

114307



دانشگاه پشاور و بلوچستان  
تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته عمران گرایش سازه

عنوان:

بررسی عملکرد لرزه ای قاب های فولادی با  
میراگر فلزی ( سختی و مستهلک کننده اضافه  
شده (ADAS) )

استاد راهنما:

دکتر ناصر شابختی

استاد راهنما: دکتر ناصر شابختی  
مستشار ارشد

۱۳۸۸ / ۲ / ۷

تحقیق و نگارش:

محسن خزائی

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

اردیبهشت ۸۸

۱۱۴۳۵۷







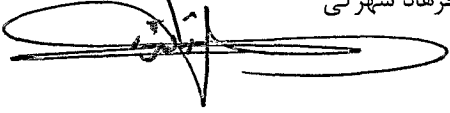
### بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان بررسی عملکرد لرزه ای قاب های فولادی با میراگر فلزی ( سختی و مستطیلت کننده اضافه شده (ADAS) قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد عمران گرایش سازه توسط دانشجو محسن خزائی تحت راهنمایی استاد پایان نامه دکتر ناصر شایبختی تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

(نام و امضاء دانشجو)

محسن خزائی

این پایان نامه ۶ واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ۱۳۸۸/۰۲/۰۲ توسط هیئت داوران بررسی و درجه  به آن تعلق گرفت.

نام و نام خانوادگی	امضاء	تاریخ
استاد راهنما: دکتر ناصر شایبختی		۸۸/۲/۲
استاد راهنما:		
استاد مشاور:		
داور ۱: دکتر محسنعلی شایبختی		۸۸/۲/۲
داور ۲: دکتر غلامحسین اکبری		
نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر فرهاد شهرکی		



دانشگاه سیستان و بلوچستان

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب محسن خزائی تأیید می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان‌نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: محسن خزائی

امضاء

«خدايا، زيبستنی عطاکن که در لحظه مرگ بر بی ثمری لحظه ای که برای زیستن گذشته است حسرت

نخورم، و مردنی عطاکن که بر یهود گیش سوگوار نباشم.»

«دکتر علی شریعتی»

تقدیم به

پدر عزیز

و

مادر بهتراز جانم

و

برادران مهربانم

## سپاسگزاری

سپاس تنها کردگاری را شایسته است که آدمی را از خاکی پست آفرید و در او حکمت و قدرت خویشتن را نهادینه نمود و همانا انسان از روح آفریدگارش وجودی یافت در نهایت مقام در جهانی روحانی تا بدانجا که ثناگوی پروردگار خویش باشد و به درگاه وجودی جز بارگاه معبودش سر فرود نیاورد مگر به فرمان ایزدش به احترام و امتنان که تنها زینده وجود جاویدانش است و بس و چه گران رسالتی دارند این زبان قاصر و قلم عاجز که در رتبتی الهی سپاس یاوران تقدیر را گویند.

در این زمان بر خود فرض می دانم که از زحمات استاد ارجمند جناب آقای دکتر شایسته بخاطر کمک و راهنمایی های بیدریغ، اساتید محترم آقایان دکتر شایانفر و دکتر اکبری بخاطر حضور در جلسه دفاعیه و راهنمایی های سازنده شان، دوستان گرامی به خصوص جناب مهندس شارع به خاطر کمک های صمیمانه کمال تشکر و امتنان را داشته باشم.

## چکیده :

تجربیات گذشته نشان داده است بسیاری از سازه های فولادی کشورمان در مقابل زلزله آسیب پذیر می باشند. یکی از راههای مقاوم سازی سازه های موجود، استفاده از میراگرهای جاذب انرژی است. استفاده از میراگر فلزی جاری شونده Added Damping And Stiffness که به طور خلاصه ADAS شناخته می شود در نقاط مختلف جهان به دلایلی چون کارایی مطلوب، عدم حساسیت به حرارت و عوامل محیطی، رفتار پایدار و مطمئن و مقاومت خوب، مورد توجه قرار گرفته است.

در این تحقیق برای بررسی ساختمانهای فولادی مجهز به میراگر فلزی ADAS از قاب های فولادی با تعداد طبقات ۴، ۸، ۱۲ و ۱۵ استفاده شده است. قاب های خمشی اولیه ضابطه تغییر مکان جانبی مربوط به استاندارد ۲۸۰۰ را ارضاء نمی کردند، به همین دلیل به مقاوم سازی قاب های مذکور با دو سیستم مهاربند هم مرکز و میراگر فلزی ADAS پرداخته شده است. در ابتدا با استفاده از روش طیف ظرفیت نقطه عملکرد قاب ها تعیین و با توجه به کنترل های آئین نامه ای به بررسی عملکرد قاب های مقاوم سازی شده پرداخته ایم. همچنین با توجه به منحنی بدست آمده از تحلیل استاتیکی غیرخطی ضریب رفتار قاب های با میراگر فلزی تعیین شده است. نتایج بیانگر آن است که اگر از المانهای ADAS برای تقویت قابهای خمشی فولادی با شکل پذیری متوسط استفاده شود، می توان ضریب رفتار این قابها را (با توجه به آیین نامه ۲۸۰۰) به حد قابهای خمشی فولادی ویژه با مهاربند هم محور فولادی (یعنی در حدود سیستم دوگانه با ضریب رفتار بین ۸ تا ۹) رساند. جهت ارزیابی دقیق تر قاب ها از تحلیل دینامیکی غیر خطی با استفاده از سه رکورد طیس، ال سنترو و نورتریج در نرم افزار CSI-PERFORM استفاده شده است. از جمله نتایج تحلیل دینامیکی می توان به کاهش برش طبقات قاب های با میراگر ADAS با توجه به افزایش طبقات نسبت به قاب های با مهاربندهای رایج، ایجاد فرم یکنواخت در جابجایی ها در قاب با میراگر، درصد جذب بالای انرژی ورودی المان میراگر و در نهایت به اتلاف انرژی مناسب توسط میراگر ADAS اشاره نمود.

