باسمه تعالی

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
مدیریت تحصیلات تکمیلی

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب محسن نثار فردوسی متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن‌ها استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مأخذ ذکر گردیده است. این پایان‌نامه/رساله قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارایه نشده است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی می‌باشد.

نام ونام‌خانوادگی دانشجو

محسن نثار فردوسی

امضاء

تهران- لویزان- کدپستی ۱۶۷۸۸- صندوق پستی ۱۶۳- ۱۶۷۸۵ تلفن ۹-۲۲۹۷۰۰۶۰ (داخلی ۲۳۴۷) نمابر ۲۲۹۷۰۰۱۱ پست الکترونیکی
sru@sru.ac.ir

دانشکده مهندسی عمران

بررسی عملکرد سازه های بلند فولادی بهسازی شده با مهار بازویی و خرپای کمربندی

نگارش

محسن بشارت فردوسی

استاد راهنما : دکتر عباس حق اللهی

استاد مشاور : دکتر اصغر وطنی اسکویی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته سازه

شهریور ماه ۱۳۹۰

شماره : ۱۴۰۰۴۸۲
تاریخ : ۹۰/۷/۲۰
پیوست :

بسمه تعالی

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

صورتجلسهٔ دفاع پایان‌نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آقای **محسن بشارت‌فردوسی** رشتهٔ **عمران–سازه** تحت عنوان: **بررسی عملکرد سازه‌های بلند فولادی بهسازی شده با مهار بازویی و خرپای کمربندی**، که در تاریخ **۹۰/۷/۱۱** با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی برگزار گردید و نتیجه به شرح زیر اعلام گردید.

☑ قبول (بادرجه عالی ..... امتیاز ۱۹/۸۷) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود.

۱ ـ عالی (۲۰ – ۱۹) نوزده و هشتاد و هفت صدم

۲ ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ – ۱۸)

۳ ـ خوب (۱۷/۹۹ – ۱۶)

۴ ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ – ۱۴)

۵- غیرقابل قبول (کمتر از ۱۴)

اعضاء	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
استاد راهنما	دکتر عباس حق اللهی	استادیار	
استاد مشاور	دکتراصغر اسکویی	استادیار	
استاد داور داخلی	دکتر امیر طریقت	استادیار	
استاد داور خارجی	دکتر عبدالرضا سروقدمقدم	استادیار	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکترسعید غفارپورجهرمی	استادیار	

دکترابوالفضل سلطانی

رئیس دانشکده مهندسی عمران

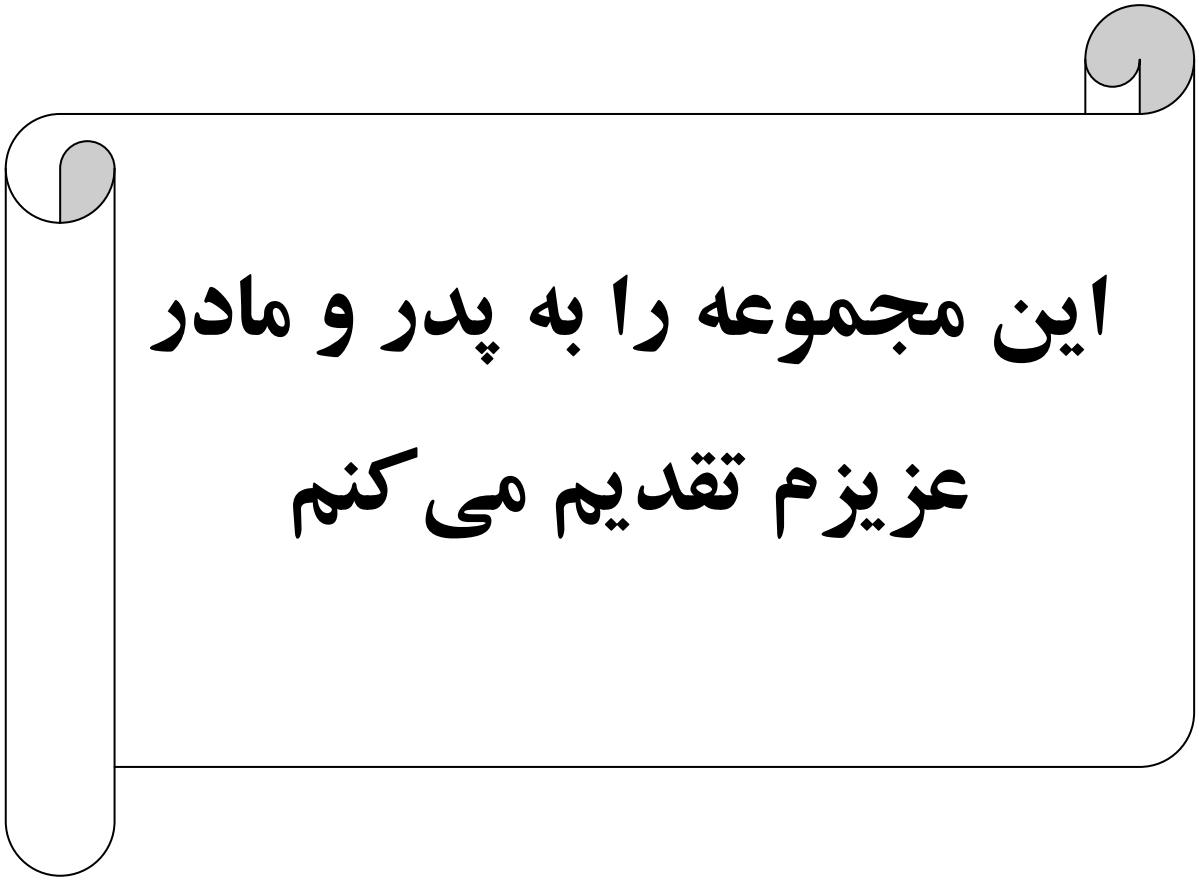
تهران ،لویزان ،کدپستی :۱۵۸۱۱ – ۱۶۷۸۸
صندوق پستی :۱۶۳ – ۱۶۷۸۵
تلفن :۹– ۲۲۹۷۰۰۶۰ فکس :۲۲۹۷۰۰۳۳
Email:sru@sru.ac.ir
www.srttu.edu

