بسم الله الرحمن الرحيم

١٩١٧٦

۸۷/۱/۱ ۶۲۸۷
۸۷ ۱۲ ٤

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی
بخش مهندسی عمران

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران (مهندسی زلزله)

تحلیل رفتار لرزه‌ای قاب‌های فولادی دارای اتصالات خورجینی و میانقاب‌های آجری

نازنین بنی شفیع

استاراهنما: دکتر علی اکبر آقاکوچک
استاد مشاور: دکتر عباسعلی تسنیمی

۱۳۸۷/۱۱/۱۰

اسفند ۱۳۸۶

۱۰۹۱۷۶

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان

خانم نازنین بنی شفیع پایان نامه ٦ واحدی خود را **با عنوان بررسی رفتار لرزه ای قابهای فولادی دارای اتصال خورجینی و میانقاب آجری** در تاریخ ١٣٨٦/١٢/١٤ 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 - مهندسی زلزله پیشنهاد می کنند.

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

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تایید است.

امضای استاد راهنما:

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

امضاء

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/ رساله دکتری نگارنده در رشته مهندسی عمران - زلزله است که در سال ۱۳۸۶ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر علی اکبر آقاکوچک ، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر عباسعلی تسنیمی و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر ـــــ 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 نازنین نمی شفیع دانشجوی رشته مهندسی عمران - مهندسی زلزله مقطع کارشناسی ارشد

تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: نازنین نمی شفیع

تاریخ و امضا: ۱۳۸۷/۱۰/۱۵

این پایان نامه را تقدیم می کنم به

پدر و مادر عزیزم

به پاس زحماتشان

یقین حاصل است اگر مساعدت و راهنمایی استادان عزیز نبود هرگز این مجموعه به پایان نمی‌رسید. لذا بر حکم وظیفه شاگردی بر خود واجب می‌دانم؛

از جناب آقای دکتر آقاکوچک، استاد راهنمای محترم که در هر زمان مرا از راهنمایی های خود بی‌بهره نگذاشتند، تشکر و قدردانی به عمل بیاورم.

از جناب آقای دکتر تسنیمی که در طول این تلاش از مشاوره‌های ایشان هرگز بی‌نصیب نماندم، تشکر و قدردانی نمایم.

و همچنین از جناب آقای دکتر سلطان محمدی و جناب آقای دکتر محب‌خواه که همواره پاسخگوی صبور مشکلات راه بوده‌اند، تشکر می نمایم و قدردان صبوری، همراهی و پشتیبانی پدر و مادر عزیزم هستم.

چکیده:

قاب‌های دارای میانقاب مصالح بنایی، ازجمله عناصری هستند که در اکثر سازه‌های سنتی و مدرن موجود در نقاط مختلف جهان کاربرد دارند. تحقیقات نشان داده است که این قاب‌ها فارغ از نحوه طبقه‌بندی در رده المان‌های سازه‌ای و یا غیر سازه‌ای، نقش مؤثری در تعیین رفتار سازه‌ها در برابر زلزله دارند. گستره پژوهش‌های انجام شده در این زمینه، جنبه‌های مختلفی از رفتار این قاب‌ها را مورد بررسی قرار داده است و هنوز تلاش‌های زیادی برای گشودن جنبه‌های ابهام رفتار آنها صورت می‌گیرد.

