بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه ارومیه

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی عمران

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

موضوع:

کنترل لرزه ای سازه های نامتقارن با استفاده از میراگرهای اصطکاکی دورانی

استاد راهنما:

دکتر حبیب سعید منیر

تنظیم و نگارش:

حامد سامی

بهمن ۱۳۹۱

حق چاپ برای دانشگاه ارومیه محفوظ است

تقدیر و تشکر

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت.

قدردانی و سپاس بی اندازه خود را نسبت به خانواده ام که آگاهانه مشوقم بودند و در دوران تحصیل یاری ام نمودند، ابراز می کنم.

از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر حبیب سعیدنیا که با صفا و صداقت خویش، به من درس دقت، پشتکار و اعتماد به نفس آموختند؛ از صمیم قلب سپاسگزارم.

در اینجا تشکر می کنم از آقایان دکتر مهدی بابایی، دکتر حسن سروری، مهندس آرش شارقی، ناصر دشتی، محمد جواد جعفری، محسن حکیمیان، مهدی منصوری، سعید حمدی پور سنگچه، حامد مرادی، حسین واحدی، علیرضا حسین پور، مظاهر یارمحمدی و رضا طائبی که در طول این دوره دوست، مشوق و مایه دلگرمی من بوده و مرا یاری نمودند.

از کلیه دوستان، همکلاسی ها و عزیزانی که در مراحل مختلف مرا یاری نمودند و ذکر نامشان در این مجال نمی گنجد نهایت تشکر را دارم و دنیا را برایشان شاد و شادی را برایشان دنیا دنیا آرزومندم.

و همه کسانی که دعایشان بدرقه راهم بود.....

چکیده

روش های مختلفی برای کنترل ارتعاش ساختمان ها در برابر نیروهای دینامیکی زلزله وجود دارد که به سه دسته کلی کنترل فعال و نیمه فعال، کنترل غیرفعال و جداسازی لرزه ای تقسیم بندی می شوند. رفتار میراگرهای مستهلک کننده انرژی نظیر میراگرهای اصطکاکی که در زمره سیستم های کنترل غیرفعال طبقه بندی می شوند به گونه ای است که در حین وقوع زلزله با انجام تغییر شکل های پلاستیک، مقدار قابل توجه ای از انرژی لرزه ای ورودی به سازه را جذب و مستهلک می نمایند. تأثیر میراگرها بر رفتار لرزه ای یک سازه تابعی از چند پارامتر همچون تعداد میراگرها، محل آن ها در سازه و مشخصات فیزیکی میراگر است. در ساختمان های با پلان نامتقارن هنگام وقوع زلزله علاوه بر حرکت جانبی، ممکن است پیچش نیز تولید شود. پیچش از عوامل اصلی تخریب سازه های نامتقارن در هنگام وقوع زلزله است.

در این مطالعه سه ساختمان ۵، ۱۰ و ۱۴ طبقه طراحی شده و میراگرهای اصطکاکی دورانی در آنها جایگذاری شد و مورد آنالیز تاریخچه زمانی غیرخطی تحت شتاب نگاشت های زلزله طبس، نورتریج و السنترو قرار گرفت تا بار لغزش بهینه بر اساس شاخص کارایی میراگر بدست آید. مقادیر کاهش پاسخ لرزه ای سازه ها در بار لغزش بهینه بررسی شد. سپس این ساختمان ها با تغییر در پلان تبدیل به سازه های نامتقارن در پلان شده و در مقدار بار لغزش بهینه، مقادیر کاهش پیچش سازه در چهار حالت مختلف توزیع پلانی میراگر مقایسه شده و بهترین حالت انتخاب گردید و پاسخ های لرزه ای ساختمان های نامتقارن در این حالت مورد مطالعه قرار گرفت. ملاحظه شد که با تعیین مناسب مشخصات میراگر اصطکاکی دورانی از جمله بار لغزش آن و آرایش مناسب آن در پلان سازه، مقادیر پاسخ های ساختمان از جمله برش پایه و طبقات، دریفت طبقات و پیچش، کاهش مناسبی نشان داده است.

کلمات کلیدی: کنترل لرزه ای، میراگر اصطکاکی دورانی، بار لغزش، سازه های نامتقارن در پلان

