

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

١٣١٢٥٨



# بررسی اثر گیرداری خمشی در رفتار میراگرهای غیر فعال برشی

هادی لهفتان

دانشکده فنی دانشگاه ارومیه

گروه عمران

زمستان ۱۳۸۷

۱۳۸۹/۴/۸

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران - سازه

کتابخانه مرکزی ارومیه  
تاریخ ثبت: ۱۳۸۹/۴/۸

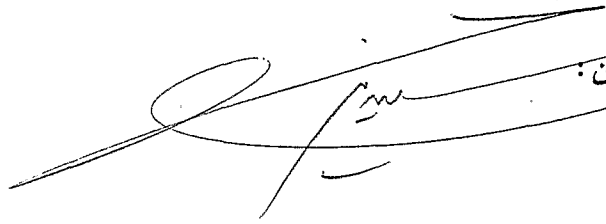
استاد راهنما:

دکتر حبیب سعید منیر

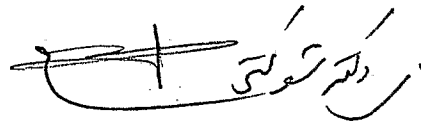
۱۳۸۶۵۸

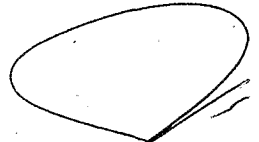
پایان نامہ *مادر لہستان* بہ تاریخ ۱۲، ۱۱، ۱۷ شماره ۷۶ - ۲ ف مورد پذیرش هیات محترم


داوران با رتبہ ب و نمبرہ ۱۷ / *حصہ ۱* قرار گرفت۔

۱- استاد راہنما و رئیس ہیئت داوران : 

۲- استاد مشاور :

۳- داور خارجی : *رکنہ سولہ* 

۴- داور داخلی : *رکنہ سہ ای* 

۵- نمایندہ تحصیلات تکمیلی : *رکنہ لکڑی* 

حق دہیم و نشر مطالبہ ادبہ بنامہ نامہ  
در انحصار دانشگاہ اورینٹل ہے

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱.....	چکیده.....
فصل ۱: معرفی مسأله و روند کلی پایان نامه	
۲.....	۱-۱ مقدمه .....
۲.....	۲-۱ روند کلی پایان نامه .....
فصل ۲: مروری بر تحقیقات انجام گرفته	
۳.....	۱-۲ مقدمه .....
۳.....	۲-۲ کنترل غیر فعال .....
۳.....	۱-۲-۲ جداساز لرزه ای .....
۵.....	۲-۲-۲ میراگرها .....
۵.....	۱-۲-۲-۲ مستهلک کننده انرژی با مکانیسم تسلیم فلزات .....
۵.....	۱-۱-۲-۲-۲ میراگرهای TADAS , ADAS .....
۶.....	۲-۱-۲-۲-۲ تلف کننده های انرژی فشاری - سریبی .....
۷.....	۲-۲-۲-۲ میراگر اصطکاکی .....
۷.....	۱-۲-۲-۲-۲ مقدمه .....
۸.....	۲-۲-۲-۲-۲ میراگر اصطکاکی پال و سومیتومو .....
۱۱.....	۳-۲-۲-۲-۲ اصطکاک جامد .....
۱۲.....	۴-۲-۲-۲-۲ رفتار میراگر و مدلسازی ماکروسکوپیک .....
۱۳.....	۵-۲-۲-۲-۲ رفتار دینامیکی میراگر اصطکاکی .....
۱۵.....	۶-۲-۲-۲-۲ تحلیل سازه ای .....
۱۶.....	۷-۲-۲-۲-۲ مطالعه تجربی .....
۱۷.....	۳-۲-۲-۲-۲ میراگر ویسکوالاستیک .....
۱۸.....	۱-۳-۲-۲-۲ مطالعه تجربی .....
۲۱.....	۴-۲-۲-۲-۲ میراگر سیال لزج .....
۲۳.....	۵-۲-۲-۲-۲ میراگر جرمی تنظیم شونده .....
۲۵.....	۶-۲-۲-۲-۲ میراگر مایعی تنظیم شونده .....
۲۶.....	۳-۲ کنترل نیمه فعال .....
۲۶.....	۱-۳-۲ میراگرهای با منفذ خروجی متغیر .....
۲۷.....	۲-۳-۲ میراگرهای دارای سیالات مگنتو - رئولوژیک .....
۲۷.....	۳-۳-۲ آلیاژهای شکل یاب ( SMA ) .....

- ۲-۴ کنترل فعال ..... ۲۷
- ۲-۴-۱ سیستم مهاربندی فعال ( ABS ) ..... ۲۹
- ۲-۴-۲ سیستم سختی متغیر فعال ( AVS ) ..... ۲۹
- ۲-۴-۳ سیستم جرم میراگیر تنظیم شده فعال ( AMD ) ..... ۲۹

### فصل ۳: مواد اصطکاکی استفاده شده در پدهای اصطکاکی

- ۳-۱-۳ مروری بر مواد اصطکاکی لنت ترمز ..... ۳۰
- ۳-۲-۳ مواد اصطکاکی خشک ..... ۳۲
- ۳-۲-۳-۱ طراحی تارها ..... ۳۲
- ۳-۲-۳-۱-۱ بلور کریستال ..... ۳۴
- ۳-۲-۳-۱-۲ فلز ..... ۳۴
- ۳-۲-۳-۱-۳ آرامید ..... ۳۴
- ۳-۲-۳-۱-۴ پتاسیم تیتانیت ..... ۳۴
- ۳-۲-۳-۱-۵ سفیولیت ..... ۳۴
- ۳-۲-۳-۱-۶ سرامیک ..... ۳۵
- ۳-۳ چسب ها ..... ۳۵
- ۳-۴ پرکننده ها ..... ۳۶
- ۳-۵ افزودنی های اصطکاکی ..... ۳۷
- ۳-۵-۱ روغن ها و چرب کننده ها ..... ۳۷
- ۳-۵-۲ ساینده ها و تراشنده ها ..... ۳۸
- ۳-۵-۳ مواد اصطکاکی مرطوب ..... ۳۸
- ۳-۶ توصیف نرخ خوردگی در پدهای اصطکاکی ..... ۳۸
- ۳-۷ آزمایش صورت گرفته ..... ۳۹
- ۳-۸ نتیجه گیری ..... ۴۰

### فصل ۴: مدلسازی میراگر اصطکاکی در نرم افزار ABAQUS

- ۴-۱ معرفی نرم افزار ..... ۴۱
- ۴-۱-۱ سیستم المان محدود ABAQUS ..... ۴۲
- ۴-۱-۲ معرفی شکل هندسی و ابعاد میراگر در محیط part ..... ۴۲
- ۴-۱-۳ تعیین خواص ماده در محیط property ..... ۴۲
- ۴-۱-۴ مونتاژ کردن قطعات در محیط Assembly ..... ۴۲
- ۴-۱-۵ مرحله step ..... ۴۲
- ۴-۱-۶ مرحله Interaction ..... ۴۳
- ۴-۱-۷ مرحله بارگذاری و ایجاد شرایط مرزی ..... ۴۳
- ۴-۱-۸ مش بندی ..... ۴۴

