پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی زلزله

ارزیابی فنی و اقتصادی استفاده از جداگرهای لرزه‌ای در ساختمان‌ها

استاد راهنما

دکتر دانش

استاد مشاور

دکتر منصور ضیائی‌فر

نگارش

مرتضی اسدنژادهریس

۸۶۰۲۵۵۴

تابستان ۸۹

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به
پدر و مادر عزیزم

آنان که وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم همه مهر.

توانشان رفت تا به توانایی برسم و مویشان سپید گشت تا رویم سپید بماند.

آنان که فروغ نگاهشان، گرمی کلامشان و روشنی رویشان سرمایه‌های جاودانی زندگی من است.

آنان که راستی قامتم در شکستی قامتشان تجلی یافت.

در برابر وجود گرامیشان زانوی ادب بر زمین می زنم و با دلی مملو از عشق، محبت و خضوع بر دستشان بوسه می‌زنم.

فرم شماره ۳

تایید پایان نامه کارشناسی ارشد توسط دانشجو

موضوع پایان نامه: ارزیابی فنی و اقتصادی استفاده از جداگرهای لرزه‌ای در ساختمان‌ها

استاد راهنما: جناب آقای دکتر دانش
نام دانشجو: مرتضی اسدنژادهریس
شماره دانشجوئی: ۸۶۰۲۵۵۴

اینجانب **مرتضی اسدنژادهریس** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد **مهندسی عمران گرایش‌زلزله** دانشکده **مهندسی عمران** دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارشده مورد تائید می‌باشد و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون برایدریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری درهیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب(فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

فرم حق طبع ونشر و مالکیت نتایج

۱- حق طبع و نشر نتایج این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه حق چاپ و تکثیر این پایان‌نامه متعلق یا بخشی از آن تنها باموافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد. ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به **دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی** می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

تشکر و قدردانی

با سپاس وافر از الطاف و اکرام ایزد منان که حامی و پشتیبان اینجاب در همه مراحل زندگی بوده است.

با سپاس از فداکاری‌ها و تلاش‌های پدر و مادرم که از هیچ زحمتی دریغ نکردند و در همه حال مشوق من بودند.

در اینجا لازم می‌دانم مراتب امتنان خود را از جناب آقای دکتر دانش و دکتر ضیائی‌فر به خاطر راهنمائی‌های ارزشمندشان در امر تهیه این مجموعه اعلام دارم.

در پایان ازکلیه عزیزانی که در مراحل مختلف نگارش پایان‌نامه مرا یاری رسانندکمال قدردانی را دارم و از خداوند متعال توفیقاتشان را خواستارم.

چکیده:

امروزه استفاده از جداگرهای لرزه‌ای علاوه بر استفاده در ساختمان‌های با اهمیت، از نظر نوع کاربری و تجهیزات خاص، در ساختمان‌های مسکونی هم مورد استفاده قرار می‌گیرند. مقایسه این نوع ساختمان‌ها با ساختمان‌هایی که در آنها از جداگر لرزه‌ای استفاده نشده است می‌تواند در تصمیم گیری طراحان و سازندگان در استفاده از این نوع سیستم‌ها در ساختمان‌های مسکونی کمک قابل ملاحظه‌ای نماید.

خصوصا، با توجه به افزایش هزینه طراحی و اجرای آنها نسبت به انواع متداول و معمول سیستم‌های مقاوم در برابر زلزله، لازم است توجه دقیقی به ابعاد فنی این نوع سیستم‌ها صورت پذیرد. هدف این پایان‌نامه در این راستا و در جهت مطالعه و ارزیابی این سیستم‌ها از لحاظ فنی می‌باشد و تاثیر پارامترهای مختلف از جمله تعداد طبقات، نوع خاک ساختگاه و سیستم سازه‌ای مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

بدین منظور، در این تحقیق، ساختمانهای مورد مطالعه (با و بدون جداگر لرزه‌ای) با روش تحلیل استاتیکی معادل، بر اساس آیین‌نامه UBC97 با استفاده از نرم افزار (SAP2000) طراحی شده‌اند. تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی با اعمال ۳ شتابنگاشت بر ساختمانهای مورد مطالعه (شامل دو گروه شتابنگاشت، مطابق با خاک‌های نوع S_C و S_D در آیین‌نامه UBC97) انجام شده است. شتابنگاشتها با همپایه سازی به روش انرژی اعمال شده‌اند.

