بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه ارومیه

دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران– سازه

موضوع:

بررسی اثر یک میراگر اصطکاکی دورانی جدید در بهبود عملکرد لرزه‌ای سازه‌های بتنی

استاد راهنما:

دکتر حبیب سعید منیر

اساتید داور:

دکتر سعید تاروردیلو دکتر حسین شوکتی

تنظیم و نگارش: لیلا علی عباس زاده

شهریور ۱۳۹۱

حق چاپ برای دانشگاه ارومیه محفوظ است

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس بیکران خداوند یکتا را که سرچشمه و الهام بخش علم و معرفت است.
اینک که به یاری خداوند منان کار نگارش این پایان نامه به اتمام رسیده است، بر خود لازم می دانم که مراتب امتنان و قدردانی خود را از کلیه عزیزان و سرورانی که همواره مشوق اینجانب در انجام این پژوهش بوده اند، بجای آورده و به دیده احترام از آنان یاد کنم.
نخست از زحمات و رهنمودهای ارزشمند استاد ارجمندم جناب آقای دکتر حبیب سعید منیر، در طول دوره تحصیل کارشناسی ارشد و در مدت انجام پژوهش حاضر نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم و بر خود می بالم و مفتخرم به شاگردی ایشان.
همچنین از اعضای محترم هیئت داوری جناب آقای دکتر تاروردیلو و دکتر شوکتی بخاطر قبول زحمت داوری این پایان نامه و حضور در جلسه دفاعیه، تقدیر و تشکر می نمایم. از اساتید محترم دانشکده فنی دانشگاه ارومیه و دوستان عزیزم که با زحمات بی دریغ و همراهی خود در طی دوران تحصیل موجبات پیشرفت علمی اینجانب را فراهم آورده اند، صمیمانه سپاسگزارم.
در پایان از خانواده عزیزم که در تمام مراحل زندگی همواره همراه و پشتیبان من بوده اند، کمال سپاس و قدردانی را دارم.
امید است پایان نامه حاضر مورد توجه علاقمندان و پژوهشگران واقع گردد.

لیلا علی عباس زاده
شهریور ۹۱

چکیده

یکی از روشهای مؤثر در کاهش پاسخ لرزه‌ای ساختمانها در برابر بارگذاری دینامیکی ناشی از زلزله، استفاده از سیستمهای مستهلک کننده انرژی می‌باشد. در این مطالعه، اثر نوعی میراگر اصطکاکی جدید که ترکیبی از میراگر اصطکاکی PALL و میراگر اصطکاکی دورانی DAMPTECH می‌باشد، در بهبود رفتار و عملکرد لرزه‌ای سازه‌های بتنی مورد بررسی قرار گرفته است. این میراگر ماهیت دورانی داشته ولی در بادبندی قطری قرار می-گیرد و دارای سختی، مقاومت و قابلیت جذب انرژی زیادی می‌باشد. شکل میراگر کاملا مربعی بوده و در هنگام مونتاژ آن باید دقت کافی اعمال گردد که میراگر درست در وسط بادبندهای ضربدری قرار گیرد. در این تحقیق ابتدا میراگر در دستگاه جک دینامیکی تحت آزمایش یونیورسال قرار گرفته و پس از کالیبره کردن مدلهای اجزاء محدود، در موقعیت بادبندی قطری سه نمونه قاب ساختمانی بتنی با ارتفاعات مختلف، در نرم افزار SAP2000 مدل شده است. سازه‌های مزبور در دو حالت بدون میراگر و با میراگر با استفاده از تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی و تحت شتابنگاشت‌های مختلف تحلیل شده و نتایج مربوطه با هم مقایسه شده‌اند. نتایج حاصله حاکی از آن است که بکارگیری این میراگرها باعث بهبود رفتار لرزه‌ای و کاهش پاسخهای دینامیکی ساختمانهای مجهز به آنها و در نتیجه صرفه‌جویی قابل توجهی در مقاطع طراحی شده می‌شود.

کلمات کلیدی : مقاوم‌سازی لرزه‌ای، میراگر اصطکاکی، کنترل غیرفعال، استهلاک انرژی

فهرست مطالب

فصل اول : پیشگفتار

۱-۱- مقدمه.....۱
۱-۲- اهمیت و ضرورت انجام تحقیق.....۲
۱-۳- تشریح موضوع و بیان مسأله.....۳
۱-۴- اهداف تحقیق.....۵
۱-۵- خلاصه فصول پایان نامه.....۷

فصل دوم : مروری بر مطالعات گذشته

۲-۱- مقدمه.....۸
۲-۲- اصول پایه.....۱۰
۲-۳- مستهلک کننده‌های انرژی غیر فعال.....۱۵
۲-۳-۱- مستهلک کننده‌های انرژی با مکانیزم تسلیم فلزات.....۱۵
۲-۳-۱-۱- بادبندهای کمانش ناپذیر.....۱۷
۲-۳-۲- مستهلک کننده‌های انرژی ویسکوالاستیک.....۱۸
۲-۳-۳- مستهلک کننده‌های سیال لزج.....۱۹
۲-۳-۴- مستهلک کننده‌های جرمی تنظیم شده.....۲۱
۲-۳-۵- مستهلک کننده‌های مایعی تنظیم شده.....۲۲
۲-۳-۶- مستهلک کننده‌های سربی.....۲۳
۲-۴- مستهلک کننده‌های انرژی اصطکاکی.....۲۴
۲-۴-۱- مقدمه.....۲۴
۲-۴-۲- انواع میراگرهای اصطکاکی.....۲۵
۲-۴-۲-۱- اتصال پیچ شده لغزش محدود.....۲۵
۲-۴-۲-۲- میراگر اصطکاکی Pall ۲۵
۲-۴-۲-۲-۱- عملکرد میراکر اصطکاکی Pall ۲۶
۲-۴-۲-۳- میراگر اصطکاکی سومیتومو.....۲۷
۲-۴-۲-۴- قیدهای اتلاف انرژی.....۲۷
۲-۴-۲-۵- اتصال پیچی شیاردار.....۲۸
۲-۴-۲-۶- میراگر اصطکاکی دورانی.....۲۹

۲-۴-۳- اصول پایه.....۳۰
۲-۴-۳-۱- اصطکاک جامد.....۳۰
۲-۴-۳-۲- اثرات محیطی.....۳۱
۲-۴-۴- رفتار میراگر و مدلسازی ماکروسکپیک.....۳۱
۲-۴-۵- تحلیل سازه‌ای.....۳۴
۲-۴-۶- مطالعات تجربی.....۳۵
۲-۴-۷- بکارگیری سازه‌ای.....۳۷
۲-۵- ملاحظات نهایی.....۳۸