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی

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

به پاس قلب های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند



این مجموعه را به پدر و مادر

عزیزم تقدیم می کنم

تشکر و قدردانی

« هرکس به من ذره ای بیاموزد مرا بنده خود کرده است »

به پیروی از مولای متقیان، بر خود لازم می‌دانم که از زحمات بی دریغ و راهنمایی‌های ارزشمند و دلسوزانه استاد راهنمایم، جناب آقای **دکتر عباس حق اللهی** که در راستای انجام این پروژه موهبتشان را از بنده دریغ نکردند و در تمام مراحل انجام آن یاری رسان بنده بودند، تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین از نظرات و پیشنهادهای تاثیرگذار جناب آقای **دکتر اصغر وطنی اسکویی** که به عنوان استاد مشاور بنده، نقش بسزایی در به انجام رسیدن این مجموعه ایفا کردند کمال تشکر را دارم.

از اساتید گرانقدر **دکتر امیر طریقت** و **دکتر عبدالرضا سروقد مقدم** جهت قبول زحمت وتشریف فرمایی در جلسه دفاع و پذیرفتن داوری پایان نامه اینجانب کمال تشکر را دارا می‌باشم.

از سایر اساتید محترم دانشگاه شهید رجایی، آقایان **دکتر موسی محمودی صاحبی** و **دکتر ابولفضل سلطانی** که با گشاده رویی بنده را در روند انجام پروژه یاری رساندند قدردانی می نمایم.

همچنین از اساتید محترم، **پروفسور یوسف بزرگنیا** که بنده را با مسائل روز سازه های بلند آشنا نموده و از موضوع مورد تحقیق در این پایان نامه استقبال نمودند و **دکتر فرامرز خوشنودیان** که نظراتشان باعث طی مسیر صحیح در روند انجام این پایان نامه گردید، تشکر و سپاس‌گذاری می‌نمایم.

در انتها لازم می‌دانم که از زحمات دوستان خوبم، **مهندس یوسف مددی، علیرضا مرادی، فرزان خالدی** و **علیرضا لاسمی** تشکر نمایم. محبت و راهنمایی های ارزشمندشان در مراحل انجام این پایان نامه در خاطره من باقی خواهد ماند.

عنوان :

بررسی عملکرد سازه های بلند فولادی بهسازی شده با مهار بازویی و خرپای کمربندی

چکیده

موج احداث ساختمان‌های بلند مرتبه در دنیا، در ابتدای قرن نوزدهم میلادی آغاز گردید و این روند امروزه با شتاب بیشتری ادامه دارد. با توجه به آخرین پیشرفت‌های حاصل شده درتحلیل، طراحی و ساخت این سازه‌ها، بسیاری از ساختمان‌های بلند احداث شده در دهه‌های گذشته نیازمند بازنگری مجدد در سیستم لرزه‌ای خود می‌باشند. کیفیت پایین مصالح، ضعف روش های اجرا، خلاء وجود آیین نامه‌های طراحی برای سازه‌های بلند و ضعف در طراحی اولیه آن‌ها از جمله عوامل تشدید رویکرد مقاومسازی ساختمان‌های بلند می‌باشد. از سیستم مهار بازویی و خرپای کمربندی معمولا به عنوان روشی موثر برای کنترل تغییر مکان‌های جانبی زیاد سازه‌های بلند در طرح اولیه آن‌ها استفاده می‌گردد. در این تحقیق با ارائه روش پیشنهادی الحاق سیستم مهار بازویی و خرپای کمربندی به سازه اولیه بعنوان عامل افزایش دهنده سختی سازه، به بررسی عملکرد سازه بهسازی شده می‌پردازیم. با انتخاب ۳ مدل ۱۵، ۲۰ و ۲۵ طبقه باسیستم قاب دوگانه، ابتدا طبقه بهینه جهت الحاق این سیستم به مدل اولیه تعیین می‌گردد و سپس با انجام تحلیل‌های دینامیکی خطی، استاتیکی غیرخطی و تاریخچه زمانی غیر خطی به بررسی بهبود عملکرد لرزه ای مدل‌ها در اثر این روش بهسازی پرداخته می‌گردد.

