اول دفتر به نام ایزد دانا

۱۱۱۷۶۵

وزارت علوم تحقیقات و فن‌آوری
دانشگاه علوم و فنون مازندران

موضوع:

بررسی رفتار تیرهای بتنی ساخته شده از میلگردهای GFRP و بتن خود متراکم (SCC)

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی عمران- سازه

استاد راهنما:
دکتر مرتضی حسینعلی‌بیگی

استاد مشاور:
دکتر بهرام نوائی‌نیا

نگارش:
آرمان صالحی

تابستان ۱۳۸۵

۱۳۸۸/۲/۰۵

۱۱۱۷۶۵

تقدیم به :

یاوران بی ادعا

سپاس :

خدای را سپاس که بی موهبت او هیچ تلاشی را ثمری نیست.

دانشجو: آرمان صالحی

رشته : مهندسی عمران گرایش سازه

عنوان پروژه : بررسی رفتار خمشی تیرهای بتنی ساخته شده از

آرماتورهای GFRP وبتن خود متراکم

ارزش: ۶ واحد

تاریخ تصویب پروژه :خرداد۱۳۸۴

تاریخ دفاع پروژه : شهریور ۱۳۸۵

استاد راهنما :

دکترمرتضی حسینعلی بیگی امضاء

استاد مشاور :

دکتر بهرام نوائی نیا امضاء

هیئت داوران :

دکتر سلطانی محمدی امضاء

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول ـ کلیات

۱-۱) پیشگفتار ---------- ۲

۱-۲) معرفی میلگردهای پلیمری و مقایسه عملکرد آن با میلگردهای فولادی ---------- ۳

۱-۳) ساختار میلگردهای پلیمری ---------- ۴

۱-۴) مشخصات انواع میلگردهای پلیمری ---------- ۶

۱-۵) بررسی رفتار تیرهای بتن مسلح با میلگردهای پلیمری تحت تأثیر بارهای خارجی ---------- ۷

۱-۶- آشنایی با بتن خود متراکم ---------- ۸

۱-۶-۱- فرضیات مسئله ---------- ۱۰

۱-۶-۲ مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی SCC ---------- ۱۱

۱-۶-۳ معایب SCC ---------- ۱۲

۱-۶-۴ طرح اختلاط SCC ---------- ۱۳

۱-۶-۵ نیازهای کلی در طرح اختلاط و ارزابی عملکرد هریک از اجزاء تشکیل‌دهنده SCC ---------- ۱۵

۱-۶-۵-۱ حجم بالای خمیر ---------- ۱۵

۱-۶-۵-۲ حجم بالای ذرات ریز کوچکتر از ۸۰μm ---------- ۱۶

۱-۶-۶ آزمایشاتی برای تعیین خصوصیات مختلف بتن تازه SCC ---------- ۱۶

۱-۶-۶-۱- آزمایش T50-SLUMP-FLOW ---------- ۱۷

۱-۶-۶-۲ آزمایش تعیین رفتار روانی SCC با استفاده از دستگاه‌های کامپوتری ---------- ۱۸

۱-۶-۶-۳ آزمایش L-BOX ---------- ۲۰

۱-۶-۶-۴آزمایش Stability sieving ---------- ۲۱

۱-۶-۶-۵ آزمایش U-Flow ---------- ۲۴

۱-۶-۷ سیستم قالب‌بندی برای SCC ---------- ۲۵

عنوان | صفحه

۱-۶-۸ نحوه بتن‌ریزی SCC در کارگاه ---------- ۲۷
۱-۷) اصول و فرضیات آنالیز تیرهای بتنی مسلح با میلگردهای FRP ---------- ۳۰
۱-۸) هدف از تحقیق ---------- ۳۰

