

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۳۷۱۹۳

۱۳۸۰ / ۸ / ۳۰

انرژی اطلاعات مدرک علمی ایران
توسعه و پیشرفت

بنام خدا



دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد - گرایش سازه

بررسی و ارزیابی قاب‌های بادبندی هم‌گرا (CBF)،

از نوع X شکل

013860

محمد اقبال اخلاقی

استاد راهنما:

دکتر احمد نیکنام

اسفندماه ۱۳۷۹

۳۷۱۶۳

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم که دعای خیر آنها، همواره بدرقه راهم،
خواهر و برادر مهربانم که همفکری شان، یار و یاورم بوده است.

چکیده

یک سازه در طول عمر مفید خود متحمل بارهای گوناگونی از جمله بارهای زلزله شدید (MCE) می‌گردد که قرارگیری در محدوده این بارها، بصورت محدود در فلسفه طراحی سازه، منظور شده است. شناخت رفتار لرزه‌ای سازه‌های مقاوم در برابر بار جانبی تحت زلزله‌های شدید (MCE)، بمنظور ارزیابی سیستم‌های مختلف، لازم و ضروری است.

در این کار پژوهشی، رفتار لرزه‌ای سیستم‌های بادبندی هم‌گرا (CBF) از نوع X شکل، بدلیل مصرف بی‌رویه و کاربرد وسیع و چشمگیر آن در صنعت ساختمان، مورد بررسی تحلیلی قرار گرفته است. اعضای اینگونه بادبندها اگر با فرض کششی بودن طراحی گردند و یا اینکه بصورت کششی- فشاری درگیر بار وارده گردند، رفتار لرزه‌ای متفاوتی خواهند داشت. تفاوت عملکرد ناحیه خطی و غیر خطی اعضای ضربداری که یک در میان بصورت کششی و فشاری عمل می‌کنند، ضرورت مدلسازی دقیق و جامع این اعضاء را، ایجاب می‌کند.

این رساله، راه حل پیشنهادی "روش دو عضوی" را جهت مدلسازی رفتار کمانشی عضو فشاری، در سیستم‌های بادبندی هم‌گرا (CBF) معرفی کرده و با استفاده از نرم‌افزار تحلیل غیرخطی Ansys 5.4، نتایج قابل قبولی در شناخت رفتار لرزه‌ای این سیستم، گرفته شده است.

رفتار رفت و برگشتی خاص سیستم بادبندی هم‌گرا، در این رساله بررسی و مشاهداتی همچون، تفاوت رفتار لرزه‌ای نیم‌سیکل اول با سایر نیم‌سیکلهای، ایجاد پدیده رهاشدگی (مکانیزم) در هر سیکل و تعیین "زمان تأخیر" و "جابجایی بحرانی" متناظر با آن، بعنوان خصوصیات بارز این سیستم معرفی گردید.

تأثیر ضریب لاغری عضو بادبندی در رفتار لرزه‌ای سیستم بادبندی هم‌گرا (CBF) نیز با بررسی مقایسه‌ای قابهای طراحی شده، با بادبندهای دارای ضریب لاغری ۸۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ ارائه گردیده و پس از بررسی کمانش الاستیک و غیر الاستیک، محدوده ضریب لاغری مناسب جهت استفاده طراحان پیشنهاد شده است. در ادامه، همچنین جهت بهبود رفتار لرزه‌ای این سیستم، سیستم جانبی کمکی "شبه شورون" بعنوان مکمل سیستم بادبندی هم‌گرا از نوع X شکل، معرفی گردید.

با مقایسه نتایج بدست آمده و ضوابط آیین‌نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران، به نظر میرسد، نتایج این تحقیق، موجب تکمیل ضوابط موجود و راهگشایی در جهت تسهیل استفاده از این دستورات عملی می‌تواند باشد.

تشکر و قدردانی:

با سپاس از خداوند عزّ و جلّ، بر خود لازم می‌دانم تا از زحمات دلسوزانه استاد ارجمندم، جناب آقای دکتر نیکنام که در طول انجام این پروژه، بنده را یار و راهنما بودند، صمیمانه سپاسگذاری نمایم. همچنین از آقایان دکتر ثنایی و دکتر تهرانی‌زاده که با حضور خود در جلسه دفاعیه اینجانب و ارائه نظرات روشنی‌بخش خود، موجبات غنای علمی و ارتقای کیفی دفاعیه را فراهم آوردند، کمال تشکر و قدردانی را دارم. در پایان از کلیه دوستان و همکاران محترم که با حضور خود بر اینجانب، منت نهادند، سپاس و قدردانی ارزانی می‌دارم.

