

مقاوم سازی سازه های بتن مسلح با FRP

تألیف

علیرضا شاهمی

پیمان همای

عضو هیئت علمی دانشگاه خوارزمی



دانشگاه خوارزمی

پاییز ۱۴۰۲

سرشناسه	:	عربشاهی، علیرضا، ۱۳۶۸-
عنوان و نام پدیدآور	:	مقاوم سازی سازه های بتن مسلح با FRP/تالیف عربشاهی، پیمان همامی.
مشخصات نشر	:	تهران: دانشگاه خوارزمی، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری	:	۲۰۶ ص.: مصور (بخشی رنگی)، جدول، نمودار.
شابک	:	۲۱۰۰۰۰۰ ریال 2-97-8587-600-978:
وضعیت فهرست نویسی	:	فیا
یادداشت	:	کتابنامه.
موضوع	:	بتن تقویت شده با الیاف Fiber reinforced concrete الیاف کربن Carbon fibers ساختمان سازی با بتن مسلح Reinforced concrete construction سازه های بتنی پایداری Concrete structures-- Stability
شناسه افزوده	:	همامی، پیمان، ۱۳۴۶-
شناسه افزوده	:	دانشگاه خوارزمی
رده بندی کنگره	:	TA۴۴۴
رده بندی دیویی	:	۱۸۳۴۱/۶۲۴
شماره کتابشناسی ملی	:	۹۵۰۲۷۲۵
اطلاعات رکورد کتابشناسی	:	پیا



عنوان کتاب	:	مقاوم سازی سازه های بتن مسلح با الیاف FRP
نویسنده	:	علیرضا عربشاهی، پیمان همامی
ناشر	:	دانشگاه خوارزمی
چاپ و صحافی	:	دانشگاه خوارزمی
صفحه آرا	:	صدیقه عرب
طراح جلد	:	عطا عربشاهی، فاطمه منظور
نوبت و سال چاپ	:	اول، ۱۴۰۲
شابک	:	۹۷۸-۶۰۰-۸۵۸۷-۹۷-۲
شمار	:	۵۰۰ نسخه
قیمت	:	۲۱۰۰۰۰۰ ریال

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به انتشارات دانشگاه خوارزمی است.

آدرس: تهران، خ شهید مفتاح، شماره ۴۳، کدپستی ۱۴۹۱۱-۱۵۷۱۹ تلفن مرکز پخش: ۸۸۳۱۱۸۶۶

pub@khu.ac.ir

www.khu.ac.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیش گفتار.....	۱۱
مقدمه.....	۱۵
فصل اول: کلیات.....	۱۹
۱-۱- مقدمه.....	۱۹
۲-۱- مشخصات و انواع FRP.....	۱۹
میلگردهای FRP.....	۲۲
پوشش های FRP.....	۲۳
شبکه های مرکب FRP.....	۲۳
پروفیل های ساختمانی FRP.....	۲۴
کابل و میله های پیش تنیده FRP.....	۲۵
مواد مرکب ترکیبی.....	۲۵
۳-۱- انواع روش تقویت با FRP.....	۲۶
۱-۳-۱- روش تقویت با ورق بر روی سطح به صورت خارجی (EBR).....	۲۹
۲-۳-۱- روش تقویت سطحی با ورق روی شیار (EBROG).....	۲۹
۳-۳-۱- روش تقویت سطحی با ورق داخل شیار (EBRIG).....	۳۰
۴-۳-۱- روش تقویت ورق بر روی سطح به صورت خارجی و مهارهای مکانیکی (MF-EBR).....	۳۱
۵-۳-۱- روش سوراخ زنی.....	۳۲
۶-۳-۱- روش شیارزنی دایره ای.....	۳۳
۷-۳-۱- روش تقویت سطح به صورت نصب نزدیک به سطح (NSM).....	۳۳
۴-۱- معرفی برخی استانداردها و آیین نامه های مربوط به تقویت با FRP.....	۳۵
۵-۱- جمع بندی.....	۳۷
منابع.....	۳۹
فصل دوم: ملاحظات کلی طراحی تقویت.....	۴۱
۱-۲- ملاحظات کلی طراحی.....	۴۱
۲-۲- فلسفه طراحی.....	۴۳

