دانشگاه فردوسی مشهد
دانشکده مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد
گروه مهندسی عمران-گرایش سازه

بررسی لرزه ای و تعیین ضریب رفتارقاب های خمشی فولادی مجهزبه میراگرهای لزجی و فلزی

نگارنده :
سیدحمیدعاقل بایگی

استاد راهنما :
دکترهاشم شریعتمدار

بهمن ۱۳۹۲

اظهارنامه

اینجانب **سیدحمیدعاقل بایگی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **عمران- سازه** دانشکده **مهندسی** دانشگاه فردوسی مشهد نویسنده این پایان نامه تحت راهنمایی **آقای دکترهاشم شریعتمدار** متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثرمتعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه فردوسی مشهد» و یا «Ferdowsi University of Mashhad» به چاپ خواهدرسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند، در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت شده است.
- درکلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ **امضای دانشجو**

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن(مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها وتجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی درتولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

بسمه تعالی

دانشگاه فردوسی مشهد

صورت جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

جلسه دفاع از پایان نامه آقای **سیدحمیدعاقل بایگی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **مهندسی عمران** گرایش **سازه** درساعت ۱۲-۱۰ روز ۹۲/۱۱/۰۹ درمحل کلاس ۱۳۱ دانشکده مهندسی با حضور امضا کنندگان ذیل تشکیل گردید. پس از بررسی های لازم، هیأت داوران پایان نامه نامبرده را با نمره به عدد **۱۹/۵**، به حروف **نوزده ونیم** و با درجه **عالی** مورد تأیید قرارداد.

عنوان پایان نامه

بررسی لرزه ای و تعیین ضریب رفتارقاب های خمشی فولادی مجهز به میراگرهای لزجی و فلزی

هیئت داوران امضا

- **استاد راهنما : دکترهاشم شریعتمدار**

  دانشیارگروه مهندسی عمران دانشگاه فردوسی مشهد

- **استاد مشاور: دکترفرزاد شهابیان مقدم**

  دانشیارگروه مهندسی عمران دانشگاه فردوسی مشهد

- **داور: دکترمنصورقلعه نوی**

  دانشیارگروه مهندسی عمران دانشگاه فردوسی مشهد

- **نماینده تحصیلات تکمیلی : دکترمنصورقلعه نوی**

  دانشیارگروه مهندسی عمران دانشگاه فردوسی مشهد

تقدیر و تشکر

شکرشایان نثار ایزد منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا این پایان نامه را به پایان برسانم . از استاد فاضل و اندیشمند جناب آقای «**دکترهاشم شریعتمدار**» به عنوان استاد راهنما که همواره و درتمامی مراحل انجام کار اینجانب را مورد لطف و محبت خود قرار داده اند، کمال تشکر را دارم.

همچنین از اساتید ارجمند جناب آقای «**دکترفرزاد شهابیان**» که برای مشاوره و جناب آقای «**دکترمنصور قلعه نوی**» که برای داوری این پایان نامه قبول زحمت نمودند، نهایت تشکرو قدردانی را دارم.

چکیده:

اساساً دو روش جهت طراحی مقاوم ساختمان ها در برابر تحریکات لرزه ای به کارمی رود. روش اول طراحی سازه با مقاومت، سختی و ظرفیت تغییر شکل غیرکشسان کافی می باشد، به طوری که در برابر یک زلزله پایدار بماند. دراین روش می توان با بکارگیری ترکیب اجزای سازه ای مانند دیوارهای برشی، قاب های مهاربندی شده، قاب های خمشی، دیافراگم ها و خرپاهای افقی مقاومت لازم رافراهم نمود. در روش دوم از ابزارهای کنترلی جهت کاهش نیروهایی که به سازه اعمال می شوند، بهره می برند. هدف این روش کاهش پاسخ های سازه یعنی تغییر مکان، سرعت و شتاب طبقات و در نتیجه ی آن کاهش خسارات مالی و جانی، می باشد. این ابزارهای کنترلی را می توان بر اساس روش جذب انرژی به غیر فعال، فعال، نیمه فعال وترکیبی (دوگانه) تقسیم کرد.

