

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



گروه عمران - سازه

بررسی عملکرد لرزه‌ای میراگر اصطکاکی دورانی در مهاربند ضربدری

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر امین قلی زاد، استادیار

استاد مشاور:

جناب آقای مهندس پرویز نژاد سیفی، مربی

توسط:

محمد مروج نکو

دانشگاه محقق اردبیلی

تابستان ۱۳۹۱

تقدیم به

قامت استوار و همیشه سرفراز پدرم؛ نادمی از تلاش و فداکاری، مادرم نماد عطف و صبر و ایثار که امروزم شمره دیروز

آنهاست، و هر چه دارم نتیجه کمک های نادمی و معنوی این عزیزان است،

و؛

بمهر عزیزم

به خاطر تمام دلگرمی هایی که به زندگیم داده است...

سپاسگذاری

سپاس و ستایش کردگار می راسخراست که رخصت کسب علم و دانش را به ما عطا فرموده است. هم اکنون که در پر تو عنایت حضرت حق یکی دیگر از مراحل زندگی ام را پشت سر نهاده ام بر خود لازم می دانم که از تمام کسانی که در انجام این پژوهش مراری نمودند مراتب سپاس و قدردانی را به جا آورم؛

از استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر **امین قلی زاد** به خاطر تمام راهنمایی های ارزشمندشان در تدوین این پایان نامه نهایت تشکر را دارم.

از تمامی دوستانی که در تمامی مراحل انجام پایان نامه مراری نمودند اندکمال تشکر و قدردانی را دارم.

نام خانوادگی دانشجو: مروج نکو	نام: محمد
عنوان پایان نامه: بررسی عملکرد لرزه‌ای میراگر اصطکاکی دورانی در مهاربند ضربداری	
استاد راهنما: جناب آقای دکتر امین قلی زاد استاد مشاور: جناب آقای مهندس پرویز نژاد سیفی	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: عمران
دانشگاه: محقق اردبیلی	گرایش: سازه
تاریخ فارغ التحصیلی: ۹۱/۶/۱۴	تعداد صفحات: ۱۱۰ صفحه
کلید واژه: میراگر اصطکاکی دورانی، شاخص عملکرد، لنگر لغزش بهینه، طول بازوی افقی، طول بازوی قائم	
<p>در این تحقیق یک ترکیب جدید از میراگر اصطکاکی دورانی پیشنهاد شده است که رفتار آن بسیار شبیه به میراگر اصطکاکی موآلا است. در این میراگر، المان اصطکاکی شامل مفصل و بازوها بر خلاف میراگر موآلا که در زیر تیر قرار می‌گیرد، در مرکز قاب بوده و از طریق کشش و فشاری که از مهاربندها اعمال می‌شود، مفصل اصطکاکی تحت لنگر دورانی قرار می‌گیرد. پارامترهایی که مورد بررسی قرار گرفتند، لنگر لغزش در مرکز میراگر، طول بازوی افقی و طول بازوی قائم میراگر است. رابطه‌ای بین سه پارامتر یاد شده بدست آمده است که عملکرد بهینه‌ای را برای میراگر ارائه می‌دهد. همچنین برای این میراگر، روشی ساده و مبتنی بر تحلیل استاتیکی معادل ارائه شده است که لنگر لغزش بهینه را به طور متغیر در طبقات توزیع می‌کند. با توزیع لنگرها به طور متغیر در قاب و بررسی شاخص عملکرد آنها، برتری این روش توزیع را نسبت به توزیع یکنواخت نشان می‌دهد. توزیع متغیر روشی ساده و بدون نیاز به تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی زیاد برای یافتن شاخص عملکرد حداقل است. هم چنین این روش توزیع، شاخص‌های عملکردی نزدیک به شاخص‌های بدست آمده از توزیع یکنواخت و حتی کوچکتر ارائه می‌دهد. هم چنین در توزیع متغیر لنگر لغزش در طبقات، همه میراگرها بخصوص در طبقه بام به خوبی به لغزش می‌افتند.</p>	

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه

فصل دوم : بررسی اجمالی انواع میراگرها

۶	میراگر تسلیمی ADAS
۷	میراگر سیال لزج
۱۰	میراگر ویسکوالاستیک
۱۱	میراگر جرمی تنظیم شده (TMD)
۱۱	میراگر مایع تنظیم شده (TLD)
۱۲	اتصال پیچی شیاردار (SBC)
۱۳	میراگر اصطکاکی پال
۱۴	میراگر اصطکاکی دورانی جدید (FDD)

فصل سوم : معرفی میراگر پیشنهادی و بررسی پارامترهای موثر بر آن

۱۹	پیکربندی میراگر دورانی پیشنهادی
۲۰	رفتار میراگر اصطکاکی دورانی
۲۱	پارامترهای موثر در میراگر دورانی پیشنهادی
۲۲	المان پلاستیک wen در SAP2000
۲۵	مدل سازی میراگر در نرم افزار SAP2000
۲۶	بارگذاری و بررسی المان wen
۲۸	بررسی عددی پارامترهای موثر در عملکرد قاب مجهز به میراگر اصطکاکی پیشنهادی
۳۳	بررسی نتایج بدست آمده در قاب‌هایی با ابعاد دیگر
۳۶	تعیین عددی لنگر لغزش بهینه در قاب یک طبقه و یک دهانه
۳۷	بررسی یک پیکربندی دیگر از میراگر اصطکاکی دورانی پیشنهادی
۳۹	بررسی تحلیلی پارامترهای موثر در میراگر اصطکاکی دورانی پیشنهادی
۴۰	رابطه بین جابه‌جایی قاب و پارامترهای موثر در میراگر
۴۰	رابطه بین دوران در مرکز میراگر و جابه‌جایی قاب
۴۴	ابعاد بهینه میراگر
۴۶	صحت رابطه ۳-۲۳ با تحلیلهای عددی انجام شده
۴۷	تعیین لنگر لغزش بهینه با استفاده از تحلیل ریاضی
۴۸	صحت رابطه ۳-۲۵ با تحلیل‌های عددی
۴۹	سختی قاب مجهز به میراگر اصطکاکی دورانی پیشنهادی
۵۰	سختی اولیه قاب با استفاده از تحلیل ریاضی
۵۲	صحت رابطه سختی اولیه و سختی قاب خمشی با تحلیل عددی
۵۴	صحت داده های عددی جدول ۳-۱ با استفاده از روابط ریاضی

