دانشگاه شیراز
واحد بین الملل

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران - سازه

بررسی رفتار تعاملی قاب‌های فولادی دارای مهاربند پر شده با میانقاب‌های مصالح بنایی مهندسی

توسط

رضا قطبی زاده

اساتید راهنما

جناب آقای پروفسور رضا رازانی
جناب آقای دکتر عبدالرسول رنجبران

اسفند ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

اظهارنامه

اینجانب رضا قطبی‌زاده دانشجوی رشته‌ی مهندسی عمران (سازه) اظهار می‌نمایم که این پایان‌نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در قسمت‌هایی که از منابع دیگران استفاده نموده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن‌ها را ذکر کرده‌ام.

همچنین اظهار می‌نمایم که تحقیق و موضوع پایان‌نامه‌ام تکراری نیست و تعهد می‌دهم که بدون مجوز دانشگاه، دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه‌ی حقوق این اثر، مطابق با آیین‌نامه‌ی مالکیت فکری و معنوی، متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام‌خانوادگی : رضا قطبی‌زاده

تاریخ و امضاء : تیر ۱۳۹۱

تقدیر و تشکر

شکر خدا که هر چه طلب کردم از خدا، بر منتهای همت خود کامران شدم.

اکنون که این دوره درسی را به پایان می‌برم بسی شایسته است که از

استاد فرهیخته و فرزانه

جناب آقای پروفسور رضا رازانی

که با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی‌های کار ساز و سازنده بارور ساختند تقدیر و تشکر نمایم.

و با تشکر فراوان از اساتید محترم

جناب آقای پروفسور محمود رضا ماهری

جناب آقای دکتر عبدالرسول رنجبران

و جناب آقای دکتر سید مهدی دهقان بنادکی

که همواره راهنما و راه‌گشای نگارنده در اتمام و اکمال این پایان نامه بوده‌اند.

همچنین از مشاوره و همکاری جناب آقای مهندس محمدامیر نجفقلی‌پور حقیقی صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنم.

اثری کوچک است؛ خیلی کوچک و شاید هیچ!

اما به رسم ادب و احترام

تقدیم می‌شود به:

پدر و مادر عزیزم؛

آنان که ناتوان شدند تا به توانایی برسم،

موهایشان سپید شد تا روسفید شوم،

و عاشقانه سوختند تا گرمابخش وجود و روشنگر راهم باشند.

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است.

همسر عزیزم؛

به پاس قلب بزرگش که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهش به شجاعت می‌گراید.

خواهران عزیزم؛

به پاس محبت‌های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی‌کند.

چکیده

بررسی رفتار تعاملی قاب‌های فولادی دارای مهاربند پر شده با میانقاب‌های مصالح بنایی مهندسی

به وسیله‌ی:

رضا قطبی زاده

در این تحقیق، به بررسی اثر میانقاب‌های مصالح بنایی بر سازه‌های فولادی و به ویژه قاب‌های مهاربندی فولادی دارای میانقاب پرداخته‌ایم. با توجه به اینکه رفتار این نوع اعضاء، در رفتار کلی و مدهای شکست سازه تأثیر گذار بوده است و همچنین نگرشی به زلزله‌های اخیر و تحلیل علل خرابی ساختمان‌ها، ضرورت بررسی این موضوع بیش از پیش نمایان می‌شود. هدف اصلی این پروژه‌ی تحقیقاتی نیز بررسی اثرات مفید و مخرب میانقاب بر سازه‌های فولادی و لزوم در نظرگیری آن‌ها در رفتار لرزه‌ای سازه است. موضوع اصلی مورد بررسی با عنوان "بررسی رفتار تعاملی قاب‌های فولادی دارای مهاربند پر شده با میانقاب‌های مصالح بنایی مهندسی" مطرح شده است و مواردی چون: اثرات میانقاب بر سازه، مصالح مورد استفاده برای میانقاب، مدل‌های ارائه شده و مقایسه‌ی روش‌های مدلسازی، مدلسازی در نرم‌افزار، مباحث آیین‌نامه‌ای و مقایسه‌ی روابط آیین‌نامه‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