نتایج حاصل از تحلیل‌های انجام شده بر روی مدل های قبل و بعد از بهسازی نشان‌دهنده این مسئله می-باشد که در اثر الحاق سیستم مهار بازویی و خرپای کمربندی، مقادیر تغییر مکان جانبی و نسبی طبقات در تمامی مدل‌ها کاهش می‌یابد، وضعیت مفاصل غیر خطی سازه بهبود یافته و باعث افزایش سطح عملکرد سازه و کاهش تغییر مکان هدف مدل‌های بهسازی شده می‌گردد. همچنین مدل‌های اولیه ای که در برابر برخی زلزله های تحلیل شده به مرحله تخریب رسیدند، با الحاق مهاربازویی و خرپای کمربندی در برابر همان زلزله پایدار ماندند و تخریب نشدند.

کلمات کلیدی : ساختمان بلند فلزی-مهار بازویی و خرپای کمربندی-بهسازی-عملکرد لرزه‌ای

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ..... د

فهرست مطالب ..... ه

فهرست شکل ها ..... ل

فهرست نمودار ها ..... ع

فهرست جداول ..... ق

فصل اول- مقدمه

۱-۱تعریف ساختمان بلند ۱

۱-۲ اهداف ساخت سازه های بلند ۱

۱-۳ تاریخچه ای از پیدایش ساختمان های بلند در دنیا ۲

۱-۴ تاریخچه احداث ساختمان های بلند در ایران ۳

۱-۵ بررسی نیاز به مقاومسازی ساختمانهای بلند ۵

فصل دوم- سیستم های سازه‌های بلند و روش‌های مقاوم‌سازی آنها

۲-۱فرم های سازه ای ۷

۲-۱-۱ساختمان های فولادی ۷

۲-۱-۱-۱ قاب صلب ۷

۲-۱-۱-۲ قاب مهار بندی شده ۷

۲-۱-۱-۳سیستم خرپای شطرنجی ۸

۲-۱-۱-۴ سیستم مهار بند های برون محور ۹

۲-۱-۱-۵ اندرکنش سیستم مهاربندی و قاب صلب ۹

۲-۱-۱-۶ سیستم مهار بازویی و خرپای کمربندی ۱۰

عملکرد سیستم ها با مهار بازویی و کمربند خرپایی ۱۱
۲-۱-۱-۷ سیستم قاب لوله ای ۱۳
۲-۱-۱-۸ سیستم لوله خرپایی ۱۴
۲-۱-۱-۹ سیستم قاب های لوله ای دسته بندی شده ۱۵
۲-۱-۲ ساختمان های بتنی ۱۷
۲-۱-۲-۱ دال تخت و ستون ۱۷
۲-۱-۲-۲ دال تخت و دیوار برشی ۱۷
۲-۱-۲-۳ قاب همراه دیوار برشی همبند ۱۷
۲-۱-۲-۴ قاب خمشی ۱۸
۲-۱-۲-۵ سیستم لوله محیطی با ستون های پهن بیرونی ۱۸
۲-۱-۲-۶ قاب صلب با تیر های ما هیچه ای ۱۹
۲-۱-۲-۷ سازه های هسته ای ۱۹
۲-۱-۲-۸ سیستم قاب و دیوار برشی ۱۹
۲-۱-۲-۹ سیستم قاب ماهیچه ای و دیوار برشی ۲۰
۲-۱-۲-۱۰ سیستم مهار بازویی ۲۰
۲-۱-۲-۱۱ سیستم لوله محیطی ۲۰
۲-۱-۲-۱۲ سیستم لوله با مهار بند قطری ۲۱
۲-۱-۲-۱۳ سیستم قاب های لوله ای دسته بندی شده ۲۱
۲-۱-۲-۱۴ سیستم هسته پشت بند دار ۲۱
۲-۱-۳ ساختمان های مرکب ۲۲
۲-۱-۳-۱ ساختمان های مرکب لوله ای ۲۲
۲-۱-۳-۲سیستم هسته بتنی ۲۳
۲-۱-۳-۳ سیستم ترکیب قاب و دیوار برشی ۲۳
۲-۱-۳-۴ سیستم سازه های ترکیبی ۲۴