۵۶	نتیجه‌گیری از دو بخش عددی و تحلیلی
	فصل چهارم: بررسی عملکرد میراگر اصطکاکای پیشنهادی در قابهای خمشی فولادی
۵۸	مقدمه
۵۸	معرفی شاخص عملکرد برای تعیین بار لغزش بهینه
۵۹	صحت سنجی مدل‌سازی در نرم افزار SAP2000
۶۲	بررسی میراگر اصطکاکای دورانی پیشنهادی در قابهای فولادی
۶۳	معرفی قابهای مورد بررسی
۶۳	بارگذاری، تحلیل و طراحی قابهای اولیه
۶۹	بررسی عملکرد قابهای طراحی شده مجهز به میراگر اصطکاکای دورانی تحت تحریک زلزله
۶۹	مشخصات میراگر مورد استفاده
۷۰	روش تحلیل قابهای مجهز به میراگر اصطکاکای
۷۱	اعضای مهاری میراگر اصطکاکای دورانی
۷۲	بررسی پاسخ جابه‌جایی در قابها
۷۴	بررسی برش پایه در قابها
۷۶	بررسی انرژی مستهلک شده در طی تحریک سازه توسط زلزله
۷۹	کنترل لغزش در میراگرها و نیروی محوری مهاربندها
۸۲	کنترل انرژی مستهلک شده و انرژی ورودی به سازه محاسبه شده در نرم افزار
۸۶	بررسی شاخص‌های عملکرد
۸۸	بررسی شاخص‌های عملکرد قابهای فولادی خمشی تحت زلزله طبرس
۸۹	مقایسه عملکرد میراگر پیشنهادی با میراگر اصطکاکای دورانی جدید
۹۰	خلاصه و نتیجه‌گیری
	فصل پنجم: تعیین لنگر لغزش بهینه با استفاده از یک روش مستقیم
۹۲	مقدمه
۹۳	لنگر لغزش بهینه
۹۳	تحلیل استاتیکی معادل برای توزیع لنگرهای لغزش در طبقات
۹۶	بررسی شاخص عملکرد در قاب‌های با توزیع لنگر لغزش بهینه
۹۸	مقایسه شاخص‌های عملکرد برای قابهای با توزیع یکنواخت و توزیع متغیر لنگر لغزش
۱۰۰	کنترل شاخص‌های عملکرد با رکورد زلزله طبرس
۱۰۰	کنترل لغزش میراگر طبقات در لنگر لغزش بهینه
۱۰۳	توزیع لنگر لغزش بهینه بر مبنای تحلیل دینامیکی
۱۰۳	خلاصه و نتیجه‌گیری

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

فهرست شکل‌ها

۶	شکل ۱-۲ میراگر ADAS و TADAS
۷	شکل ۲-۲ ساختار میراگر سیال لزج
۸	شکل ۳-۲ استفاده از میراگر سیال لزج در جداسازی پایه
۹	شکل ۴-۲ استفاده از میراگر سیال لزج در بادبندهای V شکل
۹	شکل ۵-۲ استفاده از میراگرهای سیال لزج به صورت قطری
۱۰	شکل ۶-۲ استفاده از میراگرهای سیال لزج به همراه اهرم های متحرک
۱۰	شکل ۷-۲ میراگر ویسکوالاستیک
۱۱	شکل ۸-۲ شکل شماتیک میراگر جرمی تنظیم شده جابه‌جایی
۱۱	شکل ۹-۲ میراگر جرمی تنظیم شده فعال
۱۲	شکل ۱۰-۲ میراگر مایع تنظیم شده
۱۲	شکل ۱۱-۲ اتصال پیچی شیاردار
۱۴	شکل ۱۲-۲ میراگر اصطکاکی پال
۱۵	شکل ۱۳-۲ مکانیسم میراگر اصطکاکی در یک قاب یک دهانه
۱۵	شکل ۱۴-۲ اجزا میراگر اصطکاکی دورانی
۱۶	شکل ۱۵-۲ تجهیزات آزمایشگاهی برای قاب مجهز به میراگر اصطکاکی دورانی
۱۷	شکل ۱۶-۲ اثر فرکانس بارگذاری
۱۷	شکل ۱۷-۲ اثر دامنه جابه‌جایی متفاوت و رابطه اتلاف انرژی و جابه‌جایی
۱۹	شکل ۱-۳ قاب با میراگر اصطکاکی دورانی پیشنهادی در مرکز
۲۱	شکل ۲-۳ رفتار میراگر اصطکاکی
۲۳	شکل ۳-۳ تغییر شکل محوری، برشی و خمشی
۲۴	شکل ۴-۳ نیروها و لنگرها در دو گره المان ون
۲۴	شکل ۵-۳ مشخصه پلاستیسیته ون برای نوع تک محوری
۲۵	شکل ۶-۳ تعریف پارامترهای پلاستیسیته برای المان ون
۲۶	شکل ۷-۳ قاب مدل شده در نرم‌افزار SAP2000
۲۶	شکل ۸-۳ اتصال بازوهای افقی و عمودی میراگر در مرکز توسط یک المان ون (نمای سه بعدی)
۲۷	شکل ۹-۳ منحنی رفتار رفت و برگشتی المان ون
۲۸	شکل ۱۰-۳ تغییر شکل قاب و میراگر اصطکاکی دورانی تحت بارگذاری جانبی
۲۹	شکل ۱۱-۳ نمودار لنگر پیچشی - دوران در مفصل اصطکاکی تحت بار استاتیکی افزایشده
۳۱	شکل ۱۲-۳ نمودار تغییرات انرژی میراشده به تغییرات طول بازوهای میراگر
۳۱	شکل ۱۳-۳ نمودار تغییرات جابه‌جایی قاب به طول بازوهای میراگر
۳۲	شکل ۱۴-۳ نمودار تغییرات نسبت طول بازوهای میراگر به انرژی مستهلک شده

