بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی عمران

ارزیابی سطوح عملکرد سازه های فولادی با سیستم مهاربند واگرای کمانش ناپذیر

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران گرایش مهندسی زلزله

نام دانشجو:

تقی محمدی وجدان

استاد راهنما:

دکتر محسن گرامی

زمستان ۱۳۹۲

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 **تقی محمدی وجدان** متعهد می شوم که محتوای علمی این نوشتار با عنوان **"ارزیابی سطوح عملکرد سازه های فولادی با سیستم مهاربند واگرای کمانش ناپذیر"** که به عنوان پایان نامه کارشناسی ارشد رشته **مهندسی عمران گرایش مهندسی زلزله** به دانشگاه ارائه شده است، دارای اصالت پژوهشی بوده و حاصل فعالیت های علمی اینجانب می باشد.

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 مرتبط به آن نیز از طرف مراجع قابل پیگیری است.

نام و نام خانوادگی: تقی محمدی وجدان

شماره دانشجویی: ۹۰۱۱۱۴۸۰۰۷

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

آنانکه بهشتیان این گیتیند و دعای خیرشان همواره پشت و پناه من است.

تقدیم به روح پاک برادر عزیزم

آنکه آفتاب مهرش در آستان قلبم همچنان پابرجاست و هرگز غروب نخواهد کرد.

تقدیر و تشکر

این پژوهش در راستای اهداف گروه پژوهشی فناوری های نوین دانشگاه سمنان و با حمایت این گروه پژوهشی انجام شده است. بدینوسیله از زحمات آقای دکتر محسن گرامی، استاد راهنمای محترم پایان نامه به دلیل راهنمایی های ارزشمندشان در طول این تحقیق تقدیر و تشکر می گردد.

چکیده

اگر چه در سالهای گذشته روشهای طراحی و ساخت سازه ها با گسترش قابل توجه ای همراه بوده است، اما همچنان اثر زلزله از مهمترین مشکلات طراحی ساختمان ها خصوصا در مناطق لرزه خیزی می باشد. مهاربندهای معمولی در مقابل بارهای دینامیکی زمین لرزه دارای عملکرد مطلوبی نبوده و عمده اتلاف انرژی در این مهاربندها تنها زمانی صورت می پذیرد که مهاربند تحت کشش باشد، ولی زمانی که در معرض فشار قرار گیرد قبل از رسیدن به تنش تسلیم کمانش کرده و در نتیجه اتلاف انرژی صورت نمی گیرد و پایداری سازه به خطر می افتد. برای غلبه بر مشکلات ذکر شده، انواع جدیدی از مهاربندها از حدود ۴۰ سال پیش و برای اولین بار در ژاپن مورد استفاده قرار گرفت. این مهاربندها طوری طراحی می شوند که در برابر کمانش مقاوم بوده و می توانند در فشار نیز مانند کشش عمل کرده، در نتیجه قابلیت اتلاف انرژی و شکل پذیری سیستم بالا می رود و سازه رفتار پایدارتری را از خود نشان می دهد. در زمینه استفاده از مهاربندهای کمانش ناپذیر (BRB) در سیستم مهاربندی همگرا مطالعات گسترده ای در چندین دهه گذشته صورت گرفته است. ولی کاربرد مهاربند کمانش ناپذیر در سیستم واگرا (BRBF-E) بحث جدیدی بوده و مطالعات کمتری در این زمینه انجام شده است.

در این تحقیق به بررسی رفتار مدل های ۳، ۵، ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۵ طبقه با سیستم BRBF-E و مقایسه عملکرد این مدل ها با سایر سیستم های لرزه ای از قبیل سیستم قاب خمشی (MRF) و سیستم مهاربند واگرای متعارف (EBF)، که بر اساس ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش سوم) طراحی شده اند، پرداخته می شود. در ارزیابی پاسخ ها از تحلیل های طیفی خطی، استاتیکی غیر خطی (پوش اور) و تاریخچه زمانی غیر خطی استفاده شده است.

