پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران - مهندسی زلزله

موضوع

مطالعه تحلیلی اثر میانقابهای شکل پذیر دارای فیوز اصطکاکی قابل تنظیم بر رفتار قابهای فولادی ساختمان

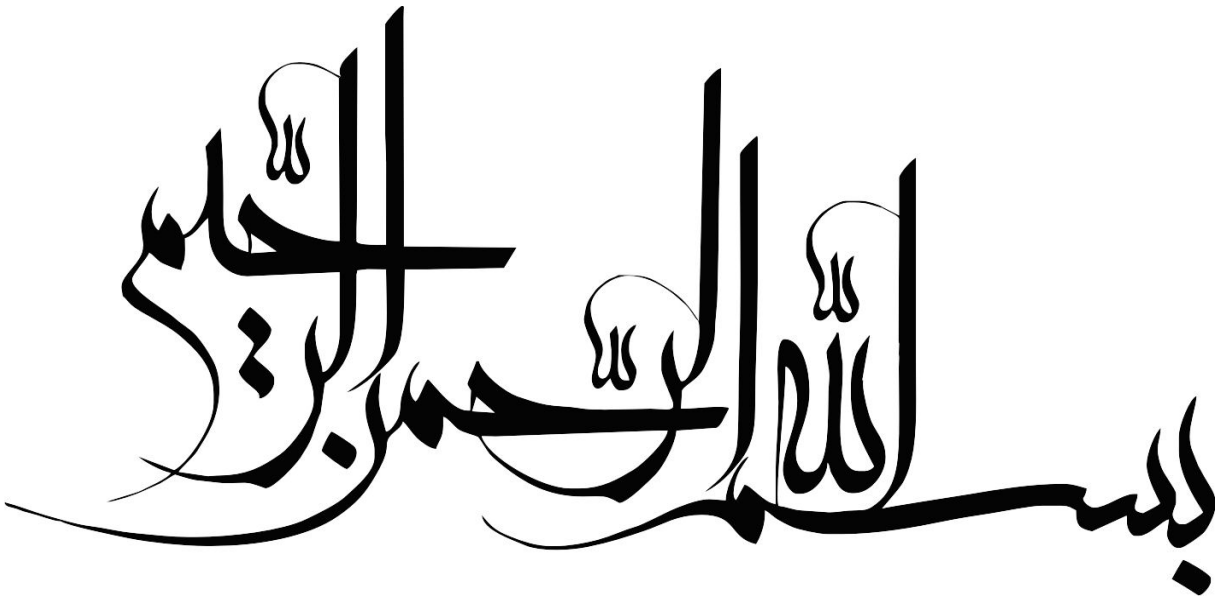
دانشجو

مجید شوندی

استاد راهنما

جناب آقای دکتر مجید محمدی

۱۳۸۹


بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به

پدر و مادرم

تقدیر و تشکر

در این جا لازم می‌دانم از زحمات بی دریغ استاد محترم جناب آقای دکتر محمدی تشکر کنم که اگر مساعدت و راهنمایی های ایشان نبود هرگز این گزارش جمع آوری نمی‌شد.

اعضاء هیئت داوران:

استاد راهنما	**امضاء**
استاد مشاور	**امضاء**
استاد مدعو (خارجی)	**امضاء**
استاد مدعو(داخلی)	**امضاء**
مدیر تحصیلات تکمیلی	**امضاء**

چکیده

بررسی‌های دانشمندان و محققین بر روی قاب میانپر از اوایل سال ۱۹۵۰ میلادی آغاز و تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه شناخت رفتار میانقابها و عوامل موثر بر آنها انجام شده است. این اعضای سازه‌ای به دلایل گوناگون از جمله پیچیدگی رفتار مصالح، اندرکنش بین قاب و میانقاب، ضعف مدلهای تحلیلی و غیره تا مدتها یکی از بحث برانگیزترین موضوعات روز مهندسی بوده است. میانقابها باعث افزایش سختی سازه می‌شوند لذا وجود این اعضاء باعث ایجاد تغییرات در پریود و توزیع نیروی زلزله در سازه خواهد شد. روش‌های زیادی برای افزایش مقاومت و سختی میانقاب مطرح و آزمایش شده است که هیچ کدام از آن‌ها لزوما به یک میانقاب مهندسی منجر نمی‌شود.

اخیرا تحقیقات زیادی برای دستیابی به میانقاب مهندسی انجام گرفته است. انتظار بر این است که این نوع میانقاب دارای شکل پذیری مناسب برای تحمل بارهای لرزه‌ای باشد ضمن اینکه باید دارای پایداری کافی در جهت عمود بر صفحه نیز باشد. در این راستا اخیرا نوع جدیدی از میانقاب پیشنهاد شده است که دارای فیوز برشی لغزان در ارتفاع میانی می‌باشد که فیوز آن را می‌توان برای مقاومت لغزشی دلخواه تنظیم نمود. نتایج آزمایش نشان داده که تاثیر فیوزهای برشی به کار برده شده بر روی بهبود شکل پذیری، افزایش مقاومت و میزان جذب انرژی سیستم غیر قابل انکار می‌باشد.