- شکل ۳-۱۵ رابطه دوران و جابه‌جایی ۳۳
- شکل ۳-۱۶ نمودار دویعدی ابعاد میراگر و انرژی میراشده ۳۴
- شکل ۳-۱۷ رابطه بین نسبت بازوها و مقدار انرژی میراشده ۳۶
- شکل ۳-۱۸ رابطه لنگر دورانی و مقدار انرژی میرا شده ۳۷
- شکل ۳-۱۹ رابطه لنگر دورانی و تغییر مکان قاب ۳۷
- شکل ۳-۲۰ قاب با میراگر اصطکاکی دورانی با بازوهای عمود بر مهاربندها ۳۸
- شکل ۳-۲۱ نیروهای عملکردی قاب مجهز به میراگر اصطکاکی دورانی پیشنهادی ۳۹
- شکل ۳-۲۲ رابطه دوران و جابه‌جایی ۴۱
- شکل ۳-۲۳ زوج مهاربند به همراه بازوی افقی میراگر متصل به آن ۴۲
- شکل ۳-۲۴ زوج مهاربندها به همراه بازوی قائم میراگر ۴۳
- شکل ۳-۲۵ رابطه بین T_h و T_v در حالت بهینه برای قابی با ابعاد ۳ در ۶ متر ۴۵
- شکل ۳-۲۶ رابطه لنگر دورانی و مقدار انرژی میرا شده بر اساس مقادیر عددی و تحلیلی ۴۹
- شکل ۳-۲۷ رابطه بین نیرو و جابه‌جایی قاب خمشی مجهز به میراگر اصطکاکی ۵۰
- شکل ۳-۲۸ نمودار برش پایه به جابه‌جایی قاب مجهز به میراگر اصطکاکی دورانی ۵۲
- شکل ۴-۱ قاب مجهز به میراگر اصطکاکی دورانی ارائه شده توسط موالا ۶۰
- شکل ۴-۲ پاسخ قاب با و بدون میراگر تحت تحریک زلزله، مدل شده توسط موالا و بلو در نرم افزار Drain-2DX ۶۰
- شکل ۴-۳ پاسخ بدست آمده برای قاب اولیه با و بدون میراگر، مدل شده در این تحقیق در نرم افزار SAP2000 ۶۱
- شکل ۴-۴ پاسخ‌های قاب مجهز به میراگر اصطکاکی دورانی موالا و میراگر دورانی پیشنهادی ۶۱
- شکل ۴-۵ مقاطع طراحی شده برای قاب ۴ طبقه ۶۶
- شکل ۴-۶ مقاطع طراحی شده برای قاب ۸ طبقه ۶۷
- شکل ۴-۷ مقاطع طراحی شده برای قاب ۱۲ طبقه ۶۸
- شکل ۴-۸ جابه‌جایی طبقه بام در قاب ۴ طبقه ۷۳
- شکل ۴-۹ جابه‌جایی طبقه بام در قاب ۸ طبقه ۷۳
- شکل ۴-۱۰ جابه‌جایی طبقه بام در قاب ۱۲ طبقه ۷۴
- شکل ۴-۱۱ برش پایه حداکثر برای قاب ۴ طبقه ۷۵
- شکل ۴-۱۲ برش پایه حداکثر برای قاب ۸ طبقه ۷۵
- شکل ۴-۱۳ برش پایه حداکثر برای قاب ۱۲ طبقه ۷۶
- شکل ۴-۱۴ نسبت انرژی میرا شده به انرژی ورودی برای قاب ۴ طبقه ۷۷
- شکل ۴-۱۵ نسبت انرژی میرا شده به انرژی ورودی برای قاب ۸ طبقه ۷۸
- شکل ۴-۱۶ نسبت انرژی میرا شده به انرژی ورودی برای قاب ۱۲ طبقه ۷۸
- شکل ۴-۱۷ منحنی لنگر- دوران میراگر برای طبقه اول قاب ۱۲ طبقه با $PGA = 0.4g$ و لنگر ۸۱

- لغزش ۱KN.m
- ۸۱ شکل ۴-۱۸ منحنی لنگر- دوران میراگر برای طبقه چهارم قاب ۴ طبقه با $PGA = 0.2g$ با لنگر لغزش ۱۰KN.m
- ۸۳ شکل ۴-۱۹ منحنی انرژی برای قاب ۴ طبقه با لنگر ۵KN.m و $PGA = 0.2g$ توسط نرم افزار SAP2000
- ۸۳ شکل ۴-۲۰ منحنی انرژی برای قاب ۴ طبقه با لنگر لغزش ۵KN.m و $PGA = 0.2g$ توسط EXCEL
- ۸۴ شکل ۴-۲۱ منحنی انرژی برای قاب ۸ طبقه با لنگر لغزش ۱KN.m و $PGA = 0.3g$ توسط نرم افزار SAP2000
- ۸۴ شکل ۴-۲۲ منحنی انرژی برای قاب ۸ طبقه با لنگر لغزش ۱KN.m و $PGA = 0.3g$ توسط نرم افزار EXCEL
- ۸۵ شکل ۴-۲۳ منحنی انرژی برای قاب ۱۲ طبقه با لنگر لغزش ۱۰KN.m و $PGA = 0.4g$ توسط نرم افزار SAP2000
- ۸۵ شکل ۴-۲۴ منحنی انرژی برای قاب ۱۲ طبقه با لنگر لغزش ۱۰KN.m و $PGA = 0.4g$ توسط نرم افزار EXCEL
- ۹۱ شکل ۴-۲۵ تغییرات لنگر لغزش بهینه نسبت به طبقات
- ۱۰۲ شکل ۵-۱ منحنی لنگر- دوران میراگر طبقه بام قاب ۸ طبقه با لنگر لغزش بهینه $PGA = 0.2g$ و ۵KN.m
- ۱۰۲ شکل ۵-۲ منحنی لنگر- دوران میراگر طبقه بام قاب ۸ طبقه با لنگر لغزش بهینه KN.m و $PGA = 0.2g$ و ۱/۵