آنچه در این پایان نامه بررسی می‌شود، اثر میانقاب‌ها بر رفتار قاب‌های فولادی دارای اتصالات خورجینی و میانقاب آجری می‌باشد که کاربرد وسیعی در سازه‌های کشور ما دارد. رفتار این قاب‌ها به علت نحوه خاص قرارگیری تیر در کنار ستون که بصورت یکسره می‌باشد و انعطاف‌پذیری اتصالات آن، دارای ابهام می‌باشد. هدف از انجام این تحقیق مطالعه رفتار این قاب‌ها و بررسی میزان صحت روابط ارائه شده در دستورالعمل‌های رایج موجود برای در نظرگیری اثر میانقاب در تحلیل قاب مرکب می‌باشد. نرم افزار مورد استفاده، نرم افزار اجزاء محدود ABAQUS می‌باشد. مدل‌های مطالعه شده نمونه‌هایی از قاب‌های رایج در طبقات زیرین و بالایی ساختمان‌های چهار طبقه می‌باشد که بر اساس آئین نامه‌ها و استانداردهای رایج، طراحی شده‌اند. برای صحت‌سنجی نتایج مدل تحلیلی، از نتایج آزمایشات مسلم و همکارانش در دانشگاه بوفالو استفاده شده است و پس از تحقیق درستی روش مطالعات تئوری، جنبه‌های مختلفی از رفتار قاب‌های مرکب فولادی دارای اتصال خورجینی مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج حاکی از آن است که با توجه به نحوه خاص تماس میانقاب با قاب محیطی در این نوع ها- میانقاب در نواحی تماس با ستون، در بالا و پائین با کف و سقف سازه و نه تیرهای بالا و پائین در تماس است- تغییر در مقاومت، نسبت مستقیمی با ضخامت میانقاب ندارد. در عین حال نحوه تشکیل مناطق فشاری و کششی و ترک خوردگی در میانقاب ها الگوی مشابه قاب های متداول را پیروی می کند. از طرفی میزان سختی قائم اتصال در محدوده سختی های متداول نقش چندانی در سختی کل قاب ندارد و میزان مقاومت نهایی را به میزان اندکی تغییر میدهد. از سوی دیگر روابط ارائه شده در دستورالعمل‌های موجود برای درنظرگیری میانقاب‌ها در تحلیل سازه‌ها و مقاوم‌سازی آنها، برای قاب‌های مرکب دارای اتصال خورجینی میزان سختی اولیه و مقاومت نهایی را بیش از مقدار واقعی برآورد می‌سازد.

کلمات کلیدی: میانقاب مصالح بنایی، اتصال خورجینی، ترک پخشی، المان تماسی، تحلیل غیر خطی

فهرست مطالب

فصل اول- مقدمه ۲

فصل دوم- مروری بر تحقیقات گذشته در مورد رفتار قاب‌های مرکب ۷

۲-۱ مقدمه ۷

۲-۲ روش‌های حل مسأله میانقاب ۸

۲-۲-۱ پیوسته‌سازی ۹

۲-۲-۲ جداسازی قاب از میانقاب ۱۳

۲-۳ تحقیقات انجام گرفته در خصوص قاب‌های مرکب: ۱۳

۲-۴- جمع بندی ۳۱

فصل سوم- مدل‌سازی قاب دارای اتصال خورجینی و دیوار مصالح بنایی غیر مسلح ۳۷

۳-۱ مقدمه ۳۷

۳-۲ انواع مدل‌سازی مصالح بنایی ۳۸

۳-۲-۱ مدل‌سازی به روش قاب یا خرپای معادل ۳۸

۳-۲-۲ مدل‌سازی به روش اجزاء محدود ناپیوسته- ریز مدل‌سازی ۳۹

۳-۲-۳ مدل‌سازی به روش اجزاء محدود پیوسته- درشت مدل‌سازی ۴۱

۳-۲-۴ مدل‌سازی به روش اجزاء مجزا ۴۲

۳-۳ انواع مدل های موجود در ABAQUS برای مدل‌سازی مصالح بنایی ۴۴

۳-۳-۱ روش ترک‌پخشی ۴۵

۳-۴ مدل سازی قاب دارای اتصال خورجینی ۵۳

فصل چهارم- مدل‌سازی نمونه میانقاب مصالح بنایی و مقایسه آن با نتایج آزمایشگاهی. ۵۷

۴-۱ مقدمه ۵۷

۴-۲ خلاصه‌ای از کار آزمایشگاهی مورد استفاده برای مقایسه ۵۸

۴-۳ مدل‌سازی قاب فولادی ۶۲
۴-۴ مدل‌سازی میانقاب مصالح بنایی ۶۶
۴-۵ مدل سازی تماس بین قاب و میانقاب ۶۹
۴-۶ کنترل صحت مدل‌سازی با نتایج آزمایشگاهی ۷۳