امیدوارم این رساله، مورد استفاده کلیه علاقمندان به این موضوع واقع گردد.

۱	فصل اول - کلیات تحقیق
۱	۱-۱- عنوان
۱	۲-۱- تعریف واژه‌ها
۲	۳-۱- بیان مسأله
۲	۴-۱- لزوم انجام تحقیق
۳	۵-۱- هدف تحقیق
۳	۶-۱- فرضیات تحقیق
۴	۷-۱- نوع تحقیق
۴	۸-۱- روش تحقیق
۴	۹-۱- محدودیتهای تحقیق
۵	فصل دوم - رفتار لرزه‌ای سازه‌ها در برابر زلزله
۵	۱-۲- مقدمه
۵	۲-۲- اصول کلی حاکم بر طراحی لرزه‌ای سازه‌ها
۸	۳-۲- تعاریفی در زمینه رفتار لرزه‌ای یک سازه
۸	۱-۳-۲- ظرفیت و نیاز در مباحث لرزه‌ای
۹	۲-۳-۲- مفصل و لنگر پلاستیک
۱۰	۳-۳-۲- شکل پذیری سازه‌ها
۱۳	۴-۳-۲- ضریب تبدیل جابجایی خطی به غیر خطی
۱۳	۴-۲- عوامل موثر بر انتقال حرکت زمین به سازه
۱۴	۵-۲- روشهای تحلیلی و آزمایشگاهی در بررسی رفتار لرزه‌ای سازه‌ها
۱۵	۱-۵-۲- منحنی هیستریزیس و رفتار رفت و برگشتی سازه‌ها
۲۰	۲-۵-۲- آزمایشات
۲۱	۶-۲- ضریب کاهش نیرو در اثر شکل پذیری
۲۱	۱-۶-۲- فرضیه برابری تغییر مکانها

۲۲	۲-۶-۲- فرضیه برابری انرژی جذب شده
۲۳	۷-۲- معیارهای سنجش ایمنی در رفتار لرزه‌ای سازه‌ها
۲۳	۲-۷-۱- انرژیهای ورودی و مستهلک شده
۲۵	۲-۷-۲- ضرایب شکل پذیری
۲۵	۲-۷-۳- اثر انواع زوالها در سازه‌ها
۲۸	۲-۷-۴- معیارهای خسارت تحمیل شده بر سازه و خرابی آن
۲۸	۲-۷-۴-۱- اندیس های خرابی موضعی
۲۸	۲-۷-۴-۲- اندیس های خرابی کلی
۲۹	فصل سوم - بررسی برخی سیستمهای متداول فولادی باربر جانبی
۲۹	۳-۱- مقدمه
۳۰	۳-۲- سیستم قاب خمشی مقاوم
۳۳	۳-۳- سیستم‌های مهاربندی
۳۴	۳-۳-۱- سیستم مهاربندی همگرا (CBF)
۳۷	۳-۳-۲- مهاربندی با اعضای کششی خارج از محور (OBS)
۳۸	۳-۳-۳- سیستم مهاربندی واگرا (EBF)
۴۱	۳-۳-۴- مهاربندی زانویی تعویض پذیر (KBF)
۴۳	۳-۴- مقایسه سختی جانبی سیستم های CBF و EBF و MRF
۴۵	فصل چهارم - رفتار لرزه‌ای سیستم‌های فولادی با بادبندی هم‌گرا (CBF)، از نوع ضربدری
۴۵	۴-۱- مقدمه
۴۸	۴-۲- پاسخ رفت و برگشتی بادبندهای فولادی
۵۲	۴-۳- مدلسازی مبتنی بر تئوری رفتار عضو بادبندی
۵۲	۴-۳-۱- مدلسازی بروش اجزاء محدود
۵۲	۴-۳-۲- روش لولای پلاستیک (مدل آیکدا و مهین)
۵۲	۴-۳-۱- حدجاری شدن
۵۳	۴-۳-۲- معادلات پایه