فهرست جداول

- جدول ۳-۱ خلاصه نتایج ۳۶ تحلیل بر روی قاب با ابعاد ۳ متر ارتفاع و ۶ متر دهانه مجهز به میراگر با بازوی متغیر ۳۰
- جدول ۳-۲ انرژی مستهلک شده به ابعاد میراگر ۳۴
- جدول ۳-۳ ابعاد میراگر و مقدار دوران در مفصل اصطکاکی در قاب ۴ در ۵ متر ۳۴
- جدول ۳-۴ ابعاد میراگر و مقدار دوران آن در قاب ۲ در ۳ متر ۳۵
- جدول ۳-۵ ابعاد میراگر و میزان دوران آن و تغییر مکان قاب با ابعاد ۴ در ۳ متر ۳۵
- جدول ۳-۶ اثر تغییر لنگر دورانی بر روی میزان اتلاف انرژی و جابه جایی قاب ۳۶
- جدول ۳-۷ خلاصه محاسبات کنترل ابعاد بهینه میراگر ۴۶
- جدول ۳-۸ محاسبه اثر طول بازوهای میراگر در مقدار انرژی میرا شده با استفاده از روابط ۳-۵۴ و ۱۱-۳ و ۱۱
- جدول ۴-۱ بارگذاری زلزله با روش استاتیکی معادل مطابق مبحث ششم برای قاب ۴، ۸ و ۱۲ طبقه جهت طراحی اولیه ۶۳
- جدول ۴-۲ کنترل تغییر مکان نسبی طبقات و پایداری برای قاب ۴ طبقه طراحی شده ۶۴
- جدول ۴-۳ کنترل تغییر مکان نسبی طبقات و پایداری برای قاب ۸ طبقه طراحی شده ۶۴
- جدول ۴-۴ کنترل تغییر مکان نسبی طبقات و پایداری برای قاب ۱۲ طبقه طراحی شده ۶۵
- جدول ۴-۵ محاسبه ضریب میرایی متناسب با جرم و سختی برای قابهای ۴، ۸ و ۱۲ طبقه ۷۱
- جدول ۴-۶ حداکثر نیروی محوری در مهاربندهای قاب ۴ طبقه ۷۹
- جدول ۴-۷ حداکثر نیروی محوری در مهاربندهای قاب ۸ طبقه ۸۰
- جدول ۴-۸ فاکتورهای جابه جایی بام، برش پایه و انرژی و شاخص عملکرد SPI برای قاب ۴ طبقه ۸۶
- جدول ۴-۹ فاکتورهای جابه جایی بام، برش پایه و انرژی و شاخص عملکرد SPI برای قاب ۸ طبقه ۸۷
- جدول ۴-۱۰ فاکتورهای جابه جایی بام، برش پایه و انرژی و شاخص عملکرد SPI برای قاب ۱۲ طبقه ۸۸
- جدول ۴-۱۱ فاکتور جابه جایی بام، برش پایه و انرژی و شاخص عملکرد SPI برای قاب ۴، ۸ و ۱۲ طبقه تحت زلزله طیس ۸۹
- جدول ۴-۱۲ شاخص های عملکرد قاب های ۴، ۸ و ۱۲ طبقه مجهز به میراگر اصطکاکی دورانی موالا ۹۰
- جدول ۴-۱۳ شاخص های عملکرد قاب های ۴، ۸ و ۱۲ طبقه مجهز به میراگر اصطکاکی دورانی پیشنهادی ۹۰
- جدول ۴-۱۴ مقادیر لنگر لغزش بهینه برای هر سه قاب تحت شتابهای اوج ۹۱
- جدول ۵-۱ محاسبات تحلیل استاتیکی معادل برای قاب ۴، ۸ و ۱۲ طبقه با شتاب