در این پایان نامه تأثیر دوگونه از ابزارهای کنترلی غیرفعال یعنی میراگرهای لزجی و میراگرهای فلزی جاری شونده برعملکرد لرزه ای قاب خمشی فولادی مورد بررسی قرارگرفته است. بدین منظور، سه نوع سازه مختلف به روش‌های معمول، طراحی و سپس در نرم‌افزار OpenSees مدلسازی شدند. در ادامه روی این مدل‌ها تحلیل استاتیکی غیرخطی و تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی با استفاده از شتاب نگاشت-های زلزله‌های واقعی انجام گرفت. با انجام تحلیل استاتیکی غیرخطی، ضریب رفتار R برای سازه‌ها محاسبه و دیده شد که سازه‌های مجهز به میراگرهای لزجی و فلزی ضریب رفتار بزرگ تری نسبت به سازه‌های بدون میراگر دارند. سپس جهت بررسی نتایج، ضریب رفتار سازه ها با بهره جویی از تحلیل دینامیکی تاریخچه ی زمانی غیرخطی نیز محاسبه شد که نتایج با نتایج حاصل از تحلیل استاتیکی غیرخطی ، انطباق خوبی داشت.

عملکرد لرزه ای سازه ها نیز مورد بررسی قرارگرفت . نتایج تحلیل دینامیکی غیرخطی نشان دهنده رفتارهای مناسبی درسازه‌های مجهز به میراگر همچون کاهش برش پایه، شکل‌پذیری بیشتر، رفتار توأمان برشی و خمشی در سازه‌های با زمان تناوب بالا، توزیع مناسب‌تر انرژی هیسترزیس در ارتفاع سازه ، کاهش تأثیر مولفه اینرسی بر پاسخ دینامیکی و کاهش مقادیر پاسخ لرزه ای سیستم بود.

واژگان کلیدی : میراگر لزجی، میراگرفلزی جاری شونده، ضریب رفتار، پاسخ لرزه ای، تحلیل استاتیکی غیرخطی، تحلیل تاریخچه ی زمانی غیرخطی

فهرست

چکیده ..... أ

فهرست نشانه ها ..... ح

فهرست جدول ها ..... د

فهرست شکل ها ..... ر

فصل اول : مبانی کنترل سازه ۱

۱-۱- پیشگفتار ۲

۱-۲- کنترل سازه ها ۴

۱-۲-۱-کنترل غیر فعال ۵

۱-۲-۲- کنترل فعال ۱۱

۱-۲-۳- کنترل نیمه فعال ۱۲

۱-۲-۴- ابزارهای کنترل ترکیبی ۱۳

۱-۳- سازماندهی پایان نامه ۱۴

فصل دوم : بررسی مطالعات نظری و آزمایشگاهی میراگرلزجی ۱۵

۲-۱- مقدمه ۱۶

۲-۲- رفتار میراگرو مدل سازی ماکروسکوپیک ۱۸

۲-۲-۱- میراگرهای مایع با محفظه استوانه‌ای روباز ۱۹

۲-۲-۲- میراگرهای لزجی دیواره ای ۱۹

۲-۲-۳- میراگرهای مایع روزنه‌دار ۲۰

۲-۲-۳-۱- میراگرهای لزجی مایع خطی ۲۱

۲-۲-۳-۲- میراگرهای لزجی مایع غیرخطی ۲۲

۲-۲-۳-۳- تأثیر بربرش پایه ۲۴

۲-۳- مدل ترکیبی کلوین-ماکسول ۲۵
۲-۴- طراحی بهینه میراگرهای لزجی ۲۸
۲-۴-۱- طراحی بهینه میراگرلزجی خطی ۲۸
۲-۴-۲- طراحی بهینه میراگرلزجی غیرخطی ۲۸
۲-۵- ضریب رفتار سیستم جاذب انرژی وابسته به سرعت ۳۰
۲-۶- اثر میراگر لزجی بر رفتار سازه نامتقارن ۳۰
۲-۷- مطالعات آزمایشگاهی ۳۲
فصل سوم : بررسی مطالعات نظری و آزمایشگاهی میراگرفلزی جاری شونده ۴۱
۳-۱- مقدمه ۴۲
۳-۲- قوانین اساسی ۴۴
۳-۳- مدل سازی ۴۷
۳-۳-۱- مدل سازی برمبنای آزمایش ۴۸
۳-۳-۲- مدل سازی بر پایه ی روابط مکانیک ۴۸
۳-۴- فرمول بندی میرایی هیسترزیس درحیطه ی زمان و فرکانس ۵۳
۳-۵- ضریب رفتارسازه مجهز به میراگرهای فلزی ۵۵
۳-۶- ملاحظات طراحی ۵۸
۳-۷- مطالعات آزمایشگاهی ۵۹
فصل چهارم: طراحی و مدل سازی قاب‌های مورد مطالعه ۶۷
۴-۱- مشخصات سازه های مورد مطالعه ۶۸
۴-۲- طراحی سازه‌ها ۷۰
۴-۲-۱- سازه قاب خمشی بدون میراگر ۷۰
۴-۲-۲- طراحی قاب‌های مجهزبه میراگرفلزی جاری شونده ۷۳
۴-۲-۳- طراحی قاب‌های مجهزبه میراگرلزجی ۷۶
۴-۳- مدل سازی قاب‌ها ۸۰