.....	۳-۱-۹ حل مسئله	.....	۴۴
.....	۴-۱-۱۰ نتایج حل مسئله	.....	۴۵
.....	۴-۱-۱۱ نتیجه گیری	.....	۴۶
فصل ۵ : مدل آزمایشگاهی			
.....	۱-۵ مقدمه	.....	۴۷
.....	۵-۲ ارتعاش آزاد قاب خمشی ساده	.....	۴۷
.....	۵-۳ ساخت مدل یک طبقه فولادی	.....	۵۰
.....	۵-۴ ساخت مدل و نصب میراگر اصطکاکی بر روی مدل یک طبقه	.....	۵۰
.....	۵-۵ آزمایش های انجام یافته	.....	۵۱
.....	۵-۵-۱ آزمایش اول	.....	۵۱
.....	۵-۵-۱-۱ مقایسه نتایج	.....	۵۷
.....	۵-۵-۲ آزمایش دوم	.....	۵۷
.....	۵-۵-۳ آزمایش سوم	.....	۶۲
.....	۵-۵-۴ آزمایش چهارم	.....	۶۲
.....	۵-۵-۵ آزمایش پنجم	.....	۷۳
.....	۵-۶ نتیجه گیری	.....	۸۱
فصل ۶ : مدل کامپیوتری نمونه آزمایشگاهی			
.....	۱-۶ مقدمه	.....	۸۲
.....	۲-۶ معرفی نرم افزار SAP 2000	.....	۸۲
.....	۲-۱-۶ خواص المان های الحاق	.....	۸۲
.....	۲-۱-۲-۶ خاصیت پلاستیسیته سینماتیک چند خطی	.....	۸۳
.....	۲-۱-۲-۶ تعریف خاصیت عضو اتصالی غیر خطی	.....	۸۴
.....	۳-۶ ایجاد مدل	.....	۸۴
.....	۳-۱-۶ تعریف مشخصات مصالح	.....	۸۴
.....	۳-۲-۶ معرفی هندسه مقاطع	.....	۸۴
.....	۳-۳-۶ معرفی حالات بار	.....	۸۴
.....	۳-۴-۶ نسبت دادن مقاطع تعریف شده به المان ها	.....	۸۵
.....	۳-۵-۶ تخصیص حالت اصطکاکی	.....	۸۶
.....	۳-۶-۶ تعریف حالت آنالیز Time history	.....	۸۶
.....	۳-۷ نتایج	.....	۸۶
فصل ۷ : مدل سازه شش طبقه فولادی			
.....	۱-۷ مقدمه	.....	۸۸
.....	۲-۷ تشکیل مدل کامپیوتری در نرم افزار SAP 2000	.....	۸۸
.....	۳-۷ بارگذاری سازه	.....	۸۸

۸۸	..... ۱-۳-۷ بارگذاری ثقلی
۸۹	..... ۲-۳-۷ بارگذاری جانبی ساختمان
۸۹	..... ۳-۳-۷ تعریف مقاطع طراحی
۸۹	..... ۴-۷ آئین نامه های مورد استفاده
۸۹	..... ۵-۷ آنالیز انجام شده در نرم افزار
۸۹	..... ۶-۷ تحلیل استاتیکی معادل
۹۰	..... ۱-۶-۷ معرفی منبع جرم
۹۰	..... ۲-۶-۷ معرفی ضریب C زلزله
۹۰	..... ۷-۷ تحلیل طیفی
۹۱	..... ۸-۷ آنالیز Time History
۹۲	..... ۹-۷ ساختمان شش طبقه مهاربندی شده توسط میراگر اصطکاکی
۹۳	..... ۱۰-۷ مقایسه نتایج به دست آمده
۹۵	..... ۱۱-۷ معادل سازی میرائی در ساختمان بدون میراگر
	فصل ۸: نتایج و پیشنهادات
۹۷	..... ۱-۸ مقدمه
۹۷	..... ۲-۸ نتایج
۹۸	..... ۳-۸ پیشنهادات

## فهرست اشکال و نمودارها

۴	شکل (۱-۲): اشکال مختلف جدا ساز لرزه ای
۵	شکل (۲-۲): میراگر جاری شونده X شکل
۶	شکل (۳-۲): میراگر جاری شونده T شکل
۶	شکل (۴-۲): میراگر فشاری-سربی
۷	شکل (۵-۲): حلقه های هیستریس نیرو-جابجایی برای دامنه های مختلف میراگر فشاری-سربی
۸	شکل (۶-۲): اتصال LSB
۹	شکل (۷-۲): میراگر اصطکاکی مهار بندی ضربندی
۱۰	شکل (۸-۲): میراگر اصطکاکی سومتیومو
۱۰	شکل (۹-۲): میراگر اصطکاکی
۱۰	شکل (۱۰-۲): میراگر اصطکاکی SBC
۱۱	شکل (۱۱-۲): توزیع تنش بر روی دایره ناحیه تماسی یک برجستگی کروی
۱۲	شکل (۱۲-۲): پاسخ نیرو-جابجایی تحت بارگذاری یک طرفه
۱۳	شکل (۱۳-۲): حلقه های هیستریس اتصالات پیچ شده لغزش محدود
۱۴	شکل (۱۴-۲): رفتار پسماند قاب با میراگر اصطکاکی
۱۵	شکل (۱۵-۲): بین رفتار منحنی پسماند میراگر اصطکاکی پس از ۵۰ سیکل بارگذاری
۱۶	شکل (۱۶-۲): نتایج تحلیل سازه ای
۱۶	شکل (۱۷-۲): تاریخچه زمانی انرژی ورودی و جذب شده برای سازه سه طبقه
۱۸	شکل (۱۸-۲): میراگر ویسکو الاستیک
۱۸	شکل (۱۹-۲): سازه آزمایش شده با میراگر ویسکو الاستیک
۱۹	شکل (۲۰-۲): فرکانس و نسبت میرائی تاب فولادی ۵ طبقه
۲۱	شکل (۲۱-۲): تاریخچه زمانی جابجایی بام
۲۱	شکل (۲۲-۲): میراگر سیال لزج سیلندری
۲۲	شکل (۲۳-۲): دیوار میراگر لزج
۲۲	شکل (۲۴-۲): شمایی از طرح روزنه ای سیال کنترل شده
۲۳	شکل (۲۵-۲): شمایی از ضربه گیر و جرم اصلی تحت اثر تحریک ها رمونیکی
۲۴	شکل (۲۶-۲): مدل سازه چند درجه آزادی و TMD
۲۴	شکل (۲۷-۲): ساختمان Hankyu با سیستم AMD
۲۵	شکل (۲۸-۲): میراگر لمبری تنظیم شده
۲۶	شکل (۲۹-۲): میراگر مایعی تنظیم شده برای کاربردهای سازه ای
۲۸	شکل (۳۰-۲): ساختار کلی مدار باز
۲۸	شکل (۳۱-۲): ساختار کلی مدار بسته
۳۱	شکل (۱-۲): پراضطکاکی X شکل
۳۱	شکل (۲-۳): پراضطکاکی Y شکل
۳۲	شکل (۳-۳): ترکیبات پدهای اصطکاکی مختلف
۳۳	شکل (۴-۳): بزرگنمایی مواد استفاده شده در لنت های اصطکاکی
۳۹	شکل (۵-۳): توصیف نرخ خوردگی در پد اصطکاکی
۳۹	شکل (۶-۳): سیر تکاملی ضریب اصطکاک در طول مدت زمان آزمایش
۴۰	شکل (۷-۳): اشکال پد اصطکاکی قبل و بعد از آزمایش



