بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای صادق گریوانی پایان نامه ٦ واحدی خود را با عنوان بررسی رفتار قاب های فولادی دارای اتصالات خورجینی و میانقاب مصالح بنایی تقویت شده با شبکه فولادی و شاتکریت در تاریخ ۱۳۸۸/۱۲/۲۳ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران - سازه پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر علی اکبر آقا کوچك	استاد	
استاد مشاور	دکتر مسعود سلطانی محمدی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر عباسعلی تسنیمی	استاد	
استاد ناظر	دکتر عبدالرضا سرو قدمقدم	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر عباسعلی تسنیمی	استاد	

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته مهندسی عمران- گرایش سازه است که در سال ۱۳۸۸ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر علی‌اکبر آقاکوچک و مشاوره جناب آقای دکتر مسعود سلطانی محمدی از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتاب‌های عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب صادق گریانی دانشجوی رشته مهندسی عمران- گرایش سازه مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی:

صادق گریوانی

تاریخ و امضا:

۱۳۸۹/۰۴/۲۴

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی

صادق گریوانی

امضاء

تقدیم به

خاک پاک ایران،

پدر، مادر و همسر عزیزم.

تشکر و قدردانی

از خداوند متعال که در تمام مراحل زندگی، این بنده ناچیز را مورد لطف و عنایت بی پایان خود قرار داده است شاکرم.

در مقام شاگردی از زحمات استاد گرانقدر خود، جناب آقای دکتر آقاکوچک که در طول انجام این تحقیق، کاستی‌های اینجانب را تحمل کرده و همواره با راهنمایی‌های بی دریغ خود گره گشای مشکلات بنده بودند کمال تشکر را ابراز می‌دارم. همچنین از این فرصت استفاده کرده و از استاد محترم، جناب آقای دکتر سلطانی محمدی نیز بابت مشاوره‌های بسیار مفید ایشان در طول این مدت تشکر می‌نمایم.

از برادر عزیز و دوست گرامی خود، آقایان یاسر گریوانی و حسام میلانی نیز که در سخت‌ترین روزها بنده را یاری نمودند صمیمانه سپاسگزارم و از درگاه پروردگار برای ایشان آرزوی موفقیت دارم.

دانشکده فنی مهندسی- بخش عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی عمران، گرایش سازه

بررسی رفتار قاب‌های فولادی دارای اتصالات خورجینی و میانقاب مصالح بنایی تقویت شده با شاتکریت و شبکه فولادی

نگارنده:
صادق گریوانی

استاد راهنما:
دکتر علی‌اکبر آقاکوچک

استاد مشاور:
دکتر مسعود سلطانی محمدی

اسفندماه ۱۳۸۸

چکیده

قاب‌های فولادی دارای اتصال خورجینی طیف گسترده‌ای از سازه‌های ساختمانی فولادی موجود در کشور را در بر می‌گیرد. این نوع قاب‌های فولادی به ویژه در دهه ۶۰ و قبل از آن که ساخت و سازهایی بدون توجه به ضوابط و مقررات طرح لرزه‌ای ساختمان‌ها در کشور ما انجام شده است فراگیری بیشتری داشته است. لذا بررسی و شناخت صحیح رفتار این قاب‌ها در سال‌های اخیر از دغدغه‌های اصلی مراکز علمی و تحقیقاتی کشور بوده است.

در قاب‌های فولادی دارای اتصال خورجینی نیز مانند دیگر انواع قاب‌های ساختمانی، میانقاب‌هایی وجود دارد که معمولاً از جنس مصالح بنایی می‌باشند. بررسی اثر این میانقاب‌ها بر روی قاب پیرامونی دارای اتصال خورجینی از مسائلی است که در تحقیقات انجام شده در زمینه قاب‌های فولادی مذکور کمتر بدان توجه شده است. آنچه در این تحقیق دنبال شده است، بررسی اثر میانقاب‌های مصالح بنایی تقویت نشده و تقویت شده (با شاتکریت و شبکه فولادی) بر روی رفتار قاب‌های فولادی دارای اتصال خورجینی می‌باشد. علاوه بر سختی و مقاوت نهایی قاب مرکب، اثر اندر کنش قاب و میانقاب بر روی تیر، ستون و اتصال خورجینی نیز در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است.

مدل‌سازی‌های عددی در این تحقیق در نرم افزار اجزاء محدود *ABAQUS* صورت پذیرفته است. ابتدا با مقایسه نتایج حاصل از مدل‌سازی عددی با نتایج آزمایشگاهی، درستی روش انتخاب شده برای مدل‌سازی میانقاب مصالح بنایی کنترل گردیده و سپس قاب‌های دو دهانه و چهار دهانه فولادی دارای اتصالات خورجینی، مهاربند ضربدری و میانقاب مصالح بنایی تقویت شده و نشده در نرم افزار مدل شده و تأثیر میانقاب بر سختی و مقاومت نهایی قاب، مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین اثرات منفی میانقاب بر روی اعضای مجاور آن (تیر، ستون و اتصال) نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج کلی بدست آمده، حاکی از اثرات مثبت میانقاب‌ها بر روی سختی و مقاومت نهایی قاب مرکب و اثرات منفی این اعضاء بر روی اعضای مجاور خود (تیر، ستون و به ویژه اتصال خورجینی) می‌باشد که لزوم در نظر گرفتن این اثرات منفی و تقویت اعضای مجاور را قبل از در نظر گرفتن اثرات مثبت میانقاب‌ها گوشزد می‌نماید.

