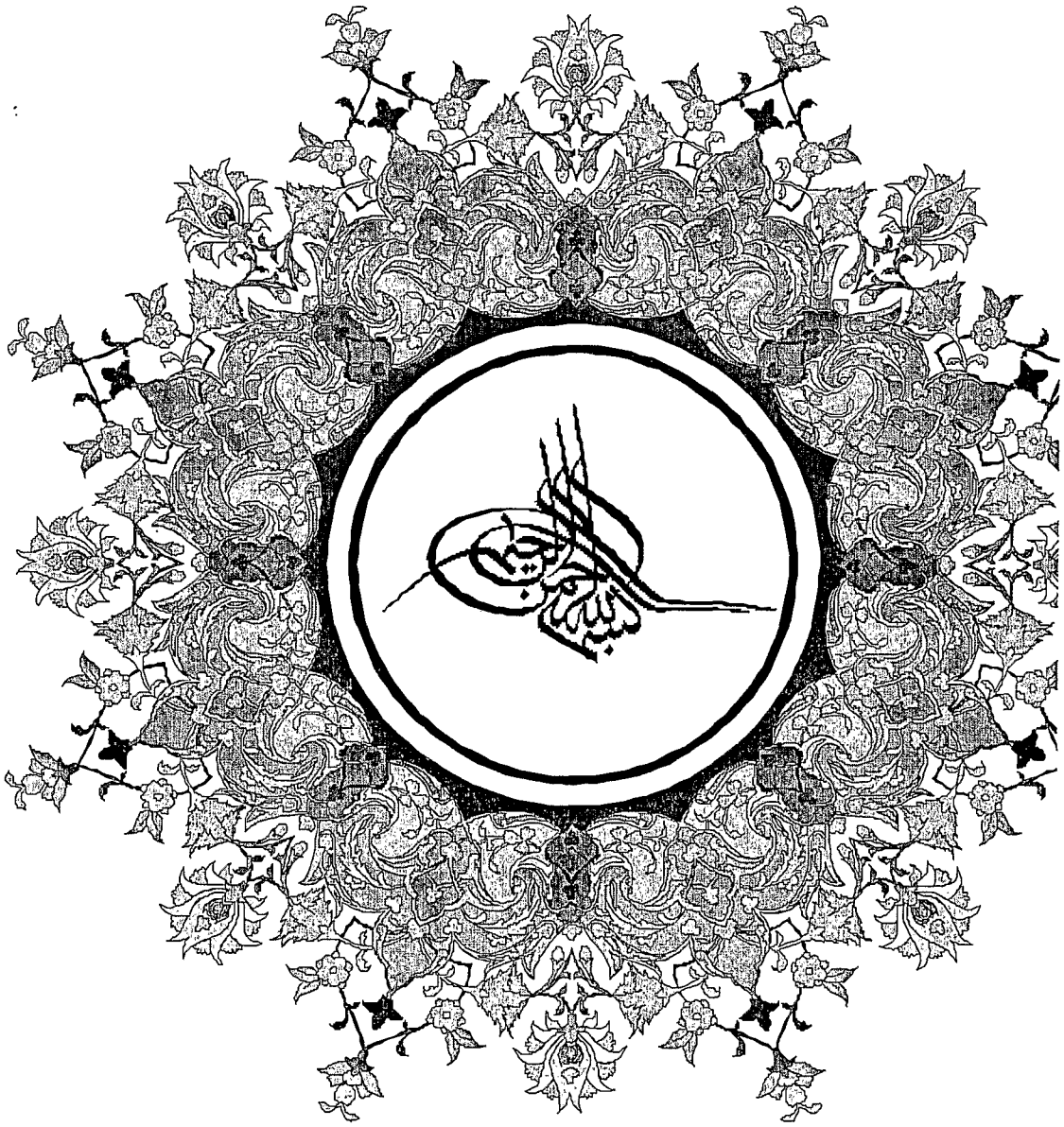


١٠٨٢٨٣

دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در (عمران -سازه)

عنوان:

تقویت خمشی تیرهای بتن سبک با GFRP

۱۳۸۷ /۹/ ۲۴

اساتید راهنما:

دکتر محمود میری

دکترمرتضی حسینعلی بیگی

تحقیق و نگارش:

امیر قدس

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

شهریور ۱۳۸۷

۱۰۸۲۸۳

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان تقویت خمشی تیرهای بتن سبک با FRP قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد .عمران-سازه توسط دانشجو امیر قدس تحت راهنمایی استاد پایان نامه دکتر محمود میری و دکتر مرتضی حسینعلی بیگی. تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

(نام و امضاء دانشجو)

امیر قدس

این پایان نامه ۸ واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ۸۷/۶/۲۷ توسط هیئت داوران بررسی و درجه عالی به آن تعلق گرفت.