از آنجا که در زمینه اثر میانقاب‌ها در قاب مهاربندی تحقیقات زیادی انجام نشده است و همچنین به علت عدم وجود امکانات آزمایشگاهی، این پروژه‌ی تحقیقاتی به‌صورت تئوری و مدلسازی مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی صحت‌سنجی پروژه، سه مثال آزمایشگاهی مرتبط مورد مدلسازی قرار گرفته و نتایج قابل قبولی به‌دست آمد. برای تهیه‌ی مدل اجزای محدود، از نرم افزار ABAQUS/STANDARD استفاده شده و برای مدلسازی سازه‌ای از نرم‌افزارهای ETABS و Sap استفاده شده است. نهایتاً، نتایج با مقایسه‌ی حالت بدون در نظرگرفتن میانقاب و با درنظرگرفتن میانقاب، به‌صورت منحنی‌های Push-Over و ترسیم نمودارهای مقایسه‌ای مورد بررسی قرار می‌گیرد.

بررسی نتایج بدست آمده از قاب‌ها و میانقاب‌های مختلف، نشانگر صحت فرضیات و نتایج مورد انتظار پروژه می‌باشد. افزایش مقاومت، سختی، جذب انرژی و تأثیر بسیار زیاد وجود میانقاب در قاب مهاربندی بر کمانش بادبند، شکل‌پذیری، ضریب رفتار و کاهش سطح مقطع بادبند و ... از مهم‌ترین نتایج این تحقیق بوده است..

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ۲

۱-۱- معرفی پژوهش ۵

۱-۲- انگیزه پژوهش ۶

۱-۳- ضرورت پژوهش ۹

۱-۴- اهداف ۹

۱-۵- ساختار پژوهش ۱۰

فصل دوم: بیان مشروح مسأله ۱۱

۲-۱- اثرات میانقاب بر سازه‌های قابی ۱۲

۲-۱- ۱- اثرات عدم در نظرگیری میانقاب بر قاب ۱۴

۲-۱- ۲- تأثیر دیوار میانقاب در سازه‌های فولادی دارای بادبند ۱۵

۲-۲- اثرات قاب فولادی بر دیوار میانقاب ۱۷

۲-۲-۱- شکست لهیدگی گوشه ۱۸

۲-۲-۲- شکست برشی قطری ۱۸

۲-۲-۳- شکست برش لغزشی ۱۹

۲-۲-۴- شکست فشاری قطری ۱۹

۲-۲-۵- گسیختگی قاب و اتصالات ۱۹

۲-۲-۶- گسیختگی برشی در ستون ۲۰

۲-۲-۷- شکست خمش خارج از صفحه ۲۱

فصل سوم: مروری بر تحقیقات و نتایج گذشته ۲۲

۳-۱- مطالات تئوری و آزمایشگاهی گذشته ۲۳

۳-۲- مروری بر اثر میانقاب در قاب مهاربندی در زلزله های گذشته ۲۷

فصل چهارم: تئوری مسئله ۳۸
۴- ۱- مدل‌های ارائه شده و مقایسه روش‌های مدلسازی ۳۹
۴-۲- انواع مدل‌های در نظر گرفته شده برای میانقاب‌ها ۴۲
۴-۲-۱- روش پانل کامل یکپارچه ۴۲
۴-۲-۲- دستک معادل قطری ۴۳
۴-۲-۳- روش دو دستک معادل ۴۸
۴-۲-۴- سه دستک معادل اصلاح شده ۴۸
۴-۳- مقایسه روش‌های مدلسازی ۵۰
۴-۴- مدل مصالح میانقاب ۵۲
۴-۵- بهسازی ۵۴
۴-۶- آیین‌نامه ۵۶
۴-۶-۱- مباحث آیین‌نامه‌ای و مقایسه‌ی روابط ۵۶
۴-۷- رفتار درون‌صفحه و برون‌صفحه ۵۹
۴-۷-۱- تنش مجاز فشاری ۵۹
۴-۷-۲- تنش مجاز کششی ۶۰
۴-۷-۳- تنش مجاز برشی ۶۰
۴-۷-۴- خمش عمود بر صفحه ۶۰
۴-۷-۵- بارگذاری زلزله‌ی برون صفحه‌ای دیوار ۶۲
۴-۷-۶- بارگذاری باد برای شکست برون‌صفحه ۶۲
فصل پنجم: مدلسازی ۶۳
۵-۱- نرم افزار مورد استفاده ۶۴
۵-۲- مدلسازی قاب فولادی ۶۷
۵-۳- مدلسازی میانقاب مصالح بنایی ۶۸
۵-۴- مصالح مورد استفاده در میانقاب ۷۲
۵-۵- شرح هندسی نمونه‌ها ۸۲
۵-۵-۱- قاب مهاربندی Λ واگرا ۸۲
۵-۵-۲- قاب مهاربندی تک قطری ۸۴
۵-۵-۳- قاب مهاربندی X ۸۶