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

مقدمه ۱

فصل دوم: مبانی استفاده از میراگرها در سازه ها

۲-۱- مبانی نظری دینامیکی میراگرها ۶

۲-۱-۱- انواع ارتعاشات ۶

۲-۱-۲- خصوصیات میرایی ۷

۲-۱-۲-۱- انواع میرایی ۷

۲-۱-۲-۲- مقادیر میرایی برای سازه های ساختمانی ۹

۲-۱-۳- بررسی اثر میرایی بر رفتار دینامیکی سیستم های در حال ارتعاش ۱۰

۲-۱-۳-۱- ارتعاش آزاد سیستم یک درجه آزادی ۱۰

۲-۱-۳-۲- ارتعاش سیستم یک درجه آزادی در برابر بارهای هارمونیک ۱۲

۲-۱-۳-۳- بررسی رفتار سیستم یک درجه آزادی در برابر نیروی زلزله ۱۴

۲-۱-۴- ارزیابی استهلاک برای سیستم های یک درجه آزادی ۱۶

۲-۱-۴-۱- میرایی ویسکوز معادل ۱۶

۲-۱-۴-۲- استهلاک هیسترتیک ۱۹

۲-۲- سیستم های اتلاف انرژی غیرفعال ۲۰

۲-۲-۱- میراگرهای فلزی ۲۰

۲-۲-۲- میراگرهای اصطکاکی ۲۲

۲-۲-۳- میراگرهای ویسکو الاستیک ۲۴

۲-۲-۴- میراگرهای سیال لزج ۲۵

۲-۲-۵- میراگرهای جرمی تنظیم شده ۲۸

۲-۲-۶- میراگرهای مایعی تنظیم شده ۳۰

فصل سوم: ادبیات فنی میراگرهای اصطکاکی دورانی

۳-۱-میراگرهای اصطکاکی دورانی ۳۴

۳-۱-۱- نحوه عملکرد میراگر اصطکاکی دورانی ۳۴
۳-۱-۲- اجزای میراگر اصطکاکی دورانی ۳۵
۳-۱-۳- مزایا و معایب میراگر اصطکاکی دورانی ۳۸
۳-۱-۴- پارامترهای مؤثر بر میراگر اصطکاکی دورانی ۳۸
۳-۱-۵- معادلات حاکم بر سیستم میراگر اصطکاکی دورانی در قاب یک طبقه ۴۱
۳-۱-۵-۱- سیستم میرایی ۴۱
۳-۱-۵-۲- بارگذاری افقی ۴۲
۳-۱-۵-۳- اثر بارتناوبی ۴۳
۳-۱-۵-۴- تغییر شکل های الاستیک در میراگر اصطکاکی دورانی ۴۵
۳-۱-۵-۵- رفتار مفصل اصطکاکی ۴۶
۳-۱-۵-۵-۱- فاز چسبیده ۴۶
۳-۱-۵-۵-۲- فازلغزشی ۴۷
۳-۱-۵-۶- اتلاف انرژی ۴۷
۳-۱-۵-۷- طراحی ۴۷
۳-۱-۷- تحقیقات روی میراگر اصطکاکی دورانی در دانشکده فنی دانشگاه ارومیه ۴۸
۳-۱-۷-۱- تحقیق روی میراگر اصطکاکی دورانی در موقعیت بادبند شورون ۴۸
۳-۱-۷-۲- تحقیق روی میراگر اصطکاکی دورانی در موقعیت بادبند ضربدری ۴۸
۳-۲- سازه های نامتقارن ۴۹
۳-۲-۱- سازه های نامنظم در استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ۴۹
۳-۲-۲- نامتقارنی ناشی از فرو رفتگی در پلان ۵۰
۳-۲-۳- نامتقارنی ناشی از ایجاد فاصله بین مراکز جرم وسختی ۵۱
۳-۲-۴- اثرات نامتقارنی در سازه ۵۱

فصل چهارم: طراحی ساختمان های ۵، ۱۰ و ۱۴ طبقه فولادی
۴-۱- معرفی مشخصات ساختمان ها ۵۳
۴-۲- تشکیل مدل در نرم افزارSAP2000 ..... ۵۳
۴-۳- آیین نامه های مورد استفاده ۵۷
۴-۴- تحلیل های انجام شده در نرم افزار SAP2000 ..... ۵۷
۴-۵- بارگذاری ساختمان ۵۷
۴-۵-۱- بارگذاری ثقلی ۵۷
۴-۵-۲- بارگذاری جانبی ۵۷
۴-۵-۲-۱- بارگذاری استاتیکی معادل ۵۷

۴-۵-۲-۱-۱- برآورد ضریب زلزله ۵۷
۴-۵-۲-۱-۲- محاسبه جرم طبقات ۵۹
۴-۵-۲-۲- تحلیل طیفی ۶۰
۴-۵-۲-۳- یکسان سازی برش برش پایه استاتیکی معادل و دینامیکی طیفی ۶۱
۴-۶- طراحی ۶۱
۴-۷- مشخصات مقاطع طراحی ۶۱

فصل پنجم: جایگذاری میراگر در ساختمان های متقارن و نامتقارن

۵-۱- مقدمه ۶۴
۵-۲- معرفی نرم افزار SAP2000 ..... ۶۴
۵-۲-۱- مروری بر نرم افزار SAP2000 ..... ۶۴
۵-۲-۲- قابلیت های تحلیل SAP2000 ..... ۶۵
۵-۲-۲-۱- تحلیل مودال ۶۶
۵-۲-۲-۱-۱- تحلیل بردار ویژه ۶۶
۵-۲-۲-۱-۲- تحلیل بردار ریتز ۶۷
۵-۲-۲-۲- تحلیل تاریخچه زمانی ۶۷
۵-۲-۲-۲-۱- تحلیل تاریخچه زمانی خطی ۶۸
۵-۲-۲-۲-۲- تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی ۶۹
۵-۳- نحوه معرفی میراگر به SAP2000 ..... ۶۹
۵-۳-۱-امکانات Link Properties ۶۹
۵-۳-۲-مدل کردن اجزای میراگر ۷۰
۵-۳-۳- المان پلاستیک ون Plastic (Wen) ۷۱
۵-۴- تعیین بار لغزش بهینه ۷۲
۵-۴-۱-معیار تعیین بار لغزش بهینه ۷۲
۵-۴-۲-شتاب نگاشت های استفاده شده ۷۳
۵-۴-۳-بار لغزش بهینه ساختمان پنج طبقه ۷۴
۵-۴-۳-۱-ساختمان بدون میراگر ۷۶
۵-۴-۳-۲-محل تعبیه میراگرها ۷۵
۵-۴-۳-۳-تغییرات مقادیر پاسخ با تغییر بار لغزش میراگرها و حصول بار لغزش بهینه ۷۶
۵-۴-۳-۴-مقادیر کاهش برش پایه ودریفت در بار لغزش بهینه ۷۷
۵-۴-۴-بار لغزش بهینه ساختمان ۱۰طبقه ۷۸
۵-۴-۴-۱-ساختمان بدون میراگر ۷۸

۵-۴-۴-۲-محل تعبیه میراگرها ۷۸
۵-۴-۴-۳-تغییرات مقادیر پاسخ با تغییر بار لغزش میراگرها و حصول بار لغزش بهینه ۷۹
۵-۴-۴-۴-مقادیر کاهش برش پایه ودریفت در بار لغزش بهینه ۸۰
۵-۴-۵-بار لغزش بهینه ساختمان ۱۴طبقه ۸۱
۵-۴-۵-۱-ساختمان بدون میراگر ۸۱
۵-۴-۵-۲-محل تعبیه میراگرها ۸۱
۵-۴-۵-۳-تغییرات مقادیر پاسخ با تغییر بار لغزش میراگرها و حصول بار لغزش بهینه ۸۲
۵-۴-۵-۴-مقادیر کاهش برش پایه ودریفت در بار لغزش بهینه ۸۳
۵-۵-بررسی پاسخ ساختمان های متقارن ۸۳
۵-۵-۱- پاسخ ساختمان ۵ طبقه ۸۴
۵-۵-۱-۱-برش ۸۴
۵-۵-۱-۲-دریفت ۸۵
۵-۵-۱-۳-اتلاف انرژی ۸۷
۵-۵-۱-۴-تاریخچه پاسخ ۸۸
۵-۵-۱-۴-۱-تاریخچه برش ۸۸
۵-۵-۱-۴-۲-تاریخچه دریفت ماکسیمم ۸۹
۵-۵-۱-۴-۳-تاریخچه جابجایی بام ۹۱
۵-۵-۲- پاسخ ساختمان ۱۰ طبقه ۹۲
۵-۵-۲-۱-برش ۹۲
۵-۵-۲-۲-دریفت ۹۴
۵-۵-۲-۳-اتلاف انرژی ۹۵
۵-۵-۲-۴-تاریخچه پاسخ ۹۶
۵-۵-۲-۴-۱-تاریخچه برش ۹۷
۵-۵-۲-۴-۲-تاریخچه دریفت ماکسیمم ۹۹
۵-۵-۲-۴-۳-تاریخچه جابجایی بام ۹۹
۵-۵-۳- پاسخ ساختمان ۱۴ طبقه ۱۰۰
۵-۵-۳-۱-برش ۱۰۰
۵-۵-۳-۲-دریفت ۱۰۲
۵-۵-۳-۳- اتلاف انرژی ۱۰۳
۵-۵-۳-۴-تاریخچه پاسخ ۱۰۵
۵-۵-۳-۴-۱-تاریخچه برش ۱۰۵
۵-۵-۳-۴-۲-تاریخچه دریفت ماکسیمم ۱۰۵