نهایتاً ساختمان‌های با جداگر لرزه‌ای و ساختمان‌های متداول فعلی از نظر اقتصادی و فنی مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان می‌دهد که سازه‌های با جداگر لرزه‌ای نسبت به سازه‌های بدون جداگر لرزه‌ای، شتابها و تغییرمکانهای نسبی کمتر و همچنین با توجه به برش پایه کمتر اعضای با مقاطع کوچکتر دارند. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که سازه‌های با جداگر در خاک‌های S_D نسبت به خاک‌های S_C، رفتار بهتری از خود نشان می‌دهند و استفاده از جداگرها در ساختمان-های کوتاه باعث کاهش بیشتر پاسخ‌های سازه نسبت به ساختمان‌های بلندتر می‌شود. نهایتاً سیستم‌های قاب خمشی نسبت به سیستم‌های مهاربندی رفتار بهتری از خود نشان می‌دهند.

واژگان کلیدی:

جداگر لرزه‌ای، طراحی ساختمان‌ها با جداگر لرزه‌ای، تحلیل دینامیکی سیستم‌های با جداگر لرزه‌ای، ارزیابی اقتصادی جداگرهای لرزه‌ای.

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه

مقدمه ۱

فصل ۲: مروری بر کلیات و مفاهیم جداگر لرزه‌ای

۲-۱- مقدمه ۳
۲-۱-۱- الزامات ۴
۲-۱-۲- صدمات غیرسازه‌ای ۴
۲-۱-۳- شرایط امکانپذیری جداسازی لرزه‌ای ۵
۲-۲- خصوصیات فنی جداگرهای لرزه‌ای ۵
۲-۲-۱- اجزای اصلی سیستم‌های جداگر لرزه‌ای ۵
۲-۲-۲- انعطاف پذیری ۶
۲-۲-۳- ضربه گیرها ۸
۲-۲-۴- کاربرد برنامه‌های کامپیوتری در تحلیل سازه‌های با جداگر لرزه‌ای ۸
۲-۲-۵- انواع سیستم‌های جداکننده ساختمان از پایه ۹
۲-۲-۵-۱- سیستم تکیه‌گاه لاستیک لایه‌ای (LRB) ۹
۲-۲-۵-۲- سیستم جداکننده اصطکاک خالص (P-F) ۱۱
۲-۲-۵-۳- سیستم جداکننده اصطکاکی – مقاوم (R-FBI) ۱۲
۲-۲-۵-۴- سیستم جداکننده (EDF) ۱۳
۲-۲-۵-۵- سیستم زلاندنو (NZ) ۱۴
۲-۲-۵-۶- سیستم جداکننده مقاوم اصطکاک – لغزشی (SR-F) ۱۵
۲-۲-۵-۷- سیستم پی لغزشی ۱۷
۲-۲-۵-۸- سیستم جداگر الاستومریک تقویت شده با فیبر (FREI) ۱۷
۲-۲-۶- مشخصات کلی جداگرها ۱۸
۲-۲-۶-۱- مشخصات ابعادی جداگرهای لرزه‌ای ۱۸
۲-۲-۶-۲- مشخصات مصالح ۱۸
۲-۲-۷- ساخت و اجرای جداگرهای لرزه‌ای ۱۹
۲-۳- بررسی رفتار ساختمانها با استفاده از جداگر لرزه‌ای ۲۳
۲-۳-۱- جداسازی لرزه‌ای در ساختمانهای مرتفع ۲۳
۲-۳-۱-۱- مقدمه ۲۳
۲-۳-۱-۲- فرضیات ۲۳
۲-۳-۱-۳- اثر سخت کنندگی روسازه ۲۶
۲-۳-۱-۴- اثر میرایی روسازه ۲۹
۲-۳-۱-۵- اثر شکلپذیری سیستم جداگر ۳۰
۲-۳-۱-۶- اثر میرایی بر سیستم جداگر ۳۲
۲-۳-۲- جداگرهای لرزه‌ای برای سازه‌های نامنظم ۳۲
۲-۳-۳- مدلسازی جداگرهای لرزه‌ای ۳۳
۲-۴- بررسی اقتصادی ۳۵
۲-۵- خلاصه فصل و نتیجه گیری ۳۶

