بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده مهندسی عمران

بررسی رفتار ساختمان‌های بلند لوله ای فولادی همراه با کلاهک خرپایی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران گرایش سازه

نام دانشجو:

زینب مداح

استاد راهنما:

دکتر علی خیرالدین

استاد، عضو هیئت علمی دانشگاه سمنان، دانشکده‌ی مهندسی عمران

اسفند ماه ۱۳۹۱

دانشکده مهندسی عمران

بررسی رفتار ساختمان‌های بلند لوله‌ای فولادی همراه با کلاهک خرپایی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران گرایش سازه

نام دانشجو:

زینب مداح

استاد راهنما:

دکتر علی خیرالدین

استاد، عضو هیئت علمی دانشگاه سمنان، دانشکده‌ی مهندسی عمران

استاد مشاور:

دکتر محمد سعید کریمی

استادیار، عضو هیئت علمی دانشگاه سمنان، دانشکده‌ی مهندسی عمران

اسفندماه ۱۳۹۱

دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی عمران

صورتجلسه دفاعیه پایان نامه کارشناسی ارشد

پایان نامه ی آقای/خانم ..... برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران – گرایش ..... تحت عنوان "....." در جلسه مورخ / / بررسی و با نمره

عدد	
حروف	

مورد تایید قرار گرفت.

اعضای هیئت داوران:

استاد راهنمای اول: امضاء:

استاد راهنمای دوم: امضاء:

استاد مشاور اول: امضاء:

استاد مشاور دوم: امضاء:

استاد داور: امضاء:

استاد داور: امضاء:

مدیر تحصیلات تکمیلی دانشکده: ..... امضاء .....

دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی عمران

اینجانب **زینب مداح** متعهد می‌شوم که محتوای علمی این نوشتار با عنوان **"بررسی رفتار ساختمان‌های بلند لوله‌ای همراه با کلاهک‌خرپایی"** که به عنوان پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش **سازه** به دانشگاه ارائه شده است، دارای اصالت پژوهشی بوده و حاصل فعالیت‌های علمی اینجانب می‌باشد.

در صورتی که خلاف ادعای فوق در هر زمانی محرز شود، کلیه حقوق معنوی متعلق به این پایان نامه از اینجانب سلب شده و موارد قانونی مترتب به آن نیز از طرف مراجع قابل پیگیری است.

نام و نام خانوادگی: زینب مداح

شماره دانشجویی: ۸۹۱۱۱۴۹۰۱۳

امضاء

پایان نامه های تحت حمایت پژوهشکده فناوری های نوین مهندسی عمران دانشگاه سمنان

این پاین نامه تحت حمایت پژوهشکده فناوری های نوین نوین مهندسی عمران و در قالب گروه پژوهشی:

☐ روش های اجرایی نوین مهندسی عمران

☐ مصالح نوین مهندسی عمران

☐ سیستم های نوین ساخت

☐ روشهای تحلیل نوین در مهندسی عمران

ارائه شده است.

امضای مدیر گروه پژوهشی　　امضای رئیس پژوهشکده

این صفحه در صورتی تکمیل می گردد که فعالیت پژوهشی مورد نظر در راستای اهداف پژوهشکده فناوری های نوین مهندسی عمران و با حمایت یکی از گروه های پژوهشی صورت پذیرد.

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

بهره‌برداری از این پایان‌نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می‌شود، بلامانع است:

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه برای همگان با ذکر مرجع بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه با اخذ مجوز از استاد راهنما با ذکر مرجع بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه تا تاریخ ..... ممنوع است.

نام استاد یا اساتید راهنما:

تاریخ:

امضاء:

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم،

بزرگوارترین انسانهای زندگی‌ام.

تشکر و قدردانی

معمار جهان هستی را شکرگزارم، که چنین بستری را فراهم آورد تا با مطالعه، تحقیق و تفکر در نظام هستی بیش از پیش به عظمت و بزرگی او و ضعف دانش خود پی ببرم. به انجام رساندن این کار را مدیون معلمان و اساتیدی می‌دانم که در تمام دوران تحصیل وجودم را از علم و دانش خویش بهره‌مند کرده‌اند.