- شکل (۱-۴): نحوه اعمال قیود و بارگذاری بر روی مدل میراگر اصطکاکی ۴۳
- شکل (۲-۴): مش بندی میراگر اصطکاکی ۴۴
- شکل (۳-۴): الف: نحوه توزیع تنش بر روی میراگر اصطکاکی ۴۵
- شکل (۴-۴): ب: نحوه توزیع تنش بر روی میراگر اصطکاکی ۴۶
- شکل (۴-۴): منحنی هیستریزس میراگر اصطکاکی ۴۶
- شکل (۱-۵): نمودارهای جابجایی- زمان برای بارهای زنده ۲۰۰ و ۳۲۸ کیلوگرم ۴۸
- شکل (۲-۵): نمودارهای کاهش لگاریتمی تاب یک طبقه با بار ۲۰۰ و ۳۲۸ کیلوگرم ۴۹
- شکل (۳-۵): مدل یک طبقه فولادی ساخته شده بر روی میز لرزه ۵۰
- شکل (۴-۵): مدل میراگر اصطکاکی ساخته شده در آزمایشگاه ۵۰
- شکل (۵-۵): شماره گذاری پیچ ها ۵۱
- شکل (۶-۵): نمودار شتاب زمان مربوط به data factor 10 ۵۲
- شکل (۷-۵): نمودار جابجایی زمان مربوط به data factor 10 ۵۲
- شکل (۸-۵): نمودار شتاب- زمان مربوط به data factor 20 ۵۳
- شکل (۹-۵): نمودار جابجایی- زمان مربوط به data factor 20 ۵۳
- شکل (۱۰-۵): نمودار شتاب- زمان مربوط به data factor 30 ۵۴
- شکل (۱۱-۵): نمودار جابجایی- زمان مربوط به data factor 30 ۵۴
- شکل (۱۲-۵): نمودار شتاب- زمان مربوط به data factor 40 ۵۵
- شکل (۱۳-۵): نمودار جابجایی- زمان مربوط به data factor 40 ۵۵
- شکل (۱۴-۵): نمودار شتاب- زمان مربوط به data factor 50 ۵۶
- شکل (۱۵-۵): نمودار جابجایی- زمان مربوط به data factor 50 ۵۶
- شکل (۱۶-۵): نمودار جابجایی ماکزیمم قاب بدون میراگر با افزودن به زلزله کوبه ۵۷
- شکل (۱۷-۵): نمودار شتاب- زمان مربوط به پایه میز لرزه ۵۸
- شکل (۱۸-۵): نمودار جابجایی- زمان مربوط به تراز سقف میز لرزه ۵۸
- شکل (۱۹-۵): نمودار شتاب- زمان مربوط به پایه میز لرزه ۵۹
- شکل (۲۰-۵): نمودار جابجایی- زمان مربوط به تراز سقف میز لرزه ۵۹
- شکل (۲۱-۵): نمودار شتاب- زمان مربوط به پایه میز لرزه ۶۰
- شکل (۲۲-۵): نمودار جابجایی- زمان مربوط به تراز سقف میز لرزه ۶۰
- شکل (۲۳-۵): نمودار شتاب- زمان مربوط به پایه میز لرزه ۶۱
- شکل (۲۴-۵): نمودار جابجایی- زمان مربوط به تراز سقف ۶۱
- شکل (۲۵-۵): نمودار مقایسه جابجایی های حداکثر در حالت های مختلف آزمایش ۶۲
- شکل (۲۶-۵): نمودار شتاب- زمان مربوط به پایه میز لرزه ۶۳
- شکل (۲۷-۵): نمودار جابجایی- زمان مربوط به تراز سقف ۶۳
- شکل (۲۸-۵): نمودار شتاب- زمان مربوط به پایه میز لرزه ۶۴
- شکل (۲۹-۵): نمودار جابجایی- زمان مربوط به تراز سقف ۶۴
- شکل (۳۰-۵): نمودار شتاب- زمان مربوط به پایه میز لرزه ۶۵
- شکل (۳۱-۵): نمودار جابجایی- زمان مربوط به تراز سقف ۶۵
- شکل (۳۲-۵): نمودار مقایسه جابجایی های حداکثر در حالت های مختلف آزمایش ۶۶
- شکل (۳۳-۵): نمودار شتاب- زمان مربوط به پایه میز لرزه ۶۷
- شکل (۳۴-۵): نمودار جابجایی- زمان مربوط به تراز سقف ۶۷
- شکل (۳۵-۵): نمودار شتاب- زمان مربوط به پایه میز لرزه ۶۸
- شکل (۳۶-۵): نمودار جابجایی- زمان مربوط به تراز سقف ۶۸

۶۹	شکل (۳۷-۵): نمودار شتاب - زمان مربوط به پایه میز لرزه
۶۹	شکل (۳۸-۵): نمودار جابجایی - زمان مربوط به تراز سقف
۷۰	شکل (۳۹-۵): نمودار شتاب - زمان مربوط به پایه میز لرزه
۷۰	شکل (۴۰-۵): نمودار جابجایی - زمان مربوط به تراز سقف
۷۱	شکل (۴۱-۵): نمودار شتاب - زمان مربوط به پایه میز لرزه
۷۱	شکل (۴۲-۵): نمودار جابجایی - زمان مربوط به تراز سقف
۷۲	شکل (۴۳-۵): نمودار شتاب - زمان مربوط به پایه میز لرزه
۷۲	شکل (۴۴-۵): نمودار جابجایی - زمان مربوط به تراز سقف
۷۳	شکل (۴۵-۵): نمودار مقایسه جابجایی های حداکثر در حالت های مختلف آزمایش
۷۴	شکل (۴۶-۵): نمودار شتاب - زمان مربوط به پایه میز لرزه
۷۴	شکل (۴۷-۵): نمودار جابجایی - زمان مربوط به تراز سقف
۷۵	شکل (۴۸-۵): نمودار شتاب - زمان مربوط به پایه میز لرزه
۷۵	شکل (۴۹-۵): نمودار جابجایی - زمان مربوط به تراز سقف
۷۶	شکل (۵۰-۵): نمودار شتاب - زمان مربوط به پایه میز لرزه
۷۶	شکل (۵۱-۵): نمودار جابجایی - زمان مربوط به تراز سقف
۷۷	شکل (۵۲-۵): نمودار شتاب - زمان مربوط به پایه میز لرزه
۷۷	شکل (۵۳-۵): نمودار جابجایی - زمان مربوط به تراز سقف
۷۸	شکل (۵۴-۵): نمودار شتاب - زمان مربوط به پایه میز لرزه
۷۸	شکل (۵۵-۵): نمودار جابجایی - زمان مربوط به تراز سقف
۷۹	شکل (۵۶-۵): نمودار شتاب - زمان مربوط به پایه میز لرزه
۷۹	شکل (۵۷-۵): نمودار جابجایی - زمان مربوط به تراز سقف
۸۰	شکل (۵۸-۵): نمودار شتاب - زمان مربوط به پایه میز لرزه
۸۰	شکل (۵۹-۵): نمودار جابجایی - زمان مربوط به تراز سقف
۸۱	شکل (۶۰-۵): نمودار مقایسه جابجایی های حداکثر در حالت های مختلف آزمایش
۸۴	شکل (۱-۶): مدل قاب با میراگر الحاقی در برنامه SAP 2000
۸۵	شکل (۲-۶): بارگذاری بار مرده در قاب مورد آزمایش در نرم افزار SAP 2000
۸۷	شکل (۳-۶): نمودار جابجایی - زمان تراز سقف مدل SAP 2000
۸۷	شکل (۴-۶): نمودار جابجایی - زمان تراز سقف مدل SAP 2000
۹۱	شکل (۱-۷): نمودار ضریب بازتاب ساختمان
۹۲	شکل (۲-۷): نمودار شتاب - زمان زلزله طیس
۹۳	شکل (۳-۷): ساختمان شش طبقه با میراگر اصطکاکی
۹۳	شکل (۴-۷): مقایسه جابجایی های ساختمان با میراگر و بدون میراگر
۹۵	شکل (۵-۷): مقایسه جابجایی نسبی سازه شش طبقه با میراگر و بدون میراگر برای زلزله طیس
۹۵	شکل (۶-۷): درصد کاهش جابجایی طبقات