	نام و نام خانوادگی	امضاء	تاریخ
استاد راهنما:	محمود میری		
استاد راهنما:	مرتضی حسینعلی بیگی		
استاد مشاور:			
داور ۱:	محمد رضا سحرابی		
داور ۲:	علیرضا میرزا گل تبار		
نماینده تحصیلات تکمیلی:			

۱۳۸۷/۹/۲۴

دانشگاه سیستان و بلوچستان

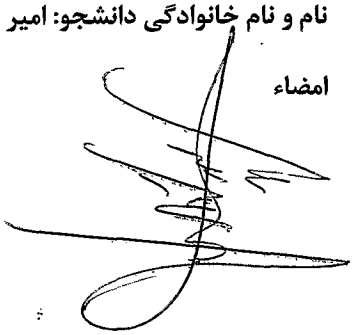
تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب امیر قدس تأیید می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: امیر قدس

امضاء



تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم آقای مهندس عبدالمجید قدس و خانم اکرم آقایی که تا کنون زحمات زیادی جهت اینجانب متحمل شده اند و از هیچ تلاشی جهت به ثمر نشستن این تحقیق دریغ نورزیدند و از دوستانی که یادشان همواره موجب دلگرمی و امتنان خاطر اینجانب بوده وخواهد بود.

سپاسگزاری

با سپاس از خداوند متعال که توفیق انجام این تحقیق را به بنده فرمود لازم می دانم که مراتب تشکر و امتنان خالصانه خود را از آقایان **دکتر محمود میری** و **دکتر مرتضی حسینعلی بیگی** که به عنوان اساتید راهنما اینجانب را در تمام مراحل این تحقیق یاری فرمودند داشته باشم و از خداوند منان برای این عزیزان موفقیت در تمام مراحل زندگی را خواستارم.

همچنین از پدر و مادرم و برادرانم آقایان **مهندس علی قدس** و **مهندس امید قدس** و دوست عزیزم **مهندس مهدی علیجانی** که در انجام این پروژه از هیچ کوششی دریغ نورزیدند کمال تشکر وقدردانی را می نمایم.

چکیده:

به منظور بررسی تاثیر تقویت تیرهای مسلح T شکل ساخته شده با بتن سبک سازه‌ای با استفاده از ورقهای GFRP تعداد ۹ عدد تیر T شکل طراحی شـده و بعد از تقویت، تحت بار اسـتاتیک مورد آزمـایش قرار گرفته اند. نمونه‌های آزمایشگاهی به سه گروه (اول تا سوم) با مقاومت خمشی میانگـین و پایین و بالا تقسـیم گردیده اند. تمامی نمونه ها دارای مقاومت برشی کافی می باشند. در تمامی تیرها از دو میلگرد نمره ۱۲ به عنوان میلگرد فشاری استفاده شده است. در هر گروه یک تیر شاهد و دو تیر شامل تقویت می باشد.

با توجه به بررسی‌هایی که انجام گرفته است ، تیرهای آزمایش شده گروه اول (شامل یک لایه صفحه GFRP و دو لایه صفحه GFRP) افزایش مقاومت خمشی ۸۱ درصد و ۱۱۶ درصد را به ترتیب نشان می دهد. تیرهای آزمایش شده گروه دوم (شامل یک لایه صفحه GFRP و سه لایه صفحه GFRP) افزایش مقاومت خمشی ۵۶ درصد و۱۶۶ درصد را به ترتیب نشان می دهد. تیرهای آزمایش شده گروه سوم (شامل یک لایه صفحه GFRP و دو لایه صفحه GFRP) افزایش مقاومت خمشی ۶۷ درصد و۱۰۰ درصد را به ترتیب نشان می دهد. در پایان نتایج تجربی و محاسباتی با هم مقایسه می گردند. نتیجه دیگر افزایش در صلبیت وکاهش در شکل پذیری تیرهای تقویت شده نسبت به تیر شاهد می باشد.

