



مقاوم سازی اتصالات دال - ستون در دال های تخت

با استفاده از الیاف مسلح پلیمری (FRP)

مؤلفان:

دکتر علی خیرالدین (دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان)

مهندس پژمان بهزرد (دانشجوی دکترای سازه، دانشگاه سمنان)

سرشناسه : خیرالدین، علی، ۱۳۴۱ -
 عنوان و نام پدیدآور : مقاوم سازی اتصالات دال - ستون در دال های تخت با استفاده از الیاف مسطح
 پلیمری / (FRP) مولفان علی خیرالدین، پژمان به زرد .
 مشخصات نشر : تهران: دانشگاه سمنان، ۱۳۸۹ .
 مشخصات ظاهری : ۴۸۳ ص.: مصور، جدول، نمودار .
 شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۷۹۷۸-۹۲-۷
 وضعیت فهرست نویسی : فیا
 یادداشت : کتابنامه: ص. [۴۲۵] - ۴۳۵ .
 موضوع : دال های بتنی
 موضوع : دالها -- اثر زلزله
 موضوع : ستون های بتنی موضوع : ساختمان های بتن مسلح
 شناسه افزوده : به زرد، پژمان، ۱۳۶۲ -
 شناسه افزوده : دانشگاه سمنان
 رده بندی کنگره : ۱۳۸۹ نخ ۶۸۲/۵/د۲ TA
 رده بندی دیویی : ۶۲۴/۱۸۳۴۱
 شماره کتابشناسی ملی : ۲۰۳۳۴۱۷



انتشارات دانشگاه سمنان

عنوان کتاب: : مقاوم سازی اتصالات دال - ستون در دال های تخت

با استفاده از الیاف مسطح پلیمری (FRP)

مولفان : دکتر علی خیرالدین - مهندس پژمان به زرد

نوبت چاپ : اول - ۱۳۸۹

طرح روی جلد و صفحه آرای: اسماعیل شجاعی

چاپ : ابرار

شمارگان : ۱۰۰۰ جلد

قیمت: ۱۲۰۰۰۰ ریال

شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۷۹۷۸-۹۲-۷

حق چاپ محفوظ و متعلق به انتشارات دانشگاه سمنان می باشد.

تلفن انتشارات: ۰۲۳۱-۳۳۲۰۲۹۵

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست مطالب	هفت
پیشگفتار	بیست

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- مقاوم سازی سیستم های سازه ای دال تخت	۶
۳-۱- مقاوم سازی با استفاده از الیاف مسلح پلیمری (FRP)	۹
۴-۱- خلاصه ای از تحقیقات پیشین	۱۱

فصل دوم: معرفی مواد مرکب، ویژگی ها و کاربردهای آنها

۱-۲- مقدمه	۱۷
۲-۲- تاریخچه مواد مرکب	۱۹
۳-۲- مواد مرکب یا کامپوزیت ها	۲۰
۱-۳-۲- ماتریس ها	۲۲
۱-۱-۳-۲- دسته بندی ماتریس های پلیمری	۲۲
۱-۱-۱-۳-۲- ماتریس های پلیمری گرما نرم	۲۳
۲-۱-۱-۳-۲- ماتریس های پلیمری گرما سخت	۲۳
۲-۳-۲- تقویت کننده ها	۲۳
۱-۲-۳-۲- تقویت کننده های ذره ای	۲۳
۱-۱-۲-۳-۲- مواد مرکب ساخته شده از پر کننده های ذره ای	۲۴
۲-۲-۳-۲- تقویت کننده های الیافی	۲۴
۱-۲-۲-۳-۲- خصوصیات مهم الیاف در مواد مرکب	۲۵
۳-۲-۳-۲- انواع الیاف	۲۶
۱-۳-۲-۳-۲- الیاف شیشه (GFRP)	۲۶

۲۷	 (CFRP) الیاف کربن و گرافیت
۲۸	 (BFRP) الیاف بور
۲۹	 (AFRP) الیاف آرامید
۲۹	 الیاف سرامیک
۳۰	 (SFRP) الیاف فلزی
۳۰	 ۳-۳-۲ روش‌های ساخت مواد مرکب
۳۱	 ۴-۳-۲ رفتار مکانیکی مواد مرکب
۳۱	 ۱-۴-۳-۲ رابطه تنش- کرنش برای اجسام اورتوتروپیک
	 ۱-۱-۴-۳-۲ رابطه تنش- کرنش برای مواد اورتوتروپیک بر
۳۳	 اساس تنش‌های غشایی
۳۶	 ۲-۴-۳-۲ تئوری‌های گسیختگی در مواد مرکب
۳۶	 ۱-۲-۴-۳-۲ تئوری تنش حداکثر
۳۸	 ۲-۲-۴-۳-۲ تئوری کرنش حداکثر
۴۱	 ۳-۲-۴-۳-۲ تئوری کار حداکثر (تسای- هیل)
۴۳	 ۵-۳-۲ کاربرد مواد مرکب پلیمری در سازه‌ها
۴۴	 ۱-۵-۳-۲ کاربرد در صنایع هوا فضا
۴۵	 ۲-۵-۳-۲ کاربرد در رشته ساختمان
۴۵	 ۱-۲-۵-۳-۲ لوله سازی
۴۵	 ۲-۲-۵-۳-۲ عضوهای ساختمانی
۴۹	 ۳-۲-۵-۳-۲ کابل‌های پیش تنیدگی
۵۰	 ۴-۲-۵-۳-۲ مخازن نگهداری مایعات و سکوها دریایی

