرحله پنجم ۱۰۴
۶-۳-۶- میلگردهای مرحله ششم ۱۱۰
۶-۳-۷- میلگردهای مرحله هفتم ۱۱۲

فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۱۶
۷-۱- نتیجه گیری ۱۱۶
۷-۲- پیشنهادات ۱۱۷

منابع و مراجع ۱۱۸

فهرست جدول ها

جدول ۲-۱- مقایسه خواص مکانیکی فولاد و کامپوزیتهای مختلف
جدول ۲-۲- خصوصیات فیزیکی و مکانیکی الیاف شیشه
جدول ۲-۳- مقایسه خواص انواع الیاف کربن
جدول ۲-۴- مقایسه خواص انواع الیاف کولار
جدول ۲-۵- خواص عمومی پلی استر پخت شده
جدول ۲-۶- خواص عمومی رزین وینیل استر پخت شده
جدول ۲-۷- خواص عمومی رزین اپوکسی پخت شده
جدول ۲-۸- مقایسه خواص فیزیکی مکانیکی نمونه هایی از کامپوزیتها
جدول ۲-۹- مقایسه خواص فیزیکی مکانیکی میلگردهای فولادی و کامپوزیتی
جدول ۲-۱۰- ابعاد پیشنهادی لوله فولادی جهت ساخت گیره مطابق استاندارد ACI 440.3R
جدول ۲-۱۱- ابعاد گیره آلومینیومی جهت انجام آزمون کشش مطابق استاندارد ASTM D3916

جدول ۳-۱- خواص الیاف و ماتریس مورد استفاده توسط باکیس و همکاران
جدول ۳-۲- ترکیب درصد الیاف در نمونه های ساخته شده توسط باکیس و همکاران
جدول ۳-۳- نتایج آزمایشات کشش بر روی نمونه های ساخته شده توسط باکیس و همکاران
جدول ۳-۴- خواص فیزیکی و مکانیکی منتج شده از دو روش کششی و خمشی (صفان)
جدول ۳-۵- میانگین استحکام و انحراف معیار نمونه های آزمایش شده توسط کوکاز و همکاران
جدول ۳-۶- مشخصات اجزاء میلگرد کامپوزیتی حاوی سه نوع الیاف (بلاربی)
جدول ۳-۷- مشخصات اجزاء میلگردهای کامپوزیتی حاوی دو نوع الیاف (بلاربی)

جدول ۵-۱- مشخصات هسته میلگردهای مرحله اول
جدول ۵-۲- مشخصات پوسته میلگردهای مرحله اول
جدول ۵-۳- مشخصات میلگرد نهایی مرحله اول
جدول ۵-۴- مشخصات هسته میلگردهای مرحله دوم
جدول ۵-۵- مشخصات پوسته میلگردهای مرحله دوم
جدول ۵-۶- مشخصات میلگرد نهایی مرحله دوم

جدول ۵-۷- مشخصات هسته میلگردهای مرحله سوم
جدول ۵-۸- مشخصات پوسته میلگردهای مرحله سوم
جدول ۵-۹- مشخصات میلگرد نهایی مرحله سوم
جدول ۵-۱۰- مشخصات هسته میلگردهای مرحله چهارم
جدول ۵-۱۱- مشخصات پوسته میلگردهای مرحله چهارم
جدول ۵-۱۲- مشخصات میلگرد نهایی مرحله چهارم
جدول ۵-۱۳- مشخصات هسته میلگردهای مرحله پنجم
جدول ۵-۱۴- مشخصات پوسته میلگردهای مرحله پنجم
جدول ۵-۱۵- مشخصات میلگرد نهایی مرحله پنجم
جدول ۵-۱۶- مشخصات هسته میلگردهای مرحله ششم
جدول ۵-۱۷- مشخصات پوسته میلگردهای مرحله ششم
جدول ۵-۱۸- مشخصات میلگرد نهایی مرحله ششم
جدول ۵-۱۹- مشخصات هسته میلگردهای مرحله هفتم
جدول ۵-۲۰- مشخصات پوسته میلگردهای مرحله هفتم
جدول ۵-۲۱- مشخصات میلگرد نهایی مرحله هفتم