۲-۲ مقایسه اجمالی سیستم های سازه ای ۲۵
۲-۲-۱ مقایسه سازه داخلی ۲۵
۲-۲-۲ مقایسه سازه خارجی ۲۶
۲-۳ سیستم های نوین کنترل ارتعاشات در ساختمان های بلند ۲۶
۲-۳-۱میراگر ویسکو الاستیک غیر فعال ۲۷
۲-۳-۲ سیستم جرم میراگر متوازن ۲۸
۲-۳-۳ میراگرمتوازن تانک آب ۳۰
۲-۳-۴ سیستم جرم میراگر متوازن پاندولی ۳۰
۲-۳-۵ سیستم مهار بازویی همراه با میراگر ۳۲
۲-۴ پاسخ سازه بلند در هنگام وقوع زلزله و مقایسه با ساختمان کوتاه ۳۳
۲-۵ طراحی ساختمانهای بلند ۳۴
۲-۶ کلیاتی در باره بهسازی و بهبود عملکرد سازه ها ۳۴
۲-۶-۱ نقطه عملکردی و جابجایی هدف سازه ۳۵
۲-۶-۲ سطح عملکرد ۳۶
۲-۶-۳ بهسازی و مقاوم سازی سازه ها ۳۶
۲-۶-۴ راهبرد های مقاوم سازی ۳۷
۲-۶-۴-۱ راهبرد های فنی افزایش ظرفیت ۳۸
۲-۶-۴-۲ راهبرد فنی کاهش نیاز ۴۰
۲-۷ بهسازی و مقاوم سازی ساختمان های بلند ۴۲
۲-۷-۱ بررسی نیاز به مقاومسازی ساختمان های بلند ۴۲
۲-۷-۲ چه ساختمان هایی نیاز به مقاوم سازی دارند؟ ۴۳
۲-۷-۳ نمونه هایی از ساختمان های بلند مقاومسازی شده در دنیا ۴۴
۲-۷-۳-۱مقاوم سازی ساختمان ایتون در مونترال کانادا ۴۴
۲-۷-۳-۲ مقاومسازی ساختمان مرکزی پلیس ایالتی کبک ۴۵

۲-۷-۳-۳ مقاوم سازی برج مک کینلی ۴۶
۲-۷-۳-۴ بهسازی لرزه ای ساختمان مرکزی دادگستری کانادا ۴۷
۲-۷-۳-۵ مقاومسازی هتلی در ارمنستان با تکنیک جداساز لرزه ای ۴۷
۲-۷-۳-۶ مقاومسازی ساختمان ۳۴ طبقه در تایوان ۴۸
۲-۷-۳-۷ استفاده از بادبند های کمانش ناپذیر در مقاومسازی هتل مرتفع ۴۹
۲-۷-۳-۸ مقاومسازی هتل بلند مرتبه با میراگر های ویسکو الاستیک ۵۰
۲-۷-۳-۹ مقاومسازی ساختمان های بلند در ایران ۵۲

فصل سوم- مدلسازی و تعیین طبقه بهینه

۳-۱سیستم مهار بازویی و خرپای مهار بندی ۵۶
عملکرد سیستم ها با مهار بازویی و کمربند خرپایی ۵۷
۳-۲ تاریخچه مطالعات انجام شده روی مهار بازویی و خرپای کمربندی و تعیین محل بهینه آنها ۵۷
۳-۳ تحلیل سازه های با مهار بازویی ۶۰
۳-۵ مدلسازی ۶۸
۳-۵-۱ روش و طرح تحقیق ۶۸
۳-۵-۲ معرفی نرم افزار های تحلیل غیر خطی ۶۸
۳-۵-۳ نرم افزار های مورد استفاده ۶۹
۳-۵-۴ معرفی مدلهای مورد مطالعه و فرضیات مدلسازی ۶۹
۳-۵-۵ فرضیات مدلسازی ۷۰
۳-۵-۶ پلان مدل ساختمان ۱۵ طبقه ۷۰
۳-۵-۷ پلان مدل ساختمان ۲۰ طبقه ۷۲
۳-۵-۸ پلان مدل ساختمان ۲۵ طبقه ۷۴
۳-۶ انتخاب محل بهینه برای مهار بازویی و خرپای کمربندی ۷۵
۳-۶-۱تعیین طبقه بهینه برای مدل ۱۵ طبقه ۷۸
۲-۶-۳ تعیین طبقه بهینه برای مدل ۲۰ طبقه ۸۰