کلمات کلیدی: تیرهایTشکل، تقویت خمشی، GFRP ، تیرهای سبک بتن مسلح

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: کلیات و مقدمه ۱
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲ اهداف تحقیق ۳
۱-۳ ساختارتحقیق ۳
فصل دوم: مـــــــروری بر تحقیقات قبلی ۵
۲-۱- مقدمه ۶
۲-۲- تقویت(STRENTHENING) ۶
۲-۲-۱- تعریف ۶
۲-۲-۲- روشهای متداول تقویت ۷
۲-۲-۲-۱ استفاده از پیش‌تنیدگی خارجی ۷
۲-۲-۲-۲ تقویت با استفاده از آرماتور خارجی ۸
۲-۲-۲-۳- تقویت با استفاده از صفحه فولادی ۸
۲-۲-۲-۴- تقویت با استفاده از صفحات الیاف مرکب (FRP) ۹
۲-۲-۳- مروری بر تحقیقات قبلی و نتایج حاصل ۱۰
۲-۲-۳-۱- استفاده از صفحات پلیمری مسلح (FRP) ۱۰
۲-۲-۴- مزایا و معایب صفحات فولادی و صفحات مسلح به الیاف (FRP) ۱۶
۲-۲-۴-۱- مزایای روش استفاده از ورق‌های FRP نسبت به ورق‌های فولادی ۱۶
۲-۲-۴-۲- معایب استفاده از روش صفحات مسلح به الیاف (FRP) نسبت به ورق‌های فولادی ۱۶
۲-۳- تحقیقات انجام شده در مورد بتن سبک ۱۷
۲-۴- طبقه‌بندی بتن‌های سبک و روش تولید آنها ۱۷
۲-۵- انواع بتن‌های سبک ۱۸
۲-۵-۱- بتن گازی ۱۸
۲-۵-۲- بتن کفی ۱۸
۲-۵-۳- بتن EPS ۲۰
۲-۵-۴- بتن بدون ریزدانه ۲۱
۲-۵-۵- بتن خاک اره‌ای ۲۲
فصل سوم: مطالعات آزمایشگاهی و خواص مصالح مصرفی ۲۳
۳-۱- مشخصات نمونه های مورد آزمایش ۲۴
۳-۲- طرح اختلاط بتن سبک سازه‌ای و خواص مکانیکی آن ۲۷