۵-۵-۳-۴-۳-تاریخچه جابجایی بام ۱۰۷
۵-۵-۴- بحث وبررسی ۱۰۹
۵-۶-توزیع پلانی میراگر در ساختمان های نامتقارن: ۱۰۹
۵-۶-۱-ساختمان ۵ طبقه ۱۰۹
۵-۶-۱-۱-پلان ۱۰۹
۵-۶-۱-۲-بار لغزش بهینه ۱۱۰
۵-۶-۱-۳-توزیع میراگر ۱۱۰
۵-۶-۲-ساختمان ۱۰ طبقه ۱۱۶
۵-۶-۲-۱-پلان و توزیع میراگر ۱۱۶
۵-۶-۳-ساختمان ۱۴ طبقه ۱۱۶
۵-۶-۳-۱-پلان و توزیع میراگر ۱۱۶
۵-۷-بررسی پاسخ ساختمان های نامتقارن ۱۱۷
۵-۷-۱-پاسخ ساختمان ۵ طبقه ۱۱۷
۵-۷-۱-۱-برش ۱۱۷
۵-۷-۱-۲-دریفت در جهت Y ۱۱۹
۵-۷-۱-۳-دریفت در جهت X ۱۲۰
۵-۷-۲-پاسخ ساختمان ۱۰ طبقه ۱۲۱
۵-۷-۲-۱-برش ۱۲۲
۵-۷-۲-۲-دریفت در جهت Y ۱۲۳
۵-۷-۲-۳-دریفت در جهت X ۱۲۴
۵-۷-۳-پاسخ ساختمان ۱۴ طبقه ۱۲۶
۵-۷-۳-۱-برش ۱۲۶
۵-۷-۳-۱-دریفت در جهت Y ۱۲۸
۵-۷-۳-۱-دریفت در جهت X ۱۳۰
۵-۷-۴- بحث و بررسی ۱۳۲
۵-۸-خلاصه نتایج ۱۳۲

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۶-۱- نتیجه گیری ۱۳۴
۶-۲- پیشنهادات ۱۳۴

مراجع ۱۳۶

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

فصل اول

جدول (۱-۱): سیستم های حفاظت سازه ای ۲

فصل چهارم

جدول (۴-۱): مشخصات ابعاد ساختمان ۵۳

جدول (۴-۲): مشخصات مقاطع طراحی ساختمان پنج طبقه ۶۲

جدول (۴-۳): مشخصات مقاطع طراحی ساختمان ده طبقه ۶۲

جدول (۴-۴): مشخصات مقاطع طراحی ساختمان چهارده طبقه ۶۳

فصل پنجم

جدول (۵-۱): مشخصات زلزله های مورد استفاده ۷۳

جدول(۵-۲): برش پایه و دریفت ساختمان ۵ طبقه قاب خمشی ۷۵

جدول(۵-۳): مقادیر کاهش برش پایه و دریفت ساختمان ۵ طبقه قاب خمشی ۷۷

جدول(۵-۴): برش پایه و دریفت ساختمان ۱۰ طبقه قاب خمشی ۷۸

جدول(۵-۵): مقادیر کاهش برش پایه و دریفت ساختمان ۱۰ طبقه قاب خمشی ۸۰

جدول(۵-۶): برش پایه و دریفت ساختمان ۱۴ طبقه قاب خمشی ۸۱

جدول(۵-۷): مقادیر کاهش برش پایه و دریفت ساختمان ۱۴ طبقه قاب خمشی ۸۳

جدول(۵-۸): درصد کاهش پاسخ ساختمان های متقارن ۱۳۳

جدول(۵-۹): درصد کاهش پاسخ ساختمان های نامتقارن ۱۳۳

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

فصل دوم
شکل (۲-۱): انواع تغییر شکل هنگام ارتعاش ۶
شکل (۲-۲): چرخه هیسترزیس بار – تغییر مکان ۸
شکل (۲-۳): نسبت های میرایی تجربی ساختمان های موجود ۱۰
شکل (۲-۴): (a) ارتعاش آزاد تحت تغییر مکان اولیه پنج سانتی متر با نسبت میرایی ۲٪ (b) ارتعاش آزاد تحت تغییر مکان اولیه پنج سانتی متر با نسبت میرایی ۵٪ ۱۱
شکل (۲-۵): رابطه ضریب بزرگ نمایی دینامیکی و میرایی بر حسب [illegible] ۱۳
شکل (۲-۶): رابطه زاویه اختلاف فاز و میرایی بر حسب [illegible] ۱۳
شکل (۲-۷): رابطه ضریب میرایی و ضریب بزرگنمایی دینامیکی ماکزیمم ۱۴
شکل (۲-۸): طیف پاسخ تغییر مکان برای زلزله طبس ۱۵
شکل (۲-۹): طیف پاسخ تغییر مکان برای زلزله ناغان ۱۵
شکل (۲-۱۰): طیف پاسخ تغییر مکان برای زلزله کوبه ۱۵
شکل (۲-۱۱): رابطه نیروی میرایی وتغییر مکان در میرایی از نوع ویسکوز ۱۷
شکل (۲-۱۲): حلقه پسماند یا هیسترسیس در میرایی ویسکوز ۱۸
شکل (۲-۱۳): منحنی مربوط به نیروی میرایی بر حسب تغییر مکان در میرایی غیر ویسکوز ۱۸
شکل (۲-۱۴): نمودار نیرو – تغییر مکان برای استهلاک هیسترتیک در طی یک سیکل تغییر مکان هارمونیک ۱۹
شکل (۲-۱۵): هندسه میراگرهای فلزی (Skinner et al. 1975) الف– تیر – پیچشی ب– تیر – خمشی پ– U شکل نواری ۲۰
شکل (۲-۱۶): میراگرهای فلزی (Tsai et al. 1993) الف– میراگرهای X شکل (اهدایه شرکت کانتر کواک) ب– میراگرهای ورق مثلثی ۲۱
شکل (۲-۱۷): میراگرهای اصطکاکی الف- اتصال LSB (Pall et al., 1980) ب- میراگر اصطکاکی مهاربند ضربدری (Pall&Marsh, 1982) پ- میراگر اصطکاکی سومیتومو (Aiken & Kelly, 1990) ت- قیدهای اتلاف انرژی (Nims et al., 1993 a) ث- اتصالات پیچی شیاردار (Fitz Gerold et al., 1989) ۲۳