فصل پنجم- مطالعات پارامتریک ۸۰

۵-۱ مقدمه ۸۰
۵-۲ آنالیز و طراحی با استفاده از نرم افزار SAP2000 ..... ۸۱
۵-۲-۱ معرفی مدل‌های مطالعه شده ۸۱
۵-۲-۲ بارگذاری و طراحی مقاطع ۸۲
۵-۲-۳ نحوه مدل‌سازی کامپیوتری اتصال خورجینی با نرم‌افزار SAP2000 ..... ۸۳
۵-۲-۴ آنالیز و طراحی مدل‌ها ۸۶
۵-۳ مدل‌سازی قاب فولادی دارای اتصال خورجینی و میانقاب مصالح بنایی در نرم افزار ABAQUS ۸۸
۵-۳-۱ قاب شماره (۱) ۸۸
۵-۳-۲ قاب شماره (۲) ۱۱۲
۵- ۳-۳ قاب شماره (۳) ۱۱۸

فصل ششم- خلاصه، نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۲۶

۶-۱ مقدمه ۱۲۶
۶-۲ نتایج ۱۲۷
۶-۳ پیشنهادات ۱۳۰

فهرست جداول

جدول ۴-۱: مشخصات مقاطع واقعی استفاده شده در آزمایش و مقاطع معادل برای تحلیل ۳ بعدی..... ۶۴

جدول ۴-۲: مشخصات دیوار آجری..... ۶۹

جدول ۵-۱: مشخصات مقاطع قاب مهاربندی شده چهار طبقه و چهار دهانه دارای اتصال متداول خورجینی..... ۸۶

جدول ۵-۲: مشخصات مقاطع واقعی استفاده شده در آزمایش و مقاطع معادل برای تحلیل ۳ بعدی قاب (۱)..... ۸۹

جدول ۵-۳: مشخصات دستک فشاری ۲۲ سانتی طبق دستورالعمل بهسازی..... ۱۰۶

جدول ۵-۴: مشخصات دستک فشاری ۳۵ سانتی طبق دستورالعمل بهسازی..... ۱۰۷

جدول ۵-۵: مشخصات دستک فشاری ۲۲ سانتی طبق FEMA..... ۱۰۷

جدول ۵-۶: مشخصات دستک فشاری ۳۵ سانتی طبق FEMA..... ۱۰۸

جدول ۵-۷: مشخصات مقاطع واقعی استفاده شده در آزمایش و مقاطع معادل برای تحلیل ۳ بعدی قاب (۲)..... ۱۱۲

جدول ۵-۸: مشخصات مقاطع واقعی استفاده شده در آزمایش و مقاطع معادل برای تحلیل ۳ بعدی قاب (۳)..... ۱۱۹

فهرست اشکال

شکل ۲-۱: نحوه مدل‌سازی میانقاب در دستورالعمل بهسازی ایران..... ۸

شکل ۲-۲: پدیده ستون کوتاه (آرکوئیپا، پرو، زلزله ژوئن ۲۰۰۱)[۶]..... ۱۰

شکل ۲-۳: مود گسیختگی قاب..... ۱۰

شکل۲-۴: مود شکست گوشه میانقاب..... ۱۱

شکل ۲-۵: مود شکست برشی و کششی..... ۱۱

شکل ۲-۶: مود شکست فشاری قطری..... ۱۲

شکل ۲-۷: مود شکست ترک قطری..... ۱۲

شکل ۲-۸: مود شکست ترک قطری..... ۱۳

شکل ۲-۹ : مدل قید قطری معادل[۱۱]..... ۱۵

شکل ۲-۱۰: مدل هیسترزیس پیشنهادی توسط مسلم و همکاران[۱۹]..... ۱۹

شکل ۲-۱۱: تغییرات عرض قید قطری معادل در قاب‌های مرکب[۱۹]..... ۲۰

شکل۲-۱۲:(الف) منحنی هیسترزیس(ب)منحنی پوش مقاومت پیشنهادی توسط کریسوستومو و همکاران[۲۵]..... ۲۳

شکل ۲-۱۳: مدل سه قیدی کریسوستومو و همکاران برای تحلیل دینامیکی قاب‌های مرکب[۲۵]..... ۲۳

شکل ۲-۱۴: مدل اجزاء محدود الدخاننی و همکاران برای تحلیل قاب‌های مرکب[۲۷]..... ۲۵

شکل ۲-۱۵: مدل سه قیدی الخاننی و همکاران برای تحلیل استاتیکی غیر خطی قاب‌های مرکب[۲۷]..... ۲۵

شکل ۲-۱۶: مشخصه قید فشاری مورد استفاده در مدل الخاننی[۲۷]..... ۲۶

شکل ۲-۱۷: رفتار ترک‌خوردگی میانقاب آجری[۳۳]..... ۳۰

شکل ۳-۱: توزیع خسارت در یک دیوار آجری؛(الف) به روش اجزاء محدود؛ (ب) به روش تحلیل بار افزون قاب معادل[۳۸]..... ۳۸

