بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکدهٔ عمران و معماری

گروه عمران ـ سازه

پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد

بررسی رفتار میان‌قاب‌های مقاوم شده با پلیمرهای مسلح به الیاف (FRP)

محقق:

حسین محمدی راد

استاد راهنما:

دکتر فرشید جندقی علائی

استاد مشاور:

دکتر وحیدرضا کلات جاری

پایان‌نامه جهت اخذ درجهٔ کارشناسی ارشد

تابستان ۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی شاهرود دانشکده : عمران و معماری

گروه : عمران

پایان نامه کارشناسی ارشدآقای حسین محمدی راد

تحت عنوان: بررسی رفتار میان قابهای مقاوم شده با کامپوزیتهای مسلح شده با الیاف FRP

درتاریخ۱۳۹۰/۴/۲۱ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما:	امضاء	اساتید مشاور:	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر فرشید علایی		نام و نام خانوادگی : دکتر وحیدرضا کلات جاری	
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :	
اساتید داور:	**امضاء**	**نماینده تحصیلات تکمیلی**	**امضاء**
نام و نام خانوادگی : دکتر احمد احمدی		نام و نام خانوادگی : مهندس سید علی حسینی	
نام و نام خانوادگی : دکتر علی کیهانی			

سر آغاز

به نام خدای که نام او راحت روح است و پیغام او مفتاح فتوح است و سلام او وقت صباح مؤمنان را صبوح است و ذکر او مرهم دل مجروح است و مهر او بلانشینان را کشتی نوح است.

ای کریمی که بخشندهٔ عطایی و ای حکیمی که پوشندهٔ خطایی و ای صمدی که از ادراک خلق جدایی و ای احدی که در ذات و صفات، بی‌همتایی و ای خالقی که راهنمایی و ای قادری که خدایی را سزایی، جان ما را صفای خود ده و دل ما را هوای خود ده و چشم ما را ضیای خود ده و ما را آن ده که آن به و مگذار ما را به که و مه.

الهی، عذر ما را بپذیر؛ بر عیب‌های ما مگیر. الهی در دل‌های ما جز تخم محبّت خود مکار و بر تن و جان‌های ما جز الطاف و مرحمت خود منگار و بر کشته‌های ما جز باران رحمت خود مبار.

(یکی از مناجات‌های خواجه عبدالله انصاری)

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزتر از جانم

آنانی که با راهنمایی‌ها و زحمات بی‌دریغشان

مسیر پیشرفت و خوشبختی را آشکار ساخته،

دعای خالصانه شان بدرقه راه

و وجودشان دلگرمی وجودم است.

قدردانی

حال که به لطف و رحمت لایتناهی حضرت حق، مراحل این پایان‌نامه رو به اتمام نهاده، برخود لازم دانسته تا از همه دوستانی که در پیشبرد اهداف این پایان‌نامه اینجانب را مساعدت و یاری نموده‌اند، سپاس و قدردانی به‌عمل آورم.

ابتدا برخود لازم می‌دانم تا از زحمات و پشتیبانی بی‌دریغ و بی‌شائبه استاد محترم، جناب آقای دکتر فرشید علائی که راهنمائی این تحقیق را بر عهده داشته و از هرگونه راهنمایی و مساعدت مضایقه نکردند، تشکر و قدردانی ویژه‌ای داشته باشم. بی‌شک بدون حمایت و پشتیبانی ایشان انجام این تحقیق مقدور نمی‌بود.

هم‌چنین از جناب آقای دکتر وحیدرضا کلات جاری که به عنوان استاد مشاور، نقشی ارزنده و مکمل در انجام این پایان‌نامه داشتند سپاس‌گزاری کرده و موفقیت ایشان در مراحل زندگی را از خداوند متعال مسألت دارم.

از جناب آقای دکتر احمد احمدی ریاست محترم دانشکده عمران و معماری دانشگاه صنعتی شاهرود به جهت مساعدت‌هایشان در طی دوره کارشناسی ارشد قدردانی می نمایم.

در انتها سپاس‌گزار کلیه دوستان و عزیزانی هستم که در مراحل مختلف تحصیلی مرا یاری نمودند؛ هرچند مجالی برای بیان نام تک‌تک این دوستان نیست، لیکن همیشه خود را مرهون لطف و مهربانی آن‌ها دانسته و امید دارم به لطف الهی روزی توان جبران محبت‌هایشان را داشته باشم.