۵-۵-۴- قاب مهاربندی Λ همگرا ۸۸
فصل ششم: صحت سنجی ۹۱
۶-۱- اعتبارسنجی مدل قاب بادبندی فولادی ۹۲
۶-۲- اعتبارسنجی مدل قاب معمولی ۹۶
۶-۳- اعتبارسنجی مدل قاب و میانقاب ۹۸
فصل هفتم: آنالیز نتایج ۱۰۴
۷-۱- قاب مهاربند Λ واگرا ۱۰۵
۷-۲- قاب مهاربند قطری فشاری ۱۱۰
۷-۳- قاب مهاربند قطری کششی ۱۱۵
۷-۴- قاب مهاربند Λ همگرا ۱۱۹
۷-۵- قاب مهاربند X ۱۲۴
۷-۶- توزیع تنش و پیش‌بینی الگوی ترک قاب مرکب ۱۲۹
۷-۶-۱- قاب ساده ۱۲۹
۷-۶-۲- قاب مهاربندی قطری فشاری ۱۳۰
۷-۶-۳- قاب مهاربندی قطری کششی ۱۳۲
۷-۶-۴- قاب مهاربندی Λ واگرا ۱۳۳
۷-۶-۵- قاب مهاربندی X ۱۳۵
۷-۶-۶- قاب مهاربندی Λ همگرا ۱۳۷
۷-۷- بررسی کارایی اقتصادی ۱۲۹
۷-۷-۱- قاب مهاربندی Λ واگرا ۱۴۰
۷-۷-۲- قاب مهاربندی قطری کششی ۱۴۱
۷-۷-۳- قاب مهاربندی قطری فشاری ۱۴۲
۷-۷-۴- قاب مهاربندی Λ همگرا ۱۴۳
۷-۷-۵- قاب مهاربندی X ۱۴۴
۷-۸- بررسی مسائل اجرایی ۱۴۶
۷-۹- خلاصه نتایج ۱۴۹
فصل هشتم: نتیجه‌گیری و جمع‌بندی..... ۱۵۰
فصل نهم: منابع و مآخذ ۱۵۶

فهرست جداول

عنوان و شماره **صفحه**

جدول ۴-۱: نمودار مشخصات مصالح با توجه به FEMA ۲۷۳ ..... ۴۴
جدول ۵-۱: مشخصات الاستیک و پلاستیک مصالح فولادی ۶۷
جدول ۵-۲: تنش-کرنش هم‌راستا شده مصالح بنایی برای سه حالت کیفیت ملات ۷۹
جدول ۵-۳: مشخصات مصالح بنایی مورد استفاده در نرم افزار ۸۱

جدول ۵-۴: مشخصات اجزای مدلسازی شده قاب مهاربندی Λ واگرا با میانقاب ۸۲
جدول ۵-۵: مشخصات اجزای مدلسازی شده قاب مهاربندی تک قطری با میانقاب ۸۴
جدول ۵-۶: مشخصات اجزای مدلسازی شده قاب مهاربندی X با میانقاب ۸۶
جدول ۵-۷: مشخصات اجزای مدلسازی شده قاب مهاربندی Λ همگرا با میانقاب ۸۸
جدول ۶-۱: مشخصات مصالح و مقاطع قاب آزمایش شده ۹۳
جدول ۷-۱: خلاصه نتایج تحقیق ۱۴۹