شکل ۳-۲: تحلیل یک دیوار مصالح بنایی به روش اجزاء محدود ناپیوسته[۳۹]..... ۴۰

شکل ۳-۳: نمایش شماتیک ریز مدل‌سازی و درشت مدل‌سازی..... ۴۰

شکل ۳-۴: مدل تحلیلی تسنیمی و محب‌خواه (۲۰۰۷)[۳۴]..... ۴۳

شکل ۳-۵: مدل اجزای محدود برای میانقاب‌های مصالح بنایی[۴۵]..... ۴۴
شکل ۳-۶: رفتار تنش- کرنش مصالح ارتجاعی- خمیری، ارتجاعی- ترد و ارتجاعی- نرم شونده..... ۴۷
شکل ۳-۷: روش مدل ترک با انرژی شکست[۵۰] ۴۹
شکل ۳-۸: رفتارتک محوری بتن[۵۰]..... ۵۰
شکل ۳-۹: سطح شکست[۵۰]..... ۵۱
شکل ۳-۱۰: الگوریتم شماتیک روش ترک‌پخشی[۵۰]..... ۵۲
شکل۴-۱: شمای کلی قاب مورد آزمایش توسط مسلم و همکارانش در دانشگاه بوفالو[۱۹]..... ۵۹
شکل ۴-۲: جزئیات اتصال تیر به ستون در قاب مورد آزمایش [۵۲]..... ۶۰
شکل ۴-۳: شکل بلوک‌های مورد استفاده[۴۵]..... ۶۱
شکل ۴-۴: مقایسه رفتار تنش-کرنش دیوار آجری و مواد تشکیل دهنده آن[۱۹]..... ۶۲
شکل۴-۵: تغییر شکل قاب دارای مقاطع I شکل..... ۶۵
شکل ۴-۶: تغییر شکل قاب دارای مقاطع معادل مستطیلی..... ۶۵
شکل ۴-۷: نمودار نیرو-جابجایی قاب دارای مقاطع I و قاب دارای مقاطع مستطیلی معادل..... ۶۶
شکل۴-۸:مقایسه دو نوع مختلف شبیه سازی سطوح در تماس با یکدیگر[۵۰]..... ۷۱
شکل ۴-۹: مدل المان تماسی بین قاب و میانقاب[۵۰]..... ۷۲
شکل ۴-۱۰: قاب سه بعدی ساخته شده با المان Solid..... ۷۲
شکل ۴-۱۱: مدل تغییر شکل میانقاب مصالح بنایی..... ۷۳
شکل ۴-۱۲: مدل تغییر شکل میانقاب مصالح بنایی در آزمایشات..... ۷۴
شکل۴-۱۳: مدل توزیع تنش میانقاب مصالح بنایی در گام ششم..... ۷۵
شکل ۴-۱۴: مدل توزیع تنش میانقاب مصالح بنایی در گام آخر..... ۷۶
شکل ۴-۱۵: مدل توزیع ترک..... ۷۶
شکل ۴-۱۶: مقایسه رفتار قاب آزمایش شده و قاب مورد تحلیل..... ۷۸
شکل ۵-۱: قاب چهار دهانه چهار طبقه دارای مهاربند جانبی و اتصالات رایج خورجینی..... ۸۱
شکل ۵-۲: درجات آزادی اتصال صلب در صفحه..... ۸۳
شکل ۵-۳: درجات آزادی اتصال خورجینی در صفحه..... ۸۳