فصل سوم: تئوری حاکم بر برش پانچ در دال‌های تخت و پارامترهای

موثر بر ظرفیت اتصالات دال- ستون در برابر برش پانچ

۵۱	 ۱-۳ مقدمه
۵۲	 ۲-۳ الگوی ترک‌خوردگی و مکانیزم گسیختگی در اتصالات دال- ستون

۵۴	 ۳-۳- تفاوت بین گسیختگی خمشی و برش پانچ
۵۸	 ۳-۴- تنوری حاکم بر گسیختگی برش پانچ
۵۸	 ۳-۴-۱- تفسیر گسیختگی پانچ در بتن مسلح (متری، ۲۰۰۲)
۵۹	 ۳-۴-۱-۱- مدل تحلیلی
۶۰	 ۳-۴-۱-۱-۱- نیروی کششی بتن
۶۳	 ۳-۴-۱-۱-۲- سهم عملکرد میخ پرچی
۶۵	 ۳-۴-۱-۱-۳- سهم آرماتورهای برشی
۷۰	 ۳-۴-۱-۱-۴- سهم تاندون‌های پیش تنیده
	 ۳-۴-۲- تحلیل مقاومت نهایی برش پانچ در اتصالات دال- ستون (تنودور
۷۱	 اوکاپولوس، سویمی، ۲۰۰۷)
۷۱	 ۳-۴-۲-۱- تحلیل مقاومت نهایی پیشنهادی
۷۳	 ۳-۴-۲-۱-۱- مقاومت ناحیه فشاری بتن
۷۵	 ۳-۴-۲-۱-۲- سهم عملکرد میخ پرچی
۷۷	 ۳-۴-۲-۲- عمق ناحیه فشاری
۸۰	 ۳-۴-۲-۲-۱- عمق مقطع بحرانی برش
۸۰	 ۳-۴-۲-۲-۲- عمق مقطع بحرانی خمشی
	 ۳-۴-۳- رفتار نهایی دال‌های بتن مسلح تقویت شده با <i>CFRP</i> تحت بارگذاری
۸۲	 متمرکز (رشدی، بیگاد، فریر، هاملین، ۲۰۰۶)
۸۳	 ۳-۴-۱-۳- مدل تحلیلی
۸۴	 ۳-۴-۱-۳-۱- نیروی کششی بتن
۸۶	 ۳-۴-۱-۳-۲- سهم عملکرد میخ پرچی
۸۸	 ۳-۴-۲- بار برش پانچ در دال‌های تقویت شده با <i>CFRP</i>
۸۹	 ۳-۴-۲-۱- سهم ماده مرکب <i>CFRP</i>
۹۲	 ۳-۴-۲-۲- حالت تنش دال تحت بار متمرکز
۹۵	 ۳-۴-۳- مطالعه آزمایشگاهی
۹۵	 ۲-۴-۳-۱- مقاومت دوطبقه ماده مرکب
۹۹	 ۳-۴-۴- مقاومت برش پانچ دال‌های مقاوم‌سازی شده با <i>CFRP</i>

۱۰۰	 ۳-۴-۳-۱- نتایج آزمایش
۱۰۳	 ۳-۴-۴- ظرفیت اتصالات دال- ستون در برابر برش پانچ مطابق با آیین‌نامه بتن ایران (آبا)
۱۰۴	 ۳-۴-۴-۱- مقاومت دال (فاقد آرماتور برشی) در برابر برش پانچ
۱۰۷	 ۳-۵-۵- پارامترهای موثر بر ظرفیت برش پانچ در دال‌های تخت
۱۰۸	 ۳-۵-۱- مقاومت فشاری بتن
۱۰۸	 ۳-۵-۲- نسبت ابعاد بارگذاری به عمق دال
۱۰۸	 ۳-۵-۳- نسبت ابعاد بارگذاری به یکدیگر
۱۰۹	 ۳-۵-۴- سنگدانه‌های بتن
۱۰۹	 ۳-۵-۵- فواصل بین آرماتورها و پوشش بتن
۱۰۹	 ۳-۵-۶- آرماتور وجه فشاری