فصل دوم ـ بررسی تحقیقات انجام شده و نتایج آن

۲-۱) پیشگفتار ---------- ۳۳
۲-۲) تحقیقات سعادت منش و احسانی (۱۹۹۱) ---------- ۳۳
۲-۲-۱) آرماتورهای FRP استفاده شده در آزمایش ---------- 33
۲-۲-۲) مشخصات تیرهای بتنی مورد آزمایش ---------- ۳۴
۲-۲-۳) روش انجام آزمایش ---------- ۳۵
۲-۲-۴) نتایج حاصل از آزمایش ---------- ۳۵
۲-۳) تحقیقات بنموکران، چلال و مسمودی (۱۹۹۶) ---------- ۳۹
۲-۳-۱) مشخصات آرماتورهای استفاده شده در آزمایش ---------- ۳۹
۲-۳-۲) روش آزمایش ---------- ۴۱
۲-۳-۳) مودهای خرابی و ظرفیت باربری تیرها ---------- ۴۲
۲-۳-۴) سختی خمشی موثر در تیرهای مورد آزمایش ---------- ۴۵
۲-۳-۵) توزیع کرنش در بتن و آرماتورها ---------- ۴۷
۲-۳-۶) نتایج تحقیقات ---------- ۵۰
۲-۴) روابط آئین نامه ACI برای طراحی خمشی تیرهای بتنی مسلح با آرماتورهای GFRP ------- ۵۱
۲-۴-۱) مقاومت کششی طراحی آرماتورهای FRP ---------- ۵۱
۲-۴-۲) فرضیات اساسی در محاسبات ظرفیت خمشی تیر ---------- ۵۲
۲-۴-۳) مقاومت خمشی تیر ---------- ۵۲

عنوان | صفحه

۲-۴-۴) حالات شکست ---------- ۵۳
۲-۴-۵) ظرفیت خمشی اسمی مقطع ---------- ۵۴
۲-۴-۶) ضریب کاهش مقاومت خمشی ---------- ۵۴
۲-۴-۷) آرماتورگذاری حداقل برای آرماتورهای FRP ---------- ۵۶
۲-۴-۸) استفاده از آرماتورهای FRP به عنوان آرماتور فشاری ---------- ۵۶
۲-۴-۹) خدمت پذیری ---------- ۵۷
۲-۵) تحقیقات ویجی و گنگاور (۲۰۰۱) ---------- ۵۹
۲-۵-۱) شکست متعادل ---------- ۵۹
۲-۵-۲) شکست کششی ---------- ۶۰
۲-۵-۳) شکست فشاری ---------- ۶۰
۲-۵-۴) مقایسه ظرفیت خمشی مقطع در دو حالت شکست کششی و شکست فشاری ---------- ۶۲
۲-۵-۵) استفاده از آرماتورهای GFRP به عنوان آرماتور فشاری ---------- ۶۳
۲-۵-۶) تأثیر نوع شکست بر خیز و عرض ترکها ---------- ۶۴
۲-۶) تحقیقات ویکتور و ونگ ---------- ۶۵
۲-۶-۱) مشخصات آرماتورهای مورد آزمایش ---------- ۶۵
۲-۶-۲) روش انجام آزمایش ---------- ۶۶
۲-۶-۳) نتایج حاصل از آزمایشات ---------- ۶۶
۲-۶-۴) بررسی عرض ترکها ---------- ۶۸

فصل سوم ـ روش اجرای آزمایش

۳-۱) پیشگفتار ---------- ۷۰
۳-۲) هدف از آزمایش و تشریح متغیرهای مورد استفاده ---------- ۷۰
۳-۲-۱) طرح سازه ای تیرها ---------- ۷۱