شکل ۵-۴: قاب‌های مورد مطالعه در نرم افزار اجزاء محدود ABAQUS..... ۸۷
شکل ۵-۵: نمای قاب مورد بررسی در نرم افزار ABAQUS..... ۹۰
شکل۵-۶: معادل‌سازی فنر چرخشی توسط دو فنر انتقالی..... ۹۱
شکل ۵-۷: رفتار فنرهای انتقالی جایگزین فنر چرخشی در اتصال خورجینی..... ۹۲
شکل ۵-۸: مقایسه رفتار اتصال خورجینی در حالت دو بعدی و سه بعدی با فنر انتقالی جایگزین..... ۹۲
شکل ۵-۹: هر مش در مدل‌سازی اجزای محدود قاب مورد بررسی..... ۹۴
شکل ۵-۱۰: بررسی تغییر شکل‌های قاب مورد بررسی..... ۹۷
شکل ۵-۱۱: کانتور کرنش الاستیک مینیمم..... ۹۸
شکل ۵-۱۲: کانتور کرنش الاستیک ماکزیمم..... ۹۸
شکل ۵-۱۳: نمای شماتیک المان‌های واقع در گوشه‌های قطر فشاری و میانه آن..... ۹۹
شکل ۵-۱۴: کانتور کرنش پلاستیک مینیمم..... ۱۰۰
شکل ۵-۱۵: کانتور کرنش پلاستیک ماکزیمم..... ۱۰۱
شکل ۵-۱۶: کانتور ترک‌خوردگی و خوردشدگی میانقاب در قاب مرکب مورد مطالعه..... ۱۰۱
شکل ۵-۱۷: نمودار نیرو- جابجایی برای قاب مورد مطالعه دارای میانقاب با ضخامت ۲۲۰ میلیمتر..... ۱۰۳
شکل ۵-۱۸: مقایسه روش دستورالعمل بهسازی با روش اجزاء محدود برای دیوار ۲۲ سانتیمتری..... ۱۰۸
شکل ۵-۱۹: مقایسه روش دستورالعمل بهسازی با روش اجزاء محدود برای دیوار ۳۵ سانتیمتری..... ۱۰۹
شکل ۵-۲۰: نمودار نیرو-جابجایی قاب دارای اتصال خورجینی با میانقاب..... ۱۱۰
شکل ۵-۲۲: نمودار نیرو-جابجایی قاب دارای اتصال خورجینی با سختی قائم مختلف..... ۱۱۱
شکل ۵-۲۳: شکل تغییر مکان قاب مرکب شماره (۲)..... ۱۱۳
شکل ۵-۲۴: کانتورهای کرنش مینیمم..... ۱۱۴
شکل ۵-۲۵: کانتورهای کرنش ماکزیمم..... ۱۱۵
شکل ۵-۲۶:نمودار نیرو-جابجایی قاب دارای اتصال خورجینی با میانقاب..... ۱۱۵
شکل ۵-۲۷: کانتور تغییر شکل قاب چهاردهانه دارای مهار جانبی..... ۱۲۰
شکل ۵-۲۸: کانتور کرنش الاستیک مینیمم..... ۱۲۱
شکل ۵-۲۹: کانتور کرنش الاستیک ماکزیمم..... ۱۲۲

شکل ۵-۳۰: کانتور ترک خوردگی..... ۱۲۲
شکل ۵-۳۱: نمودار رفتار قاب خالی بدون بادبند و قاب خالی بادبندی..... ۱۲۳
شکل ۵-۳۲: نمودار رفتار قاب شماره (۳) همراه با میانقاب ضخامت ۲۲۰ میلیمتر..... ۱۲۴

فصل اول

مقدمه

فصل اول- مقدمه

زلزله، پدیده‌ای که قبلاً در ردیف بلایای مهلک طبیعی قرار می‌گرفت، امروزه با پیشرفت علم و تکنولوژی ساخت سازه‌های مقاوم در برابر زلزله و اجرای درست ساختمان‌ها بر اساس استانداردهای بدست آمده از تحقیقات متعدد و تجربیات زلزله‌های بیشمار گذشته در کشورهای توسعه یافته، اتفاق طبیعی مهار شده‌ای تلقی می‌گردد که به ندرت کمترین خللی در روال معمول زندگی مردمان این کشورها وارد می‌سازد. اخبار متعددی که از وقوع زلزله‌های ۷ ریشتری و بزرگ‌تر بدون خسارات مالی و کمترین تلفات جانی، هر از گاهی شنیده می‌شود، گواه چنین ادعایی است.