۴-۳-۱- معرفی قاب‌های درنظر گرفته شده ۸۱
۴-۳-۲- معرفی نرم افزار OpenSees ۸۱
۴-۳-۳- المان‌های مورد استفاده ۸۳
۴-۳-۴- منحنی تنش- کرنش فولاد ۸۴
۴-۳-۵- اختصاص جرم به مدل ۸۴
۴-۳-۶- یافتن ماتریس میرایی سیستم ۸۴
۴-۳-۷- تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی ۸۵
۴-۳-۷-۱- مشخصات شتابنگاشت‌های انتخاب شده ۸۶
۴-۳-۸- بررسی صحت مدلسازی های انجام شده برای میراگرها ۸۸
فصل پنجم: ارائه و تحلیل نتایج ۹۲
۵-۱- مقدمه ۹۳
۵-۲- نحوه محاسبه ضریب رفتار ۹۴
۵-۲-۱- محاسبه ی ضریب رفتار بر مبنای تحلیل استاتیکی غیرخطی(Pushover) ۹۴
۵-۲-۲- محاسبه ی ضریب رفتار بر مبنای تحلیل دینامیکی تاریخچه ی زمانی غیرخطی ۹۵
۵-۲-۳- اعمال اثر میراگر الحاقی ۹۷
۵-۳- تحلیل استاتیکی غیرخطی بار افزون ۹۸
۵-۳-۱- الگوی بار جانبی ۹۸
۵-۳-۲- محاسبه ضریب رفتار قاب خمشی۶ طبقه ۱۰۰
۵-۳-۳- محاسبه ضریب رفتار دیگر سازه‌ها و مقایسه آن ها ۱۰۱
۵-۴- تحلیل دینامیکی تاریخچه ی زمانی غیر خطی ۱۰۷
۵-۴-۱- محاسبه ی ضریب رفتار ۱۰۷
۵-۴-۲- بررسی سایر نتایج تحلیل تاریخچه زمانی ۱۱۱
۵-۴-۲-۱- بررسی و مقایسه برش ماکزیمم طبقات درسازه ها ۱۱۲
۵-۴-۲-۲- بررسی و مقایسه جابجایی جانبی طبقات درسازه ها ۱۱۸

۵-۴-۲-۳- بررسی و مقایسه توزیع انرژی هیسترزیس طبقات درسازه ها ۱۲۳
۵-۴-۲-۴- بررسی و مقایسه تغییرمکان نسبی باقیمانده در سازه ها ۱۲۸
۵-۴-۲-۵- بررسی و مقایسه تاریخچه شتاب افقی مرکز جرم طبقات در سازه ها ۱۳۳
فصل ششم: نتیجه‌گیری ۱۳۷
۶-۱- مقدمه ۱۳۸
۶-۲- نتایج حاصل ازتحلیل استاتیکی غیرخطی ۱۳۹
۶-۳- نتایج حاصل ازتحلیل های دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی ۱۴۰
مراجع ۱۴۳