عنوان | صفحه

۳-۲-۲) معرفی مشخصات تیرها ---------- ۷۲

۳-۳) نحوه اجرای آزمایش ---------- ۷۴

۳-۳-۱) طرح اختلاط بتن معمولی و بتن مقاومت بالا ---------- ۷۸

۳-۳-۲) روند تهیه بتن معمولی و بتن مقاومت بالا ---------- ۸۰

۳-۳-۳) آرماتوربندی ، قالب بندی و بتن ریزی تیرها ---------- ۸۱

۳-۳-۴) عمل آوری تیرها ---------- ۸۲

۳-۳-۵) آزمایش تیرها ---------- ۸۲

فصل چهارم ـ بررسی نتایج حاصل از آزمایش

۴-۱) پیشگفتار ---------- ۹۴

۴-۲) بررسی ترک‌خوردگی و نحوه شکست تیرها ---------- ۹۴

۴-۳) بررسی سختی و تغییر مکان تیرهای بتنی مسلح با FRP ---------- ۱۰۰

۴-۴) بررسی رفتار بار ـ کرنش خمشی منفی A ---------- ۱۰۴

۴-۵) بررسی رفتار بار ـ کرنش خمشی B ---------- ۱۰۷

۴-۶) بررسی رفتار بار ـ کرنش خمشی C ---------- ۱۱۰

۴-۷) بررسی ظرفیت خمشی مقطع و مقایسه با روابط آیین‌نامه ACI ---------- ۱۱۵

فصل پنجم ـ نتایج و پیشنهادات

۵-۱) پیشگفتار ---------- ۱۲۲

۵-۲) خلاصه تحقیق ---------- ۱۲۳

۵-۳) نتایج حاصل از آزمایش ---------- ۱۲۳

۵-۴) مقایسه نتایج حاصل از این تحقیق با تحقیقات گذشته ---------- ۱۲۵

۵-۵) پیشنهاد برای تحقیقات آینده ---------- ۱۲۶

منابع و مراجع ---------- ۱۲۷

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱ : عوامل مؤثر در طرح اختلاط SCC ---------- ۱۴

جدول ۱-۲- معیارهای پیشنهادی در آزمایش GTM ---------- ۲۴

جدول ۱-۳- معیار پیشنهادی روشهای بکاررفته برای آزمایش SCC ---------- ۲۵

جدول ۲-۱) : جزئیات تیرهای سری F با آرماتورهای طولی GFRP و خاموتهای فولادی ---------- ۳۴

جدول ۲-۲) : جزئیات تیرهای سری S با آرماتورهای طولی فولادی و خاموتهای GFRP ---------- ۳۴

جدول (۲-۳) : مشخصات آرماتورهای مصرفی ---------- ۳۹

جدول (۲-۴) : مشخصات بتن مصرفی ---------- ۴۱

جدول (۲-۵) : نسبت آرماتورگذاریهای بالانس و موجود در تیرها ---------- ۴۲

جدول (۲-۶) : متوسط فاصله ترک در تیرها ---------- ۴۲

جدول (۲-۷) : نتایج آزمایشات بارگذاری و مودهای خرابی تیرها ---------- ۴۳

جدول (۲-۸) : عمقهای متوسط آزمایشگاهی و تئوری بلوک تنش مستطیلی بتن در بار نهایی -------- ۵۰

جدول (۲-۹) : ضریب کاهش محیطی برای الیاف و شرایط محیطی مختلف ---------- ۵۱

جدول (۲-۱۰) : ظرفیت خمشی تیرهای بتنی مسلح با GFRP در شکستهای کششی و فشاری ----- ۶۲

جدول (۲-۱۱) : درصد افزایش مقاومت خمشی تیرهای بتنی مسلح با GFRP در شکست فشاری

در مقایسه با شکست کششی ---------- ۶۲

جدول (۲-۱۲) : مشخصات نمونه های آزمایشی ---------- ۶۶

جدول (۲-۱۳) : خلاصه نتایج آزمایشات ---------- ۶۸

جدول (۳-۱) : مشخصات آرماتورGFRP ---------- ۷۲

جدول ۳-۲): مشخصات تیرهای آزمایشی ۵۰ ---------- ۷۳

جدول ۳-۳): تعیین نرمی ماسه ---------- ۷۶

جدول (۳-۴) : مقدار مصالح موجود در یک متر مکعب بتن معمولی و مقاومت بالا(کیلوگرم) -------- ۷۹

عنوان | صفحه

جدول (۳-۵) : داده‌های آزمایش تیر NCF1 ---------- ۸۶

جدول (۳-۶) : داده‌های آزمایش تیر NCF2 ---------- ۸۷

جدول (۳-۷) : داده‌های آزمایش تیر NCF3 ---------- ۸۸

جدول (۳-۸) : داده‌های آزمایش تیر HCF1 ---------- ۸۹

جدول (۳-۹) : داده‌های آزمایش تیر HCF2 ---------- ۹۰

جدول (۳-۱۰) : داده‌های آزمایش تیر HCF3 ---------- ۹۱

جدول (۳-۱۱) : داده‌های آزمایش تیر NCS1 ---------- ۹۲

جدول (۴-۱) : مقدار بار کل و ممان خمشی مربوط به اولین ترک و نوع شکست تیرها ---------- ۱۰۰

جدول (۴-۲) مقادیر ظرفیت خمشی اسمی، بار نهایی و ظرفیت خمشی نهایی تیرها ---------- ۱۱۱