صفحه	عنوان
۲۰	جدول (۱-۲) خلاصه درصد کاهش پاسخ دینامیکی تحت تحریک هاچی نوفه با ۰/۱۲g
۳۰	جدول (۱-۳): لنت های اصطکاکي عمومی
۳۳	جدول (۲-۳): لیست تارهای طراحی
۳۵	جدول (۳-۳): انواع چسب های استفاده شده در پدهای اصطکاکي
۳۶	جدول (۴-۳): انواع پرکننده پدهای اصطکاکي
۳۷	جدول (۵-۳): انواع افزاینده اصطکاکي
۳۹	جدول (۶-۳): ترکیب پد اصطکاکي آزمایش شده به درصد
۴۹	جدول (۱-۵): میرایی قاب یک طبقه مورد آزمایش
۸۸	جدول (۱-۷): مشخصات عمومی ساختمان ۶ طبقه مورد بررسی
۸۹	جدول (۲-۴): خلاصه بارگذاری ثقلی
۹۴	جدول (۳-۷): مقایسه جابجایی نسبی سازه ۶ طبقه بدون میراگر
۹۴	جدول (۴-۷): مقایسه جابجائیهای نسبی سازه ۶ طبقه با میراگر
۹۶	جدول (۵-۷) جدول درصد میرایی معادل و درصد کاهش فولاد مصرفی

## چکیده

صدمات مالی و جانی زمین لرزه ها، مهندسان و محققان را بر آن داشته است که ساختمان هایی طراحی کنند که در برابر بارگذاری دینامیکی ناشی از زمین لرزه ها از خود رفتار مناسبی نشان دهند. یکی از این روشها که باعث کاهش این گونه پاسخ های دینامیکی می شود استفاده از جاذب های انرژی در سازه ها می باشد که با جذب انرژی ورودی به سازه و یا تبدیل این انرژی به صورت های مختلف انرژی مثل گرما از ورود کامل انرژی زلزله به سازه جلوگیری می کند. در این پایان نامه، کاهش جابجائی طبقات ساختمان چندین طبقه با استفاده از جاذب انرژی اصطکاکی مورد بررسی قرار گرفته است.

میراگرا اصطکاکی از طریق اصطکاک بین دو صفحه فولادی و بالشتک های اصطکاکی باعث جذب انرژی زلزله یا باد می شود. در این پایان نامه اثر گیرداری خمشی بر روی میراگر مورد مطالعه قرار گرفته و با آزمایش های گوناگون و با اعمال شرایط گیرداری مختلف، بهینه حالت گیرداری بدست آمده است و سپس میز لرزان مورد مطالعه در آزمایشگاه در نرم افزار SAP 2000 مدل شده و نیروی المان Link نرم افزار، با سعی و خطای بسیار بدست آمده است. نتایج بدست آمده از نرم افزار مطابقت خوبی با نتایج آزمایشگاهی نشان می دهد.

ابعاد المانهای استفاده شده در نرم افزار از مدل کردن نمونه در نرم افزار ABAQUS و تحلیل دینامیکی نمونه بدست آمده است. با مدل کردن میراگرا اصطکاکی در ساختمان 6 طبقه و با اعمال شتاب- زمان زلزله طبرس کاهش چشمگیر جابجایی و فولاد مصرفی در ساختمان بدست آمده است.

## فصل ۱: معرفی مسأله و روند کلی پایان نامه

### ۱-۱- مقدمه

با توجه به نیاز اساسی جامعه در مورد بررسی دقیق و کامل اثر گیرداری خمشی در میراگرهای غیر فعال برشی، در این پایان نامه سعی شده است با آزمایشات گوناگون و با اعمال شرایط گیرداری مختلف بر روی میراگر غیر فعال برشی ساخته شده در آزمایشگاه بهینه حالت گیرداری را بدست آوریم تا مسأله مهمی که بعنوان گیرداری خمشی که قبلاً به صورت اصلی نامعلوم به کار برده می شد معنی و مفهوم خاصی پیدا کند.

### ۱-۲- روند کلی پایان نامه

میراگر ساخته شده در آزمایشگاه از حداکثر ۶ المان عمودی و دو المان افقی ( سپری ) و پدهای اصطکاکی ما بین المانها استفاده شده است. در ابتدا بهینه حالت ابعاد المان ها و بهینه فاصله آنها از یکدیگر با مدل کردن میراگر در نرم افزار ABAQUS و تحلیل دینامیکی نمونه بدست آمده است و سپس میراگر در آزمایشگاه بر روی میز لرزه نصب شده و با اعمال شتاب - زمان زلزله کوبه بر میز لرزه با اعمال گیرداریهای مختلف بهینه حالت یا همان کمترین جابجائی ثبت گردیده است. توزیع نحوه گیرداری المانها به طریقی که تقارن همواره رعایت شده باشد، استفاده شده است. ابتدا ظرفیت دو المان وسطی مد نظر قرار گرفته و سپس ظرفیت چهار المان کناری و در مرحله بعدی از ظرفیت تمام المانها استفاده شده است. پس از ثبت جابجائی های مختلف بر حسب زمان قاب موجود در آزمایشگاه، مدل فوق را در نرم افزار SAP ایجاد کرده و با استفاده از شتاب ثبت شده از دستگاه توسط سنسور شتاب به تراز پایه قاب مدل شده وارد می کنیم. سپس نیروی المان Link استفاده شده در SAP را با سعی و خطا تا آنجایی ادامه می دهیم که نمودار جابجائی - زمان مدل با نمودار جابجائی - زمان ثبت شده در آزمایشگاه بر هم منطبق شود. در این لحظه، نیروی المان Link را بدست آورده ایم. در مرحله بعد برای معرفی کارایی سیستم میراگر اصطکاکی با مدل کردن آن در ساختمان ۶ طبقه فولادی مشاهده می گردد که جابجائی های هر طبقه به طور قابل ملاحظه ای کاهش یافته و همچنین درصد فولاد مصرفی در ساختمان با اعمال میرایی معادل میراگر اصطکاکی، کاهش می یابد.