فصل چهارم: روش‌های نوین مقاوم‌سازی اتصالات دال- ستون در برابر برش پانچ

۱۱۱	 ۴-۱- مقدمه
۱۱۱	 ۴-۲- روش‌های افزایش ظرفیت برش پانچ در دال‌های تخت
۱۱۲	 ۴-۳- افزایش ضخامت دال
۱۱۲	 ۴-۴- استفاده از کتیبه
۱۱۳	 ۴-۵- استفاده از سرستون
۱۱۳	 ۴-۶- استفاده از بتن با مقاومت بالا (<i>HSC</i>)
۱۱۴	 ۴-۷- خاموت برشی <i>ACI</i>
۱۱۵	 ۴-۸- نردبان برشی
۱۱۶	 ۴-۹- حلقه‌های برشی
۱۱۷	 ۴-۱۰- خاموت‌های گسترده
۱۱۸	 ۴-۱۱- آرماتورهای رکابی
۱۱۹	 ۴-۱۲- آرماتورهای خم شده

۱۱۹	 ۱۳-۴ - کلاهک برشی
۱۲۱	 ۱۴-۴ - خرابای برشی
۱۲۱	 ۱۵-۴ - گل میخ برشی
۱۲۴	 ۱۶-۴ - نوار برشی
۱۲۵	 ۱۷-۴ - گنبد یا <i>UFO</i>
۱۲۵	 ۱۸-۴ - مخروط‌های برشی
۱۲۶	 ۱۹-۴ - الیاف مسلح پلیمری (<i>FRP</i>)

فصل پنجم: برنامه‌های آزمایشگاهی مقاوم‌سازی اتصالات دال - ستون با استفاده از الیاف مسلح پلیمری (*FRP*)

۱۲۷	 ۱-۵ - مقدمه
	۲-۵ - مقاوم‌سازی اتصالات میانی دال - ستون در برابر برش پانچ با استفاده از <i>CFRP</i>
۱۲۸	 (شرف، سودکی، ون‌داسن، ۲۰۰۶)
۱۲۹	 ۱-۲-۵ - برنامه آزمایشگاهی
۱۲۹	 ۱-۱-۲-۵ - نمونه‌های آزمایش
۱۳۳	 ۲-۱-۲-۵ - مشخصات مصالح
۱۳۴	 ۳-۱-۲-۵ - اجرای آزمایش و تجهیزات
۱۳۵	 ۲-۲-۵ - نتایج آزمایش
۱۳۵	 ۱-۲-۲-۵ - پاسخ بار - تغییر مکان
۱۳۸	 ۲-۲-۲-۵ - بار و خیز نهایی
۱۳۸	 ۳-۲-۲-۵ - پروفیل خیز
۱۳۹	 ۴-۲-۲-۵ - مشخصه‌های سختی
۱۴۰	 ۵-۲-۲-۵ - الگوی ترک‌خوردگی و مدهای گسیختگی
۱۴۱	 ۶-۲-۲-۵ - کرنش در فولاد
۱۴۳	 ۷-۲-۲-۵ - کرنش در <i>FRP</i>
۱۴۵	۳-۵ - مقاوم‌سازی دال‌های تخت بتن مسلح در برابر برش پانچ با استفاده از الیاف مسلح

	پلیمری کربنی (بینیسی، بایراک، ۲۰۰۳)
۱۴۵	۱-۳-۵- برنامه آزمایشگاهی
۱۴۵	۱-۱-۳-۵- مشخصات مصالح
۱۴۷	۲-۱-۳-۵- نمونه‌ها و آزمایش
۱۵۰	۳-۱-۳-۵- روش مقاوم‌سازی
۱۵۲	۲-۳-۵- نتایج آزمایش
۱۵۲	۱-۲-۳-۵- پاسخ بار- تغییر مکان
۱۵۵	۲-۲-۳-۵- ترک‌های مورب (برشی) و مدهای گسیختگی
۱۵۸	۳-۲-۳-۵- کرنش در فولاد
۱۶۰	۴-۲-۳-۵- کرنش در بتن
۱۶۱	۵-۲-۳-۵- کرنش در الیاف مسلح پلیمری کربنی (CFRP)
	۴-۵- بهبود اتصالات دال- ستون با استفاده از الیاف مسلح پلیمری (بینیسی، بایراک، ۲۰۰۴)
۱۶۵	۱-۴-۵- برنامه آزمایشگاهی
۱۶۶	۱-۱-۴-۵- مشخصات مصالح
۱۶۷	۲-۱-۴-۵- نمونه‌های آزمایشی
۱۷۱	۳-۱-۴-۵- فرآیند مقاوم‌سازی
۱۷۲	۴-۱-۴-۵- آزمایش و تجهیزات
۱۷۳	۲-۴-۵- نتایج آزمایش
۱۷۳	۱-۲-۴-۵- نتایج بار- تغییر مکان
۱۷۵	۲-۲-۴-۵- مدهای گسیختگی
۱۷۶	۳-۲-۴-۵- کرنش در بتن و فولاد
	۵-۵- بهبود لرزه‌ای اتصالات دال- ستون بتنی با استفاده از الیاف پلیمری کربنی (استارک، بینیسی، بایراک، ۲۰۰۶)
۱۸۰	۱-۵-۵- برنامه آزمایشگاهی
۱۸۰	۱-۱-۵-۵- نمونه‌های آزمایش
۱۸۴	۲-۱-۵-۵- مقاوم‌سازی در برابر برش پانچ