نتایج حاصل از تحقیق نشان می دهد که در سیستم MRF با افزایش تعداد طبقات مقادیر دریفت نسبی طبقات کاهش می یابد، ولی در سیستم BRBF-E با افزایش تعداد طبقات این مقدار نیز افزایش می یابد. و مقدار درصد دریفت نسبی طبقات برای مدل های MRF در بازه (۲/۸۲ -۰) می باشد، ولی در مدل های BRBF-E با کاهش۵۶ درصدی در بازه (۱/۲۴ -۰) قرار می گیرد. نتایج حاصل از تحلیل پوش اور نشان دهنده این است که در مدلهای BRBF-E با بهسازی کمتر از ۱ درصد از کل اعضاء می توان سطح عملکرد ایمنی جانی را تامین کرد. اما در مدل های EBF به طور متوسط ۵ درصد از اعضاء نیاز به بهسازی دارند تا این مدل ها سطح عملکرد ایمنی جانی را برآورده نمایند. نتایج تحلیل تاریخچه زمانی نشان می دهد که در سیستم BRBF-E نسبت به سیستم EBF حداکثر تغییر مکان بام به ترتیب در مدل های بلند، میان و کوتاه مرتبه با کاهش ۱۳/۴۶٪، ۱۶/۰۵٪ و ۲۷/۰۳٪ همراه است.

واژه‌های کلیدی: سیستم مهاربندی واگرای کمانش ناپذیر (BRBF-E)، سطح عملکرد، تحلیل پوش اور، تحلیل تاریخچه زمانی، ارزیابی لرزه ای

فهرست مطالب

فصل۱: مقدمه **۱**

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- لزوم تحقیق ۴

۱-۳- نوآوری تحقیق ۴

۱-۴- فرضیه های تحقیق ۵

۱-۵- مراحل تحقیق ۵

۱-۶- فلوچارت تحقیق ۶

۱-۷- ساختار فصول پایان نامه ۸

فصل۲: مروری بر منابع **۹**

۲-۱- مقدمه ۱۰

۲-۲- مروری بر ادبیات موضوع ۱۰

۲-۳- نتیجه گیری ۱۵

فصل۳: مبانی و مفاهیم پایه ای تحقیق **۱۶**

۳-۱- مقدمه ۱۷

۳-۲- سطوح عملکرد اجزای سازه ای و غیر سازه ای ۱۷

۳-۲-۱- سطوح عملکرد اجزای سازه ای ۱۷

۳-۲-۲- سطوح عملکرد اجزای غیر سازه ای ۱۹

۳-۳- سطوح عملکرد کل ساختمان ۲۱

۳-۴- معیار پذیرش اعضا بر حسب سطوح عملکرد ۲۲

۳-۵- انواع تحلیل ۲۳

۳-۵-۱- تحلیل های خطی ۲۳

۳-۵-۲- تحلیل های غیرخطی ۲۴

۳-۶- مهاربندهای کمانش ناپذیر ۲۹

۳-۶-۱- هسته فلزی محصور شده ۳۰

۳-۶-۲- هسته فلزی محصور نشده ۳۱

۳-۶-۳- ماده نچسب ۳۲

۳-۶-۴- غلاف محصور کننده ۳۳
۳-۶-۵- همسان سازی مقاطع مهاربند ۳۳

فصل۴: مدلسازی و تحلیل طیفی مدل ها ۳۶

۴-۱- مقدمه ۳۷
۴-۲- مشخصات مدل ها ۳۷
۴-۲-۱- مشخصات هندسی مدل ها ۳۷
۴-۲-۲- بارگذاری مدل ها ۳۸
۴-۲-۳- بررسی شرایط منظمی در مدل ها ۳۸
۴-۳- تحلیل و طراحی مدل ها ۳۸
۴-۳-۱- تحلیل و طراحی مدل ۳ طبقه ۳۸
۴-۳-۲- تحلیل و طراحی مدل ۵ طبقه ۴۴
۴-۳-۳- تحلیل و طراحی مدل ۸ طبقه ۵۱
۴-۳-۴- تحلیل و طراحی مدل ۱۰ طبقه ۵۹
۴-۳-۵- تحلیل و طراحی مدل ۱۲ طبقه ۶۷
۴-۳-۶- تحلیل و طراحی مدل ۱۵ طبقه ۷۶
۴-۴- بررسی موردی قاب ۸ طبقه دارای یک دهانه مهاربند BRB ۸۶
۴-۵- جمع بندی ۹۰

فصل۵: ارزیابی پاسخ غیرخطی مدل ها ۹۵

۵-۱- مقدمه ۹۶
۵-۲- تحلیل پوش اور ۹۶
۵-۲-۱- معرفی الگوهای بارگذاری جانبی در تحلیل پوش اور ۹۶
۵-۲-۲- محاسبه تغییرمکان هدف ۹۶
۵-۳- تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی ۹۷
۵-۳-۱- زلزله بم ۹۸
۵-۳-۲- زلزله السنترو ۹۸
۵-۴- پاسخ مدل های ۳ طبقه ۹۹
۵-۵- پاسخ مدل های ۵ طبقه ۱۰۳
۵-۶- پاسخ مدل های ۸ طبقه ۱۰۷