## فصل ۲: مروری بر تحقیقات انجام گرفته

### ۲-۱ مقدمه

کنترل سازه‌ها اساس تنظیم خصوصیات سازه‌ای می‌باشد، به نحوی که جابجائی سازه تحت اثر تحریک خارجی کاهش یافته و یا از حدود مجاز بیشتر نگردد. این عمل می‌تواند با استفاده از مکانیزمهای فعال، غیر فعال و یا توام آنها باشد. نحوه عملکرد سیستم‌های فعال، با استفاده از نیروهای کمکی که نیروی کنترل تام دارد صورت می‌گیرد. این نیروها به صورتی طراحی می‌گردند که به طور پیوسته در تنظیم پاسخ سازه عمل نمایند. مکانیزم کنترل غیر فعال از منبع انرژی خارجی استفاده نمی‌کند این نوع سیستم‌ها از پاسخ تولید شده از سازه جهت تامین نیروهای کنترل استفاده می‌کنند. به طور کلی انواع سیستم‌های غیر فعال به صورت زیر عمل می‌کنند:

- ۱- سیستم‌هایی که با جذب انرژی، انرژی سازه را کاهش داده و پاسخ سازه را کنترل می‌کنند.
- ۲- سیستم‌هایی که با تغییر دادن خواص ارتعاشی سازه مقدر انرژی ورودی به سازه را کاهش داده و با کاهش یافتن انرژی ورودی به سازه، جابجائی سازه کاهش می‌یابد.

با توجه به اینکه تحریک زلزله‌ها از نظر شدت و محتوای فرکانسی قابل پیش‌بینی نمی‌باشد، بنابراین سیستم‌های غیر فعال دارای عملکرد محدودی می‌باشند و از طرفی در سازه‌های انعطاف‌پذیر نیز بکارگیری سیستم‌های غیر فعال موثر نمی‌باشد. اما مکانیزمهای کنترل فعال که با استفاده از منبع انرژی خارجی عمل می‌کنند دارای عملکرد بهتری نسبت به مکانیزمهای غیر فعال بوده و قادر به کنترل توام جابجائی، سرعت و شتاب سازه به هر اندازه می‌باشند. همچنین اغلب مکانیزمهای کنترل فعال می‌توانند در صورتیکه منبع انرژی قطع گردد به صورت کنترل غیر فعال عمل نمایند ولی آنچه مشخص است هزینه یک سیستم کنترل فعال بسیار بیشتر از هزینه کنترل غیر فعال<sup>۱</sup> است. کنترل سازه‌ها عمدتاً شامل سه مورد می‌باشد که در قسمت‌های بعدی به طور خلاصه شرح داده می‌شوند. ترکیب هر دو نوع از انواع کنترل‌های زیر هیبرید نامیده می‌شود:

الف: کنترل غیر فعال    ب: کنترل نیمه فعال<sup>۲</sup>    ج: کنترل فعال<sup>۳</sup>

### ۲-۲ کنترل غیر فعال

کاهش انرژی ورودی زلزله به سازه اساس این کنترل را تشکیل می‌دهد. کنترل غیر فعال به دو گروه: ۱- سیستم جدا سازی پی یا جدا سازی لرزه‌ای ۲- اتلاف انرژی منفعل (میراگرها) تقسیم می‌شوند.

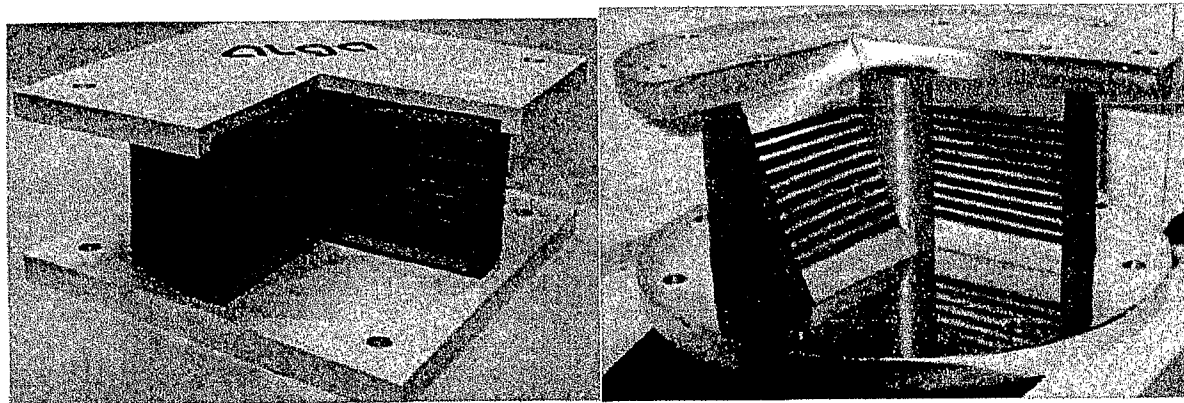
#### ۲-۲-۱ جدا سازی لرزه‌ای<sup>۴</sup>

تفکر استفاده از جدا سازی لرزه‌ای دارای قدمت بسیاری است اما کاربرد آن امروزه فراگیر شده است. در این روش قرار دادن سازه بر روی جدا ساز لرزه‌ای باعث کاهش انتقال حرکت افقی زمین به سازه شده و در نتیجه مقدار شتاب در طبقات و تغییر مکان نسبی طبقات نسبت به سازه‌های معمولی بسیار کمتر می‌شود و این به معنای افزایش ایمنی سازه و کاهش خرابی عناصر غیر سازه‌ای است. ایده استفاده از جدا سازی لرزه‌ای به شرح زیر می‌باشد:

---

1 - passive control  
2 - active control  
3 - semi - active control  
4 - Base isolation