فصل سوم : مطالعات آزمایشگاهی

۳-۱- مقدمه.....۳۹
۳-۲- معرفی میراگر اصطکاکی ترکیبی.....۴۰
۳-۲-۱- مشخصات مکانیکی میراگر اصطکاکی.....۴۰
۳-۲-۲- معادله رفتاری میراگر اصطکاکی.....۴۱
۳-۳- مطالعه آزمایشگاهی تحقیق پیشین : بررسی رفتار میراگر اصطکاکی نصب شده برروی قاب یکدرجه فولادی و میز لرزه....۴۳
۳-۳-۱- توصیف میز لرزه و دستگاه محرک هیدرولیکی.....۴۳
۳-۳-۲- قاب یک طبقه فولادی.....۴۵
۳-۳-۳- بررسی رفتار میراگر اصطکاکی.....۴۷
۳-۴- مطالعه آزمایشگاهی تحقیق حاضر : بررسی رفتار میراگر اصطکاکی توسط دستگاه محرک هیدرولیکی.....۴۹
۳-۴-۱- دستگاه محرک هیدرولیکی و اجزای آن.....۴۹
۳-۴-۲- بررسی رفتار میراگر اصطکاکی.....۵۱
۳-۴-۳- بحث و نتیجه‌گیری.....۵۴

فصل چهارم : مدلسازی ، تحلیل و طراحی سازه‌های چند طبقه بتنی در نرم افزار SAP2000

۴-۱- مقدمه.....۵۶
۴-۲- مروری بر نرم افزار SAP2000 .....۵۷
۴-۳- تشکیل مدل کامپیوتری سازه‌ها در نرم افزار SAP2000 .....۵۷
۴-۳-۱- آیین نامه های مورد استفاده.....۵۹
۴-۳-۲- بارگذاری سازه‌ها.....۵۹
۴-۳-۲-۱- بارگذاری ثقلی.....۵۹
۴-۳-۲-۲- بارگذاری جانبی.....۶۱
۴-۳-۳- آنالیزهای انجام شده در نرم افزار.....۶۱

۴-۳-۳-۱- تحلیل استاتیکی معادل..... ۶۲
۴-۳-۳-۱-۱- نیروی برش پایه..... ۶۲
۴-۳-۳-۱-۲- معرفی منبع جرم..... ۶۲
۴-۳-۳-۱-۳- معرفی ضریب زلزله (C)..... ۶۳
۴-۳-۳-۲- تحلیل دینامیکی..... ۶۴
۴-۳-۳-۲-۱- تحلیل دینامیکی طیفی..... ۶۵
۴-۳-۳-۲-۱-۱- معرفی تابع طیف طرح..... ۶۵
۴-۳-۳-۲-۱-۲- اصلاح مقادیر بازتابها..... ۶۷
۴-۳-۳-۲-۲- تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی..... ۶۷
۴-۳-۳-۲-۲-۱- زلزله کوبه..... ۶۹
۴-۳-۳-۲-۲-۲- زلزله السنترو..... ۷۰
۴-۳-۳-۲-۲-۳- زلزله طبس..... ۷۰
۴-۴- تشکیل مدل کامپیوتری میراگر اصطکاکی در نرم افزار SAP2000 ..... ۷۱
۴-۴-۱- معرفی مشخصات میراگر اصطکاکی..... ۷۱
۴-۴-۱-۱- خاصیت پلاستیسیته چند خطی..... ۷۲

فصل پنجم : آنالیز سازه‌های چند طبقه بتنی مجهز به میراگرهای اصطکاکی

۵-۱- مقدمه..... ۷۴
۵-۲- تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی سازه ۵ طبقه بتنی..... ۷۵
۵-۲-۱- سازه ۵ طبقه بتنی بدون میراگر..... ۷۵
۵-۲-۱-۱- نتایج خروجی تحلیل تاریخچه زمانی سازه ۵ طبقه بدون میراگر..... ۷۵
۵-۲-۱-۱-۱- جابجایی حداکثر طبقات..... ۷۶
۵-۲-۱-۱-۲- جابجایی نسبی طبقات..... ۷۶
۵-۲-۱-۱-۳- برش طبقات..... ۷۷
۵-۲-۱-۱-۴- لنگر واژگونی طبقات..... ۷۷
۵-۲-۲- سازه ۵ طبقه بتنی مهاربندی شده توسط میراگر اصطکاکی دورانی..... ۷۸
۵-۲-۲-۱- مدلسازی میراگرها و انتخاب توزیع بهینه لنگر تسلیم..... ۷۹
۵-۲-۲-۱-۱- بحث و نتیجه گیری..... ۸۳
۵-۲-۲-۲- نتایج خروجی تحلیل تاریخچه زمانی سازه ۵ طبقه مهاربندی شده توسط میراگر..... ۸۶
۵-۲-۲-۲-۱- جابجایی حداکثر طبقات..... ۸۶
۵-۲-۲-۲-۲- جابجایی نسبی طبقات..... ۸۷
۵-۲-۲-۲-۳- برش طبقات..... ۸۷

۵-۲-۲-۲-۴- لنگر واژگونی طبقات.....۸۸
۵-۲-۳- بررسی اثر میراگر بر کاهش پاسخهای دینامیکی و افزایش جذب و اتلاف انرژی سازه.....۸۸
۵-۲-۳-۱- بحث و نتیجه گیری.....۹۶
۵-۲-۴- معادل سازی میرایی در ساختمان بدون میراگر.....۹۶
۵-۲-۵- طراحی مجدد سازه پنج طبقه بتنی مجهز به میراگر.....۹۷
۵-۳- تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی سازه ۱۰ طبقه بتنی.....۱۰۰
۵-۳-۱- سازه ۱۰ طبقه بتنی بدون میراگر.....۱۰۰
۵-۳-۱-۱- نتایج خروجی تحلیل تاریخچه زمانی سازه ۱۰ طبقه بدون میراگر.....۱۰۰
۵-۳-۱-۱-۱- جابجایی حداکثر طبقات.....۱۰۱
۵-۳-۱-۱-۲- جابجایی نسبی طبقات.....۱۰۱
۵-۳-۱-۱-۳- برش طبقات.....۱۰۲
۵-۳-۱-۱-۴- لنگر واژگونی طبقات.....۱۰۲
۵-۳-۲- سازه ۱۰ طبقه بتنی مهاربندی شده توسط میراگر اصطکاکی دورانی.....۱۰۳
۵-۳-۲-۱- مدلسازی میراگرها و انتخاب توزیع بهینه لنگر تسلیم.....۱۰۳
۵-۳-۲-۱-۱- بحث و نتیجه گیری.....۱۰۸
۵-۳-۲-۲- نتایج خروجی تحلیل تاریخچه زمانی سازه ۱۰ طبقه مهاربندی شده توسط میراگر.....۱۱۱
۵-۳-۲-۲-۱- جابجایی حداکثر طبقات.....۱۱۱
۵-۳-۲-۲-۲- جابجایی نسبی طبقات.....۱۱۲
۵-۳-۲-۲-۳- برش طبقات.....۱۱۲
۵-۳-۲-۲-۴- لنگر واژگونی طبقات.....۱۱۳
۵-۳-۳- بررسی اثر میراگر بر کاهش پاسخهای دینامیکی و افزایش جذب و اتلاف انرژی سازه.....۱۱۳
۵-۳-۳-۱- بحث و نتیجه گیری.....۱۲۱
۵-۳-۴- معادل سازی میرایی در ساختمان بدون میراگر.....۱۲۱
۵-۳-۵- طراحی مجدد سازه ۱۰ طبقه بتنی مجهز به میراگر.....۱۲۲
۵-۴- تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی سازه ۱۵ طبقه بتنی.....۱۲۵
۵-۴-۱- سازه ۱۵ طبقه بتنی بدون میراگر.....۱۲۵
۵-۴-۱-۱- نتایج خروجی تحلیل تاریخچه زمانی سازه ۱۵ طبقه بدون میراگر.....۱۲۵
۵-۴-۱-۱-۱- جابجایی حداکثر طبقات.....۱۲۶
۵-۴-۱-۱-۲- جابجایی نسبی طبقات.....۱۲۷
۵-۴-۱-۱-۳- برش طبقات.....۱۲۸
۵-۴-۱-۱-۴- لنگر واژگونی طبقات.....۱۲۹
۵-۴-۲- سازه ۱۵ طبقه بتنی مهاربندی شده توسط میراگر اصطکاکی دورانی.....۱۳۰

