دانشگاه کردستان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران

عنوان:

ارائه یک دستورالعمل پیشنهادی برای طرح ساختمان‌های با جداسازی لرزه‌ای در ایران

دانشجو:

سید حسن حسینی

استاد راهنما:

دکترمرتضی بسطامی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته عمران گرایش زلزله

مهر ماه ۱۳۹۰

بسم الله
الرحمن الرحیم

کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایـج مطالعات،

ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع

این پایان‌نامه متعلق به دانشـگاه کردستان است.

تعهد نامه

اینجانب سید حسن حسینی دانشجوی کارشناسی ارشد رشته عمران گرایش زلزله دانشگاه کردستان، دانشکده فنی و مهندسی گروه عمران تعهد می نماییم که محتوای این پایان نامه نتیجه تلاش و تحقیقات خود بوده و از جایی کپی برداری نشده و به پایان رسانیدن آن نتیجه تلاش و مطالعات مستمر اینجانب و راهنمایی و مشاوره اساتید بوده است.

با تقدیم احترام

سید حسن حسینی

۱۳۹۰/۷/۲۵

دانشگاه کردستان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته عمران گرایش زلزله

عنوان:

ارائه یک دستورالعمل پیشنهادی برای طرح ساختمان‌های با جداسازی لرزه‌ای در ایران

دانشجو:

سید حسن حسینی

در تاریخ ۱۳۹۰/۷/۲۵ توسط کمیته تخصصی وهیات داوران زیر مورد بررسی قرار گرفت و با نمره ..... و درجه ..... به تصویب رسید.

هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱ـ استاد راهنما	دکتر مرتضی بسطامی	استادیار	
۲ـ استاد داور خارجی	دکتر علیرضا حبیبی	استادیار	
۳ـ استاد داور داخلی	دکتر آزاد یزدانی	استادیار	

مهر و امضاء گروه

مهر و امضاء معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده

تقدم به خانواده عزیزم

چکیده

امروزه کاربرد سیستم‌های جداساز لرزه‌ای یکی از روش های گسترش یافته برای محافظت سازه‌ها در برابر زمین‌لرزه می باشد که این سیستم‌ها در کشورهای مختلف بر مبنای آیین نامه‌های لرزه‌ای طراحی و اجرا می‌شوند. با توجه به اهمیت و گسترش استفاده از این سیستم‌ها وجود آیین‌نامه‌ای که مبنای طراحی این سیستم‌ها در کشور قرار گیرد ضروری می‌نماید. هدف از انجام این تحقیق ارائه یک دستورالعمل پیشنهادی برای طراحی ساختمان‌های با سیستم جداسازی لرزه‌ای در ایران می باشد. بدین منظور آیین-نامه طراحی ساختمان‌های با سیستم جداسازی لرزه‌ای ژاپن که بر مبنای تجربیات فراوان از سال ۱۹۸۳ تدوین شده و پس از سال ۲۰۰۰ به طور کلی مورد باز بینی و تجدید نظر قرار گرفته، به عنوان مبنای دستورالعمل پیشنهادی در نظر گرفته شد. برای در نظر گرفتن شرایط ساختگاهی و لرزه‌خیزی و همچنین ضوابط آیین‌نامه‌ای طراحی لرزه‌ای ایران، پارامترهای نوع زمین و خاک، تقسیم بندی مناطق لرزه‌ای، ضریب بازتاب ساختمان، طیف طراحی، زمان تناوب ساختمان‌ها و ضریب توزیع نیروی جانبی در ارتفاع در دو آیین‌نامه با یکدیگر مقایسه شده و نتایج این بررسی و تطبیق پارامترها در دستورالعمل پیشنهادی لحاظ شده است.

سپس به منظور ارزیابی دستورالعمل پیشنهادی چند مدل سازه‌ای در نظر گرفته شده و نتایج حاصل از دستورالعمل پیشنهادی با نتایج تحلیل‌های تاریخچه زمانی غیرخطی مقایسه شد. برای انجام تحلیل‌های تاریخچه زمانی از رکوردهای حوزه دور و نزدیک ایران که با پروسه بهینه‌یابی انتخاب شدند، استفاده شد.

نتایج تحلیل‌ها نشان دهنده اختلاف بین مقادیر پاسخ تحت زلزله‌های حوزه دور و نزدیک بود که این اختلاف در پاسخ جابجایی تراز جداسازی نسبت به برش پایه بطور محسوسی بزرگتر بود. همچنین در همه حالات مقادیر پاسخ نشان دهنده تخمین مناسب و قابل اطمینان مقادیر پاسخ حاصله از روش پیشنهادی بود. بعلاوه با توجه به نتایج حاصله در نظر گرفتن ضرایبی برای به منظور لحاظ کردن اثرات حوزه نزدیک در آیین نامه ایران ضروری می نماید.