شکل (۲-۱۸): نمونه پیکر بندی میراگر ویسکوالاستیک ۲۵
شکل (۲-۱۹): میراگرهای سیال لزج الف- میراگر سیلندری GERB ب- دیوار میراگر لزج (VDW)..... ۲۶
شکل (۲-۲۰): میراگرهای سیال لزج الف- میراگر سیال Talor (Constantinou et al., 1993) ب- میراگر فنر الاستومر Jarret (Pekcan et al., 1995) ۲۸
شکل (۲-۲۱): ضربه گیر نامیرا و جرم اصلی تحت اثر تحریک هارمونیکی (ضربه گیر Frahm)..... ۲۹
شکل (۲-۲۲): جذب کننده های ارتعاشات دینامیکی الف- عمومی ب- میراگر لمبری تنظیم شده... ۳۱
شکل (۲-۲۳): مخزن های ضد غلطان Frahm برای استفاده در کشتی ها (Den Hartog, 1956) ۳۲
شکل (۲-۲۴): میراگر حلقوی برای کاربردهای فضایی (Fujino et al., 1988) ۳۲
شکل (۲-۲۵): میراگرها ی مایعی تنظیم شده برای کاربردهای سازه ای الف- میراگر مایعی حل ناپذیر (Bauer, 1984 b) ب- میراگرهای حلقوی (Modi et al., 1995) پ- میراگر ستون مایع (Xu. et al., 1992)..... ۳۳

فصل سوم

شکل (۳-۱): میراگر اصطکاکی دورانی ۳۴
شکل (۳-۲): مکانیزم کار میراگر اصطکاکی دورانی..... ۳۵
شکل (۳-۳): اجزای میراگر اصطکاکی دورانی ۳۵
شکل (۳-۴): قاب آماده شده برای آزمایش میراگر اصطکاکی دورانی ۳۶
شکل (۳-۵): اثر فرکانس های ۲ تا ۷ هرتز در ارتباط با لنگر دوران ۳۷
شکل (۳-۶): a) دامنه تغییر مکان b) اتلاف انرژی نسبت به میراگر..... ۳۷
شکل (۳-۷): نمودار طیف بار لغزش بهینه ۴۰
شکل (۳-۸): قاب ارتقاء یافته به وسیله سیستم میرایی اصطکاکی ۴۱
شکل (۳-۹): نمودار آزاد نیروهای ایجاد شده در سیستم میرایی توسط نیروهای پیش تنیده مهار بندها..... ۴۲
شکل (۳-۱۰): نمودار آزاد نیروهای ایجاد شده در سیستم میرایی توسط نیروی افقی..... ۴۳
شکل (۳-۱۱): رفتار مفصل اصطکاکی در سیستم میرایی اصطکاکی..... ۴۴
شکل (۳-۱۲): مقایسه حلقه های هیسترزیس میراگرهای مختلف ۴۵
شکل (۳-۱۳): رفتارالاستیک در سیستم میرایی اصطکاکی..... ۴۵
شکل (۳-۱۴): تغییر شکل های هندسی در سیستم میرایی ۴۶
شکل (۳-۱۵): نمودار زمان- جابجایی برای تراز سقف مدل کامپیوتری یک طبقه ۴۸
شکل (۳-۱۶): قسمتی از مدل فولادی یک طبقه ساخته شده در آزمایشگاه زلزله دانشکده فنی دانشگاه ارومیه..... ۴۹

شکل (۳-۱۷): پلان نامتقارن ۵۰
شکل (۳-۱۸):پلان نامتقارن بوجود آمده از عدم انطباق مراکز جرم و سختی ۵۱
شکل (۳-۱۹): تعیین محل بهینه قرارگیری مرکز مقاومت میراگرها ۵۲

فصل چهارم

شکل (۴-۱): شمایی از ساختمان خمشی پنج طبقه ۵۴
شکل (۴-۲): شمایی از ساختمان خمشی ده طبقه ۵۵
شکل (۴-۳): شمایی از ساختمان خمشی چهارده طبقه ۵۶
شکل(۴-۴) : نمودار طیف بازتاب ۶۱

فصل پنجم

شکل (۵- ۱): موقعیت میراگر در دهانه ها ۷۰
شکل (۵- ۲): محل معرفی المان لینک ۷۱
شکل (۵-۳): نمودار مدل پلاستیک ون ۷۲
شکل (۵- ۴): رکورد زلزله نورتریج ۷۴
شکل (۵- ۵): رکورد زلزله طبس ۷۴
شکل (۵- ۶): رکورد زلزله السنترو ۷۴
شکل (۵-۷): محل تعبیه میراگرها در پلان ساختمان ۵ طبقه ۷۵
شکل (۵-۸): محل تعبیه میراگرها در نمای سه بعدی ۷۶
شکل (۵-۹):مقادیر پاسخ ساختمان ۵ طبقه با تغییر بار لغزش ۷۷
شکل (۵-۱۰): محل تعبیه میراگرها در پلان ساختمان ۱۰ طبقه ۷۸
شکل (۵-۱۱): محل تعبیه میراگرها در نمای سه بعدی ۷۹
شکل (۵-۱۲): مقادیر پاسخ ساختمان ۱۰ طبقه با تغییر بار لغزش ۸۰
شکل (۵-۱۳): محل تعبیه میراگرها در پلان ساخنمان ۱۴ طبقه ۸۱
شکل (۵-۱۴): محل تعبیه میراگرها در نمای سه بعدی ۸۲
شکل (۵-۱۵): مقادیر پاسخ ساختمان ۱۴ طبقه با تغییر بار لغزش ۸۳
شکل (۵-۱۶): مقادیر برش طبقات در ساختمان ۵ طبقه تحت زلزله نورتریج ۸۴
شکل (۵-۱۷): مقادیر برش طبقات در ساختمان ۵ طبقه تحت زلزله طبس ۸۴
شکل (۵-۱۸): مقادیر برش طبقات در ساختمان ۵ طبقه تحت زلزله السنترو ۸۵
شکل (۵-۱۹): مقادیر دریفت طبقات در ساختمان ۵ طبقه تحت زلزله نورتریج ۸۵
شکل (۵-۲۰): مقادیر دریفت طبقات در ساختمان ۵ طبقه تحت زلزله طبس ۸۶
شکل (۵-۲۱): مقادیر دریفت طبقات در ساختمان ۵ طبقه تحت زلزله السنترو ۸۶