فهرست اشکال

عنوان صفحه

شکل (۱-۱) : نمونه هایی از آرماتورهای FRP موجود ---------- ۶

شکل(۱-۲) : تشکیل طاق هنگام عبور جریان بتن از ناحیه متراکم ---------- ۱۱

شکل(۱-۳) : اصول بنیادی برای تولید SCC ---------- ۱۳

شکل(۴-۱): آزمایش اسلامپ جریان ---------- ۱۸

شکل(۱-۵) : دستگاه BML ---------- ۱۹

شکل (۱-۶) : L-BOX ---------- ۲۱

شکل(۱-۷) : U-Flow ---------- ۲۵

شکل (۲-۱) : نمودار تغییرات بار برحسب خیز وسط دهانه در تیر F1 ---------- ۳۶

شکل (۲-۲) : نمودار تغییرات بار برحسب خیز وسط دهانه در تیر F2 ---------- ۳۷

شکل (۲-۳) : نمودار تغییرات بار برحسب خیز وسط دهانه در تیر F3 ---------- ۳۸

شکل(۲-۴) : نمودار تغییرات بار ـ خیز در تیرهای سری اول ISO ---------- ۴۷

شکل(۲-۵) : نمودار تغییرات بار ـ خیز در تیرهای سری دوم ISO ---------- ۴۷

شکل (۲-۶) : نمودار تنش ـ کرنش آرماتورهای GFRP در دو حالت آزاد و مدفون در بتن ---------- ۴۸

شکل (۲-۷) : نمودار ممان ـ کرنش وسط دهانه درتیرهای سری اول ISO ---------- ۴۸

شکل (۲-۸) : نمودار ممان ـ کرنش وسط دهانه در تیرهای سری اول ST ---------- ۴۹

شکل (۲-۹) نمودار عمق تار خنثی ـ کرنش وسط دهانه در تیرهای آزمایشی ---------- ۴۹

شکل (۲-۱۰) : توزیع تنش و کرنش در شرایط نهایی ---------- ۵۳

شکل (۲-۱۱) : ضریب کاهش مقاومت خمشی برای درصدهای مختلف آرماتورگذاری FRP ---------- ۵۶

شکل(۳-۱) : نمودار تنش ـ کرنش GFRP ---------- ۷۲

شکل (۳-۲) : مشخصات تیرها و نحوه قرارگیری آرماتورها ---------- ۷۴

عنوان — صفحه

شکل(۳-۳): نحوه رشد مقاومت بتن خود متراکم مقاومت بالا ---------- ۸۰

شکل (۳-۴) : نمایی از آرماتوربندی تیرها ---------- ۸۱

شکل (۳-۵) : نمایی از قالبهای مورد استفاده برای بتن‌ریزی تیرها ---------- ۸۲

شکل (۳-۶) : عمل‌آوری تیرهای بتنی ---------- ۸۲

شکل (۳-۷) : دستگاه مورد استفاده برای سنجش کرنشها ---------- ۸۳

شکل (۳-۸) : نحوه بارگذاری تیرها ---------- ۸۴

شکل (۳-۹) : نحوه اعمال نیرو بر تیرهای آزمایشی و موقعیت خیزسنج و کرنش سنجها ---------- ۸۴

شکل (۴-۱) : نحوه ترک‌خوردگی و گسیختگی تیر NCF1 ---------- ۹۴

شکل (۴-۲) : نحوه ترک‌خوردگی و گسیختگی تیر NCF2 ---------- ۹۵

شکل (۴-۳) : نحوه ترک‌خوردگی و گسیختگی تیر NCF3 ---------- ۹۶

شکل (۴-۴) : نحوه ترک‌خوردگی و گسیختگی تیر HCF1 ---------- ۹۷

شکل (۴-۵) نحوه ترک‌خوردگی و گسیختگی تیر HCF2 ---------- ۹۷

شکل (۴-۶) : نحوه ترک‌خوردگی و گسیختگی تیر HCF3 ---------- ۹۸

شکل (۴-۷) نحوه ترک‌خوردگی و گسیختگی تیر NCS1 ---------- ۹۹

شکل (۴-۸) : اثر افزایش مقاومت بتن بر خیز تیرهای بتنی مسلح با FRP با درصد آرماتورگذاری $\rho f = 0.00487$ ---------- ۱۰۱

شکل (۴-۹) : اثر افزایش مقاومت بتن بر خیز تیرهای بتنی مسلح با FRP با درصد آرماتورگذاری $\rho f = 0.00745$ ---------- ۱۰۲

شکل (۴-۱۰) : اثر افزایش مقاومت بتن بر خیز تیرهای بتنی مسلح با FRP با درصد آرماتورگذاری $\rho f = 0.00741$ ---------- ۱۰۲