در اینجا لازم بذکر است به منظور حق شناسی، از راهنمایی‌ها و همکاری‌های بی‌دریغ و صمیمانه‌ی استاد گرانقدر دکتر علی خیرالدین استاد دانشکده‌ی مهندسی عمران دانشگاه سمنان، که سخاوتمندانه رهنمودهای خود را در اختیار من قرار دادند و در تمامی مراحل تدوین این پایان‌نامه مرا یاری نموده‌اند، کمال تشکر و قدر دانی را بجاآورم.

در نهایت از خانواده‌ی خود که در تمامی دوران تحصیل، صمیمانه مرا یاری فرمودند، تشکر می‌نمایم به امید آنکه بتوانم روزی زحمات آنها را جبران نمایم.

چکیده

امروزه با گسترش روز افزون ساخت سازه های بلند به عنوان نمادی از پیشرفت و توسعه تکنولوژی و اقتصادی کشورها، ضرورت انتخاب سیستم‌هایی جهت تحمل بار جانبی ناشی از باد و زلزله بگونه‌ای که به شکل بهینه با کمترین مصالح بیشترین سختی و بهترین عملکرد را ایجاد کند، بیش از بیش مورد توجه قرارگرفته است. در این میان سیستم‌های لوله‌ای که اولین بار توسط فضلور خان ابداع شد، از پر بازده‌ترین سیستم‌ها در ساختمان‌های بلند محسوب می‌گردند، به نحوی که در اغلب سازه‌های بلند دنیا یکی از اشکال مختلف این سیستم مورد استفاده قرار گرفته است. سیستم لوله‌ای متشکل از ستون‌های نزدیک بهم و تیرهای عمیق پیرامونی می‌باشد. در این سیستم‌ها با افزایش تعداد طبقات، تغییر مکان نسبی جانبی افزایش می‌یابد، بنابراین سیستم لوله‌ای به تنهایی جوابگوی کنترل تغییرمکان جانبی نمی‌باشد. همچنین ضعف عمده این سیستم‌ها لنگی برش می‌باشد، بدین معنی که وقتی سازه تحت نیروی جانبی قرار می‌گیرد، ستونهای سازه تحت تنش یکنواختی قرار نمی‌گیرند، در نتیجه از ظرفیت ستون‌ها به اندازه کافی استفاده نمی‌شود. برای حل مشکل لنگی برش راه حل‌های مختلفی وجود دارد که یکی از آنها استفاده از سیستم لوله‌ی مهاربندی شده و سیستم لوله‌ی دسته بندی شده است. همچنین در این پایان نامه با توجه به اینکه در سازه‌های لوله‌ای بسیار بلند استفاده از بادبندی به تنهایی در کنترل تغییرمکان جانبی سازه موثر نمی‌باشد، از ترکیب سیستم لوله‌ای بادبندی شده و با لوله داخلی و یا سیستم کلاهک خرپایی استفاده شده است. در این راستا با در نظر گرفتن سیستم‌های لوله‌ای مهاربندی شده همراه با لوله داخلی و کمربندخرپایی به بررسی رفتار آنها تحت بار باد و زلزله پرداخته می‌شود. به منظور بررسی سیستم ترکیبی لوله‌ای همراه با مهاربند و کلاهک خرپایی هشت سیستم ترکیبی با ارتفاع ۲۴ و ۴۸ و ۷۲ طبقه در نظر گرفته شده‌اند و پس از تحلیل تحت اثر نیروی جانبی (زلزله و باد) ، با یکدیگر مقایسه گردیده‌اند.

این سیستم‌های ترکیبی عبارتند از: سیستم لوله‌ی خارجی همراه با لوله‌ی داخلی، سیستم لوله‌ی خارجی مهاربندی شده با سیستم لوله‌ی داخلی، سیستم لوله‌ی خارجی همراه با لوله‌ی داخلی و کلاهک خرپایی، سیستم لوله‌ی خارجی مهاربندی شده همراه با سیستم لوله‌ی داخلی و کلاهک خرپایی، سیستم لوله‌ی دسته بندی شده،، سیستم لوله‌ی دسته بندی شده همراه با لوله‌ی خارجی مهاربندی شده، سیستم لوله‌ی دسته بندی شده همراه با کلاهک‌خر پایی، سیستم لوله‌ی دسته بندی شده همراه با سیستم لوله‌ی خارجی مهاربندی و لوله‌ی داخلی و کلاهک خرپایی.