در این پایان نامه سعی بر آن است تا با معرفی میانقابهای مهندسی دارای فیوز برشی لغزان، تاثیر آنها در رفتار و عملکرد سازه‌های فولادی نسبت به سازه‌های فولادی دارای میانقاب بتنی مسلح و دارای میانقاب جدا شده از قاب بررسی شود. در این راستا چهار سازه فولادی با تعداد طبقات یک، سه، پنج و هفت طبقه براساس آیین نامه ایران در برنامه *ETABS* طراحی و یکی از قابهای آن برای ادامه کار و انجام تحلیل دینامیکی غیر خطی انتخاب گردید. شایان ذکر است که تحلیل‌های دینامیکی غیر خطی بر روی قاب انتخابی توسط برنامه *IDARC 2D Version 7.0* انجام شده است. رکوردهای انتخاب شده عبارتند از: کوبه *(KOBE)*، نوتریج *(NORTHRIDGE)*، طبس *(TABAS)*، منجیل *(MANJIL)* و ال‌سنترو *(ELCENTRO)*، که به ترتیب دارای *PGA* ۰/۸۲، ۱/۵۸، ۰/۸۳، ۰/۵۴ و ۰/۲۴ برابر شتاب ثقل زمین *(g)* می‌باشند. بر طبق نتایج حاصل، میانقابهای مهندسی دارای فیوز برشی لغزان کارایی بسیار خوبی در بهبود رفتار لرزه‌ای سازه دارند، به خصوص در زلزله-هایی که شدت آنها به اندازه‌ای است که سازه را وادار به بروز رفتار غیرخطی می‌نماید.

واژه‌های کلیدی

میانقاب، میانقاب مهندسی، زلزله، سختی، مقاومت، شکل پذیری

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده	ا
مقدمه	ن
فصل اول: مفاهیم مربوط به میانقاب مهندسی و خط مشی این تحقیق	۱
۱-۱- مفهوم میانقاب مهندسی	۳
۱-۲- میانقابهای مهندسی دارای فیوز برشی لغزان	۵
۱-۲-۱- جزییات قاب نمونه ها	۵
۱-۲-۲- جزییات مربوط به فیوز برشی لغزان	۷
۱-۲-۳- بارگذاری نمونه ها	۱۰
۱-۳- خطی مشی این تحقیق	۱۲
فصل دوم: مطالعات کتابخانه ای	۱۵
۲-۱- میانقاب چیست	۱۷
۲-۱-۱- مقدمه	۱۷
۲-۱-۲- میانقاب آجری	۱۸
۲-۱-۳- میانقاب بتنی	۲۰
۲-۱-۴- رفتار قاب های مرکب	۲۱
۲-۱-۵- میانقاب های دارای بازشو	۲۳
۲-۱-۶- مدهای شکست میانقابها	۲۳
۲-۱-۷- مقایسه دیوار برشی و میانقاب	۲۵
۲-۲- سختی، مقاومت، شکل پذیری و ...	۲۵
۲-۲-۱- سختی	۲۶
۲-۲-۱-۱- تعریف سختی	۲۶
۲-۲-۱-۲- پارامترهای موثر بر سختی	۲۸
۲-۲-۱-۳- محاسبه سختی	۳۲
۲-۲-۲- مقاومت	۳۶
۲-۲-۲-۱- مقاومت ترک قطری	۳۷
۲-۲-۲-۲- مقاومت برشی لغزشی	۳۸
۲-۲-۲-۳- مقاومت خردشدگی گوشه	۴۰

۲-۲-۲-۴- مقاومت نهایی ۴۱
۲-۲-۲-۵- عوامل موثر بر مقاومت ۴۳
۲-۲-۲-۶- بررسی اثر پارامترهای مختلف روی مقاومت ۴۳
۲-۲-۴- شکل پذیری ۵۱
۲-۲-۵- مدل پسماند ۵۳
۲-۲-۶- استهلاک انرژی ۵۳
۲-۲-۷- نسبت بعدی ۵۴
۲-۲-۸- برشگیرها ۵۴
۲-۲-۹- تعداد سیکل بارگذاری ۵۴
۲-۲-۱۰- تاثیر میانقاب در رفتار چرخه ای قاب مهاربندی شده ۵۵
۲-۳- نحوه مدلسازی میانقاب در سازه ۵۶
۲-۳-۱- مدلسازی عددی قاب میانپر ۵۶
۲-۳-۱-۱- ماکرو مدلها ۵۷
۲-۳-۱-۲- میکرو مدلها ۶۰
۲-۳-۲- رفتار تنش-کرنش مصالح میانقاب ۶۵
۲-۴- نظر آیین نامه ها در مورد میانقاب ۶۸
۲-۴-۱- ظرفیت تغییرشکل ۶۸
۲-۴-۲- سختی ۶۸
۲-۴-۳- معیار پذیرش مقاومت ۶۹
۲-۵- روش های مقاوم سازی میانقاب ۷۰
۲-۵-۱- تعمیرات سطحی ۷۱
۲-۵-۱-۱- فرو سیمنت ۷۱
۲-۵-۱-۲- اندود مسلح سیمانی ۷۳
۲-۵-۱-۳- بتن پاشی ۷۳
۲-۵-۲- تزریق گروت و اپوکسی ۷۵
۲-۵-۳- تسلیح خارجی دیوار ۷۷
۲-۵-۴- محصور نمودن مصالح بنایی با استفاده از کلاف قائم بتن مسلح ۷۸
۲-۵-۵- استفاده از پیش تنیدگی ۸۰
۲-۵-۶- اجرای هسته میانی ۸۲
۲-۵-۷- استفاده از الیاف پلیمری مسلح *(FRP)* ۸۴