فصل چهارم- تجزیه و تحلیل بر روی مدل‌ها

۴-۱مقدمه ۸۴

۴-۲ مدل ۱۵ طبقه ۸۴

۴-۲-۱ تحلیل مودال ۸۵

۴-۲-۱-۱بررسی دوره تناوب مدهای سازه ۸۵

۴-۲-۱-۲ بررسی شکل مودهای سازه در آنالیز مودال ۸۶

۴-۲-۲ تحلیل استاتیکی خطی ۸۸

۴-۲-۳ تحلیل دینامیکی طیفی ۸۹

۴-۲-۳-۱ نتایج تحلیل دینامیکی طیفی ۸۹

۴-۲-۳-۱-۳ نحوه پخش نیروی محوری در ستون های مدل 1-N و مدل 1-R ۹۳

۴-۲-۳-۲ معایب روشهای دینامیکی طیفی ۹۶

۴-۲-۴ تحلیل استاتیکی غیر خطی ۹۶

۴-۲-۴-۱ فرضیات بهسازی لرزه ای ۹۷

۴-۲-۴-۲ توزیع بار جانبی ۹۸

۴-۲-۴-۳ تعریف مفاصل خمیری ۱۰۰

۴-۲-۴-۴ نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش آور) ۱۰۱

۴-۲-۴-۵ محدودیت های کاربرد تحلیل بار افزون ۱۰۹

۴-۲-۵ تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی ۱۱۰

۴-۲-۵-۱ انتخاب شتاب نگاشت ها ۱۱۱

۴-۲-۵-۲ مقیاس کردن شتاب نگاشت ها ۱۱۳

۴-۲-۵-۳ نتایج تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی ۱۱۴

۴-۳ مدل ۲۰ طبقه ۱۲۴

۴-۳-۱ تحلیل مودال ۱۲۴

۴-۳-۱-۱ بررسی دوره تناوب مدهای سازه ۱۲۴

۴-۳-۱-۲ بررسی شکل مودهای سازه در آنالیز مودال ۱۲۵
۴-۳-۲ تحلیل استاتیکی خطی ۱۲۶
۴-۳-۳ تحلیل دینامیکی طیفی ۱۲۶
نتایج تحلیل دینامیکی طیفی ۱۲۶
۴-۳-۳-۱ مقایسه تغییر مکان جانبی و نسبی طبقات ۱۲۶
۴-۳-۳-۲ نحوه پخش نیروی محوری در ستون های مدل 2-N و مدل 2-R ۱۲۸
۴-۳-۴ تحلیل استاتیکی غیر خطی ۱۳۰
نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش آور) ۱۳۰
۴-۳-۴-۱ منحنی ظرفیت ۱۳۰
۴-۳-۴-۲ بررسی وضعیت مفاصل غیرخطی ۱۳۲
۴-۳-۴-۳ نقطه عملکرد ۱۳۵
۴-۳-۵ تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی ۱۳۷
۴-۳-۵-۱ بررسی معیار تغییر مکان جانبی بام نسبت به زمان ۱۳۸
۴-۳-۵-۲ بررسی معیار برشپایه-تغییر مکان بام ۱۴۲
۴-۳-۵-۳ بررسی تغییر مکان جانبی و نسبی طبقات ۱۴۵
۴-۴ مدل ۲۵ طبقه ۱۴۸
۴-۴-۱ تحلیل مودال ۱۴۸
۴-۴-۱-۱ بررسی دوره تناوب مدهای سازه ۱۴۸
۴-۴-۲ تحلیل استاتیکی خطی ۱۴۹
۴-۴-۳ تحلیل دینامیکی طیفی ۱۴۹
۴-۴-۳-۱ مقایسه تغییر مکان جانبی و نسبی طبقات ۱۴۹
۴-۴-۳-۲ نحوه پخش نیروی محوری در ستون های مدل 3-N و مدل 3-R ۱۵۱
۴-۴-۴ تحلیل استاتیکی غیر خطی ۱۵۳
نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش آور) ۱۵۳

۴-۴-۴-۱ منحنی ظرفیت ۱۵۳
۴-۴-۴-۲ بررسی وضعیت مفاصل پلاستیک ۱۵۵
۴-۴-۴-۳ نقطه عملکرد ۱۵۷
۴-۴-۵ تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی ۱۵۸
۴-۴-۵-۱ نتایج تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی ۱۵۹
۴-۴-۵-۲ بررسی معیار تغییر مکان جانبی بام نسبت به زمان ۱۵۹
۴-۴-۵-۳ بررسی معیار برش پایه-تغییر مکان بام ۱۶۲
۴-۴-۵-۴ بررسی تغییر مکان جانبی و نسبی طبقات ۱۶۴

فصل پنجم- نتیجه گیری

۵-۱مزایا و معایب روش پیشنهادی بهسازی ساختمانهای بلند ۱۶۷
۵-۲ نتیجه گیری ۱۶۸
۵-۳ محدودیتهای موجود در این پژوهش ۱۷۲
۵-۴ ارائه پیشنهاداتی برای پژوهشهای آتی ۱۷۲
مقالات ارائه شده توسط نگارنده ۱۷۳
منابع و مراجع ۱۷۴