کلمات کلیدی: ساختمان‌های با جداگر لرزه‌ای، آیین نامه ۲۸۰۰ ، آیین نامه ژاپن، تحلیل تاریخچه زمانی، رکورد حوزه دور و نزدیک.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱ ..... ۱

جداسازی لرزه‌ای ۱

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ جداسازی ارتعاشی پایه ۲

۱-۳ معرفی برخی از سیستمهای جداسازی ۳

۱-۴ فلسفه استفاده از سیستمهای جداسازی ارتعاشی پایه ۶

۱-۵ موارد استفاده از سیستمهای جداسازی ارتعاشی پایه ۸

۱-۶ دستورالعمل ها و آیین نامه‌های طراحی ساختمانهای با جداسازی لرزه ای در دنیا ۹

۱-۷ مقایسه ضوابط لرزه ای عنوان شده در آیین نامه های ساختمانهای با جداسازی لرزه ای در دنیا ۱۱

۱-۷-۱ نکاتی پیرامون طیف طرح ۱۱

۱-۷-۲ روش های طراحی ۱۳

فصل ۲ ..... ۱۹

جداسازی لرزه ای در ژاپن ۱۹

۲-۱ تاریخچه جداسازی لرزه ای در ژاپن ۱۹

۲-۲ نگاهی بر ساختمان های باجداسازی لرزه ای در ژاپن ۲۰

۲-۳ معرفی آیین نامه ساختمانی ژاپن ۲۴

۲-۳-۱ ضوابط استاندارد ساختمانی ۲۵

۲-۳-۲ الزامات و ضوابط ساختمانی ۲۶

۲-۳-۳ ابلاغیه ساختمانهای با جداسازی لرزه ای ۲۸

فصل ۳ ..... ۴۱

دستورالعمل پیشنهادی برای طراحی ساختمان های با سیستم جداسازی لرزه ای در ایران ۴۱

۳-۱ مقدمه ۴۱

۳-۲ تعاریف ۴۲

۳-۳ روش های اجرایی و حدود و کاربرد ۴۴

۳-۴ فونداسیون ساختمان های با سیستم جداسازی لرزه ای ۴۴

۳-۵ ضوابط و ملاحظات اجرایی برای ایمنی سازه و نکات کلی نصب و نگهداری ۴۶

۳-۶ محاسبات سازه ای ۴۹

۳-۷ روند گام به گام طراحی ساختمان های با جداسازی لرزه ای ۶۳
گام اول: انتخاب و طرح اولیه تجهیزات ۶۳
گام دوم: تعیین محدوده جابجایی طرح در جداساز لرزه ای (δs) ۶۳
گام سوم: محاسبات زمان تناوب طبیعی در محدوده جابجایی طراحی ۶۳
گام چهارم: محاسبات نسبت میرایی لزجی معادل ۶۴
گام پنجم: تعیین نیروی لرزه ای ناشی از زلزله در لایه جداساز لرزه ای (Q) ۶۴
گام ششم: محاسبه جابه جایی استاندارد لایه جداساز لرزه ای ۶۴
گام هفتم: کنترل همگرایی ۶۵
گام هشتم: کنترل مقادیر جابجایی ۶۶
گام نهم: کنترل ضریب نیروی برشی وارد بر میراگرها یا تجهیزات باربر با میرایی معادل میراگرها ۶۶
۳-۸ مطالعات و بررسی های تطبیقی ۶۶
۳-۹ طبقه بندی نوع زمین و خاک ۶۷
۴-۱۰ تقسیم بندی مناطق لرزه ای ۶۹
۴-۱۱ ضریب بازتاب ساختمان ۷۰
۳-۱۲ طیف پاسخ شتاب در سنگ بستر مهندسی ۷۰
۳-۱۳ طیف پاسخ شتاب ۷۰
۳-۱۴ ضریب توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان ۷۶
فصل ۴ ..... ۸۰
ارزیابی دستورالعمل پیشنهادی با استفاده از نتایج تحلیل دینامیکی ۸۰
۴-۱ مقدمه ۸۰
۴-۲ معرفی نرم افزار و المان مورد استفاده ۸۱
۴-۲-۱ المانهای Nllink ۸۱
۴-۲-۲ خصوصیات المان جداساز لاستیکی (Rubber Isolator) ۸۲
۴-۲-۳ خصوصیات جداساز Rubber ۸۳
۴-۳ مشخصات مدل های سازه ای جداسازی شده ۸۴
۴-۴ مشخصات سیستم جداسازی ۸۴
۴-۵ صحت سنجی مدلسازی در نرم افزار ۸۷
۴-۵-۱ ویژگی های مدل نعیم – کلی ۸۷
۴-۵-۲ مقایسه نتایج ۸۹
۴-۶ بررسی ساختمان های با جداسازی لرزه ای انتخابی به روش دستورالعمل پیشنهادی ۹۱
۴-۷ رکوردهای مورد استفاده ۱۰۲
۴-۷-۱ رکوردهای حوزه نزدیک و ویژگیهای آنها ۱۰۲
۴-۷-۲ انتخاب رکوردهای حوزه دور و نزدیک با پروسه بهینه یابی به روش تاگوچی و مقیاس کردن رکوردها ۱۰۸
۴-۸ بررسی نتایج تحلیل های تاریخچه زمانی ۱۱۷
فصل ۵ ..... ۱۲۹