شکل (۵-۲۲): انرژی تلف شده در ساختمان ۵ طبقه تحت زلزله نورتریج ۸۷
شکل (۵-۲۳): انرژی تلف شده در ساختمان ۵ طبقه تحت زلزله طبس ۸۷
شکل (۵-۲۴): انرژی تلف شده در ساختمان ۵ طبقه تحت زلزله السنترو ۸۸
شکل (۵-۲۵): تاریخچه برش پایه در ساختمان ۵ طبقه تحت رکورد نورتریج ۸۸
شکل (۵-۲۶): تاریخچه برش پایه در ساختمان ۵ طبقه تحت رکورد طبس ۸۹
شکل (۵-۲۷): تاریخچه برش پایه در ساختمان ۵ طبقه تحت رکورد السنترو ۸۹
شکل (۵-۲۸): تاریخچه ماکسیمم دریفت در ساختمان ۵ طبقه تحت زلزله نورتریج ۹۰
شکل (۵-۲۹): تاریخچه ماکسیمم دریفت در ساختمان ۵ طبقه تحت زلزله طبس ۹۰
شکل (۵-۳۰): تاریخچه ماکسیمم دریفت در ساختمان ۵ طبقه تحت زلزله السنترو ۹۰
شکل (۵-۳۱): تاریخچه جابجایی بام در ساختمان ۵ طبقه تحت زلزله نورتریج ۹۱
شکل (۵-۳۲): تاریخچه جابجایی بام در ساختمان ۵ طبقه تحت زلزله طبس ۹۱
شکل (۵-۳۳): تاریخچه جابجایی بام در ساختمان ۵ طبقه تحت زلزله السنترو ۹۲
شکل (۵-۳۴): مقادیر برش طبقات در ساختمان ۱۰ طبقه تحت زلزله نورتریج ۹۲
شکل (۵-۳۵): مقادیر برش طبقات در ساختمان ۱۰ طبقه تحت زلزله طبس ۹۳
شکل (۵-۳۶): مقادیر برش طبقات در ساختمان ۱۰ طبقه تحت زلزله السنترو ۹۳
شکل (۵-۳۷): مقادیر دریفت طبقات در ساختمان ۱۰ طبقه تحت رکورد نورتریج ۹۴
شکل (۵-۳۸): مقادیر دریفت طبقات در ساختمان ۱۰ طبقه تحت رکورد طبس ۹۴
شکل (۵-۳۹): مقادیر دریفت طبقات در ساختمان ۱۰ طبقه تحت رکورد السنترو ۹۵
شکل (۵-۴۰): انرژی تلف شده در ساختمان ۱۰ طبقه تحت رکورد نورتریج ۹۵
شکل (۵-۴۱): انرژی تلف شده در ساختمان ۱۰ طبقه تحت رکورد طبس ۹۶
شکل (۵-۴۲): انرژی تلف شده در ساختمان ۱۰ طبقه تحت رکورد السنترو ۹۶
شکل (۵-۴۳): تاریخچه برش پایه در ساختمان ۱۰ طبقه تحت زلزله نورتریج ۹۷
شکل (۵-۴۴): تاریخچه برش پایه در ساختمان ۱۰ طبقه تحت زلزله طبس ۹۷
شکل (۵-۴۵): تاریخچه برش پایه در ساختمان ۱۰ طبقه تحت زلزله السنترو ۹۷
شکل (۵-۴۶): تاریخچه دریفت ماکسیمم در ساختمان ۱۰ طبقه تحت رکورد نورتریج ۹۸
شکل (۵-۴۷): تاریخچه دریفت ماکسیمم در ساختمان ۱۰ طبقه تحت رکورد طبس ۹۸
شکل (۵-۴۸): تاریخچه دریفت ماکسیمم در ساختمان ۱۰ طبقه تحت رکورد السنترو ۹۹
شکل (۵-۴۹): تاریخچه جابجایی بام در ساختمان ۱۰ طبقه تحت زلزله نورتریج ۹۹
شکل (۵-۵۰): تاریخچه جابجایی بام در ساختمان ۱۰ طبقه تحت زلزله طبس ۹۹
شکل (۵-۵۱): تاریخچه جابجایی بام در ساختمان ۱۰ طبقه تحت زلزله السنترو ۱۰۰
شکل (۵-۵۲): مقادیر برش طبقات در ساختمان ۱۴ طبقه تحت زلزله نورتریج ۱۰۰
شکل (۵-۵۳): مقادیر برش طبقات در ساختمان ۱۴ طبقه تحت زلزله طبس ۱۰۱

شکل (۵-۵۴): مقادیر برش طبقات در ساختمان ۱۴ طبقه تحت زلزله السنترو ۱۰۱
شکل (۵-۵۵): مقادیر دریفت طبقات در ساختمان ۱۴ طبقه تحت رکورد نورتریج ۱۰۲
شکل (۵-۵۶): مقادیر دریفت طبقات در ساختمان ۱۴ طبقه تحت رکورد طبس ۱۰۲
شکل (۵-۵۷): مقادیر دریفت طبقات در ساختمان ۱۴ طبقه تحت رکورد السنترو ۱۰۳
شکل (۵-۵۸): انرژی تلف شده در ساختمان ۱۴ طبقه تحت رکورد نورتریج ۱۰۳
شکل (۵-۵۹): انرژی تلف شده در ساختمان ۱۴ طبقه تحت رکورد طبس ۱۰۴
شکل (۵-۶۰): انرژی تلف شده در ساختمان ۱۴ طبقه تحت رکورد السنترو ۱۰۴
شکل (۵-۶۱): تاریخچه برش پایه در ساختمان ۱۴ طبقه تحت زلزله نورتریج ۱۰۵
شکل (۵-۶۲): تاریخچه برش پایه در ساختمان ۱۴ طبقه تحت زلزله طبس ۱۰۵
شکل (۵-۶۳): تاریخچه برش پایه در ساختمان ۱۴ طبقه تحت زلزله السنترو ۱۰۶
شکل (۵-۶۴): تاریخچه دریفت ماکسیمم در ساختمان ۱۴ طبقه تحت رکورد نورتریج ۱۰۶
شکل (۵-۶۵): تاریخچه دریفت ماکسیمم در ساختمان ۱۴ طبقه تحت رکورد طبس ۱۰۷
شکل (۵-۶۶): تاریخچه دریفت ماکسیمم در ساختمان ۱۴ طبقه تحت رکورد السنترو ۱۰۷
شکل (۵-۶۷): تاریخچه جابجایی بام در ساختمان ۱۴ طبقه تحت زلزله نورتریج ۱۰۸
شکل (۵-۶۸): تاریخچه جابجایی بام در ساختمان ۱۴ طبقه تحت زلزله طبس ۱۰۸
شکل (۵-۶۹): تاریخچه جابجایی بام در ساختمان ۱۴ طبقه تحت زلزله السنترو ۱۰۸
شکل (۵-۷۰): پلان ساختمان ۵ طبقه نامتقارن ۱۱۰
شکل(۵-۷۱): شاخص کارایی ساختمان ۵ طبقه نامتقارن ۱۱۰
شکل (۵-۷۲):حالت اول توزیع میراگر ۱۱۱
شکل (۵-۷۳):حالت دوم توزیع میراگر ۱۱۱
شکل (۵-۷۴):حالت سوم توزیع میراگر ۱۱۲
شکل (۵-۷۵):حالت چهارم توزیع میراگر ۱۱۳
شکل (۵-۷۶):دریفت در حالت های مختلف توزیع میراگر برای زلزله السنترو ۱۱۳
شکل (۵-۷۷):دریفت در حالت های مختلف توزیع میراگر برای زلزله طبس ۱۱۴
شکل (۵-۷۸): دریفت در حالت های مختلف توزیع میراگر برای زلزله نورتریج ۱۱۴
شکل (۵-۷۹):مقایسه $\Delta \bar{y}$ بدست آمده در چهار حالت توزیع میراگر و حالت بدون میراگر ۱۱۵
شکل (۵-۸۰): پلان ساختمان ۱۰ طبقه نامتقارن و توزیع میراگر در آن ۱۱۶
شکل (۵-۸۱): پلان ساختمان ۱۴ طبقه نامتقارن و توزیع میراگر در آن ۱۱۷
شکل (۵-۸۲): برش ساختمان ۵ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله نورتریج ۱۱۷
شکل (۵-۸۳): برش ساختمان ۵ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله طبس ۱۱۸
شکل (۵-۸۴): برش ساختمان ۵ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله السنترو ۱۱۸
شکل (۵-۸۵): دریفت ساختمان ۵ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله نورتریج ۱۱۹

