

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه، مسکن و شهرسازی

بررسی عملکرد خمشی بتن تقویت شده با فیبر کربن (TRC)

دکتر مرده زاده

(عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی)

دکتر نادر خواجه احمد طار

(عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی)

دکتر طیبه پرهیزکار

(عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی)

مهندس پریسا تیموری

گزارش تحقیقاتی

شماره نشر: گ- ۷۱۳

چاپ اول: ۱۳۹۳

عنوان و نام پدیدآور	بررسی عملکرد خمشی بتن تقویت‌شده با منسوجات (TRC) مژده زرگران - [و دیگران]
مشخصات نشر	تهران: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	۱۰۴ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۱۲۶-۴
وضعیت فهرست‌نویسی	فیا
یادداشت	مژده زرگران، نادر خواجه‌احمد عطاری، طیبه پرهیزکار، پریسا تیموری.
یادداشت	کتابنامه
موضوع	بتن تقویت‌شده با الیاف
موضوع	بتن - آزمایش‌ها
شناسه افزوده	زرگران، مژده، ۱۳۵۹ -
شناسه افزوده	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
رده‌بندی کنگره	TA۴۳۴/ب۴ ۱۳۹۳
رده‌بندی دیوئی	۶۲۴/۱۸۳۴۱
شماره کتابشناسی ملی	۳۵۶۲۹۵۲

مصوبه شماره ۹۳/۸۰۲ چاپ کتاب، شورای علمی انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



موسسه تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

بررسی عملکرد خمشی بتن تقویت‌شده با منسوجات (TRC)

دکتر مژده زرگران، دکتر نادر خواجه‌احمد عطاری، دکتر طیبه پرهیزکار،

مهندس پریسا تیموری

شماره نشر: گ - ۷۱۳ چاپ ۳۹۳

ناشر: انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

تنظیم برای چاپ: نسرين مقدس

شمارگان: ۱۰۰ نسخه

بها: ۴۵۰۰۰ ریال

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
مسئولیت صحت دیدگاه‌های علمی بر عهده نگارندگان محترم می‌باشد.

کلیه حقوق چاپ و انتشار اثر به ناشر تعلق دارد.

نشانی: تهران، بزرگراه فضل، نبش روبروی فاز ۲ شهرک فرهنگیان، خیابان نارگل، خیابان شهید علی مروی،

خیابان حکمت صندوق پستی: ۱۳۱۴۵-۱۶۹۶

تلفن: ۸۸۲۵۵۹۴۲-۶ دورنگار: ۸۸۲۵۵۹۴۱

صفحه الکترونیکی: <http://www.bhrc.ac.ir>

president@bhrc.ac.ir

ISBN: 978-600-113-126-4

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۳-۱۲۶-۴

پیشگفتار

با توجه به تغییرات فرهنگی و پیشرفت‌های صنعت ساختمان، به‌ویژه اجرای طرح‌های عظیم و ساختمان‌های بلندمرتبه و همچنین با توجه به نیاز هرساله کشور به احداث واحدهای جدید مسکونی، لزوم استفاده از روش‌های صنعتی‌سازی، سبک‌سازی و افزایش سرعت ساخت و ساز همچنین بهره‌گیری از مصالح نوین، سبک و بادوام که در عین حال امکان طراحی‌های متنوع را فراهم نماید، حقیقتی اجتناب‌ناپذیر است.

کامپوزیت‌های سیمانی یکی از پرمصرف‌ترین مصالح ساختمانی به شمار می‌آیند که تلاش در جهت ارتقای کیفیت و تقویت آنها بسیار مورد توجه است. پیشنهاد استفاده از الیاف برای تقویت کامپوزیت‌های سیمانی به سالیان دور باز می‌گردد. همگام با ارتقای دانش فنی و فناوری‌های نوین، سرمایه‌های مصلح در کشور و با توجه به ممنوعیت کاربرد آزیست، استفاده از تقویت‌کننده‌های فنی پیشرفت و گسترش روزافزونی داشته است و امروزه این دسته از مواد جایگاه ویژه‌ای در تقویت کامپوزیت‌های پایه سیمانی دارند.

