



دانشگاه تربیت مدرس شهید رجائی

مقاوم سازی سازه های بتنی با الیاف FRP

تألیف:

دکتر موسی مظلوم

عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس شهید رجائی

امیر علی صفاری

مرتضی مهروند

سرشناسنامه	: مظلوم، موسی، ۱۳۴۷-
عنوان و نام پدید آور	: مقاوم سازی سازه های بتنی با الیاف FRP / مؤلفین موسی مظلوم، مرتضی مهروند، امیرعلی صفاری.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	: ۱۵۱ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۲۵-۵
وضعیت فهرست نویسی	: قیفا.
موضوع	: بتن تقویت شده با الیاف
موضوع	: پلاستیک تقویت شده با الیاف
موضوع	: ساختمان های بتن مسلح
شناسه افزوده	: مهروند، مرتضی، ۱۳۶۰-
شناسه افزوده	: صفاری، امیرعلی، ۱۳۶۲-
شناسه افزوده	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی.
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۲ م۶م / TA ۴۴۴
رده بندی دیویی	: ۶۲۴/۱۸۳۴
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۱۷۲۹۲۸



راشکارتربیتدبیررجائی

عنوان	: مقاوم سازی سازه های بتنی با الیاف FRP
تألیف	: دکتر موسی مظلوم (استادیار دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی)، مرتضی مهروند، امیرعلی صفاری
ویراستار	: شهرام طهماسبی
نوبت چاپ	: اول- پاییز ۱۳۹۲
انتشارات	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
لیتوگرافی	: نگین نسیم
چاپ	: برهان
طراح جلد	: مهندس هادی عارفی
ناظر چاپ	: محمد معتمدی نژاد
کارشناس و صفحه آرا	: نیره فیروزی
شمارگان	: ۱۰۰۰ جلد
قیمت	: ۴۵۰۰ تومان
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۲۵-۵
	: ISBN: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۲۵-۵

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفین و دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی محفوظ است.
 نشانی: تهران، لویزان - کد پستی ۱۶۷۸۸-۱۵۸۱۱ - صندوق پستی ۱۶۲ - ۱۶۷۸۵ - تلفن: (۲۶۳۲) ۹ - ۰۶۰ - ۲۲۹۷۰۰۷۰.
 ۲۲۹۷۰۰۷۰، نمبر: ۲۲۹۷۰۰۰۳، پست الکترونیک: Publish@srttu.edu، وب سایت: http://Publish.srttu.edu

پیشگفتار

بتن و ساختمان‌های بتنی از جمله سیستم‌های ساختمانی می‌باشند که در ایران به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرند. این دسته از ساختمان‌ها در اثر ضعف سازه، مرور زمان و همچنین اشکالات اجرایی نیاز مبرمی به بهسازی و مقاومسازی پیدا می‌کنند. روش‌های مختلفی برای بهسازی و مقاومسازی این دسته از ساختمان‌ها موجود است و یکی از این روش‌ها استفاده از الیاف FRP می‌باشد.

با توجه به رشد فزاینده بهسازی و مقاومسازی ساختمان‌های موجود بر آن شدیم تا در زمینه مقاومسازی ساختمان‌های بتنی با استفاده از الیاف FRP این کتاب را به رشته تحریر درآوریم. در کتاب حاضر سعی بر آن شده است که با استفاده از روال گام به گام به همراه مثال‌های متنوع، روند مقاومسازی با الیاف FRP شرح داده شود. با این وجود و علیرغم دقت و بررسی‌های فراوانی که صورت گرفته است، ذکر این نکته ضروری است که مسئولیت طراحی پروژه‌های مهندسی تنها بر عهده مهندسین محاسب و طراح می‌باشد.

در فصل اول این کتاب به بررسی احتمالی الیاف FRP و سیستم‌های مختلف آن پرداخته شده است و ضمن معرفی این گونه سیستم‌ها، اطلاعات مفیدی را در اختیار مهندسین قرار می‌دهد. در فصل دوم به صورت ویژه به بررسی ضوابط مقاومسازی خمشی تیرهای بتنی پرداخته شده است و سعی گردیده است که تمامی ضوابط به همراه مثال‌های متعدد در این بخش گنجانده شوند. فصل سوم به بررسی ضوابط مربوط به مقاومسازی برشی تیرهای بتنی پرداخته است. در این فصل نیز همانند فصل دوم، مدل‌های مختلف مقاومسازی و روند آنها به همراه چندین مثال شرح داده شده است. با توجه به اهمیت مقاومسازی ستون‌ها در ساختمان‌های بتن مسلح، در فصل چهارم ضوابط مربوط به بهسازی ستون‌ها ارائه شده است. این بخش نیز شامل مثال‌های متعدد و متنوع می‌باشد. در فصل پنجم به مراحل گام به گام نحوه مدل‌سازی و آنالیز اجزاء محدود یک تیر بتن مسلح و مقاوم‌سازی آن با استفاده از الیاف FRP در نرم‌افزار آباکوس پرداخته شده است.