- مبنای $A = 0.2g, 0.3g, 0.4g$ ۹۵
- جدول ۲-۵ توزیع لنگر لغزش بهینه در طبقات برای قاب ۴ طبقه برای سه شتاب مبنا ۹۶
- جدول ۳-۵ توزیع لنگر لغزش بهینه در طبقات برای قاب ۸ طبقه برای سه شتاب مبنا ۹۶
- جدول ۴-۵ توزیع لنگر لغزش بهینه در طبقات برای قاب ۱۲ طبقه برای سه شتاب مبنا ۹۶
- جدول ۵-۵ حداکثر برش پایه، جابه‌جایی بام و نسبت انرژی برای قاب ۴ طبقه با توزیع لنگر لغزش بهینه ۹۷
- جدول ۶-۵ حداکثر برش پایه و جابه‌جایی قاب خمشی اولیه ۴ طبقه ۹۷
- جدول ۷-۵ فاکتورهای برش پایه، جابه‌جایی، انرژی مانده و شاخص عملکرد قاب ۴ طبقه با توزیع لنگر لغزش بهینه ۹۷
- جدول ۸-۵ حداکثر برش پایه، جابه‌جایی بام و نسبت انرژی برای قاب ۸ طبقه با توزیع لنگر لغزش بهینه ۹۸
- جدول ۹-۵ حداکثر برش پایه و جابه‌جایی قاب خمشی اولیه ۸ طبقه ۹۸
- جدول ۱۰-۵ فاکتورهای برش پایه، جابه‌جایی، انرژی مانده و شاخص عملکرد قاب ۸ طبقه با توزیع لنگر لغزش بهینه ۹۸
- جدول ۱۱-۵ حداکثر برش پایه، جابه‌جایی بام و نسبت انرژی برای قاب ۱۲ طبقه با توزیع لنگر لغزش بهینه ۹۹
- جدول ۱۲-۵ حداکثر برش پایه و جابه‌جایی قاب خمشی اولیه ۱۲ طبقه ۹۹
- جدول ۱۳-۵ فاکتورهای برش پایه، جابه‌جایی، انرژی مانده و شاخص عملکرد قاب ۱۲ طبقه با توزیع لنگر لغزش بهینه ۹۹
- جدول ۱۴-۵ فاکتورهای برش پایه، جابه‌جایی بام، انرژی مانده و شاخص عملکرد برای دو توزیع لنگر لغزش قاب ۴ طبقه ۱۰۰
- جدول ۱۵-۵ فاکتورهای برش پایه، جابه‌جایی بام، انرژی مانده و شاخص عملکرد برای دو توزیع لنگر لغزش قاب ۸ طبقه ۱۰۰
- جدول ۱۶-۵ فاکتورهای برش پایه، جابه‌جایی بام، انرژی مانده و شاخص عملکرد برای دو توزیع لنگر لغزش قاب ۱۲ طبقه ۱۰۰
- جدول ۱۷-۵ فاکتور برش پایه، جابه‌جایی بام، انرژی مانده و شاخص عملکرد برای دو توزیع لنگر لغزش قاب ۱، ۴ و ۱۲ طبقه تحت تحریک زلزله طبس ۱۰۱
- جدول ۱۹-۵ شاخص عملکرد قاب‌های ۴، ۸ و ۱۲ طبقه با توزیع متغیر بر مبنای تحلیل استاتیکی ۱۰۳
- جدول ۱۸-۵ شاخص عملکرد قاب‌های ۴، ۸ و ۱۲ طبقه با توزیع متغیر بر مبنای تحلیل دینامیکی ۱۰۳

فصل اول

مقدمه

عموما نیروهای وارد به ساختمان در زلزله، با کاهش وزن، افزایش پیروید اصلی ارتعاش و افزایش ظرفیت اتلاف انرژی ساختمان کاهش می‌یابد. در بیشتر آیین‌نامه‌های لرزه‌ای، از جمله آیین‌نامه ۲۸۰۰، نیروهای طراحی لرزه‌ای، با وزن ساختمان متناسب بوده و به پیروید اصلی ارتعاش و ضریب رفتار که بیانگر ظرفیت سیستم سازه‌ای برای جذب انرژی در محدوده پاسخ غیرخطی ساختمان است، بستگی دارد. با حذف طبقات بالایی، تغییر کاربری ساختمان، حذف سقف سنگین و جایگزینی آن با سقف سبک، حذف الحاقات سنگین و استفاده از دیوارهای سبک می‌توان وزن سازه را کاهش داد. همچنین با اصلاح و تکمیل سیستم سازه‌ای ضریب رفتار (ظرفیت اتلاف انرژی) یک ساختمان موجود را افزایش داد. در سال‌های اخیر، برای کاهش نیروهای زلزله وارد به سازه، روشهای متعددی مورد تحقیق و آزمایش قرار گرفته است. این روشها به شرح زیر است:

روشهای جداسازی لرزه‌ای و روشهای اضافه کردن میرایی. در هر دو روش، تغییر مکان‌های سازه در طی زلزله کاهش می‌یابد. جداسازی لرزه‌ای پیروید اصلی ارتعاش سیستم را افزایش می‌دهد که در نتیجه برش پایه ساختمان کاهش می‌یابد [۱]. افزایش میرایی سازه از طریق سیستم‌های مکانیکی اعمال می‌شود که قابلیت جذب و اتلاف انرژی ورودی را دارند. هدف اصلی استفاده از میراگرها کاهش یا حذف نیاز شکل-پذیری سازه اصلی است که منجر به کاهش قابل توجهی در آسیب سازه‌ای و غیر سازه‌ای خواهد شد. منبع اعمال نیرو توسط میراگرها به سازه اصلی متفاوت است. روش‌های کنترل سازه‌ای فعال، نیمه فعال و غیرفعال بر روی سازه‌های مختلف با بارهای دینامیکی گوناگون مطالعه شده است. سیستم‌های کنترل غیرفعال برای کاهش پاسخ دینامیکی سازه در مقابل زلزله و بادهای قوی به کار رفته است. ابزارهای اصطکاکی که نوعی از این میراگر است، پتانسیل بالایی در جذب و استهلاک انرژی با هزینه پایین و سهولت در نصب و نگهداری دارد.

میراگرهای اصطکاکی با اعمال میرایی اضافی، نیروهای وارد بر سازه، دامنه ارتعاش و شتاب کفها را به طور قابل توجهی کاهش داده و آسیب‌پذیری سازه و تجهیزات داخل آن به حداقل رسیده و سازه به در محدوده ایمن باقی می‌ماند؛ در نتیجه شکل‌پذیری سازه منتفی می‌شود. میراگرهای اصطکاکی رفتار هیستریتیک پایدار، حلقه‌های هیستریزیس مستطیلی بزرگ با کاهش سختی کم در سیکل‌های زیاد و قابلیت جذب انرژی بالایی دارد؛ مکانیزم ساده‌ای دارند به طوری که ساخت، نصب و نگهداری آنها را آسان کرده و فضای کمی را در سازه اشغال می‌کنند. همه این مزایا باعث می‌شود هزینه اولیه ساخت سازه جدید یا بهسازی یک سازه موجود به نسبت کاهش یابد.