فهرست شکل ها

شکل ۲-۱ قاب صلب ۷

شکل ۲-۲ انواع مهاربند های هم مرکز مرسوم در ساختمان فولادی ۸

شکل ۲-۳ تغییر شکل خمشی + تغییر شکل برشی = تغییر شکل کل قاب مهاربندی ۸

شکل ۲-۴ نحوه آرایش سیستم خرپای شطرنجی در پلان و سه بعدی ۹

شکل ۲-۵ نحوه عملکرد سیستم خرپای شطرنجی در برابر بار جانبی ۹

شکل ۲-۶ اندرکنش قاب مهاربندی و قاب خمشی در سیستم مختلط ۱۰

شکل ۲-۷ سیستم مهاربند بازویی ۱۱

شکل ۲-۸ دیاگرام لنگر در قاب مهاربندی و سیستم مهار بازویی ۱۱

شکل ۲-۹ عملکرد سیستم خرپای کلاهک ۱۲

شکل ۲-۱۰سیستم مهاربازویی و کمربند خرپایی – ساختمان مرکزی ویسکنسین آمریکا ۱۳

شکل ۲-۱۱ سیستم سازه ای قاب لوله ۱۴

شکل ۲-۱۲ سیستم سازه ای خرپای لوله ای - ساختمان جان هانکوک ۱۵

شکل ۲-۱۳ انواع مختلف سیستم های لوله ای ۱۶

شکل ۲-۱۴ مقایسه ارتفاع سیستم های سازه فولادی ۱۶

شکل ۲-۱۵ سیستم دال تخت و ستون ۱۷

شکل ۲-۱۶سیستم دال تخت همراه دیوار برشی ۱۷

شکل ۲-۱۷ دیوار برشی همبند ۱۸

شکل ۲-۱۸ سیستم لوله محیطی با ستون های پهن پیرامونی ۱۸

شکل ۲-۱۹ قاب صلب با تیر ماهیچه ای ۱۹

شکل ۲-۲۰ سیستم سازه هسته ای به همراه تکیه گاه طره ای ۱۹

شکل ۲-۲۱ اندر کنش قاب خمشی و دیوار برشی ۲۰

شکل ۲-۲۲ مهار بازویی بتنی به همراه هسته برشی ۲۰

شکل ۲-۲۳ اونتریو سنتر-شیکاگو ۲۱
شکل ۲-۲۴ سیستم سازه ای هسته پشت بند دار در برج خلیفه دوبی ۲۲
شکل ۲-۲۵ سیستم مرکب لولهای برج ۴۲ طبقه آمریکا واقع در هوستون ۲۲
شکل ۲-۲۶ آرماتور بندی هسته بتنی ۲۳
شکل ۲-۲۸ سیستم سازه ترکیبی، برج بانک چین ۲۴
شکل ۲-۲۹ برج های پتروناس و تایپه ۱۰۱ (سیستم ترکیبی) ۲۴
شکل ۲-۳۰ مقایسه سیستم های سازه ای داخلی ساختمان های بلند ۲۵
شکل ۲-۳۱ مقایسه سیستم های سازه ای خارجی ساختمان های بلند ۲۶
شکل ۲-۳۲ میراگر ویسکو الاستیک ۲۷
شکل ۲-۳۳ برج های دوقلوی تجارت جهانی که در هر برج بیش از ۱۰۰۰۰ میراگر استفاده شده است ۲۸
شکل ۲-۳۴ میراگر جرمی متوازن برج سیتی کرپ نیویورک ۲۹
شکل ۲-۳۵ سیستم میراگر جرم متوازن دوتایی برج جان هانکوک ۲۹
شکل ۲-۳۶ میراگر جرم متوازن سیال برج وال سنتر ونکوور کانادا ۳۰
شکل ۲-۳۷ میراگر متوازن پاندولی تکی به همراه جک های هیدرولیکی الحاقی ۳۱
شکل ۲-۳۸ میراگر جرمی ۷۲۰ تنی برج تایپه ۱۰۱ ..... ۳۱
شکل ۲-۳۹ محل قرار گیری میراگر های ویسکوزیته در مهار بازویی ۳۲
شکل ۲-۴۰ جزئیات نسب میراگر در محل اتصال مهار بازویی و ستون پیرامونی ۳۳
شکل ۲-۴۱ مشخص کردن نقطه عملکرد ۳۵
شکل ۲-۴۲ سطوح عملکرد سازه ای ۳۶
شکل ۲-۴۳ وجود طبقه نرم در طبقات میانی ساختمان بلند ۳۹
شکل ۲-۴۴ تاثیر افزایش سختی در عملکرد لرزه ای سازه ۳۹
شکل ۲-۴۵ تاثیرات استفاده از جداساز های لرزه ای در طیف پاسخ سازه ۴۱
شکل ۲-۴۶ میراگر تسلیمی، میراگر اصطکاکی چرخشی، میراگر اصطکاکی پال، میراگر ویسکوز ۴۲
شکل ۲-۴۷ میراگر اصطکاکی پال در مقاومسازی برج ایتون ۴۵

شکل ۲-۴۸ مقاومسازی ساختمان پلیس ایالتی کانادا بوسیله بادبند اصطکاکی ۴۵
شکل ۲-۴۹ مقاوم سازی برج مک کینلی بوسیله FRP در ستون ها و دیوار ها ۴۶
شکل ۲-۵۰ مقاومسازی هتل ۹ طبقه ارمنستان با جداگر لرزه ای ۴۸
شکل ۲-۵۱ بهسازی برج ۳۴ طبقه بوسیله تقویت اتصالات و بادبند کمانش نا پذیر ۴۹
شکل ۲-۵۲ میزان تغییر مکان نسبی طبقات ۵۰
شکل ۲-۵۳ مقاومسازی هتل ۲۰ طبقه توکیو با بادبند کمانش ناپذیر ۵۰
شکل ۲-۵۴ دوبل بادبندهای ضربدری کمانش ناپذیر محصور شده ۵۱
شکل ۲-۵۵ مقاومسازی ساختمان ۲۶ طبقه با میراگر ویسکو الاستیک ۵۲
شکل ۲-۵۶ مقاومسازی تیر و ستون و دال بتنی برج جنوبی هتل استقلال ۵۳
شکل ۲- ۵۷مقاوم سازی ستون های طبقه همکف هتل استقلال بوسیله ژاکت فلزی ۵۴
شکل ۲-۵۸ ایجاد طبقه نرم در طبقات اول هتل آزادی و مقاومسازی آن با مهاربند میراگر سیال ۵۵
شکل ۲-۵۹ مقاومسازی ستون ها و دیوار هتل آزادی با الیاف FRP ۵۵
شکل ۳-۱ مهار بازویی ابداعی توسط هندرکمپ ۵۹
شکل ۳-۲ تغییر شکل خمشی مهار بازویی ۶۰
شکل ۳-۳ تغییر شکل برشی مهار بازویی ۶۰
شکل ۳-۴ نمودار محل بهینه مهار بازویی برای حالت ۱ مهار بازویی در ارتفاع ۶۲
شکل ۳-۵ نمودار محل بهینه مهار بازویی برای حالت ۲ مهار بازویی در ارتفاع ۶۲
شکل ۳-۶ تاثیر مهار بازویی در تغییر شکل و ممان هسته سازه ۶۴
شکل ۳-۷ سیستم ساده شده مهاربازویی با فرضیات تارنات ۶۵
شکل ۳-۸ تغییرات شاخص تغییر شکل با تغییر موقعیت مهار بازویی مطابق نظریه تارانات ۶۶
شکل ۳-۹ پلان مدل ۱۵ طبقه- (1-N) ۷۱
شکل ۳-۱۰ مدل سه بعدی سازه ۱۵ طبقه ۷۱
شکل -۳-۱۱ پلان مدل ۱۵ طبقه- (1-R) ۷۲
شکل ۳-۱۲ پلان مدل ۲۰ طبقه- (2-N) ۷۳