۳-۳- خواص مصالح مصرفی ۲۸
۳-۳-۱- مصالح سنگی ۲۸
۳-۳-۲- سیمان ۲۸
۳-۳-۳- آرماتور مصرفی ۲۹
۳-۳-۴- فوق روان‌کننده ۲۹
۳-۳-۵- لیکا ۳۰
۳-۳-۵-۱- ویژگیهای شیمیایی دانه لیکا ۳۱
۳-۳-۵-۲- دانه‌بندی دانه‌های لیکا ۳۲
۳-۳-۵-۳- وزن فضایی و چگالی دانه‌های لیکا ۳۴
۳-۳-۵-۴- جذب آب دانه‌های لیکا ۳۴
۳-۳-۵-۵- رسانایی حرارتی دانه‌های لیکا ۳۵
۳-۳-۵-۶- افت صوتی دانه‌های لیکا ۳۶
۳-۳-۵-۷- مقاومت در برابر آتش ۳۶
۳-۳-۵-۸- مقاومت مکانیکی و تغییرشکل بتن سبک لیکا ۳۷
۳-۳-۵-۸-۱- مقاومت‌های مکانیکی ۳۷
۳-۳-۵-۸-۱-۱- مقاومت فشاری ۳۷
۳-۳-۵-۸-۱-۲- مقاومت کششی بتن ۳۹
۳-۳-۵-۸-۱-۳- مقاومت خمشی بتن ۳۹
۳-۳-۵-۸-۱-۴- پیوستگی آرماتور به بتن ۴۰
۳-۳-۵-۸-۲- تغییرشکل بتن ۴۱
۳-۳-۵-۸-۲-۱- مدول الاستیسیته ۴۱
۳-۳-۵-۸-۲-۲- تغییر طول بتن لیکا ۴۲
۳-۳-۵-۸-۲-۳- جمع‌شدگی بتن لیکا ۴۳
۳-۳-۵-۸-۲-۴- خزش یا وارفتگی ۴۳
۳-۳-۵-۸-۲-۵- انبساط حرارتی ۴۴
۳-۳-۶- FRP ۴۴
۳-۳-۶-۱- حریق و عمر مفید ۴۵
۳-۳-۶-۲- ماکزیمم دمای سرویس ۴۵
۳-۳-۶-۳- مقاومت حداقل لایه زیرین بتن ۴۶
۳-۳-۶-۴- سیستمهای FRP مسلح شده خارجی موجود در بازار ۴۶
۳-۳-۶-۴-۱- سیستم Wet- Layup ۴۶
۳-۳-۶-۴-۲- سیستم‌های پیش‌آغشته ۴۶
۳-۳-۶-۴-۳- سیستم پیش‌سخت‌شده ۴۷
۳-۳-۶-۵- سایر اشکال FRP ۴۷
۳-۳-۶-۶- رزین‌ها ۴۷
۳-۳-۶-۷- خصوصیات فیزیکی الیاف FRP ۴۸
۳-۳-۶-۷-۱- چگالی ۴۸

۳-۳-۶-۷-۲- ضریب انبساط حرارتی ۴۸
۳-۳-۶-۷-۳- اثرات دمای زیاد ۴۹
۳-۳-۶-۸- رفتار و خصوصیات مکانیکی ۴۹
۳-۳-۶-۸-۱- رفتار کششی ۴۹
۳-۳-۶-۸-۲- رفتار فشاری ۵۰
۳-۳-۶-۹- رفتار وابسته به زمان ۵۱
۳-۳-۶-۹-۱-شکست خزشی ۵۱
۳-۳-۶-۹-۲- خستگی ۵۱
۳-۳-۶-۱۰- ارسال، انبارش و جابجایی ۵۱
۳-۳-۶-۱۰-۱- ارسال ۵۱
۳-۳-۶-۱۰-۲- انبارش ۵۲
۳-۳-۶-۱۰-۳- جابجایی ۵۲
۳-۳-۶-۱۱- نصب ۵۴
۳-۳-۶-۱۱-۱- صلاحیت پیمانکار ۵۴
۳-۳-۶-۱۱-۲- ملاحظات مربوط به حرارت، رطوبت و نم‌زدگی ۵۴
۳-۳-۶-۱۱-۳- تجهیزات ۵۵
۳-۳-۶-۱۱-۴- ترمیم سطح زیرین و آماده‌سازی سطح ۵۵
۳-۳-۶-۱۱-۵- مخلوط‌کردن رزین‌ها ۵۷
۳-۳-۶-۱۱-۶- نصب الیاف ۵۷
۳-۳-۶-۱۱-۷- ترتیب و جهت قرارگیری مصالح FRP ۵۹
۳-۳-۶-۱۱-۸- چندلایه‌ها و هم‌پوشی لایه‌ها ۵۹
۳-۳-۶-۱۱-۹- گرفتن رزین‌ها ۶۰
۳-۳-۶-۱۱-۱۰- حفاظت موقت ۶۰
۳-۳-۶-۱۲- بازرسی، ارزیابی و تائید ۶۰
۳-۳-۶-۱۲-۱- بازرسی ۶۱
۳-۳-۶-۱۲-۲- ارزیابی و تائید ۶۲
۳-۳-۶-۱۳- تعمیر و نگهداری ۶۵
۳-۳-۶-۱۳-۱- بازرسی و ارزیابی ۶۶
۳-۳-۶-۱۳-۲- تعمیر سیستم تقویت ۶۶
۳-۳-۶-۱۴- بررسی ظرفیت خمشی اعضای بتن مسلح تقویت شده با FRP ۶۷
۳-۳-۶-۱۴-۱- محدوده تقویت ۶۷
۳-۳-۶-۱۴-۲-حدود تقویت برای پایداری در برابر آتش ۶۷
۳-۳-۶-۱۴-۳- ملاحظات محیطی ۶۸
۳-۳-۶-۱۴-۴- تقویت خمشی ۶۹
۳-۳-۶-۱۴-۵- مقاومت اسمی ۷۰
۳-۳-۶-۱۴-۶- شکل‌پذیری ۷۱
۳-۳-۶-۱۵- بررسی ظرفیت برشی اعضای بتن مسلح تقویت شده با FRP ۷۲