فهرست نشانه ها

نیروی میراگرلزجی ..... F_d

فرکانس بارگذاری ..... f

جابجایی نسبی x

سرعت نسبی ..... $\dot{x}$

زمان آسایش ..... λ

ضریب میرایی لزجی C

توان سرعت میراگر..... α

نسبت میرایی مکمل ..... ξ_{SD}

فرکانس طبیعی ..... ω_n

دامنه‌ی تحریک هارمونیک ..... $u_\circ$

جرم ..... m

سختی ..... k

زمان تناوب موداول سازه ..... T_1

سختی ترکیبی مهاربند-میراگر ..... k_{bd}

سختی مهاربند ..... k_b

سختی میراگر ..... k_d

سختی طبقه بدون میراگر ..... k_f

ممان اینرسی ستون ..... I_c

ممان اینرسی تیر ..... I_b

ارتفاع طبقه ..... h

طول دهانه L

سختی هرورق میراگر فلزی . ..... K_e

نیروی جاری شدن هر ورق میراگر فلزی ..... P_y

عرض هرورق ..... b

ضخامت هرورق ..... t

ارتفاع هرورق l

درصدمیرایی مؤثر با میراگرالحاقی ..... β_{eff}

درصد میرایی ذاتی ..... β

زاویه بین میراگر طبقهjام و افق ..... θ_j

اختلاف نسبی شکل مودطبقات ..... φ_{rj}

وزن هرطبقه ..... W_i

شکل مود اول ..... φ_1

ضریب شکل پذیری ..... μ

ضریب کاهش نیرو ناشی از شکل پذیری ..... R_μ

ضریب مقاومت افزون ..... $\Omega_\circ$

ضریب تنش مجاز ..... R_Y

ضریب کاهش نیرو ناشی از میراگرالحاقی ..... R_ξ

ضریب رفتار ..... R

برش V

زمان تناوب مؤثر ..... T_e

فهرست جدول ها

جدول۲-۱- خواص دینامیکی سازه مورد آزمایش (Constantinou و Symans)..... ۳۳

جدول۲-۲- خلاصه ای از نتایج آزمایشگاهی مربوط به سازه ی سه طبقه ۳۴

جدول۲-۳- خلاصه نتایج آزمایش قاب بتنی مسلح سه طبقه(Reinhorn و همکاران) ۳۴

جدول۲-۴- مقادیر حداکثرپاسخ(Peckan و همکاران) ۳۵

جدول۲-۵- مقادیر بیشینه جابه جایی و شتاب به ازای تحریک های مختلف(Hwang و همکاران)..... ۳۶