شکل۳-۱۳پلان مدل ۲۰ طبقه- (2-R) ۷۴
شکل۳-۱۴ پلان سازه اولیه ساختمان ۲۵ طبقه (3-N) ۷۵
شکل۳-۱۵ پلان سازه اولیه ساختمان ۲۵ طبقه (3-R) ۷۵
شکل ۴-۱ تغییر شکل سازه مدل 1-N و1-R برای مد غالب جهت X ۸۶
شکل۴-۲ مقایسه نیروی محوری حاصل از بارگذاری جانبی ستون های مهاربندی ۹۳
شکل۴-۳مقایسه نیروی محوری ستون ها برای مدل ساده و مدل با کمربند بازویی ۹۵
شکل۴-۴مقایسه منحنی ظرفیت دینامیکی با منحنی ظرفیت حاصل از الگوهای مثلثی و یکنواخت ۹۹
شکل۴-۵منحنی پوش آور برای مدل 1-N در جهت X پلان ۱۰۲
شکل ۴-۶منحنی پوش آور برای مدل 1-R در جهت Y پلان ۱۰۳
شکل-۴-۷وضعیت مفاصل غیرخطی برای دو مدل1-N و 1-R برای قاب محور ۲ جهت X ۱۰۴
شکل-۴-۸وضعیت مفاصل غیرخطی برای دو مدل 1-N و 1-R برای قاب محور ۲ جهت Y ۱۰۷
شکل ۴-۹نمودار طیف شتاب –طیف تغییر مکان برای مدل 1-N ۱۰۸
شکل ۴-۱۰نمودار طیف شتاب –طیف تغییر مکان برای مدل 1-R ۱۰۸
شکل ۴-۱۱ بدست آوردن زمان موثر حرکت زمین برای شتاب نگاشت زلزله لوما ۱۱۲
شکل۴-۱۲ شتاب نگاشت زلزله طبس ۱۱۳
شکل۴-۱۳ مقایسه نیروی محوری حاصل از بارگذاری جانبی ستون های مهاربندی ۱۲۹
شکل۴-۱۴ مقایسه نیروی محوری حاصل از بارگذاری جانبی ستون های قاب بیرونی ۱۲۹
شکل۴-۱۵وضعیت مفاصل غیرخطی برای دو مدل 2-N و 2-R برای قاب محور B جهت X ۱۳۳
شکل۴-۱۶ وضعیت مفاصل غیرخطی برای دو مدل 2-N و 2-R برای قاب محور 6 جهت Y ۱۳۴
شکل۴-۱۷ مقایسه نیروی محوری حاصل از بارگذاری جانبی ستون های مهاربندی برای مدل 3-N و 3-R ۱۵۱
شکل۴-۱۸ وضعیت مفاصل غیرخطی برای دو مدل3-N و 3-R برای قاب محور B ۱۵۶

فهرست نمودار ها

نمودار۳-۱تغییر مکان جانبی طبقات تحت تحلیل دینامیکی طیفی برای جهت X و Y ۷۹

نمودار۳-۲ نسبت تغییر مکان جانبی طبقات تحت تحلیل دینامیکی طیفی برای جهت X و Y ۷۹

نمودار۳-۳ تغییر مکان جانبی طبقات تحت تحلیل دینامیکی طیفی برای جهت X و Y ۸۱

نمودار۳-۴ نسبت تغییر مکان جانبی طبقات تحت تحلیل دینامیکی طیفی برای جهت X و Y ۸۱

نمودار۳-۵تغییر مکان جانبی طبقات تحت تحلیل دینامیکی طیفی برای جهت X و Y ۸۲

نمودار۳-۶ نسبت تغییر مکان جانبی طبقات تحت تحلیل دینامیکی طیفی برای جهت X و Y ۸۳

نمودار ۴- ۱زمان تناوب سازه در مد های مختلف ۸۵

نمودار۴-۲ شکل مدهای انتقالی و دورانی مدل ۱ ..... ۸۷

نمودار۴-۳ تغییر مکان جانبی طبقات حاصل از تحلیل دینامیکی طیفی ۹۰

نمودار ۴-۴ نسبت تغییر مکان جانبی طبقات حاصل از تحلیل دینامیکی طیفی ۹۱

نمودار ۴-۵ تغییر مکان جانبی و نسبی طبقات تحت تحلیل دینامیکی طیفی ۹۱

نمودار۴-۶تاثیر مهار بازویی در نیروی محوری ستون های اطراف بادبند ۹۴

نمودار ۴-۷ برش-تغییر مکان مدل 1-N و 1-R برای جهت X و Y ۱۰۱

نمودار۴-۸ تاثیر سیستم مهار بازویی و خرپای کمربندی در نمودار دوخطی سازه برای دو جهت پلان سازه ۱۰۳