- ۱۸۶ ۵-۱-۳- برپا کردن آزمایش، بارگذاری و تجهیزات
- ۱۸۸ ۵-۲- نتایج آزمایش
- ۱۸۸ ۵-۲-۱- رفتار بار جانبی - تغییر مکان
- ۱۹۴ ۵-۲-۲- رفتار لنگر در برابر چرخش
- ۱۹۵ ۵-۲-۳- کرنش در الیاف پلیمری کربنی
- ۱۹۷ ۵-۶- مقاوم سازی برشی اتصالات میانی دال - ستون با استفاده از صفحات الیاف مسلح پلیمری کربنی (هراجلی، سودکی، ۲۰۰۳)
- ۱۹۷ ۵-۶-۱- برنامه آزمایشگاهی
- ۱۹۷ ۵-۶-۱-۱- نمونه های آزمایش و مصالح
- ۲۰۱ ۵-۶-۲- فرآیند آزمایش و اندازه گیری
- ۲۰۱ ۵-۶-۲- بررسی نتایج آزمایش
- ۲۰۴ ۵-۶-۲-۱- مدهای گسیختگی
- ۲۰۶ ۵-۶-۲- پاسخ بار - تغییر مکان و ظرفیت مقاومت نهایی
- ۲۰۸ ۵-۶-۲-۳- تنش در نوارهای CFRP
- ۲۰۹ ۵-۷- مقاوم سازی دال های بتنی در برابر برش پانچ با استفاده از ورق های الیاف مسلح پلیمری کربنی (کیراکاس، شیخ، ۲۰۰۷)
- ۲۰۹ ۵-۷-۱- برنامه آزمایشگاهی
- ۲۰۹ ۵-۷-۱-۱- نمونه های آزمایش
- ۲۱۵ ۵-۷-۱-۲- برپا کردن آزمایش
- ۲۱۷ ۵-۷-۲- نتایج آزمایش
- ۲۱۸ ۵-۷-۲-۱- تشریح سطح گسیختگی
- ۲۲۱ ۵-۷-۲-۲- پاسخ بار - تغییر مکان
- ۲۲۴ ۵-۸- معیاری برای مد گسیختگی پانچ در دال های بتن مسلح تسلیح شده از طریق چسباندن خارجی صفحات CFRP (میشل، فریر، بیگاد، آگاسو، ۲۰۰۶)
- ۲۲۶ ۵-۸-۱- مطالعه آزمایشگاهی
- ۲۲۶ ۵-۸-۱-۱- مشخصات مصالح
- ۲۲۶ ۵-۸-۱-۱-۱- بتن و آرمانورهای فولادی

۲۲۷	 ۵-۸-۱-۱-۲- الیاف مسلح پلیمری
۲۲۸	 ۵-۸-۱-۲- توصیف دال
۲۲۸	 ۵-۸-۱-۲-۱- هندسه
۲۲۹	 ۵-۸-۱-۲-۲- آرماتورهای خارجی دال‌ها
۲۳۱	 ۵-۸-۱-۳- ابزارآلات
۲۳۳	 ۵-۸-۲- نتایج آزمایشگاهی
۲۳۳	 ۵-۸-۲-۱- رفتار خمشی
۲۳۴	 ۵-۸-۲-۲- رفتار نهایی
	۵-۹- تعمیر اتصالات دال- ستون با استفاده از الیاف مسلح پلیمری کربنی و اپوکسی
۲۳۷	 (رابرتسون، جانسون، ۲۰۰۴)
۲۳۷	 ۵-۹-۱- نمونه‌های آزمایش
۲۴۱	 ۵-۹-۲- آزمایش اصلی روی نمونه
۲۴۳	 ۵-۹-۳- تکنیک‌های تعمیر
۲۴۳	 ۵-۹-۳-۱- تعمیر نمونه 4HS
۲۴۵	 ۵-۹-۳-۲- تعمیر نمونه 3SL
۲۴۶	 ۵-۹-۳-۳- تعمیر نمونه 2CS
۲۴۷	 ۵-۹-۴- آزمایش نمونه‌های تعمیر شده
۲۴۹	 ۵-۹-۵- مقایسه نتایج
۲۵۱	 ۵-۹-۶- مقاومت خمشی