کلمات کلیدی : مقاوم سازی، میراگر فلزی ADAS، طیف ظرفیت، ضریب رفتار، تحلیل دینامیکی غیرخطی

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه .....
۲	۱-۱- پیش گفتار .....
۵	۲-۱- میراگر فلزی ADAS .....
۶	۳-۱- تاریخچه مطالعات .....
۷	۴-۱- اهداف .....
۸	۵-۱- رئوس مطالب پایان نامه .....
۱۰	فصل دوم: کنترل ارتعاشات در سازه ها .....
۱۱	۱-۲- مقدمه .....
۱۱	۲-۲- طبقه بندی سیستم های مستهلک کننده انرژی .....
۱۳	۳-۲- اصول اساسی انواع کنترل ها .....
۱۶	۴-۲- جذب انرژی غیرفعال .....
۱۸	۵-۲- روش های کنترل غیرفعال .....
۱۸	۲-۵-۱- جدایشگر پایه (Base Isolation System) .....
۲۰	۲-۵-۲- وسایل مستهلک کننده انرژی غیرفعال (PED) .....
۲۰	۲-۵-۲-۱- میراگر انعطاف پذیر فلزی (Metallic Yield Damper) .....
۲۲	۲-۵-۲-۲- میراگر ویسکوالاستیک (Viscoelastic, VE) .....
۲۳	۲-۵-۲-۳- میراگر مایع ویسکوز (VF) .....
۲۴	۲-۵-۲-۴- میراگرهای اصطکاکی (Friction Damper) .....
۲۵	۲-۵-۲-۵- سیستم جرم میراگر تنظیم شده (TMD) .....
۲۶	۲-۵-۲-۶- سیستم مایع میراگر تنظیم شده (TLD) .....
۲۶	۲-۵-۲-۷- میراگرهای SMAs .....
۲۷	۲-۶- مکانیزمهای کنترل فعال .....
۲۸	۱-۶-۱- سیستم جرم میراگر فعال (AMD) .....
۳۰	۲-۶-۱- سیستم جرم میراگر ترکیبی (HMD) .....
۳۱	۲-۷- مکانیزم کنترل نیمه فعال .....
۳۱	۲-۷-۱- کلیات .....
۳۱	۲-۸- نتیجه گیری .....
۳۳	فصل سوم: میراگر ADAS .....
۳۴	۱-۳- مقدمه .....
۳۴	۲-۳- خواص مکانیکی میراگر فلزی .....
۳۹	۳-۳- تحقیقات انجام شده در مورد میراگر فلزی ADAS .....



۴۱	..... پارامترهای اصلی وابسته به سازه و میراگر ADAS
۴۱	..... ۱-۴-۳ - سختی افقی اعضای مهاربند
۴۳	..... ۲-۴-۳ - نسبت های B/D و SR
۴۴	..... ۵-۳ - تاثیر پارامترهای مختلف روی وسیله ADAS
۴۴	..... ۱-۵-۳ - تاثیر کرنش سخت شدگی روی وسیله ADAS
۴۶	..... ۲-۵-۳ - تاثیر B/D (نسبت سختی بادبند به سختی وسیله ADAS)
۴۷	..... ۳-۵-۳ - اثر SR
۴۷	..... ۴-۵-۳ - اثر پارامتر جابجایی تسلیم
۴۷	..... ۵-۵-۳ - اثر نیروی تسلیم وسیله ADAS
۴۸	..... ۶-۳ - روش های پیشنهادی برای انتخاب پارامترهای ADAS
۴۸	..... ۱-۶-۳ - مقاوم سازی سازه های فولادی
۴۹	..... ۲-۶-۳ - سازه در حال احداث
۴۹	..... ۷-۳ - مشخصات تحلیلی ADAS
۵۰	..... ۸-۳ - علت انتخاب شکل ساعت شنی ورق های
۵۱	..... ۹-۳ - مدل های تحلیلی المان های ADAS
۵۳	..... ۱۰-۳ - رفتار هیستریزیس ADAS
۵۳	..... ۱۱-۳ - چند نمونه سازه مجهز به میراگر ADAS
۵۵	..... ۱۲-۳ - جمع بندی و نتیجه گیری
۵۷	..... فصل چهارم: طراحی براساس سطح عملکرد و تعیین ضریب رفتار
۵۸	..... ۱-۴ - طراحی براساس سطوح عملکرد
۵۸	..... ۱-۱-۴ - کلیات
۵۹	..... ۲-۱-۴ - اصول و روشهای طراحی براساس عملکرد
۶۲	..... ۳-۱-۴ - سطوح عملکرد
۶۲	..... ۱-۳-۱-۴ - سطوح عملکرد اجزای سازه ای
۶۳	..... ۴-۱-۴ - سطوح مختلف زمین لرزه
۶۵	..... ۲-۴ - روش طیف ظرفیت
۶۵	..... ۱-۲-۴ - کلیات
۶۶	..... ۲-۲-۴ - تعیین ظرفیت سازه
۶۷	..... ۳-۲-۴ - الگوهای مختلف توزیع بار جانبی در تحلیل Pushover
۶۸	..... ۴-۲-۴ - روش گام به گام انجام تحلیل Pushover و تعیین منحنی ظرفیت
۷۱	..... ۵-۲-۴ - تعیین نیاز و نقطه عملکرد سازه
۷۳	..... ۶-۲-۴ - تبدیل منحنی ظرفیت به طیف ظرفیت
۷۵	..... ۷-۲-۴ - بیان طیف ظرفیت با مدل دو خطی
۷۶	..... ۸-۲-۴ - تخمین میرایی و کاهش در طیف پاسخ با میرایی ۵٪
۸۱	..... ۹-۲-۴ - تقاطع طیف ظرفیت و نیاز
۸۱	..... ۱۰-۲-۴ - تعیین نقطه عملکرد به روش A
۸۴	..... ۳-۴ - بررسی روش های تعیین ضریب رفتار