شکل (۵-۸۶): دریفت ساختمان ۵ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله طبس ۱۱۹
شکل (۵-۸۷): دریفت ساختمان ۵ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله السنترو ۱۲۰
شکل (۵-۸۸): دریفت ساختمان ۵ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله نورتریج ۱۲۰
شکل (۵-۸۹): دریفت ساختمان ۵ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله طبس ۱۲۱
شکل (۵-۹۰): دریفت ساختمان ۵ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله السنترو ۱۲۱
شکل (۵-۹۱): برش ساختمان ۱۰ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله نورتریج ۱۲۲
شکل (۵-۹۲): برش ساختمان ۱۰ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله طبس ۱۲۲
شکل (۵-۹۳): برش ساختمان ۱۰ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله السنترو ۱۲۳
شکل (۵-۹۴): دریفت ساختمان ۱۰ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله نورتریج ۱۲۳
شکل (۵-۹۵): دریفت ساختمان ۱۰ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله طبس ۱۲۴
شکل (۵-۹۶): دریفت ساختمان ۱۰ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله السنترو ۱۲۴
شکل (۵-۹۷): دریفت ساختمان ۱۰ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله نورتریج ۱۲۵
شکل (۵-۹۸): دریفت ساختمان ۱۰ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله طبس ۱۲۵
شکل (۵-۹۹): دریفت ساختمان ۱۰ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله السنترو ۱۲۶
شکل (۵-۱۰۰): برش ساختمان ۱۴ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله نورتریج ۱۲۷
شکل (۵-۱۰۱): برش ساختمان ۱۴ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله طبس ۱۲۷
شکل (۵-۱۰۲): برش ساختمان ۱۴ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله السنترو ۱۲۸
شکل (۵-۱۰۳): دریفت ساختمان ۱۴ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله نورتریج ۱۲۹
شکل (۵-۱۰۴): دریفت ساختمان ۱۴ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله طبس ۱۲۹
شکل (۵-۱۰۵): دریفت ساختمان ۱۴ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله السنترو ۱۳۰
شکل (۵-۱۰۶): دریفت ساختمان ۱۴ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله نورتریج ۱۳۱
شکل (۵-۱۰۷): دریفت ساختمان ۱۴ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله طبس ۱۳۱
شکل (۵-۱۰۸): دریفت ساختمان ۱۴ طبقه نامتقارن تحت رکورد زلزله السنترو ۱۳۲

فصل اول: مقدمه

مقدمه

در طراحی اغلب ساختمان ها، بارهای اصلی که باید در نظر گرفته شوند بارهای ثقلی می باشند. این بارها همیشه وجود داشته و در نتیجه در طول عمر ساختمان باید تحمل شوند. عموماً تغییرات این بارها نسبت به زمان بسیار آهسته می باشد. در نتیجه مدل سازی استاتیکی کاملاً مناسب است. بعلاوه، بزرگی آن ها می تواند بر اساس وزن و نوع کاربری شان تعیین شوند. این ترکیب عوامل، در گذشته طراحی ساختمان ها را به مقدار قابل ملاحظه ای ساده می نمود. در حقیقت به پیشینیان ما این اجازه را می داد که طراحی و ساخت سازه های باشکوه را قبل از توسعه اصول علمی و منطقی انجام دهند. ساده سازی مسأله اجازه استفاده از روش سعی و خطا را در طراحی می دهد، خصوصاً اگر شخص طراح مقید به هزینه مصالح و کارگر نباشد. در عصر جدید ما، منابع اغلب به شدت محدود می باشند. طرح ها می باید کارامد باشند. بعلاوه، ما انتظار داریم از نیروهای محیطی مثل بادها، امواج و زمین لرزه ها که نه استاتیکی و نه یک مؤلفه ای هستند در امان باشیم. برای این نوع بارها اثرات اینرسی با اهمیت بوده و باعث بزرگ نمایی دینامیکی و پاسخ سیکلی می شوند. در مقایسه با بارهای ثقلی، پیش بینی بزرگی این بارها، به دلیل آنکه مقیاس زمانی و مکانی این پدیده ها کوچک هستند، بسیار مشکل تر هستند[۶].