- ۱- وجود یک تکیه‌گاه انعطاف‌پذیر برای افزایش زمان تناوب مجموعه و کاهش شتاب پاسخ و نیروی وارده
  - ۲- یک میراگر<sup>۱</sup> برای کاهش تغییر مکان نسبی سازه و زمین برای رساندن آن به حداقل قبول طراحی
  - ۳- تعبیه صلبیت کافی در این سیستم برای بارهای بهره‌برداری (باد یا زمین لرزه‌های با شدت کم)
- تعبیه تکیه‌گاههای لاستیکی یکی از راههای افزایش انعطاف‌پذیری سازه است. در عمل برای تامین شکل‌پذیری کافی در جهت افقی باید ضخامت این تکیه‌گاهها اضافه شود از سویی وجود پدیده خزش در لاستیک، افزایش ضخامت در آن را به هنگام وجود بارهای قائم محدود می‌کند، بدین ترتیب استفاده از لاستیک به تنهایی ممکن است سازه را دچار ناپایداری کند. این مشکل لاستیک را با ورقه‌های فولادی مسلح کرده تا سختی قائم آن افزایش پیدا کند. استهلاک انرژی پسماند یکی از مناسب‌ترین روشها برای افزایش میرایی در سیستم است. بعضی از مواد از جمله الاستومرها به طور طبیعی دارای این خاصیت هستند و از آنها برای استهلاک انرژی استفاده می‌شود. در برخی از سیستم‌ها از ترکیب تکیه‌گاه پلاستیکی و سیلندر سربی مرکزی استفاده می‌شود. هسته سربی باعث افزایش میرایی مجموعه می‌شود. صلبیت جانبی این تکیه‌گاهها در برابر بارهای بهره‌برداری با استفاده از سختی پرشی بالای پلاستیک در ناحیه الاستیک تامین می‌شود. شکل (۱-۲) اشکال مختلف جداساز لرزه ای را نشان می‌دهد.
- اساس سیستم عایق ارتعاشی بر روی تغییر زمان تناوب سازه است.
- به هنگام کاربرد سیستم عایق ارتعاشی باید به عوامل محدود کننده عملکرد آن توجه کرد. استفاده از سیستم فوق در صورتی که شرایط زیر فراهم باشد منجر به عملکرد مناسب آن می‌شود.
- ۱- جنس لایه خاک سطحی باعث تشدید امواج زلزله با زمان تناوب بالا نشود (مشابه لایه آبرفت در مکزیکو سیتی) هر چه خاک سخت‌تر باشد بر کارایی سیستم عایق ارتعاشی اضافه می‌شود.
  - ۲- سازه صلب و سنگین باشد. (عایق ارتعاشی برای ساختمانهای بلند و لاغر مناسب نیست)
  - ۳- فاصله بین سازه مورد نظر و سازه‌های مجاور جوابگوی تغییر مکان به هنگام زلزله باشد.
  - ۴- بارهای بهره‌برداری جانبی کمتر از ۱۰٪ وزن سازه باشد.
  - ۵- زمان تناوب سازه خیلی زیاد نباشد بیشترین کارایی برای سازه‌هایی با زمان تناوب زیر ۱ ثانیه حاصل می‌شود. [۱]



شکل (۱-۲): اشکال مختلف جداسازی لرزه ای

<sup>1</sup> - Damper

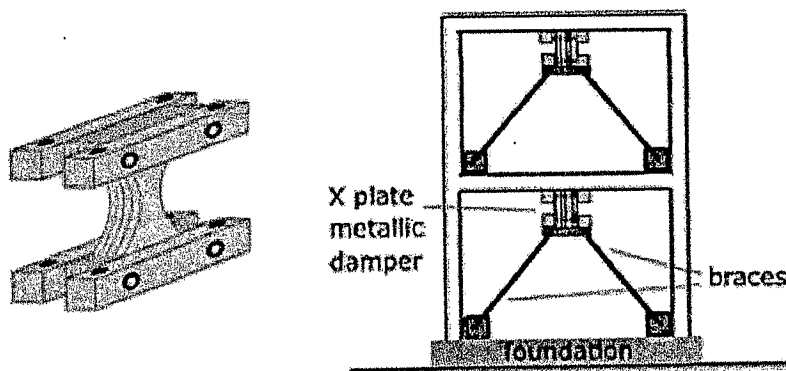
## ۲-۲-۲ سیستم‌های مستهلک کننده انرژی (میراگرها)

### ۲-۲-۲-۱- مستهلک کننده‌های انرژی با مکانیزم تسلیم فلزات

یکی از موثرترین مکانیزم‌های موجود به منظور اتلاف انرژی ورودی به سازه در هنگام یک زمین لرزه استفاده از فلزاتی که تغییر شکل الاستیک در آنها ایجاد می‌شود، می‌باشد. بسیاری از این دستگاهها از صفحات فولادی نرم با شکل‌های سه گوش یا X شکل استفاده می‌کنند دلیل تغییر مقطع در طول صفحات این است که تسلیم فلزات تقریباً به صورت یکنواخت در المان‌ها پخش شود.

### ۲-۲-۲-۱- میراگرهای TADAS, ADAS

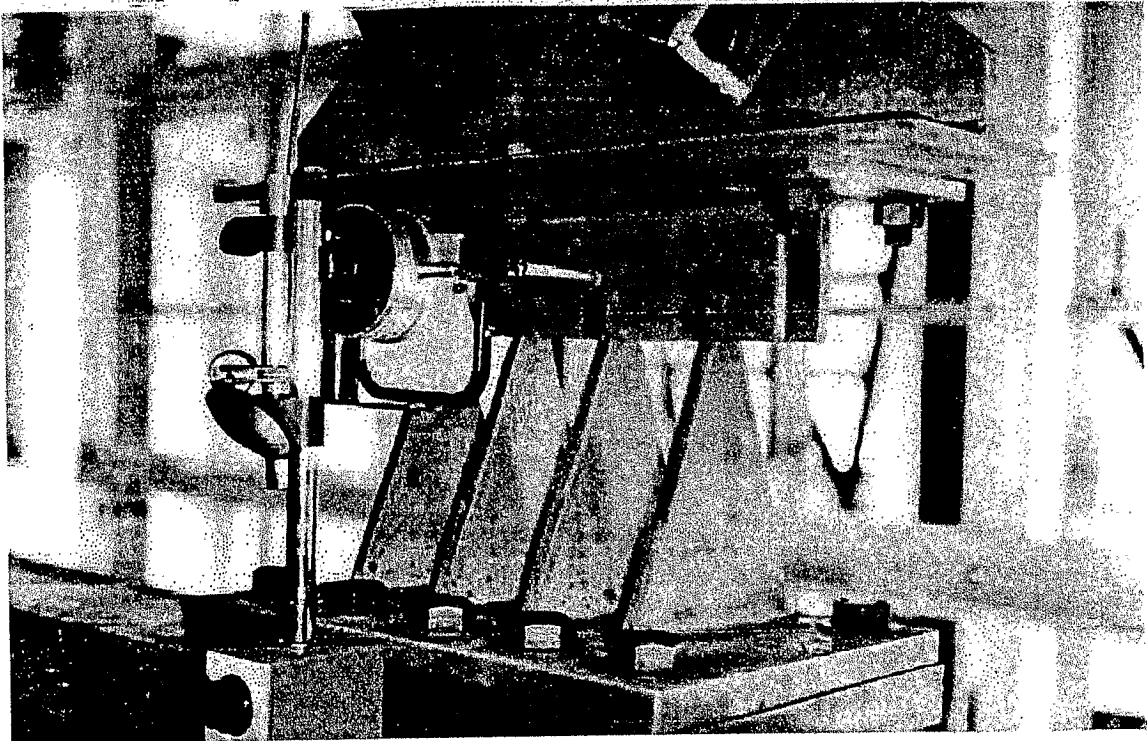
می‌توان از اینگونه میراگرها به میرائی و سختی افزودنی نام برد و مختصراً <sup>1</sup>ADAS, TADAS نامیده می‌شود. در این نوع میراگرها، رفتار تابعی از حد جاری شدن آنهاست حداکثر نیروی ایجاد شده در این میراگرها برابر با نیروی معادل حد جاری شدن به اضافه کرنش سخت شدگی است. شکل وسیله به نحوی در نظر گرفته شده است که جاری شدن فلز در هنگام بارگذاری در طول وسیله رخ دهد این عمل با قرار دادن مرزهای صلب در وسیله به انجام رسیده است به طوریکه وسیله با حرکت نسبی این دو پلیت صلب که در بالا و پایین آن قرار دارد شروع به تغییر شکل می‌نماید. در شکل (۲-۲) و شکل (۳-۲) میراگرهای جاری شونده به شکل X و T شکل، نشان داده شده است. لازم به ذکر است که تعداد المانهای جاری شونده در این نوع میراگرها در طبقات با توجه به نیروی وارده متفاوت می‌باشد. [2]