۵-۴-۲-۱- مدلسازی میراگرها و انتخاب توزیع بهینه لنگر تسلیم.....۱۳۰
۵-۴-۲-۱-۱- بحث و نتیجه گیری.....۱۳۶
۵-۴-۲-۲- نتایج خروجی تحلیل تاریخچه زمانی سازه ۱۵ طبقه مهاربندی شده توسط میراگر.....۱۳۹
۵-۴-۲-۲-۱- جابجایی حداکثر طبقات.....۱۳۹
۵-۴-۲-۲-۲- جابجایی نسبی طبقات.....۱۴۰
۵-۴-۲-۲-۳- برش طبقات.....۱۴۱
۵-۴-۲-۲-۴- لنگر واژگونی طبقات.....۱۴۲
۵-۴-۳- بررسی اثر میراگر بر کاهش پاسخهای دینامیکی و افزایش جذب و اتلاف انرژی سازه.....۱۴۳
۵-۴-۳-۱- بحث و نتیجه گیری.....۱۵۱
۵-۴-۴- معادل سازی میرایی در ساختمان بدون میراگر.....۱۵۱
۵-۴-۵- طراحی مجدد سازه ۱۵ طبقه بتنی مجهز به میراگر.....۱۵۲

فصل ششم : نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱- مقدمه.....۱۵۵
۶-۲- اعتماد بر مسائل تئوریک طرح.....۱۵۶
۶-۳- کارآیی طرح در کاهش پاسخهای دینامیکی سازه.....۱۵۶
۶-۴- اقتصادی بودن اجرای طرح.....۱۵۷
۶-۵- سهل الاجرا بودن طرح.....۱۵۷
۶-۶- نتیجه گیری.....۱۵۷
۶-۷- پیشنهادات.....۱۵۸

مراجع.....۱۵۹

ضمیمه الف.....۱۶۲

چکیده انگلیسی.....۱۷۰

فهرست جداول

فصل دوم : مروری بر مطالعات گذشته

جدول (۲-۱) : سیستمهای حفاظت سازه ای.....۹

فصل سوم : مطالعات آزمایشگاهی

جدول (۳-۱) : مقادیر نیروی ایجاد شده در میراگر برای جابجایی‌های مختلف.....۴۲

فصل چهارم : مدلسازی ، تحلیل و طراحی سازه‌های چند طبقه بتنی در نرم افزار SAP2000

جدول (۴-۱) : مشخصات مصالح بتنی مصرفی.....۵۸
جدول (۴-۲) : مشخصات عمومی سازه‌های بتنی چند طبقه مورد بررسی در نرم افزار SAP2000 .....۵۸
جدول (۴-۳) : خلاصه بارگذاری ثقلی (کیلوگرم بر مترمربع).....۶۱
جدول (۴-۴) : فرضیات لازم برای محاسبه ضریب C ۶۳
جدول (۴-۵) : مشخصات زلزله‌های اعمالی به سازه‌ها.....۶۹

فصل پنجم : آنالیز سازه‌های چند طبقه بتنی مجهز به میراگرهای اصطکاکی

جدول (۵-۱) : جابجایی حداکثر طبقات سازه ۵ طبقه بتنی بدون میراگر.....۷۶
جدول (۵-۲) : جابجایی نسبی حداکثر طبقات سازه ۵ طبقه بتنی بدون میراگر.....۷۶
جدول (۵-۳) : برش حداکثر طبقات سازه ۵ طبقه بتنی بدون میراگر.....۷۷
جدول (۵-۴) : لنگر واژگونی حداکثر طبقات سازه ۵ طبقه بتنی بدون میراگر.....۷۷
جدول (۵-۵) : جابجاییهای نسبی سازه ۵ طبقه بتنی مهاربندی شده با میراگر در حالات مختلف توزیع لنگر تسلیم.....۸۰
جدول (۵-۶) : توزیع لنگر تسلیم میراگر انتخابی برای سازه ۵ طبقه بتنی.....۸۴
جدول (۵-۷) : جابجایی حداکثر طبقات سازه ۵ طبقه بتنی مهاربندی شده با میراگر.....۸۶
جدول (۵-۸) : جابجایی نسبی طبقات سازه ۵ طبقه بتنی مهاربندی شده با میراگر.....۸۷
جدول (۵-۹) : برش حداکثر طبقات سازه ۵ طبقه بتنی مهاربندی شده با میراگر.....۸۷
جدول (۵-۱۰) : لنگر واژگونی حداکثر طبقات سازه ۵ طبقه بتنی مهاربندی شده با میراگر.....۸۸
جدول (۵-۱۱) : درصد کاهش جابجایی و جابجایی نسبی طبقات سازه ۵ طبقه بتنی.....۹۶
جدول (۵-۱۲) : انتخاب میرایی معادل برای سازه ۵ طبقه بتنی.....۹۷
جدول (۵-۱۳) : مقادیر نسبی ضرایب بزرگنمایی طیفی نیومارک.....۹۸
جدول (۵-۱۴) : مقایسه میزان مصالح مصرفی سازه ۵ طبقه بتنی.....۹۸