۴۳	۲-۲-۱- حدود مقاومت
۴۴	۲-۲-۲- مقاومت سازه در برابر آتش سوزی
۴۶	۲-۲-۳- مقاومت کلی سازه‌ای
۴۶	۲-۲-۴- جمع بندی
۴۸	منابع
۴۹	فصل سوم: تقویت و بهسازی تیرهای بتن مسلح
۴۹	۳-۱- مقدمه
۵۰	۳-۲- تقویت تیرها با استفاده از روش EBR یا تقویت بر روی سطح خارجی عضو
۶۴	۳-۳- گام‌های طراحی تقویت خمشی تیر بتنی مسلح با استفاده از روش EBR
۶۷	۳-۳-۱- تحلیل و طراحی عددی برای تقویت تیر بتن مسلح با استفاده از ورق تقویت FRP به روش تقویت خارجی سطح عضو
۷۴	۳-۳-۲- تحلیل و طراحی عددی برای تقویت برشی تیر بتن مسلح با استفاده از ورق تقویت FRP به روش تقویت EBR
۷۶	۳-۴- تقویت تیرها با استفاده از روش NSM یا تقویت در شیارهای نزدیک به سطح
۷۹	۳-۴-۱- تحلیل و طراحی عددی برای تقویت خمشی تیر بتن مسلح با استفاده از میلگرد تقویت FRP به روش تقویت خارجی در شیارهای نزدیک به سطح (NSM)
۸۳	منابع
۸۴	فصل چهارم: تقویت و بهسازی ستون‌های بتن مسلح
۸۴	۴-۱- مقدمه
۸۶	۴-۲- تقویت ستون‌های گرد کوتاه تحت فشار خالص
۸۹	۴-۳- تقویت ستون‌های مستطیلی کوتاه تحت فشار خالص
۹۳	۴-۴- گام‌های طراحی تقویت فشاری ستون بتنی مسلح با استفاده از روش EBR
۹۵	۴-۵- تقویت ستون‌ها تحت بار محوری و خمشی همزمان
۱۰۱	۴-۶- گام‌های ایجاد دیاگرام تداخلی
۱۰۲	۴-۷- تحلیل و طراحی عددی برای تقویت ستون بتن مسلح دایروی با استفاده از ورق تقویت FRP
۱۰۶	۴-۸- تحلیل و طراحی عددی برای تقویت ستون بتن مسلح مستطیلی با استفاده از ورق تقویت FRP

۹-۴- مقاومت سازی ستون بتنی غیردایروی برای افزایش نیروهای محوری و خمشی به صورت همزمان	۱۱۱
منابع	۱۱۸
فصل پنجم: تقویت و بهسازی دال های بتن مسلح	۱۱۹
۱-۵- مقدمه	۱۱۹
۲-۵- انواع تقویت دال ها با استفاده از FRP	۱۲۰
۳-۵- روش تقویت دال ها با استفاده از FRP	۱۲۲
۴-۵- گام های طراحی تقویت دال بتنی مسلح با استفاده از روش EBR	۱۲۳
۵-۵- تحلیل و طراحی عددی برای تقویت دال بتن مسلح با یک شبکه آرماتور طولی با استفاده از ورق تقویت FRP به روش EBR	۱۲۴
۶-۵- تحلیل و طراحی عددی برای تقویت دال بتن مسلح با دو شبکه آرماتور طولی با استفاده از ورق تقویت FRP به روش EBR	۱۲۸
منابع	۱۳۳
فصل ششم: تقویت و بهسازی اجزای صفحه ای دیوارها	۱۳۵
۱-۶- مقدمه	۱۳۵
۲-۶- انواع تقویت دیوار برشی با استفاده از FRP	۱۳۶
۱-۲-۶- تقویت برشی دیوار با استفاده از FRP	۱۳۶
۲-۲-۶- تقویت خمشی دیوار با استفاده از FRP	۱۳۶
۳-۲-۶- افزایش شکل پذیری دیوار با استفاده از FRP	۱۳۸
۳-۶- مقاومت سازی اعضای بنایی غیر مسلح	۱۳۹
۴-۶- حدود مقاومت سازی	۱۴۰
۵-۶- کرنش موثر و تنش در تقویت FRP در وضعیت حدی مقاومت	۱۴۱
۶-۶- مقاومت سازی دیوار برای بارهای خارج صفحه	۱۴۳
۷-۶- مقاومت سازی دیوار برای بارهای داخل صفحه	۱۴۶
۸-۶- ملاحظات اجرایی تقویت	۱۵۶
۹-۶- گام های طراحی تقویت خمشی دیوار بنایی غیرمسلح در معرض بارهای خارج از صفحه	۱۵۸
۱۰-۶- تحلیل و طراحی عددی تقویت خمشی دیوار بنایی غیرمسلح در معرض بارهای خارج از صفحه	۱۶۰