ساخت و سازهایی که در دهه ۶۰ و قبل از آن در داخل کشور ما انجام شده، غالباً بدون توجه به ضوابط و مقررات طرح لرزه‌ای ساختمان‌ها صورت گرفته است. لذا اعتماد به رفتار لرزه‌ای این‌گونه ساختمان‌ها جهت مقابله با زلزله آتی جای شک و تردید دارد و بایستی پس از ارزیابی آسیب پذیری لرزه‌ای ساختمان موجود نسبت به تقویت و بهسازی آن اقدام نمود. قاب‌های ساختمانی با میانقاب‌های مصالح بنایی فاقد سیستم‌های کلاسیک لرزه‌بر، طیف گسترده‌ای از ساختمان های موجود کشور را تشکیل می‌دهند . در سال‌های اخیر در ایران تلاش‌های بسیاری برای یافتن راه‌های طراحی و ساخت سازه‌ها با روش‌هایی که منجر به تحمل کمترین خسارات مالی و جانی در اثر وقوع زلزله می‌گردد،

صورت گرفته است. علاوه بر این، مسئله دیگری که حائز اهمیت می‌باشد حفظ سلامتی سازه‌های از قبل ساخته شده است. با توجه به اینکه ایران کشوری با سابقه باستانی دیرینه است، دارای بناهایی است که بر اساس قوانین حاکم بر طراحی سازه‌ها در گذشته طراحی و ساخته شده‌اند. علاوه بر آن ضعف اجرا و نظارت بر اجرا، بر تعداد ساختمان‌هایی که در مقابل زلزله مقاومت کافی ندارند، افزوده است. به عنوان مثال بسیاری از مدارس موجود که در طبقه‌بندی آیین نامه زلزله جزو بناهای با اهمیت زیاد هستند، نیاز به بهسازی لرزه‌ای دارند.

در یک نگاه ساده‌بینانه، طراحی سازه را می‌توان به طراحی اجزای سازه‌ای آن محدود ساخت، اما باید توجه داشت که برای تعداد کثیری از سازه‌ها، عناصر غیر سازه‌ای درصد زیادی از هزینه‌های عمده را تشکیل می‌دهند. فرو ریزش این عناصر در هنگام زلزله می‌تواند نقش یک سازه را به اندازه خسارات وارده از تخریب اجزای سازه‌ای، مختل کند و نیز باعث خطر جانی برای ساکنین ساختمان گردد.[۱]

همانطور که بیان شد، قاب‌های ساختمانی در نواحی میانی یا پیرامونی ساختمان با دیوارهای مصالح بنایی به عنوان پارتیشن‌ها یا عایق‌های صوتی و حرارتی پر می‌شوند که باعث می‌گردند که رفتار آنها با قاب خالی متمایز گردد. به این نوع دیوارها، میانقاب و به سیستم حاصل از قاب و میانقاب، قاب مرکب یا قاب میانپر اطلاق می‌شود.

این پانل‌ها بعلت تماسی که با عناصر سازه‌ای دارند، می‌توانند بر عملکرد آنها تأثیر گذار باشند. اما بعلت پیچیدگی مسأله، ترکیب آنها با قاب احاطه کننده اغلب در تحلیل سازه‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. چنین فرضی ممکن است باعث ایجاد خطای مهمی در تخمین پاسخ سازه به ویژه هنگامی که در معرض بارهای بزرگ جانبی همانند زلزله قرار می‌گیرد، شود. چرا که در هنگام وقوع زلزله‌های شدید و متوسط، میانقاب‌های مصالح بنایی با قاب محیطی خود درگیر بوده و نیروهای اندرکنشی ایجاد شده در بین آنها باعث افزایش ظرفیت باربری جانبی قاب مرکب می‌گردد. [۲] به عنوان مثال، مد شکست بدست آمده با فرآیند طراحی ظرفیت EUROCODE 8 (1988) – ستون قوی/ تیر

ضعیف- در صورت وجود پرکننده‌ها از قطعیت چندانی برخوردار نیست.[۳] به همین علت فرآیندهای محاسبه ظرفیت لرزه‌ای، برای تعیین ظرفیت نهایی یک سازه، نیاز به در نظر گرفتن اثرات میانقاب‌ها دارند. علاوه بر این، نشان داده شده‌است که بهبود مقاومت لرزه‌ای سازه‌های ساخته شده در گذشته نیاز به تخمین دقیق پاسخ سازه که در برگیرنده میانقاب‌های آنها می‌باشد، دارد. از سوی دیگر میانقاب‌ها می‌توانند نقش مهمی در جذب انرژی داشته باشند. مطالعه اثر آنها برای سنجش رفتار ساختمان‌های موجود که در زمان ساخت آنها توصیه‌ها و ضوابط لرزه‌ای کمتری وجود داشت، نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین اثر دیوارهای پرکننده به صورت گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته و موضوع تحقیقات متعددی در دهه‌های گذشته می‌باشد.