جدول (۵-۱۵) : جابجایی حداکثر طبقات سازه ۱۰ طبقه بتنی بدون میراگر.....۱۰۱
جدول (۵-۱۶) : جابجایی نسبی حداکثر طبقات سازه ۱۰ طبقه بتنی بدون میراگر.....۱۰۱
جدول (۵-۱۷) : برش حداکثر طبقات سازه ۱۰ طبقه بتنی بدون میراگر.....۱۰۲
جدول (۵-۱۸) : لنگر واژگونی حداکثر طبقات سازه ۱۰ طبقه بتنی بدون میراگر.....۱۰۲
جدول (۵-۱۹) : جابجاییهای نسبی سازه ۱۰ طبقه با میراگر در حالات مختلف توزیع لنگر تسلیم تحت سه شتابنگاشت.....۱۰۴
جدول (۵-۲۰) : توزیع لنگر تسلیم میراگر انتخابی برای سازه ۱۰ طبقه بتنی.....۱۰۹
جدول (۵-۲۱) : جابجایی حداکثر طبقات سازه ۱۰ طبقه بتنی مهاربندی شده با میراگر.....۱۱۱
جدول (۵-۲۲) : جابجایی نسبی حداکثر طبقات سازه ۱۰ طبقه بتنی مهاربندی شده با میراگر.....۱۱۲
جدول (۵-۲۳) : برش حداکثر طبقات سازه ۱۰ طبقه بتنی مهاربندی شده با میراگر.....۱۱۲
جدول (۵-۲۴) : لنگر واژگونی حداکثر طبقات سازه ۱۰ طبقه بتنی مهاربندی شده با میراگر.....۱۱۳
جدول (۵-۲۵) : درصد کاهش جابجایی و جابجایی نسبی طبقات سازه ۱۰ طبقه بتنی.....۱۲۱
جدول (۵-۲۶) : انتخاب میرایی معادل برای سازه ۱۰ طبقه بتنی.....۱۲۱
جدول (۵-۲۷) : مقایسه میزان مصالح مصرفی سازه ۱۰ طبقه بتنی.....۱۲۲
جدول (۵-۲۸) : جابجایی حداکثر طبقات سازه ۱۵ طبقه بتنی بدون میراگر.....۱۲۶
جدول (۵-۲۹) : جابجایی نسبی حداکثر طبقات سازه ۱۵ طبقه بتنی بدون میراگر.....۱۲۷
جدول (۵-۳۰) : برش حداکثر طبقات سازه ۱۵ طبقه بتنی بدون میراگر.....۱۲۸
جدول (۵-۳۱) : لنگر واژگونی حداکثر طبقات سازه ۱۵ طبقه بتنی بدون میراگر.....۱۲۹
جدول (۵-۳۲) : جابجاییهای نسبی سازه ۱۵ طبقه با میراگر در حالات مختلف توزیع لنگر تسلیم تحت سه شتابنگاشت.....۱۳۱
جدول (۵-۳۳) : توزیع لنگر تسلیم میراگر انتخابی برای سازه ۱۵ طبقه بتنی.....۱۳۷
جدول (۵-۳۴) : جابجایی حداکثر طبقات سازه ۱۵ طبقه بتنی مهاربندی شده با میراگر.....۱۳۹
جدول (۵-۳۵) : جابجایی نسبی حداکثر طبقات سازه ۱۵ طبقه بتنی مهاربندی شده با میراگر.....۱۴۰
جدول (۵-۳۶) : برش حداکثر طبقات سازه ۱۵ طبقه بتنی مهاربندی شده با میراگر.....۱۴۱
جدول (۵-۳۷) : لنگر واژگونی حداکثر طبقات سازه ۱۵ طبقه بتنی مهاربندی شده با میراگر.....۱۴۲
جدول (۵-۳۸) : درصد کاهش جابجایی و جابجایی نسبی طبقات سازه ۱۵ طبقه بتنی.....۱۵۱
جدول (۵-۳۹) : انتخاب میرایی معادل برای سازه ۱۵ طبقه بتنی.....۱۵۱
جدول (۵-۴۰) : مقایسه میزان مصالح مصرفی سازه ۱۵ طبقه بتنی.....۱۵۲

فهرست اشکال و نمودارها

فصل دوم : مروری بر مطالعات گذشته

شکل (۲-۱) : یک سازه یک درجه آزادی ساده..... ۱۰
شکل (۲-۲) : یک سازه به همراه مستهلک کننده انرژی غیرفعال..... ۱۱
شکل (۲-۳) : یک سازه به همراه کنترل فعال..... ۱۲
شکل (۲-۴) : یک سازه به همراه کنترل پیوندی..... ۱۴
شکل (۲-۵) : یک سازه به همراه کنترل نیمه فعال..... ۱۴
شکل (۲-۶) : هندسه میراگرهای فلزی- الف: تیر پیچشی ب: u شکل نواری..... ۱۶
شکل (۲-۷) : هندسه مستهلک کننده انرژی X – ADAS شکل..... ۱۷
شکل (۲-۸) : هندسه مستهلک کننده انرژی T – ADAS شکل..... ۱۷
شکل (۲-۹) : شکل هندسی بادبند فولادی کمانش ناپذیر..... ۱۸
شکل (۲-۱۰) : نمونه‌ای از مستهلک کننده‌های ویسکوالاستیک..... ۱۹
شکل (۲-۱۱) : نمونه‌ای از دیوارهای لزج..... ۲۰
شکل (۲-۱۲) : نمونه ای از مستهلک کننده‌های سیال لزج..... ۲۰
شکل (۲-۱۳) : ضربه‌گیر نامیرا و جرم اصلی تحت اثر تحریک هارمونیکی..... ۲۱
شکل (۲-۱۴) : طرح شماتیک از سیستم‌های جاذب انرژی الف) جرمی تنظیم شده ب) مایعی تنظیم شده..... ۲۲
شکل (۲-۱۵) : مستهلک کننده های سربی..... ۲۳
شکل (۲-۱۶) : اتصال پیچ‌شده لغزش محدود..... ۲۵
شکل (۲-۱۷) : میراگر اصطکاکی مهاربندی ضربدری..... ۲۶
شکل (۲-۱۸) : میراگر اصطکاکی سومیتومو..... ۲۷
شکل (۲-۱۹) : قیدهای اتلاف انرژی..... ۲۸
شکل (۲-۲۰) : اتصالات پیچی شیاردار..... ۲۸
شکل (۲-۲۱) : نمونه‌هایی از مستهلک کننده‌های انرژی اصطکاکی دورانی..... ۲۹
شکل (۲-۲۲) : مکانیزم در نظر گرفته شده برای انتقال جابجایی‌ها به مستهلک کننده اصطکاکی دورانی..... ۲۹
شکل (۲-۲۳) : مدل خلاصه شده میراگر اصطکاکی در مهاربندی ضربدری..... ۳۲
شکل (۲-۲۴) : رفتار پسماند قاب با میراگر اصطکاکی..... ۳۳
شکل (۲-۲۵) : حلقه هیسترزیس برای میراگر اصطکاکی با مهاربندی ضربدری..... ۳۴
شکل (۲-۲۶) : نتایج عددی میراگر اصطکاکی مهاربندی ضربدری برای حرکت زمین ElCentro..... ۳۵
شکل (۲-۲۷) : پاسخ قاب سه طبقه مورد آزمایش برای زمین‌لرزه Taft با 0.06g..... ۳۶

شکل (۲-۲۸) : شتاب اندازه‌گیری شده طبقه سوم برای زمین‌لرزه Taft با 0.9g.....۳۶
شکل (۲-۲۹) : میراگر اصطکاکی Pall در معرض دید در گالری کتابخانه McConnel دانشگاه Concordia.....۳۷