۱۶۴	۱۱-۶ گام‌های طراحی تقویت برشی دیوار بنایی غیرمسلح در معرض بارهای داخل صفحه
۱۶۷	۱۲-۶ تحلیل و طراحی عددی تقویت جانبی دیوار بنایی غیرمسلح در معرض بارهای داخل صفحه
۱۷۱	منابع
۱۷۵	فصل هفتم: الزامات طراحی مقاومت سازه‌ای لرزه‌ای
۱۷۵	۱-۷ مقدمه
۱۷۶	۲-۷ مزایای استفاده از سیستم FRP در تقویت لرزه‌ای سازه‌ها
۱۷۷	۳-۷ ملاحظات کلی طراحی مقاومت سازه‌ای لرزه‌ای
۱۸۲	۴-۷ ملاحظات لرزه‌ای مقاومت سازه‌ای خمشی
۱۸۵	۵-۷ ملاحظات لرزه‌ای مقاومت سازه‌ای برشی
۱۸۵	۶-۷ ملاحظات لرزه‌ای درزه و اتصال تیر و ستون
۱۸۶	۷-۷ ملاحظات لرزه‌ای مقاومت سازه‌ای دیوارهای برشی بتن مسلح
۱۹۰	منابع
۱۹۳	فصل هشتم: ملاحظات اجرایی
۱۹۳	۱-۸ مقدمه
۱۹۳	۲-۸ پیوستگی و جداشدگی
۱۹۷	۳-۸ جزئیات وصله‌ها و پوشش‌ها
۱۹۸	۴-۸ پیوستگی سیستم‌های میلگرد نزدیک به سطح (NSM)
۲۰۰	منابع
۲۰۱	فهرست نشانه‌ها

سخن مؤلفین

امروزه و با افزایش عمر بسیاری از سازه‌ها در کشور، بهسازی سازه‌ها، به خصوص سازه‌های بتنی، به یکی از جنبه‌های حیاتی مهندسی عمران تبدیل شده است. در طول دهه‌ها، با پیشرفت تکنولوژی و نیاز به افزایش عمر مفید سازه‌ها، موضوع بهسازی به عنوان یک راهکار بهینه برای تقویت و بهبود عملکرد سازه‌ها مطرح شده است. اهمیت بهسازی به ویژه زمانی مشهود می‌شود که نیاز به تغییر و بهبود ویژگی‌های سازه‌ها در مقابل بارهای مختلف و شرایط زیست‌محیطی پدیدار می‌شود. در این راستا، طراحان و مهندسان عمران با چالش‌هایی روبرو هستند که نیازمند راهکارهای مؤثر و مبتنی بر استانداردها و دستورالعمل‌های به‌روز می‌باشد. یکی از موارد چالش‌برانگیز در زمینه بهسازی، استفاده از روش‌های نوین است که نیازمند دستورالعمل‌های واضح و کاربردی برای مهندسان می‌باشد در میان روش‌های موجود برای بهسازی سازه‌ها، استفاده از پلیمرهای مسلح‌شده با الیاف، FRP، یکی از رایج‌ترین و بهینه‌ترین گزینه‌ها می‌باشد. با تکیه بر پژوهش‌های گسترده پیرامون کاربردهای مختلف FRP در سازه‌ها در چند دهه گذشته، امروزه استانداردها و دستورالعمل‌های معتبر بین‌المللی فراوانی برای کاربرد این مصالح جدید در سازه‌های مهندسی در دسترس می‌باشد و آیین‌نامه‌های فعلی در کشور ما نیز با نگاه و بهره‌گیری از این منابع معتبر تکمیل شده‌اند. با وجود این، به سبب عدم وجود تفسیری روشن درباره برخی از ضوابط این دستورالعمل‌ها و هم‌چنین عدم دسترسی مهندسان و طراحان به مثال‌های طراحی عملی، بهره‌گیری درست و دقیق از این آیین‌نامه‌ها به صورت گسترده ممکن نشده است. بنابراین وجود مجموعه‌ای از مثال‌های طراحی با تفسیر دقیق بر مبنای آیین‌نامه‌های معتبر، که فرآیند طراحی بهسازی با استفاده از FRP برای سازه‌های بتنی را تشریح و تدقیق نماید، امری ضروری است. از این رو، هدف اصلی مولفان ارائه راهنمای طراحی به همراه مثال‌های متعدد برای طرح بهسازی سازه‌های بتنی با استفاده از FRP است. برای این منظور، مجموعه‌ای دستورالعمل-ها و آیین‌نامه‌های معتبر و هم‌چنین پژوهش‌های اخیر پیرامون کاربرد FRP در سازه‌های بتنی به عنوان دستمایه مورد استفاده قرار گرفتند. این کتاب با هدف ارتقاء دانش فنی و علمی، یک راهنمای گام‌بندی‌شده ارائه می‌دهد که مهندسان را در مسیر طراحی و بهسازی سازه‌های بتنی با FRP همراهی می‌نماید. امید است که خوانندگان محترم بتوانند استفاده مفیدی از این دستورالعمل برده و طرح

مناسبی برای تقویت با FRP برای سازه های مورد نظر خود ارائه دهند. در پایان، بر خود لازم می دانیم که از همفکری و همکاری سازنده استاد محترم جناب آقای دکتر توکلی زاده عضو محترم هیئت علمی عمران دانشگاه فردوسی مشهد و دوستان گرامی جناب آقای دکتر نیما قرایی مقدم و جناب آقای دکتر محمد مقادریان که با مطالعه و بررسی اثر کمک شایانی به بهبود آن نمودند، تشکر و قدردانی نمایم.

مهندس علیرضا عربشاهی - دکتر پیمان همای

www.ketab.ir