شکل (۴-۱۱) : اثر کاهش ابعاد مقطع بر خیز تیرهای بتنی مسلح با FRP که از بتن معمولی ساخته شده‌اند و سطح مقطع آرماتور کششی آنها یکسان است ---------- ۱۰۳

عنوان **صفحه**

شکل (۴-۱۲) : اثر کاهش ابعاد مقطع بر خیز تیرهای بتنی مسلح با FRP که از بتن مقاومت بالا ساخته شده‌اند و سطح مقطع آرماتور کششی آنها یکسان است ---------- ۱۰۳

شکل (۴-۱۳) : اثر افزایش مقاومت بتن بر منحنی بار ـ کرنش خمشی منفی A در تیرهای بتنی مسلح با FRP با درصد آرماتورگذاری $\rho f = 0.00487$ ---------- ۱۰۴

شکل (۴-۱۴) : اثر افزایش مقاومت بتن بر منحنی بار ـ کرنش خمشی منفی A در تیرهای بتنی مسلح با FRP با درصد آرماتورگذاری $\rho f = 0.00745$ ---------- ۱۰۵

شکل (۴-۱۵) : اثر افزایش مقاومت بتن بر منحنی بار ـ کرنش خمشی منفی A در تیرهای بتنی مسلح با FRP با درصد آرماتورگذاری $\rho f = 0.00990$ ---------- ۱۰۵

شکل (۴-۱۶) : اثر کاهش ابعاد مقطع بر منحنی بار ـ کرنش خمشی منفی A در تیرهای بتنی مسلح با FRP که از بتن معمولی ساخته شده‌اند و سطح مقطع آرماتور کششی آنها یکسان است ---------- ۱۰۶

شکل (۴-۱۷) : اثر کاهش ابعاد مقطع بر منحنی بار ـ کرنش خمشی منفی A در تیرهای بتنی مسلح با FRP که از بتن مقاومت بالا ساخته شده‌اند و سطح مقطع آرماتور کششی آنها یکسان است ---------- ۱۰۷

شکل (۴-۱۸) : اثر افزایش مقاومت بتن بر منحنی بار ـ کرنش خمشی Bدر تیرهای بتنی مسلح با FRP با درصد آرماتورگذاری $\rho f = 0.00487$ ---------- ۱۰۷

شکل (۴-۱۹) : اثر افزایش مقاومت بتن بر منحنی بار ـ کرنش خمشی B در تیرهای بتنی مسلح با FRP با درصد آرماتورگذاری $\rho f = 0.00745$ ---------- ۱۰۸

شکل (۴-۲۰) : اثر افزایش مقاومت بتن بر منحنی بار ـ کرنش خمشی B در تیرهای بتنی مسلح با FRP با درصد آرماتورگذاری $\rho f = 0.00990$ ---------- ۱۰۸

شکل (۴-۲۱) : اثر کاهش ابعاد مقطع بر منحنی بار ـ کرنش خمشی B در تیرهای بتنی مسلح با FRP ساخته شده‌از بتن خود متراکم معمولی با آرماتور کششی یکسان ---------- ۱۰۹

شکل (۴-۲۲) : اثر کاهش ابعاد مقطع بر منحنی بار ـ کرنش خمشی B در تیرهای بتنی مسلح با FRP از بتن خودمتراکم مقاومت با آرماتور کششی یکسان ---------- ۱۱۰

عنوان **صفحه**

شکل (۴-۲۳) : اثر استفاده از بتن خودمتراکم مقاومت بالا به جای بتن معمولی بر روی ظرفیت خمشی اسمی مقطع در تیرهای بتنی مسلح با FRP با درصد آرماتورگذاری $\rho f = 0.00487$ ---------- ۱۱۲

شکل (۴-۲۴) : اثر استفاده از بتن خودمتراکم مقاومت بالا به جای بتن معمولی بر روی ظرفیت خمشی اسمی مقطع در تیرهای بتنی مسلح با FRP با درصد آرماتورگذاری $\rho f = 0.00745$ ---------- ۱۱۲

شکل(۴-۲۵) : اثر استفاده از بتن خودمتراکم مقاومت بالا به جای بتن معمولی بر روی ظرفیت خمشی اسمی مقطع در تیرهای بتنی مسلح با FRP با درصد آرماتورگذاری $\rho f = 0.00990$ ---------- ۱۱۳