۳-۳-۶-۱۵-۱- بررسی تقویت برشی پس از تقویت خمشی ۷۳
۳-۳-۶-۱۵-۲- روشهای تقویت برشی تیر بتنی از لحاظ موقعیت قرارگیری الیاف ۷۴
۳-۳-۶-۱۵-۳- روشهای تقویت برشی تیر بتنی از لحاظ طول قرارگیری ۷۴
۳-۳-۶-۱۵-۴- روشهای تقویت برشی تیر بتنی از لحاظ نوع بافت زاویه قرارگیری الیاف ۷۴
۳-۳-۶-۱۵-۵- عوامل مؤثر در انتخاب رویه مناسب تقویت برشی با کامپوزیت FRP ۷۵
۳-۳-۶-۱۵-۶- بررسی مودهای شکست برشی تیر تقویت شده با FRP ۷۷
۳-۳-۷- ساخت تیرها ۷۸
۳-۳-۸- سیستم بارگذاری آزمایش و وسایل مورد نیاز ۷۹
۳-۳-۹- وسایل اندازه‌گیری ۸۰
۳-۳-۱۰ تغییر مکان سنج ۸۱
۳-۳-۱۱- data logger ۸۲
۳-۳-۱۲ آزمایشات فرعی ۸۳
۳-۳-۱۲-۱- تست فشار نمونه های مکعبی ۸۳
۳-۳-۱۲-۲: دستگاه مقاومت فشاری دیجیتال: ۸۳
۳-۴- –طراحی مقاطع مستطیلی با میلگرد های کششی و FRP ۸۳
۳-۵- طراحی مقاطع مستطیلی با میلگرد های کششی و فشاری و FRP ۸۷
۳-۶- –طراحی مقاطع T شکل با میلگرد های کششی و FRP ۸۹
فصل چهارم: رفتار نمونه‌های آزمایشگاهی و تحلیل نتایج حاصله ۹۲
۴-۱- کلیات ۹۳
۴-۲- رفتار نمونه‌های آزمایشگاهی و تحلیل نتایج ۹۴
۴-۲-۱- تیرهای گروه A ۹۴
۴-۲-۲- تیرهای گروه B ۹۸
۴-۲-۳- تیرهای گروه C ۱۰۱
۴-۳- بررسی و مقایسه نتایج ۱۰۵
۴-۳-۱- بحث و بررسی نتایج از آزمایشات گروهA ۱۰۵
۴-۳-۲- بحث و بررسی نتایج از آزمایشات گروهB ۱۰۸
۴-۳-۳- بحث و بررسی نتایج از آزمایشات گروهC ۱۱۱
۴-۴- جمع بندی و مقایسه نتایج گروههای مختلف آزمایش ۱۱۵
فصل پنجم : نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۱۶
۵-۱- نتایج ۱۱۷
۵-۲- پیشنهادات ۱۱۸

منابع ۱۱۹

فهرست جدول ها

عنوان جدول | صفحه

جدول (۲-۱): دانسیته بتن کفی برای کاربردهای مختلف ۱۹

جدول (۲-۲): خواص مکانیکی نوع خاصی از بتن بتااستایرین ۲۰

جدول (۲-۳): مقاومت فشاری و هدایت حرارتی نسبی برای چهار نوع وزن مخصوص خشک از بتن بتااستایرین ۲۱

جدول (۲-۴): نتایج چند نمونه بتن بدون ریزدانه (ساخته شده با مصالح درشت ۹/۵ تا ۱۹ میلیمتر) ۲۲