۵-۷- پاسخ مدل های ۱۰ طبقه ۱۱۱
۵-۸- پاسخ مدل های ۱۲ طبقه ۱۱۴
۵-۹- پاسخ مدل های ۱۵ طبقه ۱۱۷
۵-۱۰- جمع بندی ۱۲۱

فصل۶: جمع بندی و پیشنهادات **۱۲۵**
۶-۱- مقدمه ۱۲۶
۶-۲- نتایج حاصل از تحلیل مدل ها ۱۲۶
۶-۳- پیشنهادات برای مطالعات آتی ۱۲۸

مراجع **۱۲۹**

فهرست اشکال

شکل (۱-۱) فلوچارت مراحل انجام فاز اول تحقیق ۶
شکل (۱-۲) فلوچارت مراحل انجام فاز دوم تحقیق ۷
شکل (۳-۱) معیارهای پذیرش تغییر شکل اعضای اصلی و غیر اصلی ۲۳
شکل (۳-۲) سیکل رفتار اجزاء تحت بارهای رفت و برگشت ۲۵
شکل (۳-۳) مراحل انجام روش طیف ظرفیت ۲۷
شکل (۳-۴) پارامترهای موثر در روش خطی سازی معادل ۲۸
شکل (۳-۵) مقایسه رفتار مهاربندهای متعارف و مهاربندهای مقید در کمانش ۳۰
شکل (۳-۶) شکل های مختلف هسته فولادی و محفظه محصورکننده ۳۱
شکل (۳-۷) نمایش قسمت محصور نشده هسته فولادی ۳۱
شکل (۳-۸) نمایش فضای خالی داخلی به منظور رفتار مطلوب مهاربند درکشیدگی و فشردگی فولاد هسته ۳۲
شکل (۳-۹) حالت های رایج مهاربند کمانش ناپذیر ۳۳
شکل (۳-۱۰) مشخصات ابعادی در نظر گرفته شده برای مهاربندهای BRB ۳۴
شکل (۴-۱) پلان ساختمان در نظر گرفته شده در تحلیل و طراحی مدل ها ۳۷
شکل (۴-۲) مقاطع اختصاص یافته به مدل ۳ طبقه خمشی ۳۹
شکل (۴-۳) متوسط نسبت تنش در ستونهای مدل ۳ طبقه ۴۰
شکل (۴-۴) متوسط نسبت تنش در تیرهای مدل ۳ طبقه ۴۰
شکل (۴-۵) درصد کاهش نسبت تنش در طبقات مدل ۳ طبقه ۴۰
شکل (۴-۶) مقاطع اختصاص یافته به مدل ۳ طبقه واگرای کمانش ناپذیر بهینه ۴۱
شکل (۴-۷) وزن مدل ۳ طبقه در قاب خمشی و قاب مهاربندی واگرای کمانش ناپذیر بهینه ۴۲
شکل (۴-۸) نمودار حداکثر تغییر مکان نسبی مدل های ۳ طبقه ۴۳
شکل (۴-۹) نمودار دریفت نسبی طبقاتی برای مدل های ۳ طبقه ۴۴
شکل (۴-۱۰) مقاطع اختصاص یافته به مدل ۵ طبقه خمشی ۴۵
شکل (۴-۱۱) متوسط نسبت تنش در ستونهای مدل ۵ طبقه ۴۶
شکل (۴-۱۲) متوسط نسبت تنش در تیرهای مدل ۵ طبقه ۴۶
شکل (۴-۱۳) درصد کاهش نسبت تنش در مدل ۵ طبقه ۴۶
شکل (۴-۱۴) مقاطع اختصاص یافته به مدل ۵ طبقه واگرای کمانش ناپذیر بهینه ۴۷
شکل (۴-۱۵) وزن مدل ۵ طبقه در قاب خمشی و قاب مهاربندی واگرای کمانش ناپذیر بهینه ۴۸
شکل (۴-۱۶) نمودار حداکثر تغییر مکان نسبی مدل های ۵ طبقه ۴۹
شکل (۴-۱۷) نمودار دریفت نسبی طبقاتی برای مدل های ۵ طبقه ۵۰
شکل (۴-۱۸) مقاطع اختصاص یافته به مدل ۸ طبقه خمشی ۵۱