تعهد نامه

اینجانب **حسین محمدی راد** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **عمران- سازه** دانشکده **عمران و معماری** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **بررسی رفتار میان قابهای مقاوم شده با کامپوزیتهای مسلح شده با الیاف FRP** تحت راهنمائی **دکتر فرشید علایی** متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه / رساله توسط اینجانب انجام شده و از صحت و اصا لت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه / رساله تا کنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرکی یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام << دانشگاه صنعتی شاهرود>> و یا <<shahrood university of technology>> به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افراد که در به دست آوردن نتایج اصلی پایان نامه / رساله تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه / رساله رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه / رساله ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه / رساله ، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

تاریخ: ۱۳۹۰/۴/۲۳

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق و نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحوی مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه / رساله بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

***متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیرشده پایان نامه / رساله وجود داشته باشد.**

چکیده

میان‌قاب‌های آجری یکی از انواع متداول میان‌قاب است که طبق روش‌های طراحی معمول از اثرات آن‌ها در رفتار سازه‌ای ساختمان‌ها صرف‌نظر شده و فقط به عنوان یک عضو غیر سازه‌ای، بار ثقلی آن در بارگذاری منظور می‌شود. در حالی که تحقیقات حاکی از این است که وجود میان‌قاب آجری تاثیر بسزایی در رفتار لرزه‌ای سازه دارد.

سازه‌های زیادی که با سیستم سازه‌ای قاب خمشی بتنی و وجود میان‌قاب ساخته شده‌اند و بدلایل مختلف از قبیل تغییر آئین‌نامه‌ها و ضعف اجراء نیاز به مقاوم‌سازی دارند محققین را به بررسی دقیق‌تر نقش میان‌قاب‌ها در رفتار سازه ترغیب کرده است. در گذشته تحقیقات بسیاری بر روی تقویت میان‌قاب‌ها در برابر نیروهای وارده انجام شده است. تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که می‌توان از قابلیت‌های میان‌قاب برای مقاوم‌سازی کل سیستم استفاده کرد.

امروزه استفاده از پلیمرهای مسلح‌شده با الیاف (FRP)، یکی از پرکاربردترین روش‌های مقاوم‌سازی اعضای بتن‌مسلح می‌باشد. استفاده از این پلیمرها برای تقویت اعضاء آجری چند سالیست که مورد توجه بوده است. با استفاده از تقویت میان‌قاب می‌توان خواص آن را از جمله خردشدگی و عدم رفتار انعطاف‌پذیر را بهبود بخشید و از این طریق می‌توان از آن برای تقویت کل سازه استفاده نمود.

اهتمام اصلی در این پایان‌نامه، مدل‌سازی رفتار غیرخطی بتن، دیوار آجری و رفتار خطی FRP

با استفاده از نرم‌افزار ANSYS می‌باشد. به منظور مدل‌سازی رفتار غیرخطی بتن، از معیار تسلیم ویلیام-وارنک استفاده شده است. پس از آن یک قاب یک طبقه یک دهانه در حالات ۱- بدون میان-قاب، ۲- با میان‌قاب آجری و ۳- با میان‌قاب آجری تقویت شده با صفحات FRP مدل‌سازی شده، صحت مدل‌های ارائه شده بر مبنای نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده توسط سایر محققین مورد بررسی قرار می‌گیرد.

بعد از اعتبارسنجی، به آزمایش و بررسی میزان بهبود رفتار سازه در اثر تقویت با شکل‌ها و ضخامت‌های مختلف لایه‌های FRP می‌پردازیم.