نمودار ۴-۹ نقطه عملکرد سازه در نمودار طیف شتاب-طیف تغییر مکان ۱۰۹

نمودار ۴-۱۰ تغییر مکان مرکز جرم بام نسبت به زمان برای رکوردهای مختلف مدل 1-N و 1-R ۱۱۶

نمودار ۴-۱۱ تغییر مکان مرکز جرم بام نسبت به زمان برای رکوردهای مختلف مدل 1-N و 1-R ۱۱۸

نمودار ۴-۱۲ منحنی هیسترزیس برش پایه- تغییر مکان جانبی بام برای زلزله طبس ۱۱۹

نمودار ۴-۱۳ منحنی هیسترزیس برش پایه- تغییر مکان جانبی بام برای زلزله لوما ۱۲۰

نمودار ۴-۱۴منحنی هیسترزیس برش پایه- تغییر مکان جانبی بام برای زلزله نورثریج ۱۲۱

نمودار۴-۱۵ تغییر مکان جانبی طبقات برای مدل 1-N و 1-R ۱۲۲

نمودار۴-۱۶ نسبت تغییر مکان جانبی طبقات برای مدل 1-N و 1-R ۱۲۳

نمودار ۴-۱۷زمان تناوب سازه در مد های مختلف ۱۲۴
نمودار۴-۱۸ شکل مدهای انتقالی و دورانی مدل ۲ ..... ۱۲۵
نمودار۴-۱۹ تغییر مکان جانبی و نسبی طبقات حاصل از تحلیل دینامیکی طیفی ۱۲۷
نمودار۴-۲۰ تغییر مکان جانبی و نسبی طبقات حاصل از تحلیل دینامیکی طیفی ۱۲۸
نمودار۴-۲۱ منحنی برش پایه-تغییر مکان مدل 2-N و 2-R برای جهت X و Y ۱۳۱
نمودار۴-۲۲ منحنی دو خطی، برش پایه-تغییر مکان مدل 2-N و 2-R برای جهت X و Y ۱۳۱
نمودار۴-۲۳ نمودار طیف شتاب –طیف تغییر مکان برای مدل 2-N-X و 2-R-X ۱۳۶
نمودار ۴-۲۴ نمودار طیف شتاب –طیف تغییر مکان برای مدل 2-N-Y و 2-R-Y ۱۳۷
نمودار ۴-۲۵ تغییر مکان مرکز جرم بام نسبت به زمان برای رکوردهای مختلف مدل 2-N و 2-R ۱۳۸
نمودار ۴-۲۶ تغییر مکان مرکز جرم بام نسبت به زمان برای رکوردهای مختلف مدل 2-N و 2-R ۱۴۰
نمودار ۴-۲۷ تغییر مکان مرکز جرم بام نسبت به زمان برای رکوردهای مختلف مدل 2-N و 2-R ۱۴۱
نمودار ۴-۲۸ نمودار هیسترزیس برش پایه- تغییر مکان جانبی بام برای زلزله طبس ۱۴۲
نمودار ۴-۲۹ نمودار هیسترزیس برش پایه- تغییر مکان جانبی بام برای زلزله لوما ۱۴۳
نمودار ۴-۳۰ نمودار هیسترزیس برش پایه- تغییر مکان جانبی بام برای زلزله نورثریج ۱۴۴
نمودار۴-۳۱ تغییر مکان جانبی طبقات برای مدل 2-N و 2-R ۱۴۵
نمودار۴-۳۲ تغییر مکان جانبی طبقات برای مدل 2-N و 2-R ۱۴۶
نمودار۴-۳۳ نسبت تغییر مکان جانبی طبقات برای مدل 2-N و 2-R ۱۴۶
نمودار۴-۳۴ نسبت تغییر مکان جانبی طبقات برای مدل 2-N و 2-R ۱۴۷
نمودار ۴-۳۵ زمان تناوب سازه در مد های مختلف ۱۴۸
نمودار۴-۳۶ تغییر مکان جانبی و نسبی طبقات حاصل از تحلیل دینامیکی طیفی ۱۵۰
نمودار ۴-۳۷ مقایسه نیروی محوری حاصل از بارگذاری جانبی ستون های مهاربندی برای مدل 3-N و 3-R ۱۵۱
نمودار ۴-۳۸ مقایسه نیروی محوری حاصل از بارگذاری جانبی ستون های گوشه برای مدل 3-N و 3-R ۱۵۲
نمودار۴-۳۹ برشپایه-تغییر مکان مدل 3-N و 3-R ۱۵۴
نمودار۴-۴۰ دو خطی، برشپایه-تغییر مکان مدل 3-N و 3-R ۱۵۴