فصل سوم : مطالعات آزمایشگاهی

شکل (۳-۱) : تصویر شماتیک میراگر اصطکاکی مورد بررسی و مقطع A-A برای مشاهده بهتر قطعات الحاقی.....۴۰
شکل (۳-۲) : تصویر میراگر اصطکاکی ساخته شده در آزمایشگاه زلزله دانشگاه ارومیه و ابعاد آن.....۴۱
شکل (۳-۳) : تغییر شکل میراگر اصطکاکی تحت اثر جابجایی Δ.....۴۱
شکل (۳-۴) : نمودار جابجایی – نیرو در میراگر.....۴۲
شکل (۳-۵) : اجزای مختلف میز لرزه.....۴۳
شکل (۳-۶) : دستگاه میز لرزه و ملحقات آن.....۴۵
شکل (۳-۷) : جزئیات ابعاد و مقاطع قاب یک طبقه فولادی واقع بر روی میز لرزه.....۴۶
شکل (۳-۸) : نمایی از قاب یک طبقه فولادی ساخته شده در آزمایشگاه در دو حالت بدون میراگر و با میراگر.....۴۶
شکل (۳-۹) : تصویر میراگر اصطکاکی و کابلهای فولادی رابط آن به قاب یک طبقه.....۴۷
شکل (۳-۱۰) : تصویر محرک دستگاه میز لرزه.....۴۷
شکل (۳-۱۱) : تصویر Data Logger و سیستم کامپیوتری کنترل کننده میز لرزه.....۴۸
شکل (۳-۱۲) : تصویر قاب فولادی ، سنسور جابجایی و پروفیل آلومینیومی.....۴۸
شکل (۳-۱۳) : تصویر شتاب سنج‌های متصل شده به قسمت تحتانی و فوقانی میز لرزه.....۴۸
شکل (۳-۱۴) : سیستم محرک هیدرولیکی واقع در آزمایشگاه زلزله دانشکده فنی دانشگاه ارومیه و ملحقات آن.....۵۰
شکل (۳-۱۵) : میراگر نصب شده بر روی دستگاه محرک هیدرولیکی.....۵۱
شکل (۳-۱۶) : تصویر محیط نرم افزار Labview.....۵۲
شکل (۳-۱۷) : تصویر سنسور نیرو (LoadCell) و سنسور جابجایی (LVDT).....۵۲
شکل (۳-۱۸) : نمودار جابجایی اعمال شده و منحنی هیسترزیس میراگر اصطکاکی با دامنه ۲/۵ سانتیمتر.....۵۳
شکل (۳-۱۹) : نمودار جابجایی اعمال شده و منحنی هیسترزیس میراگر اصطکاکی با دامنه ۳ سانتیمتر.....۵۳
شکل (۳-۲۰) : نمودار جابجایی اعمال شده و منحنی هیسترزیس میراگر اصطکاکی با دامنه ۵ سانتیمتر.....۵۳
شکل (۳-۲۱) : نمودار جابجایی- نیرو در دو حالت آزمایشگاهی و عددی برای دامنه ۲/۵ سانتیمتر.....۵۵
شکل (۳-۲۲) : نمودار جابجایی- نیرو در دو حالت آزمایشگاهی و عددی برای دامنه ۳ سانتیمتر.....۵۵
شکل (۳-۲۳) : نمودار جابجایی- نیرو در دو حالت آزمایشگاهی و عددی برای دامنه ۵ سانتیمتر.....۵۵

فصل چهارم : مدلسازی ، تحلیل و طراحی سازه‌های چند طبقه بتنی در نرم افزار SAP2000

شکل (۴-۱) : پلان سازه های بتنی مورد بررسی در نرم‌افزارSAP2000.....۵۸
شکل (۴-۲) : جزئیات اجرایی دیوارها و سقف سازه‌ها.....۶۰
شکل (۴-۳) : منحنی ضریب بازتاب سازه‌ها.....۶۶

شکل (۴-۴) : نمودار شتاب نگاشت زلزله کوبه.....۶۹
شکل (۴-۵) : نمودار شتاب نگاشت زلزله السنترو.....۷۰
شکل (۴-۶) : نمودار شتاب نگاشت زلزله طبس.....۷۰
شکل (۴-۷) : مدل میراگر اصطکاکی در نرم افزارSAP2000 .....۷۱

فصل پنجم : آنالیز سازه‌های چند طبقه بتنی مجهز به میراگرهای اصطکاکی

شکل (۵-۱) : چهارچوب مدل سازه ۵ طبقه بتنی بدون میراگر در نرم افزار SAP2000 .....۷۵
شکل (۵-۲) : چهارچوب مدل سازه ۵ طبقه بتنی مهاربندی شده توسط میراگر در نرم افزار SAP2000 .....۷۸
شکل (۵-۳) : تصویر شماتیک نحوه اتصال میراگر اصطکاکی به سازه بتنی.....۷۸
شکل (۵-۴) : مقایسه تغییرات جابجاییهای نسبی سازه ۵ طبقه با میراگر در حالات مختلف توزیع لنگر تحت زلزله السنترو.....۸۱
شکل (۵-۵) : مقایسه تغییرات جابجاییهای نسبی سازه ۵ طبقه با میراگر در حالات مختلف توزیع لنگر تحت زلزله کوبه.....۸۱
شکل (۵-۶) : مقایسه تغییرات جابجاییهای نسبی سازه ۵ طبقه با میراگر در حالات مختلف توزیع لنگر تحت زلزله طبس.....۸۱
شکل (۵-۷) : مقایسه تغییرات برشهای پایه سازه ۵ طبقه با میراگر در حالات مختلف توزیع لنگر تحت زلزله السنترو.....۸۲
شکل (۵-۸) : مقایسه تغییرات برشهای پایه سازه ۵ طبقه با میراگر در حالات مختلف توزیع لنگر تحت زلزله کوبه.....۸۲
شکل (۵-۹) : مقایسه تغییرات برشهای پایه سازه ۵ طبقه با میراگر در حالات مختلف توزیع لنگر تحت زلزله طبس.....۸۲
شکل (۵-۱۰) : نمایی از قاب ۵ طبقه بتنی مجهز به میراگر.....۸۴
شکل (۵-۱۱) : منحنی هیسترزیس مفصل میانی میراگرهای شماره ۲ و ۵ سازه ۵ طبقه تحت زلزله السنترو.....۸۵
شکل (۵-۱۲) : منحنی هیسترزیس مفصل میانی میراگرهای شماره ۲ و ۵ سازه ۵ طبقه تحت زلزله کوبه.....۸۵
شکل (۵-۱۳) : منحنی هیسترزیس مفصل میانی میراگرهای شماره ۲ و ۵ سازه ۵ طبقه تحت زلزله طبس.....۸۵
شکل (۵-۱۴) : مقایسه برش پایه سازه ۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله السنترو.....۸۹
شکل (۵-۱۵) : مقایسه برش پایه سازه ۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله کوبه.....۸۹
شکل (۵-۱۶) : مقایسه برش پایه سازه ۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله طبس.....۸۹
شکل (۵-۱۷) : مقایسه جابجایی بام سازه ۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله السنترو.....۹۰
شکل (۵-۱۸) : مقایسه جابجایی بام سازه ۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله کوبه.....۹۰
شکل (۵-۱۹) : مقایسه جابجایی بام سازه ۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله طبس.....۹۰
شکل (۵-۲۰) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی طبقات سازه ۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله السنترو.....۹۱
شکل (۵-۲۱) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی طبقات سازه ۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله کوبه.....۹۱
شکل (۵-۲۲) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی طبقات سازه ۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله طبس.....۹۱
شکل (۵-۲۳) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی نسبی طبقات سازه ۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله السنترو.....۹۲
شکل (۵-۲۴) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی نسبی طبقات سازه ۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله کوبه.....۹۲
شکل (۵-۲۵) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی نسبی طبقات سازه ۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله طبس.....۹۲
شکل (۵-۲۶) : مقایسه برش و لنگر واژگونی طبقات سازه ۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله السنترو.....۹۳