مقایسه طیف پاسخ شتاب با طیف آیین‌نامه ۲۸۰۰ در سازه‌های با جداسازی لرزه‌ای تحت زلزله-های با پاسخ حداکثر ۱۲۹
۵-۱ مقدمه ۱۲۹
۵-۲ انتخاب رکوردهای حوزه دور ۱۳۰
۵-۳ انتخاب رکوردهای حوزه نزدیک ۱۳۷
فصل ۶ ..... ۱۴۴
نتیجه‌گیری ۱۴۴
مراجع ۱۴۷

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول۱-۱: دوره بازگشت متناسب با هر آیین‌نامه ۱۲

جدول۱-۲: شرایط به کارگیری روش تحلیل خطی معادل ۱۴

جدول۱-۳: جزییات روش تحلیل خطی معادل در آیین‌نامه‌های فوق ۱۶

جدول۲-۱: رابطه محاسباتی طیف شتاب استاندارد در سطح سنگ بستر ۳۳

جدول۲-۲: رابطه محاسباتی ضریب تشدید خاک روی بستر سنگی خاک نوع ۱ ۳۴

جدول۲-۳: رابطه محاسباتی ضریب تشدید خاک روی بستر سنگی خاک نوع ۲ یا ۳ ۳۴

جدول۲-۴: رابطه محاسباتی ضریب تشدید خاک با استفاده از روند انتشار امواج با در نظر گرفتن رفتار غیر خطی خاک ۳۵