شکل (۴-۱۹) متوسط نسبت تنش در ستونهای مدل ۸ طبقه ۵۳
شکل (۴-۲۰) متوسط نسبت تنش در تیرهای مدل ۸ طبقه ۵۳
شکل (۴-۲۱) درصد کاهش نسبت تنش در طبقات مدل ۸ طبقه ۵۳
شکل (۴-۲۲) مقاطع اختصاص یافته به مدل ۸ طبقه واگرای کمانش ناپذیر بهینه ۵۴
شکل (۴-۲۳) وزن مدل ۸ طبقه در قاب خمشی و قاب مهاربندی واگرای کمانش ناپذیر بهینه ۵۶
شکل (۴-۲۴) نمودار حداکثر تغییر مکان نسبی مدل های ۸ طبقه ۵۷
شکل (۴-۲۵) نمودار دریفت نسبی طبقاتی برای مدل های ۸ طبقه ۵۸
شکل (۴-۲۶) مقاطع اختصاص یافته به مدل ۱۰ طبقه خمشی ۵۹
شکل (۴-۲۷) متوسط نسبت تنش در ستونهای مدل۱۰ طبقه ۶۱
شکل (۴-۲۸) متوسط نسبت تنش در تیرهای مدل ۱۰ طبقه ۶۱
شکل (۴-۲۹) درصد کاهش نسبت تنش در طبقات مدل ۱۰ طبقه ۶۱
شکل (۴-۳۰) مقاطع اختصاص یافته به مدل ۱۰طبقه واگرای کمانش ناپذیر بهینه ۶۲
شکل (۴-۳۱) وزن مدل ۱۰ طبقه در قاب خمشی و قاب مهاربندی واگرای کمانش ناپذیر بهینه ۶۴
شکل (۴-۳۲) نمودار حداکثر تغییر مکان نسبی مدل های ۱۰ طبقه ۶۵
شکل (۴-۳۳) نمودار دریفت نسبی طبقاتی برای مدل های ۱۰ طبقه ۶۶
شکل (۴-۳۴) مقاطع اختصاص یافته به مدل ۱۲ طبقه خمشی ۶۸
شکل (۴-۳۵) متوسط نسبت تنش در ستونهای مدل ۱۲ طبقه ۷۰
شکل (۴-۳۶) متوسط نسبت تنش در تیرهای مدل ۱۲ طبقه ۷۰
شکل (۴-۳۷) درصد کاهش نسبت تنش در طبقات مدل ۱۲ طبقه ۷۰
شکل (۴-۳۸) مقاطع اختصاص یافته به مدل ۱۲طبقه واگرای کمانش ناپذیر بهینه ۷۱
شکل (۴-۳۹) وزن مدل ۱۲ طبقه در قاب خمشی و قاب مهاربندی واگرای کمانش ناپذیر بهینه ۷۳
شکل (۴-۴۰) نمودار حداکثر تغییر مکان نسبی مدل های ۱۲ طبقه ۷۴
شکل (۴-۴۱) نمودار دریفت نسبی طبقاتی برای مدل های ۱۲ طبقه ۷۶
شکل (۴-۴۲) مقاطع اختصاص یافته به مدل ۱۵ طبقه خمشی ۷۷
شکل(۴-۴۳) متوسط نسبت تنش در ستونهای مدل ۱۵ طبقه ۷۹
شکل(۴-۴۴) متوسط نسبت تنش در تیرهای مدل ۱۵ طبقه ۷۹
شکل (۴-۴۵) درصد کاهش نسبت تنش در طبقات مدل ۱۵ طبقه ۸۰
شکل (۶-۴۶) مقاطع اختصاص یافته به مدل ۱۵ طبقه واگرای کمانش ناپذیر بهینه ۸۱
شکل (۶-۴۷) وزن مدل ۱۵ طبقه در قاب خمشی و قاب مهاربندی واگرای کمانش ناپذیر بهینه ۸۴
شکل (۶-۴۸) نمودار حداکثر تغییر مکان نسبی مدل های ۱۵ طبقه ۸۵
شکل (۴-۴۹) نمودار دریفت نسبی طبقاتی برای مدل های ۱۵ طبقه ۸۶
شکل (۴-۵۰) مقاطع اختصاص یافته به مدل ۸ طبقه واگرای کمانش ناپذیر بهینه با یک دهانه مهاربندی ۸۷