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۱- ۱: مهاربند مدفون شده در میانقاب مصالح بنایی ۳
شکل ۱- ۲: نمونه عملکرد مرکب قاب - میانقاب در زلزله رودبار – منجیل ۴
شکل ۱- ۳: نمونه عملکرد مرکب قاب – مهاربند - میانقاب در زلزله بم ۵

شکل۲- ۱: رفتار مناسب قاب مهاربندی در اندرکنش با میانقاب – زلزله بم ۱۵
شکل۲- ۲: به علت مشارکت دیوار در تحمل فشار شکست مطلوب رخ داده است – زلزله بم ۱۵
شکل۲- ۳: الف و ب - ترکیب مقاومت کششی بادبند فولادی و مقاومت فشاری دیوار آجری ۱۶
شکل۲- ۴: مقایسه وضعیت چیدمان بادبندها ۱۷
شکل۲- ۵: اثر مثبت دیوار آجری در اصلاح رفتار بادبندهای نامناسب- زلزله بم ۱۷
شکل۲- ۶: شکست لهیدگی گوشه میانقاب ۱۸
شکل۲- ۷: شکست برشی قطری میانقاب ۱۸
شکل۲- ۸: شکست برشی لغزشی میانقاب ۱۹
شکل۲- ۹: شکست فشاری قطری میانقاب ۱۹
شکل۲- ۱۰: گسیختگی قاب و اتصالات ۲۰
شکل۲- ۱۱: شکست برشی لغزشی و برشی در ستون میانقاب ۲۰
شکل۲- ۱۲: شکست خمشی خارج از صفحه در میانقاب ۲۱
شکل۲- ۱۳: مدهای شکست غالب در میانقاب ۲۱
شکل۳- ۱: همکاری مناسب میانقاب و مهاربند و پایداری ساختمان تحت زلزله شدید ۲۷
شکل۳- ۲: استفاده از میلگرد جهت کشش و میانقاب جهت فشار و رفتار مناسب قاب مرکب ۲۸
شکل۳-۳: همکاری مناسب میانقاب و مهاربند و پایداری ساختمان تحت زلزله شدید ۲۸
شکل۳-۴- رفتار مناسب تعاملی قاب مهاربندی و میانقاب مصالح بنایی در طبقات بالا ۲۹
شکل۳-۵- همکاری مناسب میانقاب و مهاربند و پایداری ساختمان تحت زلزله شدید ۲۹
شکل۳-۶- همکاری مناسب میانقاب و مهاربند و پایداری ساختمان تحت زلزله شدید ۳۰
شکل۳-۷- رفتار مناسب تعاملی قاب مهاربندی و میانقاب مصالح بنایی در طبقات بالا و عدم تخریب قابهای مرکب با وجود اجرای ضعیف سازه ۳۰
شکل۳-۸- رفتار مناسب تعاملی قاب مهاربندی و میانقاب مصالح بنایی در طبقات بالا و عدم تخریب قابهای مرکب با وجود اجرای ضعیف سازه ۳۱
شکل۳-۹- رفتار مناسب قاب مهاربندی بتنی با میانقاب مصالح بنایی ۳۱