فصل ششم: مدل‌سازی عددی و اطمینان از صحت نتایج

۲۵۳	 ۶-۱- مقدمه
۲۵۴	 ۶-۲- معرفی نرم‌افزار ANSYS
۲۵۵	 ۶-۳- مدل‌سازی دال بینشی و بایراک
۲۵۵	 ۶-۳-۱- مشخصات هندسی و مصالح دال
۲۵۷	 ۶-۳-۲- مدل‌سازی آرماتورهای فولادی
۲۵۸	 ۶-۳-۳- شبکه بندی

۲۵۹	 ۶-۳-۴- شرایط مرزی
۲۶۱	 ۶-۳-۵- تاریخچه بارگذاری
۲۶۲	 ۶-۳-۶- تعریف المان و ثابت‌های حقیقی
۲۶۳	 ۶-۳-۷- مشخصات مصالح
۲۶۳	 ۶-۳-۷-۱- مشخصات مصالح بتن مسلح
	 ۶-۳-۷-۱-۱- استفاده از معیار گسیختگی ویلیام- وارنک در فشار و
۲۶۳	 کشش
	 ۶-۳-۷-۱-۲- استفاده از معیار گسیختگی σ_2 در فشار و معیار ویلیام-
۲۶۵	 وارنک در کشش
	 ۶-۳-۷-۱-۳- استفاده از معیار تسلیم دراگر- پراگر در فشار و معیار
۲۶۶	 ویلیام- وارنک در کشش
۲۶۸	 ۶-۳-۷-۲- مشخصات مصالح آرماتورهای فولادی
۲۷۰	 ۶-۳-۸- نتایج تحلیل
۲۷۰	 ۶-۳-۸-۱- پاسخ بار- تغییر مکان
۲۷۴	 ۶-۳-۸-۲- الگوهای ترک خوردگی و مدهای گسیختگی
۲۸۲	 ۶-۳-۸-۳- کرنش در آرماتورهای فولادی
۲۸۳	 ۶-۳-۸-۴- کرنش در بتن
۲۸۴	 ۶-۳-۸-۵- حالات تنش و کرنش در بتن
۲۸۹	 ۶-۴-۱- خلاصه و نتیجه‌گیری
۲۸۹	 ۶-۴-۱- خلاصه
۲۹۰	 ۶-۴-۲- نتیجه‌گیری

فصل هفتم: تعریف نمونه‌های تحلیلی، مطالعات پارامتریک و مقاوم‌سازی

اتصالات دال- ستون

۲۹۳	 ۷-۱- مقدمه
۲۹۴	 ۷-۲- مطالعات پارامتریک عوامل موثر بر ظرفیت اتصالات دال- ستون

- ۲۹۵ ۷-۲-۱- بررسی تاثیر وجود پایه ستون بر ظرفیت اتصال
- ۲۹۸ ۷-۲-۲- بررسی تاثیر اندازه شبکه‌بندی بر ظرفیت اتصال (تحلیل حساسیت اندازه المان‌ها)
- ۳۰۱ ۷-۲-۳- بررسی تاثیر برون محوری بر ظرفیت اتصال
- ۳۰۵ ۷-۲-۴- بررسی تاثیر مقاومت فشاری بتن بر ظرفیت اتصال
- ۳۱۲ ۷-۲-۵- بررسی تاثیر مقدار آرماتور بر ظرفیت اتصال
- ۳۱۸ ۷-۲-۶- بررسی تاثیر وجود آرماتور پیوستگی بر ظرفیت اتصال
- ۳۲۱ ۷-۲-۷- بررسی تاثیر وجود آرماتور فشاری بر ظرفیت اتصال
- ۳۲۵ ۷-۲-۸- جمع‌بندی مطالعات پارامتریک
- ۳۲۶ ۷-۳-۳- مقاومت‌سازی اتصالات دال- ستون و مطالعات پارامتریک روی نمونه‌های تقویت شده پلیمری (*FRP*) تحت بارگذاری ثقلی افزاینده
- ۳۲۹ ۷-۳-۱-۱- شبکه بندی
- ۳۳۰ ۷-۳-۱-۲- تعریف المان و ثابت‌های حقیقی
- ۳۳۰ ۷-۳-۱-۳- مشخصات مصالح
- ۳۳۱ ۷-۳-۱-۴- نتایج تحلیل
- ۳۳۱ ۷-۳-۱-۴-۱- پاسخ بار- تغییر مکان
- ۳۳۷ ۷-۳-۱-۴-۲- الگوهای ترک‌خوردگی و مدهای گسیختگی
- ۳۳۹ ۷-۳-۱-۴-۳- حالات تنش و کرنش
- ۳۴۴ ۷-۳-۲- مطالعات پارامتریک روی اتصالات دال- ستون مقاوم‌سازی شده با صفحات الیاف مسلح پلیمری (*FRP*)
- ۳۴۴ ۷-۳-۲-۱- بررسی تاثیر ضخامت صفحات بر ظرفیت اتصال
- ۳۴۷ ۷-۳-۲-۲- بررسی تاثیر عرض صفحات بر ظرفیت اتصال
- ۳۴۹ ۷-۳-۲-۳- بررسی تاثیر موقعیت قرارگیری صفحات بر ظرفیت اتصال
- ۳۵۳ ۷-۳-۲-۴- بررسی تاثیر جنس صفحات بر ظرفیت اتصال
- ۳۵۶ ۷-۳-۳- مقاومت‌سازی برشی اتصالات دال- ستون با استفاده از الیاف مسلح پلیمری (*FRP*) قائم تحت بارگذاری ثقلی افزاینده