۲-۶- میانقاب مهندسی ۸۵
۲-۶-۱- مفهوم میانقاب مهندسی ۸۵
۲-۶-۲- انواع میانقابهای مهندسی ۸۵
۲-۶-۲-۱- میانقابهای مهندسی دارای فیوزهای جاری شونده ۸۵
۲-۶-۲-۲- میانقاب دارای بلوکهای لغزان ۸۷
۲-۶-۲-۳- میانقاب دارای عضو فدا شونده ۸۸
۲-۶-۲-۴- میانقاب دارای شبکه کامپوزیت پلیمری ۹۲
۲-۶-۲-۵- میانقاب دارای میراگر اصطکاکی ۹۴
۲-۶-۲-۶- میانقاب دارای فیوز برشی لغزان ۹۵
فصل سوم: معرفی نمونه های آزمایشگاهی مورد مطالعه و نحوه مدل سازی ۹۹
۳-۱- نمونه های آزمایشگاهی مورد مطالعه ۱۰۱
۳-۱-۱- نمونه های آزمایشگاهی میانقابهای دارای فیوز برشی لغزان ۱۰۱
۳-۱-۲- نمونه آزمایشگاهی قاب جدا شده از میانقاب ۱۱۱
۳-۱-۳- نمونه آزمایشگاهی میانقاب بتنی مسلح ۱۱۲
۳-۲- طراحی قاب مورد مطالعه ۱۱۳
۳-۳- بررسی اثر مقیاس بر خروجی های بدست آمده از نمونه های آزمایشگاهی ۱۱۵
۳-۳-۱- بررسی اثر مقیاس بر نمونه های آزمایشگاهی میانقاب مهندسی و قاب جدا شده از میانقاب ۱۱۶
۳-۳-۲- بررسی اثر مقیاس بر نمونه های آزمایشگاهی میانقاب بتنی مسلح ۱۱۹
۳-۴- مقایسه پوش رفتار نمونه های آزمایشگاهی ۱۲۱
۳-۵- تاثیر تغییر مقطع قابهای پیرامونی بر روی مقاومت نهایی میانقاب ۱۲۲
۳-۶- علت انتخاب برنامه *IDARC* برای مدلسازی قابها و انجام تحلیل دینامیکی غیرخطی ۱۲۴
۳-۷- نحوه مدلسازی قاب های مورد مطالعه در برنامه *IDARC* ۱۲۷
۳-۷-۱- نحوه مدل سازی قاب دارای میانقاب ۱۲۷
۳-۷-۲- نحوه مدل سازی تیر و ستون فولادی ۱۲۹
۳-۷-۳- بررسی چگونگی مدل سازی رفتار هیسترسیس ۱۳۰
۳-۸- مشخصات زلزله های انتخابی برای تحلیل دینامیکی غیر خطی ۱۳۴
۳-۹- بررسی صحت محاسبات برنامه *IDARC* ۱۳۶
۳-۹-۱- بررسی صحت برنامه *IDARC* در حالت خطی ۱۳۶
۳-۹-۲- بررسی صحت برنامه *IDARC* در حالت غیر خطی ۱۳۸
فصل چهارم: نتایج تحلیلی به دست آمده و بررسی آنها ۱۳۹

۴-۱- مقدمه ۱۴۱
۴-۲- شاخص خسارت پارک و انگ ۱۴۲
۴-۳- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های یک طبقه ۱۴۴
۴-۳-۱- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های یک طبقه تحت زلزله کوبه ۱۴۴
۴-۳-۲- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های یک طبقه تحت زلزله نوتریج ۱۴۵
۴-۳-۳- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های یک طبقه تحت زلزله طبس ۱۴۶
۴-۳-۴- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های یک طبقه تحت زلزله منجیل ۱۴۷
۴-۳-۵- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های یک طبقه تحت زلزله السنترو ۱۴۸
۴-۳-۶- نتیجه گیری کلی برای سازه های یک طبقه ۱۴۹
۴-۴- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های سه طبقه ۱۵۰
۴-۴-۱- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های سه طبقه تحت زلزله کوبه ۱۵۰
۴-۴-۲- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های سه طبقه تحت زلزله نوتریج ۱۵۲
۴-۴-۳- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های سه طبقه تحت زلزله طبس ۱۵۳
۴-۴-۴- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های سه طبقه تحت زلزله منجیل ۱۵۵
۴-۴-۵- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های سه طبقه تحت زلزله السنترو ۱۵۶
۴-۴-۶- نتیجه گیری کلی برای سازه های سه طبقه ۱۵۷
۴-۵- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های پنج طبقه ۱۵۸
۴-۵-۱- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های پنج طبقه تحت زلزله کوبه ۱۵۹
۴-۵-۲- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های پنج طبقه تحت زلزله نوتریج ۱۶۰
۴-۵-۳- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های پنج طبقه تحت زلزله طبس ۱۶۱
۴-۵-۴- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های پنج طبقه تحت زلزله منجیل ۱۶۳
۴-۵-۵- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های پنج طبقه تحت زلزله السنترو ۱۶۴
۴-۵-۶- نتیجه گیری کلی برای سازه های پنج طبقه ۱۶۵
۴-۶- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های هفت طبقه ۱۶۶
۴-۶-۱- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های هفت طبقه تحت زلزله کوبه ۱۶۷
۴-۶-۲- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های هفت طبقه تحت زلزله نوتریج ۱۶۸
۴-۶-۳- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های هفت طبقه تحت زلزله طبس ۱۶۹
۴-۶-۴- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های هفت طبقه تحت زلزله منجیل ۱۷۱
۴-۶-۵- بررسی نتایج حاصل از تحلیل سازه های هفت طبقه تحت زلزله السنترو ۱۷۲
۴-۶-۶- نتیجه گیری کلی برای سازه های هفت طبقه ۱۷۳