کلمات کلیدی: اتصال خورجینی، قاب مرکب، میانقاب مصالح بنایی، شاتکریت.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده..... I

فصل ۱..... ۱

مقدمه..... ۱

۱-۱- مقدمه..... ۲

۱-۲- معرفی اتصال خورجینی..... ۴

۱-۲-۱- هندسه اتصال خورجینی..... ۵

۱-۲-۲- مزایا و معایب اتصال خورجینی..... ۶

۱-۳- معرفی میانقاب ها..... ۷

۱-۳-۱- دیدگاه های موجود در نحوه برخورد با مسئله میانقاب ها..... ۹

۱-۳-۱-۱- دیدگاه اول، جداسازی قاب و میانقاب..... ۹

۱-۳-۱-۲- دیدگاه دوم، پیوسته سازی قاب و میانقاب..... ۱۲

۱-۳-۱-۲-۱- تأثیر پیوسته سازی در رفتار کلی قاب مرکب..... ۱۲

۱-۳-۱-۲-۲- افزایش سختی و در نتیجه، کاهش دوره تناوب طبیعی سازه..... ۱۴

۱-۳-۱-۲-۳- پدیده ستون کوتاه..... ۱۵

۱-۴- مقاوم سازی میانقاب های مصالح بنایی..... ۱۷

۱-۴-۱- روش های مقام سازی دیوارهای مصالح بنایی..... ۱۸

۱-۴-۱-۱- استفاده از روکش های سطحی..... ۱۸

۱-۴-۱-۲- تکنیک تزریق دوغاب و چسب اپوکسی..... ۱۹

۱-۴-۱-۳- تکنیک استفاده از تسلیح خارجی..... ۱۹

۱-۴-۱-۴- استفاده از کامپوزیت های *FRP*..... ۲۰

۱-۴-۲- نحوه اجرای روش روکش سطحی شاتکریت و شبکه فولادی..... ۲۱

۱-۴-۳- مزایا و معایب مقاوم سازی دیوار های مصالح بنایی با روکش بتن مسلح..... ۲۳

۱-۵- مودهای گسیختگی قاب های مرکب..... ۲۴

۱-۵-۱- مود شکست گوشه :..... ۲۴

۱-۵-۲- مود شکست برشی لغزشی:..... ۲۵

۱-۵-۳- مود شکست فشاری قطری:..... ۲۶

۱-۵-۴- مود ترک قطری:..... ۲۶

۱-۵-۵- مود گسیختگی قاب:..... ۲۷

۱-۶- روابط موجود برای محاسبه سختی و مقاومت نهایی میانقاب..... ۲۸

۱-۶-۱- روابط موجود در نشریات *FEMA* و نشریه ۳۶۰..... ۲۹

۱-۶-۱-۱- روابط موجود در *FEMA356*..... ۲۹

۱-۶-۱-۱-۱- سختی میانقاب..... ۲۹

۱-۶-۱-۱-۲- مقاومت میانقاب..... ۳۰

۱-۶-۱-۲- روابط موجود در *FEMA306*..... ۳۰

۱-۶-۱-۲-۱- سختی میانقاب..... ۳۰

۱-۶-۱-۲-۲- مقاومت میانقاب..... ۳۱

۱-۶-۱-۳- روابط موجود در نشریه ۳۶۰ ..... ۳۳
۱-۶-۱-۳-۱- سختی میانقاب ۳۳
۱-۶-۱-۴- مقاومت میانقاب ۳۴
فصل ۲ ..... ۳۶
مروری بر تحقیقات گذشته ۳۶
۲-۱- مقدمه ۳۷
۲-۲- تحقیقات آزمایشگاهی انجام گرفته در زمینه قاب های مرکب فولادی ۳۷
۲-۳- تحقیقات نظری در زمینه قاب های مرکب فولادی ۴۴
۲-۴- تحقیقات موجود در زمینه تقویت میانقاب ها ۵۰
۲-۴-۱- تحقیقات انجام شده در زمینه دیوار های مصالح بنایی با روکش سطحی ۵۰
۲-۴-۱-۱- استفاده از روکش بتن مسلح ۵۱
۲-۴-۱-۲- استفاده از روکش ملات مسلح ۵۲
۲-۴-۲- تحقیقات انجام شده در زمینه پانل های ساندویچی *3D* ۵۵
فصل ۳ ..... ۶۰
بررسی نحوه مدلسازی قاب فولادی دارای اتصال خورجینی و میانقاب مصالح بنایی تقویت شده با شاتکریت و شبکه فولادی در نرم افزار *ABAQUS* ۶۰
۳-۱- مقدمه ۶۱
۳-۲- مدلسازی میانقاب های مصالح بنایی ۶۱
۳-۲-۱- مدلسازی به روش قاب یا خرپای معادل ۶۲
۳-۲-۲- مدلسازی به روش اجزاء محدود ناپیوسته- ریز مدلسازی ۶۲
۳-۲-۳- مدلسازی به روش اجزاء محدود پیوسته- درشت مدلسازی ۶۳
۳-۲-۴- مدلسازی به روش اجزاء مجزا ۶۵
۳-۲-۵- انواع مدل های موجود در *ABAQUS* برای مدلسازی مصالح بنایی ۶۵
۳-۲-۵-۱- روش ترک‌پخشی ۶۶
۳-۳- مدلسازی لایه تقویت بتنی (شاتکریت) ۷۳
۳-۳-۱- مدل پلاستیسیته خسارت (*CONCRETE DAMAGED PLASTICITY*) ۷۴
۳-۳-۱-۱- رفتار مکانیکی ۷۴
۳-۳-۱-۲- رفتار کششی و فشاری تک محوری ۷۴
۳-۴- مدل سازی قاب دارای اتصال خورجینی ۷۶
فصل ۴ ..... ۸۰
اعتبار سنجی مدلسازی های انجام شده ۸۰
۴-۱- مقدمه ۸۱
۴-۲- اعتبار سنجی مدلسازی میانقاب مصالح بنایی ۸۱
۴-۲-۱- خلاصه‌ای از کار آزمایشگاهی مدل شده برای اعتبار سنجی ۸۲
۴-۲-۲- مدل‌سازی قاب فولادی ۸۶