- ۵۵ ۴-۳-۳- روش معادله دیفرانسیل
- ۵۶ ۴-۳-۴- روش پروتی و اسکارلا سارا
- ۵۸ ۴-۴- مدلسازی خسارت موضعی و ماده
- ۵۸ ۴-۴-۱- مدلسازی خسارت ماده
- ۶۰ ۴-۴-۲- مدلسازی خسارت موضعی
- ۶۰ ۴-۵- نیروی پس کمانشی عضو فشاری بادبند
- ۶۴ ۴-۶- ضریب کاهش مقاومت فشاری بادبند - مقاومت کمانشی در سیکل‌های متوالی
- ۶۶ ۴-۷- رفتار لرزه ای قابهای فولادی با بادبندی هم‌گرا از نوع X شکل
- ۶۷ ۴-۷-۱- رفتار کششی تنها (T-only CBF)
- ۶۹ ۴-۷-۱-۱- اثر نرخ کرنشی و بار ضربه لرزه‌ای در قابهای با بادبندی هم‌گرا با رفتار فقط کششی
- ۷۱ ۴-۷-۲- رفتار کششی و فشاری
- ۷۱ ۴-۷-۲-۱- تأثیر ضریب لاغری در رفتار قاب با مهاربندی هم‌گرا
- ۷۷ ۴-۷-۲-۲- توزیع دوباره نیرو در حالت غیرخطی
- ۷۷ ۴-۷-۲-۳- ضریب بزرگنمایی دینامیکی برای المانهای مجاور
- ۷۹ ۴-۷-۲-۴- تاثیر انواع اتصالات تیر و ستون در رفتار قاب فولادی با بادبندی هم‌گرا
- ۸۰ ۴-۸- معرفی سیستم CBDS جهت مقابله با مشکلات CBF
- ۸۱ ۴-۹- استفاده از اعضای جذب کننده انرژی جهت مقابله با مشکلات CBF
- ۸۱ ۴-۹-۱- میراگرهای اصطکاکی (FDBF)
- ۸۳ ۴-۹-۲- استهلاک از طریق سیستم اتصالات شیاردار پیچی (SBC)
- ۸۴ ۴-۹-۳- میراگرهای ویسکوالاستیک
- ۸۵ ۴-۹-۴- مقایسه سیستمهای مجهز به میراگر ویسکوالاستیک و میراگر اصطکاکی
- ۸۶ ۴-۹-۵- سیستم های CBF شکل پذیر (DCBF)

۸۹	فصل پنجم - تئوری پایداری اعضای فشاری
۸۹	۱-۵- مقدمه
۹۱	۲-۵- کماتش ارتجاعی اعضای فشاری
۹۲	۳-۵- کماتش غیر ارتجاعی اعضای فشاری
۹۲	۱-۳-۵- خمش غیر ارتجاعی
۹۵	۲-۳-۵- ترکیب خمش غیر ارتجاعی با بار محوری
۹۸	۴-۵- نظریه مدول دوگانه (کاهش یافته) و نظریه مدول تانژانت (مدول مماسی)
۱۰۱	۵-۵- مقاومت آزمایشگاهی اعضای فشاری
۱۰۲	۶-۵- تنش پسماند
۱۰۵	۷-۵- بررسی نظرات برخی آیین نامه‌ها در خصوص بارکمانشی
۱۰۶	۱-۷-۵- معادلات پایه
۱۰۶	۲-۷-۵- آیین نامه آمریکا
۱۰۷	۳-۷-۵- آیین نامه‌های کانادا و آفریقای جنوبی
۱۰۸	۴-۷-۵- مقایسه بار بحرانی در آیین نامه‌ها
۱۰۹	۸-۵- کماتش اعضای فشاری با شرایط انتهایی خاص
	فصل ششم - مدلسازی قابهای فولادی با بادبندی هم‌گرا، از نوع ضربداری و بررسی رفتار
۱۱۰	لرزه‌های آن
۱۱۰	۱-۶- مقدمه
۱۱۲	۲-۶- مدلسازی رفتار کماتش اعضای قطری فشاری در نرم افزار ANSYS
۱۱۲	۱-۲-۶- روش دو عضوی
۱۱۳	۲-۲-۶- توصیف گام به گام رفتار لرزه‌ای رفت و برگشتی اعضای تحت بار محوری
۱۱۴	۳-۲-۶- معرفی رفتار لرزه‌ای رفت و برگشتی اعضای قطری به نرم‌افزار
۱۱۷	۳-۶- آنالیز دینامیکی قابهای فولادی با بادبندی هم‌گرا (CBF)، از نوع ضربداری
۱۱۷	۱-۳-۶- معرفی مدل سازه CBF1