۳۶۱	 ۱-۳-۳-۷ تعریف المان و ثابت‌های حقیقی
۳۶۲	 ۲-۳-۳-۷ مشخصات مصالح
۳۶۳	 ۳-۳-۳-۷ شبکه‌بندی
۳۶۴	 ۴-۳-۳-۷ نتایج حاصل از تحلیل
۳۶۴	 ۱-۴-۳-۳-۷ پاسخ بار- تغییر مکان
۳۷۱	 ۲-۴-۳-۳-۷ الگوی ترک‌خوردگی و مدهای گسیختگی
۳۷۴	 ۳-۴-۳-۳-۷ جریان نیروها
۳۷۷	 ۴-۴-۳-۳-۷ حالات تنش و کرنش
	۴-۳-۷ مطالعات پارامتریک روی اتصالات دال- ستون مقاوم‌سازی شده با الیاف
۳۸۰	 مسلح پلیمری (FRP) قائم
۳۸۰	 ۱-۴-۳-۷ بررسی تاثیر تعداد لایه‌ها بر ظرفیت اتصال
۳۸۳	 ۲-۴-۳-۷ بررسی تاثیر جنس الیاف بر ظرفیت اتصال
	۵-۳-۷ مقاوم‌سازی اتصالات دال- ستون با استفاده از صفحات الیاف مسلح
۳۸۶	 پلیمری (FRP) تحت تغییر مکان جانبی افزایش یافته
۳۸۸	 ۱-۵-۳-۷ نتایج حاصل از تحلیل
۳۸۸	 ۱-۱-۵-۳-۷ پاسخ بار- تغییر مکان
۳۹۱	 ۲-۱-۵-۳-۷ الگوی ترک‌خوردگی و مدهای گسیختگی
۳۹۳	 ۳-۱-۵-۳-۷ حالات تنش و کرنش
	۶-۳-۷ مقاوم‌سازی اتصالات دال- ستون با استفاده از بولت‌های فولادی تحت
۳۹۸	 بارگذاری ثقلی افزایش یافته
۴۰۰	 ۱-۶-۳-۷ تعریف المان و ثابت‌های حقیقی
۴۰۰	 ۲-۶-۳-۷ مشخصات مصالح
۴۰۱	 ۳-۶-۳-۷ شبکه‌بندی
۴۰۲	 ۴-۶-۳-۷ نتایج حاصل از تحلیل
	۷-۳-۷ مقاوم‌سازی اتصالات دال- ستون با استفاده از صفحات فولادی تحت
۴۰۴	 بارگذاری ثقلی افزایش یافته
۴۰۶	 ۱-۷-۳-۷ شبکه‌بندی

۴۰۶	 ۲-۷-۳-۷- تعریف المان و ثابت‌های حقیقی
۴۰۷	 ۳-۷-۳-۷- مشخصات مصالح
۴۰۸	 ۴-۷-۳-۷- نتایج حاصل از تحلیل
۴۱۰	 ۸-۳-۷- جمع‌بندی مطالعات مقاوم‌سازی
۴۱۱	 ۴-۷- خلاصه و نتیجه‌گیری
۴۱۱	 ۱-۴-۷- خلاصه
۴۱۵	 ۲-۴-۷- نتیجه‌گیری
۴۲۵	 مراجع