۴-۷- خلاصه نتایج به دست آمده ۱۷۴
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادها ۱۷۹
۵-۱- نتیجه گیری ۱۸۱
۵-۲- پیشنهادها ۱۸۳
مراجع ۱۸۴
پیوست ۱۸۷
چکیده انگلیسی ۱۹۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل (۱- ۱): اندرکنش موجود میان قاب و میانقاب ۳
شکل (۱- ۲): مدل اولیه میانقاب مهندسی و فیوز برشی موجود در آن ۵
شکل (۱- ۳): تغییرشکل های ایجاد شده در اثر لغزش فیوز ۶
شکل (۱- ۴): مدل های موجود جهت ساخت میانقاب مهندسی ۶
شکل (۱- ۵): جزئیات قاب فولادی نمونه ها و محل قرار گیری فیوز برشی در آن ۷
شکل (۱- ۶): نقشه های اجرایی فیوز برشی لغزان ۸
شکل (۱- ۷): فیوز کالیبراسیون به کار برده شده جهت شناخت رفتار فیوز برشی لغزان ۹
شکل (۱- ۸): بارگذاری نمونه ها ۱۱
شکل (۱- ۹): پلان ساختمانهای مورد بررسی و قاب منتخب برای انجام ادامه مطالعات ۱۴
شکل (۲- ۱): نمونه ای از ساختمانهای دارای میانقاب ۱۷
شکل (۲- ۲): حالت های شکست قاب مرکب ۱۹
شکل (۲- ۳): نمونه رفتار نیرو- جابجایی قاب مرکب ۲۰
شکل (۲- ۴): نمودار نیرو جابه جایی فرضی میانقاب بتنی (نقل از واکاباياشی) ۲۰
شکل (۲- ۵): حالتهای شکست کنج در میانقابهای بتنی ۲۱
شکل (۲- ۶): تغییرات تنش در صفحه میانقاب ۲۲
شکل (۲- ۷): مقایسه رفتار قاب خالی و قاب مرکب ۲۳
شکل (۲- ۸): مدهای مختلف شکست قابهای با میانقاب بنایی ۲۴
شکل (۲- ۹): منحنی نیرو- تغییرمکان قابهای مرکب ۲۷
شکل (۲- ۱۰): سختی کاربردی در قاب های مرکب ۲۷
شکل (۲- ۱۱): تغییرات سختی بر حسب h/l ۲۸
شکل (۲- ۱۲): تاثیر انواع درز بر روی سختی میانقاب ۳۰
شکل (۲- ۱۳): تغییرشکل خمشی در قاب های چند طبقه ۳۱
شکل (۲- ۱۴): تغییرات w/d بر حسب λ_1 ۳۳
شکل (۲- ۱۵): طول تماس متفاوت برای تیر و ستون ۳۵
شکل (۲- ۱۶): مراحل مختلف بارگذاری ۳۶
شکل (۲- ۱۷): یک تقسیم بندی برای سطوح مقاومت ۳۷
شکل (۲- ۱۸): تنش ها در مرکز میانقاب به ضخامت t ۳۷

