



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی عمران-سازه

بررسی کارایی میراگرهای اصطکاکی دورانی در بهبود رفتار لرزه ای سازه های فولادی

نگارش:

سارا میرزاباقری

استاد راهنما:

دکتر علی اکبر آقاچوچک

شهریور ۱۳۸۹

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

خانم سارا میرزاباقری پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان بررسی کارایی میراگرهای

اصطکاکی دورانی در بهبود رفتار لرزه ای سازه های فولادی در تاریخ

۱۳۸۹/۶/۲۹ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران - سازه پیشنهاد می کنند.

| عضو هیات داوران | نام و نام خانوادگی | رتبه علمی | امضا |
|--------------------------------------|-------------------------|-----------|------|
| استاد راهنما | دکتر علی اکبر آقا کوچک | استاد | |
| استاد مشاور | دکتر مسعود سلطانی محمدی | دانشیار | |
| استاد ناظر | دکتر فرهاد دانشجو | استاد | |
| استاد ناظر | دکتر مهدی زهرایی | دانشیار | |
| مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی) | دکتر فرهاد دانشجو | استاد | |

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه رساله مورد تأیید است
امضای استاد راهنما:

دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته تربیت مدرس مرکز تربیت مدرس است که در سال ۱۳۸۹ در دانشکده تربیت مدرس مرکز تربیت مدرس دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر علیر ابراهیم، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر

مسعود سلطان محمدی و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

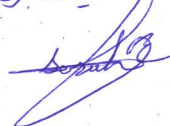
ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب سارا میرزماوی مقطع کارشناسی ارشد دانشجوی رشته تربیت مدرس مرکز تربیت مدرس

تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: سارا میرزماوی

تاریخ و امضا: 

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان‌نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه / رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه / رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

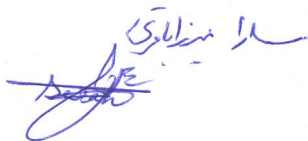
ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام می‌شود.

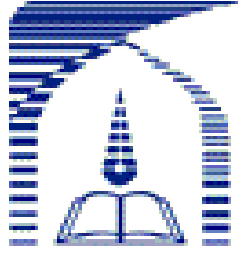
ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم‌الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می‌شود.

نام و نام خانوادگی

امضاء





دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد مهندسی عمران-سازه

بررسی کارایی میراگرهای اصطکاکی دورانی در بهبود رفتار لرزه ای سازه های فولادی

نگارش:

سارا میرزاباقری

استاد راهنما:

دکتر علی اکبر آقا کوچک

استاد مشاور:

دکتر مسعود سلطانی محمدی

شهریور ۱۳۸۹

تقدیم به

پشتیبانان محکم زندگی
پدر و مادر عزیزتر از جانم

تشکر و قدردانی

در اینجا لازم می دانم از زحمات بی دریغ دکتر علی اکبر آقا کوچک، که با در اختیار قرار دادن تجارب و رهنمودهایشان مرا در انجام این پایان نامه یاری نموده و فرصت آموزشی ارزشمندی را در اختیار بنده قرار داده اند، تشکر نمایم.

چکیده

میراگرهای الحاقی به منظور کاستن از پاسخ دینامیکی سازه ها در برابر بارگذاری باد و زلزله استفاده می شوند. مکانیزم عملکردی این وسایل به گونه ای می باشد که مقدار زیادی از انرژی ورودی به سازه بر اثر بارگذاری دینامیکی، جذب و مستهلک می شود. عملکرد این وسایل موجب می گردد که انرژی دریافتی سایر اعضای سازه ای کاهش یافته و در نتیجه تغییر شکل زیادی در آنها ایجاد نشود. میراگر اصطکاکی براساس مکانیزم اصطکاک بین اجسام صلب نسبت به یکدیگر عمل می کند. میراگر اصطکاکی دورانی، نوع خاصی از میراگر اصطکاکی می باشد که دارای مزایای متعددی از جمله تکنولوژی بسیار ساده، ساخت، نصب و نگهداری آسان و قابلیت چندین بار استفاده است. در پژوهش های محققین پیرامون کاربرد میراگرهای اصطکاکی دورانی، همواره کارایی این نوع میراگرها در قاب های خمشی مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است.

در این تحقیق کارایی میراگرهای اصطکاکی دورانی در قاب های ساده نیز مورد بررسی قرار می گیرد. بدین منظور از دو نوع قاب یعنی قاب خمشی و قاب ساده مهاربندی شده استفاده می شود تا تأثیر اضافه نمودن این نوع میراگر به هریک از این دو نوع قاب مشاهده گردد و شرایط استفاده از این میراگر در هریک از این قاب ها معلوم گردد. در هریک از حالات فوق، سه قاب ۳، ۷ و ۱۲ طبقه بررسی می شود. برای انجام تحلیل ها از تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی استفاده می شود. در تحلیل های دینامیکی از هفت شتاب نگاشت اصلاح و مقیاس شده استفاده شده و بین پاسخ های این هفت شتاب نگاشت عمل میانگین گیری انجام می شود.