فصل ۳: آیین‌نامه‌های طراحی

۳-۱- مقدمه ۳۹
۳-۲- بررسی آیین‌نامه‌های چین ۳۹
۳-۲-۱- آیین‌نامه‌های ایتالیا، اروپا و آمریکا ۴۱
۳-۲-۱-۱- سطوح عملکردی ۴۱
۳-۲-۱-۲- کنش‌های لرزه‌ای ۴۲
۳-۲-۱-۳- روش‌های مدلسازی و تحلیل ۴۳
۳-۳- خلاصه فصل و نتیجه گیری ۴۶

فصل ۴: طراحی ساختمان‌های با جداگر لرزه‌ای و ساختمان‌های بدون جداگر لرزه‌ای

۴-۱- مقدمه ۴۸
۴-۲- عوامل موثر در پاسخ لرزه‌ای سازه‌های با جداگر لرزه‌ای ۴۹
۴-۲-۱- نوع خاک ۴۹
۴-۲-۲- تعداد طبقات ۵۰
۴-۲-۳- سیستم مقاوم در برابر بار جانبی ۵۲
۴-۲-۴- مدلسازی سیستم جداگر ۵۳
۴-۳- طراحی ساختمان‌ها و تجهیزات جداگر لرزه‌ای ۵۶
۴-۳-۱- طراحی ساختمان‌های بدون جداگر لرزه‌ای ۵۸
۴-۳-۲- طراحی روسازه در ساختمان‌های با جداگر لرزه‌ای ۶۱
۴-۳-۳- طراحی سامانه جداگر لرزه‌ای ۶۵
۴-۳-۳-۱- مدل خطی آیین‌نامه ۶۵
۴-۳-۳-۲- مدل دوخطی ۶۶
۴-۴- خلاصه فصل و نتیجه گیری ۷۰

فصل ۵: تحلیل دینامیکی خطی و غیرخطی

۵-۱- تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی ۷۱
۵-۱-۱- شتاب‌نگاشتها ۷۱
۵-۱-۱-۲- همپایه کردن شتاب‌نگاشتها ۷۳
۵-۱-۲- تحلیل تاریخچه زمانی ۷۶
۵-۱-۲-۱- مفاصل غیرخطی در نرم‌افزار ۷۶
۵-۱-۲-۲- روش تحلیل ۷۹
۵-۲- نتایج تحلیل خطی ۷۹
۵-۲-۱- شتاب ۷۹
۵-۲-۱-۱- تاثیر نوع خاک بر شتاب ۷۹
۵-۲-۱-۲- تاثیر سیستم سازه‌ای بر شتاب ۸۴
۵-۲-۲- تغییرمکان نسبی ۸۴
۵-۲-۲-۱- تاثیر نوع خاک بر تغییرمکان نسبی ۸۴
۵-۲-۲-۲- تاثیر سیستم سازه‌ای بر تغییرمکان نسبی ۸۹
۵-۳- نتایج تحلیل غیرخطی ۸۹