شکل (۲- ۱۹): مدل قاب با مهاربند زانویی ۳۹
شکل (۲- ۲۰): مدل قاب با مهاربند زانویی ۳۹
شکل (۲- ۲۱): تغییرات H_u برحسب *(h/l)* طبق نتایج آزمایشات بنیامین و ویلیامز ۴۴
شکل (۲- ۲۲): تغییرات مقاومت ترک و نهایی بر حسب *(h/l)* طبق نتایج ردینگتون ۴۴
شکل (۲- ۲۳): تغییرات H_u برحسب درصدی از مساحت آرماتور، براساس نتایج آزمایش بنیامین و ویلیامز ۴۵
شکل (۲- ۲۴): تغییرات H_u برحسب تغییرات عرض ستون، براساس نتایج آزمایش بنیامین و ویلیامز ۴۵
شکل (۲- ۲۵): قیدهای فشاری ممکن برای تحلیل میانقاب های دارای بازشو ۵۱
شکل (۲- ۲۶): تعریف شکل پذیری ۵۱
شکل (۲- ۲۷): نمودار پوش هیسترزیس چند نمونه قاب مرکب ۵۲
شکل (۲- ۲۸): رفتار پسماند قابهای مرکب در دورهای متوالی بارگذاری ۵۳
شکل (۲- ۲۹): نمونه مورد آزمایش و تاثیر آزمایش بر روی آن ۵۶
شکل (۲- ۳۰): مدل عددی "عضو قطری معادل" برای قاب میانپر ۵۷
شکل (۲- ۳۱): مدل عددی "شش المان قطری" برای قاب میانپر ۵۸
شکل (۲- ۳۲): رفتار پانلهای میانقاب ۵۹
شکل (۲- ۳۳): مدل پیشنهادی *CMISF* ۶۰
شکل (۲- ۳۴): نمونه ای از آنالیز المان محدود انجام شده در مرجع [۱۷] ۶۳
شکل (۲- ۳۵): الف. آماده سازی آزمایش مقاومت فشاری مصالح بنایی ب و پ. مدهای شکست نمونه ها ۶۵
شکل (۲- ۳۶): نتایج تجربی حاصل از آزمایش نمونه ها ۶۶
شکل (۲- ۳۷): رابطه سه خطی تنش- کرنش برای مصالح میانقاب ۶۷
شکل (۲- ۳۸): شبکه های فولادی به کار رفته در لایه فروسیمنت ۷۲
شکل (۲- ۳۹): جزئیات اجرایی اندود مسلح سیمانی ۷۳
شکل (۲- ۴۰): بتن پاشی بر روی دیوار آجری ۷۴
شکل (۲- ۴۱): نمودار بارگذاری چرخه‌ای برای دیوار آجری ساده *(URM)* و مقاوم سازی شده*(Shotcrete)* ۷۵
شکل (۲- ۴۲): تزریق گروت در داخل منافذ دیوار ۷۶
شکل (۲- ۴۳): نمایی از یک دیوار مقاوم سازی شده به روش تسلیح خارجی ۷۷
شکل (۲- ۴۴): ایجاد قاب میانپر ثانوی در اثر استفاده از مهاربند افقی ۷۷
شکل (۲- ۴۵): مشخصات کلاف قائم بر اساس آیین نامه ساختمانهای بنایی مسلح *(DB32/113-95)* ۷۹
شکل (۲- ۴۶): دیوار مقاوم سازی شده با استفاده از کابلهای پیش تنیده و شکست آن ۸۲
شکل (۲- ۴۷): نمودار رفتار چرخه ای دیوار با هسته مرکزی ۸۴
شکل (۲- ۴۸): مدل *Lam & Teng* برای بتن مقاوم شده با *FRP* ۸۴

شکل (۲- ۴۹): اتصال مقاوم شده تیر به ستون ۸۶
شکل (۲- ۵۰): میانقاب دارای لایه لغزان ۸۷
شکل (۲- ۵۱): نمونه ای از سیستم *SIWIS* نصب شده بر روی سازه ۸۸
شکل (۲- ۵۲): سیستم پیشنهادی نعیم برای جلوگیری از رفتار برون صفحه میانقاب ۸۹
شکل (۲- ۵۳): عضو فدا شونده قبل و بعد از شکست ۹۰
شکل (۲- ۵۴): دیسک های فولادی ساخته شده ۹۱
شکل (۲- ۵۵): لایه های مختلف میانقاب دارای شبکه کامپوزیت پلیمری ۹۲
شکل (۲- ۵۶): نمونه ساخته شده از میانقاب دارای شبکه کامپوزیت پلیمری ۹۳
شکل (۲- ۵۷): نمودار های مربوط به نمونه های آزمایش شده ۹۳
شکل (۲- ۵۸): نمایی از میراگر اصطکاکی ۹۵
شکل (۲- ۵۹): نمونه های آماده شده جهت آزمایش ۹۷
شکل (۲- ۶۰): نمودارهای پوش رفتار نمونه ها ۹۷
شکل (۲- ۶۱): مقایسه ضرایب میرایی نمونه ها ۹۸
شکل (۳- ۱): نمایی از نمونه کابلی ۱۰۲
شکل (۳- ۲): نخستین ترکهای ایجاد شده در میانقاب نمونه *EIF-0.35* ۱۰۳
شکل (۳- ۳): لغزش ایجاد شده در دو لایه فیوز نسبت به هم ۱۰۴
شکل (۳- ۴): شکست کنج میانقاب و در ادامه آن شکست برشی در نزدیکی تیر بالا و پایین *EIF-0.35* ۱۰۴
شکل (۳- ۵): پلاستیک شدگی تیر بالا در ناحیه اتصال به ستون و شکست جوش ۱۰۴
شکل (۳- ۶): ترتیب رخدادهای نمونه *EIF-0.35* ۱۰۵
شکل (۳- ۷): ترکهای مایل ایجاد شده در جان میانقاب ۱۰۶
شکل (۳- ۸): لغزش نسبی لایه های فیوز برای نمونه *EIF-0.5* ۱۰۶
شکل (۳- ۹): شکست کنج و برشی ایجاد شده در جان میانقاب ۱۰۷
شکل (۳- ۱۰): پلاستیک شدگی تیر در نمونه *EIF-0.5* ۱۰۷
شکل (۳- ۱۱): ترکهای ایجاد شده در محل کانالهای عبور کابلها ۱۰۸
شکل (۳- ۱۲): شکست اتصال تیر به ستون و انهدام نمونه ۱۰۹
شکل (۳- ۱۳): منحنی رفتاری قاب دارای میانقاب مهندسی ۱۱۱
شکل (۳- ۱۴): منحنی رفتاری قاب دارای میانقاب جدا شده *(Bare-Frame)* ۱۱۲
شکل (۳- ۱۵): جزییات قاب پیرامونی (ابعاد بر حسب سانتیمتر است) ۱۱۳
شکل (۳- ۱۶): منحنی رفتاری قاب دارای بتنی مسلح *(RC)* ۱۱۳
شکل (۳- ۱۷): مدل آزمایشگاهی تحلیل شده و قاب انتخاب شده از آن ۱۱۶