جدول(۳-۱) : طرح اختلاط ۲۷

جدول (۳-۲): نتایج آزمایشات کششی میلگردها ۲۹

جدول (۳-۳): آنالیز شیمیایی دانه لیکا ۳۲

جدول (۳-۴): کاربردهای لیکا برحسب اندازه دانه‌ها ۳۲

جدول (۳-۵): حدود دانه‌بندی دانه‌های سبک لیکا در بتن باربر (سازه‌ای) ۳۳

جدول (۳-۶): چگالی و وزن فضایی دانه‌بندی‌های لیکا ۳۴

جدول (۳-۷): جذب آب دانه‌های لیکا ۳۵

جدول (۳-۸): قابلیت رسانایی حرارتی دانه لیکا ۳۶

جدول (۳-۹): مقایسه مقاومت برخی اجزای ساختمان در برابر آتش ۳۷

جدول (۳-۱۰): حدود وزن فضایی و مقاومت انواع بتن دانه سبک لیکا ۳۸

جدول (۳-۱۱): نسبت مقاومت نمونه‌های مختلف به نمونه مکعبی ۲۰*۲۰*۲۰ سانتی‌متر ۳۸

جدول (۳-۱۲): مربوط به ضرایب انبساط طولی و عرضی الیاف FRP ۴۹

جدول (۳-۱۳): مقدار ضریب کاهش برای FRP در شرایط مختلف ۶۹

جدول (۳-۱۴): مقایسه روشهای مختلف تقویت برشی از لحاظ موقعیت قرارگیری بر روی تیر.. ۷۶
جدول (۳-۱۵): مقایسه روشهای استفاده از صفحات ممتد و ناپیوسته ۷۶
جدول (۳-۱۶): مقایسه جهت قرارگیری الیاف ۷۷
جدول(۴-۱):مقاومت نمومنه ها مکعبی تبدیل یافته به استوانه ای استاندارد ۹۳
جدول (۴-۲): نتایج آزمایشات تیرهای گروه A ۱۰۸
جدول (۴-۳): نتایج آزمایشات تیرهای گروه B ۱۱۱
جدول (۴-۴): نتایج آزمایشات تیرهای گروه C ۱۱۴
جدول (۴-۵): نتایج محاسباتی و آزمایشگاهی ۱۱۵