واژگان کلیدی: اجزاء محدود، میان‌قاب، کامپوزیتFRP، مقاوم‌سازی، قاب بتنی

فهرست مطالب

فصل اول : پیشگفتار ۱

۱-۱- پیشگفتار ۲

فصل دوم : آشنایی با مواد پلیمری مسلح به الیاف ۳

۲-۱- مقدمه ۴

۲-۲- کاربرد و شرایط استفاده ۵

۲-۳- مواد تشکیل دهنده FRP ۵

۲-۳-۱- رزین‌ها ۶

۲-۳-۲- الیاف ۶

۲-۴- خصوصیات فیزیکی ۸

۲-۴-۱- چگالی ۸

۲-۴-۲- اثرات دمای بالا ۸

۲-۵- خصوصیات مکانیکی ۹

۲-۵-۱- رفتار کششی ۹

۲-۵-۲- رفتار فشاری ۹

۲-۶- انتخاب نوع سیستم FRP ۹

۲-۶-۱- ملاحظات محیطی ۹

۲-۶-۲- ملاحظات بارگذاری ۱۰

فصل سوم : کاربرد FRP در عمران ۱۲

۳-۱- مقدمه ۱۳

۳-۲- تقویت سازه‌های موجود ۱۳
۳-۲-۱- تقویت دیوارها و دال‌ها ۱۳
۳-۲-۲- بهبود لرزه‌ای ستون‌ها ۱۶
۳-۲-۳- تقویت تیرها و محل‌های اتصال ۱۷
فصل چهارم : پیشینه بررسی رفتار میان‌قاب‌های مقاوم شده با پلیمرهای مسلح شده با الیاف (FRP) ۱۸
۴-۱- مقدمه ۱۹
۴-۲- تقویت میان‌قاب‌ها برای نیروهای خارج صفحه ۲۱
۴-۳- تقویت میان‌قاب‌ها برای برش ۲۴
۴-۴- تقویت میان‌قاب‌ها برای تحمل قسمتی از نیروهای جانبی وارد به ساختمان ۲۶
۴-۴-۱- روش‌های تحلیل میان‌قاب‌های تقویت شده ۲۷
فصل پنجم: نحوه مدل‌سازی اعضای بتن‌آرمه، میان‌قاب آجری و FRP در نرم‌افزار ANSYS ۴۸
۵-۱- مقدمه ۴۹
۵-۲- مروری بر مفهوم تحلیل غیرخطی ۵۰
۵-۳- جایگاه و اهمیت کالیبراسیون نمونه‌ها ۵۲
۵-۴- نکات قابل توجه در مدل‌سازی اجزای محدود یک عضو بتن‌آرمه ۵۳
۵-۵- معرفی گزینه‌های المان‌ها، مدل‌های رفتاری و ثابت‌های حقیقی ۵۳
۵-۶- مدل‌سازی بتن در نرم‌افزار ANSYS ۵۴
۵-۶-۱- المان SOLID۶۵ ..... ۵۴
۵-۶-۲- مصالح (مدل رفتاری) مورد استفاده در شبیه‌سازی بتن ۵۶

۵-۷- مدل‌سازی آرماتورهای طولی و عرضی در نرم‌افزار ANSYS ۶۱
۵-۷-۱- قابلیت مدل‌سازی آرماتور در المان SOLID۶۵ ..... ۶۱
۵-۷-۲- المان LINK۸ ..... ۶۲
۵-۷-۳- مصالح (مدل رفتاری) مورد استفاده در شبیه‌سازی فولاد آرماتورها ۶۴
۵-۸- مدل‌سازی صفحات بارگذاری و تکیه‌گاه‌ها در نرم‌افزار ANSYS ۶۵
۵-۸-۱- المان SOLID۴۵ ..... ۶۵
۵-۸-۲- مدل‌های رفتاری در شبیه‌سازی صفحات بارگذاری و تکیه‌گاه‌ها ۶۵
۵-۹- نحوه مدل‌سازی یک عضو بتن‌آرمه در ANSYS ۶۶
فصل ششم: بررسی صحت مدل‌سازی قاب، میان‌قاب آجری و FRP در نرم‌افزار ANSYS ۷۰
۶-۱- کالیبراسیون یک قاب بتن‌مسلح ۷۱
۶-۱-۱- ابعاد و مشخصات قاب بتن‌مسلح ۷۱
۶-۱-۲- مشخصات مصالح ۷۲
۶-۱-۳- داده‌های ورودی اجزای محدود ۷۳
۶-۱-۴- شبکه‌بندی مدل ۷۸
۶-۱-۵- بارگذاری و شرایط تکیه‌گاهی ۸۰
۶-۱-۶- روش تحلیل ۸۰
۶-۱-۷- نتایج به دست آمده از تحلیل اجزای محدود و مقایسه آن‌ها با نتایج آزمایشگاهی ۸۳
۶-۲- کالیبراسیون یک قاب بتن‌مسلح با میان‌قاب آجری ۸۴
۶-۲-۱- داده‌های ورودی اجزای محدود ۸۵