۸۴	..... ۱-۳-۴ مقدمه
۸۴	..... ۲-۳-۴ تعریف مسئله
۸۴	..... ۱-۲-۳-۴ حالت حدی بهره برداری ( در حد سرویس دهی )
۸۴	..... ۲-۲-۳-۴ حالت حدی کنترل زیان
۸۵	..... ۳-۲-۳-۴ حالت حدی نهایی
۸۵	..... ۳-۳-۴ تاریخچه پیدایش و شکل گیری محاسبه ضریب رفتار
۸۷	..... ۴-۳-۴ روش های محاسبه ضریب رفتار
۸۸	..... ۱-۴-۳-۴ روشهای کاربردی
۸۸	..... ۱-۱-۴-۳-۴ روش ضریب شکل پذیری یوانگ
۹۲	..... ۲-۴-۳-۴ روش های تحلیلی
۹۲	..... ۱-۲-۴-۳-۴ روش تئوری ضریب شکل پذیری
۹۳	..... ۲-۲-۴-۳-۴ روش پاسخ غیر خطی سیستم یک درجه آزادی
۹۴	..... ۳-۲-۴-۳-۴ روش انرژی
۹۵	..... ۵-۳-۴ ضریب اضافه مقاومت
۹۶	..... ۱-۵-۳-۴ عوامل موثر در اضافه مقاومت
۹۷	..... ۲-۵-۳-۴ روش محاسبه ضریب اضافه مقاومت
۹۹	..... ۶-۳-۴ تعریف شکل پذیری
۱۰۰	..... ۷-۳-۴ ضریب شکل پذیری سازه
۱۰۰	..... ۸-۳-۴ عوامل موثر بر رابطه ضریب رفتار و ضریب شکل پذیری
۱۰۱	..... ۹-۳-۴ ضریب کاهش در اثر شکل پذیری و مروری بر تحقیقات انجام شده
۱۰۳	..... ۱-۹-۳-۴ نیومارک و هال
۱۰۳	..... ۲-۹-۳-۴ کراوینکلرو نصر
۱۰۴	..... ۳-۹-۳-۴ روش میراندا
۱۰۵	..... فصل پنجم : نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی مدل ها
۱۰۶	..... ۱-۵ مقدمه
۱۰۶	..... ۲-۵ کلیات
۱۰۷	..... ۳-۵ مشخصات نمونه ها
۱۰۹	..... ۴-۵ مدل سازی
۱۰۹	..... ۵-۵ تحلیل قاب ها
۱۰۹	..... ۶-۵ طراحی قاب ها
۱۱۱	..... ۱-۶-۵ کنترل مقادیر جابجایی نسبی طبقات
۱۱۱	..... ۷-۵ طراحی قاب ها با المان ADAS
۱۱۱	..... ۱-۷-۵ مدل دو خطی وسیله ADAS
۱۱۲	..... ۲-۷-۵ روش پیشنهادی برای انتخاب پارامترهای ADAS
۱۱۳	..... ۳-۷-۵ روند طراحی قاب ها با میراگر ADAS
۱۱۴	..... ۴-۷-۵ مدل کردن میراگر ADAS در نرم افزار
۱۱۴	..... ۸-۵ بررسی صحت مدل سازی در نرم افزار SAP2000