بعد از انجام تحلیل های دینامیکی مشاهده شد که کاربرد میراگرهای اصطکاکی دورانی در قاب های خمشی نسبت به قاب های ساده مهاربندی شده شورون مناسب تر بوده و در قاب های خمشی با جذب و استهلاک درصد بالایی از انرژی ورودی به سازه، شرایط ایمن و پایداری را نسبت به ساختمان های مشابه فراهم می کنند. در انتها با استفاده از تحلیل پوش اور میرایی مؤثر قاب های خمشی مجهز به این نوع میراگر بدست آمد و مشاهده گردید پاسخ های این سازه ها با پاسخ های قاب های خمشی بدون میراگر با میرایی برابر با میرایی مؤثری که از سازه های دارای میراگر اصطکاکی دورانی بدست آمده، انطباق بسیار خوبی دارد.

کلید واژه: میراگر اصطکاکی دورانی، تحلیل دینامیکی غیرخطی، تحلیل پوش اور

فهرست مطالب

| صفحه | عنوان |
|------|--|
| د | فهرست جدول ها |
| ه | فهرست شکل ها |
| ۱ | پیشگفتار |
| ۵ | فصل ۱- انواع میراگرهای غیرفعال |
| ۵ | ۱-۱- تجهیزات میرایی غیرفعال |
| ۵ | ۱-۱-۱- میراگر ویسکوز |
| ۵ | ۱-۱-۱-۱- معرفی |
| ۵ | ۱-۱-۱-۱- اجزای میراگرهای ویسکوز |
| ۶ | ۱-۱-۱-۱- مزایا و معایب |
| ۷ | ۱-۱-۱-۲- میراگر ویسکوالاستیک |
| ۷ | ۱-۱-۱-۲-۱- معرفی |
| ۷ | ۱-۱-۱-۲-۱-۱- اجزای میراگرهای ویسکوالاستیک |
| ۸ | ۱-۱-۱-۲-۱-۱- مزایا و معایب |
| ۸ | ۱-۱-۱-۳- میراگرهای تسلیمی (فلزی) یا جاری شونده |
| ۸ | ۱-۱-۳-۱-۱- معرفی |
| ۸ | ۱-۱-۳-۱-۱-۱- اجزای میراگرهای فلزی جاری شونده |
| ۱۱ | ۱-۱-۳-۱-۱-۱- مزایا و معایب |
| ۱۱ | ۱-۱-۴- آلیاژهای تغییرشکل ماندگار (میراگرهای SMA) |
| ۱۱ | ۱-۱-۴-۱-۱- معرفی |
| ۱۲ | ۱-۱-۴-۱-۱-۱- اجزای میراگرهای SMA |
| ۱۲ | ۱-۱-۴-۱-۱-۱- کاربرد میراگرهای SMA |
| ۱۲ | ۱-۱-۵- میراگرهای اصطکاکی |
| ۱۲ | ۱-۱-۵-۱-۱- معرفی |
| ۱۳ | ۱-۲- سیستم های تنظیم شده |
| ۱۳ | ۱-۲-۱- میراگرهای جرمی تنظیم شده |
| ۱۴ | ۱-۲-۲- میراگرهای مایع و ستون مایع تنظیم شده |
| ۱۵ | فصل ۲- انواع میراگرهای اصطکاکی |
| ۱۵ | ۱-۲- معرفی |
| ۱۶ | ۲-۲- انواع میراگرهای اصطکاکی |
| ۱۶ | ۱-۲-۲- میراگر اصطکاکی پال |
| ۱۹ | ۲-۲-۲- سیستم میراگر اتصالات اصطکاکی |