۶-۲-۲- المان و مدل رفتاری، برای مدل‌سازی دیوار آجری ۸۵
۶-۲-۳- نتایج به دست آمده از تحلیل اجزای محدود و مقایسه آن‌ها با نتایج آزمایشگاهی ۸۸
۶-۳- کالیبراسیون یک قاب بتن‌مسلح با میان‌قاب آجری تقویت شده با FRP ۸۹
۶-۳-۱- داده‌های ورودی اجزای محدود ۸۹
۶-۳-۲- المان و مدل رفتاری، برای مدل‌سازی FRP ۹۰
۶-۳-۳- نتایج به دست آمده از تحلیل اجزای محدود و مقایسه آن‌ها با نتایج آزمایشگاهی ۹۱
فصل هفتم: الگوهای مختلف تقویت دیوار میان‌قاب با FRP ۹۳
۷-۱- مقدمه ۹۴
۷-۲- نمونه‌های مورد آزمایش ۹۴
۷-۲-۱- نمونه‌های X ۹۵
۷-۲-۲- نمونه‌های S ۹۵
۷-۲-۳- نمونه‌های K ۹۶
۷-۲-۴- مشخصات مصالح ۹۷
۷-۳- نحوه اعمال بار ۹۹
۷-۴- نتایج آزمایش ۱۰۰
۷-۵- مقایسه نتایج ۱۰۴
۷-۵-۱- جذب انرژی ۱۰۴
۷-۵-۲- سختی ۱۰۵
۷-۵-۳- مقاومت ۱۰۵

فصل هشتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۰۷

۸-۱- نتیجه‌گیری ۱۰۸

۸-۲- پیشنهادات ۱۱۰

مراجع ۱۱۱

فهرست اشکال

شکل ۲-۱- اجزای تشکیل دهنده FRP [۱] ۵
شکل ۳-۱- نحوه انجام آزمایش [۲] ۱۴
شکل ۳-۲- نحوه آزمایش و نتایج [۲] ۱۵
شکل ۳-۳- جزئیات نمونه آزمایش و نمودار نتایج آزمایش [۲] ۱۶
شکل ۴-۱- مشخصات ساختمان مورد آزمایش [۳] ۲۰
شکل ۴-۲- سازه طراحی شده برای توزیع مناسب نیروی زلزله بین طبقات [۳] ۲۰
شکل ۴-۳- تعمیر ستون‌ها و اجرای میلگرد FRP به روش NSM بر روی دیوارها [۳] ۲۱
شکل ۴-۴- نمونه‌های آزمایش و نمودار نتایج آزمایش [۴] ۲۲
شکل ۴-۵- نمونه‌های آزمایش، مود شکست و نمودار نتایج آزمایش [۴] ۲۳
شکل ۴-۶- نحوه تقویت نمونه‌ها [۵] ۲۳
شکل ۴-۷- نحوه شکست نمونه‌ها [۶] ۲۵
شکل ۴-۸- نحوه شکست نمونه‌ها [۶] ۲۶
شکل ۴-۹- نحوه شکست نمونه‌ها و نتایج [۶] ۲۶
شکل ۴-۱۰- نحوه تقویت و مدل سازه‌ای معادل [۷] ۲۷
شکل ۴-۱۱- نمودار تنش-کرنش FRP و مصالح میان‌قاب [۷] ۲۸
شکل ۴-۱۲- نمودار های خروجی آزمایش [۷] ۲۹
شکل ۴-۱۳- نحوه تقویت نمونه‌ها و مهار و نمودار نتایج خروجی [۸] ۳۰
شکل ۴-۱۴- مشخصات نمونه‌ها [۹] ۳۱
شکل ۴-۱۵- نحوه تقویت نمونه‌ها [۹] ۳۲
شکل ۴-۱۶- نحوه آماده‌سازی FRP و تقویت [۹] ۳۲