جدول ۶-۱- مشخصات میلگردهای مرحله پنجم
جدول ۶-۲- مشخصات میلگردهای مرحله ششم
جدول ۶-۳- مشخصات میلگردهای مرحله هفتم
جدول ۶-۴- مشخصات میلگردهای مرحله اول
جدول ۶-۵- خواص مکانیکی میلگردهای مرحله اول
جدول ۶-۶- مشخصات میلگردهای مرحله دوم
جدول ۶-۷- خواص مکانیکی میلگردهای مرحله دوم
جدول ۶-۸- مشخصات میلگردهای مرحله سوم
جدول ۶-۹- خواص مکانیکی میلگردهای مرحله سوم
جدول ۶-۱۰- مشخصات میلگردهای مرحله چهارم
جدول ۶-۱۱- خواص مکانیکی میلگردهای مرحله چهارم
جدول ۶-۱۲- مشخصات میلگردهای مرحله پنجم
جدول ۶-۱۳- خواص مکانیکی میلگردهای مرحله پنجم
جدول ۶-۱۴- مشخصات میلگردهای مرحله ششم
جدول ۶-۱۵- خواص مکانیکی میلگردهای مرحله ششم

جدول ۶-۱۶- مشخصات میلگردهای مرحله هفتم
جدول ۶-۱۷- خواص مکانیکی میلگردهای مرحله هفتم

فهرست شکلها

شکل ۲-۱- نمودار تنش کرنش الیاف مختلف و فولاد
شکل ۲-۲- جزئیات گیره جهت انجام آزمون کشش مطابق استاندارد ACI 440.3R
شکل ۲-۳- شماتیک میلگرد کامپوزیتی جهت انجام آزمون کشش مطابق استاندارد ACI 440.3R
شکل ۲-۴- نحوه اتصال گیره به انواع فکهای دستگاه کشش
شکل ۲-۵- فیکسچر جهت عمود نگه داشتن نمونه ها و گیره ها مطابق استاندارد ACI 440.3R
شکل ۲-۶- شماتیک گیره آلومینیومی جهت انجام آزمون کشش مطابق استاندارد ASTM D3916

شکل ۳-۱- تصویر سطح مقطع نمونه های میلگرد کامپوزیتی ساخته شده توسط باکیس و همکاران
شکل ۳-۲- نمودار نیرو و مقاومت تا نقطه شکست برای میلگرد نوع A
شکل ۳-۳- نمودار نیرو و مقاومت تا نقطه شکست برای میلگرد نوع B
شکل ۳-۴- نمودار نیرو و مقاومت تا نقطه شکست برای میلگرد نوع D
شکل ۳-۵- نمودار نیرو و مقاومت تا نقطه شکست برای میلگرد نوع E
شکل ۳-۶- نمودار نیرو و مقاومت تا نقطه شکست برای میلگرد نوع F
شکل ۳-۷- نمودار نیرو و مقاومت تا نقطه شکست برای میلگرد نوع G
شکل ۳-۸- دستگاه طراحی شده جهت تاباندن الیاف توسط صفان
شکل ۳-۹- شمای کلی انجام ازمون خمش بر روی میلگردهای کامپوزیتی(صفان)
شکل ۳-۱۰- نحوه قرار دادن میلگرد کامپوزیتی در دستگاه کشش (کوکاز)
شکل ۳-۱۱- نمونه های تخریب شده آزمون کشش توسط کوکاز و همکاران
شکل ۳-۱۲- نمودار فراوانی برحسب تنش در نمونه های مختلف (کوکاز)
شکل ۳-۱۳- شمای میلگرد کامپوزیتی، ساخته شده به روش پالتروژن و تاباندن الیاف توسط هریس و همکاران
شکل ۳-۱۴- نمودار نیرو بر حسب کرنش میلگردهای کامپوزیتی (هریس)
شکل ۳-۱۵- مقایسه نمودار تئوریک و تجربی میلگردهای حاوی سه نوع الیاف (بلاربی)
شکل ۳-۱۶- محل های شکست در یک نمونه کششی (بلاربی)
شکل ۳-۱۷- نمودار تنش کرنش میلگردهای حاوی دو نوع لیف (بلاربی)