| | |
|----|---|
| ۲۱ | ۳-۲-۲- میراگر اصطکاکی سومیتومو |
| ۲۲ | ۴-۲-۲- مهارکننده اتلاف انرژی (EDR) |
| ۲۲ | ۵-۲-۲- میراگر اصطکاکی دورانی |
| ۲۲ | ۱-۵-۲-۲- معرفی |
| ۲۳ | ۲-۵-۲-۲- اجزای تشکیل دهنده میراگر اصطکاکی دورانی |
| ۲۴ | ۳-۵-۲-۲- نحوه عملکرد میراگر اصطکاکی دورانی |
| ۲۴ | ۴-۵-۲-۲- انواع میراگرهای اصطکاکی دورانی |
| ۲۶ | ۵-۵-۲-۲- آزمایش ها و مدلسازی های میراگرهای اصطکاکی دورانی |
| ۳۰ | ۶-۵-۲-۲- کاربرد انواع میراگرهای اصطکاکی دورانی |
| ۳۲ | ۷-۵-۲-۲- مزایای میراگر اصطکاکی دورانی |
| ۳۲ | ۳-۲- مزایا و معایب میراگرهای اصطکاکی |
| ۳۴ | فصل ۳- نحوه مدلسازی سازه های مورد بررسی |
| ۳۴ | ۱-۳- معرفی سازه های مورد مطالعه |
| ۳۵ | ۲-۳- نحوه مدلسازی |
| ۳۶ | ۳-۳- میراگرهای مورد استفاده و نحوه مدلسازی آنها |
| ۳۷ | ۴-۳- نحوه انتخاب شتاب نگاشت ها و مقیاس نمودن آنها |
| ۴۳ | فصل ۴- نتیجه مطالعات پارامتری و تجزیه و تحلیل نتایج قاب ساده |
| ۴۳ | ۱-۴- مقدمه |
| ۴۳ | ۲-۴- پیوند سازه ها |
| ۴۴ | ۳-۴- مقاومت دورانی میراگرهای مورد استفاده در هر یک از سازه ها |
| ۴۴ | ۴-۴- تغییرمکان طبقه |
| ۴۹ | ۵-۴- نسبت تغییرمکان (drift ratio) طبقه |
| ۵۲ | ۶-۴- نیرو در ستون ها |
| ۵۷ | ۷-۴- انرژی مستهلک شده |
| ۵۹ | ۸-۴- حلقه های هیستریزس میراگرهای اصطکاکی دورانی |
| ۵۹ | ۹-۴- زلزله سطح بهره برداری |
| ۶۴ | فصل ۵- نتیجه مطالعات پارامتری و تجزیه و تحلیل نتایج قاب خمشی |
| ۶۴ | ۱-۵- مقدمه |
| ۶۴ | ۲-۵- پیوند سازه ها |
| ۶۵ | ۳-۵- مقاومت دورانی میراگرهای مورد استفاده در هر یک از سازه ها |
| ۶۵ | ۴-۵- تغییرمکان طبقه |
| ۷۱ | ۵-۵- نسبت تغییرمکان (drift ratio) طبقه |
| ۷۵ | ۶-۵- نیرو در ستون ها |
| ۷۶ | ۷-۵- انرژی مستهلک شده |

| | |
|----------|--|
| ۸۲..... | ۵-۸- حلقه های هیستریزیس میراگرهای اصطکاکی دورانی |
| ۸۲..... | ۵-۹- زلزله سطح بهره برداری |
| ۸۷..... | ۵-۱۰- میرایی مؤثر |
| ۹۷..... | فصل ۶- جمع بندی و نتیجه گیری |
| ۹۷..... | ۶-۱- کلیات |
| ۹۸..... | ۶-۲- نحوه استفاده از میراگرهای اصطکاکی دورانی |
| ۹۸..... | ۶-۳- جمع بندی |
| ۱۰۰..... | ۶-۴- نتیجه گیری |
| ۱۰۰..... | ۶-۵- پیشنهادات برای تحقیقات آتی |
| ۱۰۱..... | فهرست مراجع |