شکل (۲-۲): میراگرهای جاری شونده X شکل

<sup>1</sup>-Added Damping And Stiffness





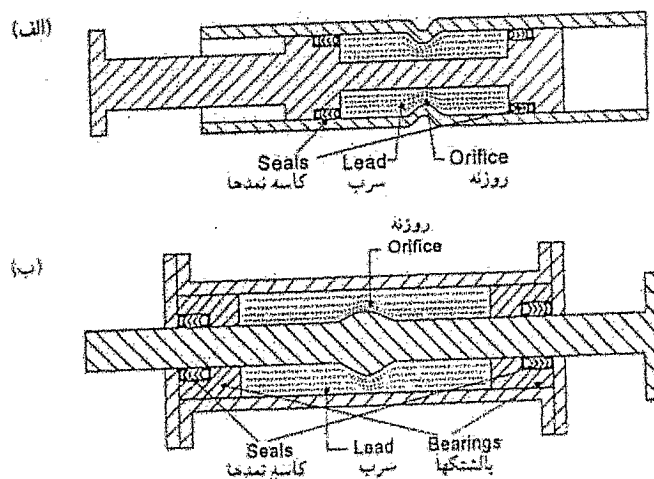
شکل (۲-۳): میراگر جاری شونده T شکل

صفحات المان ADAS دارای شرایط انتهایی دو سر گیردار هستند در حالیکه صفحات المان TADAS در یک انتها گیردار و در انتهای دیگر مفصل کامل هستند. [3]  
 برخی از مزایای این نوع مستهلک کننده‌های انرژی عبارتند از:

- ۱- رفتار هیستر یک پایدار
- ۲- تعداد سیکل‌های خستگی پایین
- ۳- قابلیت اطمینان بالا
- ۴- حساسیت پایین نسبت به دمای محیط

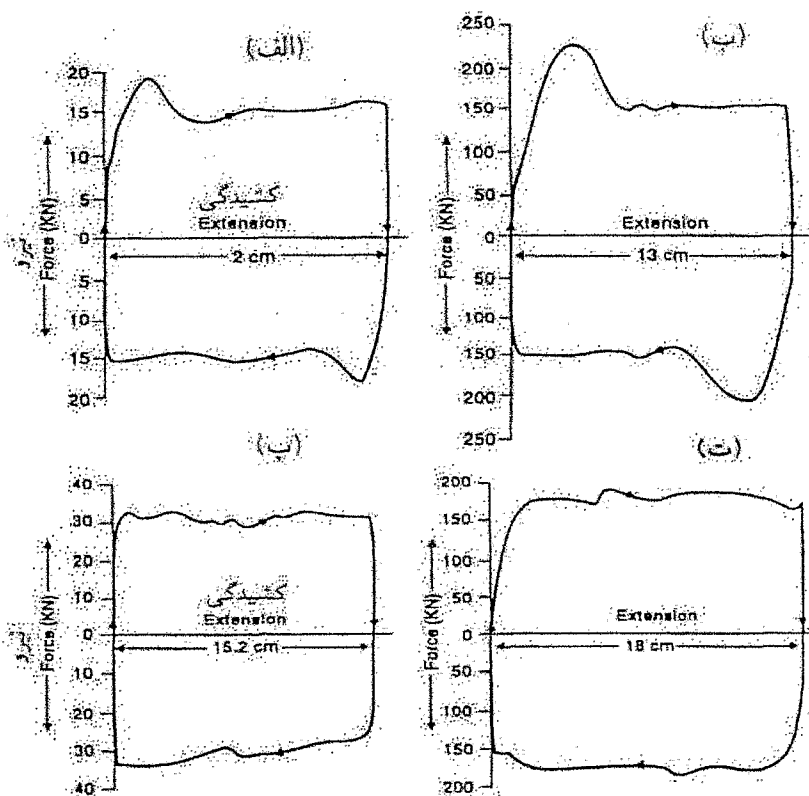
## ۲-۲-۱-۲ تلف کننده‌های انرژی فشاری سربی

آقایان Robinson , Green bank (1976) تعدادی میراگر فشاری-سربی را برای استفاده به عنوان تلف کننده‌های انرژی توسعه داده و سپس آزمایش نمودند دو نمونه از این میراگرها در شکل (۲-۴) نشان داده شده است. [۴]



شکل (۲-۴): میراگرهای فشاری - سربی

نمونه‌هایی از حلقه‌های هیسترزیس<sup>۱</sup> نیرو-جابجایی در شکل (۵-۲) نشان داده شده است. شکل تقریباً مستطیلی نشان دهنده آن است که این میراگرها تمایل به بیشینه نمودن اتلاف انرژی برای یک دامنه نیرو-جابجایی خاص دارند. به علاوه، ظرفیت طراحی این میراگرها به صورتی است که خستگی<sup>۲</sup>، مساله اصلی نیست زیرا که سرب در دمای اتاق به طوری کار می‌کند که گویا قبلاً هیچ نیرویی به آن وارد نشده است. نتایج نشان داده شده در شکل (۵-۲)، در فرکانس‌های بسیار پایین به دست آمده‌اند. ( $f < 0.004 \text{ Hz}$ ) [۴]



شکل (۵-۲): حلقه‌های هیسترزیس نیرو-جابجایی برای دامنه‌های مختلف میراگر فشاری - سربی