شکل۳-۱۰- کیفیت نامناسب مصالح، عدم درگیری قاب و میانقاب در بعضی از طبقات و عدم در نظرگیری اثر میانقاب ۳۲
شکل۳-۱۱- کیفیت نامناسب مصالح، عدم درگیری قاب و میانقاب در بعضی از طبقات و عدم در نظرگیری اثر میانقاب ۳۲
شکل۳-۱۲- همکاری مناسب میانقاب و مهاربند و پایداری ساختمان تحت زلزله شدید با وجود کمانش میانقاب ۳۳
شکل۳-۱۳- اجرای نامناسب مهاربند Y ، عدم انسجام و کیفیت نامناسب مصالح بنایی، عدم درگیری قاب و میانقاب، ایجاد بازشو زیاد، عدم در نظرگیری اثر میانقاب ۳۳
شکل۳-۱۴- همکاری مناسب میانقاب و مهاربند و پایداری ساختمان تحت زلزله شدید با وجود کمانش میانقاب ۳۴
شکل۳-۱۵- رفتار مناسب قاب مهاربندی و میانقاب و عدم ریزش ساختمان - زلزله رودبار و منجیل ۳۴
شکل۳-۱۶- عملکرد مناسب قاب و میانقاب با وجود ایجاد بازشو زیاد در قاب مهاربندی X – زلزله بم..... ۳۵
شکل۳-۱۷- عملکرد مناسب قاب و میانقاب با وجود ایجاد بازشو زیاد در قاب مهاربندی X – زلزله بم..... ۳۵
شکل۳-۱۸- رفتار مناسب قاب و میانقاب با وجود ایجاد بازشو زیاد در قاب مهاربندی Λ واگرا، زلزله بم..... ۳۶
شکل۳-۱۹- عدم کمانش در مهاربند محصور شده در میانقاب و کمانش در قسمت محصور نشده بادبند ۳۶
شکل۳-۲۰: استفاده از قاب چوبی پر شده با میانقاب و عملکرد نسبتاً مناسب با وجود اجرای نامناسب مهاربند، کیفیت بد مصالح بنایی و ایجاد بازشو، یک ساختمان چوبی روستایی..... ۳۷
شکل۳-۲۱: استفاده از قاب چوبی پر شده با میانقاب و عملکرد نسبتاً مناسب با وجود اجرای نامناسب مهاربند، کیفیت بد مصالح بنایی و ایجاد بازشو، یک ساختمان چوبی روستایی..... ۳۷
شکل۴-۱- نمونه‌ای از میانقاب مدل شده توسط نرم افزار و آزمایشگاه ۴۱
شکل۴-۲: طرح مدل پانل کامل یکپارچه برای میانقاب ۴۲

شکل۴-۳: طرح مدل دستک معادل قطری برای میانقاب ۴۳
شکل۴-۴: طرح مدل دستک معادل قطری برای میانقاب با توجه به تنش فشاری ۴۶
شکل۴-۵: عدم در نظرگیری طول تماسی قاب و میانقاب و اثر کشش در وسط ۴۷
شکل۴-۶: طرح مدل دو دستک معادل با توجه به الگوهای شکست مشاهده شده ۴۸
شکل۴-۷: طرح مدل سه دستک معادل اصلاح شده ۴۹
شکل۴-۸: پارامترهای طرح مدل سه دستک معادل اصلاح شده ۵۰
شکل۴-۹: مقایسه مدل‌های ارائه شده معتبر برای میانقاب ۵۱
شکل۴-۱۰: مدل اورتروپیک مصالح بنایی ۵۳
شکل۴-۱۱: رابطه تنش - کرنش مصالح بنایی ۵۴
شکل۴-۱۲: رابطه نیرو – تغییرشکل برای دستک‌ها (روابط سه خطی ساده شده) ۵۴
شکل۴-۱۳: شرایط تکیه‌گاهی برای کنترل خمش دیوار میانقاب ۶۱
شکل۴-۱۴: نحوه شکست خارج از صفحه دیوار میانقاب ۶۱
شکل۵-۱: مدلسازی (a) میکرو ساده شده (b) میکرو دقیق (c) ماکرو ۶۹
شکل۵-۲: مدلسازی ماکرو، درنظر گرفتن مصالح به‌صورت ماده مرکب همگن و غیرهمسان‌گرد ۶۹
شکل۵-۳: شکست مناسب برشی قطری ۷۰
شکل۵-۴: شکست برشی لغزشی در محل اتصال آجر و ملات ۷۱
شکل۵-۵: آزمایش مقاوت مصالح نمونه‌ها a) فشاری مصالح بنایی b) سه محوره آجر c) فشاری آجر d) فشاری ملات ۷۴
شکل۵-۶: آزمایش فشاری روی مصالح بنایی متشکل از آجر و ملات ۷۵
شکل۵-۷: نمودار تنش - کرنش انواع مختلف آجر تحت فشار..... ۷۵
شکل۵-۸: نمودار تنش - کرنش ملات تحت فشار (نمونه مکعبی) ۷۶
شکل۵-۹: نمودار تنش - کرنش مصالح بنایی در فشار (نمونه منشوری) ۷۶
شکل۵-۱۰: نمودار تنش - کرنش آجر، ملات ضعیف و مصالح بنایی در فشار ۷۷
شکل۵-۱۱: نمودار تنش - کرنش آجر، ملات قوی و مصالح بنایی در فشار ۷۸
شکل۵-۱۲: نمودار تنش - کرنش آجر، ملات متوسط و مصالح بنایی در فشار ۷۸
شکل۵-۱۳: نمودار تنش- کرنش هم‌راستا شده مصالح بنایی برای سه حالت مختلف کیفیت ملات ۷۹