فهرست شکل ها

عنوان شکل | صفحه

شکل (۳-۱): مشخصات مربوط به تیرهای گروه A ۲۵

شکل (۳-۲): مشخصات مربوط به تیرهای گروه B ۲۶

شکل (۳-۳): مشخصات مربوط به تیرهای گروه C ۲۶

شکل (۳-۴): دانه های رس منبسط شده ۳۱

شکل (۳-۵): انواع روشهای تقویت برشی ۷۵

شکل (۳-۶): سیستم بارگذاری ۸۰

شکل (۳-۷): وسایل اندازه‌گیری ۸۱

شکل (۳-۸): دستگاه loadcell ۸۲

شکل (۳-۹): دستگاه Data logger ۸۲

شکل(۳-۱۰): دستگاه مقاومت فشاری ۸۳

شکل(۳-۱۱)) مقطع مستطیلی ۸۴

شکل(۳-۱۲) مقطع مستطیلی با میلگرد های کششی و فشاری ۸۷

شکل(۳-۱۳) مقطعT ۸۹

شکل(۳-۱۴) مقطعT ۸۹

شکل (۴-۱): نحوه شکست تیر A_1 ..... ۹۴

شکل (۴-۲): نحوه تقویت تیر A_2 ..... ۹۵

شکل (۴-۳): نحوه شکست تیر A_2 ..... ۹۶

شکل (۴-۴): نحوه تقویت تیر A_3 ..... ۹۷

شکل (۴-۵): نحوه شکست تیر A_3 ..... ۹۷
شکل (۴-۶): نحوه شکست تیر B_1 ..... ۹۸
شکل (۴-۷): نحوه تقویت تیر B_2 ..... ۹۹
شکل (۴-۸): نحوهٔ شکست تیر B_2 ..... ۱۰۰
شکل (۴-۹): نحوه شکست تیر B_3 ..... ۱۰۱
شکل (۴-۱۰): نحوه تقویت تیر B_3 ..... ۱۰۱
شکل (۴-۱۱): نحوه شکست تیر C_1 ..... ۱۰۲
شکل (۴-۱۲): نحوه تقویت C_2 ..... ۱۰۳
شکل (۴-۱۳): نحوه شکست تیر C_2 ..... ۱۰۳
شکل (۴-۱۴): نحوه تقویت C_3 ..... ۱۰۴
شکل (۴-۱۵): نحوه شکست تیر C_3 ..... ۱۰۴
شکل (۴-۱۶): نمودار بار- کرنش کششی تیرهای A_1، A_2 و A_3 ..... ۱۰۶
شکل (۴-۱۷): نمودار بار کرنش فشاری تیرهای A_1، A_2 و A_3 ..... ۱۰۶
شکل (۴-۱۸): نمودار بار- تغییرمکان تیرهای A_1، A_2 و A_3 ..... ۱۰۷
شکل (۴-۱۹): نمودار بار- کرنشی کششی‌های تیرهای B_1 و B_2 و B_3 ..... ۱۰۹
شکل (۴-۲۰): نمودار بار- کرنش فشاری تیرهای B_1 و B_2 و B_3 ..... ۱۱۰
شکل (۴-۲۱): نمودار بار- تغییرمکان تیرهای B_1 و B_2 و B_3 ..... ۱۱۰
شکل (۴-۲۲): نمودار بار- کرنش کششی تیرهای C_1 و C_2 و C_3 ..... ۱۱۲
شکل (۴-۲۳): نمودار بار- کرنش فشاری تیرهای C_1 و C_2 و C_3 ..... ۱۱۳
شکل (۴-۲۴): نمودار بار- تغییرمکان وسط تیرهای C_1 و C_2 و C_3 ..... ۱۱۳

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

به دلایل مختلفی چون خرابی‌های ناشی از عوامل محیطی نظیر خوردگی و یا وزش بادهای بسیار شدید، تضعیف اعضاء در اثر اهمال در نگهداری صحیح، خسارات ناشی از زلزله و یا جنگ، تغییر در کاربری، تقاضا جهت افزایش زیربناء و یا تعداد طبقات موجود و تغییر پارامترهای مورد استفاده در روند طراحی‌ها، ممکن است سازه‌های بتن آرمه فاقد مقاومت و شکل‌پذیری لازم در مقابل بارهای اعمالی تشخیص داده شوند.

از این‌رو تقویت و یا نوسازی مجدد سازه مورد بحث در دستور کار قرار خواهد گرفت. انتخاب ما بین مرمت و بازسازی براساس عوامل ویژه دخیل در هر مورد خاص، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این ارزیابی‌ها، جنبه‌های واقعی مسئله مدنظر خواهند بود که از جمله این مسائل: به مدت زمان بلااستفاده ماندن سازه، عوامل زیست محیطی دخیل در مسئله و هزینه‌های نسبی مربوط به مرمت و یا نوسازی که خود در قالب نیروی انسانی مورد نیاز، مصالح مورد استفاده و روشهای انجام کار و ... می‌باشند. در تعیین تقویت و یا نوسازی سازه مورد بررسی، تأثیرگذار می‌باشند.

با توجه به دلایل مختلف که جنبهٔ اقتصادی موضوع یکی از مهمترین عوامل ممکن می‌باشد، مقاوم‌سازی و تقویت سازه‌ها، مدنظر بسیاری از محققین و کارفرمایان قرار گرفته است.

بدین‌لحاظ تقویت اعضاء مختلف یک سازه بتن آرمه که شامل تقویت پی، ستونها، تیرها، اتصالات و ... می‌باشند، مورد توجه قرار گرفته‌اند.