امید است که این کتاب مورد توجه اساتید، دانشجویان و مهندسین محترم قرار گیرد با وجود سعی و تلاش فراوان و بررسی‌های صورت گرفته، بر این باوریم که کاستی‌ها و نواقصی در این مجموعه وجود دارد. بنابراین از کلیه خوانندگان و مهندسین گرامی تقاضا می‌شود نقطه نظرات و پیشنهادات خود را از طریق ایمیل به اطلاع نویسندگان برسانند.

Moospoon@yahoo.com , Mazloom@Srttu.edu

Mehrvand@Gmail.com

Saffari.amirali@Gmail.com

دکتر موسی مظلوم

مهندس مرتضی مهروند

مهندس امیرعلی صفاری

فهرست

صفحه	عنوان
فصل اول: آشنایی با FRP	
۳	۱-۱ مقدمه
۳	۲-۱ معرفی سیستم‌های FRP
۴	۱-۲-۱ مزایای سیستم‌های FRP
۴	۲-۲-۱ معایب سیستم‌های FRP
۵	۳-۱ مشخصات مکانیکی انواع فیبرهای FRP
۵	۴-۱ بررسی دقیق‌تر برخی فیبرهای FRP
۶	۱-۴-۱ الیاف شیشه GFRP
۶	۱-۱-۴-۱ انواع الیاف شیشه و مشخصات آن‌ها
۷	۲-۴-۱ الیاف کربن CFRP
۸	۵-۱ روش‌های ساخت و نصب مصالح FRP
۹	۱-۵-۱ الیاف
۱۰	۲-۵-۱ خمیر (مواد زمینه)
۱۰	۶-۱ انواع روش ساخت FRP
۱۰	۱-۶-۱ اشباع الیاف
۱۱	۲-۶-۱ سیستم کیسه خلأ
۱۳	۷-۱ انواع روش‌های نصب FRP
۱۳	۱-۷-۱ روش نصب تر
۱۴	۲-۷-۱ روش نصب ماشینی
۱۴	۳-۷-۱ روش پیش عمل آوری شده
۱۴	۸-۱ نکات مهم در نصب
فصل دوم: تقویت خمشی تیرها با FRP	

۱۹	۱-۲ تقویت خمشی تیر
۲۱	۲-۲ ضرایب اطمینان یا ضرایب ایمنی جزئی
۲۲	۳-۲ مودهای شکست خمشی
۲۳	۴-۲ روابط طراحی تیر مستطیلی با فولاد کششی بر مبنای نشریه ۳۴۵
۲۵	۵-۲ روابط طراحی تیر مستطیلی دارای فولاد فشاری بر مبنای نشریه ۳۴۵
۲۵	۶-۲ روابط طراحی خمشی مقاطع مستطیل شکل به صورت گام به گام

- ۳۱ ۷-۲ روابط طراحی تیرهای T شکل بر مبنای نشریه ۳۴۵
- ۳۵ ۸-۲ روابط طراحی تیر مستطیلی بر مبنای BS

فصل سوم: تقویت برشی تیرها با FRP

- ۴۵ ۱-۳ مقدمه
- ۴۵ ۲-۳ انواع حالات شکست برشی تیرهای بتن مسلح
- ۴۵ ۳-۳ انواع روش‌های تقویت برشی تیرهای بتن مسلح
- ۴۷ ۴-۳ انتخاب طرح تقویتی برشی مناسب
- ۴۹ ۵-۳ انواع حالات شکست تیرهای تقویت شده با FRP
- ۴۹ ۱-۵-۳ شکست برشی همراه با گسیختگی مصالح FRP
- ۵۰ ۲-۵-۳ شکست برشی بدون گسیختگی مصالح FRP
- ۵۰ ۳-۵-۳ شکست برشی ناشی از زور آمدن FRP
- ۵۱ ۴-۵-۳ شکست نزدیک به مهاربندی‌های مکانیکی
- ۵۱ ۶-۳ انواع مدل‌سازی و طراحی جهت تقویت برشی
- ۵۱ ۱-۶-۳ مدل‌سازی شال و همکاران
- ۵۲ ۲-۶-۳ مدل‌سازی تریان‌تافیلو
- ۵۳ ۳-۶-۳ مدل‌سازی برشیو تنگ
- ۵۳ ۴-۶-۳ مدل‌سازی بالاگورا، نانی و جیانکاسپرو
- ۵۴ ۱-۴-۶-۳ محدودیت‌های تقویت برشی
- ۵۴ ۲-۴-۶-۳ حداکثر فاصله تقویت‌ها
- ۵۵ ۷-۳ مراحل طراحی
- ۵۸ ۸-۳ مقاوم‌سازی برشی بر مبنای نشریه ۳۴۵
- ۶۰ ۱-۸-۳ حداکثر فاصله تقویت‌ها
- ۶۰ ۲-۸-۳ حداکثر تقویت برشی
- ۶۱ ۳-۸-۳ حداقل تقویت برشی