۴-۲-۳- مدل‌سازی میانقاب مصالح بنایی ۸۷
۴-۲-۴- مدلسازی تماس بین قاب و میانقاب ۸۹
۴-۲-۵- کنترل صحت مدل‌سازی با نتایج آزمایشگاهی ۹۲
۴-۲-۵-۱- بررسی تغییر شکل قاب و میانقاب: ۹۳
۴-۲-۵-۲- بررسی توزیع تنش ها و خرابی ۹۴
۴-۲-۵-۳- مقایسه نمودار نیرو- جابجایی ۹۶
۴-۳- اعتبار سنجی مدلسازی لایه شاتکریت و شبکه فولادی ۹۷
۴-۳-۱- خلاصه‌ای از کار آزمایشگاهی مدل شده برای اعتبار سنجی ۹۸
۴-۳-۲- مدل سازی قاب فولادی ۹۹
۴-۳-۳- مدلسازی میانقاب *3D* پانل ۱۰۰
۴-۳-۳-۱- مدلسازی لایه شاتکریت و شبکه فولادی ۱۰۱
۴-۳-۳-۲- مشخصات بتن معرفی شده به نرمافزار ۱۰۲
۴-۳-۳-۳- مشخصات میلگردهای شبکه فولادی ۱۰۳
۴-۳-۴- مدلسازی تماس بین قاب و میانقاب ۱۰۳
۴-۳-۵- بررسی نتایج مدلسازی ۱۰۳
۴-۳-۵-۲- بررسی تغییر شکل قاب مورد بررسی ۱۰۴
۴-۳-۵-۳- بررسی خرابی های صورت گرفته در قاب مرکب ۱۰۵
۴-۳-۵-۴- بررسی نمودار نیرو- جابجایی ۱۰۶
فصل ۵ ۱۰۸
مطالعات پارامتریک ۱۰۸
۵-۱- مقدمه ۱۰۹
۵-۲- تحلیل و طراحی قاب فولادی چهار طبقه دارای اتصال خورجینی ۱۱۰
۵-۲-۱- بارگذاری ثقلی ۱۱۲
۵-۲-۲- بارگذاری زلزله ۱۱۲
۵-۲-۳- نحوه مدل‌سازی کامپیوتری اتصال خورجینی با نرم‌افزار *ETABS* ۱۱۳
۵-۲-۳-۱- مدل سازی هندسی اتصال خورجینی ۱۱۳
۵-۲-۳-۲- انتخاب سختی اتصال جهت آنالیز مدل‌ها با نرم‌افزار *ETABS* ۱۱۴
۵-۲-۳-۳- انتخاب قاب های پیرامونی ۱۱۸
۵-۳- نحوه مدل سازی در نرم افزار *ABAQUS* ۱۱۸
۵-۳-۱- ارائه رابط های برای محاسبه سختی اتصال خورجینی دارای نبشی بالا و پایین در راستای قائم ۱۱۹
۵-۳-۱-۱- درک رفتار کلی اتصال خورجینی در راستای قائم ۱۲۰
۵-۳-۱-۲- بدست آوردن رابط های برای محاسبه $k_{\theta 1}$ و $k_{\theta 2}$ ۱۲۴
۵-۳-۱-۳- بررسی اثر r بر مقدار $k_{\theta 1}$ و $k_{\theta 2}$ ۱۲۵
۵-۳-۱-۴- بررسی اثر طول نبشی بر مقدار $k_{\theta 1}$ و $k_{\theta 2}$ ۱۲۶
۵-۳-۱-۵- بررسی اثر t بر مقدار $k_{\theta 1}$ و $k_{\theta 2}$ ۱۲۶
۵-۳-۱-۶- کنترل رابطه بدست آمده برای K_2 ۱۲۷
۵-۳-۱-۶-۱- بدست آوردن ضریب اصلاحی ۱۲۷
۵-۳-۱-۷- بررسی اثر ضخامت جان تیر بر سختی اتصال ۱۲۹