قاب‌های خمشی فولادی که در دهه ۶۰ و قبل از آن در ایران طراحی و ساخته شده‌اند، غالباً فاقد جزئیات خاص برای رفتار شکل‌پذیر می‌باشند ولی با این حال، این‌گونه ساختمان‌ها در زلزله‌های خفیف و متوسط گذشته رفتار خوبی را از خود نشان داده‌اند. علت این امر را می‌توان در قابلیت شکل پذیری مقاطع فولادی، اصطکاک موجود در بین قاب و میانقاب و همچنین استهلاک انرژی رفت و برگشتی زلزله درترک‌های برشی ایجاد شده در میانقاب‌ها جستجو نمود. به عنوان مثال، پایداری ساختمان‌های فولادی فاقد سیستم‌های کلاسیک لرزه‌بر در زلزله منجیل (۱۳۶۹) مبین این واقعیت است که میانقاب‌ها در این‌گونه ساختمان‌ها توانسته‌اند به عنوان عناصر باربر جانبی در مقابل نیروهای زلزله عمل کرده و با استهلاک انرژی آن، موجبات ایستایی ساختمان را فراهم نمایند.[۴]

نگاهی به سازه‌های موجود در ایران آشکار می‌سازد که بسیاری از مدارس، بناهای مسکونی، اداری، موزه‌ها، سازه‌های دارای ارزش تاریخی که میراث فرهنگی هر کشور و سرمایه‌های ارزشمند آن محسوب می‌گردد، نیاز به مقاوم‌سازی در برابر زلزله دارند. مشکلات متعددی در این زمینه وجود دارد. از جمله آنها می‌توان به در دسترس نبودن نقشه‌های سازه‌ای و پیچیدگی‌های معماری و سازه‌ای و

اتصالات غیر استاندارد مانند اتصال خورجینی ساختمان‌های موجود اشاره نمود. چنین مسائلی، روند مقاوم‌سازی را بیش از کشورهای مشابه مشکل می‌سازد.

آنچه در این پایان نامه مورد توجه می‌باشد، یکی از این مشکلات، یعنی ارزیابی رفتار سازه‌های فولادی دارای اتصال خورجینی و میانقاب آجری می‌باشد.

برای رسیدن به این هدف، چندین فصل مورد بررسی قرار می‌گیرد:

در فصل دوم، خلاصه‌ای از مطالعات موجود در زمینه میانقاب‌ها در حالت کلی آورده شده‌است. با توجه به اینکه اکثر تحقیقات توسط محققان خارجی انجام شده، و مرجعی برای بررسی رفتار میانقاب بنایی قاب خورجینی وجود ندارد، در فصل بعد، رفتار اتصال خورجینی و روند مدل‌سازی آن در تحقیقات مورد بررسی قرار گرفته‌است. پس از آن حجیم‌ترین قسمت میانقاب مرکب، یعنی دیوار آجری و روش‌های مدل‌سازی آن مورد مطالعه و ارزیابی قرار می‌گیرد. در فصل چهارم یکی از آزمایشات موجود در زمینه میانقاب مطالعه و توسط نرم افزار ABAQUS مدل‌سازی شده و تطبیق نتایج عملی و نظری مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس در فصل پنجم چندین قاب دارای اتصال خورجینی با استفاده از نرم افزار SAP2000 مدل‌سازی و با توجه به آئین نامه‌های رایج برای طراحی، مقاطع و مشخصات مورد استفاده برای مطالعه پارامتریک در ادامه کار، استخراج می‌گردد. در نهایت در ادامه این فصل مطالعه پارامتریکی بر روی رفتار و نحوه مدل‌سازی میانقاب آجری درون قاب فولادی دارای اتصال خورجینی انجام شده‌است و اثر آنها بر قاب پیرامونی خود بررسی و با دستورالعمل‌های موجود در این زمینه مقایسه شده‌است. در فصل انتهایی یک جمع‌بندی کلی از این تحقیق ارائه می‌گردد. امید است که این پژوهش گره‌گشای کار مهندسان در دفاتر فنی و مهندسی در رابطه با رویارویی با قاب‌های فولادی دارای میانقاب آجری و اتصال خورجینی قرار گیرد.