شکل ۴-۱- نمودار تنش-کرنش تئوری میلگرد کامپوزیتی هیبریدی دو لایه

شکل ۵-۱- شمای کلی دستگاه پالتروژن
شکل ۵-۲- شمای کلی دستگاه فیلامنت وایندینگ
شکل ۵-۳- الیاف کربن که به صورت دسته بندی شده در کنار هم قرار گرفته اند
شکل ۵-۴- آغشته شدن الیاف در داخل حمام رزین
شکل ۵-۵- الیاف در حال رد شدن از لوله شیشه ای
شکل ۵-۶- میلگرد الیاف کربن ساخته شده به روش پالتروژن
شکل ۵-۷- الیاف شیشه در حال تابیده شدن به دور هسته
شکل ۵-۸- شمای یک میلگرد نهایی
شکل ۵-۹- شماتیک هسته و ابعاد آن
شکل ۵-۱۰- شماتیک پوسته و ابعاد آن
شکل ۵-۱۱- شماتیک میلگرد کامپوزیتی و ابعاد آن
شکل ۵-۱۲- جزئیات لایه های مختلف میلگرد کامپوزیتی
شکل ۵-۱۳- تصویر یک میلگرد کامپوزیتی
شکل ۵-۱۴- ناهمواریهای موجود در تقویت کننده انتهایی
شکل ۵-۱۵- تصویر قطعه فولادی طراحی شده جهت انجام تست کشش
شکل ۵-۱۶- نحوه قرار گرفتن میلگرد کامپوزیتی در دستگاه کشش
شکل ۵-۱۷- نحوه قرار گرفتن میلگرد در گیره های فولادی
شکل ۵-۱۸- محل قرار گرفتن بوشهای فولادی در میلگرد
شکل ۵-۱۹- شماتیک میلگرد کامپوزیتی ساخته شده و شیارهای ایجاد شده در دو انتهای آن
شکل ۵-۲۰- تصویر میلگردهای کامپوزیتی ساخته شده در مراحل پنج و شش

شکل ۶-۱- ساده سازی سطح مقطع دایروی به تخت جهت انجام محاسبات تئوریک
شکل۶-۲- لمینار کامپوزیت فرض شده جهت انجام محاسبات تئوریک
شکل ۶-۳- نمودار تنش-کرنش تئوری میلگردهای گروه پنجم
شکل ۶-۴- نمودار تنش-کرنش تئوری میلگردهای گروه ششم
شکل ۶-۵- نمودار تنش-کرنش تئوری میلگردهای گروه هفتم
شکل ۶-۶- نمودار تنش کرنش میلگردهای مرحله اول
شکل ۶-۷- نمودار تنش کرنش میلگردهای مرحله دوم

شکل ۶-۸- نمودار تنش کرنش میلگردهای مرحله سوم
شکل ۶-۹- نمودار تنش کرنش میلگردهای مرحله چهارم
شکل ۶-۱۰- نمودار تنش کرنش میلگردهای مرحله پنجم
شکل ۶-۱۱- توزیع تنش و کرنش بین دو نقطه شکست
شکل ۶-۱۲- نحوه قرارگیری الیاف در میلگردهای تولید شده به روش پالتروزن
شکل ۶-۱۳- عوامل موثر بر کاهش استحکام کامپوزیتها
شکل ۶-۱۴- نمودار تنش کرنش میلگردهای مرحله ششم
شکل ۶-۱۵- نمودار تنش کرنش میلگردهای مرحله هفتم

فصل اول:

مقدمه

۱-۱- مقدمه

طول عمر کوتاه و هزینه نگهداری بالا به دلیل خوردگی و خستگی سبب شد که مسئولان پلها و آزادراهها به فکر استفاده از مواد دیگری به جای فولاد بیفتند، زیرا این فولادها در بازه های زمانی کوتاه مدت باید تعمیر و تعویض شوند. علاوه برمناطقی که خوردگی زیاد می باشد، استفاده از میلگردهای کامپوزیتی در مناطقی که میدان مغناطیسی وجود دارد و نمی توان از تجهیزات فلزی استفاده نمود توصیه می شود مانند بیمارستانها و اتاق های ام.آر.آی. [۱،۲،۳]

کامپوزیتها دارای مزایای فراوانی می باشند، یکی از مهمترین مزایای اف.آر.پی ها دوام و حفظ خواصشان در محیط های خورنده است. قرار گرفتن قایق ها در اب دریا به مدت نیم قرن و یا بیشتر بدون اینکه هیچگونه صدمه ای به آنها وارد شود دلیلی بر این ادعا می باشد[٤]. سبکی آنها نیز یکی دیگر از مزایای آنها می باشد وزن این میلگردها در حدود٪۲۰ نوع فولادی است. با اینحال هنوز هم استفاده از میلگردهای کامپوزیتی زیاد مرسوم نمی باشد چون دارای یکسری معایب می باشند که عبارت است از:

۱- نیروی چسبندگی پایین میلگردهای کامپوزیتی به بتن،
۲- مقاومت خمشی پایین،
۳- مدول پایین،
٤- چقرمگی پایین،
٥- کرنش در نقطه شکست پایین،
٦- قیمت تمام شده بالا،

از ۳۵ سال گذشته کامپوزیتها به شکل اف.آر.پی جهت مقاوم سازی بتن وارد مهندسی عمران شده اند. ولی در سالهای اخیر مهندسین عمران شروع به فعالیت در زمینه شناخت مزایای اف.آر.پی ها و گسترش استفاده از آنها کرده اند. هم اکنون اف.آر.پی ها نه تنها در ساخت سازه های جدید استفاده می شوند بلکه در اصلاح سازه های قدیمی و افزایش مقاومت آنها در برابر شوکهای ناشی از زلزله نیز مورد استفاده قرار می گیرند.