- ۱۱۹ ۲-۳-۶- آنالیز دینامیکی مدل CBF1 و نحوه مدلسازی نیروی کمانشی و پس کمانشی
- ۱۲۰ ۳-۳-۶- توصیف رفتار لرزه‌ای قاب فولادی با بادبندی هم‌گرا (CBF)
- ۱۲۵ ۴-۳-۶- بررسی رفتار لرزه‌ای قاب CBF1 تحت زلزله السسترو
- ۱۲۷ ۵-۳-۶- بادبندهای ضربدری با رفتار لرزه‌ای کششی تنها
- ۱۲۷ ۶-۳-۶- مشاهدات بدست آمده از رفتار رفت و برگشتی قابهای با بادبندی هم‌گرا (CBF)
- ۱۲۹ ۴-۶- روشهای مقابله و رفع مشکلات مربوط به قابهای با بادبندی هم‌گرا (CBF)
- ۱۳۰ ۱-۴-۶- استفاده از قابهای با چند دهانه بادبندی شده
- ۱۳۲ ۲-۴-۶- استفاده از قاب کمکی شبه شورون بعنوان مکمل قاب با بادبندی ضربدری (CBF)
- ۱۳۸ ۳-۴-۶- کمانش غیرالاستیک اعضای فشاری بعنوان جاذب DD
- ۱۳۸ ۵-۶- کمانش غیرالاستیک اعضای فشاری و مدلسازی آن در برنامه ANSYS
- ۱۴۴ ۶-۶- اثر لاغری بادبند در پارامترهای لرزه‌ای قابهای با بادبندی هم‌گرا (CBF)، از نوع ضربدری
- ۱۴۷ ۱-۶-۶- مدل قاب بادبندی شده CBF1
- ۱۴۹ ۲-۶-۶- مدل قاب بادبندی شده CBF4
- ۱۵۰ ۳-۶-۶- مدل قاب بادبندی شده CBF5
- ۱۵۳ ۴-۶-۶- مقایسه قاب با بادبندی هم‌گرا (CBF)، دارای مکمل شبه شورون با قاب، از نوع ضربدری تنها
- ۱۵۵ ۷-۶- بررسی قاب ۲ طبقه فولادی با بادبندی هم‌گرا (CBF)، از نوع ضربدری
- ۱۵۶ **فصل هفتم - نتیجه گیری و پیشنهادات**
- ۱۵۸ ارائه پیشنهادات برای تحقیقات آتی
- ۱۶۰ فهرست منابع و مراجع

۲	شکل ۱-۱- سطوح مختلف زلزله‌های طراحی در آیین نامه‌ها
۳	شکل ۲-۱- منحنی تنش - کرنش عضو کششی
۶	شکل ۱-۲- منحنی واقعی تنش - کرنش فولاد
۶	شکل ۲-۲- منحنی ایده آل تنش - کرنش فولاد
۷	شکل ۳-۲- منحنی مقایسه رفتار خطی و غیرخطی سیستمهای مقاوم
۹	شکل ۴-۲- تیر دو سر مفصل، تحت اثر بار قائم افزایشی
۹	شکل ۵-۲- منحنی نیرو - جابجایی وسط دهانه تیر مزبور
۹	شکل ۶-۲- نمودار تغییرات کرنش در یک مقطع تحت اثر خمش
۱۰	شکل ۷-۲- منحنی رفتار غیر خطی سازه
۱۱	شکل ۸-۲- ضریب شکل پذیری در رفتار رفت و برگشتی
	شکل ۹-۲- تعریف تغییر شکل تسلیم. (الف) بر اساس تسلیم ابتدائی، (ب) بر اساس اولین تسلیم، (ج) بر اساس
۱۱	جذب انرژی
۱۲	شکل ۱۰-۲- قاب با سه درجه نامعینی تحت اثر بار افزایشی
۱۳	شکل ۱۱-۲- تعیین تغییر مکان غیر خطی سازه بکمک ضریب C_d
۱۳	شکل ۱۲-۲- سیستم یک درجه آزادی تحت اثر ارتعاش زمین
۱۵	شکل ۱۳-۲- رفتار واقعی و ایده‌آل سازه تحت بار رفت و برگشتی در محدوده خطی
۱۶	شکل ۱۴-۲- رفتار ایده آل سازه تحت بار رفت و برگشتی در محدوده غیرخطی
۱۷	شکل ۱۵-۲- رفتار سازه تحت بارگذاری افزایشی - پوش هیستریزس
۱۷	شکل ۱۶-۲- مدل الاستو- پلاستیک
۱۸	شکل ۱۷-۲- مدل الاستو- پلاستیک با کرنش سخت شدگی
۱۸	شکل ۱۸-۲- مدل الاستو- پلاستیک با کرنش نرم شدگی
۱۸	شکل ۱۹-۲- مدل رامبرگ - اسگود
۱۸	شکل ۲۰-۲- مدل سه خطی
۱۹	شکل ۲۱-۲- مدل کلاف - جانسون
۱۹	شکل ۲۲-۲- مدل تاکدا