۵-۳-۱- شتاب ۸۹
۵-۳-۱-۲- تاثیر نوع خاک بر شتاب ۹۱
۵-۳-۱-۳- تاثیر سیستم سازه‌ای بر شتاب ۹۵
۵-۳-۱-۴- تاثیر مدل سامانه جداگر بر شتاب ۹۵
۵-۳-۱-۵- تاثیر جداگر لرزه‌ای بر شتاب ۹۶
۵-۳-۲- تغییرمکان نسبی ۹۷
۵-۳-۲-۲- تاثیر نوع خاک بر تغییرمکان نسبی ۹۸
۵-۳-۲-۳- تاثیر سیستم سازه‌ای بر تغییرمکان نسبی ۱۰۶
۵-۳-۲-۴- تاثیر مدل سامانه جداگر بر تغییرمکان نسبی ۱۰۶
۵-۳-۲-۵- تاثیر جداگر لرزه‌ای بر تغییرمکان نسبی ۱۰۷
۵-۳-۳- برش پایه ۱۰۸
۵-۳-۳-۲- تاثیر جداگر لرزه‌ای بر برش پایه ۱۱۰
۵-۳-۴- رفتار غیرخطی ۱۱۱
۵-۳-۵- نتایج بررسی فنی ۱۱۴
۵-۳-۵-۱- نتایج بدست آمده از بررسی شتاب ۱۱۴
۵-۳-۵-۲- نتایج بدست آمده از بررسی تغییرمکان نسبی ۱۱۵
۵-۳-۵-۳- نتایج بدست آمده از بررسی تغییرمکان ۱۱۷
۵-۳-۵-۴- نتایج بدست آمده از بررسی برش پایه ۱۱۹
۵-۴- خلاصه فصل و نتیجه گیری ۱۲۰

فصل ۶: ارزیابی اقتصادی سیستم‌های با جداگر لرزه‌ای

۶-۱- ارزیابی اقتصادی ۱۲۲
۶-۱-۱- مقدمه ۱۲۲
۶-۱-۲- هزینه جداگر لرزه‌ای ۱۲۳
۶-۱-۲-۱- هزینه‌های مهندسی، طرح و مستندات ۱۲۴
۶-۱-۲-۲- هزینه سامانه جداگر لرزه‌ای ۱۲۴
۶-۱-۲-۳- هزینه تغییرات سازه‌ای ۱۲۵
۶-۱-۲-۴- تغییرات معماری، تاسیسات (سرویسها) و بخش‌های غیر سازه‌ای ۱۲۵
۶-۱-۲-۵- صرفه‌جویی در هزینه‌های سیستم سازه‌ای ۱۲۶
۶-۱-۲-۶- کاهش هزینه آسیب (خسارت) ۱۲۷
۶-۱-۳- نتیجه بررسی هزینه ۱۲۹
۶-۱-۴- نتایج بررسی اقتصادی ۱۳۵
۶-۱-۴-۱- صرفه‌جویی در مقاطع سازه‌ای ۱۳۵
۶-۱-۴-۲- افزایش هزینه ۱۳۶
۶-۱-۴-۳- صرفه‌جویی هزینه آسیب ۱۳۷
۶-۱-۴-۴- نتایج کلی هزینه ۱۳۸
۶-۲- خلاصه فصل و نتیجه گیری ۱۳۹

فصل ۷: نتیجه گیری و پیشنهادات

۷-۱- نتیجه گیری ۱۴۱
۷-۲- پیشنهادات ۱۴۳

پیوست

پیوست ۱: مقاطع مورد استفاده در ساختمان‌ها ۱۴۴
پیوست ۲: ضرایب مقیاس محاسبه شده جهت تحلیل تاریخچه زمانی ۱۸۱
پیوست ۳: مشخصات نشیمن‌های شرکت رابینسون ۱۸۴
منابع و مراجع ۱۸۵