شکل (۴-۵۱) وزن مدل ۸ طبقه با سیستم قاب خمشی و سیستم مهاربند واگرای کمانش ناپذیر با یک دهانه مهاربندی ۸۸
شکل (۴-۵۲) نمودار حداکثر تغییر مکان نسبی مدل های ۸ طبقه ۸۹
شکل (۴-۵۳) نمودار دریفت نسبی طبقاتی برای مدل های ۸ طبقه ۹۰
شکل (۴-۵۴) درصد کاهش دوره تناوب مود اول مدلهای BRBF-E نسبت به MRF ۹۰
شکل (۴-۵۵) مقایسه وزن مدلهای BRBF-E و MRF ۹۱
شکل (۴-۵۶) درصد افزایش وزن مدلهای BRBF-E نسبت به MRF ۹۱
شکل (۴-۵۷) نمودار حداکثر تغییر مکان نسبی مدل های MRF ۹۲
شکل (۴-۵۸) نمودار حداکثر تغییر مکان نسبی مدل های BRBF-E ۹۲
شکل (۴-۵۹) نمودار دریفت نسبی طبقات برای مدل های MRF ۹۳
شکل (۴-۶۰) نمودار دریفت نسبی طبقات برای مدل های BRBF-E ۹۳
شکل (۴-۶۱) درصد کاهش میانگین دریفت مدلهای BRBF-E نسبت به MRF ۹۴
شکل (۵-۱) تغییرمکان هدف بر حسب زمان تناوب مدل ها ۹۷
شکل (۵-۲) نمودار شتابنگاشت زلزله بم ۹۸
شکل (۵-۳) نمودار شتابنگاشت زلزله السنترو ۹۹
شکل (۵-۴) منحنی نیرو - تغییر مکان مدل ۳ طبقه با الگوی بار مطابق با توزیع بار جانبی در روش استاتیکی خطی ۹۹
شکل (۵-۵) منحنی نیرو - تغییر مکان مدل ۳ طبقه با الگوی بارگذاری جانبی یکنواخت ۱۰۰
شکل (۵-۶) منحنی نیرو - تغییر مکان مدل ۳ طبقه با الگوی بارگذاری جانبی بر اساس مود اول ارتعاش سازه ۱۰۱
شکل (۵-۷) وضعیت مفاصل پلاستیک در مدل ۳ طبقه EBF ۱۰۱
شکل (۵-۸) وضعیت مفاصل پلاستیک در مدل ۳ طبقه BRBF-E ۱۰۲
شکل (۵-۹) نمودار تاریخچه زمانی تغییر مکان نسبی بام مدل ۳ طبقه تحت رکورد زلزله های بم و السنترو ۱۰۳
شکل (۵-۱۰) منحنی نیرو - تغییر مکان مدل ۵ طبقه با الگوی بار مطابق با توزیع بار جانبی در روش استاتیکی خطی ۱۰۳
شکل (۵-۱۱) منحنی نیرو - تغییر مکان مدل ۵ طبقه با الگوی بارگذاری جانبی یکنواخت ۱۰۴
شکل (۵-۱۲) منحنی نیرو - تغییر مکان مدل ۵ طبقه با الگوی بارگذاری جانبی بر اساس مود اول ارتعاش سازه ۱۰۵
شکل (۵-۱۳) وضعیت مفاصل پلاستیک در مدل ۵ طبقه EBF ۱۰۵
شکل (۵-۱۴) وضعیت مفاصل پلاستیک در مدل ۵ طبقه BRBF-E ۱۰۶
شکل (۵-۱۵) نمودار تاریخچه زمانی تغییر مکان نسبی بام مدل ۵ طبقه تحت رکورد زلزله های بم و السنترو ۱۰۷
شکل (۵-۱۶) منحنی نیرو - تغییر مکان مدل ۸ طبقه با الگوی بار مطابق با توزیع بار جانبی در روش استاتیکی خطی ۱۰۸
شکل (۵-۱۷) منحنی نیرو - تغییر مکان مدل ۸ طبقه با الگوی بارگذاری جانبی یکنواخت ۱۰۸
شکل (۵-۱۸) منحنی نیرو - تغییر مکان مدل ۸ طبقه با الگوی بارگذاری جانبی بر اساس مود اول ارتعاش سازه ۱۰۹
شکل (۵-۱۹) وضعیت مفاصل پلاستیک در مدل ۸ طبقه EBF ۱۰۹
شکل (۵-۲۰) وضعیت مفاصل پلاستیک در مدل ۸ طبقه BRBF-E ۱۱۰
شکل (۵-۲۱) نمودار تاریخچه زمانی تغییر مکان نسبی بام مدل ۸ طبقه تحت رکورد زلزله های بم و السنترو ۱۱۱