شکل ۴-۱۷- سیستم آزمایش [۹] ۳۳
شکل ۴-۱۸- مشخصات نمونه‌ها [۱۰] ۳۴
شکل ۴-۱۹- نحوه تقویت نمونه‌ها [۱۰] ۳۴
شکل ۴-۲۰- مشخصات دستگاه اعمال آزمایش [۱۰] ۳۵
شکل ۴-۲۱- مکانیزم‌های خرابی [۱۰] ۳۵
شکل ۴-۲۲- نحوه آزمایش [۱۱] ۳۶
شکل ۴-۲۳- مشخصات نمونه‌ها و نحوه تقویت آن‌ها [۱۱] ۳۷
شکل ۴-۲۴- نحوه تقویت نمونه‌ها [۱۱] ۳۸
شکل ۴-۲۵- نمودار نتایج و تصویر شکست یکی از نمونه‌ها [۱۱] ۳۸
شکل ۴-۲۶- مشخصات نمونه‌ها و شکل تقویت [۱۲] ۳۹
شکل ۴-۲۷- نمودار نتایج و محل ترک‌ها [۱۲] ۴۰
شکل ۴-۲۸- نمونه‌ها پس از انجام آزمایش [۱۲] ۴۱
شکل ۴-۲۹- مشخصات نمونه‌ها و نحوه میلگرد گذاری [۱۳] ۴۲
شکل ۴-۳۰- انکرهای فیتیله‌ای [۱۳] ۴۳
شکل ۴-۳۱- چیدمان آزمایش [۱۳] ۴۵
شکل ۴-۳۲- منحنی نتایج [۱۳] ۴۵
شکل ۵-۱- مفهوم گام بارگذاری و زیرگام در تحلیل غیرخطی ۵۱
شکل ۵-۲- المان SOLID۶۵ به همراه دستگاه مختصات محلی [۱۷] ۵۵
شکل ۵-۳- سطح سه بعدی شکست بتن در فضای تنش‌های اصلی بر اساس معیار شکست ویلیام‌ـ وارنک [۱۶] ۶۰
شکل ۵-۴- مدل در نظر گرفته شده برای بتن تحت تنش کششی و پس از ترک‌خوردگی [۱۶] ۶۰
شکل ۵-۵- جهت‌های المان پخش‌شده (Smeared)، با دستگاه مختصات SOLID۶۵ [۱۷] ۶۲

شکل ۵-۶- المان LINK۸ به همراه دستگاه مختصات محلی [۱۷] ۶۳
شکل ۵-۷- المان SOLID۴۵ به همراه دستگاه مختصات محلی [۱۷] ۶۵
شکل ۵-۸- مراحل اعمال گام‌های بارگذاری ۶۹
شکل ۶-۱- جزییات ابعاد و آرماتورهای قاب بتنی ۷۱
شکل ۶-۲- مدل شبکه‌بندی شده قاب بتن مسلح ۷۳
شکل ۶-۳- منحنی تنش-کرنش تک‌محوری فشاری بتن [۱۶] ۷۴
شکل ۶-۴- منحنی تنش-کرنش بتن ۷۵
شکل ۶-۵- صفحه بارگذاری ۷۸
شکل ۶-۶- تأثیر تعداد المان‌ها در دقت نتایج حاصل از اجزای محدود ۷۹
شکل ۶-۷- شبکه‌بندی آرماتورهای طولی و عرضی قاب بتنی ۷۹
شکل ۶-۸- شرایط تکیه‌گاهی و اعمال بار قاب بتنی ۸۰
شکل ۶-۹- روش تکرار نیوتن-رافسون [۱۶] ۸۱
شکل ۶-۱۰- رفتار همگرایی طول کمان [۲۲] ۸۲
شکل ۶-۱۱- نمودارهای هیسترزیس آزمایشگاهی و اجزای محدود قاب بتنی ۸۳
شکل ۶-۱۲- تغییرشکل قاب بتن مسلح ۸۴
شکل ۶-۱۳- مدل میکرو (Micro Modeling) ۸۵
شکل ۶-۱۴-مدل ماکرو (Macro Modeling) ۸۶
شکل ۶-۱۵- شبکه‌بندی میان‌قاب آجری و قاب بتنی پیرامونی ۸۶
شکل ۶-۱۶- نمودارهای هیسترزیس آزمایشگاهی و اجزای محدود قاب بتنی با میان‌قاب ۸۸
شکل ۶-۱۷- تغییرشکل قاب همراه با میان‌قاب آجری ۸۹
شکل ۶-۱۸- المان SHELL۴۱ به همراه دستگاه مختصات محلی [۱۷] ۹۰
شکل ۶-۱۹- شبکه‌بندی میان‌قاب آجری و قاب بتنی پیرامونی و تقویت FRP ۹۱