شکل۵-۱۴: قالب کلی نمودار تنش - کرنش مصالح بنایی ۸۰
شکل۵-۱۵: قالب کلی نمودار ساده شده تنش - کرنش مصالح بنایی ۸۰
شکل۵-۱۶: نمودار تنش - کرنش مصالح بنایی در کشش (نمونه منشوری) ۸۱
شکل۵-۱۷: رفتار میانقاب مصالح بنایی تحت بار برشی ۸۲
شکل۵-۱۸: مدل قاب مهاربندی Λ واگرا بدون میانقاب ۸۳
شکل۵-۱۹: مدل قاب مهاربندی Λ واگرا بدون میانقاب ۸۳
شکل۵-۲۰: مدل قاب مهاربندی Λ واگرا با میانقاب ۸۴
شکل۵-۲۱: مدل قاب مهاربندی Λ واگرا با میانقاب ۸۴
شکل۵-۲۲: مدل قاب مهاربندی قطری بدون میانقاب ۸۵
شکل۵-۲۳: مدل قاب مهاربندی قطری بدون میانقاب ۸۵
شکل۵-۲۴: مدل قاب مهاربندی قطری با میانقاب ۸۶
شکل۵-۲۵: مدل قاب مهاربندی قطری با میانقاب ۸۶
شکل۵-۲۶: مدل قاب مهاربندی X بدون میانقاب ۸۷
شکل۵-۲۷: مدل قاب مهاربندی X بدون میانقاب ۸۷
شکل۵-۲۸: مدل قاب مهاربندی X با میانقاب ۸۸
شکل۵-۲۹: مدل قاب مهاربندی X با میانقاب ۸۸
شکل۵-۳۰: مدل قاب مهاربندی Λ همگرا بدون میانقاب ۸۹
شکل۵-۳۱: مدل قاب مهاربندی Λ همگرا بدون میانقاب ۸۹
شکل۵-۳۲: مدل قاب مهاربندی Λ همگرا با میانقاب ۹۰
شکل۵-۳۳: مدل قاب مهاربندی Λ همگرا با میانقاب ۹۰
شکل۶-۱: جزئیات قاب آزمایش شده ۹۳
شکل۶-۲: نحوه برپایی قاب و تکیه گاه ها جهت آزمایش استاتیکی غیر خطی قاب ۹۳
شکل۶-۳: نحوه اتصال مهاربند به تیر ۹۴
شکل۶-۴: منحنی تنش - کرنش فولاد مصرفی در آزمایش - a) جان b) بال ۹۴
شکل۶-۵: مدلسازی شده قاب مورد نظر در نرم افزار ۹۵
شکل۶-۶: مدلسازی شده قاب مورد نظر در نرم افزار ۹۵
شکل۶-۷: منحنی نیرو- تغییر مکان برای قاب آزمایش شده و قاب مدلسازی شده ۹۶
شکل۶-۸: مدلسازی شده قاب مورد نظر در نرم افزار ۹۷