۱۱۴	..... ۵-۸-۱- شرح مدل انتخابی
۱۱۶	..... ۵-۹- آنالیز نمونه ها
۱۱۶	..... ۵-۱۰- ارزیابی عملکرد مدل ها بر مبنای روش استاتیکی غیر خطی
۱۱۷	..... ۵-۱۱- نکات مشترک در ارزیابی عملکرد ساختمان ها
۱۱۷	..... ۵-۱۱-۱- هدف بهسازی
۱۱۷	..... ۵-۱۱-۲- طیف طرح
۱۱۷	..... ۵-۱۱-۳- روشهای تحلیل سازه
۱۱۸	..... ۵-۱۱-۴- مقاومت مصالح
۱۱۸	..... ۵-۱۱-۴-۱- کرانه پایین مقاومت مصالح
۱۱۸	..... ۵-۱۱-۴-۲- مقاومت مورد انتظار مصالح
	..... ۵-۱۱-۵- تعیین پارامترهای مدل سازی و معیارهای پذیرش مفاصل تیر و ستون در آنالیز
۱۱۸	..... غیرخطی استاتیکی
۱۲۰	..... ۵-۱۱-۶- پارامترهای مدل سازی مهاربند ها و معیارهای پذیرش آنها
۱۲۱	..... ۵-۱۱-۷- اهداف عملکردی
۱۲۲	..... ۵-۱۲- روش استاتیکی غیر خطی ( NSP )
۱۲۳	..... ۵-۱۲-۱- منحنی طیف ظرفیت
۱۲۳	..... ۵-۱۲-۲- روش گام به گام تعیین نقطه عملکرد به روش طیف ظرفیت ( روش A )
۱۲۴	..... ۵-۱۲-۳- تعیین نقطه عملکرد قاب های مقاوم سازی شده
۱۲۸	..... ۵-۱۲-۴- کنترل معیارهای پذیرش
۱۲۸	..... ۵-۱۲-۴-۱- کنترل تغییر مکان جانبی در نقطه عملکرد
۱۳۰	..... ۵-۱۲-۴-۲- کنترل مقاومت جانبی سازه
۱۳۲	..... ۵-۱۳- نتایج
۱۳۳	..... ۵-۱۴- تعیین ضریب رفتار قاب های با میراگر فلزی
۱۳۳	..... ۵-۱۴-۱- مقدمه
۱۳۴	..... ۵-۱۴-۲- منحنی ظرفیت قاب های مقاوم سازی شده
۱۳۵	..... ۵-۱۴-۳- بررسی پارامترهای وابسته به ضریب رفتار
۱۳۸	..... ۵-۱۵- نتیجه
۱۴۰	..... فصل ششم: تحلیل دینامیکی غیر خطی
۱۴۱	..... ۶-۱- مقدمه
۱۴۱	..... ۶-۲- پارامترهای موثر در نتایج تحلیل دینامیکی غیر خطی
۱۴۱	..... ۶-۲-۱- منحنی رفتاری اعضاء
۱۴۲	..... ۶-۲-۲- شتاب نگاشت ها
۱۴۳	..... ۶-۲-۲-۱- مشخصات آیین نامه ای
۱۴۴	..... ۶-۲-۲-۲- معرفی شتاب نگاشت های انتخابی
۱۴۶	..... ۶-۲-۲-۳- ضریب مقیاس شتاب نگاشت ها
۱۴۷	..... ۶-۳- بررسی صحت مدل سازی در نرم افزار CSI-PERFORM
۱۴۸	..... ۶-۳-۱- شرح مدل انتخابی

۱۴۹	..... نتیجه بررسی و مقایسه ۲-۳-۶
۱۵۰	..... مدل های انتخابی برای تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی ۴-۶
۱۵۰	..... Seismic Isolator, Rubber Type در نرم افزار PERFORM-3D ۵-۶
۱۵۱	..... نتایج بدست آمده از تحلیل دینامیکی غیر خطی ۶-۶
۱۵۱	..... بررسی نتایج برش در قاب ها ۱-۶-۶
۱۵۵	..... بررسی نتایج تغییر مکان طبقات ۲-۶-۶
۱۶۲	..... توزیع انرژی در اعضا مختلف قاب ها ۳-۶-۶
۱۷۰	..... انرژی مستهلک شده در میراگرها ۴-۶-۶
۱۷۲	..... بررسی نتایج تاریخچه زمانی تغییر مکان بام در شتاب نگاشت های مختلف ۵-۶-۶
۱۷۶	..... نتیجه گیری کلی ۷-۶
۱۷۷	..... فصل هفتم: نتایج و پیشنهادات
۱۷۸	..... ۱-۷ نتایج
۱۸۰	..... ۲-۷ پیشنهادات
۱۸۱	..... مراجع
۱۸۵	..... پیوست

## فهرست جدول ها

صفحه	عنوان جدول
۱۱	جدول ۱-۲. انواع سیستم های کنترل سازه ای
۲۸	جدول ۲-۲. موارد کاربرد عملی سیستم کنترل فعال در سازه
۵۰	جدول ۱-۳. پارامترهای اصلی میراگر ADAS
۵۴	جدول ۲-۳. نمونه هایی از کاربرد میراگر ADAS
۷۹	جدول ۱-۴. مقادیر پارامتر K بر حسب رفتار مختلف ساختمان
۸۰	جدول ۲-۴. حداقل مقادیر مجاز برای $SR_A$ و $SR_T$
۸۰	جدول ۳-۴. ضرایب کاهش طیفی
۸۱	جدول ۴-۴. انتخاب نوع رفتار ساختمان
۱۰۴	جدول ۵-۴. ضرایب پیشنهادی کراوینکلر و نصر برای محاسبه $R_{\mu}$
۱۱۳	جدول ۱-۵. نتایج طراحی المان ADAS در قاب R8A5
۱۱۵	جدول ۲-۵. مقایسه نتایج تحلیلی با نتایج تحقیقاتی ( تغییر شکل )
۱۱۶	جدول ۳-۵. مقایسه نتایج تحلیلی با نتایج تحقیقاتی ( نیروی برشی )
۱۱۹	جدول ۴-۵. پارامترهای مدل سازی و معیارهای پذیرش در خمش برای تیر با مقطع IPE270
۱۱۹	جدول ۵-۵. تعیین مختصات منحنی نیرو - تغییر مکان در مدل سازی مفصل خمشی تیر IPE270
۱۲۰	جدول ۶-۵. پارامترهای مدل سازی و معیارهای پذیرش برای ستون با مقطع IPB200 $\left( \frac{P}{P_{Cl}} < 0.15 \right)$
۱۲۰	جدول ۷-۵. پارامترهای مدل سازی و معیارهای پذیرش برای ستون با مقطع IPB200 $\left( 0.15 < \frac{P}{P_{Cl}} < 0.5 \right)$
۱۲۱	جدول ۸-۵. منحنی رفتار در کشش برای کلیه مهاربند ها
۱۲۱	جدول ۹-۵. منحنی رفتار در فشار برای مهاربند ها (زوج ناودانی کمانش داخل صفحه )
۱۲۸	جدول ۱۰-۵. جابجایی و برش پایه نظیر نقطه عملکرد برای قابهای مورد مطالعه
۱۲۹	جدول ۱۱-۵. تغییر مکان نسبی قابهای با اتصال صلب تیر به ستون
۱۳۱	جدول ۱۲-۵. کنترل ضابطه مقاومت جانبی
۱۳۱	جدول ۱۳-۵. درصد مفاصل تشکیل شده در تیرها
۱۳۲	جدول ۱۴-۵. درصد مفاصل تشکیل شده در ستونها
۱۳۲	جدول ۱۵-۵. درصد مفاصل تشکیل شده در بادبند ها
۱۳۶	جدول ۱۶-۵. مقادیر پارامترهای مختلف ضریب رفتار
۱۳۶	جدول ۱۷-۵. مقادیر ضریب رفتار و پارامترهای وابسته با آن