تحقیق حاضر در راستای تحقق اهداف صنعتی‌سازی و به منظور بومی کردن تولید پانل‌های پیش‌ساخته با ضخامت و وزن کم با استفاده از بتن تقویت‌شده با منسوجات انجام شده است. امید است با اتکال به خداوند متعال و تلاش پژوهشگران کشورمان گام‌های بلندی در جهت تحقق خودکفایی و اهداف بزرگ کشور برداشته شود.

مرکز تحقیقات بتن و بتن‌پولیمیر و شهرسازی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: بتن تقویت شده با منسوجات.....	۱
۱-۱- تاریخچه استفاده از الیاف.....	۱
۲-۱- بتن تقویت شده با منسوجات.....	۲
۳-۱- جزای تشکیل دهنده کامپوزیت های پایه سیمانی تقویت شده با منسوجات.....	۳
۳-۱-۱- بتن.....	۳
۳-۱-۲- کامپوزیت.....	۳
۳-۱-۳-۱- طرح اختلاط های به کار رفته برای تولید TRC.....	۴
۲-۳-۱- منسوج.....	۵
۱-۲-۳-۱- انواع الیاف به کار رفته در کامپوزیت های سیمانی.....	۵
۲-۲-۳-۱- بافت های مختلف منسوج.....	۹
۴-۱- پارامترهای مهم در انتخاب الیاف.....	۱۰
۱-۴-۱- قطر (ظرافت).....	۱۰
۲-۴-۱- دانسیته.....	۱۱
۳-۴-۱- طول و درصد حجمی.....	۱۲
۴-۴-۱- شکل سطح مقطع (طولی و عرضی).....	۱۴
۵-۴-۱- خواص فیزیکی مکانیکی.....	۱۵
۶-۴-۱- ساختار شیمیایی.....	۱۶
۵-۱- بررسی رفتار خمشی TRC.....	۱۷
۱-۵-۱- اثر ساختار منسوج بر رفتار خمشی.....	۱۷
۲-۵-۱- اثر متقابل منسوج و بتن در رفتار خمشی.....	۱۸
۱-۲-۵-۱- فصل مشترک منسوجات و بتن.....	۱۸
۳-۵-۱- آزمون خمش.....	۲۲
۴-۵-۱- مدل سازی رفتار خمشی.....	۲۳