نتایج تحلیل کامپیوتری نشان می‌دهد که سیستم لوله‌ی دسته بندی شده همراه با تیرهای عمیق محیطی بیشترین تاثیر را در کاهش لنگی برش در بال و جان دارد. همچنین سیستم لوله‌ی دسته بندی شده‌ی مهاربندی شده همراه با کلاهک‌خرپایی مؤثرترین سیستم در کنترل تغییرمکان جانبی سازه‌های لوله‌ای می‌باشد.

واژه های کلیدی: سازه بلند فولادی، سیستم لوله در لوله، لوله‌ی دسته بندی شده، لنگی برش، کلاهک‌خرپایی.

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه ۱
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- معرفی سیستم های لوله ای و کلاهک خرپایی ۲
۱-۳- اهداف تحقیق ۵
۱-۴- روش تحقیق ۵
۱-۵- ساختار فصول پایان نامه ۶
۱-۶- فلوچارت تحقیق ۷

فصل ۲: معرفی سیستم‌های لوله‌ای و تاریخچه‌ی تحقیقات ۸
۲-۱- مقدمه ۹
۲-۲- تعریف ساختمان های بلند ۹
۲-۳- طبقه بندی سیستم‌های سازهای ساختمان بلند ۱۲
۲-۴- سیستم قاب لوله ای ۱۶
۲-۴-۱- قاب محیطی ۱۸
۲-۴-۲- قاب محیطی لوله در لوله یا هسته – پوسته ۲۱
۲-۴-۳- قاب‌های محیطی مهاربندی شده ۲۳
۲-۴-۴- قاب‌های محیطی دسته بندی شده ۲۶
۲-۴-۵- سیستم مرکب لوله ای ۲۸
۲-۴-۶- سیستم شبکه قطری ۲۸
۲-۵- لنگی برش ۲۹
۲-۶- رفتار سازه‌های لوله‌ای ۳۱
۲-۶-۱- رفتار سیستم لوله – قابی ۳۲
۲-۶-۲- رفتار لوله ی مهاربندی شده ۳۳
۲-۶-۳- رفتار لوله های دسته شده ۳۶
۲-۷- تئوری موجود در زمینه سیستم لوله ای ۳۷
۲-۷-۲- ساختمان Dewitt – Chestnut ۴۱
۲-۷-۳- ساختمان مرکز تجارت جهانی (World Trade Center) ۴۱
۲-۷-۴- ساختمان Amoco Building ۴۲
۲-۷-۵- ساختمان Sears Tower ۴۳
۲-۷-۶- ساختمان سپهر (بانک صادرات) ۴۳

۲-۸- سیستم کلاهک خرپائی ۴۴
۲-۹- رفتار سیستم کلاهک خرپایی ۴۷
۲-۹-۱- ساختمان‌های احداث شده با کلاهک خرپایی ۴۸
۲-۱۰- موقعیت بهینه کلاهک خرپایی صلب ۵۱
۲-۱۱- مکان بهینه کلاهک خرپایی انعطاف‌پذیر ۵۶
۲-۱۱-۱- موقعیت بهینه کلاهک خرپایی ۵۷
۲-۱۱-۲- محل بهینه کلاهک خرپایی با در نظر گرفتن تغییرشکل برشی- خمشی ۶۰
۲-۱۱-۳- مکان بهینه دومین کلاهک خرپایی با در نظر گرفتن تغییر شکل‌های برشی و خمشی ۶۲
۲-۱۲- مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه ساختمان‌های لوله ای ۶۴
۲-۱۳- مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه ساختمان‌های با کلاهک خرپایی و هسته مرکزی ۷۳
۲-۱۴- خلاصه و جمع بندی ۷۵