پیوست الف: مبانی مدل‌سازی عددی در نرم‌افزار ANSYS

۴۳۷	 ۱- مقدمه
۴۳۷	 ۲- مدل‌سازی بتن مسلح در نرم‌افزار ANSYS
۴۳۸	 ۱-۲- المان بتن مسلح
۴۴۰	 ۱-۱-۲- فرضیات و محدودیت‌ها
۴۴۱	 ۲-۲- مشخصات مصالح بتن مسلح
۴۴۲	 ۳-۲- کلیات رفتار خطی در المان بتن مسلح
۴۴۳	 ۱-۳-۲- رفتار خطی بتن
۴۴۴	 ۲-۳-۲- رفتار خطی میلگردها
۴۴۷	 ۴-۲- کلیات رفتار غیرخطی در المان بتن مسلح
۴۴۷	 ۱-۴-۲- رفتار غیرخطی بتن
۴۴۷	 ۱-۱-۴-۲- مدل‌سازی ترک خوردگی
۴۵۲	 ۲-۱-۴-۲- مدل‌سازی لهیدگی
۴۵۳	 ۲-۴-۲- رفتار غیرخطی میلگردها
۴۵۳	 ۵-۲- معیارهای گسیختگی در بتن
۴۵۳	 ۱-۵-۲- معیار گسیختگی ویلیام-وارنک

۴۵۹	 ۲-۵-۲- معیار گسیختگی مستقل از زمان <i>J2</i>
۴۶۱	 ۲-۵-۳- معیار تسلیم دراکر- پراگر
۴۶۴	 ۲-۶-۱- اطلاعات ورودی به نرم افزار
۴۶۴	 ۲-۶-۱- ثابت های حقیقی
۴۶۴	 ۲-۶-۲- مشخصات مصالح
۴۶۷	 ۲-۷- ترسیم المان های بتن
۴۶۷	 ۳- مدل سازی آرماتور فولادی در نرم افزار <i>ANSYS</i>
۴۶۸	 ۳-۱- المان آرماتور فولادی
۴۶۸	 ۳-۲- مشخصات مصالح آرماتور فولادی
۴۶۹	 ۳-۳- اطلاعات ورودی به نرم افزار
۴۶۹	 ۳-۳-۱- ثابت های حقیقی
۴۷۰	 ۳-۳-۲- مشخصات مصالح
۴۷۰	 ۳-۴- ترسیم المان های آرماتور فولادی
۴۷۱	 ۴- مدل سازی الیاف مسلح پلیمری (<i>FRP</i>) در نرم افزار <i>ANSYS</i>
۴۷۱	 ۴-۱- المان الیاف مسلح پلیمری
۴۷۲	 ۴-۲- مشخصات مصالح الیاف مسلح پلیمری
۴۷۴	 ۴-۳- اطلاعات ورودی به نرم افزار
۴۷۶	 ۴-۴- ترسیم المان های الیاف مسلح پلیمری
۴۷۷	 ۵- شبکه بندی اجزاء محدود
۴۷۸	 ۶- مبانی بارگذاری و شرایط مرزی
۴۷۸	 ۶-۱- مبانی تحلیل غیرخطی
۴۸۲	 ۶-۲- رفتار پایستار در مقابل رفتار ناپایستار و مفهوم وابستگی به مسیر
۴۸۳	 ۶-۳- تعریف زیر مرحله های بارگذاری

پیشگفتار:

سیستم دال تخت، یکی از آسیب پذیرترین سیستم های سازه ای می باشد که به جز در مواردی که به طور مناسب طراحی و اجرا شده باشد مستعد خرابی و فرو ریزش افزایش یافته است. بزرگترین عیب این سیستم، خطر گسیختگی ترد برش پانچ در اتصالات دال- ستون ناشی از انتقال برش و لنگر نامتعادل است. طبیعت ترد و ناگهانی این پدیده باعث فرو ریختن افزایش یافته تعدادی از ساختمان ها شده است. عملکرد سازه ای ضعیف پیش بینی شده در سازه های موجود به ویژه سیستم های دال تخت ساخته شده در دهه های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ آن ها را به عنوان مهم ترین نامزد مقاوم سازی مطرح می کند. ارزیابی و مقاوم سازی اتصالات دال- ستون در برابر برش پانچ در سیستم های سازه ای دال تخت موجود تاکنون به صورت گسترده ای مورد مطالعه قرار نگرفته است. بنابراین نیاز به ایجاد یک روش مؤثر، قابل اطمینان و اقتصادی برای بهبود و مقاوم سازی آن ها احساس می شود. در این میان، مقاوم سازی با استفاده از الیاف *FRP* به دلیل مشخصات منحصر به فرد خود، روز به روز در حال افزایش است. در مقاوم سازی دال ها، استفاده از الیاف *FRP* بیشتر به منظور تقویت خمشی صورت می گیرد. لیکن استفاده از الیاف *FRP* در تقویت برشی دال ها کمتر مورد توجه قرار گرفته و به تحقیقات محدودی منحصر شده است.