۵-۳-۱-۸- بررسی اثر عرض بال تیر بر سختی اتصال ۱۳۰
۵-۳-۱-۹- رابطه پیشنهادی نهایی و کنترل صحت آن ۱۳۱
۵-۴- بررسی رفتار کلی قاب مرکب دو دهانه ۱۳۳
۵-۴-۱- بررسی نحوه تغییر شکل قاب مرکب ۱۳۴
۵-۴-۲- بررسی اثرات میانقاب بر روی اعضای مجاور آن ۱۳۵
۵-۴-۲-۱- بررسی اثر میانقاب بر روی تیر و ستون ۱۳۵
۵-۴-۲-۲- بررسی کفایت اتصال خورجینی در قاب مرکب دارای میانقاب تقویت نشده ۱۳۹
۵-۴-۲-۲-۱- بررسی کفایت مقاومت اتصال خورجینی در راستای قائم ۱۴۰
۵-۴-۲-۲-۲- بررسی کفایت مقاومت پیچشی اتصال خورجینی ۱۴۳
۵-۵- بررسی اثر تغییر ضخامت میانقاب بر روی سختی و مقاومت نهایی قاب مرکب ۱۵۰
۵-۵-۱- بررسی نمودارهای نیرو- جابجایی ۱۵۱
۵-۵-۱-۱- قاب مرکب دو دهانه دارای اتصال ساده ۱۵۱
۵-۵-۱-۲- قاب مرکب دو دهانه دارای دارای اتصال خورجینی ۱۵۲
۵-۶- مقایسه سختی و مقاومت نهایی حاصل از مدلسازی با روابط موجود ۱۵۵
۵-۶-۱- روابط استفاده شده برای محاسبه سختی و مقامت نهایی میانقاب مصالح بنایی ۱۵۵
۵-۶-۱-۱- سختی میانقاب ۱۵۶
۵-۶-۱-۲- مقاومت میانقاب ۱۵۶
۵-۶-۱-۲-۱- مقاومت شکست کنج ۱۵۷
۵-۶-۱-۲-۲- ظرفیت شکست برشی- لغزشی ۱۵۷
۵-۶-۱-۲-۳- ظرفیت شکست کشش قطری ۱۵۸
۵-۶-۲- قاب مرکب دو دهانه دارای اتصال ساده ۱۵۸
۵-۶-۳- قاب مرکب دو دهانه دارای اتصال خورجینی ۱۶۱
۵-۷- بررسی پارامترهای مؤثر بر طول تماس بین قاب و میانقاب ۱۶۳
۵-۷-۱- بررسی اثر تغییر مشخصات مصالح میانقاب بر طول تماس بین قاب و میانقاب ۱۶۳
۵-۷-۲- بررسی اثر تغییر مشخصات قاب پیرامونی بر طول تماس بین قاب و میانقاب ۱۶۷
۵-۸- بررسی اثر تقویت میانقاب ها با لایه شاتکریت و شبکه فولادی بر روی رفتار قاب های مرکب فولادی دارای اتصال خورجینی ۱۶۹
۵-۸-۱- مشخصات مصالح معرفی شده به نرمافزار ۱۶۹
۵-۸-۱-۱- مشخصات آرماتورهای شبکه فولادی ۱۶۹
۵-۸-۱-۲- مشخصات بتن ۱۷۰
۵-۸-۲- بررسی قاب های مرکب بدون مهاربند ۱۷۱
۵-۸-۲-۱- تأثیر افزودن شاتکریت و شبکه فولادی بر روی سختی و مقاومت نهایی قاب مرکب ۱۷۱
۵-۸-۲-۲- بررسی کفایت اتصال خورجینی برای تحمل نیروهای ناشی از اندرکنش ۱۷۳
۵-۸-۲-۲-۱- کفایت اتصال خورجینی برای تحمل نیروهای قائم ناشی از اندرکنش ۱۷۳
۵-۸-۲-۲-۲- کفایت اتصال خورجینی برای تحمل نیروهای قائم ناشی از اندرکنش ۱۷۴
۵-۸-۲-۳- بررسی تأثیر مشخصات بتن لایه تقویت بر رفتار قاب مرکب ۱۷۶
۵-۸-۳- بررسی قاب های مرکب دارای مهاربند ۱۷۷
۵-۸-۳-۲- قاب مرکب مهاربندی، دارای میانقاب مصالح بنایی با کیفیت متوسط ۱۷۹
۵-۸-۳-۲-۱- مقایسه رفتار قاب مهاربندی در مدل المان محدود با مدل ساده شده ۱۸۴
۵-۸-۳-۳- قاب مرکب مهاربندی دارای میانقاب مصالح بنایی با کیفیت پایین ۱۸۸
فصل ۶ ۱۹۱

خلاصه، نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۹۱
۶-۱- نتایج کلی بدست آمده در این تحقیق ۱۹۲
۶-۲- پیشنهادات ۱۹۶
مراجع ۱۹۷