جدول۳-۱: مواد متشکله تجهیزات باربر ۴۳

جدول۳-۲: مواد متشکله تجهیزات میرایی ۴۳

جدول۳-۳: حداقل فاصله افقی بین قسمت پیرامون سازه و سازه‌های مجاور ۴۷

جدول۳-۴: مقادیر ضریب B براساس نوع جداگرهای لرزه ای ۵۰

جدول۳-۵: مقادیر e ۵۶

جدول۳-۶: مقادیر تنش‌های مجاز در دستگاه‌های جداساز لرزه‌ای ۶۰

جدول۳-۷: مقاومت مصالح جداگرهای سازه‌ای ۶۱

جدول۳-۸: تنش‌های فشاری مجاز پیشنهادی برای بارهای دائمی و بارهای کوتاه ۶۲

جدول۳-۹: طبقه بندی خاک برمبنای مواد متشکل ساختگاه در آیین‌نامه ژاپن ۶۷

جدول۳-۱۰: مقایسه طبقه بندی نوع زمین در استاندارد ۲۸۰۰ و آیین‌نامه ژاپن ۶۹

جدول۳-۱۱: مقایسه تقسیم بندی مناطق لرزه ای در آیین نامه ۲۸۰۰ و آیین نامه ژاپن ۶۹

جدول۴-۱: مشخصات سیستم های جداسازی برای هر یک از مدل‌ها ۸۷

جدول۴-۲: پارامترها و نتایج روند عنوان شده پس از همگرا شدن پاسخ‌ها ۹۶

جدول۴-۳: نیروی برش و جابجایی نسبی طبقات در مدل ۱۰ طبقه ۹۷

جدول۴-۴: پارامترها و نتایج روند عنوان شده در ساختمان ۲ طبقه ۹۸

جدول۴-۵: نیروی برش و جابجایی نسبی طبقات در مدل ۲ طبقه ۹۸

جدول۴-۶: پارامتر ها و نتایج روند عنوان شده در ساختمان ۴ طبقه ۹۹

جدول۴-۷: نیروی برش و جابجایی نسبی طبقات در مدل ۴ طبقه ۹۹

جدول۴-۸: پارامترها و نتایج روند عنوان شده در ساختمان ۶ طبقه ۱۰۰
جدول۴-۹: نیروی برش و جابجایی نسبی طبقات در مدل ۶ طبقه ۱۰۰
جدول۴-۱۰: پارامترها و نتایج روند عنوان شده در ساختمان ۸ طبقه ۱۰۱
جدول۴-۱۱: نیروی برش و جابجایی نسبی طبقات در مدل ۸ طبقه ۱۰۱
جدول۴-۱۲: مشخصات رکوردهای حوزه دور مورد استفاده برای پروسه بهینه یابی ۱۱۱
جدول۴-۱۳: معرفی متغییرها و سطوح آنها برای رکوردهای حوزه دور ۱۱۲
جدول۴-۱۴: مجموعه رکوردهای به دست آمده با استفاده از نرم افزار MINITAB ۱۱۳
جدول۴-۱۵: مشخصات رکوردهای حوزه نزدیک مورد استفاده برای پروسه بهینه یابی ۱۱۴
جدول۴-۱۶: معرفی متغییرها و سطوح آنها برای رکوردهای حوزه نزدیک ۱۱۵
.جدول۴-۱۷: مجموعه رکوردهای به دست آمده با استفاده از نرم افزار MINITAB ۱۱۶
جدول۵-۱: معرفی متغییرها و سطوح آنها ۱۳۱
جدول۵-۲: ترکیبات مختلف ۷تایی رکوردهای به دست آمده با استفاده از نرم افزار MINITAB ۱۳۳
جدول۵-۳: امتیاز عنوان شده برای ترکیب های عنوان شده در نرم افزار MINITAB ۱۳۵
جدول۵-۴: مجموعه رکوردهای به دست آمده با استفاده از نرم افزار MINITAB ۱۳۶
جدول۵-۵: معرفی متغییرها و سطوح آنها ۱۳۸
جدول۵-۶: مجموعه رکوردهای به دست آمده با استفاده از نرم افزار MINITAB ۱۳۹
جدول۵-۷: امتیاز عنوان شده برای ترکیب های عنوان شده در نرم افزار MINITAB ۱۴۱
جدول۵-۸: مجموعه رکوردهای به دست آمده با استفاده از نرم افزار MINITAB ۱۴۲

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل۱-۱: جداگر لاستیکی ۱۰

شکل۱-۲: جداگر لاستیکی با هسته سربی ۱۲

شکل۱-۳: تاثیر جابجایی دوره تناوب و تغییر میرایی بر روی طیف ۱۲

شکل۱-۴: مدل یک درجه آزادی سازه برای تحلیل خطی معادل ۱۳

شکل۱-۴: پروسه همگرا شونده تحلیل خطی معادل ۱۷

شکل۲-۱: تعداد ساختمان احداث شده با جداسازی لرزه‌ای در سال ۲۱

شکل۲-۲: سازه‌های با جداسازی لرزه‌ای تا دسامبر ۲۰۰۱ در ژاپن ۲۱

شکل۲-۳: ضریب برش پایه ۲۱

شکل۲-۴: سطح زلزله ورودی (بر اساس سرعت) ۲۲

شکل۲-۵: مدل تحلیلی برای سیستم‌های با جداسازی لرزه‌ای ۲۲

شکل۲-۶: نسبت پریود با جداسازی در سازه‌های با جداسازی لرزه‌ای ۲۲

شکل۲-۷: نوع جداگرهای به کار رفته در ساختمان‌ها ۲۳

شکل۲-۸: مقایسه میزان پاسخ جابه‌جایی و فضای خالی در اطراف سازه (حداکثر جابه‌جایی مجاز) ۲۴

شکل۲-۹: حداکثر جابه‌جایی نسبی طبقات ۲۴

شکل۲-۱۰: الگوریتم تعیین روش محاسبات سازه ای ساختمان های با سیستم جداسازی لرزه‌ای ۲۹

شکل۲-۱۱: الگوریتم محاسبات سازه‌ای ساختمانی با سیستم جداسازی لرزه‌ای ۳۰

شکل۲-۱۲: نمودار طیف شتاب استاندارد در سطح سنگ بستر ۳۳

شکل۲-۱۳: ضریب تشدید خاک در لایه خاک زیر سازه ۳۶

شکل۲-۱۴: مدل سازه‌ای باجداسازی لرزه‌ای (به صورت سیستم یکدرجه آزادی) ۳۷

شکل۲-۱۵: طیف پاسخ در سطح زمین ۳۸

شکل۳-۱: فاصله افقی بین سازه فوقانی و زیرسازه ۴۸

شکل۳-۲: نمایش مقادیر Wi و dWi با توجه به منحنی هیسترزیس ۵۲

شکل۳-۳: محدوده تغییر شکل‌های طراحی ۶۱

شکل۳-۴: مدل سازه ای باجداسازی لرزه‌ای و نمودار نیرو-جابجایی ۶۴

شکل۳-۵: پروسه همگرا شونده تحلیل با طیف ظرفیت و طیف نیاز ۶۵

شکل۳-۶: طیف شتاب برای خطر لرزه ای خیلی زیاد و خاک نوع II (ایران) و منطقه لرزه ای Z=1 و خاک نوع ۲ (ژاپن) ۷۱