شکل (۵-۲۲) منحنی نیرو - تغییر مکان مدل ۱۰ طبقه با الگوی بار مطابق با توزیع بار جانبی در روش استاتیکی خطی ۱۱۱
شکل (۵-۲۳) منحنی نیرو - تغییر مکان مدل ۱۰ طبقه با الگوی بارگذاری جانبی یکنواخت ۱۱۲
شکل (۵-۲۴) منحنی نیرو - تغییر مکان مدل ۱۰ طبقه با الگوی بارگذاری جانبی بر اساس مود اول ارتعاش سازه ۱۱۲
شکل (۵-۲۵) وضعیت مفاصل پلاستیک در مدل ۱۰ طبقه EBF ۱۱۳
شکل (۵-۲۶) وضعیت مفاصل پلاستیک در مدل ۱۰ طبقه BRBF-E ۱۱۳
شکل (۵-۲۷) نمودار تاریخچه زمانی تغییر مکان نسبی بام مدل ۱۰ طبقه تحت رکورد زلزله های بم و السنترو ۱۱۴
شکل (۵-۲۸) منحنی نیرو - تغییر مکان مدل ۱۲ طبقه با الگوی بار مطابق با توزیع بار جانبی در روش استاتیکی خطی ۱۱۵
شکل (۵-۲۹) منحنی نیرو - تغییر مکان مدل ۱۲ طبقه با الگوی بارگذاری جانبی یکنواخت ۱۱۵
شکل (۵-۳۰) منحنی نیرو - تغییر مکان مدل ۱۲ طبقه با الگوی بارگذاری جانبی بر اساس مود اول ارتعاش سازه ۱۱۵
شکل (۵-۳۱) وضعیت مفاصل پلاستیک در مدل ۱۲ طبقه EBF ۱۱۶
شکل (۵-۳۲) وضعیت مفاصل پلاستیک در مدل ۱۲ طبقه BRBF-E ۱۱۶
شکل (۵-۳۳) نمودار تاریخچه زمانی تغییر مکان نسبی بام مدل ۱۲ طبقه تحت رکورد زلزله های بم و السنترو ۱۱۷
شکل (۵-۳۴) منحنی نیرو - تغییر مکان مدل ۱۵ طبقه با الگوی بار مطابق با توزیع بار جانبی در روش استاتیکی خطی ۱۱۸
شکل (۵-۳۵) منحنی نیرو - تغییر مکان مدل ۱۵ طبقه با الگوی بارگذاری جانبی یکنواخت ۱۱۸
شکل (۵-۳۶) منحنی نیرو - تغییر مکان مدل ۱۵ طبقه با الگوی بارگذاری جانبی بر اساس مود اول ارتعاش سازه ۱۱۸
شکل (۵-۳۷) وضعیت مفاصل پلاستیک در مدل ۱۵ طبقه EBF ۱۱۹
شکل (۵-۳۸) وضعیت مفاصل پلاستیک در مدل ۱۵ طبقه BRBF-E ۱۱۹
شکل (۵-۳۹) نمودار تاریخچه زمانی تغییر مکان نسبی بام مدل ۱۵ طبقه تحت رکورد زلزله های بم و السنترو ۱۲۰
شکل (۵-۴۰) حداکثر برش پایه در تغییرمکان هدف برای سیستم EBF ۱۲۱
شکل (۵-۴۱) حداکثر برش پایه در تغییرمکان هدف برای سیستم BRBF-E ۱۲۱
شکل (۵-۴۲) درصد اعضای نیاز به بهسازی برای تامین سطح عملکرد ایمنی جانی تحت الگوی بار EX Pattern ۱۲۲
شکل (۵-۴۳) درصد اعضای نیاز به بهسازی برای تامین سطح عملکرد ایمنی جانی تحت الگوی بار Uniform Pattern ۱۲۲
شکل (۵-۴۴) درصد اعضای نیاز به بهسازی برای تامین سطح عملکرد ایمنی جانی تحت الگوی بار Mode1 Pattern ۱۲۳
شکل (۵-۴۵) نمودار تغییر مکان حداکثری بام در زلزله بم ۱۲۳
شکل (۵-۴۶) نمودار تغییر مکان حداکثری بام در زلزله السنترو ۱۲۴
شکل (۵-۴۷) مقدار متوسط کاهش جابجایی حداکثر بام ۱۲۴

فهرست جداول

جدول (۳-۱) اصطلاحات به کار رفته برای سطوح عملکرد اجزای سازه ای در FEMA و دستورالعمل بهسازی ۱۸