شکل (۵-۲۷) : مقایسه برش و لنگر واژگونی طبقات سازه ۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله کوبه.....۹۳
شکل (۵-۲۸) : مقایسه برش و لنگر واژگونی طبقات سازه ۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله طبس.....۹۳
شکل (۵-۲۹) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی ماکزیمم طبقات سازه ۵ طبقه در حالت با میراگر و بدون میراگر.....۹۴
شکل (۵-۳۰) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی نسبی ماکزیمم طبقات سازه ۵ طبقه در حالت با میراگر و بدون میراگر.....۹۴
شکل (۵-۳۱) : مقایسه برش و لنگر واژگونی ماکزیمم طبقات سازه ۵ طبقه در حالت با میراگر و بدون میراگر.....۹۴
شکل (۵-۳۲) : مقایسه انرژی ورودی به سازه ۵ طبقه در اثر زلزلهٔ طرح و انرژی تلف شده توسط میراگر تحت زلزله السنترو.....۹۵
شکل (۵-۳۳) : مقایسه انرژی ورودی به سازه ۵ طبقه در اثر زلزلهٔ طرح و انرژی تلف شده توسط میراگر تحت زلزله کوبه.....۹۵
شکل (۵-۳۴) : مقایسه انرژی ورودی به سازه ۵ طبقه در اثر زلزلهٔ طرح و انرژی تلف شده توسط میراگر تحت زلزله طبس.....۹۵
شکل (۵-۳۵) : مقاطع طراحی شده یک قاب از سازه ۵ طبقه بتنی بدون میراگر.....۹۹
شکل (۵-۳۶) : مقاطع طراحی شده یک قاب از سازه ۵ طبقه بتنی با میراگر.....۹۹
شکل (۵-۳۷) : چهارچوب مدل سازه ۱۰ طبقه بتنی بدون میراگر در نرم افزارSAP2000 .....۱۰۰
شکل (۵-۳۸) : چهارچوب مدل سازه ۱۰ طبقه بتنی مهاربندی شده توسط میراگر در نرم افزارSAP2000 .....۱۰۳
شکل (۵-۳۹) : مقایسه تغییرات جابجاییهای نسبی سازه ۱۰ طبقه با میراگر درحالات مختلف توزیع لنگر تحت زلزله السنترو..۱۰۶
شکل (۵-۴۰) : مقایسه تغییرات جابجاییهای نسبی سازه ۱۰ طبقه با میراگر درحالات مختلف توزیع لنگر تحت زلزله کوبه.....۱۰۶
شکل (۵-۴۱) : مقایسه تغییرات جابجاییهای نسبی سازه ۱۰ طبقه با میراگر درحالات مختلف توزیع لنگر تحت زلزله طبس....۱۰۶
شکل (۵-۴۲) : مقایسه تغییرات برشهای پایه سازه ۱۰ طبقه با میراگر در حالات مختلف توزیع لنگر تحت زلزله السنترو.....۱۰۷
شکل (۵-۴۳) : مقایسه تغییرات برشهای پایه سازه ۱۰ طبقه با میراگر در حالات مختلف توزیع لنگر تحت زلزله کوبه.....۱۰۷
شکل (۵-۴۴) : مقایسه تغییرات برشهای پایه سازه ۱۰ طبقه با میراگر در حالات مختلف توزیع لنگر تحت زلزله طبس.....۱۰۷
شکل (۵-۴۵) : نمایی از قاب ۱۰ طبقه بتنی مجهز به میراگر.....۱۰۹
شکل (۵-۴۶) : منحنی هیسترزیس مفصل میانی میراگرهای ۳ و ۸ سازه ۱۰ طبقه تحت زلزله السنترو.....۱۱۰
شکل (۵-۴۷) : منحنی هیسترزیس مفصل میانی میراگرهای ۳ و ۸ سازه ۱۰ طبقه تحت زلزله کوبه.....۱۱۰
شکل (۵-۴۸) : منحنی هیسترزیس مفصل میانی میراگرهای ۳ و ۸ سازه ۱۰ طبقه تحت زلزله طبس.....۱۱۰
شکل (۵-۴۹) : مقایسه برش پایه سازه ۱۰ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله السنترو.....۱۱۴
شکل (۵-۵۰) : مقایسه برش پایه سازه ۱۰ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله کوبه.....۱۱۴
شکل (۵-۵۱) : مقایسه برش پایه سازه ۱۰ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله طبس.....۱۱۴
شکل (۵-۵۲) : مقایسه جابجایی بام سازه ۱۰ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله السنترو.....۱۱۵
شکل (۵-۵۳) : مقایسه جابجایی بام سازه ۱۰ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله کوبه.....۱۱۵
شکل (۵-۵۴) : مقایسه جابجایی بام سازه ۱۰ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله طبس.....۱۱۵
شکل (۵-۵۵) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی طبقات سازه ۱۰ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله السنترو.....۱۱۶
شکل (۵-۵۶) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی طبقات سازه ۱۰ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله کوبه.....۱۱۶
شکل (۵-۵۷) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی طبقات سازه ۱۰ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله طبس.....۱۱۶
شکل (۵-۵۸) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی نسبی طبقات سازه ۱۰ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله السنترو.....۱۱۷