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱ : نتایج مطالعه آزمایشگاهی مقدم و همکاران [20] ۵۵
جدول ۵-۱ : مشخصات نمونه های مدل شده و اعداد بدست آمده برای سختی اتصال در راستای قائم ۱۳۲
جدول ۵-۲ : مشخصات میانقاب های ۲۰ و ۳۰ سانتیمتری ۱۵۹
جدول ۵-۳ : خلاصه محاسبات مربوط به سختی و مقاومت نهایی قاب مرکب ۱۵۹
جدول ۵-۴ : مشخصات میانقاب های ۲۰ و ۳۰ سانتیمتری ۱۶۱
جدول ۵-۵ : خلاصه محاسبات مربوط به سختی و مقاومت نهایی قاب مرکب ۱۶۱
جدول ۵-۶ : پارامترهای متغیر مصالح بنایی برای بررسی طول تماس قاب و میانقاب ۱۶۴
جدول ۵-۷ : مشخصات مهاربندهای معرفی شده به نرم افزار در ۳ حالت قوی، متوسط و ضعیف ۱۷۸
جدول ۵-۸ : نسبت سختی و مقاومت نهایی قاب مرکب به قاب بدون میانقاب ۱۸۴
جدول ۵-۹ : مشخصات میانقاب های ۲۰ و ۳۰ سانتیمتری ۱۸۵
جدول ۵-۱۰ : خلاصه محاسبات مربوط به سختی و مقاومت نهایی قاب مرکب ۱۸۵

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ : تصویر سه بعدی از اتصالات خورجینی متدوال با نبشی بالا و پایین [۳] ۵
شکل ۱-۲ : نحوه جوشکاری اجرایی در اتصالات خورجینی [۳] ۶
شکل ۱-۳ : مقایسه رفتار قاب مرکب با رفتار مولفه های آن [۵] ۸
شکل ۱-۴ : جداسازی قاب بتنی و میانقاب با ایجاد درز [6] ۱۰
شکل ۱-۵ : یک نمونه از سیستم های جدا کننده قاب و میانقاب در قاب های ساختمانی[6] ۱۱
شکل ۱-۶ : جزئیات جداگرهای بین میانقاب و ستون[6] ۱۱
شکل ۱-۷ : جداشدگی قاب از میانقاب [۵] ۱۲
شکل ۱-۸ : کنش خرپایی در قاب مرکب [۵] ۱۳
شکل ۱-۹ : تغییرات تنش در صفحهٔ میانقاب[۵] ۱۳
شکل ۱-۱۰ : پدیده ستون کوتاه [۵] ۱۶
شکل ۱-۱۱ : پدیده ستون کوتاه (آرکوئیپا، پرو، زلزله ژوئن ۲۰۰۱) [6] ۱۷
شکل ۱-۱۲ : عملیات تزریق دوغاب [۹] ۱۹
شکل ۱-۱۳ : استفاده از نوارهای فولادی در تقویت دیوار [۹] ۲۰
شکل ۱-۱۴ : *FRP* های صفحه ای (الف) و میله ای (ب) ۲۰
شکل ۱-۱۵ : بهسازی و تقویت دیوار بنایی آجری با اندود سیمان [۹] ۲۲
شکل ۱-۱۶ : بتن پاشی تر به ضخامت ۲۸۰ میلی متر [11] ۲۳
شکل ۱-۱۷ : مود شکست گوشه [۵] ۲۵
شکل ۱-۱۸ : مود شکست برشی لغزشی [۵] ۲۵
شکل ۱-۱۹ : مود شکست فشاری قطری [۵] ۲۶
شکل ۱-۲۰ : مود ترک قطری [۵] ۲۷
شکل ۱-۲۱ : مود گسیختگی قاب [۵] ۲۷
شکل ۱-۲۲ : نمودار نیرو- جابجایی قاب مرکب [۵] ۲۸
شکل ۲-۱ : قاب دو دهانه یک طبقه آزمایش شده توسط مسلم و همکاران [18] ۳۹
شکل ۲-۲ : مدل هیسترزیس پیشنهادی توسط مسلم و همکاران [18] ۳۹
شکل ۲-۳ : تغییرات عرض قید قطری معادل [18] ۴۰
شکل ۲-۴ : یکی از نمونه های آزمایش شده در کار فلنگان و همکاران [19] ۴۱
شکل ۲-۵ : نمونه ای از قاب های بزرگ آزمایش شده توسط مقدم و همکاران [20] ۴۲
شکل ۲-۶ : مدل قید قطری معادل ۴۵
شکل ۲-۷ : رفتار شماتیک یک میاتقاب [20] ۴۹
شکل ۲-۸: نتایج آزمایشگاهی ۳ پانل تحت بارگذاری داخل صفحه [33] ۵۴
شکل ۲-۹ : نحوه مش بندی پانل ساندویچی[۳۵] ۵۶
شکل ۲-۱۰ : لایه های المان *Shell 91* ۵۷
شکل ۲-۱۱ : مدل اجزاء محدود استفاده شده در مرجع [36] ۵۹