جدول۳-۱- احتمال شکست سازه ها با و بدون میراگر(Curadelli و Riera) ۶۲

جدول۴-۱- جزئیات بارگذاری سقف‌ها و دیوار ۷۰

جدول۴-۲- مشخصات اعضای قاب‌خمشی۲ طبقه ۷۲

جدول۴-۳- مشخصات اعضای قاب‌خمشی ۶ طبقه ۷۲

جدول۴-۴- مشخصات اعضای قاب‌خمشی ۱۰ طبقه ۷۳

جدول۴-۵- مشخصات میراگرهای فلزی طراحی شده برای سازه ی ۲طبقه ۷۳

جدول۴-۶- مشخصات میراگرهای فلزی طراحی شده برای سازه ی ۶طبقه ۷۴

جدول۴-۷- مشخصات میراگرهای فلزی طراحی شده برای سازه ی ۱۰طبقه ۷۴

جدول۴-۸- مشخصات میراگرهای فلزی مورداستفاده برای سازه ی ۲طبقه ۷۵

جدول۴-۹- مشخصات میراگرهای فلزی مورداستفاده برای سازه ی ۶طبقه ۷۵

جدول۴-۱۰- مشخصات میراگرهای فلزی مورداستفاده برای سازه ی ۱۰طبقه ۷۶

جدول۴-۱۱- سختی و میرایی مؤثرمیراگرهای لزجی الحاقی ۷۹

جدول۴-۱۲- معرفی نمونه‌های مورد مطالعه ۸۱

جدول۴-۱۳- مشخصات دینامیکی مواول قاب های خمشی ۸۱

جدول۴-۱۴- خلاصه اطلاعات مربوط به هر زلزله ۸۶

جدول۵-۱- توزیع برش پایه درارتفاع سازه ۲ طبقه ۹۸

جدول۵-۲- توزیع برش پایه درارتفاع سازه ۶ طبقه ۹۹

جدول۵-۳- توزیع برش پایه درارتفاع سازه ۱۰ طبقه ۹۹
جدول۵-۴- تغییرمکان های هدف ۱۰۰
جدول۵-۵- محاسبه مقدار ضریب رفتار برای سازه‌های مختلف با استفاده ازتحلیل استاتیکی غیرخطی ۱۰۳
جدول ۵-۶- متوسط ضریب رفتارهای محاسبه شده برمبنای تحلیل دینامیکی تاریخچه ی زمانی ۱۰۸
جدول۵-۷- محاسبه مقدار ضریب رفتار برای قاب۲طبقه با استفاده ازتحلیل تاریخچه زمانی ۱۰۹
جدول ۵-۸- محاسبه مقدار ضریب رفتار برای قاب۶ طبقه با استفاده ازتحلیل تاریخچه زمانی ۱۱۰
جدول ۵-۹- محاسبه مقدار ضریب رفتار برای قاب۱۰ طبقه با استفاده ازتحلیل تاریخچه زمانی ۱۱۱
جدول ۵-۱۰- مقدار متوسط تغییرمکان نسبی باقیمانده طبقات ۱۲۹

فهرست شکل ها

شکل۱-۱- برخی از خرابی های حاصل از زلزله ۱۹۹۵کوبه ۳

شکل۱-۲- نمونه هایی از اتصالات میراگرهای لزجی در سازه ها ۶

شکل۱-۳- میراگرهای تسلیم فلزی، (الف) میراگر TADAS(ب) میراگر XADAS ۷

شکل۲-۱- میراگرهای لزجی مایع روباز (a) میراگرGERB، (b)میراگرلزجی دیواره ای ۱۷

شکل۲-۲- میراگرهای لزجی مایع؛ (a) میراگر لزجی مایعTaylor، (b) میراگرلزجی الاستومری Jarret ۱۸

شکل۲-۳- نمودار نیرو- سرعت به ازای مقادیرمختلف α ۲۲

شکل۲-۴- مدل ماکسول ۲۵

شکل۲-۵- مدل معادل ۲۷

شکل۲-۶- نسبت میرایی افزایش یافته توسط میراگر ۳۶

شکل۲-۷- میانگین بیشینه تغییر مکان لبه سخت، نرم و مرکز جرم سازه تحت ۶ زلزله در(a)مدل آزمایشگاهی
(b)مدل تئوری ۳۷

شکل۲-۸- میانگین بیشینه چرخش دیافراگم سازه تحت اثر ۶ زلزله در (a) مدل آزمایشگاهی (b) مدل تحلیلی ۳۸

شکل۳-۱-گونه های ابتدایی میراگر فلزی(Skinner و همکاران) ؛ (a)تیرپیچشی (b)تیرخمشی(c)نواری ۴۳

شکل۳-۲- میراگرهای تسلیم فلزی (Tsai وهمکاران)(a)TADAS (b)XADAS ۴۴

شکل۳-۳- منحنی رفتاری فلزات ۴۵

شکل۳-۴- مدل های ریاضی جهت ایده آل سازی رفتارتنش-کرنش ۴۶

شکل۳-۵- رفتار تنش-کرنش چرخه ای ۴۶

شکل۳-۶- نمای شماتیک هرورق میراگر مدل شده ۴۹

شکل۳-۷- میراگرفلزی (a)نحوه ی قرارگیری(b)پارامترهای مربوطه(c)مشخصات سختی مجموعه ۵۰

شکل۳-۸- توزیع نسبت B/D بعدازیکنواخت سازی گریزطبقات برای قاب های ۵ و۱۰طبقه به ازای سه تحریک ۵۳