فصل ۳: مشخصات هندسی، تحلیلی و طراحی سازه های مورد مطالعه ۷۶

۳-۱- مقدمه ۷۷
۳-۲- معرفی مشخصات سازه های موردمطالعه ۷۷
۳-۳- مشخصات هندسی ۸۰
۳-۴- مشخصات مدل ها جهت تحلیل عددی ۸۲
۳-۵- بارگذاری ۸۵
۳-۵-۱- بارگذاری ثقلی ۸۵
۳-۵-۲- بارگذاری زلزله ۸۶
۳-۶- مشخصات مصالح ۹۰
۳-۷- مشخصات طراحی ۹۰

فصل ۴: بررسی رفتار سیستم‌های لوله ای ترکیبی تحت بارگذاری زلزله ۹۲

۴-۱- مقدمه ۹۳
۴-۲- بررسی لنگی برشی در بال در ستون‌های یک محور خاص در سازه های ترکیبی لوله ای ۹۳
۴-۳- بررسی لنگی برش در بال در سیستم‌های ترکیبی لوله ای ۹۴
۴-۴-بررسی اثر تیرهای عمیق محیطی بر روی لنگی برشی بال ۱۲۲
۴-۵- بررسی لنگی برشی در جان در سیستم‌های ترکیبی لوله ای ۱۲۹
۴-۶- بررسی تغییرمکان نسبی جانبی در سیستم های مختلف لوله ای ۱۴۳

۴-۷- بررسی درصد جذب برشی لوله‌ها در سازه های ترکیبی لوله ای..... ۱۵۲
۴-۸- خلاصه و جمع بندی..... ۱۶۵

فصل ۵: ۱۶۹

آنالیز تاریخچه زمانی سیستمهای ترکیبی لوله ای ۱۶۹
۵-۱- مقدمه..... ۱۷۰
۵-۲- آنالیز تاریخچه زمانی..... ۱۷۰
۵-۳- مقایسه برش طبقات در ساختمان‌های مورد مطالعه..... ۱۷۲
۵-۴- مقایسه زاویه ی تغییرمکان جانبی ساختمان‌های مورد مطالعه تحت زلزله های مختلف ۱۷۵
۵-۴-۱- زاویه ی تغییرمکان جانبی کل (اندیس زاویه رانش کلی)..... ۱۷۵
۵-۴-۲- زاویه ی تغییرمکان نسبی جانبی طبقه..... ۱۷۶
۵-۵- خلاصه و جمع بندی..... ۱۸۶

فصل ۶: بررسی رفتار سازه های ترکیبی لوله ای تحت بارگذاری باد ۱۸۸
۶-۱- مقدمه..... ۱۸۹
۶-۲- بارگذاری و تحلیل سازه های مورد مطالعه..... ۱۸۹
۶-۳- تغییرمکان نسبی تحت بار باد در سازه های مورد مطالعه..... ۱۹۰
۶-۴- مقایسه ی تغییرمکان سازه تحت بار باد و زلزله..... ۱۹۵
۶-۵- لنگی برش در بال تحت بار باد در سازه های مورد مطالعه..... ۱۹۶
۶-۶- لنگی برش در جان تحت بار باد در سازه های مورد مطالعه..... ۲۰۱
..... ۲۰۴
۶-۷- خلاصه و جمعبندی..... ۲۰۶

فصل ۷: جمع‌بندی و پیشنهادها ۲۰۷
۷-۱- مقدمه..... ۲۰۸
۷-۲- بررسی رفتار سازه های ترکیبی لوله ای تحت بار زلزله..... ۲۰۹
۷-۲-۱- نتایج بررسی لنگی برشی در بال تحت بار زلزله..... ۲۰۹
۷-۲-۲- نتایج بررسی لنگی برشی در جان تحت بار زلزله..... ۲۱۰
۷-۲-۳- نتایج بررسی تغییر مکان نسبی جانبی تحت بار زلزله..... ۲۱۰
۷-۲-۴- نتایج بررسی درصد جذب برش لوله‌ها تحت بار زلزله..... ۲۱۱
۷-۳- آنالیز تاریخچه زمانی سازه های ترکیبی لوله ای..... ۲۱۳
۷-۴- بررسی رفتار سازه های ترکیبی لوله ای تحت بار باد..... ۲۱۴