شکل۳-۷: طیف شتاب برای خطر لرزه ای خیلی زیاد و خاک نوع III (ایران) و منطقه لرزه‌ای Z=1 و خاک نوع ۲ (ژاپن) ۷۱
شکل۳-۸: طیف شتاب برای خطر لرزه‌ای خیلی زیاد و خاک نوع IV (ایران) و منطقه لرزه‌ای Z=1 و خاک نوع ۳ (ژاپن) ۷۱
شکل۳-۹: طیف شتاب برای خطر لرزه‌ای زیاد و خاک نوع I (ایران) و منطقه لرزه ای Z=0.9 و خاک نوع ۱ (ژاپن) ۷۲
شکل۳-۱۰: طیف شتاب برای خطر لرزه ای زیاد و خاک نوع II (ایران) و منطقه لرزه ای Z=0.9 و خاک نوع ۲ (ژاپن) ۷۲
شکل۳-۱۱: طیف شتاب برای خطر لرزه ای زیاد و خاک نوع III (ایران) و منطقه لرزه ای Z=0.9 و خاک نوع ۲ (ژاپن) ۷۲
شکل۳-۱۲: طیف شتاب برای خطر لرزه ای زیاد و خاک نوع IV (ایران) و منطقه لرزه ای Z=0.9 و خاک نوع ۳ (ژاپن) ۷۲
شکل۳-۱۳: طیف شتاب برای خطر لرزه‌ای متوسط و خاک نوع I (ایران) و منطقه لرزه‌ای Z=0.8 و خاک نوع ۱ (ژاپن) ۷۳
شکل۳-۱۴: طیف شتاب برای خطر لرزه‌ای متوسط و خاک نوع II (ایران) و منطقه لرزه‌ای Z=0.8 و خاک نوع۲ (ژاپن) ۷۳
شکل۳-۱۵: طیف شتاب برای خطر لرزه‌ای متوسط و خاک نوع III (ایران) و منطقه لرزه‌ای Z=0.8 و خاک نوع۲ (ژاپن) ۷۳
شکل۳-۱۶: طیف شتاب برای خطر لرزه‌ای متوسط و خاک نوع IV (ایران) و منطقه لرزه‌ای Z=0.8 و خاک نوع۳ (ژاپن) ۷۳
شکل۳-۱۷: طیف شتاب برای خطر لرزه ای کم و خاک نوع I (ایران) و منطقه لرزه ای Z=0.7 و خاک نوع ۱ (ژاپن) ۷۴
شکل۳-۱۸: طیف شتاب برای خطر لرزه‌ای کم و خاک نوع II (ایران) و منطقه لرزه ای Z=0.7 و خاک نوع ۲ (ژاپن) ۷۴
شکل۳-۱۹: طیف شتاب برای خطر لرزه ای کم و خاک نوع III (ایران) و منطقه لرزه ای Z=0.7 و خاک نوع ۲ (ژاپن) ۷۴
شکل۳-۲۰: طیف شتاب برای خطر لرزه ای کم و خاک نوع IV (ایران) و منطقه لرزه ای Z=0.7 و خاک نوع ۳ (ژاپن) ۷۴
شکل۳-۲۱: زمان تناوب اصلی نوسان برای ساختمان‌های با پایه گیردار در آیین‌نامه ۲۸۰۰ و آیین‌نامه ژاپن ۷۷
شکل۳-۲۲: ضریب توزیع برش در ساختمان ۱۰ طبقه با توزیع یکنواخت جرم در طبقات (T=0.5s) ۷۸
شکل۳-۲۳: ضریب توزیع برش در ساختمان ۱۰ طبقه با توزیع یکنواخت جرم در طبقات (T=2s) ۷۸
شکل۴-۱: نمودار هیسترزیس جداساز برای تغییر شکل‌های برشی دو محوری ۸۲
شکل۴-۲: مدل دو خطی سیستم جداساز ۸۴
شکل۴-۳: پلان و بارهای وارده به نشیمن‌ها ۸۷
شکل۴-۴: مدل دوخطی سیستم جداساز ۸۸
شکل۴-۵: پلان مدل دو گرهی ۸۹
شکل۴-۶: مقایسه برش پایه دو مدل در راستای X ۹۰
شکل۴-۷: مقایسه برش پایه دو مدل در راستای Y ۹۰
شکل۴-۸: مقایسه جابجایی جداساز در راستای X در دو مدل ۹۱
شکل۴-۹: مقایسه جابجایی جداساز در راستای Y در دو مدل ۹۱
شکل۴-۱۰: مدل ۱۰ طبقه مورد بررسی ۹۲
شکل۴-۱۱: رابطه نیرو– جابه‌جایی در تراز جداسازی ۹۳
شکل۴-۱۲: پارامترهای محاسبه انرزی با توجه به شکل منحنی نیرو جابجایی جداساز ۹۳