فهرست جدول‌ها

| عنوان | صفحه |
|---|------|
| جدول ۱-۲: تغییر مکان نسبی هر طبقه تحت زلزله السنترو- $0/30g$ در دو حالت با و بدون میراگر..... | ۲۹ |
| جدول ۲-۲: مقایسه جابجایی نسبی قاب اولیه و قاب مجهز به میراگر اصطکاکی دورانی..... | ۲۹ |
| جدول ۱-۳: شتاب نگاشت های مورد استفاده..... | ۳۸ |
| جدول ۲-۳: شتاب حداکثر محاسبه شده برای زلزله سطح بهره برداری در قاب های ساده مهاربندی شده..... | ۴۲ |
| جدول ۳-۳: شتاب حداکثر محاسبه شده برای زلزله سطح بهره برداری در قاب های خمشی..... | ۴۲ |
| جدول ۱-۴: پیود مدل های قاب ساده..... | ۴۳ |
| جدول ۲-۴: مقاومت دورانی 100% و مقاومت دورانی مورد نیاز سازه های مورد بررسی..... | ۴۴ |
| جدول ۳-۴: درصد کاهش نیروی محوری در هر یک از سازه ها..... | ۵۷ |
| جدول ۴-۴: میزان کل انرژی داخلی در سازه ها (برحسب $kgf.m$)..... | ۵۷ |
| جدول ۵-۴: راهنمای نمودارهای انرژی..... | ۵۸ |
| جدول ۶-۴: میزان کل انرژی داخلی در سازه ها (برحسب $kgf.m$)..... | ۶۲ |
| جدول ۱-۵: پیود مدل های قاب خمشی..... | ۶۴ |
| جدول ۲-۵: درصد کاهش تغییر مکان هر طبقه با افزودن میراگر به قاب ۳ طبقه..... | ۷۰ |
| جدول ۳-۵: درصد کاهش تغییر مکان هر طبقه با افزودن میراگر به قاب ۷ طبقه..... | ۷۰ |
| جدول ۴-۵: درصد کاهش تغییر مکان هر طبقه با افزودن میراگر به قاب ۱۲ طبقه..... | ۷۰ |
| جدول ۵-۵: درصد کاهش نسبت تغییر مکان هر طبقه با افزودن میراگر به قاب ۳ طبقه..... | ۷۴ |
| جدول ۶-۵: درصد کاهش نسبت تغییر مکان هر طبقه با افزودن میراگر به قاب ۷ طبقه..... | ۷۴ |
| جدول ۷-۵: درصد کاهش نسبت تغییر مکان هر طبقه با افزودن میراگر به قاب ۱۲ طبقه..... | ۷۴ |
| جدول ۸-۵: درصد کاهش نیروی محوری در هر یک از سازه ها..... | ۷۶ |
| جدول ۹-۵: میزان انرژی جذب شده در سازه ها (برحسب $kgf.m$)..... | ۷۷ |
| جدول ۱۰-۵: درصد کاهش انرژی جذب شده در المان ها..... | ۷۷ |
| جدول ۱۱-۵: راهنمای نمودارهای انرژی..... | ۷۸ |
| جدول ۱۲-۵: میزان انرژی جذب شده در سازه ها تحت زلزله سطح بهره برداری..... | ۸۵ |
| جدول ۱۳-۵: انتخاب نوع سازه..... | ۹۱ |
| جدول ۱۴-۵: تعیین مقادیر k | ۹۱ |
| جدول ۱۵-۵: میرایی موثر محاسبه شده به سه روش..... | ۹۵ |
| جدول ۱۶-۵: مقایسه نتایج بدست آمده از قاب های بدون میراگر با افزایش میرایی و قاب های مجهز به میراگر..... | ۹۶ |

فهرست شکل ها

| عنوان | صفحه |
|---|------|
| شکل ۱: نمونه شماتیک کنترل فعال و غیرفعال | ۲ |
| شکل ۱-۱: میراگر ویسکوز | ۶ |
| شکل ۲-۱: کاربرد میراگر ویسکوز به عنوان بادبند | ۶ |
| شکل ۳-۱: میراگر ویسکو الاستیک | ۷ |
| شکل ۴-۱: میراگر تسلیمی | ۹ |
| شکل ۵-۱: بادبند شکل پذیر | ۹ |
| شکل ۶-۱: المان های تسلیمی اضافه شده به سازه | ۱۰ |
| شکل ۷-۱: میراگرهای تسلیمی در بادبندهای هم محور | ۱۰ |
| شکل ۸-۱: میراگر SMA و مکانیزم عملکرد | ۱۲ |
| شکل ۹-۱: برج تایپه ۱۰۱ | ۱۳ |
| شکل ۱۰-۱: میراگر جرمی تنظیم شده و محل نصب آن در برج | ۱۴ |
| شکل ۱۱-۱: استفاده از میراگر مایع تنظیم شده | ۱۴ |
| شکل ۱-۲: حلقه هیستریزیس میراگرهای اصطکاکی | ۱۵ |
| شکل ۲-۲: موقعیت های مختلف میراگر اصطکاکی | ۱۶ |
| شکل ۳-۲: میراگر اصطکاکی پال | ۱۶ |
| شکل ۴-۲: مقایسه حلقه هیستریزیس میراگرهای مختلف | ۱۶ |
| شکل ۵-۲: نحوه قرارگیری میراگر اصطکاکی پال در قاب | ۱۷ |
| شکل ۶-۲: کاربرد میراگر اصطکاکی پال در یک برج هوایی | ۱۸ |
| شکل ۷-۲: میراگر اصطکاکی پال در ساختمان کتابخانه کنکور دیا | ۱۸ |
| شکل ۸-۲: میراگر اصطکاکی پال در آژانس فضایی کانادین | ۱۸ |
| شکل ۹-۲: میراگر اصطکاکی پال در سیتی هال در چین | ۱۹ |
| شکل ۱۰-۲: اتصال پیچی لغزنده در بادبند | ۱۹ |
| شکل ۱۱-۲: استفاده از اتصال اصطکاکی در بادبندها | ۱۹ |
| شکل ۱۲-۲: استفاده از اتصال اصطکاکی خطی و غیرخطی در بادبندهای متصل به تیر بدون نیاز به ایجاد شکاف در بال تیر | ۲۰ |
| شکل ۱۳-۲: اتصال لغزشی دورانی در تیرهای قاب های خمشی | ۲۰ |
| شکل ۱۴-۲: نحوه نصب میراگر سومیتومو در ساختمان | ۲۱ |
| شکل ۱۵-۲: میراگر اصطکاکی سومیتومو | ۲۱ |
| شکل ۱۶-۲: حلقه هیستریزیس میراگر اصطکاکی سومیتومو | ۲۲ |
| شکل ۱۷-۲: جزئیات میراگر (EDR) | ۲۲ |