- جدول ۱-۶ : مشخصات شتاب نگاشت های استفاده شده در تحلیل دینامیکی غیر خطی  
 ۱۴۵  
 جدول ۲-۶: ضریب مقیاس شتاب نگاشت ها برای تحلیل دینامیکی غیر خطی  
 ۱۴۶  
 جدول ۳-۶ : درصد مقادیر جذب انرژی المان های میراگر و مهاربند در قاب ۴ طبقه ۳ دهانه  
 ۱۶۵  
 جدول ۴-۶ : درصد مقادیر جذب انرژی المان های میراگر و مهاربند در قاب ۸ طبقه ۵ دهانه  
 ۱۶۶  
 جدول ۵-۶ : درصد مقادیر جذب انرژی المان های میراگر و مهاربند در قاب ۱۲ طبقه ۵ دهانه  
 ۱۶۷  
 جدول ۶-۶ : درصد مقادیر جذب انرژی المان های میراگر و مهاربند در قاب ۱۵ طبقه ۵ دهانه  
 ۱۶۸

#### پیوست

- جدول ۱-۱. مقاطع تیر، ستون و بادبند قاب R4A3  
 ۱۸۶  
 جدول ۲-۱. مقاطع تیر، ستون و بادبند قاب R4X3  
 ۱۸۶  
 جدول ۳-۱. مقاطع تیر، ستون و بادبند قاب R4A5  
 ۱۸۶  
 جدول ۴-۱. مقاطع تیر، ستون و بادبند قاب R4X5  
 ۱۸۶  
 جدول ۵-۱. مقاطع تیر، ستون و بادبند قاب R8A3  
 ۱۸۶  
 جدول ۶-۱. مقاطع تیر، ستون و بادبند قاب R8X3  
 ۱۸۷  
 جدول ۷-۱. مقاطع تیر، ستون و بادبند قاب R8A5  
 ۱۸۷  
 جدول ۸-۱. مقاطع تیر، ستون و بادبند قاب R8X5  
 ۱۸۷  
 جدول ۹-۱. مقاطع تیر، ستون و بادبند قاب R12A3  
 ۱۸۸  
 جدول ۱۰-۱. مقاطع تیر، ستون و بادبند قاب R12X3  
 ۱۸۸  
 جدول ۱۱-۱. مقاطع تیر، ستون و بادبند قاب R12A5  
 ۱۸۹  
 جدول ۱۲-۱. مقاطع تیر، ستون و بادبند قاب R12X5  
 ۱۸۹  
 جدول ۱۳-۱. مقاطع تیر، ستون و بادبند قاب R15A3  
 ۱۹۰  
 جدول ۱۴-۱. مقاطع تیر، ستون و بادبند قاب R15X3  
 ۱۹۰  
 جدول ۱۵-۱. مقاطع تیر، ستون و بادبند قاب R15A5  
 ۱۹۱  
 جدول ۱۶-۱. مقاطع تیر، ستون و بادبند قاب R15X5  
 ۱۹۱

## فهرست شکل ها

صفحه	عنوان شکل
۲	شکل ۱-۱: آسیب دیدن شریان های حیاتی در زلزله کوبه
۳	شکل ۱-۲: آسیب دیدن مهار بندهای ترد در زلزله کوبه
۴	شکل ۳-۱: خرابی سازه ها در زلزله تایوان ۱۹۹۹
۶	شکل ۴-۱: کاربرد میراگر ADAS در Wells Fargo Bank
۱۲	شکل ۱-۲: نمونه ای از سیستم های کنترل غیرفعال و جداساز لرزه ای
۱۳	شکل ۲-۲: نمونه شماتیک کنترل فعال و غیر فعال
۱۳	شکل ۳-۲: سازه با طرح شماتیک متداول
۱۴	شکل ۴-۲: سازه با وسیله جذب انرژی غیرفعال
۱۴	شکل ۵-۲: سازه با کنترل فعال
۱۶	شکل ۶-۲: سازه با کنترل دو گانه (هیبریدی)
۱۶	شکل ۷-۲: سازه با کنترل نیمه فعال
۱۷	شکل ۸-۲: آمار کاربردی وسایل PED در آمریکای شمالی
۱۸	شکل ۹-۲: سازه با میراگرهای هدایت شده: میراگر ستون مایع هدایت شده (TLCD)، میراگر مایع هدایت شده (TLD)، میراگر جرم هدایت شده (TMD)
۱۹	شکل ۱۰-۲: سیستم جداساز پایه
۱۹	شکل ۱۱-۲: عملکرد سیستم جدا ساز پایه
۲۱	شکل ۱۲-۲: سیستم میراگر ADAS
۲۱	شکل ۱۳-۲: نتایج آنالیز غیرخطی ساختمان Wells Fargo Bank با سیستم ADAS
۲۱	شکل ۱۴-۲: رفتار هیستریزس و ساختار بادبند کمانش ناپذیر (BRB)
۲۲	شکل ۱۵-۲: میراگر ویسکوالاستیک و محل قرارگیری آن در ساختمان تجارت جهانی نیویورک
۲۲	شکل ۱۶-۲: نمونه ای از میراگر ویسکوالاستیک و کاربرد عملی آن در ساختمان Santa Clara
۲۳	شکل ۱۷-۲: سازه San Bernardino که از میراگر VF همراه با جدایشگر پایه استفاده شده است
۲۳	شکل ۱۸-۲: نمونه ای از میراگر VF استفاده شده در San Bernardino
۲۴	شکل ۱۹-۲: میراگر اصطکاکی Pall و میراگر اصطکاکی لغزشی
۲۵	شکل ۲۰-۲: میراگر اصطکاکی Sumitomo و میراگر اصطکاکی چرخشی
۲۵	شکل ۲۱-۲: جرم میراگر تنظیم شده در برج Taipei 101
۲۶	شکل ۲۲-۲: مایع میراگر تنظیم شده (TLD) در ساختمان
۲۷	شکل ۲۳-۲: رفتار ایده آل میراگر SMA
۲۷	شکل ۲۴-۲: مکانیزم عملکرد میراگر SMA