سیستم‌های اصطکاکی انرژی را از طریق لغزش دو قطعه نسبت به یکدیگر مستهلک می‌کنند. میراگرهای اصطکاکی که برای لغزش تحت بار از پیش تعیین شده طراحی شده بودند توسط Filiantrault و Cherry

(۱۹۸۷ و ۱۹۹۰) مطالعه شدند. سیستم‌های اصطکاکی از نوع اتصالات سوراخدار و پیچ شده (SBC) که دو قطعه از یک مهاربند را با پیچ‌های با مقاومت بالا به یکدیگر متصل می‌کرد به وسیله Fitzgerald (۱۹۸۹) پیشنهاد شد. Popov و همکاران (۱۹۹۳) اتصال (SBC) را در یک مدل آزمایشگاهی انعطاف-پذیر روی میز لرزان آزمایش کردند و مشاهده کردند که بیشترین انرژی ورودی را به طور موثری اتلاف می‌کند. Costantinou و همکاران (۱۹۹۱) یک سیستم کنترل جابه‌جایی را ارائه و آزمایش کردند که شامل قطعات اصطکاکی و فنر بود. مجموعه اصطکاکی شامل صفحات برنز آغشته به گرافیت بوده و حلقه‌های هیستریزیس پایداری تحت حرکت زمین داشت. سیستم‌هایی با سطوح کبالت به طور موفقیت آمیزی به وسیله Tremblay و Stiemer (۱۹۹۳) آزمایش شدند. میراگرهای اصطکاکی که بر روی دیواره استوانه‌های فولادی می‌لغزید به وسیله Aiken و Kelly (۱۹۹۳) و Nims و همکاران (۱۹۹۳) توضیح داده شده است. Kitajima و همکاران (۱۹۹۷) یک قاب بتنی مسلح بهسازی شده با میراگر اصطکاکی را آزمایش کردند که حلقه‌های هیستریزیس پایداری را نشان می‌داد. Ohnishi و همکاران (۱۹۹۹) یک میراگر شامل میله‌ای از آلیاژ مس و یک قالب فولادی آلیاژی را آزمایش کردند و مشاهده کردند که تحت بارگذاری دینامیکی حلقه‌های هیستریزیس پایداری دارد. میراگرهای اصطکاکی بیشتر در کانادا و به عنوان مهاربند در بهسازی و در سازه‌های فولادی جدید به وسیله Pall (۱۹۹۶) بکار گرفته شد [۲].

Pall و همکاران (۱۹۸۰) میراگر اصطکاکی را برای اولین بار برای بهبود پاسخ لرزه‌ای سازه‌ها توسعه دادند. اگر مهارهای قطری یک سازه قابی مهارشده معمولی برای کمانه نکردن در فشار طراحی شود، یک اتصال اصطکاکی در هر یک از قطرهای مهار می‌توان قرار داد. معمولاً طراحی مهارها در فشار غیراقتصادی است و اغلب بهتر است فقط برای کشش تنها طراحی شوند. در چنین مواردی یک اتصال اصطکاکی ساده در کشش می‌لغزد اما در برگشت بار یا در حالت کمانش، لغزشی اتفاق نمی‌افتد. جذب انرژی در چنین حالتی نسبتاً ضعیف است، چون مهار دیگر لغزش نمی‌کند. بنابراین نیاز به ابزارهای اصطکاکی در مهارهای همگرا ضرورتر است چرا که توانایی مهاربندهای قطری در اتلاف انرژی در زلزله‌های شدید اساساً به تسلیم کششی و ظرفیت کمانش آنها محدود است. Pall و Marsh (۱۹۸۲) این مشکل را با اتصال صفحات اصطکاکی با چهار المان در محل تقاطع ضربدری برطرف کردند و فرض کردند که مهارها طوری ساخته شده‌اند که در هر دو حالت کشش و فشار لغزش داشته باشند. سیستم منتج معمولاً میراگر اصطکاکی پال (PFD) به نام مخترع آن نامیده می‌شود [۳].

Mualla (۲۰۰۰) نوع جدیدی از میراگر اصطکاکی را ارائه کرد که شامل ۳ ورق بوده و هر یک از ورق‌ها بر روی یکدیگر دوران می‌کردند. بین هر یک از ورق‌ها دو صفحه اصطکاکی قرار می‌گرفت که نقش نیروی اصطکاک برای کاهش حرکت داشت. هر یک از ورق‌ها به میل مهارهای متصل بودند که برای جلوگیری از

فشار و کماتش پیش‌تنیده شده بودند. رفتار پسماند و پایدار میراگر وابسته به نوع صفحات اصطکاکی به کار رفته است. آزمایشاتی برای یافتن پارامترهای دخیل مانند تعداد دفعات بارگذاری، دامنه جابه‌جایی، نیروی سفت‌کردن پیچ‌ها و پیش‌تنیدگی مهارها بر روی مدل قاب مجهز به میراگر اصطکاکی انجام شد [۴].

آزمایشهای با بارگذاری رفت و برگشتی بر روی مدل قاب مقیاس شده نشان می‌دهد که میراگر دورانی در محدوده فرکانس ۲ تا ۷ هرتز مستقل از فرکانس بارگذاری است و ظرفیت اتلاف انرژی متناسب با دامنه جابه‌جایی نسبی طبقه و نیروی سفت‌کردن پیچ‌ها می‌باشد و همین امر مدل سازی عددی را ساده می‌کند. همچنین آزمایشات با مدل مقیاس کامل سه طبقه بر روی میز لرزان نشان می‌دهد سیستم میراگر ارائه شده ظرفیت خوبی برای کاهش قابل توجه در ارتعاشات ناشی از زلزله را دارد. دوام میراگر نیز از جمله پارامترهای مورد بررسی در آزمایشات بود. در طول ۱۴ سری آزمایش هیچ آسیبی به میراگرها، میل مهارها، اعضای قاب و اتصالات وارد نشد. مواد صفحه اصطکاکی نیز به خوبی و بدون خراشیدن در سطوح لغزش عمل کرد. نصب میراگر با مقیاس کامل بر روی سازه با سرعت انجام شد که نشان‌دهنده سهولت ساخت و نصب آن بر روی سازه‌ها می‌باشد. همچنین مدلسازی عددی این قاب سه طبقه در یک نرم افزار تحلیل غیرخطی نظیر DRAIN-2DX انطباق کارایی لرزه‌ای قاب با میراگر اصطکاکی با نتایج آزمایشگاهی را تایید می‌کند [۵].