با طراحی مناسب کامپوزیت می توان به خواص مکانیکی مورد نیاز میلگردها مانند استحکام، سختی، چقرمگی، مقاومت در برابر خستگی، نیروی جاذبه بالا بین میلگرد و بتن، و استحکام خمشی بالا دست یافت. همچنین با استفاده از سنسور درکامپوزیتها (مانند فایبر اپتیک سنسورها) می توان به صورت لحظه ای از ساختار بتن و عکس العمل آن در برابر نیروهای خارجی اطلاع پیدا کرد.

میلگردهای کامپوزیتی عمدتاًدر موارد زیر مورد استفاده قرار می گیرند:

- بتنهایی که در معرض نمکهای ضد یخ قرار دارند مثل بتنهای استفاده شده در زیر ریلهای آهن، سطح پلها، پارکینگها و مخازن نگهداری نمک.
- بتنهایی که در معرض آب دریا قرار دارند مثل دیوارهای دریایی، موج شکنها، ساختمانها و تاسیسات نزدیک دریا، اسکله ها و غیره.
- بتنهایی که در میدان الکترومگنتیک قرار دارند مثل: اتاق ام.آر.آی در بیمارستانها، برجکهای پرواز و فرودگاهها،
- بتنهایی که در مجاورت کابلهای با ولتاژ بالا و یا ترانسفورماتورها قرار دارند و غیره.

۱-۲- سیر تکاملی تقویت کننده های اف.آر.پی

در دهه ۱۹۶۰ پدیده خوردگی در پلهای بزرگراهها و سازه ها باعث شد که محققان به فکر چاره ای برای حل این مشکل بیفتند. پاشیدن نمک در سطح جاده ها در مناطق با آب و هوای سرد و کوهستانی و نمکهای موجود در آب دریا سبب شتاب بخشیدن پدیده خوردگی می شود. فولادهای خورده شده و پوسیده شده می توانند باعث شکست زودهنگام و ازبین رفتن سریع بتن شوند. اولین راه حلی که برای حل این مشکل انتخاب شد استفاده از میلگرد های با پوشش گالوانیک بود مهندسان بسیار سریع متوجه شدند که این روش کارایی چندانی ندارد و دارای معایب زیادی می باشد که مهمترین آنها واکنشی بود که بین فولاد و فلز روی موجود در پوشش رخ می دهد. در اواخر ۱۹۶۰ رزینهای ضد آب و نفوذ کننده به داخل بتن ساخته شدند ولی به دلیل عدم تطابق ظرفیت گرمایی آنها با فولاد با موفقیت چندانی روبرو نشدند. در اواخر دهه ۱۹۶۰ و اوایل ۱۹۷۰ پوشش های پلیمری که عمدتاً از جنس اپوکسی بودند جهت استفاده در خطوط لوله گاز و نفت مورد استفاده قرار گرفتند و به سرعت بعد از آن میلگردهای پوشش داده شده با اپوکسی وارد صنعت ساخت و ساز شدند این میلگردها با وجود داشتن یکسری معایب تا اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل ۱۹۸۰ مورد استفاده قرار می گرفتند تا اینکه میلگردهای کامپوزیتی ساخته شده و مورد استفاده قرار گرفتند و محاسن آنها و سهولت ساختشان سبب شد که بتوانند جایگزین میلگردهای فولادی با پوشش

اپوکسی شوند. از آن تاریخ تا کنون محققان سعی در بر طرف نمودن مشکلات و معایب این میلگردها را دارند. در سال ۱۹۸٦ اولین پل با استفاده از میلگردهای کامپوزیتی در آلمان ساخته شد، پس از ان استفاده از میلگردهای کامپوزیتی در اروپا و اخیراً در آمریکای شمالی و ژاپن مرسوم گردیده است.

۱-۳- شرکتهای تولید کننده میلگردهای کامپوزیتی {تا سال ۲۰۰۲}

هم اکنون ۹ شرکت در آمریکا میلگردهای کامپوزتی جهت تقویت سازی بتن تولید می کنند که تمامی آنها از جنس الیاف شیشه با رزین پلی استر و یا وینیل استر می باشند و به روش پالتروژن تولید می شوند، بعضی از شرکتهای فوق برای افزایش چسبندگی بین میلگرد و بتن، بر روی میلگردها ناهمواریهای سطحی خاصی با تابیدن یک یا چند دسته لیف ایجاد می کنند و یا از پوشش شن بر روی میلگرد استفاده می کنند.

یک شرکت در کانادا و چند شرکت دیگر نیز در ژاپن تقریباً به روشهای فوق میلگردهای کامپوزیتی تولید می نمایند[٥] .