شکل (۳- ۱۸): نمودار هیسترسیس قاب جدا شده از میانقاب در مقیاس واقعی ۱۱۸
شکل (۳- ۱۹): نمودار هیسترسیس قاب مرکب در مقیاس واقعی (قاب دارای میانقاب مهندسی *EIF-0.0*)۱۱۸
شکل (۳- ۲۰): نمودار هیسترسیس قاب مرکب درمقیاس واقعی (قاب دارای میانقاب مهندسی*EIF-0.35*)۱۱۹
شکل (۳- ۲۱): نمودار هیسترسیس قاب مرکب در مقیاس واقعی (قاب دارای میانقاب مهندسی *EIF-0.5*)۱۱۹
شکل (۳- ۲۲): نمودار هیسترسیس قاب مرکب در مقیاس واقعی (قاب دارای میانقاب بتنی مسلح) ۱۲۰
شکل (۳- ۲۳): نمودار پوش رفتار نمونه های به ابعاد واقعی ۱۲۱
شکل (۳- ۲۴): برخی از حالتهای مدل سازی رفتار هیسترسیس المانها در برنامه *IDARC 2D* ۱۲۶
شکل (۳- ۲۵): نحوه مدل سازی قاب در برنامه *IDARC* ۱۲۷
شکل (۳- ۲۶): پوش سه خطی به عنوان ورودی رفتار المان ۱۲۸
شکل (۳- ۲۷): مدل مصالح استفاده شده در این تحقیق برای مدلسازی تیر و ستون فولادی ۱۲۹
شکل (۳- ۲۸): نحوه ارائه مدلهای کاهش سختی،مقاومت و رفتار باریک شدگی درمدل هیسترتیک پارک ۱۳۰
شکل (۳- ۲۹): تاثیر پارامترهای کاهنده روی رفتار چرخه ای ۱۳۱
شکل (۳- ۳۱): مدل هیسترتیک دو خطی ۱۳۲
شکل (۳- ۳۱): نمونه ای از مدلهای هیسترسیس با رفتار باریک شدگی: الف) شدید ؛و ب) متوسط ۱۳۳
شکل (۳- ۳۲): شتاب نگاشت و طیف زلزله کوبه ۱۳۴
شکل (۳- ۳۳): شتاب نگاشت و طیف زلزله نوتریج ۱۳۵
شکل (۳- ۳۴): شتاب نگاشت و طیف زلزله طبس ۱۳۵
شکل (۳- ۳۵): شتاب نگاشت و طیف زلزله منجیل ۱۳۵
شکل (۳- ۳۶): شتاب نگاشت و طیف زلزله ال سنترو ۱۳۶
شکل (۳- ۳۷): بار سینوسی وارد به سازه ۱۳۶
شکل (۳- ۳۸): نمودار شتاب - زمان حاصل از تحلیل سازه در برنامه *IDARC* و *ETABS* ۱۳۷
شکل (۳- ۳۹): نمودار تغییرمکان - زمان حاصل از تحلیل سازه در برنامه *IDARC* و *ETABS* ۱۳۷
شکل (۴- ۱): سازه سه طبقه تحت زلزله کوبه ۱۵۱
شکل (۴- ۲): نمودار محتوای انرژی زلزله کوبه در برابر پریود ۱۵۲
شکل (۴- ۳): سازه سه طبقه تحت زلزله نوتریج ۱۵۳
شکل (۴- ۴): سازه سه طبقه تحت زلزله طبس ۱۵۴
شکل (۴- ۵): سازه سه طبقه تحت زلزله منجیل ۱۵۶
شکل (۴- ۶): سازه سه طبقه تحت زلزله السنترو ۱۵۷
شکل (۴- ۷): سازه پنج طبقه تحت زلزله کوبه ۱۶۰
شکل (۴- ۸): سازه پنج طبقه تحت زلزله نوتریج ۱۶۱