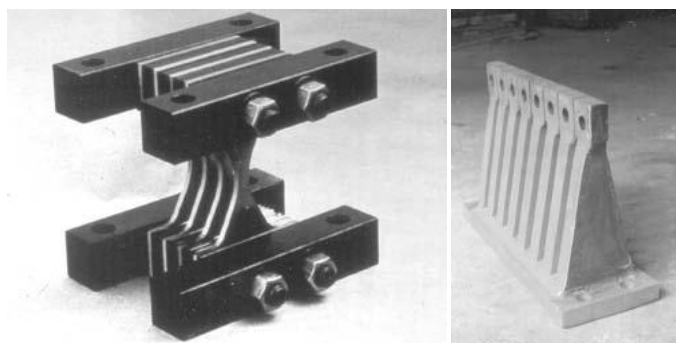
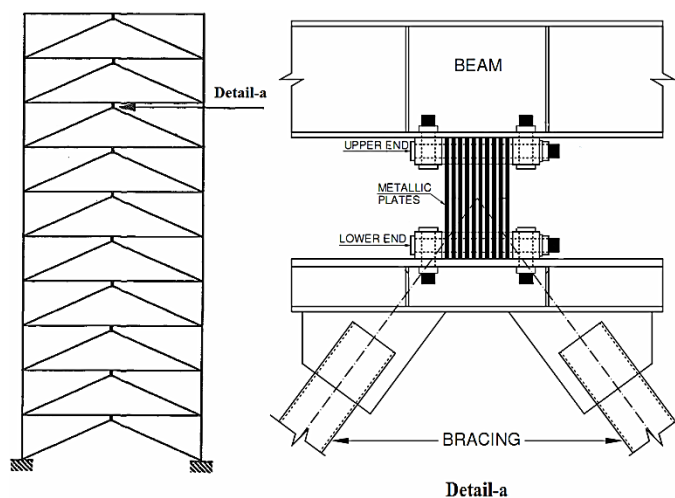
تحلیل‌های عددی بر روی قاب فولادی یک دهانه نشان داد که اگر سختی و مقاومت میراگر به درستی انتخاب شود، جابه‌جایی و برش پایه به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. همچنین پیش‌تنیدگی جزئی مهارها تاثیر چندانی در پاسخ جابه‌جایی و دوران میراگر ندارد. کارایی قاب مجهز به میراگر اصطکاکی تحت زلزله‌ای با PGA که ۵۰ درصد بیش از سطح طراحی است به طور رضایت بخشی خواهد بود [۴].

فصل دوم

بررسی اجمالی انواع میراگرها

۱- میراگر تسلیمی ADAS

این میراگرها در زمره میراگرهای غیرفعال به شمار می‌رود که افزایشده میرایی و سختی درسازه بوده و به اختصار ADAS (Added Damping and Stiffness) نامیده می‌شوند. این میراگرها از تعدادی صفحات فولادی به شکل X یا مثلثی شکل (Trainagular plate Added Damping and Stiffness-TADAS) می‌باشند که به صورت موازی و به تعداد مورد نیاز در کنارهم قرار می‌گیرند. هنگامی که میراگر ADAS تحت اثر نیروی جانبی قرار می‌گیرد، تغییرشکل‌های صفحات فولادی به صورت انحنای مضاعف خواهد بود. این میراگرها عموماً در زیر تیر طبقه و بر روی عضو تکیه‌گاهی مهاربندهای شورون قرار می‌گیرد. جابه جایی میان طبقه‌ای باعث می‌شود قسمت بالای ADAS نسبت به پایین آن یک حرکت نسبی داشته باشد. شکل ۱-۲ یک میراگر ADAS را نشان می‌دهد.