در این کتاب، پس از ارائه تئوری های حاکم بر برش پانچ در دال های تخت و بررسی روش های نوین مقاوم سازی اتصالات دال- ستون در برابر برش پانچ، مقاوم سازی خمشی و برشی اتصالات دال- ستون با استفاده از الیاف مسلح پلیمری به کمک نرم افزار تحلیل المان محدود *ANSYS* مورد بررسی قرار گرفته است. ابتدا جهت اطمینان از صحت نتایج حل عددی، یک نمونه آزمایشگاهی در برنامه مدل سازی شد و مدل تحلیلی حاصل به کمک نتایج آزمایشگاهی کالیبره گردید. در این میان سه مدل رفتاری متفاوت برای

مصلح بتن مورد مطالعه قرار گرفت. پس از کالیبراسیون، مطالعات گسترده‌ای روی مکانیزم گسیختگی برش پانچ، عوامل بنیادی ایجاد کننده گسیختگی، الگوهای ترک‌خوردگی و حالات تنش و کرنش در حد نهایی انجام شد. در ادامه، اهمیت و تاثیر پارامترهای مختلف روی رفتار دال، که مطالعه آن‌ها در برنامه‌های آزمایشگاهی مستلزم صرف وقت و هزینه بسیار است، طی یک مجموعه مطالعات پارامتریک مورد بررسی قرار گرفت. سپس مقاوم‌سازی خمشی اتصالات با استفاده از صفحات *FRP* و روش نوین مقاوم‌سازی برشی دال‌ها با استفاده از خاموت‌های *FRP* به صورت حلقه‌های بسته مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل، افزایش بین ۷ تا ۲۷ درصدی در ظرفیت اتصال در نمونه‌های تقویت شده با صفحات *FRP* و افزایش بین ۴ تا ۴۳ درصدی در نمونه‌های تقویت شده با خاموت‌های برشی *FRP* و همچنین افزایش قابل ملاحظه‌ای در شکل‌پذیری نمونه‌ها را نشان داد. در انتها مقایسه‌ای بین اتصالات مقاوم‌سازی شده با استفاده از *FRP* نسبت به نمونه‌های تقویت شده به سایر روش‌های مقاوم‌سازی متداول از جمله استفاده از صفحات و بولت‌های فولادی انجام گرفت. نتایج حاصل، از کارایی بیشتر روش مقاوم‌سازی با *FRP* نسبت به سایر روش‌های مقاوم‌سازی حکایت داشت.

کتاب حاضر مشتمل بر هفت فصل است. در فصل اول به تشریح مسأله و کلیات موضوع پرداخته می‌شود، در فصل دوم یک معرفی اجمالی از مواد مرکب، ویژگی‌ها و کاربردهای آن‌ها ارائه می‌گردد. در فصل سوم به بیان تئوری حاکم بر برش پانچ در دال‌های تخت و پارامترهای موثر بر ظرفیت اتصالات دال-ستون در برابر برش پانچ پرداخته می‌شود. در فصل چهارم روش‌های نوین افزایش ظرفیت باربری و مقاوم‌سازی اتصالات دال-ستون در برابر برش پانچ ارائه می‌شود. در فصل پنجم برنامه‌های آزمایشگاهی انجام شده در خصوص مقاوم‌سازی اتصالات دال تخت با استفاده از الیاف مسلح پلیمری (*FRP*) به صورت جامع مورد بررسی قرار می‌گیرد. پس از آن، در فصل ششم به معرفی اجمالی نرم‌افزار *ANSYS* و روند طی شده برای کالیبره کردن مدل تحلیلی پرداخته شده و صحت نتایج حاصل از تحلیل‌های عددی با استفاده از نتایج یک نمونه واقعی آزمایشگاهی کنترل می‌گردد. در فصل هفتم، پس از تعریف نمونه‌های تحلیلی ابتدا

تأثیر پارامترهای مختلف روی ظرفیت باربری نمونه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس نمونه‌ها با استفاده از روش‌های مختلف تحت شرایط بارگذاری گوناگون مقاوم‌سازی شده و یک مجموعه مطالعه پارامتریک از تأثیر پارامترهای مختلف روی نمونه‌های مقاوم‌سازی شده انجام می‌گیرد.

در اینجا لازم است از زحمات حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه سمنان، آقای مهندس حمیدرضا مولایی و همکاران ایشان به خاطر مساعدت‌ها و تلاش‌های فراوان در خصوص چاپ و نشر کتاب صمیمانه تشکر و قدردانی نماییم. علیرغم سعی و تلاش فراوان و بازخوانی‌های مکرر، بدیهی است کتاب حاضر دارای لغزش‌ها و کاستی‌هایی است، پیشاپیش از خوانندگان محترم به لحاظ احتمال وجود اشتباهات و اشکالاتی که از نظر مولفین دور مانده است پوزش می‌خواهیم. دریافت نظرات، پیشنهادات و رهنمون‌های همکاران محترم، دانشجویان گرامی و خوانندگان ارجمند موجب امتنان خواهد بود.

علی خیرالدین - پژمان به‌زرد

خرداد ۱۳۸۹