شکل (۵-۵۹) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی نسبی طبقات سازه ۱۰ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله کوبه.....۱۱۷
شکل (۵-۶۰) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی نسبی طبقات سازه ۱۰ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله طبس.....۱۱۷
شکل (۵-۶۱) : مقایسه برش و لنگر واژگونی طبقات سازه ۱۰ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله السنترو.....۱۱۸
شکل (۵-۶۲) : مقایسه برش و لنگر واژگونی طبقات سازه ۱۰ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله کوبه.....۱۱۸
شکل (۵-۶۳) : مقایسه برش و لنگر واژگونی طبقات سازه ۱۰ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله طبس.....۱۱۸
شکل (۵-۶۴) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی ماکزیمم طبقات سازه ۱۰ طبقه درحالت با میراگر و بدون میراگر.....۱۱۹
شکل (۵-۶۵) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی نسبی ماکزیمم طبقات سازه ۱۰ طبقه درحالت با میراگر و بدون میراگر.....۱۱۹
شکل (۵-۶۶) : مقایسه برش و لنگر واژگونی ماکزیمم طبقات سازه ۱۰ طبقه درحالت با میراگر و بدون میراگر.....۱۱۹
شکل (۵-۶۷) : مقایسه انرژی ورودی به سازه ۱۰ طبقه دراثر زلزلهٔ طرح و انرژی تلف شده توسط میراگر تحت زلزله السنترو...۱۲۰
شکل (۵-۶۸) : مقایسه انرژی ورودی به سازه ۱۰ طبقه دراثر زلزلهٔ طرح و انرژی تلف شده توسط میراگر تحت زلزله کوبه.....۱۲۰
شکل (۵-۶۹) : مقایسه انرژی ورودی به سازه ۱۰ طبقه دراثر زلزلهٔ طرح و انرژی تلف شده توسط میراگر تحت زلزله طبس....۱۲۰
شکل (۵-۷۰) : مقاطع طراحی شده یک قاب از سازه ۱۰ طبقه بتنی بدون میراگر.....۱۲۳
شکل (۵-۷۱) : مقاطع طراحی شده یک قاب از سازه ۱۰ طبقه بتنی با میراگر.....۱۲۴
شکل (۵-۷۲) : چهارچوب مدل سازه ۱۵ طبقه بتنی بدون میراگر در نرم افزار SAP2000 .....۱۲۵
شکل (۵-۷۳) : چهارچوب مدل سازه ۱۵ طبقه بتنی مهاربندی شده توسط میراگر در نرم افزار SAP2000 .....۱۳۰
شکل (۵-۷۴) : مقایسه تغییرات جابجاییهای نسبی سازه ۱۵ طبقه با میراگر درحالات مختلف توزیع لنگر تحت زلزله السنترو..۱۳۴
شکل (۵-۷۵) : مقایسه تغییرات جابجاییهای نسبی سازه ۱۵ طبقه با میراگر درحالات مختلف توزیع لنگر تحت زلزله کوبه.....۱۳۴
شکل (۵-۷۶) : مقایسه تغییرات جابجاییهای نسبی سازه ۱۵ طبقه با میراگر درحالات مختلف توزیع لنگر تحت زلزله طبس....۱۳۴
شکل (۵-۷۷) : مقایسه تغییرات برشهای پایه سازه ۱۵ طبقه با میراگر در حالات مختلف توزیع لنگر تحت زلزله السنترو.....۱۳۵
شکل (۵-۷۸) : مقایسه تغییرات برشهای پایه سازه ۱۵ طبقه با میراگر در حالات مختلف توزیع لنگر تحت زلزله کوبه.....۱۳۵
شکل (۵-۷۹) : مقایسه تغییرات برشهای پایه سازه ۱۵ طبقه با میراگر در حالات مختلف توزیع لنگر تحت زلزله طبس.....۱۳۵
شکل (۵-۸۰) : نمایی از قاب ۱۵ طبقه بتنی مجهز به میراگر.....۱۳۷
شکل (۵-۸۱) : منحنی هیسترزیس مفصل میانی میراگرهای ۵ و ۱۰ سازه ۱۵ طبقه تحت زلزله السنترو.....۱۳۸
شکل (۵-۸۲) : منحنی هیسترزیس مفصل میانی میراگرهای ۵ و ۱۰ سازه ۱۵ طبقه تحت زلزله طبس.....۱۳۸
شکل (۵-۸۳) : منحنی هیسترزیس مفصل میانی میراگرهای ۵ و ۱۰ سازه ۱۵ طبقه تحت زلزله کوبه.....۱۳۸
شکل (۵-۸۴) : مقایسه برش پایه سازه ۱۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله السنترو.....۱۴۴
شکل (۵-۸۵) : مقایسه برش پایه سازه ۱۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله کوبه.....۱۴۴
شکل (۵-۸۶) : مقایسه برش پایه سازه ۱۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله طبس.....۱۴۴
شکل (۵-۸۷) : مقایسه جابجایی بام سازه ۱۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله السنترو.....۱۴۵
شکل (۵-۸۸) : مقایسه جابجایی بام سازه ۱۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله کوبه.....۱۴۵
شکل (۵-۸۹) : مقایسه جابجایی بام سازه ۱۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله طبس.....۱۴۵
شکل (۵-۹۰) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی طبقات سازه ۱۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله السنترو.....۱۴۶

شکل (۵-۹۱) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی طبقات سازه ۱۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله کوبه.....۱۴۶
شکل (۵-۹۲) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی طبقات سازه ۱۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله طبس.....۱۴۶
شکل (۵-۹۳) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی نسبی طبقات سازه ۱۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله السنترو.....۱۴۷
شکل (۵-۹۴) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی نسبی طبقات سازه ۱۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله کوبه.....۱۴۷
شکل (۵-۹۵) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی نسبی طبقات سازه ۱۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله طبس.....۱۴۷
شکل (۵-۹۶) : مقایسه برش و لنگر واژگونی طبقات سازه ۱۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله السنترو.....۱۴۸
شکل (۵-۹۷) : مقایسه برش و لنگر واژگونی طبقات سازه ۱۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله کوبه.....۱۴۸
شکل (۵-۹۸) : مقایسه برش و لنگر واژگونی طبقات سازه ۱۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر تحت زلزله طبس.....۱۴۸
شکل (۵-۹۹) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی ماکزیمم طبقات سازه ۱۵ طبقه درحالت با میراگر و بدون میراگر.....۱۴۹
شکل (۵-۱۰۰) : مقایسه و درصد کاهش جابجایی نسبی ماکزیمم طبقات سازه ۱۵ طبقه درحالت با میراگر و بدون میراگر.....۱۴۹
شکل (۵-۱۰۱) : مقایسه برش و لنگر واژگونی ماکزیمم طبقات سازه ۱۵ طبقه درحالت با میراگر و بدون میراگر.....۱۴۹
شکل (۵-۱۰۲) : مقایسه انرژی ورودی به سازه ۱۵ طبقه دراثر زلزلهٔ طرح و انرژی تلف شده توسط میراگر تحت زلزله السنترو.۱۵۰
شکل (۵-۱۰۳) : مقایسه انرژی ورودی به سازه ۱۵ طبقه دراثر زلزلهٔ طرح و انرژی تلف شده توسط میراگر تحت زلزله کوبه....۱۵۰
شکل (۵-۱۰۴) : مقایسه انرژی ورودی به سازه ۱۵ طبقه دراثر زلزلهٔ طرح و انرژی تلف شده توسط میراگر تحت زلزله طبس...۱۵۰
شکل (۵-۱۰۵) : مقاطع طراحی شده یک قاب از سازه ۱۵ طبقه بتنی بدون میراگر.....۱۵۳
شکل (۵-۱۰۶) : مقاطع طراحی شده یک قاب از سازه ۱۵ طبقه بتنی با میراگر.....۱۵۴

فصل اول

پیشگفتار

۱-۱- مقدمه

زمین لرزه یا جنبش ناگهانی و نیرومند پوسته زمین، از جمله مخربترین بلایای طبیعی است که بعلت عبور امواج از لایه‌های خاک رخ می‌دهد. سرچشمه این حرکات ویرانگر، اغلب جنبش ناگهانی گسلها و آزاد شدن انرژی فراوان آنها می‌باشد. بشر در طی حیات خود در کره زمین، همواره با تلفات و خسارات متعدد ناشی از وقوع زلزله مواجه بوده است. کشور ما نیز در طی سالیان گذشته همواره در معرض آثار ویران کننده این پدیده قرار داشته است. نقشه پهنه‌بندی لرزه‌خیزی ایران نشانگر این واقعیت است که هیچ نقطه‌ای از کشورمان را نمی‌توان در مقابل خطرات زلزله مصون پنداشت. لذا بررسی ریسک زلزله در پروژه‌ها بویژه در طراحی سازه‌های مهم امری اجتناب ناپذیر بشمار می‌رود و لازم است اجرای استانداردهای طراحی و ساخت ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله و مقاوم‌سازی ساختمانهای موجود، بیش از گذشته مورد توجه قرار بگیرد[۱]. در این فصل ابتدا به بیان اهمیت و ضرورت انجام تحقیق و سپس به تشریح موضوع و بیان مسأله پرداخته شده است. در ادامه به بیان کلیات و اهداف تحقیق و ابتکار و نوآوری بکار رفته در آن و در پایان نیز به خلاصه‌ای از مطالب ارائه شده در فصول مختلف پایان نامه اشاره شده است.