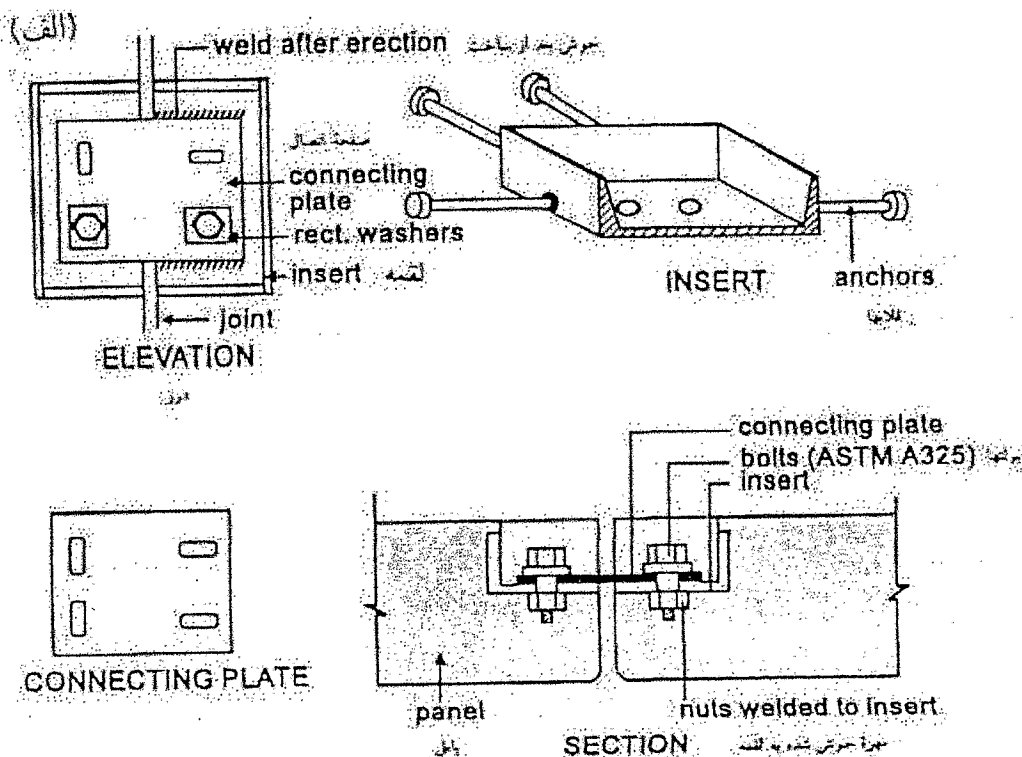
## ۲-۲-۲-۲ میراگرهای اصطکاکی

### ۲-۲-۲-۲ مقدمه

مکانیسمی که در این قسمت مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از اصطکاک جامدات جهت فراهم نمودن اتلاف انرژی مورد نیاز می‌باشد. اصطکاکی که بین دو جامد که نسبت به هم می‌لغزند و باعث اتلاف انرژی می‌گردد در یک مقیاس بسیار کوچکتر اصطکاک در ترمز اتومبیل‌ها به عنوان عاملی برای تلف نمودن انرژی جنبشی حرکت استفاده می‌شود. براساس شبیه‌سازی ترمز اتومبیل pall et all (1980) شروع به توسعه میراگرهای اصطکاکی غیرفعال جهت بهبود پاسخ لرزه‌ای سازه‌ها نمود. پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای در سالهای اخیر صورت گرفته است

1 - Hysteresis  
2 - fatigue

و تعدادی از این نوع تجهیزات ساخته شده‌اند. اتصال به اصطلاح پیچ شده لغزش محدود<sup>۱</sup> که ابتدا توسط pall et all ساخته شد در شکل (۲-۶) نشان داده شده است. طرح LSB از بالشتکهای ترمز بین صفحات فولادی جهت فراهم نمودن یک پاسخ نیرو-جابجائی دقیق استفاده می‌نماید. [۴]

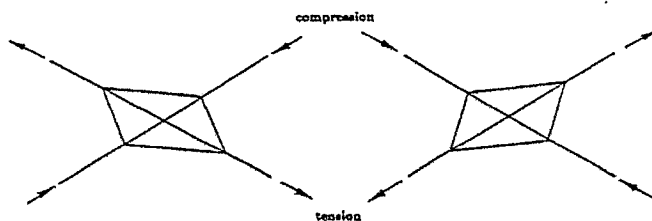
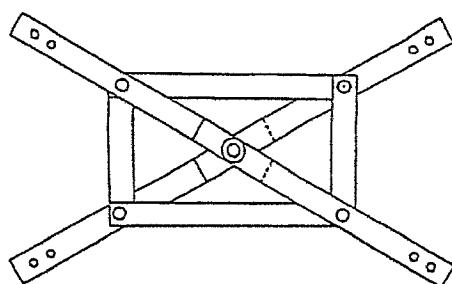


شکل (۲-۶): اتصال LSB (۱۹۸۰ و pallet al)

## ۲-۲-۲-۲-۲ میراگرهای اصطکاکی پال و سومیتومو

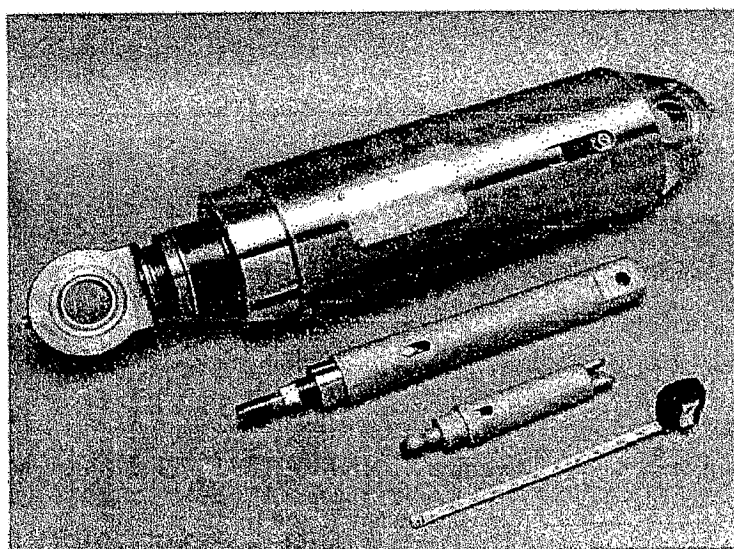
طرح دیگری که توسط Pall , Marsh (1982) پیشنهاد شده است برای استفاده در قابهای با مهاربند متقاطع (ضربداری) می‌باشد. در این طرح بالشتکهای لقمه ترمزی برای صفحات لغزش به کار رفته‌اند. نسخه‌های جدیدی از این تجهیزات در تعدادی از سازه‌ها در کشور کانادا به کار رفته‌اند. طراحی این سیستم‌ها به گونه‌ای است که در زلزله‌های با شدت کم و متوسط لغزشی در آن رخ ندهد اما به هنگام زلزله‌های شدید قبل از جاری شدن سایر اعضا لغزیده و انرژی وارده را جذب کند لغزش سیستم باعث تغییر زمان تناوب سازه شده و امکان تغییر مد اصلی نوسان را در طول یک زلزله شدید فراهم کرده، احتمال پدیده تشدید را کاهش می‌دهد. نمونه ای از میراگر اصطکاکی ضربداری را در شکل (۲-۷) مشاهده می‌کنیم.

<sup>1</sup> - limited slip Bolted



شکل (۲-۷): میراگر اصطکاکی مهاربند ضربداری (pall & Marsh و ۱۹۸۲)

نوع دیگری از میراگرهای اصطکاکی تک محوری موجود میراگر سومیتومو<sup>۱</sup> می‌باشند که در کشور ژاپن به کار رفته است (Aiken , Kelly 1990) در این نوع میراگرها بالشتکهای اصطکاکی ساخته شده از آلیاژ مس در امتداد سطح داخلی پوشش فولادی استوانه‌ای می‌لغزد. نیروی عمودی مورد نیاز از طریق عملکرد یک فنر در مقابل گوه داخلی و خارجی فراهم می‌شود. شکل (۲-۸) نمونه ای از میراگر اصطکاکی سومیتومو را نشان می‌دهد. [۵]



شکل (۲-۸): میراگر اصطکاکی سومیتومو (Aiken و Kelly-۱۹۹۰)

<sup>۱</sup>) Sumitomo