فصل چهارم: تقویت ستونها با FRP

- ۶۷ ۱-۴ مقدمه
- ۶۸ ۲-۴ رفتار بتن محصور شده
- ۷۰ ۳-۴ انواع روش‌های تقویت
- ۷۰ ۱-۳-۴ دورپیچ کردن مقطع ستون
- ۷۰ ۲-۳-۴ پیچیدن الیاف به روش پیچش صنعتی
- ۷۰ ۳-۳-۴ پوشش‌های پیش‌ساخته
- ۷۱ ۴-۴ رفتار ستون‌های محصور شده با کامپوزیت تحت بار محوری هم محور

۷۱	۴-۴-۱ ستون با سطح مقطع دایره‌ای
۷۳	۴-۴-۲ ستون با سطح مقطع غیر دایره‌ای
۷۴	۴-۵ رفتار ستون‌های محصور شده با کامپوزیت تحت بار محوری برون محور
۷۸	۴-۶ بازسازی ستون‌ها برای مقاومت در برابر زلزله
۷۹	۴-۷ مکانیزم شکست ستون‌های بتن آرمه تحت بار زلزله
۷۹	۴-۷-۱ شکست برشی
۸۰	۴-۷-۲ شکست خمشی به دلیل ایجاد مفصل خمیری
۸۰	۴-۷-۳ شکست در قسمت وصله و همپوشانی آرماتورها
۸۲	۴-۸ روش‌های تقویت ستون‌های بتن آرمه تحت بار زلزله
۸۳	۴-۸-۱ تقویت برشی
۸۶	۴-۸-۲ محاسبه سهم پوشش FRP در افزایش مقاومت برشی
۸۹	۴-۸-۳ تقویت محل مفصل خمیری
۹۱	۴-۸-۴ تقویت وصله آرماتورهای طولی
۹۱	۴-۹ تقویت ستون‌ها بر مبنای ضوابط نشریه ۳۴۵
۹۱	۴-۹-۱ ستون‌های گرد کوتاه تحت فشار خالص
۹۳	۴-۹-۲ ستون‌های مستطیلی کوتاه تحت فشار خالص

فصل پنجم: مدل‌سازی اجزا محدود در نرم‌افزار ABAQUS

۹۹	۵-۱ مقدمه
۹۹	۵-۲ مدل‌سازی تیر بتنی با میلگردهای کششی
۹۹	۵-۳ صورت مسئله
۱۰۰	۵-۴ شروع فرآیند مدل‌سازی
۱۰۴	۵-۵ تعیین مشخصات مصالح
۱۰۷	۵-۶ تعیین نوع مقاطع المان‌ها
۱۰۹	۵-۷ مونتاژ المان‌ها
۱۱۰	۵-۸ ایجاد قید در نرم‌افزار ABAQUS
۱۱۲	۵-۹ بارگذاری و تعیین شرایط تکیه‌گاهی
۱۱۶	۵-۱۰ مش‌بندی
۱۱۸	۵-۱۱ تحلیل مسئله
۱۱۹	۵-۱۲ مشاهده نتایج
۱۲۰	۵-۱۳ شروع روند بهسازی با استفاده از FRP
۱۲۱	۵-۱۴ ساخت المان FRP
۱۲۱	۵-۱۵ تعریف مصالح FRP

۱۲۴	۱۶-۵ مونتاژ نمودن لایه FRP
۱۲۴	۱۷-۵ ایجاد قید بین بتن و لایه FRP
۱۲۵	۱۸-۵ مش‌بندی لایه FRP
۱۲۷	۱۹-۵ نتیجه‌گیری
منابع و مراجع	
۱۲۹	منابع و مراجع
واژه‌نامه	
۱۳۱	واژه‌نامه
فهرست موضوعی	
۱۳۷	فهرست موضوعی