شکل۶-۹: منحنی نیرو- تغییر مکان برای قاب آزمایش شده و قاب مدلسازی شده بدون میانقاب ۹۸
شکل۶-۱۰: مدلسازی شده قاب مورد نظر و میانقاب در نرم افزار ۹۹
شکل۶-۱۱: منحنی نیرو- تغییر مکان برای قاب آزمایش شده و قاب مدلسازی شده با میانقاب ۹۹
شکل۶-۱۲: مقایسه رفتار قاب بدون میانقاب و با میانقاب ۱۰۰
شکل۶-۱۳: نمودار جذب انرژی قاب با میانقاب و بدون میانقاب در قسمت خطی ۱۰۰
شکل۶-۱۴: نمودار جذب انرژی قاب با میانقاب و بدون میانقاب ۱۰۱
شکل۶-۱۵: نمودار بیشینه نیروی تحملی قاب با میانقاب و بدون میانقاب ۱۰۱
شکل۶-۱۶: ترک برشی قطری در میانقاب ۱۰۲
شکل۶-۱۷: شکست کنج در میانقاب ۱۰۲
شکل۶-۱۸: ایجاد تنش در گوشه‌ها و قطر میانقاب ۱۰۳
شکل۷-۱: نمودار نیرو-جابجایی قاب مهاربندی Λ واگرا بدون میانقاب و با میانقاب ۲۰ سانتی-متری ۱۰۵
شکل۷-۲: جذب انرژی در مرحله خطی قاب مهاربندی Λ واگرا بدون میانقاب و با میانقاب ۱۰۷
شکل۷-۳: جذب انرژی در قاب مهاربندی Λ واگرا بدون میانقاب و با میانقاب..... ۱۰۷
شکل۷-۴: بیشینه بار تحملی در قاب مهاربندی Λ واگرا بدون میانقاب و با میانقاب. ۱۰۸
شکل۷-۵: کمانش درون صفحه تیر پیوند در قاب مهاربندی Λ واگرا بدون میانقاب و با میانقاب ۱۰۹
شکل۷-۶: نمودار نیرو-جابجایی قاب‌مهاربندی قطری فشاری بدون‌میانقاب و بامیانقاب ۳۰ سانتی‌متری ۱۱۰
شکل۷-۷: جذب انرژی در مرحله خطی قاب مهاربندی فشاری بدون میانقاب و با میانقاب ۱۱۲
شکل۷-۸: جذب انرژی در قاب مهاربندی فشاری بدون میانقاب و با میانقاب ۱۱۲
شکل۷-۹: بیشینه بار تحملی در قاب مهاربندی قطری فشاری بدون میانقاب و با میانقاب ۱۱۳

شکل۷-۱۰: کمانش خارج از صفحه بادبند در قاب مهاربندی قطری فشاری بدون میانقاب و با میانقاب ۱۱۴
شکل۷-۱۱: نمودارنیرو–جابجایی قاب‌مهاربندی قطری‌کششی بدون‌میانقاب و بامیانقاب ۳۰-سانتی‌متری ۱۱۵
شکل۷-۱۲: جذب انرژی در قاب مهاربندی قطری کششی بدون میانقاب و با میانقاب ۱۱۶
شکل۷-۱۳: جذب انرژی در مرحله خطی قاب مهاربندی قطری کششی بدون میانقاب و با میانقاب ۱۱۷
شکل۷-۱۴: بیشینه بار تحملی در قاب مهاربندی قطری کششی بدون میانقاب و با میانقاب ۱۱۷
شکل۷-۱۵: قاب مهاربندی Λ همگرا بدون میانقاب و با میانقاب ۳۰ سانتی‌متری ۱۱۹
شکل۷-۱۶: جذب انرژی در مرحله خطی قاب مهاربندی Λ همگرا بدون میانقاب و با میانقاب ۱۲۰
شکل۷-۱۷: جذب انرژی در قاب مهاربندی Λ همگرا بدون میانقاب و با میانقاب ۱۲۱
شکل۷-۱۸: بیشینه بار تحملی در قاب مهاربندی Λ همگرا بدون میانقاب و با میانقاب..... ۱۲۱
شکل۷-۱۹: کمانش خارج از صفحه بادبند فشاری، قاب مهاربندی Λ همگرا بدون‌میانقاب و با میانقاب ۱۲۲
شکل۷-۲۰: نمودار نیرو - جابجایی قاب مهاربندی X بدون میانقاب و با میانقاب ۲۰ سانتی متری ۱۲۴
شکل۷-۲۱: جذب انرژی در مرحله خطی قاب مهاربندی X بدون میانقاب و با میانقاب ... ۱۲۵
شکل۷-۲۲: جذب انرژی در قاب مهاربندی X بدون میانقاب و با میانقاب ۱۲۶
شکل۷-۲۳: بیشینه بار تحملی در قاب مهاربندی X بدون میانقاب و با میانقاب ۱۲۶
شکل۷-۲۴: کمانش خارج از صفحه بادبند فشاری در قاب مهاربندی X بدون میانقاب و با میانقاب ۱۲۷
شکل۷-۲۵: توزیع تنش قاب ساده بدون میانقاب ۱۲۹
شکل۷-۲۶: توزیع تنش قاب ساده با میانقاب ۱۳۰
شکل۷-۲۷: توزیع تنش در میانقاب ۱۳۰
شکل۷-۲۸: توزیع تنش و کمانش قاب مهاربند قطری فشاری بدون میانقاب ۱۳۱
شکل۷-۲۹: توزیع تنش قاب مهاربند قطری فشاری بدون میانقاب ۱۳۱