شکل۳-۹- ضریب رفتارتنش مجاز سازه(زارع وهمکاران) ۵۶
شکل۳-۱۰- مدل نیرو- جابه جایی برای قاب مجهز به TADAS(Tsai وهمکاران) ۵۹
شکل۳-۱۱- مقایسه ی پاسخ ها (خط تیره: سازه ی مجهز به میراگر) (Whittaker و همکاران) (a)جایجایی(in)
(b) دریفت(in) (c) برش طبقه(kips) ۶۱
شکل۳-۱۲- میراگر مورد آزمایش(Curadelli و Riera) ۶۱
شکل۳-۱۳- مشخصات هندسی میراگرهای آزمایش شده(Albermani و Chan) ۶۲
شکل۳-۱۴- نمونه ی میراگرفلزی گسیخته شده ۶۳
شکل۳-۱۵- (a) میراگر فلزی تک سوراخه (b) میراگر فلزی x شکل۲تایی (Hong-Nan-Li و Gang-Li) ۶۴
شکل۳-۱۶- نمودار میرایی کل در برابر شتاب پایه ۶۵
شکل۳-۱۷- (a) نمای شماتیک اتصال برشی(b) نحوه ی اتصال به قاب ۶۶
شکل۴-۱- قاب‌های مورد مطالعه ۶۹
شکل۴-۲- نمای شماتیک میراگرفلزی جاری شونده ADAS ۷۵
شکل۴-۳- طیف دامنه ی فوریه برای شتاب نگاشت زلزله ی ال سنترو ۷۷
شکل۴-۴- طیف دامنه ی فوریه برای شتاب نگاشت زلزله ی منجیل ۷۸
شکل۴-۵- طیف دامنه ی فوریه برای شتاب نگاشت زلزله ی ناغان ۷۸
شکل۴-۶- طیف دامنه ی فوریه برای شتاب نگاشت زلزله ی طبس ۷۸
شکل۴-۷-ارتباط بین فرکانس- مدول برشی از دست رفته و مدول ذخیره برشی طبق مطالعات Zimmer ۸۰
شکل۴-۸- قاب ۶طبقه مجهزبه میراگر ۸۰
شکل۴-۹- نمای شماتیک یک المان فیبری ۸۳
شکل۴-۱۰- منحنی دوخطی تنش-کرنش برای فولاد ۸۴
شکل۴-۱۱- شتاب نگاشت زلزله ال‌سنترو ۸۶

شکل۴-۱۲- شتاب نگاشت زلزله ناغان.....۸۷
شکل۴-۱۳- شتاب نگاشت زلزله منجیل.....۸۷
شکل۴-۱۴- شتاب نگاشت زلزله طبس.....۸۷
شکل۴-۱۵- مقایسه پاسخ میراگرلزجی مدل شده با OpenSees و MATLAB.....۸۸
شکل۴-۱۶- مقایسه پاسخ میراگرلزجی مدل شده با OpenSees و SAP2000.....۸۹
شکل۴-۱۷- (الف) منحنی رفتاری ایده آل میراگرفلزی جاری شونده (ب)نمونه منحنی هیسترزیس حاصل از آزمایش.....۹۰
شکل۴-۱۸- منحنی پاسخ میراگرهای فلزی جاری شونده سازه۲طبقه تحت زلزله ی ال سنترو (الف) طبقه اول (ب) طبقه ی دوم.....۹۰
شکل۵-۱- منحنی ظرفیت یک مدل سازه ای.....۹۵
شکل۵-۲- منحنی هیسترزیس فرضی برای محاسبه ی تغییرمکان های موردنظر.....۹۶
شکل۵-۳- منحنی برش پایه- تغییرمکان بام برای سازه 6S-MRF تحت بارگذاری استاتیکی فزاینده.....۱۰۱
شکل۵-۴- منحنی برش پایه- تغییرمکان بام برای سازه 2S-MRF تحت بارگذاری استاتیکی فزاینده.....۱۰۴
شکل۵-۵- منحنی برش پایه- تغییرمکان بام برای سازه 2S-ADAS تحت بارگذاری استاتیکی فزاینده.....۱۰۴
شکل۵-۶- منحنی برش پایه- تغییرمکان بام برای سازه 2S-VD تحت بارگذاری استاتیکی فزاینده.....۱۰۴
شکل۵-۷- منحنی برش پایه- تغییرمکان بام برای سازه 6S-MRF تحت بارگذاری استاتیکی فزاینده.....۱۰۵
شکل۵-۸- منحنی برش پایه- تغییرمکان بام برای سازه 6S-ADAS تحت بارگذاری استاتیکی فزاینده.....۱۰۵
شکل۵-۹- منحنی برش پایه- تغییرمکان بام برای سازه 6S-VD تحت بارگذاری استاتیکی فزاینده.....۱۰۵
شکل۵-۱۰- منحنی برش پایه- تغییرمکان بام برای سازه 10S-MRF تحت بارگذاری استاتیکی فزاینده.....۱۰۶
شکل۵-۱۱- منحنی برش پایه- تغییرمکان بام برای سازه 10S-ADAS تحت بارگذاری استاتیکی فزاینده.....۱۰۶
شکل۵-۱۲- منحنی برش پایه- تغییرمکان بام برای سازه 10S-VD تحت بارگذاری استاتیکی فزاینده.....۱۰۶
شکل۵-۱۳- منحنی هیسترزیس نمونه برای محاسبه ی ضریب رفتار(قاب 6S-MRF تحت زلزله ی ال سنترو).....۱۰۷
شکل۵-۱۴- مقایسه برش طبقات سازه ۲ طبقه تحت زلزله (الف) ال سنترو (ب) منجیل (ج) ناغان (د) طبس.....۱۱۴