شکل (۴-۲۶): اثر استفاده از بتن خودمتراکم مقاومت بالا به جای بتن معمولی بر روی ظرفیت خمشی اسمی مقطع در تیرهای بتنی مسلح با FRP با درصد آرماتورگذاری $\rho f = 0.00990$ ---------- ۱۱۴

شکل(۴-۲۷): اثر استفاده از بتن خودمتراکم مقاومت بالا به جای بتن معمولی بر روی ظرفیت خمشی اسمی مقطع در تیرهای بتنی مسلح با FRP با درصد آرماتورگذاری $\rho f = 0.00990$ ---------- ۱۱۵

شکل (۴-۲۸) : اثر استفاده از بتن خودمتراکم مقاومت بالا به جای بتن معمولی بر روی ظرفیت خمشی اسمی مقطع در تیرهای بتنی مسلح با FRP با درصد آرماتورگذاری $\rho f = 0.00990$ ---------- ۱۱۵

چکیده

امروزه استفاده از مصالح پلیمری در صنعت ساختمان به دلیل خصوصیات خوب این مصالح در مقابل خوردگی و ... رو به افزایش است. میلگردهای پلیمری *Fiber Reinforced Polymer(FRP)* برخلاف آرماتورهای فولادی، دارای رفتاری کاملاً الاستیک تا حد گسیختگی و شکست ترد می‌باشند. این پدیده به همراه مدول الاستیسیته پائین این مصالح که موجب گسترش و تعریض ترکها می‌گردد استفاده از این میلگردها را محدود نموده است.

از سویی استفاده از بتن خودمتراکم امروزه در جهان رو به افزایش است. این نوع بتن به دلیل خصوصیات آن در حالت تازه مورد توجه بسیاری است.

در این پژوهش به بررسی رفتار خمشی تیرهای بتنی مستطیلی مسلح با *GFRP* که از بتن خودمتراکم ساخته شده‌اند پرداخته و با ساخت تعداد ۷ نمونه آزمایشگاهی، نوع شکست ظرفیت خمشی نهایی تیر، خیز تیر، بار اولین ترک، نحوه ایجاد و گسترش ترکها، کرنش‌های کششی و فشاری به وجود آمده در تیر را مورد بررسی قرار داده‌ایم.

به دلیل ثابت بودن ابعاد آرماتورهای *GFRP* اثر تغییر ابعاد تیرها مورد بررسی قرار گرفت. در مقاطع ثابت نیز اثر تغییر مقاومت بتن بر خصوصیات تیر بررسی گردید.

نتایج آزمایشات پس از مقایسه با تحقیقات گذشته نشان می‌دهد خیز تیر و عرض ترکها و تعداد گستردگی آنها در تیرهای بتنی مسلح با *GFRP* و بتن خودمتراکم بیشتر از تیرهای مسلح با فولاد می‌باشد و منحنی بار خیز تیرهای بتنی مسلح با *GFRP* تقریباً خطی بوده و رفتار کاملاً استیک است. استفاده از بتن خودمتراکم مقاومت بالا به جای مقاومت معمولی آن، بهبود قابل توجهی در بار اولین ترک ایجاد کرد. همچنین از عرض ترکها کاسته و گستردگی آنها را افزایش داده است.

فصل اول

کلیات

۱-۱) پیشگفتار

مقاومت فشاری مناسب بتن و مقاومت کششی بالای آرماتورهای فولادی، همچنین برخی رفتارهای فیزیکی و مکانیکی مناسب این دو ماده باعث استفادهٔ هر چه بیشتر از بتن مسلح یا میلگردهای فولادی در صنعت ساختمان گردیده است که عبارتند از :

۱. تغییر شکل یکنواخت در اثر اعمال بار به علت چسبندگی مناسب بتن و فولاد
۲. عدم وجود تنشهای حرارتی در بتن مسلح به دلیل نزدیک بودن ضریب انبساط حرارتی بتن و فولاد به یکدیگر
۳. مقاومت نسبتا مناسب در برابر شرایط محیطی به دلیل وجود پوشش بتنی بر روی آرماتور