- شکل ۲-۱۸: اجزای میراگر اصطکاکی دورانی جدید..... ۲۳
- شکل ۲-۱۹: مکانیزم عملکرد میراگر اصطکاکی دورانی جدید..... ۲۴
- شکل ۲-۲۰: میراگر اصطکاکی دورانی ۱، ۲ و ۳ واحد..... ۲۵
- شکل ۲-۲۱: انواع میراگرهای اصطکاکی دورانی تولید شده..... ۲۵
- شکل ۲-۲۲: قاب مقیاس شده با نصب میراگر..... ۲۶
- شکل ۲-۲۳: تأثیر فرکانس نیرو بر حلقه های لنگر- چرخش..... ۲۷
- شکل ۲-۲۴: (a) اثر دامنه تغییر مکان، (b) رابطه انرژی مستهلک شده- جابجایی..... ۲۷
- شکل ۲-۲۵: سازه آزمایش شده..... ۲۹
- شکل ۲-۲۶: میراگر نصب شده در سازه مورد آزمایش..... ۲۹
- شکل ۲-۲۷: ساختمان هوندو در ژاپن (معبد قدیمی یاگوریجی)..... ۳۰
- شکل ۲-۲۸: میراگرهای نصب شده در ساختمان هوندو..... ۳۰
- شکل ۲-۲۹: ساختمان تایشیدو..... ۳۰
- شکل ۲-۳۰: میراگرهای نصب شده در ساختمان تایشیدو..... ۳۱
- شکل ۲-۳۱: نیروگاه برق در دانمارک..... ۳۱
- شکل ۲-۳۲: مقاوم سازی مدرسه ای در هند..... ۳۱
- شکل ۲-۳۳: استفاده از دو نوع میراگر در یک ساختمان مسکونی در یونان..... ۳۲
- شکل ۳-۱: (الف) قاب خمشی، (ب) قاب ساده..... ۳۴
- شکل ۳-۲: پلان مورد استفاده..... ۳۵
- شکل ۳-۳: قاب سه طبقه با میراگر..... ۳۵
- شکل ۳-۴: (الف) قاب خمشی مجهز به میراگر، (ب) قاب ساده مجهز به میراگر..... ۳۶
- شکل ۳-۵: میراگر اصطکاکی دورانی..... ۳۷
- شکل ۳-۶: منحنی رفتاری مفصل پلاستیک..... ۳۷
- شکل ۳-۷: طیف پاسخ زلزله Cape Mendocino..... ۳۹
- شکل ۳-۸: طیف پاسخ زلزله Chi Chi..... ۳۹
- شکل ۳-۹: طیف پاسخ زلزله Duzce Turkey..... ۳۹
- شکل ۳-۱۰: طیف پاسخ زلزله Kern County..... ۴۰
- شکل ۳-۱۱: طیف پاسخ زلزله Landers..... ۴۰
- شکل ۳-۱۲: طیف پاسخ زلزله Loma Prieta..... ۴۰
- شکل ۳-۱۳: طیف پاسخ زلزله Northridge..... ۴۱
- شکل ۳-۱۴: تاریخچه زمانی زلزله Northridge با $PGA=0.30g$ ۴۲
- شکل ۳-۱۵: تاریخچه زمانی زلزله Northridge با $PGA=0.181g$ ۴۲
- شکل ۴-۱: مدل های قاب ساده..... ۴۳
- شکل ۴-۲: تغییر مکان بام قاب سه طبقه تحت زلزله Northridge با $PGA=0.30g$ ۴۵
- شکل ۴-۳: تغییر مکان بام قاب هفت طبقه تحت زلزله Northridge با $PGA=0.30g$ ۴۵