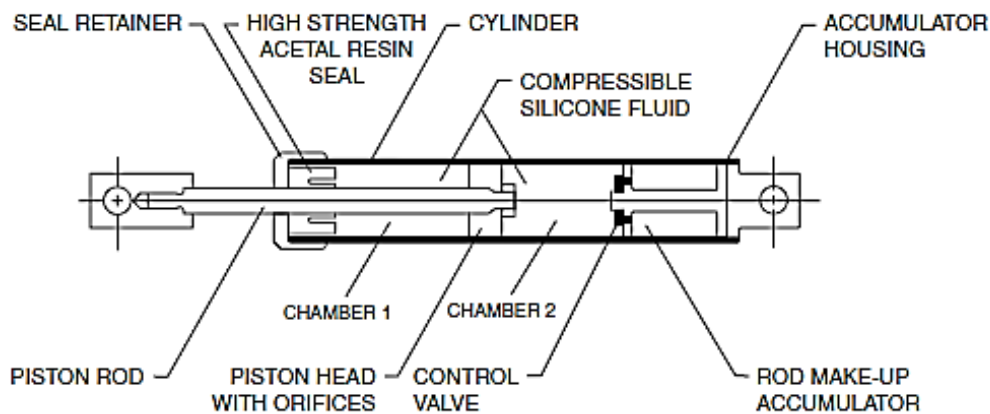
شکل ۱-۲ میراگر ADAS و TADAS

ورق‌های ADAS همخوانی بسیار نزدیکی با نمودار لنگر خمشی آن دارد. بنابراین انتظار می‌رود کل سطح ورق وقتی از حد تسلیم مصالح آن فزونی یافت، به شکل پلاستیک درآید. با تسلیم حجم زیادی از فولاد، ADAS هنگام زمین لرزه‌های شدید قابلیت اتلاف انرژی زیادی را از خود نشان می‌دهد. این عمل محاسن زیادی دارد که از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- اتلاف انرژی در محل‌های خاص متمرکز و محدود می‌شود.
- اتلاف انرژی مورد نیاز دیگر اعضای سازه‌ای به شکل اساسی کاهش می‌یابد.
- ADAS احتیاج به نگهداری ندارد (برخلاف کنترل فعال).
- بعد از وقوع زمین لرزه و تسلیم آن به آسانی تعویض می‌شود (برخلاف المان پیوند برشی در EBF).
- استفاده از آنها به ارتفاع و هندسه پلان ساختمان محدود نمی‌شود (برخلاف جداساز از پایه‌ها) [۶].

۲- میراگر سیال لزج

میراگر سیال لزج یک راه حل برای افزایش میرایی و اتلاف انرژی در سیستم‌های جانبی در سازه می‌باشد. میراگر سیال لزج از طریق هل دادن سیال به درون روزنه، یک فشار مستهلک کننده ایجاد می‌کند که باعث تولید نیرو می‌شود. هنگامی که میراگر تحت کشش یا فشار قرار می‌گیرد، سیال درون میراگر جریان پیدا کرده و از روزنه‌هایی که در سر پیستون وجود دارد از یک محفظه به محفظه دیگر حرکت می‌کند. سیال پرتاب شده طی عبور از روزنه با ایجاد اختلاف فشار در روی سر پیستون باعث به وجود آمدن نیروی ضربه‌ای می‌شود. در شکل ۲-۲ تصویری از اجزا میراگر نشان داده شده است.



شکل ۲-۲ ساختار میراگر سیال لزج

رابطه بین نیرو و سرعت در این نوع میراگر را می‌توان به صورت زیر فرمول‌بندی کرد:

$$F = Ce^N$$

رابطه ۲-۱

که در آن

F : نیروی خارجی بر حسب پوند

V : سرعت نسبی عبور از ضربه گیر

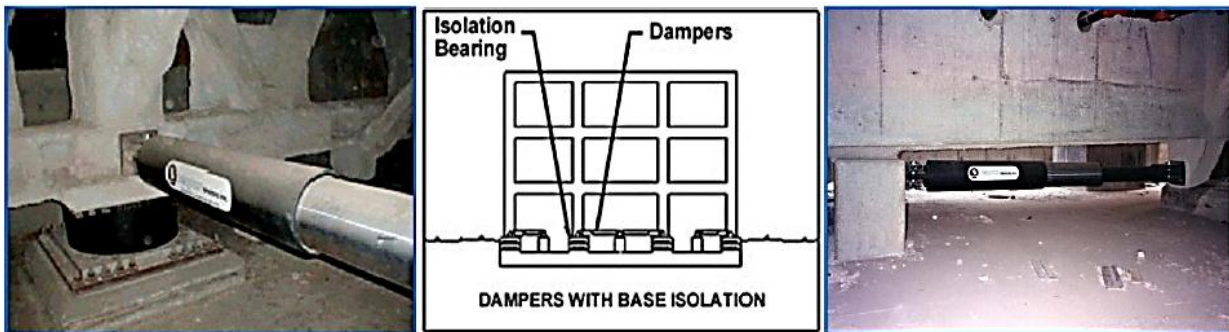
C : ضریبی ثابت که مقدار آن را قطر ضربه گیر و مساحت سوراخ مشخص می کند.

N : یک ثابت نمایی است که می تواند مقداری بین $1/95$ تا $0/3$ داشته باشد.

در صورتی که مقدار N بین $0/3$ تا 1 باشد دارای بهترین کارایی سازه ای خواهیم بود. افزودن سیال میرا به یک سازه می تواند استهلاک سازه را به چیزی بیش از 30 درصد حد نهایی و بحرانی خود برساند. همچنین باعث کاهش عمده تحریکات لرزه خیزی می شود. افزودن سیال میراکننده به سازه موجب کاهش شتاب افقی طبقه و تغییر شکل های جانبی تا 50 درصد و گاهی بیشتر نیز شود [۶].

اصولا برای استفاده مناسب از میراگرهای سیال لزج، این تجهیزات می بایست در جایی به کار گرفته شوند که جابه جایی نسبی دو سر میراگر زیاد باشد. بنابراین بهترین انتخاب برای مکان یابی این تجهیزات به کارگیری در تراز جداسازی سازه ها یا بکارگیری در سازه هایی با جابه جایی زیاد از قبیل سازه های بلند و سازه های انعطاف پذیر می باشد. به طور کلی 4 روش برای اتصال میراگرها به سازه وجود دارد که در زیر به آن پرداخته شده است [۷]:

۱-۲ استفاده از میراگرهای سیال لزج در جداسازی پایه



شکل ۲-۳ استفاده از میراگر سیال لزج در جداسازی پایه [۷]

این میراگرها دارای قلابهای دایره ای در هر انتهای خود می باشند. میراگرهای ویسکوزی که در جداسازی پایه به کار گرفته می شوند، دارای جابه جایی نسبی زیادی در دو انتهای خود می باشند. نحوه اتصال میراگرها در جداسازی پایه، توسط پین بوده و نکته مهم در این اتصال، قائم بودن پین های اتصال می باشد تا میراگر اجازه حرکت های پیچشی را به سازه داده و به واسطه مقاومت در برابر این حرکات آسیب نبیند. امروزه استفاده از میراگرهای سیال لزج به همراه جداسازهای لاستیکی معمولی، اصطکاکی و غلتکی، و