۱-۲- اهمیت و ضرورت انجام تحقیق

در طراحی اغلب ساختمانها، بارهای اصلی که می‌باید در نظر گرفته شوند، بارهای ثقلی می‌باشند. این بارها همیشه وجود داشته و در نتیجه در طول عمر ساختمان می‌باید تحمل شوند. عموماً تغییرات این بارها نسبت به زمان بسیار آهسته می‌باشد. در نتیجه مدلسازی استاتیکی کاملاً مناسب بنظر می‌رسد. بعلاوه بزرگی آنها می‌تواند بر اساس وزن و نوع کاربریشان تعیین شود. این ترکیب عوامل، طراحی ساختمانها را در گذشته به مقدار قابل ملاحظه‌ای ساده می‌نمود. در عصر جدید، طرحها می‌باید کارآمد باشند. از طرفی انتظار داریم از نیروهای محیطی مثل باد، امواج و زمین لرزه‌ها که نه استاتیکی و نه یک مؤلفه‌ای هستند، در امان باشیم. در این نوع بارها اثرات اینرسی با اهمیت بوده و باعث بزرگنمایی دینامیکی و پاسخ سیکلی می‌شوند. پیش‌بینی بزرگی این بارها بدلیل کوچکی مقیاس زمانی و مکانی این پدیده‌ها، در مقایسه با بارهای ثقلی بسیار مشکلتر هستند[۲].

علی رغم این اختلاف‌های فاحش، گرایش طبیعی آن است که برای مقابله با این عوامل طبیعی با همان روشهای بارهای ثقلی رفتار شود. برای مثال نیروهای باد و زمین لرزه اغلب مانند بارهای ساکن جانبی با بزرگی مناسب که سازه می‌باید آن را تحمل نماید، ایده آل سازی می‌شوند. با استفاده از این دیدگاه بارهای متناظر با باد و زمین لرزه‌های کوچک طوری ایده آل سازی می‌شوند که سازه در محدوده الاستیک رفتار نماید. در حالیکه در هنگام وقوع زمین لرزه‌های متوسط تا شدید، بعضی خسارات، تا زمانی که سازه منهدم نگردد، مجاز دانسته میشود[۲]. از طرفی نیز طراحی سازه های معمولی بنحوی که در حین زلزله‌های قوی بدون تخریب باقی بمانند، غیر اقتصادی می باشد. لذا اکثر آیین نامه های مدرن طراحی ساختمان، فلسفه طراحی لرزه ای مبتنی بر مفهوم تغییر شکل پذیری را ارائه نموده اند که نتایج قابل قبولی را به همراه داشته است. لذا یک سازه می بایست به نحوی طراحی گردد که تغییر شکل پذیری مورد نیاز هر عضو با تغییر شکل پذیری ظرفیتی آن در تعادل باشد تا در حین زلزله، انرژی در عضو بصورت قابل اطمینانی مستهلک گردد. لازم به ذکر است که با رعایت این فلسفه، حتی با در نظرگیری بسیار تقریبی نیروهای جانبی، ادامه بقای ساختمان یقیناً بهبود پیدا می‌کند. هرچند با منظور نمودن ماهیت حقیقی دینامیکی مزاحمت‌های محیطی، بهبود قابل ملاحظه‌ای می‌تواند تصور شود. بر همین اساس ضوابط زیر توسط آیین نامه های مختلف ارائه گردیده است[۳]:

- زلزله‌های کوچک نمی بایست سبب بروز هیچگونه تخریبی در اعضای سازه ای و یا غیر سازه ای گردند.
- زلزله‌های متوسط می بایست مبنای طراحی قرار گرفته و ساختمان به نحوی طراحی گردد تا بتواند براحتی در برابر زلزله مسبب مقاومت نماید بدون آنکه تخریب قابل ملاحظه ای ببیند.
- زلزله‌های قوی ممکن است سبب بروز تخریب جدی بر ساختمان شوند اما سبب از دست رفتن جان ساکنان آن نگردند.

در طی یک زلزله مقدار زیادی انرژی به سازه تحمیل می‌گردد. میزان انرژی وارده به زمان تناوب سازه و نسبت پریود غالب حرکت زمین و میزان تخریب وارده به میزان انرژی هیسترزیس جذب شده تحت فرمهای غیر ارتجاعی اعضای سازه‌ای بستگی دارد. انرژی ورودی به دو صورت جنبشی و پتانسیل در سازه پدیدار می‌شود که می‌بایست به طریقی جذب یا مستهلک شود. اگر هیچ نوع میرایی در سازه وجود نداشته باشد، سازه تا بینهایت به ارتعاش خود ادامه خواهد داد، اما عملاً بواسطه خصوصیات سازه، در ذات مواد تشکیل‌دهنده المانهای سازه مقداری میرایی وجود دارد که باعث عکس‌العمل سازه در مقابل ارتعاش و کاهش پاسخهای سازه می‌گردد[۴].

با توجه به اینکه مقدار میرایی ذاتی در سازه‌ها بسیار کم است، انرژی مستهلک شده در محدوده رفتار الاستیک سازه ناچیز می باشد. در هنگام زلزله های قوی، سازه بعد از محدوده رفتار الاستیک، با تغییرشکلهای بزرگ مواجه می‌شود و فقط بواسطه چگونگی قابلیت تغییرمکان غیر الاستیک خود، پایدار باقی می ماند. این تغییر مکانهای غیر الاستیک موجب بوجود آمدن مفاصل پلاستیک به صورت موضعی در نقاطی از سازه می شوند که خود باعث افزایش شکل پذیری و همچنین افزایش استهلاک انرژی می گردد. در نتیجه مقدار زیادی از انرژی زلزله بواسطه تخریبهای موضعی در سیستم مقاوم جانبی سازه مستهلک می گردد.

از این رو روند فوق برای اکثر ساختمانهای معمولی مناسب به نظر می رسد ولی برای طراحی ساختمانهایی با اهمیت بیشتر و یا ساختمانهایی که پس از زلزله می بایست خدماتی را ارائه دهند، روند ایمن تری را باید در نظر گرفت. برای استهلاک انرژی به طریقی مطمئن با حداقل آسیب وارده به اعضای سازه‌ای و برای کاهش مؤثر پاسخهای سازه، بایستی انرژی ورودی به سازه کاهش و یا میزان اتلاف انرژی در سازه افزایش یابد. برای کاهش انرژی ورودی به سازه می‌توان از جداساز لرزه‌ای که باعث افزایش نرمی افقی ساختمان می‌شود، استفاده نمود و برای افزایش میزان اتلاف انرژی می‌توان از مستهلک کننده‌های انرژی که به ارتجاعی ماندن اعضای سازه‌ای و جلوگیری از تخریب سازه کمک می‌کنند، بهره گرفت[۵]. در نتیجه از نقطه نظر دینامیکی مفاهیم جدیدی در ارتباط با حفاظت از سازه‌ها پیشرفت نموده‌اند و در مراحل مختلفی از پیشرفت قرار دارند.

۱–۳– تشریح موضوع و بیان مسأله

بحث مستهلک کننده‌های انرژی سابقه‌ای چند دهه‌ای از پیدایش و کاربرد دارد و یک تکنولوژی نوین در زمینه کنترل لرزه‌ای ساختمانها به شمار می‌رود. این تکنولوژی همچنان در حال مطالعه و تفحص می‌باشد و هر از چند گاهی مستهلک کننده‌های انرژی جدیدی پا به عرصه وجود می‌گذارند. سیستم های جاذب انرژی هم در طراحی سازه های جدید و هم در بهسازی سازه های موجود می توانند بکار گرفته شوند. در سازه های جدید،