شکل ۳-۱ : ریز مدل سازی بلوک ها و ملات ۶۳
شکل ۳-۲ : درشت مدل سازی بلوک ها و ملات ۶۴
شکل ۳-۳ : رفتار تنش- کرنش مصالح ارتجاعی- خمیری، ارتجاعی- ترد و ارتجاعی- نرم شونده ۶۸
شکل ۳-۴ : روش مدل ترک با انرژی شکست [۴۲] ۷۰
شکل ۳-۵ : رفتارتک محوری بتن [۴۲] ۷۱
شکل ۳-۶ : سطح شکست[۳۷] ۷۲
شکل ۳-۷ : الگوریتم شماتیک روش ترک‌پخشی[۳۷] ۷۳
شکل ۳-۸ : پاسخ تک محوری بتن در کشش [۴۲] ۷۵
شکل ۳-۹ : پاسخ تک محوری بتن در فشار [۴۲] ۷۵
شکل ۳-۱۰ : منحنی لنگر- دوران معرفی شده به نرم افزار برای رفتار پیچشی اتصال خورجینی ۷۹
شکل ۳-۱۱ : منحنی نیرو- تغییر مکان معرفی شده به نرم افزار برای رفتار اتصال در راستای قائم ۷۹
شکل ۴-۱ : شمای کلی قاب مورد آزمایش توسط مسلم و همکارانش در دانشگاه بوفالو[*18*] ۸۳
شکل ۴-۲ : جزئیات اتصال تیر به ستون در قاب مورد آزمایش [*50*] ۸۴
شکل ۴-۳ : شکل بلوک‌های مورد استفاده [*50*] ۸۵
شکل ۴-۴ : مقایسه رفتار تنش-کرنش دیوار آجری و مواد تشکیل دهنده آن [*18*] ۸۶
شکل ۴-۵ : مقایسه دو نوع مختلف شبیه سازی سطوح در تماس با یکدیگر [۴۲] ۹۱
شکل ۴-۶ : مدل المان تماسی بین قاب و میانقاب [۴۲] ۹۲
شکل ۴-۷ : قاب سه بعدی ساخته شده با المان *Solid* ۹۲
شکل ۴-۸ : تغییر شکل قاب مرکب مدل شده ۹۳
شکل ۴-۹ : نحوه تغییر شکل میانقاب مصالح بنایی در تحقیقات ۹۴
شکل ۴-۱۰ : مدل توزیع تنش میانقاب مصالح بنایی در جابجایی ۲۰ میلیمتر ۹۵
شکل ۴-۱۱ : مدل توزیع تنش میانقاب مصالح بنایی در گام آخر (تشکیل دستک فشاری) ۹۵
شکل ۴-۱۲ : خورد شدگی گوشه های فشاری میانقاب ۹۶
شکل ۴-۱۳ : مقایسه رفتار قاب آزمایش شده و قاب مدلسازی شده ۹۷
شکل ۴-۱۴ : قاب پیرامونی در آزمایش مورد بررسی برای مدلسازی میانقاب شاتکریت و شبکه فولادی ۹۹
شکل ۴-۱۵ : مقایسه نمودار نیرو- جابجایی قاب خالی با مقاطع واقعی و معادل ۱۰۰
شکل ۴-۱۶ : منحنی تنش- کرنش بدست آمده در آزمایش برای مفتول های فولادی ۱۰۳
شکل ۴-۱۷ : مدل سه بعدی ساخته برای بررسی مدلسازی شاتکریت و شبکه فولادی ۱۰۴
شکل ۴-۱۸ : تغییر شکل قاب مرکب مورد مطالعه ۱۰۵
شکل ۴-۱۹ : خرابی های صورت گرفته در قاب مرکب مورد بررسی ۱۰۶
شکل ۴-۲۰ : مقایسه نمودار نیرو- جابجایی بدست امده از مدلسازی و آزمایش ۱۰۷
شکل ۵-۱ : پلان قاب مهاربندی قاب فولادی دارای اتصال خورجینی ۱۱۰
شکل ۵-۲ : قاب چهار طبقه دارای مهاربند جانبی و اتصالات رایج خورجینی ۱۱۱
شکل ۵-۳ : مقطع مهاربندهای طراحی شده ۱۱۲
شکل ۵-۴ : درجات آزادی اتصال صلب در صفحه ۱۱۳
شکل ۵-۵ : درجات آزادی اتصال خورجینی در صفحه ۱۱۳