در روش های مرسوم، ساختمان با استفاده از ترکیب سختی، قابلیت شکل پذیری[1]، استهلاک انرژی و همچنین اینرسی در برابر نیروهای دینامیکی (نظیر باد، زلزله، ارتعاش ماشین آلات، امواج دریا و ...) از خود مقاومت نشان می دهد. مقدار میرایی[2] در این قبیل از سازه ها بسیار کم است و از این رو، انرژی مستهلک شده در محدوده رفتار الاستیک سازه ناچیز است. این ساختمان ها تحت تأثیر نیروهای دینامیکی قوی نظیر زلزله با گذر از محدوده الاستیک، تغییر مکان های زیادی می دهند و به واسطه قابلیت تغییر مکان غیر الاستیک خود پایدار باقی می مانند. تغییر مکان های غیر الاستیک موجب به وجود آمدن مفاصل پلاستیک به صورت موضعی در نقاطی از سازه می شود که خود افزایش شکل پذیری و همچنین افزایش استهلاک انرژی لرزه ای را در پی دارد. در نتیجه، مقدار زیادی از انرژی زلزله به واسطه تخریب های موضعی در سیستم مقاوم جانبی سازه مستهلک می شود[۱۱].

گرایش طبیعی آن است که برای مقابله با عوامل طبیعی با همان روش های بارهای ثقلی رفتار شود. برای مثال، نیروهای باد و زمین لرزه اغلب مانند بارهای ساکن جانبی با بزرگی مناسب که سازه می باید آن را تحمل نماید ایده آل سازی می شوند. که با استفاده از این دیدگاه، بارهای متناظر با باد و زمین لرزه های

[1]- Ductility
[2]- Damping

کوچک طوری ایده آل سازی می شوند که سازه در محدوده الاستیک رفتار نماید در حالی که در هنگام وقوع زمین لرزه های متوسط تا شدید بعضی خسارات، تا زمانی که سازه منهدم نگردد، مجاز دانسته می شود. این فلسفه، زمینه را برای چندی از آیین نامه های ساختمانی از اوایل قرن بیستم فراهم نموده است و نتایج قابل قبولی را به همراه داشته است. حتی با در نظر گیری بسیار تقریبی نیروهای جانبی، ادامه بقای ساختمان یقیناً بهبود پیدا می کند. هرچند، با منظور نمودن ماهیت حقیقی دینامیکی مزاحمت های محیطی، بهبود قابل ملاحظه ای می تواند تصور شود. در نتیجه از نقطه نظر دینامیکی، مفاهیم جدیدی در ارتباط با حفاظت از سازه ها پیشرفت نموده اند و در مراحل مختلفی از پیشرفت قرار دارند. سیستم های جدید حفاظت سازه می تواند مطابق جدول (۱-۱) به سه گروه تقسیم شوند. این گروه ها می توانند با بررسی روش های استفاده شده آن ها در مدیریت انرژی (مرتبط با وقایع محیطی گذرا) از یکدیگر تمیز داده می شوند.

جدول (۱-۱): سیستم های حفاظت سازه ای

جداسازی لرزه ای	اتلاف انرژی غیر فعال	کنترل فعال و نیمه فعال
تکیه گاه های الاستومری	میراگرهای فلزی	سیستم های مهار بندی فعال
	میراگرهای اصطکاکی	میراگرهای جرمی فعال
تکیه گاه های لاستیکی سربی	میراگرهای ویسکوالاستیک	سیستم های میرایی و سختی متغیر
	میراگرهای سیالی لزج	
پاندول اصطکاکی لغزشی	میراگرهای جرمی تنظیم شده	
	میراگرهای مایع تنظیم شده	

روش جداسازی لرزه ای در حال حاضر به شکل وسیعی در نقاط مختلف دنیا استفاده می گردد. سیستم جداسازی لرزه ای عموماً در شالوده سازه ها نصب می شود. با استفاده از قابلیت جذب انرژی و نرمی آن ها، سیستم های جداساز بخشی از انرژی ورودی زمین لرزه را منعکس و بخش دیگر را قبل از آن که این انرژی به سازه منتقل شود جذب می نماید. اثر نهایی، کاهش تقاضای اتلاف انرژی بر روی سیستم سازه ای است که باعث ادامه بقای بیشتر آن می شود. یک بازنگری دقیق از تکنولوژی جداسازی لرزه ای توسط kinner et al. (1993) تهیه شده است.

همانطور که در جدول (۱-۱) مشاهده می شود سیستم های کنترل فعال و نیمه فعال از سیستم های حفاظت سازه ای اند. کنترل فعال و نیمه فعال بخشی از حفاظت سازه ای می باشند که در آن حرکت سازه توسط عملکرد سیستم کنترلی با استفاده از منابع انرژی خارجی کنترل و اصلاح می شود. اگر چه، سیستم های نیمه فعال تنها به مقدار کمی انرژی جهت تنظیم خواص مکانیکی خود احتیاج دارند اما بر خلاف سیستم های فعال، این نوع سیستم ها به سازه، انرژی اضافه نمی نمایند. توجه شایان ذکری به تحقیقات در زمینه های کنترل فعال و نیمه فعال در سال های اخیر با تأکید ویژه بر کاهش پاسخ ناشی از نیرو های زمین لرزه و باد به عمل آمده است. این تکنولوژی در مرحله ای است که سیستم های واقعی بر روی سازه های حقیقی طراحی، ساخته ونصب شده اند.

تحقیقات و پیشرفت های مرتبط با تجهیزات اتلاف انرژی غیر فعال در سازه ها حدوداً به بیست و پنج سال قبل بر می گردد. مشابه با تکنولوژی جداسازی لرزه ای، کاربرد اصلی تجهیزات اتلاف انرژی غیر فعال وقتی که در سازه استفاده می شوند، جذب و تا حدی مصرف بخشی از انرژی ورودی که خود باعث کاهش تقاضای اتلاف انرژی اعضاء اصلی سازه ای و کمینه نمودن خسارت سازه تا حد امکان می شود می باشد. هر چند برخلاف جداسازی لرزه ای، این تجهیزات می توانند در برابر باد و حرکات القا شده به خوبی آن هایی که ناشی از زمین لرزه می باشند، مؤثر واقع گردند. در مقابل سیستم های فعال ونیمه فعال، سیستم های غیر فعال نیازی به منابع نیروی خارجی ندارند[۶].

یکی از کاربردی ترین و مؤثرترین روش های کنترل نیروهای وارد شده و افزایش اتلاف انرژی ناشی از آن، کاربرد میراگرها در مقاوم سازی سازه ها می باشد[۱۱]. کارایی ساختمان را می توان با افزودن جاذب های انرژی (میراگر الحاقی) به ساختمان افزایش داد. بدین صورت که این وسایل قسمتی از انرژی ورودی زلزله را به تنهایی جذب و مستهلک می نمایند. برای روشن شدن این موضوع، رابطه انرژی ورودی سیستم با سایر قسمتها به صورت زیر نمایش داده می شود[۲۰]:

$$E = E_k + E_s + E_h + E_d \qquad (۱-۱)$$

در این رابطه، E قدر مطلق انرژی ورودی به واسطه زلزله، E_k قدر مطلق انرژی جنبشی، E_s انرژی کرنشی قابل بازگشت در محدوده الاستیک، E_h مقدار غیر قابل بازگشت انرژی به واسطه تغییر شکل غیر الاستیک و نهایتاً E_d مقدار انرژی مستهلک شده به وسیله میراگر الحاقی می باشد. مقدار انرژی ورودی نمایانگر کار انجام شده توسط کل نیروی برشی پایه در فونداسیون، تحت حرکت زمین و همچنین شامل اثر نیروهای اینرسی سازه می باشد[۱۵].