- شکل ۴-۴: تغییرمکان بام قاب دوازده طبقه تحت زلزله Northridge با $PGA=0/30g$ ۴۵
- شکل ۵-۴: تغییرمکان های قاب سه طبقه بدون میراگر ۴۶
- شکل ۶-۴: تغییرمکان های قاب سه طبقه با میراگر ۴۶
- شکل ۷-۴: تغییرمکان های قاب هفت طبقه بدون میراگر ۴۶
- شکل ۸-۴: تغییرمکان های قاب هفت طبقه با میراگر ۴۷
- شکل ۹-۴: تغییرمکان های قاب دوازده طبقه بدون میراگر ۴۷
- شکل ۱۰-۴: تغییرمکان های قاب دوازده طبقه با میراگر ۴۷
- شکل ۱۱-۴: میانگین تغییرمکان های قاب سه طبقه ۴۸
- شکل ۱۲-۴: میانگین تغییرمکان های قاب هفت طبقه ۴۸
- شکل ۱۳-۴: میانگین تغییرمکان های قاب دوازده طبقه ۴۸
- شکل ۱۴-۴: نسبت تغییرمکان طبقات قاب سه طبقه بدون میراگر ۴۹
- شکل ۱۵-۴: نسبت تغییرمکان طبقات قاب سه طبقه با میراگر ۴۹
- شکل ۱۶-۴: نسبت تغییرمکان طبقات قاب هفت طبقه بدون میراگر ۴۹
- شکل ۱۷-۴: نسبت تغییرمکان طبقات قاب هفت طبقه با میراگر ۵۰
- شکل ۱۸-۴: نسبت تغییرمکان طبقات قاب دوازده طبقه بدون میراگر ۵۰
- شکل ۱۹-۴: نسبت تغییرمکان طبقات قاب دوازده طبقه با میراگر ۵۰
- شکل ۲۰-۴: میانگین نسبت تغییرمکان طبقات قاب سه طبقه ۵۱
- شکل ۲۱-۴: میانگین نسبت تغییرمکان طبقات قاب هفت طبقه ۵۱
- شکل ۲۲-۴: میانگین نسبت تغییرمکان طبقات قاب دوازده طبقه ۵۱
- شکل ۲۳-۴: نیروی محوری ستون در قاب سه طبقه تحت زلزله Landers با $PGA=0/30g$ ۵۲
- شکل ۲۴-۴: نیروی محوری ستون در قاب هفت طبقه تحت زلزله Landers با $PGA=0/30g$ ۵۲
- شکل ۲۵-۴: نیروی محوری ستون در قاب دوازده طبقه تحت زلزله Landers با $PGA=0/30g$ ۵۲
- شکل ۲۶-۴: نیروی محوری ستون در قاب سه طبقه برای هفت شتاب نگاشت با $PGA=0/20g$ ۵۳
- شکل ۲۷-۴: نیروی محوری ستون در قاب سه طبقه برای هفت شتاب نگاشت با $PGA=0/25g$ ۵۳
- شکل ۲۸-۴: نیروی محوری ستون در قاب سه طبقه برای هفت شتاب نگاشت با $PGA=0/30g$ ۵۳
- شکل ۲۹-۴: نیروی محوری ستون در قاب هفت طبقه برای هفت شتاب نگاشت با $PGA=0/20g$ ۵۴
- شکل ۳۰-۴: نیروی محوری ستون در قاب هفت طبقه برای هفت شتاب نگاشت با $PGA=0/25g$ ۵۴
- شکل ۳۱-۴: نیروی محوری ستون در قاب هفت طبقه برای هفت شتاب نگاشت با $PGA=0/30g$ ۵۴
- شکل ۳۲-۴: نیروی محوری ستون در قاب دوازده طبقه برای هفت شتاب نگاشت با $PGA=0/20g$ ۵۵
- شکل ۳۳-۴: نیروی محوری ستون در قاب دوازده طبقه برای هفت شتاب نگاشت با $PGA=0/25g$ ۵۵
- شکل ۳۴-۴: نیروی محوری ستون در قاب دوازده طبقه برای هفت شتاب نگاشت با $PGA=0/30g$ ۵۵
- شکل ۳۵-۴: میانگین نیروی محوری ستون در قاب سه طبقه ۵۶
- شکل ۳۶-۴: میانگین نیروی محوری ستون در قاب هفت طبقه ۵۶
- شکل ۳۷-۴: میانگین نیروی محوری ستون در قاب دوازده طبقه ۵۶