فهرست اشکال

شکل (۲-۱) ورق‌های فولادی در تکیه‌گاه‌های الاستومری ۶
شکل (۲-۲) سختی جانبی کم نسبت به سختی قائم ۶
شکل (۲-۳) طیف پاسخ تغییرمکان ۷
شکل (۲-۴) طیف پاسخ نیرو ۷
شکل (۲-۵) جداگرهای غلتکی ۷
شکل (۲-۶) تعلیق توسط کابل ۷
شکل (۲-۷) پایه‌های مهره ماسوره‌ای ۷
شکل (۲-۸) حرکت گهواره‌ای ۸
شکل (۲-۹) تکیه‌گاه لاستیکی با هسته سربی ۱۰
شکل (۲-۱۰) سیستم جداکننده اصطکاکی ۱۱
شکل (۲-۱۱) سیستم جداکننده اصطکاکی- مقاوم ۱۲
شکل (۲-۱۲) سیستم زلاندنو ۱۴
شکل (۲-۱۳) سیستم پی لغزشی ۱۷
شکل (۲-۱۴) مدل جداگرهای با (a) صفحات فولادی و (b) فیبر ۱۸
شکل (۲-۱۵) مجموعه بلوکهای ساختمانی ۱۹
شکل (۲-۱۶) آرایش سیستم دیوار برشی همراه با آرایش جداگرهای لرزه‌ای ساختمان نوع A ۲۰
شکل (۲-۱۷) جزییات پایه دیوارهای پیرامونی ۲۰
شکل (۲-۱۸) جزییات پایه دیوارهای درونی ۲۰
شکل (۲-۱۹) یک نمونه آزمایشی جداگر تحت فشار و برش ترکیبی. بار عمودی ۱۹۰۰ KN و تغییرمکان ۲۴۵ mm ۲۲
شکل (۲-۲۰) جداگرهای آماده نصب ۲۲
شکل (۲-۲۱) نحوه چک کردن سطح تراز ۲۲
شکل (۲-۲۲) قالب ریزی ریشه جداگرها ۲۲
شکل (۲-۲۳) نصب جداگر ۲۲
شکل (۲-۲۴) درصد کاهش ماکزیمم شتاب کف با افزایش میرایی روسازه از ۲ تا ۲۰ ٪ ۲۹
شکل (۲-۲۵) درصد کاهش تغییر مکان نسبی طبقه با افزایش میرایی روسازه از ۲ تا ۲۰ ٪ ۲۹
شکل (۲-۲۶) تغییرات تغییرمکان پایه با تغییرات میرایی روسازه از ۲ تا ۲۰٪ در ساختمان ۱۰ طبقه ۳۰
شکل (۲-۲۷) تغییرات تغییرمکان پایه با تغییرات میرایی روسازه از ۲ تا ۲۰٪ در ساختمان ۱۰ طبقه ۳۰
شکل (۲-۲۸) مقطع عرضی ساختمان ۳۲
شکل (۲-۲۹) پلان ساختمان ۳۲
شکل (۲-۳۰) ماکزیمم پاسخها ۳۳
شکل (۲-۳۱) مدلسازی جداگر الف) درجات آزادی مدل سازه ب) مدل دوخطی ج) مدل خطی ۳۴
شکل (۴-۱) افزایش پاسخ سازه با نرم شدن خاک در دوره تناوبهای بلندتر ۴۹
شکل (۴-۲) کاهش پاسخ شتاب در اثر افزایش دوره تناوب طبیعی ۵۱
شکل (۴-۳) مدلسازی جداگر الف) درجات آزادی مدل سازه ب) مدل دوخطی ج) مدل خطی ۵۳
شکل (۴-۴) پارامترهای مختلف مدل دوخطی جداگر لرزه‌ای ۵۴
شکل (۴-۵) پلان ساختمانهای ۴، ۷ و ۱۲ طبقه خمشی ۵۷
شکل (۴-۶) پلان ساختمانهای ۴، ۷ و ۱۲ طبقه بادبندی ۵۷
شکل (۴-۷) مقطع عرضی ساختمانهای ۴، ۷ و ۱۲ طبقه خمشی در راستای بلند ۵۷
شکل (۴-۸) مقطع عرضی ساختمان های ۴، ۷ و ۱۲ طبقه خمشی در راستای کوتاه ۵۷
شکل (۴-۹) مقطع عرضی ساختمانهای ۴، ۷ و ۱۲ طبقه خمشی (بدون جداگر لرزه‌ای) در راستای بلند ۵۷
شکل (۴-۱۰) مقطع عرضی ساختمان های ۴، ۷ و ۱۲ طبقه خمشی (بدون جداگر لرزه‌ای) در راستای کوتاه ۵۷