شکل ۵-۶ : مشخصات هندسی اتصال خورجینی ساده نرم با لچکی فوقانی ۱۱۷
شکل ۵-۷ : موقعیت قاب پیرامونی دو دهانه جدا از کل قاب..... ۱۱۸
شکل ۵-۸ : موقعیت قاب پیرامونی دو دهانه جدا از کل قاب..... ۱۱۸
شکل ۵-۹ : نمای سه بعدی مدل ساخته شده از اتصال خورجینی..... ۱۲۰
شکل ۵-۱۰ : نحوه تغییر شکل اتصال خورجینی در راستای قائم ۱۲۱
شکل ۵-۱۱ مدل ساده شده رفتار اتصال خورجینی در راستای قائم قبل از جابجایی..... ۱۲۱
شکل ۵-۱۲ : مدل ساده شده رفتار اتصال خورجینی در راستای قائم پس از جابجایی ۱۲۲
شکل ۵-۱۳ : مقاومت نبشی در برابر خم شدن از ناحیه ماهیچه ۱۲۳
شکل ۵-۱۴ : معادل سازی سختی پیچشی بال نبشی به صورت سختی انتقالی ۱۲۳
شکل ۵-۱۵ : پارامترهای r و t در نبشی ۱۲۴
شکل ۵-۱۶ : تغییرات سختی پیچشی بال نبشی بالا و پایین بر حسب r ۱۲۵
شکل ۵-۱۷ : تغییرات سختی پیچشی بال نبشی بالا و پایین بر حسب طول نبشی..... ۱۲۶
شکل ۵-۱۸ : تغییرات سختی پیچشی بال نبشی بالا و پایین بر حسب t ۱۲۷
شکل ۵-۱۹ : نحوه تغییر شکل اتصال در مدل سه بعدی..... ۱۲۸
شکل ۵-۲۰ : مقایسه اعداد بدست آمده از رابطه پینشهادی با نتایج حاصل از مدلسازی عددی..... ۱۳۰
شکل ۵-۲۱ : بررسی اثر عرض بال تیر بر سختی اتصال و مقایسه اعداد بدست آمده از رابطه با نتایج حاصل از مدلسازی..... ۱۳۱
شکل ۵-۲۲ : مقایسه اعداد بدست آمده از رابطه با نتایج حاصل از مدلسازی برای نمونه های مختلف ۱۳۲
شکل ۵-۲۳ : مشخصات قاب مرکب دو دهانه مدل سازی شده در *ABAQUS*..... ۱۳۳
شکل ۵-۲۴ : مدل سه بعدی ساخته شده در نرم افزار *ABAQUS* برای قاب مرکب دو دهانه..... ۱۳۴
شکل ۵-۲۵ : تغییر شکل قاب مرکب متناظر با جابجایی ۵۰ میلیمتر و بزرگ نمایی ۶ برابر..... ۱۳۵
شکل ۵-۲۶ : بخش هایی از قاب مرکب که وارد ناحیه غیر خطی میشوند..... ۱۳۶
شکل ۵-۲۷ : نحوه بدست آوردن طول تماس قاب و میانقاب از نرم افزار..... ۱۳۸
شکل ۵-۲۸ : نحوه اعمال نیروهای ناشی از انرکنش قاب و میانقاب به ستون مجاور میانقاب..... ۱۳۹
شکل ۵-۲۹ : نمودار نیرو- جابجایی قاب مرکب با در نظر گرفتن مقاومت نهایی اتصال در راستای قائم..... ۱۴۱
شکل ۵-۳۰ : کانتور جابجای در راستای قائم و نحوه ایجاد خرابی اتصال در این راستا ۱۴۲
شکل ۵-۳۱ : انواع مختلف اتصال از نظر نحوه اندرکنش با میانقاب های موجود..... ۱۴۳
شکل ۵-۳۲ : نمودار چرخش- دریفت قاب مرکب جهت بررسی کفایت مقاومت پیچشی اتصال..... ۱۴۴
شکل ۵-۳۳ : مدل سه بعدی رو طبقه دو دهانه ساخته شده در *ABAQUS*..... ۱۴۵
شکل ۵-۳۴ : تغییر شکل قاب دو طبقه دو دهانه بدون میانقاب با بزرگنمایی ۵..... ۱۴۶
شکل ۵-۳۵ : تغییر شکل قاب دو طبقه دو دهانه دارای میانقاب با بزرگنمایی ۵..... ۱۴۷
شکل ۵-۳۶ : نمودار چرخش- دریفت قاب مرکب دو طبقه برای *n=1.00*..... ۱۴۸
شکل ۵-۳۷ : نمودار چرخش- دریفت قاب مرکب دو طبقه برای *n=1.44*..... ۱۴۸
شکل ۵-۳۸ : نمودار چرخش- دریفت قاب مرکب دو طبقه برای *n=2.20*..... ۱۴۹
شکل ۵-۳۹ : نمودار چرخش- دریفت قاب مرکب دو طبقه برای n های مختلف..... ۱۴۹
شکل ۵-۴۰ : نمودار نیرو- جابجایی قاب دارای اتصال ساده و میانقاب های ۲۲ و ۳۵ سانتیمتری..... ۱۵۱