شکل (۴- ۹): سازه پنج طبقه تحت زلزله طبس ۱۶۲
شکل (۴- ۱۰): سازه پنج طبقه تحت زلزله منجیل ۱۶۴
شکل (۴- ۱۱): سازه پنج طبقه تحت زلزله السنترو ۱۶۵
شکل (۴- ۱۲): سازه هفت طبقه تحت زلزله کوبه ۱۶۸
شکل (۴- ۱۳): سازه هفت طبقه تحت زلزله نوتریج ۱۶۹
شکل (۴- ۱۴): سازه هفت طبقه تحت زلزله طبس ۱۷۰
شکل (۴- ۱۵): سازه هفت طبقه تحت زلزله منجیل ۱۷۲
شکل (۴- ۱۶): سازه هفت طبقه تحت زلزله السنترو ۱۷۳

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۲- ۱): تغییرات H' بر حسب λ^* ۴۶

جدول (۲- ۲): سختی نمونه های مختلف قاب میانپر ۹۴

جدول (۲- ۳): تاثیر درز کناری بر رفتار میانقاب ۹۴

جدول (۲- ۴): مشخصات کلی نمونه ها ۹۶

جدول (۲- ۵): جزییات حین آزمایش نمونه ها ۹۶

جدول (۳- ۱): مشخصات میانقاب RC ۱۱۲

جدول (۳- ۲): بارهای مفروض در طراحی سازه ها ۱۱۴

جدول (۳- ۳): محاسبه ضریب زلزله (C) برای ساختمانهای مورد بررسی ۱۱۵

جدول (۳- ۴): مشخصات نمونه های اصلی و مقیاس شده ۱۱۶

جدول (۳- ۵): ضریب محاسبه شده برای مقیاس نمودن مقاومت مدل قاب به همراه میانقاب بتنی مسلح ۱۲۰

جدول (۳- ۶): تاثیر مقطع ستون اطراف میانقاب بر روی مقاومت نهایی میانقاب ۱۲۳

جدول (۳- ۷): مقادیر پارامترهای مدل سازی رفتار هیسترسیس المانهای مورد بررسی ۱۳۳

جدول (۳- ۸): مشخصات رکورد زلزله های انتخابی ۱۳۴

جدول (۴- ۱): نتایج حاصل از تحلیل سازه های یک طبقه تحت زلزله کوبه ۱۴۵

جدول (۴- ۲): نتایج حاصل از تحلیل سازه های یک طبقه تحت زلزله نوتریج ۱۴۶

جدول (۴- ۳): نتایج حاصل از تحلیل و بررسی سازه های یک طبقه تحت زلزله طبس ۱۴۷

جدول (۴- ۴): نتایج حاصل از تحلیل و بررسی سازه های یک طبقه تحت زلزله منجیل ۱۴۸

جدول (۴- ۵): نتایج حاصل از تحلیل و بررسی سازه های یک طبقه تحت زلزله السنترو ۱۴۹

جدول (۴- ۶): نتایج حاصل از تحلیل و بررسی سازه های سه طبقه تحت زلزله کوبه ۱۵۱

جدول (۴- ۷): نتایج حاصل از تحلیل و بررسی سازه های سه طبقه تحت زلزله نوتریج ۱۵۳

جدول (۴- ۸): نتایج حاصل از تحلیل و بررسی سازه های سه طبقه تحت زلزله طبس ۱۵۴

جدول (۴- ۹): نتایج حاصل از تحلیل و بررسی سازه های سه طبقه تحت زلزله منجیل ۱۵۵

جدول (۴- ۱۰): نتایج حاصل از تحلیل و بررسی سازه های سه طبقه تحت زلزله السنترو ۱۵۷

جدول (۴- ۱۱): نتایج حاصل از تحلیل و بررسی سازه های پنج طبقه تحت زلزله کوبه ۱۵۹

جدول (۴- ۱۲): نتایج حاصل از تحلیل و بررسی سازه های پنج طبقه تحت زلزله نوتریج ۱۶۱

جدول (۴- ۱۳): نتایج حاصل از تحلیل و بررسی سازه های پنج طبقه تحت زلزله طبس ۱۶۲

جدول (۴- ۱۴): نتایج حاصل از تحلیل و بررسی سازه های پنج طبقه تحت زلزله منجیل ۱۶۳

جدول (۴- ۱۵): نتایج حاصل از تحلیل و بررسی سازه های پنج طبقه تحت زلزله السنترو ۱۶۵
جدول (۴- ۱۶): نتایج حاصل از تحلیل و بررسی سازه های هفت طبقه تحت زلزله کوبه ۱۶۷
جدول (۴- ۱۷): نتایج حاصل از تحلیل و بررسی سازه های هفت طبقه تحت زلزله نوتریج ۱۶۹
جدول (۴- ۱۸): نتایج حاصل از تحلیل و بررسی سازه های هفت طبقه تحت زلزله طبس ۱۷۰
جدول (۴- ۱۹): نتایج حاصل از تحلیل و بررسی سازه های هفت طبقه تحت زلزله منجیل ۱۷۱
جدول (۴- ۲۰): نتایج حاصل از تحلیل و بررسی سازه های هفت طبقه تحت زلزله السنترو ۱۷۳
جدول (۴- ۲۱): نتایج به دست آمده از تحلیل تاریخچه زمانی برای سازه های یک طبقه ۱۷۵
جدول (۴- ۲۲): نتایج به دست آمده از تحلیل تاریخچه زمانی برای سازه های سه طبقه ۱۷۶
جدول (۴- ۲۳): نتایج به دست آمده از تحلیل تاریخچه زمانی برای سازه های پنج طبقه ۱۷۷
جدول (۴- ۲۴): نتایج به دست آمده از تحلیل تاریخچه زمانی برای سازه های هفت طبقه ۱۷۸