- شکل ۲-۲۳- مدل لغزشی ۱۹
- شکل ۲-۲۴- مدل نرمالیزه شده ۱۹
- شکل ۲-۲۵- رفتار سازه‌ها تحت بار دوره‌ای. الف-رفتار بد، ب-رفتار خوب ۲۰
- شکل ۲-۲۶- فرضیه برابری تغییر مکان‌ها ۲۲
- شکل ۲-۲۷- فرضیه برابری انرژی جذب شده ۲۲
- شکل ۲-۲۸- الف-رفتار سیستم‌های سخت، ب-رفتار سیستم‌های نرم ۲۲
- شکل ۲-۲۹- چرخه هیستریزیس بار - تغییر مکان ۲۴
- شکل ۲-۳۰- الف- زوال مقاومت، ب- زوال سختی ۲۶
- شکل ۲-۳۱- منحنی هیستریزیس بار- جابجایی اتصال بتنی تیر به ستون ۲۷
- شکل ۲-۳۲- الف- زوال سختی، ب- زوال جمع شدگی، ج-زوال مقاومت ۲۷
- شکل ۳-۱- قاب صلب و رفتار آن در برابر بار جانبی ۳۰
- شکل ۳-۲- نمونه‌ای از حلقه‌های هیستریزیس قاب خمشی ۳۱
- شکل ۳-۳- ناحیه پانلی ۳۱
- شکل ۳-۴- نمونه‌هایی از اتصالات گیردار ۳۲
- شکل ۳-۵- رابطه بار- تغییر مکان، برای قاب خمشی تحت بار قائم ثابت و بار افقی صعودی ۳۲
- شکل ۳-۶- نمایی از اشکال مختلف قاب مهاربندی شده ۳۳
- شکل ۳-۷- نمایی از اتصال بادبند به قاب بتنی و جزئیات اتصال آن ۳۴
- شکل ۳-۸- نمونه‌ای از منحنی هیستریزیس قاب مهاربندی شده هم‌مرکز (CBF) ۳۵
- شکل ۳-۹- اشکال مختلف قاب هم‌گرا ۳۵
- شکل ۳-۱۰- نمونه‌ای از رفتار هیستریزیس یک مهاربند معمولی، با قابلیت رفتار فشاری و کششی ۳۶
- شکل ۳-۱۱- بادبندهای خارجی با مقیاس بزرگتر ۳۷
- شکل ۳-۱۲- شمایی از مهاربندی با اعضای کششی خارج از محور (OBS) ۳۷
- شکل ۳-۱۳- دهانه‌های مهاربندی با اعضای کششی خارج از محور (OBS) ۳۸
- شکل ۳-۱۴- اشکال مختلف قابهای با بادبندی واگرا ۳۹
- شکل ۳-۱۵- نمونه‌ای از منحنی رفتار هیستریزیس قاب با بادبندی واگرا (EBF) ۳۹