شکل۵-۱۵- مقایسه برش طبقات سازه ۶ طبقه تحت زلزله (الف) ال سنترو (ب) منجیل (ج) ناغان (د) طبس ۱۱۵
شکل۵-۱۶- مقایسه برش طبقات سازه ۱۰ طبقه تحت زلزله (الف) ال سنترو (ب) منجیل (ج) ناغان (د) طبس ۱۱۶
شکل۵-۱۷- مقایسه تاریخچه زمانی مقدار برش پایه سازه ۱۰ طبقه تحت زلزله ال سنترو ۱۱۷
شکل۵-۱۸- مقایسه تاریخچه زمانی مقدار برش پایه سازه ۱۰ طبقه تحت زلزله طبس ۱۱۷
شکل۵-۱۹- مقایسه جابجایی ماکزیمم طبقات سازه ۲ طبقه تحت زلزله (الف) ال سنترو (ب) منجیل (ج) ناغان
(د) طبس ۱۲۰
شکل۵-۲۰- مقایسه جابجایی ماکزیمم طبقات سازه ۲ طبقه تحت زلزله (الف) ال سنترو (ب) منجیل (ج) ناغان
(د) طبس ۱۲۱
شکل۵-۲۱- مقایسه جابجایی ماکزیمم طبقات سازه ۲ طبقه تحت زلزله (الف) ال سنترو (ب) منجیل (ج) ناغان
(د) طبس ۱۲۲
شکل۵-۲۲- مقایسه مقدارانرژی هیسترزیس در سازه ۲ طبقه تحت زلزله (الف) ال سنترو (ب) منجیل (ج) ناغان
(د) طبس ۱۲۵
شکل۵-۲۳- مقایسه مقدارانرژی هیسترزیس در سازه ۶ طبقه تحت زلزله (الف) ال سنترو (ب) طبس ۱۲۶
شکل۵-۲۴- مقایسه مقدارانرژی هیسترزیس در سازه ۱۰ طبقه تحت زلزله (الف) ال سنترو (ب) ناغان ۱۲۶
شکل۵-۲۵- مقایسه منحنی هیسترزیس سازه شش طبقه تحت زلزله طبس ۱۲۷
شکل۵-۲۶- مقایسه منحنی هیسترزیس سازه ده طبقه تحت زلزله ناغان ۱۲۷
شکل۵-۲۷- مقایسه تغییرمکان نسبی باقیمانده سازه ۲ طبقه تحت زلزله (الف) ال سنترو (ب) منجیل (ج) ناغان
(د) طبس ۱۳۰
شکل۵-۲۸- مقایسه تغییرمکان نسبی باقیمانده سازه ۶ طبقه تحت زلزله (الف) ال سنترو (ب) منجیل (ج) ناغان
(د) طبس ۱۳۱
شکل۵-۲۹- مقایسه تغییرمکان نسبی باقیمانده سازه ۱۰ طبقه تحت زلزله (الف) ال سنترو (ب) منجیل (ج) ناغان

(د) طبس ۱۳۲

شکل۵-۳۰- مقایسه تاریخچه شتاب افقی وارد برمرکز جرم بام سازه۱۰ طبقه تحت زلزله (الف) ال سنترو (ب) ناغان ۱۳۴

شکل۵-۳۱- مقایسه تاریخچه شتاب افقی وارد بر مرکز جرم بام سازه ۲ طبقه تحت زلزله (الف) ال سنترو (ب) منجیل (ج) ناغان (د) طبس ۱۳۵

شکل۵-۳۲- مقایسه تاریخچه شتاب افقی وارد بر مرکز جرم بام سازه ۶ طبقه تحت زلزله (الف) ال سنترو (ب) منجیل (ج) ناغان (د) طبس ۱۳۶

فصل اول

مبانی کنترل سازه