- شکل ۲-۲۵: ساختمان Kyobashi Seiwa و AMD بکار رفته در آن ۲۹
- شکل ۲-۲۶: ساختمان Sendagaya INTES در توکیو با میراگر جرم هیبریدی (HMD) ۳۰
- شکل ۲-۲۷: اجزاء سیستم DUOX ۳۰
- شکل ۲-۲۸: برج Yokohama با HMD ۳۱
- شکل ۳-۱: خواص مکانیکی ورق X شکل ۳۵
- شکل ۳-۲: تغییر مکان جانبی نسبی ورق های میراگر ADAS ۳۷
- شکل ۳-۳: برهم کنش بین تیر ، ستونها ، وسیله ADAS و باد بندها ۳۷
- شکل ۳-۴: قاب با میراگر ADAS و عضو مهاربندی ۳۸
- شکل ۳-۵: میراگر ADAS و کاربرد آن در قاب فولادی ۳۸
- شکل ۳-۶: سیستم یک درجه آزادی با میراگر ADAS ۴۳
- شکل ۳-۷: اثر کرنش سخت شدگی در یک سازه ۱۰ طبقه تحت زمین لرزه السنترو ۴۵
- شکل ۳-۸: اثر ضریب کرنش سخت شدگی در یک سازه ۱۰ طبقه تحت زمین لرزه السنترو ۴۵
- شکل ۳-۹: رابطه بین  $\alpha$  و B/D ۴۶
- شکل ۳-۱۰: مزیت شکل ساعت شنی ورق میراگر نسبت به ورق های مستطیلی و مثلثی ۵۱
- شکل ۳-۱۱: مدل دو خطی وسیله ADAS ۵۱
- شکل ۳-۱۲: نمودار رفتار هیسترتیک میراگر ADAS ۵۳
- شکل ۳-۱۳: ساختمان فارگو بانک مقاوم سازی شده با میراگر ADAS ۵۴
- شکل ۳-۱۴: ساختمان ده طبقه ایزاگا مقاوم سازی شده با میراگر ADAS ۵۵
- شکل ۴-۱: فرم کلی منحنی ظرفیت ۷۰
- شکل ۴-۲: منحنی های ظرفیت چند گانه مورد نیاز برای مدل کردن کاهش مقاومت ۷۰
- شکل ۴-۳: منحنی ظرفیت با در نظر گرفتن کاهش در مقاومت کلی ۷۱
- شکل ۴-۴: روش تغییر مکان یکسان ۷۲
- شکل ۴-۵: طیف پاسخ در فرمت های عادی (سمت چپ) و ADRS (سمت راست) ۷۴
- شکل ۴-۶: رسم منحنی ظرفیت روی دو فرمت مختلف از منحنی طیف ۷۴
- شکل ۴-۷: نمایش طیف ظرفیت با مدل دو خطی ۷۶
- شکل ۴-۸: محاسبه میرایی برای تعیین ضرایب کاهش طیفی ۷۷
- شکل ۴-۹: نمایش یک چرخه از منحنی ایده آل هیسترتیزس ۷۷
- شکل ۴-۱۰: نمایش مساحت های لازم برای محاسبه سطح موردنظر ۷۷
- شکل ۴-۱۱: منحنی طیف الاستیک ۵٪ و منحنی تقاضای (پاسخ) کاهش یافته ۷۸
- شکل ۴-۱۲: گام دوم روش A ۸۲
- شکل ۴-۱۳: گام سوم روش A ۸۲
- شکل ۴-۱۴: گام چهارم روش A ۸۳
- شکل ۴-۱۵: گام پنجم روش A ۸۳
- شکل ۴-۱۶: منحنی ظرفیت حقیقی و ایده آل ۸۹
- شکل ۴-۱۷: مدل ساده شده با ظرفیت باز توزیع پلاستیک ۹۳
- شکل ۴-۱۸: روش نیومارک معادل ۹۴
- شکل ۴-۱۹: تئوری ضریب شکل پذیری (سمت راست)، تعادل انرژی (سمت چپ) ۹۴