شکل ۶-۲۰- نمودارهای هیسترزیس آزمایشگاهی و اجزای محدود قاب بتنی با میان‌قاب آجری تقویت شده با لایه‌های FRP ۹۲
شکل ۷-۱- نمای کلی نمونه‌های X ۹۵
شکل ۷-۲- نمای کلی نمونه‌های S ۹۶
شکل ۷-۳- نمای کلی نمونه‌های K ۹۷
شکل ۷-۴- تغییرمکان‌های اعمال شده به نمونه‌ها ۹۹
شکل ۷-۵- نمودار هیسترزیس نمونه‌های X-۱ و X-۲ ..... ۱۰۰
شکل ۷-۶- نمودار هیسترزیس نمونه‌های X-۳ و X-۴ ..... ۱۰۱
شکل ۷-۷- نمودار هیسترزیس نمونه‌های X-۵ ..... ۱۰۱
شکل ۷-۸- نمودار هیسترزیس نمونه‌های S-۱ و S-۲ ..... ۱۰۲
شکل ۷-۹- نمودار هیسترزیس نمونه‌های S-۳ و S-۴ ..... ۱۰۲
شکل ۷-۱۰- نمودار هیسترزیس نمونه‌های S-۵ ..... ۱۰۲
شکل ۷-۱۱- نمودار هیسترزیس نمونه‌های K-۱ و K-۲ ..... ۱۰۳
شکل ۷-۱۲- نمودار هیسترزیس نمونه‌های K-۳ و K-۴ ..... ۱۰۳
شکل ۷-۱۳- نمودار هیسترزیس نمونه‌های K-۵ ..... ۱۰۴
شکل ۷-۱۴- مقایسه پوش منحنی هیسترزیس سه نمونه X-۳، S-۳ و K-۳ ..... ۱۰۵
شکل ۷-۱۵- روند افزایش مقاومت نمونه‌ها در اثر افزایش ضخامت ۱۰۶

فهرست جداول

جدول۴-۱- مشخصات نمونه‌های آزمایش [۴] ۲۲

جدول۴-۲- مشخصات نمونه‌های آزمایش [۵] ۲۴

جدول۴-۳- مشخصات نمونه‌های آزمایش [۶] ۲۵

جدول۴-۴- مشخصات مواد نمونه‌ها [۷] ۲۸

جدول۴-۵- مشخصات نمونه‌ها [۹] ۳۱

جدول۴-۶- مشخصات نمونه‌ها [۱۰] ۳۳

جدول۴-۷- مشخصات نمونه‌ها [۱۱] ۳۶

جدول۴-۸- مشخصات نمونه‌ها [۱۱] ۳۷

جدول۴-۹- مقاومت نهائی نمونه‌ها [۱۲] ۴۰

جدول ۶-۱ مقادیر ورودی نمودار تنش-کرنش بتن به نرم‌افزار ۷۵

جدول ۶-۲- مشخصات ورودی بتن در نرم‌افزار برای مدل‌سازی قاب بتنی ۷۶

جدول ۶-۳- مدول الاستیسیته و ضریب پواسون آرماتورهای طولی و عرضی قاب بتنی ۷۷

جدول ۶-۴- تنش تسلیم و مدول مماسی آرماتورهای طولی و عرضی قاب بتنی ۷۷

جدول ۶-۵- مدول الاستیسیته و ضریب پواسون صفحات بارگذاری قاب بتنی ۷۸

جدول ۶-۶- مقایسه نتایج آزمایشگاهی و اجزای محدود، برای قاب بتنی ۸۴

جدول ۶-۷- مشخصات ورودی در نرم‌افزار برای مدل‌سازی میان‌قاب ۸۷

جدول ۶-۸- مقایسه نتایج آزمایشگاهی و اجزای محدود، برای قاب بتنی ۸۸

جدول ۶-۹- مشخّصات مکانیکی FRP، مورد استفاده در تقویت میان‌قاب بر حسب گیگاپاسکال ۹۱

جدول ۶-۱۰- مقایسه نتایج آزمایشگاهی و اجزای محدود، برای قاب بتنی ۹۲

جدول ۷-۱- مشخصات ورودی بتن در نرم‌افزار برای مدل‌سازی قاب بتنی ۹۷

جدول ۷-۲- مدول الاستیسیته و ضریب پواسون آرماتورهای طولی و عرضی قاب بتنی ۹۷
جدول ۷-۳- تنش تسلیم و مدول مماسی آرماتورهای طولی و عرضی قاب بتنی ۹۷
جدول ۷-۴- مشخصات نمونه‌ها ۹۸
جدول ۷-۵- مدول الاستیسیته و ضریب پواسون صفحات بارگذاری صلب قاب بتنی ۹۸
جدول ۷-۶- مشخصات ورودی در نرم‌افزار برای مدل‌سازی میان‌قاب ۹۹
جدول ۷-۷- مشخّصات مکانیکی FRP، مورد استفاده در تقویت میان‌قاب بر حسب گیگاپاسکال ۹۹
جدول ۷-۸- میزان جذب انرژی مدل‌های مختلف ۱۰۴