فصل دوم: کاربردهای بتن تقویت شده با منسوجات ۲۷

۱-۲ موارد اجرا شده TRC ۲۷

فصل سوم: آزمایش ها ۲۵

۱-۳ مقدمه ۲۵

۲-۳- تهیه مواد اولیه و ساخت قالب ۲۵

۳-۲- آزمون های مربوط به ساخت بتن ریزدانه ۲۶

۱-۳- آزمون های سیمان ۲۶

۲-۳-۳- آزمون های سنگدانه ۲۹

۳-۱- بتن ریزدانه ۴۰

۱-۳-۳- آزمون های ساخته شده ۴۰

۴-۳- آزمون های نمونه های ۴۱

۱-۴-۳- خواص مکانیکی ۴۲

۲-۴-۳- پایداری قلیایی ۴۵

۵-۳- آزمایش های بیرون کشی ۴۵

۱-۵-۳- آماده سازی نمونه برای آزمون بیرون کشی ۴۶

۱-۵-۳- آماده سازی نمونه برای آزمون بیرون کشی نخ ۴۶

۲-۱-۵-۳- بیرون کشی نخ ۴۷

۲-۱-۵-۳- آماده سازی نمونه برای آزمون بیرون کشی نخ ۴۹

۲-۵-۳- آزمون خمش ۵۱

۳-۵-۳- تست خمش ضخامت ۱۵ میلی متر ۵۲

۱-۳-۵-۳- رفتار خمشی TRC با الیاف پلی پروپیلن ۵۲

۲-۳-۵-۳- رفتار خمشی TRC با الیاف نایلون dtex ۹۴۰ ۵۵

۳-۳-۵-۳- رفتار خمشی TRC با الیاف کربن ۵۸

۴-۵-۳- تست خمش ضخامت ۲۵ میلی متر ۵۹

۱-۴-۵-۳- رفتار خمشی TRC با الیاف پلی پروپیلن ۶۰

۲-۴-۵-۳- رفتار خمشی TRC با الیاف نایلون dtex ۹۴۰ ۶۲

۳-۴-۵-۳- رفتار خمشی TRC با نخ کربن ۶۴

۵-۵-۳- تست خمش ضخامت ۵۰ میلی متر ۶۶

۶۶	۳-۵-۱- رفتار خمشی TRC با الیاف پلی پروپیلن
۶۷	۳-۵-۱- رفتار خمشی TRC با الیاف نایلون
۶۸	۳-۵-۶- الگوی رفتار خمشی نمونه‌های TRC
۷۰	۳-۶- عکس SEM
۷۵	فصل چهارم: مدل سازی و ساخت نمونه پایلوت
۷۵	۴-۱- مدل سازی نرم افزار
۷۵	۴-۱- نمونه‌های مسلح شده با منسوج نایلون
۷۷	۴-۱- نمونه‌های مسلح شده با منسوج پلی پروپیلن
۷۹	۴-۱-۳- نمونه‌ها، تعداد و تعداد یه‌های بیشتر
۸۰	۴-۲- دال با ابعاد برش
۸۳	فصل پنجم: جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۸۳	۵-۱- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری
۸۵	۵-۲- پیشنهادها
۸۷	مراجع

چکیده

کامپوزیت‌های پایه سیمانی تقویت شده با منسوجات (TRC) دسته جدیدی از کامپوزیت‌ها هستند که در دهه اخیر در ساختمان‌سازی بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. این مواد علاوه بر سبکی و مقاومت در برابر خوردگی، مقاومت‌های کششی قابل توجهی در مقایسه با فولاد دارند و به کار رفته و یا جایگزین آنها شوند. بتن‌های مسلح شده با منسوج TRC به پوشش حفاظتی برای سازه‌ها از خوردگی نیازی ندارند و فیلامنت‌های منسوج را می‌توان بر اساس جهت وارد شدن نیرو در بتن آراش داد. مزیت عمده استفاده از منسوج برای تقویت بتن امکان ساخت قطعات پیش‌ساخته با لایه‌های تقویتی با ضخامت کم است. همچنین سبک بودن آنها امکان طراحی و ساخت قطعات مختلف با کاربردهای متنوع را فراهم می‌سازد.

در این طرح کامپوزیت‌های منسوج با ضخامت ۱۵، ۲۵ و ۵۰ میلی‌متری با تعداد متفاوت لایه‌های منسوج از جنس‌های مختلف و با مشخصه‌های متفاوت تهیه گردید و رفتار بیرون کشی و مقاومت خمشی آنها مطالعه شد. در ادامه به منظور تعیین پارامترهای بهینه منسوج، مدل‌سازی انجام شد و چیدمان مناسب با هم تعداد لایه بهینه به دست آمد. در نهایت نمونه به ابعاد بزرگ تهیه و رفتار خمشی آن بررسی شد.

نتایج نشان داد نمونه شاهد ساخته شده با ابعاد ۱۰۰/۱۰۰ متر در ۰/۱ متر نشان می‌دهد که با ۱/۱ درصد منسوج، مقاومت خمشی مناسب و کافی برای پانل‌ها در کاربرد در پارتیشن دیواری داخلی یا خارجی تأمین می‌شود و شکل‌پذیری نمونه و فروزش آن در تغییر مکان‌های بسیار زیاد که عاملی کلیدی در پارتیشن‌ها در زلزله است، بسیار مناسب است.