- شکل ۴-۳۸: انرژی داخلی قاب سه طبقه بدون میراگر اصطکاکی دورانی تحت زلزله Loma Prieta با $PGA=0.3g$ ۵۸
- شکل ۴-۳۹: انرژی داخلی قاب سه طبقه مجهز به میراگر اصطکاکی دورانی تحت زلزله Loma Prieta با $PGA=0.3g$ ۵۸
- شکل ۴-۴۰: انرژی غیر الاستیک میراگرهای قاب سه طبقه تحت زلزله Loma Prieta با $PGA=0.3g$ ۵۹
- شکل ۴-۴۱: حلقه های هیستریزیس میراگر اصطکاکی دورانی طبقه اول قاب سه طبقه تحت زلزله Loma Prieta ۵۹
- شکل ۴-۴۲: میانگین تغییرمکان های قاب سه طبقه در زلزله سطح بهره برداری ۶۰
- شکل ۴-۴۳: میانگین تغییرمکان های قاب هفت طبقه در زلزله سطح بهره برداری ۶۰
- شکل ۴-۴۴: میانگین تغییرمکان های قاب دوازده طبقه در زلزله سطح بهره برداری ۶۰
- شکل ۴-۴۵: میانگین نسبت تغییرمکان طبقات قاب سه طبقه در زلزله سطح بهره برداری ۶۱
- شکل ۴-۴۶: میانگین نسبت تغییرمکان طبقات قاب هفت طبقه در زلزله سطح بهره برداری ۶۱
- شکل ۴-۴۷: میانگین نسبت تغییرمکان طبقات قاب دوازده طبقه در زلزله سطح بهره برداری ۶۲
- شکل ۴-۴۸: صورت های مختلف انرژی داخلی در قاب سه طبقه بدون میراگر اصطکاکی دورانی تحت زلزله Loma Prieta ۶۳
- شکل ۴-۴۹: صورت های مختلف انرژی داخلی در قاب سه طبقه با میراگر اصطکاکی دورانی تحت زلزله Loma Prieta ۶۳
- شکل ۵-۱: مدل های قاب خمشی ۶۴
- شکل ۵-۲: تغییرمکان بام قاب سه طبقه تحت زلزله Northridge با $PGA=0.3g$ ۶۶
- شکل ۵-۳: تغییرمکان بام قاب هفت طبقه تحت زلزله Northridge با $PGA=0.3g$ ۶۶
- شکل ۵-۴: تغییرمکان بام قاب دوازده طبقه تحت زلزله Northridge با $PGA=0.3g$ ۶۶
- شکل ۵-۵: تغییرمکان های قاب سه طبقه بدون میراگر ۶۷
- شکل ۵-۶: تغییرمکان های قاب سه طبقه با میراگر ۶۷
- شکل ۵-۷: تغییرمکان های قاب هفت طبقه بدون میراگر ۶۷
- شکل ۵-۸: تغییرمکان های قاب هفت طبقه با میراگر ۶۸
- شکل ۵-۹: تغییرمکان های قاب دوازده طبقه بدون میراگر ۶۸
- شکل ۵-۱۰: تغییرمکان های قاب دوازده طبقه با میراگر ۶۸
- شکل ۵-۱۱: میانگین تغییرمکان های قاب سه طبقه ۶۹
- شکل ۵-۱۲: میانگین تغییرمکان های قاب هفت طبقه ۶۹
- شکل ۵-۱۳: میانگین تغییرمکان های قاب دوازده طبقه ۶۹
- شکل ۵-۱۴: نسبت تغییرمکان طبقات قاب سه طبقه بدون میراگر ۷۱
- شکل ۵-۱۵: نسبت تغییرمکان طبقات قاب سه طبقه با میراگر ۷۱
- شکل ۵-۱۶: نسبت تغییرمکان طبقات قاب هفت طبقه بدون میراگر ۷۱
- شکل ۵-۱۷: نسبت تغییرمکان طبقات قاب هفت طبقه با میراگر ۷۲