مقدمه

در این پایان نامه سعی بر آن است تا تاثیر میانقابهای مهندسی دارای فیوز برشی لغزان به کار رفته در مرجع [۱] در بهبود رفتار و عملکرد لرزه‌ای سازه‌های فولادی نسبت به سازه‌های فولادی دارای میانقاب بتنی مسلح و همچنین سازه‌های فولادی دارای میانقاب جدا شده از قاب بررسی شود.

در همین راستا چهار سازه فولادی با فرض قاب خمشی ویژه (مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ ایران [۲]) و تعداد طبقات ۱، ۳، ۵ و ۷ طبقه مطابق آیین نامه ایران [۳] با برنامه *ETABS* [۴] طراحی گردید. ساختمانهای مورد بررسی دارای فرضیات زیر می‌باشند:

۱. منطقه با خطر نسبی خیلی زیاد.
۲. خاک منطقه نوع *II* (مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ ایران [۲])
۳. ساختمان در پلان و ارتفاع منظم می‌باشد.

تمام سازه‌های فوق‌الذکر دارای ۳ دهانه در هر طرف می‌باشند. نمونه‌های مورد بررسی شامل قاب جدا شده از میانقاب *(Bare-Frame)*، میانقابهای مهندسی به ترتیب *EIF-0.0*، *EIF-0.35* و *EIF-0.5* و میانقاب بتنی مسلح *(RC)* است که همگی آزمایش شده‌اند. در بررسی تحقیق حاضر و به منظور مقایسه رفتار سازه های دارای میانقاب مهندسی با سازه های دارای میانقاب بتنی مسلح و همچنین حالتی که در سازه ها قاب از میانقاب جدا می‌باشد فرض شده که در این سازه ها در دهانه میانی و تنها در یک راستا میانقاب قرار گرفته است. ارتفاع هر طبقه ۳ متر است.

برای مدل‌سازی میانقابها، از منحنی های هیسترسیس بدست آمده از مطالعات آزمایشگاهی استفاده شده است. به منظور سهولت در انجام محاسبات و مقایسه بین نتایج، همه تحلیل ها به صورت دو بعدی انجام شد. برای انجام تحلیل تاریخچه زمانی از پنج شتاب نگاشت زلزله‌های مختلف استفاده شده است تا پاسخ سازه به هر کدام از آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد. پس از انجام تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی عملکرد و نتایج حاصل از تحلیل در حالاتی که سازه دارای میانقاب های مهندسی، میانقاب بتنی مسلح و یا قاب جدا شده از میانقاب است بررسی و با یکدیگر مقایسه شد، تا بتوان رفتار و عملکرد بهتر را شناخت و بر این اساس درک بهتری از عملکرد سازه‌های

شامل میانقاب مهندسی داشته باشیم. در تمامی این موارد و همچنین برای انجام تحلیل دینامیکی غیر خطی از برنامه *IDARC 2D Version 7.0* [۵] استفاده شده است.

در فصل اول این پایان نامه به مفهوم میانقاب مهندسی و میانقاب مهندسی دارای فیوز برشی لغزان و همچنین خطی مشی این تحقیق پرداخته شده است. در فصل دوم، مطالعات کتابخانه‌ای شامل تعریف میانقاب و انواع آن، سختی، شکل‌پذیری و مقاومت میانقاب، تاثیر آن در سازه، نحوه مدل‌سازی میانقاب در سازه، نظر آیین نامه در مورد میانقاب، روش های مقاوم سازی میانقاب و میانقاب مهندسی می‌باشد. در فصل سوم به معرفی نمونه‌های آزمایشگاهی مورد مطالعه و نحوه مدل‌سازی قابها در برنامه *IDARC 2D Version 7.0* [۵] پرداخته می‌شود. در این فصل جزئیات مربوط به نحوه مدل سازی در برنامه *IDARC* [۵] و نوع المانهای به کار رفته برای مدل نمودن قاب مرکب (میانقاب به همراه قاب پیرامونی) و تیر و ستون فولادی شرح داده می‌شود. همچنین از آنجایی که مدل سازی قابها بر خلاف نمونه‌های آزمایشگاهی در مقیاس واقعی صورت گرفته، تاثیر مقیاس در خروجی های حاصل از مطالعات آزمایشگاهی بررسی می‌شود. همچنین صحت برنامه *IDARC 2D Version 7.0* [۵] در حالت خطی و غیرخطی مورد سنجش قرار می‌گیرد. فصل چهارم شامل نتایج بدست آمده از تحلیل ها و بررسی آنها است. فصل پنجم نیز شامل نتیجه گیری و پیشنهادات حاصل از این تحقیق می‌باشد.

این مقدمه در تاریخ ۱۳۸۹/۶/۳۰ و در شهر تهران نوشته شده است.

مجید شوندی