مراجع **۲۱۵**

پیوست **۲۱۹**

فهرست اشکال

شکل (۱-۱) فلوچارت تحقیق ۷
شکل (۲-۱) توزیع انواع ساختمان بر اساس تقاضای کاربری آنها ۱۰
شکل (۲-۲) برج‌های دوقلوی تجارت جهانی با سیستم سازهای لوله ای ۱۱
شکل (۲-۳) ساختمان John Honcock در شیکاگو با سیستم لوله ای مهاربندی شده ۱۱
شکل (۲-۴) برج ۱۱۰ طبقه سیرز با سیستم لوله ای دسته بندی شده ۱۲
شکل (۲-۵) طبقه بندی سیستم‌های ساختمان بلند توسط فضلور خان (الف) فولادی (ب) بتنی ۱۳
شکل (۲-۶) سیستم‌های سازه داخلی ۱۴
شکل (۲-۷) سیستم‌های سازه خارجی ۱۴
شکل (۲-۸) پلان یک ساختمان فولادی با استفاده از سیستم لوله ای ۱۷
شکل (۲-۹) ساختمان ۴۳ طبقه Dewitt – Chestnut در شیکاگو با سیستم قاب محیطی ۱۹
شکل (۲-۱۰) راه‌های کاهش تعداد ستون ها در طبقات پایین سازه‌ی لوله‌ای (الف) شاهتیر انتقالی (ب) ستونهای مورب ۲۰
شکل (۲-۱۱) اندرکنش قاب و دیوار برشی ۲۲
شکل (۲-۱۲) نمایی از سیستم لوله در لوله در ساختمان بلند ۲۲
شکل (۲-۱۳) سیستم سه لوله‌ای تودرتو در توکیو ۲۳
شکل (۲-۱۴) ساختمان ۱۰۰ طبقه فلزی John Hancock در شیکاگو دارای سیستم قاب محیطی مهاربندی شده ۲۳
شکل (۲-۱۵) ساختمان ۵۰ طبقه بتنی Third Avenue (۱۹۸۵) در نیویورک با سیستم قاب محیطی مهاربندی شده ۲۴
شکل (۲-۱۶) ساختمان Onterie Center با سیستم قاب محیطی مهاربندی شده بتنی ۲۴
شکل (۲-۱۷) منحنی توزیع تنش در سیستم لوله‌ی دسته بندی شده ۲۶
شکل (۲-۱۸) برج سیرز در شیکاگو دارای سیستم لوله‌ی دسته بندی شده ۲۷
شکل (۲-۱۹) پدیده لنگی برش در سیستم لوله ای ۳۰
شکل (۲-۲۰) پدیده لنگی برش منفی و مثبت ۳۱
شکل (۲-۲۱) الف – عملکرد سیستم سازهای لوله ای در مقابل بار جانبی، ب- توزیع تنش برشی، ج- اعوجاج بال به علت تنش برشی ۳۳