شکل (۴-۱۱) مدل دوخطی جداگر لرزه‌ای و پارامترهای آن ۶۷
شکل (۴-۱۲) پارامترهای مدل دوخطی ارائه شده توسط شرکت FIPGroup ۶۸
شکل (۵-۱) شتاب‌نگاشتهای مربوط به خاک S_C ۷۲
شکل (۵-۲) شتاب‌نگاشتهای مربوط به خاک S_D ۷۳
شکل (۵-۳) طیف رکورد زلزله امپریال ولی برای ساختمان ۴ طبقه خمشی بدون جداگر لرزه‌ای روی خاک نوع SC قبل و بعد از همپایه سازی ۷۵
شکل (۵-۴) طیف رکورد زلزله امپریال ولی برای ساختمان ۴ طبقه خمشی با جداگر لرزه‌ای روی خاک نوع SC قبل و بعد از همپایه سازی ۷۵
شکل (۵-۵) شتاب طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد امپریالولی (خاک نوع S_D) ۸۰
شکل (۵-۶) شتاب طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_C) ۸۰
شکل (۵-۷) شتاب طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد سوپراستیتن هیلز (خاک نوع S_D) ۸۰
شکل (۵-۸) شتاب طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد لوما پریتا (خاک نوع S_C) ۸۰
شکل (۵-۹) شتاب طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد وایتر ناروز (خاک نوع S_D) ۸۱
شکل (۵-۱۰) شتاب طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد سن فرناندو (خاک نوع S_C) ۸۱
شکل (۵-۱۱) شتاب طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_D) ۸۱
شکل (۵-۱۲) شتاب طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_C) ۸۱
شکل (۵-۱۳) شتاب طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد سوپراستیتن هیلز (خاک نوع S_D) ۸۱
شکل (۵-۱۴) شتاب طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد لوما پریتا (خاک نوع S_C) ۸۱
شکل (۵-۱۵) شتاب طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد وایتر ناروز (خاک نوع S_D) ۸۲
شکل (۵-۱۶) شتاب طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد سن فرناندو (خاک نوع S_C) ۸۲
شکل (۵-۱۷) شتاب طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع SD) ۸۲
شکل (۵-۱۸) شتاب طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع SC) ۸۲
شکل (۵-۱۹) شتاب طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد سوپراستیتن هیلز (خاک نوع SD) ۸۲
شکل (۵-۲۰) شتاب طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد لوما پریتا (خاک نوع SC) ۸۲
شکل (۵-۲۱) شتاب طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد وایتر ناروز (خاک نوع SD) ۸۳
شکل (۵-۲۲) شتاب طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد سن فرناندو (خاک نوع SC) ۸۳
شکل (۵-۲۳) دریفت طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع SD) ۸۶
شکل (۵-۲۴) دریفت طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_C) ۸۶
شکل (۵-۲۵) دریفت طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد سوپراستیتن هیلز (خاک نوع S_D) ۸۶
شکل (۵-۲۶) دریفت طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد لوما پریتا (خاک نوع S_C) ۸۶
شکل (۵-۲۷) دریفت طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد وایتر ناروز (خاک نوع S_D) ۸۶
شکل (۵-۲۸) دریفت طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد سن فرناندو (خاک نوع S_C) ۸۶
شکل (۵-۲۹) دریفت طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_D) ۸۷
شکل (۵-۳۰) دریفت طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_C) ۸۷
شکل (۵-۳۱) دریفت طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد سوپراستیتن هیلز (خاک نوع S_D) ۸۷
شکل (۵-۳۲) دریفت طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد لوما پریتا (خاک نوع S_C) ۸۷
شکل (۵-۳۳) دریفت طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد وایتر ناروز (خاک نوع S_D) ۸۷
شکل (۵-۳۴) دریفت طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد سن فرناندو (خاک نوع S_C) ۸۷
شکل (۵-۳۵) دریفت طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_D) ۸۸
شکل (۵-۳۶) دریفت طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_C) ۸۸
شکل (۵-۳۷) دریفت طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد سوپراستیتن هیلز (خاک نوع S_D) ۸۸
شکل (۵-۳۸) دریفت طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد لوما پریتا (خاک نوع S_C) ۸۸
شکل (۵-۳۹) دریفت طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد وایتر ناروز (خاک نوع S_D) ۸۸