شکل۷-۳۰: توزیع تنش قاب مهاربند قطری فشاری با میانقاب ۱۳۱
شکل۷-۳۱: توزیع تنش در میانقاب قطری فشاری ۱۳۲
شکل۷-۳۲: توزیع تنش قاب مهاربند قطری کششی بدون میانقاب ۱۳۲
شکل۷-۳۳: توزیع تنش قاب مهاربند قطری کششی با میانقاب ۱۳۳
شکل۷-۳۴: توزیع تنش در میانقاب قطری کششی ۱۳۳
شکل۷-۳۵: توزیع تنش قاب مهاربند Λ واگرا بدون میانقاب ۱۳۴
شکل۷-۳۶: توزیع تنش قاب مهاربند Λ واگرا با میانقاب ۱۳۴
شکل۷-۳۷: توزیع تنش در میانقاب Λ واگرا ۱۳۵
شکل۷-۳۸: توزیع تنش قاب مهاربند X بدون میانقاب ۱۳۶
شکل۷-۳۹: توزیع تنش قاب مهاربند X بدون میانقاب ۱۳۶
شکل۷-۴۰: توزیع تنش قاب مهاربند X با میانقاب ۱۳۶
شکل۷-۴۱: توزیع تنش در میانقاب X ۱۳۷
شکل۷-۴۲: توزیع تنش و کمانش قاب مهاربند Λ همگرا با میانقاب ۱۳۷
شکل۷-۴۳: توزیع تنش قاب مهاربند Λ همگرا بدون میانقاب ۱۳۸
شکل۷-۴۴: توزیع تنش قاب مهاربند Λ همگرا با میانقاب ۱۳۸
شکل۷-۴۵: توزیع تنش در میانقاب Λ همگرا ۱۳۸
شکل۷-۴۶: نمودار نیرو-جابجایی کارایی اقتصادی قاب مهاربند Λ واگرا با میانقاب ۱۴۱
شکل۷-۴۷: نمودار نیرو-جابجایی کارایی اقتصادی قاب مهاربند قطری کششی با میانقاب..... ۱۴۲
شکل۷-۴۸: نمودار نیرو-جابجایی کارایی اقتصادی قاب مهاربند قطری فشاری با میانقاب متفاوت ۱۴۳
شکل۷-۴۹: نمودار نیرو-جابجایی کارایی اقتصادی قاب مهاربند Λ همگرا با میانقاب..... ۱۴۴
شکل۷-۵۰: نمودار نیرو-جابجایی کارایی اقتصادی قاب مهاربند X با میانقاب..... ۱۴۵
شکل ۷-۵۱- قرار دادن آرماتورها به صورت افقی در طول مقطع میانقاب و به صورت دوبل در خط ملات و در ارتفاع با فاصله‌های مشخص..... ۱۴۷

شکل ۷-۵۲- قرار دادن آرماتورهای طولی به صورت افقی در خطوط ملات به صورت زیگزاگ و نردبانی و ادامه آن در کنج دیوارها.....۱۴۷
شکل ۷-۵۳- قرار دادن آرماتورهای طولی و عرضی به صورت شبکه در ملات بین دو ردیف آجر.....۱۴۸
شکل ۷-۵۴- قرار دادن آرماتورهای طولی و عرضی در ملات بین دو ردیف آجر.....۱۴۸
شکل ۷-۵۵- قرار دادن آرماتورهای طولی و عرضی در خطوط ملات و در ارتفاع.....۱۴۸