شکل (۲-۲۲) نیروهای قاب محیطی مهاربندی شده تحت بار ثقلی : (الف) قطرها از ستون های میانی جدا هستند (ب) نیروهای لازم برای سازگاری..... ۳۴
شکل (۲-۲۳) نیروهای قاب محیطی مهاربندی شده تحت اثر بار جانبی : (الف) قطرها از ستون های میانی جدا هستند (ب) نیروهای لازم برای سازگاری ۳۵
شکل (۲-۲۴) اثر لولههای دسته شده بر تاخیر برش ۳۶
شکل (۲-۲۵) ساختمان ۱۰ طبقه مورد مطالعه ۳۸
شکل (۲-۲۶) ضریب نیروی محوری ستون در طبقه اول با ضریب ظاهری ۲ ..... ۴۰
شکل (۲-۲۷) ضریب نیروی برشی در تیرهای قاب جان با ضریب ظاهری ۰/۵ ..... ۴۰
شکل (۲-۲۸) ساختمان‌های دوقلوی مرکز تجارت جهانی در نیویورک (منهدم شده) ۴۲
شکل (۲-۲۹) ساختمان Amoco Building در شیکاگو ۴۳
شکل (۲-۳۰) ساختمان سپهر در ایران - تهران ۴۴
شکل (۲-۳۱) توزیع تنش در اعضای کناری و هسته مقاوم: الف) اتصال گیردار بازو به ستون های پیرامونی ب) اتصال مفصلی بازو به ستون های پیرامونی ۴۵
شکل (۲-۳۲) عملکرد هسته مرکزی و کلاهک خرپایی الف)- بدون کلاهک خرپایی، ب)با یک کلاهک خرپایی، ج) با دو کلاهک خرپایی ۴۶
شکل (۲-۳۳) کاهش حرکت تفاضلی بین ستون‌ها توسط کلاهک خرپایی..... ۴۷
شکل (۲-۳۴) ساختمان The First Wisconsin Center..... ۴۹
شکل (۲-۳۵) ساختمان One Houston Center..... ۵۰
شکل (۲-۳۶) نمائی از کمربندهای خرپایی One Houston Center ۵۰
شکل (۲-۳۷) ساختمان Place Victoria..... ۵۱
شکل (۲-۳۸) ممان هسته شامل کلاهک خرپایی- بار یکنواخت ۵۲
شکل (۲-۳۹) ممان هسته دارای چند کلاهک خرپایی – بار مثلثی ۵۳
شکل (۲-۴۰) ممان هسته دارای چند کلاهک خرپایی- بار متمرکز ۵۴
شکل (۲-۴۱) (الف) - سازه با دو کلاهک خرپایی تحت بار گسترده‌ی یکنواخت (ب) - نمودار لنگر خارجی (پ) - نمودار M_1 (ت)- نمودار M_2 (ث)- نمودار برآیند لنگر هسته ۵۸
شکل (۲-۴۲) مکان بهینه کلاهک خرپایی در سازه با یک کلاهک خرپایی تحت بار گسترده‌ی یکنواخت در ارتفاع ۵۸

شکل (۲-۴۳) مکان بهینه کلاهک خرپایی در سازه با دو کلاهک خرپایی تحت بار گسترده‌ی یکنواخت در ارتفاع ۵۹
شکل (۲-۴۴) مکان بهینه کلاهک خرپایی در سازه با سه کلاهک خرپایی تحت بار گسترده‌ی یکنواخت در ارتفاع ۵۹
شکل (۲-۴۵) مکان بهینه کلاهک خرپایی در سازه با چهار کلاهک خرپایی تحت بار گسترده‌ی یکنواخت در ارتفاع ۵۹
شکل (۲-۴۶) مدل تحلیلی برای محل بهینه کلاهک خرپایی با در نظر گرفتن تغییرشکل برشی و خمشی . ۶۱
شکل (۲-۴۷) مدل سازه با یک کلاهک خرپایی به همراه تغییرشکل آن ۶۱
شکل (۲-۴۸) نمودار مکان بهینه برای سازه با یک کلاهک خرپایی..... ۶۲
شکل (۲-۴۹) مدل سازه با دو کلاهک خرپایی ۶۳
شکل (۲-۵۰) مکان بهینه دومین کلاهک خرپایی در پایین یک کلاهک ثابت..... ۶۳
شکل (۲-۵۱) مکان بهینه دومین کلاهک خرپایی در بالای کلاهک ثابت ۶۴
شکل (۲-۵۲) معرفی پارامترهای ساختمان با سیستم قاب محیطی سه سلولی ۶۹
شکل (۳-۱) پلان سیستم لوله‌ی دسته بندی شده (انتخاب شده جهت تحلیل عددی)..... ۸۱
شکل (۳-۲) پلان سیستم لوله در لوله (انتخاب شده جهت تحلیل عددی)..... ۸۱
شکل (۳-۳) نمونهای از مهاربند ضربدری در ساختمان لولهای مهاربندی شده‌ی ۲۴ طبقه..... ۸۳
شکل (۳-۴) نمونهای از مهاربند شورن در ساختمان لولهای مهاربندی شده‌ی ۲۴ طبقه..... ۸۳
شکل (۳-۵) نمونهای از قرارگیری کلاهک خرپایی ضربدری در ۴۸ طبقه..... ۸۴
شکل (۳-۶) نمودار طیف بازتاب استاندارد ۲۸۰۰ برای خاک نوع II ۸۸
شکل (۴-۱) شماره گذاری ستونهای محور M برای بررسی لنگی برشی در بال در پلان مربعی ساختمان‌های مورد مطالعه..... ۹۴
شکل (۴-۲) نمودار اندیس لنگی برشی بال ساختمان ۲۴ طبقه‌ی لوله در لوله در طبقات مختلف ۹۵
شکل (۴-۳) نمودار اندیس لنگی برشی بال ساختمان ۴۸ طبقه‌ی لوله در لوله در طبقات مختلف ۹۵
شکل (۴-۴) نمودار اندیس لنگی برشی در بال (ستونهای در امتداد y) ساختمان ۲۴ طبقه‌ی لوله در لوله در ارتفاع سازه ۹۶
شکل (۴-۵) نمودار اندیس لنگی برشی ساختمان۲۴ طبقه‌ی لوله در لوله همراه با کلاهک خرپایی (نوع ضربدری) در طبقات مختلف سازه ۹۷