- شکل ۳-۱۶- تغییرات پرید مد اول ارتعاش نسبت به e/L به ۴۰
- شکل ۳-۱۷- تغییرات مقاومت نهایی جانبی بر حسب e/L به ۴۱
- شکل ۳-۱۸- نحوه اتصال بادبند به عضو زانویی ۴۲
- شکل ۳-۱۹- مقایسه رفتار دو سیستم KBF و EBF ۴۲
- شکل ۳-۲۰- مقایسه تغییرات سختی جانبی قاب‌های فولادی ۴۳
- شکل ۴-۱- نمونه‌ای از رفتار رفت و برگشتی قاب مهاربندی هم‌گرا ۴۷
- شکل ۴-۲- رفتار رفت و برگشتی عضو قطری بادبند ۴۹
- شکل ۴-۳- هندسه مدل عضو بادبند ۵۰
- شکل ۴-۴- اشکال مربوط به نواحی شکل ۴-۲ ۵۰
- شکل ۴-۵- رفتار غیر خطی رفت و برگشتی عضو بادبند ۵۱
- شکل ۴-۶- هندسه بادبند و چرخش مفصل پلاستیک در آن ۵۱
- شکل ۴-۷- تاریخچه مدول مماسی بر حسب بار محوری ۵۱
- شکل ۴-۸- مدل اجزاء محدود برای تحلیل رفتار بادبند ۵۲
- شکل ۴-۹- منحنی اندرکنش ممان حول دو محور برای مقطع 150UC30 ۵۳
- شکل ۴-۱۰- ایجاد نقص اولیه در مدل معادله دیفرانسیل ۵۵
- شکل ۴-۱۱- مدل پروتی و اسکارلا سارا ۵۷
- شکل ۴-۱۲- رابطه تنش و کرنش عضو بادبند با لحاظ کردن پدیده کمانش ۵۹
- شکل ۴-۱۳- مقادیر پارامتر N و K در روابط فوق ۶۰
- شکل ۴-۱۴- مدل آکی‌یاما و ریمونیکوف ۶۲
- شکل ۴-۱۵- دیاگرام نیروی پس کمانشی ۶۲
- شکل ۴-۱۶- رفتار عضو بادبندی تحت بار رفت و برگشتی ۶۳
- شکل ۴-۱۷- مدل ایده‌آل رفتار کمانشی بادبند ۶۵
- شکل ۴-۱۸- مقایسه ضرایب کاهش مقاومت نیروی کمانشی ۶۵
- شکل ۴-۱۹- تغییر شکل غیر متقارن قاب با بادبندی هم‌گرا ۶۶
- شکل ۴-۲۰- منحنیهای هیستریزس بادبندهای با رفتار فقط کششی ۶۷

- شکل ۴-۲۱- حلقه‌های هیستریزیس بادبند با رفتار فقط کششی ۷۰
- شکل ۴-۲۲- مقایسه نتایج رفتار مدل تحلیلی وال‌پل و مدل آزمایشگاهی ۷۲
- شکل ۴-۲۳- تأثیر ضریب لاغری بر رابطه ضریب شکل‌پذیری و کاهش نیرو ۷۳
- شکل ۴-۲۴- تأثیر ضریب لاغری بر میزان جذب انرژی ۷۳
- شکل ۴-۲۵- نتایج آزمایشگاهی رفتار سیستم‌های هم‌گرا، انجام شده در دانشگاه میلان ۷۵
- شکل ۴-۲۶- مقایسه نمونه‌ای از نتایج رفتار مدل تحلیلی و مدل آزمایشگاهی ۷۶
- شکل ۴-۲۷- اثر تیب اتصالات بر سختی جانبی قاب ۷۹
- شکل ۴-۲۸- نمایی از یک میراگر اصطکاکی ۸۲
- شکل ۴-۲۹- نحوه مدلسازی میراگر اصطکاکی قابل لغزش ۸۲
- شکل ۴-۳۰- عدم تعادل ایجاد شده در سازه در اثر ایجاد مفصل پلاستیک در اعضای میراگر ۸۳
- شکل ۴-۳۱- نمونه‌ای از قاب مهاربندی با میراگر اصطکاکی پیچی ۸۴
- شکل ۴-۳۲- میزان جذب انرژی در میراگرهای اصطکاکی ۸۴
- شکل ۴-۳۳- میزان جذب انرژی در بادبندهای معمولی ۸۴
- شکل ۴-۳۴- نمونه‌ای از قاب مهاربندی با میراگر ویسکوالاستیک ۸۵
- شکل ۴-۳۵- سیستم‌های مختلف سازه‌ای در مقایسه با میراگرها ۸۵
- شکل ۴-۳۶- مدل بادبند از کمانش جلوگیری شده ۸۷
- شکل ۴-۳۷- مقایسه منحنی اسکلتون سیستم DCBF با سیستم‌های دیگر ۸۷
- شکل ۴-۳۸- مقایسه منحنی جذب انرژی سیستم DCBF با سیستم‌های دیگر ۸۷
- شکل ۵-۱- تعادل پایدار و ناپایدار ستون تحت بار محوری ۸۹
- شکل ۵-۲- نمودار بار-جابجایی ستون تحت بار محوری ۹۰
- شکل ۵-۳- ستون تحت بار محوری ۹۱
- شکل ۵-۴- نمودار تنش - کرنش در خمش غیر ارتجائی ۹۲
- شکل ۵-۵- مقطع مربع - مستطیل تحت خمش ۹۳
- شکل ۵-۶- تغییرات E' بر حسب Δ ۹۴
- شکل ۵-۷- نمودار تنش - کرنش تحت خمش غیر ارتجائی با بار محوری ۹۵