جدول (۳-۲) اصطلاحات به کار رفته برای سطوح عملکرد اجزای غیر سازه ای در FEMA و دستورالعمل بهسازی ۲۰

جدول (۳-۳) مشخصات ابعادی مقاطع BRB ۳۵

جدول (۴-۱) نسبت تنش در ستونهای مدل۳ طبقه خمشی ۳۹

جدول (۴-۲) نسبت تنش در تیرهای مدل ۳ طبقه خمشی ۳۹

جدول (۴-۳) نسبت تنش در ستونهای مدل۳ طبقه مهاربندی ۴۱

جدول (۴-۴) نسبت تنش در تیرهای مدل ۳ طبقه مهاربندی ۴۱

جدول (۴-۵) نسبت تنش در مهاربندهای مدل ۳ طبقه قاب مهاربندی ۴۱

جدول (۴-۶) حداکثر تغییر مکان مدل های ۳ طبقه ۴۲

جدول (۴-۷) مقادیر دریفت طبقاتی مدل های ۳ طبقه ۴۳

جدول (۴-۸) نسبت تنش در ستونهای مدل ۵ طبقه خمشی ۴۵

جدول (۴-۹) نسبت تنش در تیرهای مدل ۵ طبقه خمشی ۴۶

جدول (۴-۱۰) نسبت تنش در ستونهای مدل ۵ طبقه مهاربندی ۴۷

جدول (۴-۱۱) نسبت تنش در تیرهای مدل ۵ طبقه مهاربندی ۴۸

جدول (۴-۱۲) نسبت تنش در مهاربندهای مدل ۵ طبقه قاب مهاربندی ۴۸

جدول (۴-۱۳) حداکثر تغییر مکان مدل های ۵ طبقه ۴۹

جدول (۴-۱۴) مقادیر دریفت طبقاتی مدل های ۵ طبقه ۵۰

جدول (۴-۱۵) نسبت تنش در ستونهای مدل ۸ طبقه خمشی ۵۲

جدول (۴-۱۶) نسبت تنش در تیرهای مدل ۸ طبقه خمشی ۵۲

جدول (۴-۱۷) نسبت تنش در ستونهای مدل ۸ طبقه مهاربندی ۵۵

جدول (۴-۱۸) نسبت تنش در تیرهای مدل ۸ طبقه مهاربندی ۵۵

جدول (۴-۱۹) نسبت تنش در مهاربندهای مدل ۸ طبقه قاب مهاربندی ۵۵

جدول (۴-۲۰) حداکثر تغییر مکان مدل های ۸ طبقه ۵۶

جدول (۴-۲۱) مقادیر دریفت طبقاتی مدل های ۸ طبقه ۵۷

جدول (۴-۲۲) نسبت تنش در ستونهای مدل ۱۰ طبقه خمشی ۶۰

جدول (۴-۲۳) نسبت تنش در تیرهای مدل ۱۰ طبقه خمشی ۶۰

جدول (۴-۲۴) نسبت تنش در ستونهای مدل ۱۰ طبقه مهاربندی ۶۳

جدول (۴-۲۵) نسبت تنش در تیرهای مدل ۱۰ طبقه مهاربندی ۶۳

جدول (۴-۲۶) نسبت تنش در مهاربندهای مدل ۱۰ طبقه قاب مهاربندی ۶۴

جدول (۴-۲۷) حداکثر تغییر مکان مدل های ۱۰ طبقه ۶۵

جدول (۴-۲۸) مقادیر دریفت طبقاتی مدل های ۱۰ طبقه ۶۶
جدول (۴-۲۹) نسبت تنش در ستونهای مدل ۱۲ طبقه خمشی ۶۹
جدول (۴-۳۰) نسبت تنش در تیرهای مدل ۱۲ طبقه خمشی ۶۹
جدول (۴-۳۱) نسبت تنش در ستونهای مدل ۱۲ طبقه مهاربندی ۷۲
جدول (۴-۳۲) نسبت تنش در تیرهای مدل ۱۲ طبقه مهاربندی ۷۲
جدول (۴-۳۳) نسبت تنش در مهاربندهای مدل ۱۲ طبقه قاب مهاربندی ۷۳
جدول (۴-۳۴) حداکثر تغییر مکان مدل های ۱۲ طبقه ۷۴
جدول (۴-۳۵) مقادیر دریفت طبقاتی مدل های ۱۲ طبقه ۷۵
جدول (۴-۳۶) نسبت تنش در ستونهای مدل ۱۵ طبقه خمشی ۷۸
جدول (۴-۳۷) نسبت تنش در تیرهای مدل ۱۵ طبقه خمشی ۷۸
جدول (۴-۳۸) نسبت تنش در ستونهای مدل ۱۵ طبقه مهاربندی ۸۲
جدول (۴-۳۹) نسبت تنش در تیرهای مدل ۱۵ طبقه مهاربندی ۸۲
جدول (۴-۴۰) نسبت تنش در مهاربندهای مدل ۱۵ طبقه قاب مهاربندی ۸۳
جدول (۴-۴۱) حداکثر تغییر مکان مدل های ۱۵ طبقه ۸۴
جدول (۴-۴۲) مقادیر دریفت طبقاتی مدل های ۱۵ طبقه ۸۵