شکل۴-۱۳: طیف ظرفیت و طیف نیاز در مدل ۱۰طبقه ۹۵
شکل۴-۱۴: طیف ظرفیت و طیف نیاز در مدل ۱۰طبقه پس از همگرا شدن پاسخ‌ها ۹۶
شکل۴-۱۵: طیف ظرفیت و طیف نیاز در مدل ۲ طبقه ۹۸
شکل۴-۱۶: طیف ظرفیت و طیف نیاز در مدل ۴ طبقه ۹۹
شکل۴-۱۷: طیف ظرفیت و طیف نیاز در مدل ۶ طبقه ۱۰۰
شکل۴-۱۸: طیف ظرفیت و طیف نیاز در مدل ۸ طبقه ۱۰۱
شکل۴-۱۹: شکل رکورد LN92lucr زلزله Landers سال ۱۹۹۲ ۱۰۵
شکل۴-۲۰: زلزله Imperial Valleyایستگاه (230-Array #5) ۱۰۷
شکل۴-۲۱: زلزله Imperial Valley ایستگاه -(140-Array #5) ۱۰۷
شکل۴-۲۲: نتایج نرم افزار MINITAB ۱۱۲
شکل۴-۲۳: مقایسه طیف میانگین زلزله های حوزه دور انتخابی حاصل از پروسه بهینه‌یابی با طیف طرح آیین‌نامه ۲۸۰۰ ۱۱۳
شکل۴-۲۴: نتایج نرم افزار MINITAB ۱۱۵
شکل۴-۲۵: مقایسه طیف میانگین زلزله‌های حوزه نزدیک انتخابی حاصل از پروسه بهینه‌یابی با طیف طرح آیین‌نامه ۲۸۰۰ ۱۱۶
شکل۴-۲۶: جابجایی حداکثر تراز پایه ساختمان ۲ طبقه تحت رکوردهای حوزه دور ۱۱۷
شکل۴-۲۷: جابجایی حداکثر تراز پایه ساختمان ۲ طبقه تحت رکوردهای حوزه نزدیک ۱۱۸
شکل۴-۲۸: برش پایه حداکثر در ساختمان ۲ طبقه تحت رکوردهای حوزه دور ۱۱۸
شکل۴-۲۹: برش پایه حداکثر تراز پایه ساختمان ۲ طبقه تحت رکوردهای حوزه نزدیک ۱۱۸
شکل۴-۳۰: جابجایی حداکثر تراز پایه ساختمان ۴ طبقه تحت رکوردهای حوزه دور ۱۱۹
شکل۴-۳۱: جابجایی حداکثر تراز پایه ساختمان ۴ طبقه تحت رکوردهای حوزه نزدیک ۱۱۹
شکل۴-۳۲: برش پایه حداکثر در ساختمان ۴ طبقه تحت رکوردهای حوزه دور ۱۲۰
شکل۴-۳۳: برش پایه حداکثر تراز پایه ساختمان ۴ طبقه تحت رکوردهای حوزه نزدیک ۱۲۰
شکل۴-۳۴: جابجایی حداکثر تراز پایه ساختمان ۶ طبقه تحت رکوردهای حوزه دور ۱۲۰
شکل۴-۳۵: جابجایی حداکثر تراز پایه ساختمان ۶ طبقه تحت رکوردهای حوزه نزدیک ۱۲۱
شکل۴-۳۶: برش پایه حداکثر در ساختمان ۶ طبقه تحت رکوردهای حوزه دور ۱۲۱
شکل۴-۳۷: برش پایه حداکثر تراز پایه ساختمان ۶ طبقه تحت رکوردهای حوزه نزدیک ۱۲۱
شکل۴-۳۸: جابجایی حداکثر تراز پایه ساختمان ۸ طبقه تحت رکوردهای حوزه دور ۱۲۲
شکل۴-۳۹: جابجایی حداکثر تراز پایه ساختمان ۸ طبقه تحت رکوردهای حوزه نزدیک ۱۲۲
شکل۴-۴۰: برش پایه حداکثر در ساختمان ۸ طبقه تحت رکوردهای حوزه دور ۱۲۲
شکل۴-۴۱: برش پایه حداکثر تراز پایه ساختمان ۸ طبقه تحت رکوردهای حوزه نزدیک ۱۲۳
شکل۴-۴۲: جابجایی حداکثر تراز پایه ساختمان ۱۰ طبقه تحت رکوردهای حوزه دور ۱۲۳