۹۸	شکل ۴-۲۰: تغییرات ضریب اضافه مقاومت با تغییر در پیوند ارتعاش سیستم
۹۹	شکل ۴-۲۱: رفتار مصالح شکل پذیر و شکننده
۱۰۰	شکل ۴-۲۲: روشهای مختلف تعیین تغییر شکل تسلیم
۱۰۱	شکل ۴-۲۳: تغییرات $\mu$ بر حسب $F_y$
۱۰۲	شکل ۴-۲۴: طیف خطی و غیر خطی با شکل پذیری ثابت
۱۰۷	شکل ۵-۱: هندسه قابهای مقاوم سازی شده با میراگر ADAS
۱۰۷	شکل ۵-۲: هندسه قابهای مقاوم سازی شده با مهاربند هم مرکز
۱۰۸	شکل ۵-۳: پلان ساختمانهای مورد بررسی
۱۰۹	شکل ۵-۴: طیف بازتاب استاندارد ۲۸۰۰
۱۱۰	شکل ۵-۵: نمایشی از قاب مقاوم سازی شده با میراگر ADAS
۱۱۰	شکل ۵-۶: نمایشی از قاب مقاوم سازی شده با مهاربند هم مرکز (CBF)
۱۱۱	شکل ۵-۷: مدل دو خطی وسیله ADAS
۱۱۵	شکل ۵-۸: قاب تحلیلی مجهز به میراگر ADAS
۱۱۷	شکل ۵-۹: طیف بازتاب استاندارد ۲۸۰۰ که در ارزیابی عملکردی مورد استفاده قرار گرفته است
۱۱۸	شکل ۵-۱۰: منحنی نیرو - تغییر شکل تعمیم یافته اجزاء
۱۲۰	شکل ۵-۱۱: منحنی نیرو- تغییر شکل مهاربندها
۱۲۳	شکل ۵-۱۲: منحنی طیف ظرفیت سازه در نرم افزار SAP2000
۱۲۴	شکل ۵-۱۳: تعیین نقطه عملکرد با استفاده از منحنی طیف ظرفیت
۱۲۵	شکل ۵-۱۴: نقطه عملکرد قاب R4X3، نقطه عملکرد قاب R4A3
۱۲۵	شکل ۵-۱۵: نقطه عملکرد قاب R4X5، نقطه عملکرد قاب R4A5
۱۲۶	شکل ۵-۱۶: نقطه عملکرد قاب R8X3، نقطه عملکرد قاب R8A3
۱۲۶	شکل ۵-۱۷: نقطه عملکرد قاب R8X5، نقطه عملکرد قاب R8A5
۱۲۷	شکل ۵-۱۸: نقطه عملکرد قاب R15X3، نقطه عملکرد قاب R15A3
۱۲۷	شکل ۵-۱۹: نقطه عملکرد قاب R15X5، نقطه عملکرد قاب R15A
۱۳۰	شکل ۵-۲۰: برش تسلیم موثر
۱۳۰	شکل ۵-۲۱: برش پایه نظیر نقطه عملکرد
۱۳۴	شکل ۵-۲۲: منحنی ظرفیت قاب R4A5 و R4A3
۱۳۴	شکل ۵-۲۳: منحنی ظرفیت قاب R8A5 و R8A3
۱۳۵	شکل ۵-۲۴: منحنی ظرفیت قاب R12A5 و R12A3
۱۳۵	شکل ۵-۲۵: منحنی ظرفیت قاب R15A5 و R15A3
۱۳۷	شکل ۵-۲۶: ضریب کاهش ناشی از شکل پذیری ( $R_p$ ) در قاب ها
۱۳۷	شکل ۵-۲۷: ضریب اضافه مقاومت افزون ( $R_s$ ) در قاب ها
۱۳۸	شکل ۵-۲۸: ضریب رفتار (R) قابهای با میراگر فلزی
۱۳۸	شکل ۵-۲۹: مقایسه ضرایب کاهش بر اثر شکل پذیری
۱۴۲	شکل ۶-۱: منحنی هیستریزس مهاربندی متقارب تحت بار سیکلی
۱۴۲	شکل ۶-۲: منحنی هیستریزس یک جزء از سازه تحت دو زمین لرزه مختلف
۱۴۵	شکل ۶-۳: شتاب نگاشت زلزله طیس