نیاز به تقویت برشی و خمشی تیرهای بتن آرمه در برابر بارهای اعمالی به روشهای مختلف همچنین تقویت با ورقه‌های فولادی و یا ورقه‌های پلیمری مسلح *(FRP)* و یا تقویت با آرماتورهای خارجی نیز توجه محققین بسیاری را خصوصاً در دهه گذشته به خود جلب کرده است. تقویت برشی تیرهای بتن آرمه به وسیله صفحات فولادی و یا ورقه‌های پلیمری مسلح دو روش بسیار معمول و مفید می‌باشند که بنا به مزیت‌های بی‌شمار آنان بیشتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

استفاده از ورقه‌های فولادی خصوصاً در سی‌سال اخیر بیانگر مفید بودن این روش و تکنیک می‌باشد. اولین کاربرد عملی آن در انگلستان در تقویت پل‌ها در تقاطع *worcestershire* در سال ۱۹۵۷ گزارش شده است [۱]. معایب استفاده از ورقه‌های فولادی در تقویت برشی تیرهای بتن آرمه که شامل مشکلات حمل‌ونقل،

طریقه کارکردن با آنها، زنگ‌زدگی صفحات و ... می‌باشد، این تکنیک را یک روش سخت و وقت‌گیر در قیاس با روش استفاده از ورقه‌های FRP نمایان می‌سازد.

استفاده از ورقه‌های FRP در تقویت برشی و خمشی تیرهای بتن آرمه این مشکلات را برطرف کرده و نتایج مناسب‌تری ارائه می‌دهد.

استفاده از ورقه‌های پلیمری مسلح جهت برطرف کردن معایب ناشی از تقویت با ورقه‌های فولادی از اواسط دهه ۱۹۸۰ معمول و متداول گردید [۱]. این ورقه‌های پلیمری برخلاف ورقه‌های فولادی تحت عوامل خورنده واقع نشده و در مقابل اثرات زیانبار ناشی از اسیدها، نمکها و دیگر مواد خورنده محیطی مقاوم بوده همچنین درجه حرارتهای نسبتاً بالایی را تحمل کرده و معایب بیان شده در اجراء و حمل‌ونقل ورقه‌های فولادی را نخواهند داشت [۱].

۱-۲- اهداف تحقیق

در این تحقیق رفتار تیرهای بتن آرمه T شکل تقویت شده با ورقه‌های FRP برای برش و خمش مورد بررسی قرار می‌گیرد و نتایج حاصل از تقویت‌های انجام شده روی تیرهای مورد آزمایش با استفاده از FRP به شرح زیر مورد ارزیابی قرار می‌گیرند.

- بررسی روش تقویت انجام شده با ورقه‌های FRP
- تعیین میزان تأثیر شکلهای تقویت مورد استفاده در تحقیق در سه گروه مجزا و مقایسه آنها با هم
- بررسی میزان تغییر در مقاومت‌های حدی و تغییرمکان‌های نهایی تیرهای تحت آزمایش، با توجه به تقویت‌های صورت گرفته در سه گروه مختلف.

۱-۳- ساختار تحقیق

این تحقیق در پنج فصل ارائه می‌گردد. در فصل اول، مسائل کلی درباره تقویت و مرمت سازه‌های بتن سبک سازه‌ای و استفاده از بتن سبک سازه‌ای بیان شده است. در فصل دوم، خلاصه‌ای از تحقیقات تجربی انجام شده با استفاده از ورقه‌های فولادی و ورقه‌های پلیمری مسلح ارائه می‌گردد و مقایسه‌ای نیز در تقویت‌های انجام شده به روش‌های فوق‌الذکر از جنبه اقتصادی و میزان تأثیرگذاری در افزایش مقاومت برشی و خمشی تیرهای

تحت آزمایش ارائه گردیده است و همچنین درباره تکنولوژی بتن سبک سازه‌ای و انواع بتن سبک ساخته شده توسط محققین ارائه می‌گردد.

در فصل سوم، برنامه تحقیقاتی آزمایشگاهی، طراحی، ساخت و آزمایش تیرهای تقویت‌شده با ورقه‌های FRP ارائه می‌گردد که با توجه به اهمیت استفاده از ورقه‌های پلیمری مسلح، در مورد این صفحات نیز مطالبی چند بیان شده است.

در فصل چهارم، نتایج حاصله از آزمایشات انجام شده مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است.

در فصل پنجم نیز نتیجه‌گیری نهایی حاصل از آزمایشات صورت گرفت و پیشنهادات لازم جهت ادامه تحقیق آورده شده است و سرانجام منابع و مراجع مورد استفاده در تحقیق نیز بیان شده است.

فصل دوم

مـــــــروری بر تحقیقات قبلی