جدول (۴-۴۳) حداکثر تغییر مکان مدل های ۸ طبقه ۸۸
جدول (۴-۴۴) مقادیر دریفت طبقاتی مدل های ۸ طبقه ۸۹
جدول (۵-۱) تغییرمکان هدف محاسبه شده برای مدل ها ۹۷

فصل۱:

مقدمه

۱-۱- مقدمه

افزایش اطلاعات در مورد نحوه رفتار ساختمان ها در زلزله که از طریق تحقیقات و تجارب زلزله های گذشته بدست آمده سبب ارتقای آیین نامه ها و دستورالعمل های طراحی مختلف در دنیا شده است. رویکرد هر آیین نامه در طراحی لرزه ای سازه ها مختلف می باشد. در برخی آیین نامه ها سطوح عملکردی سازه ها در طراحی لحاظ شده است. اما در استاندارد ۲۸۰۰ و آیین نامه های طراحی ایران سطوح عملکرد بررسی نشده است. به همین جهت تفاوت هایی در طراحی سازه ها با آیین نامه های رایج و آیین نامه هایی که سطوح عملکردی را در ضوابط خود لحاظ کرده اند وجود دارد. طراحی بر اساس سطح عملکرد موضوعی است که در سال های اخیر در سطح جهان و کشور ما مورد استقبال قرار گرفته است. آیین نامه های کنونی که بر اساس نیرو تهیه شده اند برای طراحی در محدوده ارتجاعی مناسبند. اما سطوحی از عملکرد که متضمن پذیرش خسارت است، بر اساس معیار جابجایی قابل تعریف است. لذا تغییر مکان معیار مناسبی جهت طراحی بر اساس عملکرد است.

با استفاده از روش طراحی لرزه ای بر اساس عملکرد، مهندسان به آسانی قادر به پیش بینی میزان آسیب وارده بر سازه ها خواهند بود. به زبان ساده هدف از طراحی یا بهسازی لرزه ای ساختمان بر اساس سطح عملکرد این است که اعضای سازه ای و ملحقات غیر سازه ای به گونه ای تقویت شوند که در صورت وقوع زلزله، آسیب های کمتری به این اجزا وارد شود. انجمن تکنولوژی کاربردی[۱]، جامعه مهندسان عمران آمریکا[۲] و انجمن ایمنی لرزه ای ساختمان ها[۳] آیین نامه ها و دستورالعمل های FEMA[۴] و ATC را جهت تحقیق در این خصوص ارائه نمودند.

در ایران نیز سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، نشریه ۳۶۰ را با عنوان، دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود به استناد دستورالعمل FEMA356 منتشر کرده و در اختیار جامعه مهندسین کشور قرار داده است. فلسفه مورد استفاده در دستورالعمل بهسازی لرزه ای، ارزیابی و طراحی براساس سطح عملکرد است که در آن اجازه داده می شود سازه وارد مرحله ی رفتار غیر خطی شود، ولی رفتار آن کنترل شده باشد و اضافه مقاومت و سختی کافی در اعضا باقی بماند. لازم به ذکر است در سال ۲۰۰۵ با اعمال برخی تصحیحات و الحاق مهم در روشهای تحلیل استاتیکی غیر خطی، در دستورالعمل FEMA356، دستورالعمل ASCE/SEI 41-06 به عنوان اصلی ترین مرجع طراحی و بهسازی لرزه ای منتشر گردید. بنابراین نشریه ۳۶۰ موارد تصحیح شده در دستورالعمل FEMA356 را در خود ندارد.

1 Applied Technology Council
2 American Society of Civil Engineers
3 Building Seismic Safety Council
4 Federal Emergency Management Agency