شکل۴-۴۳: جابجایی حداکثر تراز پایه ساختمان ۱۰ طبقه تحت رکوردهای حوزه نزدیک ۱۲۳
شکل۴-۴۴: برش پایه حداکثر در ساختمان ۱۰ طبقه تحت رکوردهای حوزه دور ۱۲۴
شکل۴-۴۵: برش پایه حداکثر تراز پایه ساختمان ۱۰ طبقه تحت رکوردهای حوزه نزدیک ۱۲۴
شکل۴-۴۶: مقایسه جابجایی پایه ناشی از رکوردهای حوزه دور و نزدیک با جابجایی در روش پیشنهادی ۱۲۴
شکل۴-۴۷: مقایسه برش پایه ناشی از رکوردهای حوزه دور و نزدیک با برش پایه در روش پیشنهادی ۱۲۵
شکل۴-۴۸: مقایسه نسبت میانگین پاسخ ها در دو حالت دور و نزدیک ۱۲۶
شکل۴-۴۹: میزان انحراف معیار در پاسخ جابجایی دور و نزدیک ۱۲۶
شکل۴-۵۰: میزان انحراف معیار در پاسخ برش پایه دور و نزدیک ۱۲۶
شکل۴-۵۱: میانگین تغییر مکان جانبی نسبی برای رکوردهای حوزه دور و نزدیک برای ساختمان های ۱۰و ۸ طبقه ۱۲۷
شکل۴-۵۱: میانگین تغییر مکان جانبی نسبی برای رکوردهای حوزه دور و نزدیک برای ساختمان ۶طبقه ۱۲۸
شکل۵-۱: پاسخ های جابجایی تراز بام و جابجایی ایزولاتورها (تراز پایه) تحت رکورد طبس ایستگاه دیهوک ۱۳۰
شکل۵-۲: شتاب در تراز پایه و شتاب در بام تحت رکورد طبس ایستگاه دیهوک ۱۳۰
شکل۵-۳: خروجی نرم افزار MINITAB ۱۳۶
شکل۵-۴: مقایسه طیف میانگین زلزله‌های حوزه دور انتخابی حاصل از پروسه بهینه یابی با طیف طرح آیین نامه ۲۸۰۰ ۱۳۷
شکل۵-۵: خروجی نرم افزار MINITAB ۱۴۲
شکل۵-۶: مقایسه طیف میانگین زلزله های انتخابی حاصل از پروسه بهینه یابی با طیف طرح آیین نامه ۲۸۰۰ ۱۴۳

فصل ۱

جداسازی لرزه‌ای

۱-۱ مقدمه

در طراحی لرزه‌ای سازه‌ها معمولا به افزایش ظرفیت مقاومت آنها در برابر تحریکات زمین توجه می شود. این افزایش مقاومت با به کارگیری دیوار برشی، مهاربندی و یا استفاده از قاب‌های خمشی تامین می‌شود. با وجود این، استفاده از روش‌های مرسوم بیان شده باعث افزایش شتاب طبقات در ساختمان‌های سخت و یا تغییرمکان های نسبی (drift) بزرگ بین طبقه‌ای در سازه‌های انعطاف‌پذیر می شود. از این رو عناصر غیرسازه‌ای ممکن است در زلزله‌های شدید علیرغم سلامت خود سازه دچار خسارات شدیدی شوند. این مسئله برای ساختمان‌هایی که دارای تجهیزات به مراتب ارزشمندتر از خود سازه هستند مانند شرکت‌هایی که لوازم حساس و دقیق تولید می‌کنند قابل قبول نیست. بعلاوه بیمارستان‌ها،پایگاه‌های آتش‌نشانی و پلیس و مراکز مخابراتی که تجهیزات با ارزشی دارند و بایستی پس از زلزله کاربری خود را حفظ کنند از این دسته‌اند[۱].

۱-۲ جداسازی ارتعاشی پایه

امروزه کاربرد سامانه‌های جداسازی لرزه‌ای یکی از روش‌های گسترش یافته برای محافظت سازه در برابر زلزله می باشد. هدف از طرح و اجرای این سامانه‌ها جدا کردن سازه از زمین است، به گونه‌ای که تکان-های لرزه ای زمین به سازه منتقل نگردد و یا به میزان زیادی کاهش یابد [۱].