شکل (۴-۶) نمودار اندیس لنگی برشی ساختمان ۴۸ طبقه‌ی لوله در لوله همراه با کلاهک خرپایی (نوع ضربدری) در طبقات مختلف سازه ۹۷
شکل (۴-۷) نمودار اندیس لنگی برشی در بال ساختمان۲۴ طبقه‌ی لوله در لوله همراه با کلاهک خرپایی با مهاربند ضربدری در ارتفاع سازه..... ۹۸
شکل (۴-۸) نمودار لنگی برش در بال ساختمان۲۴طبقه‌ی لوله در لوله همراه با کلاهک خرپایی از نوع شورن در طبقات مختلف ۹۹
شکل (۴-۹) نمودار اندیس لنگی برشی در بال ساختمان۲۴ طبقه‌ی لوله در لوله همراه با کلاهک خرپایی با مهاربند شورن در ارتفاع سازه..... ۹۹
شکل (۴-۱۰) نمودار اندیس لنگی برشی در بال ساختمان۲۴ طبقه‌ی لوله در لوله‌ی مهاربندی شده از نوع ضربدری در طبقات مختلف سازه ۱۰۰
شکل (۴-۱۱) نمودار اندیس لنگی برشی در بال ساختمان ۴۸ طبقه‌ی لوله در لوله‌ی مهاربندی شده از نوع ضربدری در طبقات مختلف سازه ۱۰۱
شکل (۴-۱۲) نمودار اندیس لنگی برشی در بال ساختمان ۲۴ طبقه‌ی لوله در لوله‌ی مهاربندی شده از نوع شورن در طبقات مختلف سازه ۱۰۲
شکل (۴-۱۳) نمودار اندیس لنگی برشی در بال ساختمان ۴۸ طبقه‌ی لوله در لوله‌ی مهاربندی شده از نوع شورن در طبقات مختلف ۱۰۲
شکل (۴-۱۴) بررسی اندیس لنگی برشی در بال ساختمان ۴۸ طبقه‌ی لوله در لوله‌ی مهاربندی شده از نوع ضربدری در ارتفاع سازه ۱۰۳
شکل (۴-۱۵) بررسی اندیس لنگی برشی در بال ساختمان ۴۸ طبقه‌ی لوله در لوله‌ی مهاربندی شده از نوع شورن در ارتفاع سازه ۱۰۴
شکل (۴-۱۶) نمودار اندیس لنگی برشی در بال ساختمان۲۴ طبقه‌ی لوله در لوله‌ی مهاربندی شده همراه با کلاهک خرپایی از نوع ضربدری در طبقات مختلف سازه ۱۰۵
شکل (۴-۱۷) نمودار اندیس لنگی برشی در بال ساختمان ۴۸ طبقه‌ی لوله در لوله‌ی مهاربندی شده همراه با کلاهک خرپایی از نوع ضربدری در طبقات مختلف سازه ۱۰۵
شکل (۴-۱۸) نمودار اندیس لنگی برشی در بال ساختمان ۴۸ طبقه‌ی لوله در لوله‌ی مهاربندی شده همراه با کلاهک خرپایی از نوع شورن در طبقات مختلف سازه..... ۱۰۶
شکل (۴-۱۹) نمودار اندیس لنگی برشی در بال ساختمان لولهی دسته بندی شده ۲۴ طبقه در طبقات مختلف ۱۰۷