ایده استفاده از میراگرهای انرژی در سازه به منظور کنترل ارتعاشات لرزه ای در سال ۱۹۷۲ با مطالعات تحلیلی و آزمایشگاهی .Kelly et al مطرح شد[۲۴]. میراگرها با توجه به پریود سازه، نوع ساختگاه، جنس سازه، نوع سیستم مهاربندی، نیروی جانبی سازه و موقعیت مکانی و جغرافیایی سازه، فاصله آن از گسل زلزله یا مرکز زلزله و سایر عوامل تأثیر گذار انتخاب می شوند.

همچنان پرسش های زیادی در ارتباط با محدودیت های اجرایی، دوام، اندازه و چیدمان میراگرها در سازه وجود دارد. بر این اساس، تأثیر میراگرها بر رفتار لرزه ای یک سازه تابعی از چند پارامتر همچون تعداد میراگرها، محل آن ها در سازه و مشخصات فیزیکی میراگر است[۱۱].

اصطکاک منبع اتلاف انرژی بسیار ارزانی است. می توان گفت تئوری طراحی لرزه ای سازه های قابی مجهز به میراگرهای اصطکاکی توسط .Pall et al آغازشد[۳۰]. میراگرهای اصطکاکی را بعد از زلزله می توان به راحتی تنظیم کرد. همچنین این میراگرها معمولاً نیاز به تعویض نخواهند داشت. به دلیل مزایای فوق، استفاده ازمیراگرهای اصطکاکی در حال گسترش هستند. در دهه های اخیر انواع دیگر میراگرهای اصطکاکی نظیر میراگرهای سومیتومو و (EDR) معرفی شدند[۱۹]. مهدویان و همکاران با استفاده از میراگرهای اصطکاکی[1] و تحلیل های دینامیکی غیرخطی به کنترل ارتعاشات لرزه ای ساختمان ها

[1] – Friction damper

پرداختند[۱۲]. تهرانی زاده و خالقیان بیان داشتند که مصالح لنت ترمز دارای بار لغزش بدون نوسان است و از آلیاژ برنج بهتر می باشد[۴].

میراگر اصطکاکی دورانی(RFD)[1] در سال ۲۰۰۰ توسط Mualla معرفی شد این میراگر برای بهسازی ساختمان های موجود و ساخت ساختمان های جدید بر مبنای شکل پذیری کاربرد دارد. لذا ضرورت بررسی این میراگر درمناطق لرزه خیز حائز اهمیت است. این میراگر را می توان در ساختمان های فولادی، بتنی و به ویژه ساختمان های فلزی استفاده کرد. بر روی این میراگر جدید آزمایشات زیادی در دانمارک و ژاپن و همچنین تایوان انجام شده است. مدل سازی های عددی در کنار کارهای آزمایشگاهی انجام و رفتار این میراگر پیش بینی شده است و در نهایت پارامترهای مؤثر بر این میراگر شناسایی شد. آزمایشات اولیه بر روی قاب یک طبقه مجهز به میراگر اصطکاکی دورانی در دانشگاه دانمارک انجام شد[۲۸] و آزمایش تمام مقیاس برای یک سازه سه طبقه مجهز به میراگر در تایوان و بر روی میز لرزه صورت گرفت[۲۵]. همه آزمایشات بیانگر کارایی مناسب میراگر تحت رویداد لرزه ای بوده است. مدل سازی سازه های فوق در نرم افزار Drain-2DX تطابق مناسبی بین نتایج عددی و آزمایشگاهی را نشان داد [۲۸و۲۵]. عهادیان فرد و همکاران با استفاده از مدل سازی های عددی و تحلیل های تاریخچه زمانی بیان داشتند که کاربرد میراگرهای اصطکاکی دورانی پاسخ تغییر مکان های سازه را ۴۰ درصد کاهش می دهد[۹]. درعملکرد میراگرهای اصطکاکی فاکتورهایی چون کاهش تغییر مکان، افزایش اتلاف انرژی میراگر، کاهش برش پایه و کاهش انرژی کرنشی الاستیک سازه مؤثر است. Filiatrault & Cherry [۲۱] با استفاده از فاکتورهای فوق شاخص عملکرد نسبی و Mualla & Belev [۲۸]، شاخص کارایی میراگر را به منظور ارزیابی عملکرد میراگرها بررسی کردند. نیروی بهینه لغزش مربوط به میراگرهای اصطکاکی، را می توان از این شاخص های عملکرد به دست آورد. غالباً نیروی لغزش میراگرهای اصطکاکی درطبقات یکسان فرض می گردد. Moreschi نشان داد که با بهینه کردن توزیع نیروی لغزش در ارتفاع بر پایه الگوریتم ژنتیک، می توان به مقادیر بهتری در شاخص های عملکرد دست یافت[۲۶]. نیروی لغزش بهینه وابسته به پریود سازه و شدت زلزله روی داده است. به دست آوردن نیروی لغزش بهینه از طریق شاخص های عملکرد مستلزم تحلیل های دینامیکی زیادی است، بدین جهت Filiatrault & Cherry روش ساده شده ای را نیز در تعیین بار لغزش بهینه ارائه کرده اند که در آن بار لغزش بهینه تابعی از پریود سازه، پریود زمین و شتاب محل می باشد[۲۲]. اگر نیروی لغزش بسیار بیش از حد بهینه اعمال شود ممکن است در یک رویداد لرزه ای با شتاب پایین تر میراگرها لغزش نکرده و سازه به صورت قاب خمشی مهاربندی شده عمل کرده و در نتیجه خرابی در سازه ایجاد شود[۱۶].

چون طرح اقتصادی سازه ها همواره یکی از مسائل مهم در ساخت ساختمان ها می باشد استفاده از میراگرها در ساختمان باعث کاهش مقاطع اعضای سازه ای می شود که به دنبال آن هزینه ها کاهش می یابد. میراگرهای اصطکاکی دورانی رفتار مناسبی مقابل بارهای رفت و برگشتی زلزله دارند. در این تحقیق ابتدا با انجام آنالیزهای تاریخچه زمانی غیرخطی در نیروهای لغزش مختلف، نیروی لغزش بهینه میراگرهای

[1]- Rotational Friction Damper