- شکل ۵-۸- تغییرات E'' بر حسب Δ ۹۶
- شکل ۵-۹- تأثیر ضریب لاغری در مقاومت کمانشی ۹۷
- شکل ۵-۱۰- مدول الاستیسیته ، مدول تانژانت و مدول کاهش یافته ۹۸
- شکل ۵-۱۱- توزیع تنش در مقطع عرضی مستطیل ۹۹
- شکل ۵-۱۲- مقطع I شکل ۱۰۰
- شکل ۵-۱۳- دیاگرام تغییرات مدولهای اولر، تانژانت و کاهش یافته ۱۰۱
- شکل ۵-۱۴- نتایج آزمایشگاهی در بار کمانشی ستونها ۱۰۲
- شکل ۵-۱۵- تغییرات تنش پسماند در نیمرخهای نورد شده ۱۰۳
- شکل ۵-۱۶- تأثیر تنش پسماند در دیاگرام تنش - کرنش مقطع I شکل ۱۰۳
- شکل ۵-۱۷- دیاگرام مقایسه بار بحرانی در آیین نامه ها ۱۰۸
- شکل ۶-۱- دیاگرام تنش - کرنش با مدلسازی پدیده کمانش ۱۱۲
- شکل ۶-۲- دیاگرام پایه مدل دو عضوی ۱۱۳
- شکل ۶-۳- قاب با بادبندی هم گرا ۱۱۳
- شکل ۶-۴- نواحی مختلف رفتار عضو، تحت کشش و فشار ۱۱۵
- شکل ۶-۵- فلوجارت تحلیل قاب با سیستم هم گرا ۱۱۶
- شکل ۶-۶- پلان مربوط به قاب CBF1 ۱۱۷
- شکل ۶-۷- قاب طراحی شده CBF1 ۱۱۸
- شکل ۶-۸- نواحی مختلف رفتار عضو بادبند، (نیم سیکل اول، در کشش) ۱۲۱
- شکل ۶-۹- نواحی مختلف رفتار عضو بادبند، (نیم سیکل اول، در فشار) ۱۲۱
- شکل ۶-۱۰- نواحی مختلف رفتار عضو بادبند، (نیم سیکل اول، در فشار) ۱۲۱
- شکل ۶-۱۱- نواحی مختلف رفتار قاب با بادبند هم گرا، (تحت تأثیر رفتار لرزه ای اشکال فوق) ۱۲۱
- شکل ۶-۱۲- رفتار لرزه ای عضو بادبند، (نیم سیکل اول، در کشش) ۱۲۲
- شکل ۶-۱۳- رفتار لرزه ای عضو بادبند، (نیم سیکل اول، در فشار) ۱۲۳
- شکل ۶-۱۴- رفتار قاب CBF1 با بادبند هم گرا، (تحت تأثیر اشکال ۶-۱۲ و ۶-۱۳) ۱۲۴
- شکل ۶-۱۵- جابجایی بحرانی مربوط به منطقه رهاسده ۱۲۶