- شکل ۴-۶: شتاب نگاشت زلزله نورتریج  
 ۱۴۵  
 شکل ۵-۶: شتاب نگاشت زلزله السنترو  
 ۱۴۵  
 شکل ۶-۶: طیف های شتاب رکوردهای انتخابی قبل از اصلاح (مدل ۸ طبقه ۳ دهانه (مدل  
 ۱۴۷ (( R8A3  
 شکل ۷-۶: طیف های شتاب رکوردهای انتخابی بعد از اصلاح (مدل ۸ طبقه ۳ دهانه (مدل  
 ۱۴۷ (( R8A3  
 شکل ۸-۶: قاب تحلیلی مجهز به میراگر ADAS  
 ۱۴۸  
 شکل ۹-۶: مقایسه نتایج نرم افزار DRIAN-2DX و PERFORM برای قاب ۳ طبقه  
 ۱۴۹  
 شکل ۱۰-۶: المان Rubber Type Isolator با سختی بی نهایت  
 ۱۵۱  
 شکل ۱۱-۶: نمودار برش طبقات قاب ۴ طبقه ۳ دهانه و قاب ۸ طبقه ۳ دهانه  
 ۱۵۲  
 شکل ۱۲-۶: نمودار برش طبقات قاب ۸ طبقه ۵ دهانه و قاب ۱۲ طبقه ۵ دهانه  
 ۱۵۳  
 شکل ۱۳-۶: نمودار برش طبقات قاب ۱۵ طبقه ۳ دهانه و قاب ۱۵ طبقه ۵ دهانه  
 ۱۵۴  
 شکل ۱۴-۶: نمودار جابجایی و جابجایی نسبی طبقات در قاب ۴ طبقه ۳ دهانه  
 ۱۵۶  
 شکل ۱۵-۶: نمودار جابجایی و جابجایی نسبی طبقات در قاب ۸ طبقه ۵ دهانه  
 ۱۵۷  
 شکل ۱۶-۶: نمودار جابجایی و جابجایی نسبی طبقات در قاب ۱۲ طبقه ۳ دهانه  
 ۱۵۸  
 شکل ۱۷-۶: نمودار جابجایی و جابجایی نسبی طبقات در قاب ۱۵ طبقه ۳ دهانه  
 ۱۵۹  
 شکل ۱۸-۶: نمودار جابجایی و جابجایی نسبی طبقات در قاب ۱۵ طبقه ۵ دهانه  
 ۱۶۰  
 شکل ۱۹-۶: مقادیر انرژی ورودی و انرژی جذب شده توسط المان های میراگر و مهاربند  
 شورن در قاب ۴ طبقه ۳ دهانه  
 ۱۶۵  
 شکل ۲۰-۶: مقادیر انرژی ورودی و انرژی جذب شده توسط المان های میراگر و مهاربند  
 شورون در قاب ۸ طبقه ۵ دهانه  
 ۱۶۶  
 شکل ۲۱-۶: مقادیر انرژی ورودی و انرژی جذب شده توسط المان های میراگر و مهاربند  
 شورون در قاب ۱۲ طبقه دهانه  
 ۱۶۷  
 شکل ۲۲-۶: مقادیر انرژی ورودی و انرژی جذب شده توسط المان های میراگر و مهاربند  
 شورون در قاب ۱۵ طبقه ۵ دهانه  
 ۱۶۸  
 شکل ۲۳-۶: نمونه ای از منحنی های هیستریزس میراگر در قاب ۴ طبقه ۳ دهانه  
 ۱۷۰  
 شکل ۲۴-۶: نمونه ای از منحنی های هیستریزس میراگر در قاب ۸ طبقه ۳ دهانه  
 ۱۷۱  
 شکل ۲۵-۶: نمونه ای از منحنی های هیستریزس میراگر در قاب ۱۲ طبقه ۵ دهانه  
 ۱۷۱  
 شکل ۲۶-۶: نمونه ای از منحنی های هیستریزس میراگر در قاب ۱۵ طبقه ۳ دهانه  
 ۱۷۲  
 شکل ۲۷-۶: نمونه ای از منحنی های هیستریزس میراگر در قاب ۱۵ طبقه ۵ دهانه  
 ۱۷۲  
 شکل ۲۸-۶: نمودار تاریخچه زمانی تغییر مکان بام قاب ۴ طبقه ۳ دهانه در زلزله نورتریج  
 ۱۷۳  
 شکل ۲۹-۶: نمودار تاریخچه زمانی تغییر مکان بام قاب ۸ طبقه ۳ دهانه در زلزله نورتریج  
 ۱۷۳  
 شکل ۳۰-۶: نمودار تاریخچه زمانی تغییر مکان بام قاب ۸ طبقه ۵ دهانه در زلزله نورتریج  
 ۱۷۳  
 شکل ۳۱-۶: نمودار تاریخچه زمانی تغییر مکان بام قاب ۱۲ طبقه ۳ دهانه در زلزله نورتریج  
 ۱۷۴  
 شکل ۳۲-۶: نمودار تاریخچه زمانی تغییر مکان بام قاب ۱۲ طبقه ۵ دهانه در زلزله نورتریج  
 ۱۷۴  
 شکل ۳۳-۶: نمودار تاریخچه زمانی تغییر مکان بام قاب ۱۵ طبقه ۳ دهانه در زلزله نورتریج  
 ۱۷۴  
 شکل ۳۴-۶: نمودار تاریخچه زمانی تغییر مکان بام قاب ۱۵ طبقه ۳ دهانه در زلزله نورتریج  
 ۱۷۵

## فهرست علائم

نشانه	علامت
بار	$(L)kg/m^2$
تنش	$\sigma_y (kg/cm^2)$
نیرو	F(KN)
تنش	$\sigma_y (KPA)$

## لیست اختصارات

نشانه	اختصار
NBCC	National Building Construction Corporation
SEAOC	Structural Engineers Association of California
ADAS	Added Damping And Stiffness
SDOF	Single Degree Of Freedom
PED	Passive Energy Dissipation
TMD	Tuned Mass Damper
TLD	Tuned Liquid Damper
TLCD	Tuned Liquid Column Damper
VE	Viscoelastic
VF	Viscous Fluid damper
SMAs	Shape Memory Alloys
AMD	Active Mass Damper
HMD	Hybrid Mass Damper
MR-ER	Magnetorheological-electrorheological Fluids
ABS	Active Bracing System
EBF	Eccentric Braced Frame
DBE	Design Based Earthquake
MCE	Maximum Considered Earthquake
UBC	Uniform Building Code
FEMA	Federal Emergency Management Agency
ATC	Applied Technology Council
D.E	Design Earthquake
S.E	Serviceability Earthquake
M.E	Maximum Probable Earthquake
C.S.M	Capacity Spectrum Method
ADRS	Acceleration Displacement Response Spectrum
NEHRP	National Earthquake Hazards Reduction Program
ACI	American Concrete Institute