برای دسته‌ای از سازه‌ها مانند بیمارستان‌ها، ساختمان‌های دارای ارزش هنری، پل های مهم، نیروگاه-های برق هسته ای، موزه‌ها و سازه های مهمی که در مناطق با احتمال زیاد وقوع زلزله های شدید قرار دارند، روش طراحی بر اساس شکل پذیری ممکن است مناسب نباشد. علاوه بر این با بالارفتن سطح نیازهای شهری هزینه‌های قابل توجهی صرف ایجاد شریانهای حیاتی و سازه‌های موجود در کشور شده و خواهد شد. این امر نیاز به پیش بینی تمهیدات لازم برای ارتقای سطح ایمنی این بناها در برابر زلزله را به همراه دارد. نیاز به کاستن آسیب لرزه ای در سازه های حساس یا با ارزش، محققان و مهندسان را بر آن داشته تا روش‌های دیگری برای طراحی و ساخت سازه ها پیشنهاد نمایند که نه تنها سازه ها را از خرابی ناشی از زلزله حفظ کند بلکه کارآیی آنها را پس از زلزله های بزرگ نیز تضمین نماید[۲]. روشهای کنترل لرزه ای سازه ها به عنوان روش هایی که در آنها با کمک تعبیه تجهیزاتی در سازه، مشخصات و رفتار دینامیکی آن در زمان ارتعاش تنظیم شده و نیروهای کمتری به سازه در حال ارتعاش اعمال می گردند، گزینه های مناسب و قابل بررسی در طراحی لرزه ای یک ساختمان هستند. جداسازی لرزه‌ای سازه ها با تعریفی که در ابتدای این مقدمه آورده شده، در زمره این روش‌های کنترل در نظر گرفته می شود [۱]. مبنای نظریه جداسازی از حرکات زلزله، عبارت است از ایجاد انعطاف پذیری در پایه سازه در صفحه افقی و همزمان با آن، ایجاد عناصر مستهلک کننده به منظور جذب کامل و یا بخش عمده ای از انرژی ناشی از زمین‌لرزه. هدف اصلی نیز دور کردن دوره تناوب سازه به مقدار مطلوب از دوره تناوب حرکت زمین و یا کاهش اثر تغییر مکان انتقال یافته از زمین به سازه است. با تامین موارد بالا در سازه می توانیم مزایای زیر را از سیستم انتظار داشته باشیم:

۱. توانایی در ایجاد انعطاف پذیری مناسب برای سازه
۲. کاهش تغییر مکان کف به منظور افت خرابیهای سازه ای و غیرسازه ای نظیر دستگاه‌های حساس و افزایش ایمنی برای وسایل و تجهیزات و نماهای معماری داخل ساختمان
۳. کاهش فرکانس ارتعاشی سازه
۴. کاهش نیروهای طراحی زلزله

استفاده از سیستم‌های جداسازی باعث کاهش قابل ملاحظه ای از نیروهای طراحی سازه‌های کوتاه و متوسط، نیروگاه های هسته‌ای، پل‌ها و بسیاری از ساختمان های صنعتی که جزو ساختمان های سخت به حساب می‌آیند، می شود [۳].

به طور کلی، می توان انتظار داشت که با کاهش بسامد ارتعاش سازه و افزایش دوره تناوب، انعطاف‌پذیری افزایش یابد و جابجایی‌ها نیز افزایش یابد. حضور عناصر مستهلک کننده نیز باعث کاهش نیروهای وارده می‌شوند و هرچه این استهلاک بیشتر باشد طیف بازتاب شتاب سازه نرمتر خواهد بود و در واقع حساسیت سازه نسبت به تغییرات شتاب زمین، کمتر است [۴].

با توجه به مسایلی که به آنها اشاره شد، به منظور برآورده کردن اهداف مورد نظر، عناصر اصلی سیستم جداکننده عملی را می‌توان چنین برشمرد [۱ و ۴]:

۱. یک تکیه‌گاه انعطاف پذیر برای افزایش زمان تناوب سازه و در نتیجه کاهش نیروها
۲. یک مستهلک کننده یا جاذب انرژی برای کنترل تغییر مکان نسبی سازه و زمین در حد طراحی عملی
۳. یک سیستم ایجاد کننده صلبیت در برابر بارهای کم اثر نظیر باد یا زلزله‌های کوچک. این سیستم صلب در واقع به منظور کنترل مواردی ایجاد می شود که در آنها برای استفاده از سیستم جداکننده محدودیت وجود دارد.

۱-۳ معرفی برخی از سیستمهای جداسازی

باگسترش روش جداسازی ساختمان از زمین برای محافظت آن در مقابل حرکات ناشی از زمین لرزه در سالهای اخیر سیستمهای گوناگونی طراحی و ساخته شده است.

جداساز به وسیله ای گفته می شود که سازه روی خود را از بخش زیرین خود جدا می کند. برای اینکه در زمان بروز زلزله هیچ نیرویی به سازه منتقل نشود، لازم است این تجهیزات سازه را کاملا به حالت شناور درآورند. این امر با توجه به نیاز به کنترل تغییر مکانهای نسبی جانبی از نظر اجرایی درست و امکان پذیر نیست. دو روش مختلف در تجهیزات جداسازی برای کنترل نیروی منتقل شده به روسازه استفاده می شود [۵].

۱-استفاده از جداسازهای لاستیکی برای افزایش دوره تناوب طبیعی سازه

۲- استفاده از جداسازهای اصطکاکی و کنترل حداکثر نیروی منتقل شده به روسازه و استهلاک انرژی در محل جداساز.