شکل ۵-۴۱ : نمودار نیرو- جابجایی قاب دارای اتصال خورجینی و میانقاب های ۲۲ و ۳۵ سانتیمتری..... ۱۵۳
شکل ۵-۴۲ : نمودار نیرو- جابجایی قاب دارای میانقاب های ۳۵ سانتیمتری (اتصال خورجینی با ورق و بدون ورق)..... ۱۵۴
شکل ۵-۴۳ : مقایسه نمودار نیرو- جابجایی بدست آمده از مدلسازی با روابط موجود (اتصال ساده)..... ۱۶۰
شکل ۵-۴۴ : مقایسه نمودار نیرو- جابجایی بدست آمده از مدلسازی با روابط موجود (اتصال خورجینی و میانقاب ۳۵ سانتی متری)..... ۱۶۱
شکل ۵-۴۵ : مقایسه نمودار نیرو- جابجایی بدست آمده از مدلسازی با روابط موجود (اتصال خورجینی و میانقاب ۲۲ سانتی متری)..... ۱۶۲
شکل ۵-۴۶ : تأثیر مشخصات مصالح بنایی میانقاب بر طول تماس ستون و میانقاب..... ۱۶۵
شکل ۵-۴۷ : تأثیر مشخصات مصالح بنایی میانقاب بر طول تماس تیر و میانقاب..... ۱۶۶
شکل ۵-۴۸ : تأثیر مشخصات قاب پیرامونی بر طول تماس ستون و میانقاب..... ۱۶۷
شکل ۵-۴۹ : تأثیر مشخصات قاب پیرامونی بر طول تماس تیر و میانقاب..... ۱۶۸
شکل ۵-۵۰ : نمودار نیرو- جابجایی برای حالت قاب دارای اتصال ساده..... ۱۷۲
شکل ۵-۵۱ : نمودار نیرو- جابجایی برای حالت قاب دارای اتصال خورجینی..... ۱۷۳
شکل ۵-۵۲ : نمودار نیرو- جابجایی برای حالت قاب دارای اتصال خورجینی..... ۱۷۴
شکل ۵-۵۳ : نمودار چرخش- دریفت قاب مرکب دو طبقه..... ۱۷۵
شکل ۵-۵۴ : نمودار نیرو- جابجایی برای ۳ نوع بتن..... ۱۷۶
شکل ۵-۵۵ : مشخصات قاب پیرامونی دارای مهاربندهای ضربدری..... ۱۷۷
شکل ۵-۵۶ : تصویری از مدل سه بعدی ساخته شده برای قاب مهاربندی دارای میانقاب تقویت شده..... ۱۷۹
شکل ۵-۵۷ : نمودار نیرو- جابجایی قاب های مهاربندی خالی..... ۱۸۰
شکل ۵-۵۸ : نمودار نیرو- جابجایی قاب های مهاربندی دارای میانقاب تقویت نشده..... ۱۸۰
شکل ۵-۵۹ : نمودار نیرو- جابجایی قاب های مهاربندی دارای میانقاب تقویت شده..... ۱۸۱
شکل ۵-۶۰ : نمودارهای نیرو- جابجایی قاب مهاربندی ضعیف در ۳ حالت مختلف..... ۱۸۲
شکل ۵-۶۱ : نمودارهای نیرو- جابجایی قاب مهاربندی متوسط در ۳ حالت مختلف..... ۱۸۳
شکل ۵-۶۲ : نمودارهای نیرو- جابجایی قاب مهاربندی قوی در ۳ حالت مختلف..... ۱۸۴
شکل ۵-۶۳ : مدل ساده شده سه بعدی در نرم افزار *ETABS*..... ۱۸۶
شکل ۵-۶۴ : مقایسه منحنی های نیرو- جابجایی بدست آمده از مدل المان محدود با مدل ساده شده برای قاب مهاربندی ضعیف..... ۱۸۷
شکل ۵-۶۵ : مقایسه منحنی های نیرو- جابجایی بدست آمده از مدل المان محدود با مدل ساده شده برای قاب مهاربندی متوسط..... ۱۸۷
شکل ۵-۶۶ : مقایسه منحنی های نیرو- جابجایی بدست آمده از مدل المان محدود با مدل ساده شده برای قاب مهاربندی قوی..... ۱۸۸
شکل ۵-۶۷ : مقایسه نیرو- جابجایی بدست آمده از دو راهکار متفاوت برای بهسازی قاب آسیب پذیر..... ۱۸۹

فصل ۱

مقدمه

۱-۱- مقدمه

انسان همواره در طول تاریخ با حوادث طبیعی زیادی از جمله سیل، زلزله، طوفان و ... مواجه بوده و خسارات مالی و جانی زیادی را متحمل گردیده است. لذا همیشه سعی داشته تا این حوادث و سوانح طبیعی را کنترل نماید و زندگی خود را از این خطرات محفوظ دارد. در این میان، زلزله یکی از مهم ترین حوادث طبیعی است که انسان از ابتدای حیات خود در زمین دچار آن شده و همواره سعی در کنترل آن داشته است. به ویژه در قرن گذشته، افزایش جمعیت شهری، گسترش و توسعه شهرها، سرمایه گذاری بسیار زیاد در شهرها و در نتیجه خسارات جانی و مالی فراوان در اثر وقوع زلزله و نیز پیشرفت روزافزون علم و فناوری که امکان شناخت دقیق تر عوامل ایجاد زلزله و نحوه کنترل آن را فراهم می‌آورد، انسان را بر آن داشته تا با ساخت سازه‌های مناسب و مقاوم در برابر زلزله، هر چه بیشتر از خسارات جانی و مالی بکاهد.

ایران نیز از نظر لرزه خیزی در یک منطقه فعال جهان قرار دارد. در سال‌های اخیر بطور متوسط هر ده سال، زلزله‌ای با خسارات جانی و مالی بالا در کشورمان رخ داده است. از اینرو به نظر می‌رسد که باید بطور جدی به ارائه راهکارهایی برای کنترل این خسارات در ایران پرداخت. یکی از این راهکارها که در چند سال اخیر توجه زیادی به آن گردیده است، ایمن سازی و مقاوم سازی اصولی ساختمان‌ها، تأسیسات زیربنایی و شریان‌های حیاتی موجود می‌باشد.

روش‌های گوناگونی برای مقاوم سازی ساختمان‌ها وجود دارد که با توجه به شرایط ساختمان مورد نظر و در نظر گرفتن مسائل اقتصادی، روش بهینه انتخاب و اجرا می‌گردد. یکی از متداول‌ترین روش-های مقاوم‌سازی در ایران تقویت دیوارهای مصالح بنایی با استفاده از شبکه فولادی و شاتکریت است. این روش چه در ساختمان مصالح بنایی و چه در ساختمان‌های دارای قاب فولادی یا بتنی قابل استفاده است. این روش در ساختمان‌های دارای قاب فولادی یا بتنی بر مبنای سهیم دانستن میانقاب-ها (پر کننده‌ها) در تحمل نیروهای جانبی استوار است. به این صورت که میانقاب‌ها را نیز به عنوان