شکل (۴-۲۰) نمودار اندیس لنگی برشی در بال ساختمان ۴۸ طبقه‌ی لوله ی دسته بندی شده در طبقات مختلف سازه ۱۰۸
شکل (۴-۲۱) بررسی اندیس لنگی برشی در بال ساختمان ۲۴ طبقه‌ی لوله ی دسته بندی شده در ارتفاع سازه ۱۰۹
شکل (۴-۲۲) بررسی اندیس لنگی برشی در بال ساختمان ۴۸ طبقه‌ی لوله ی دسته بندی شده در ارتفاع سازه ۱۰۹
شکل (۴-۲۳) نمودار اندیس لنگی برشی در بال ساختمان۲۴ طبقه‌ی لوله‌ی دسته بندی شده همراه با کلاهک خرپایی از نوع ضربدری در طبقات مختلف سازه ۱۱۰
شکل (۴-۲۴) نمودار اندیس لنگی برشی در بال ساختمان ۴۸ طبقه‌ی لوله‌ی دسته بندی شده همراه با کلاهک خرپایی از نوع ضربدری در طبقات مختلف سازه ۱۱۱
شکل (۴-۲۵) اثر اندیس لنگی برشی در بال در ساختمان۲۴ طبقه‌ی لوله‌ی دسته بندی شده همراه با کلاهک خرپایی از نوع شورن سازه ۱۱۲
شکل (۴-۲۶) اثر اندیس لنگی برشی در بال در ساختمان ۴۸ طبقه‌ی لوله‌ی دسته بندی شده همراه با کلاهک خرپایی از نوع شورن سازه ۱۱۲
شکل (۴-۲۷) بررسی اندیس لنگی برشی در بال در ساختمان ۴۸ طبقه‌ی لوله‌ی دسته بندی شده همراه با کلاهک خرپایی از نوع ضربدری در ارتفاع سازه..... ۱۱۳
شکل (۴-۲۸) بررسی اندیس لنگی برشی در بال در ساختمان ۴۸ طبقه‌ی لوله‌ی دسته بندی شده با کلاهک خرپایی از نوع شورن در ارتفاع سازه..... ۱۱۴
شکل (۴-۲۹) نمودار اندیس تأخیر برشی در ساختمان۲۴ طبقه‌ی لوله‌ی دسته بندی شده مهاربندی شده از نوع ضربدری در طبقات مختلف سازه..... ۱۱۵
شکل (۴-۳۰) نمودار اندیس تأخیر برشی در ساختمان ۴۸ طبقه لوله‌ی دسته بندی شده مهاربندی شده از نوع ضربدری در طبقات مختلف سازه ۱۱۵
شکل (۴-۳۱) نمودار اندیس لنگی برش بال در ساختمان ۲۴ طبقه لوله‌ی دسته بندی شده‌ی مهاربندی شده از نوع شورن سازه..... ۱۱۶
شکل (۴-۳۲) نمودار اندیس تأخیر برشی در ساختمان ۴۸ طبقه‌ی لوله‌ی دسته بندیشده‌ی مهاربندی شده از نوع شورن سازه..... ۱۱۷
شکل (۴-۳۳) بررسی اندیس لنگی برشی در بال در ساختمان ۴۸ طبقه‌ی لوله‌ی دسته بندی شده مهاربندی شده از نوع ضربدری در ارتفاع سازه..... ۱۱۸