اگر چه بتن مسلح به علت پوشش بتنی، مقاومت نسبتاً خوبی در برابر شرایط محیطی دارد اما ترکهایی در اثر بارگذاری به بتن ایجاد شده و پرهیز از آنها اجتناب ناپذیر است. بتن مسلح در مکانهایی که در معرض حمله شدید مواد شیمیایی قرار دارند مانند سواحل دریاها، نمی تواند مقاومت مناسبی از خود نشان داده و این مواد شیمیایی سبب خوردگی آرماتورهای فولادی و در نتیجه کاهش عمر مفید سازه می گردند. بنابراین در چند دهه اخیر همواره تلاش بر این بوده است که مواد مناسبی را جایگزین فولاد سازند که علاوه بر دارا بودن خواص فیزیکی و مکانیکی ذکر شده در بالا، در مقابل مواد شیمیایی نیز مقاومت مناسبی از خود نشان دهند .

با پیشرفت صنعت پلیمردر جهان در صنعت ساختمان نیز از این تکنولوژی بهره برداری شده و این امر باعث ورود میلگردهای پلیمری[1] به صنعت ساختمان گردید. میلگردهای پلیمری گزینه مناسبتری در مقایسه با سایر مواد بوده و تحقیقات در مورد این میلگردها به عنوان یک مصالح

[1] Fiber Reinforced Polymer (FRP)

جدید همچنان ادامه دارد . تحقیق حاضر به بررسی رفتار تیرهای بتن آرمه شامل میلگردهای پلیمری پرداخته است.

۱-۲) معرفی میلگردهای پلیمری و مقایسه عملکرد آن با میلگردهای فولادی

میلگردهای پلیمری در مقایسه با میلگردهای فولادی دارای مزایای نسبتاً زیادی می‌باشندکه عبارتند از :

۱. در مقابل حمله مواد شیمیایی مقاومتر از فولاد می باشند .
۲. مقاومت کششی نهایی آنها بسیاربیشتر از فولاد می باشد.
۳. وزن آنها بسیار سبکتر از فولاد می باشد. (حدود یک چهارم وزن فولاد)
۴. عایق الکتریسیته هستند و بر میدانهای مغناطیسی و امواج رادیویی تأثیر گذار نیستند.
۵. دارای تنوع و قطر یکنواخت میلگردها می باشند.

البته میلگردهای پلیمری معایبی نیز دارند که استفاده از آنها را تا حدی محدود ساخته است که عبارتند از :

۱. تغییر شکل (خیز) بسیار زیاد در قطعات ساخته شده توسط این میگردها .
۲. عدم شکل پذیری و در نتیجه شکست ترد این میلگردها.
۳. عدم وجود ضوابط و آیین نامه های طراحی جامع برای بتن مسلح با این میلگردها

البته هم اکنون تلاشهایی در جهت بر طرف کردن این معایب و کاربرد هر چه بیشتر این مواد در صنعت ساختمان ادامه دارد.

۱-۳) ساختار میلگردهای پلیمری

میلگردهای پلیمری از دو عنصر اصلی الیاف[۲] و شبکه[۳] تشکیل شده اند. الیافها تارهای بسیار نازکی هستند و نحوه تولید آنها به این صورت می باشد که ماده مورد نظری که بیانگر نوع الیاف است را در حالت مذاب از داخل غلافهایی به صورت مداوم و سریع می کشند، سپس این تارها را در زمان بسیار کوتاهی به دمای محیط رسانده و خنک می کنند. سپس تارهای به دست آمده را دسته بندی کرده و برای عملیات شکل دهی[۴] آماده می کنند . عملکرد مهم الیافها در داخل کامپوزیتها عبارتست از:

الف) مدول الاستیسیته بالا

ب) مقاومت نهایی بالا

ج) تغییرات بسیار کم مقاومت هر کدام از الیافها نسبت به یکدیگر

د) مقاومت مناسب در هنگام حمل و نقل

ه) قطر یکنواخت

عنصر اساسی دیگر تشکیل دهنده مواد مرکب شبکه می باشد که جهت تأمین اهداف زیر در کامپوزیتها استفاده می شود :

الف) جهت در بر گرفتن و یکپارچه کردن الیافها و محافظت از آنها در برابر صدمات ممکن در مدت بهر برداری از کامپوزیت .

ب) انتقال بهتر تنشها به الیافها از طریق چسبندگی و یا اصطکاک

ج) تقسیم و جدا سازی الیاف از یکدیگر

د) سازگاری شبکه با الیافها از نظر شیمیایی و حرارتی

---

[2] Fiber
[3] Matrix
[4] Pultrusion process