- شکل ۵-۱۸: نسبت تغییرمکان طبقات قاب دوازده طبقه بدون میراگر..... ۷۲
- شکل ۵-۱۹: نسبت تغییرمکان طبقات قاب دوازده طبقه با میراگر..... ۷۲
- شکل ۵-۲۰: میانگین نسبت تغییرمکان طبقات قاب سه طبقه..... ۷۳
- شکل ۵-۲۱: میانگین نسبت تغییرمکان طبقات قاب هفت طبقه..... ۷۳
- شکل ۵-۲۲: میانگین نسبت تغییرمکان طبقات قاب دوازده طبقه..... ۷۳
- شکل ۵-۲۳: میانگین نیروی محوری ستون در قاب سه طبقه..... ۷۵
- شکل ۵-۲۴: میانگین نیروی محوری ستون در قاب هفت طبقه..... ۷۵
- شکل ۵-۲۵: میانگین نیروی محوری ستون در قاب دوازده طبقه..... ۷۶
- شکل ۵-۲۶: انرژی داخلی قاب سه طبقه بدون میراگر اصطکاکی دورانی تحت زلزله Loma Prieta با
 $PGA=0.30g$ ۷۸
- شکل ۵-۲۷: انرژی داخلی قاب سه طبقه مجهز به میراگر اصطکاکی دورانی تحت زلزله Loma Prieta با
 $PGA=0.30g$ ۷۹
- شکل ۵-۲۸: انرژی غیرالاستیک تیرهای قاب سه طبقه بدون میراگر اصطکاکی دورانی تحت زلزله Loma
 Prieta با $PGA=0.30g$ ۷۹
- شکل ۵-۲۹: انرژی غیرالاستیک تیرهای قاب سه طبقه با میراگر اصطکاکی دورانی تحت زلزله Loma
 Prieta با $PGA=0.30g$ ۸۰
- شکل ۵-۳۰: انرژی غیرالاستیک ستون های قاب سه طبقه بدون میراگر اصطکاکی دورانی تحت زلزله
 Loma Prieta با $PGA=0.30g$ ۸۰
- شکل ۵-۳۱: انرژی غیرالاستیک ستون های قاب سه طبقه با میراگر اصطکاکی دورانی تحت زلزله Loma
 Prieta با $PGA=0.30g$ ۸۱
- شکل ۵-۳۲: انرژی غیرالاستیک میراگرهای قاب سه طبقه با میراگر اصطکاکی دورانی تحت زلزله Loma
 Prieta با $PGA=0.30g$ ۸۱
- شکل ۵-۳۳: حلقه های هیستریزیس میراگر اصطکاکی دورانی طبقه اول قاب سه طبقه تحت زلزله Loma
 Prieta..... ۸۲
- شکل ۵-۳۴: میانگین تغییرمکان های قاب سه طبقه در زلزله سطح بهره برداری..... ۸۳
- شکل ۵-۳۵: میانگین تغییرمکان های قاب هفت طبقه در زلزله سطح بهره برداری..... ۸۳
- شکل ۵-۳۶: میانگین تغییرمکان های قاب دوازده طبقه در زلزله سطح بهره برداری..... ۸۳
- شکل ۵-۳۷: میانگین نسبت تغییرمکان طبقات قاب سه طبقه در زلزله سطح بهره برداری..... ۸۴
- شکل ۵-۳۸: میانگین نسبت تغییرمکان طبقات قاب هفت طبقه در زلزله سطح بهره برداری..... ۸۴
- شکل ۵-۳۹: میانگین نسبت تغییرمکان طبقات قاب دوازده طبقه در زلزله سطح بهره برداری..... ۸۵
- شکل ۵-۴۰: صورت های مختلف انرژی داخلی در قاب سه طبقه بدون میراگر اصطکاکی دورانی تحت
 زلزله Loma Prieta..... ۸۶
- شکل ۵-۴۱: صورت های مختلف انرژی داخلی در قاب سه طبقه با میراگر اصطکاکی دورانی تحت زلزله
 Loma Prieta..... ۸۶

- شکل ۴۲-۵: انرژی غیرالاستیک میراگرهای قاب سه طبقه با میراگر اصطکاکی دورانی تحت زلزله Loma
 ۸۷Prieta
- شکل ۴۳-۵: منحنی ظرفیت قاب سه طبقه.....
 ۸۸
- شکل ۴۴-۵: منحنی ظرفیت قاب هفت طبقه.....
 ۸۸
- شکل ۴۵-۵: منحنی ظرفیت قاب دوازده طبقه.....
 ۸۸
- شکل ۴۶-۵: منحنی ظرفیت
 ۸۹
- شکل ۴۷-۵: طیف ارتجاعی در دستگاه مختصات تغییر مکان و شتاب
 ۸۹
- شکل ۴۸-۵: تقریب منحنی ظرفیت سازه به صورت دو خطی
 ۹۰
- شکل ۴۹-۵: منحنی هیستریزیس رفتار سازه
 ۹۰
- شکل ۵۰-۵: تعیین تغییر مکان هدف.....
 ۹۱
- شکل ۵۱-۵: روش طیف ظرفیت نوع B بعد از گام سوم.....
 ۹۲
- شکل ۵۲-۵: روش طیف ظرفیت نوع B بعد از گام چهارم.....
 ۹۲
- شکل ۵۳-۵: روش طیف ظرفیت نوع B بعد از گام ششم.....
 ۹۳
- شکل ۵۴-۵: روش طیف ظرفیت نوع B بعد از گام هفتم.....
 ۹۳
- شکل ۵۵-۵: منحنی ساده شده نیرو- تغییر مکان.....
 ۹۴