شکل (۵-۴۰) دریفت طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد سن فرناندو (خاک نوع S_C) ۸۸
شکل (۵-۴۱) شتاب طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_D) ۹۱
شکل (۵-۴۲) شتاب طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_C) ۹۱
شکل (۵-۴۳) شتاب طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد سوپراستیتن هیلز (خاک نوع S_D) ۹۱
شکل (۵-۴۴) شتاب طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد لوما پریتا (خاک نوع S_C) ۹۱
شکل (۵-۴۵) شتاب طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد وایتر ناروز (خاک نوع S_D) ۹۲
شکل (۵-۴۶) شتاب طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد سن فرناندو (خاک نوع S_C) ۹۲
شکل (۵-۴۷) شتاب طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_D) ۹۲
شکل (۵-۴۸) شتاب طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_C) ۹۲
شکل (۵-۴۹) شتاب طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد سوپراستیتن هیلز (خاک نوع S_D) ۹۲
شکل (۵-۵۰) شتاب طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد لوما پریتا (خاک نوع S_C) ۹۲
شکل (۵-۵۱) شتاب طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد وایتر ناروز (خاک نوع S_D) ۹۳
شکل (۵-۵۲) شتاب طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد سن فرناندو (خاک نوع S_C) ۹۳
شکل (۵-۵۳) شتاب طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع SD) ۹۳
شکل (۵-۵۴) شتاب طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع SC) ۹۳
شکل (۵-۵۵) شتاب طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد سوپراستیتن هیلز (خاک نوع SD) ۹۳
شکل (۵-۵۶) شتاب طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد لوما پریتا (خاک نوع SC) ۹۳
شکل (۵-۵۷) شتاب طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد وایتر ناروز (خاک نوع SD) ۹۴
شکل (۵-۵۸) شتاب طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد سن فرناندو (خاک نوع SC) ۹۴
شکل (۵-۵۹) تغییرمکان طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_D) ۹۹
شکل (۵-۶۰) تغییرمکان طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_C) ۹۹
شکل (۵-۶۱) تغییرمکان طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد سوپراستیتن هیلز (خاک نوع S_D) ۹۹
شکل (۵-۶۲) تغییرمکان طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد لوما پریتا (خاک نوع S_C) ۹۹
شکل (۵-۶۳) تغییرمکان طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد وایتر ناروز (خاک نوع S_D) ۹۹
شکل (۵-۶۴) تغییرمکان طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد سن فرناندو (خاک نوع S_C) ۹۹
شکل (۵-۶۵) تغییرمکان طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_D) ۱۰۰
شکل (۵-۶۶) تغییرمکان طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_C) ۱۰۰
شکل (۵-۶۷) تغییرمکان طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد سوپراستیتن هیلز (خاک نوع S_D) ۱۰۰
شکل (۵-۶۸) تغییرمکان طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد لوما پریتا (خاک نوع S_C) ۱۰۰
شکل (۵-۶۹) تغییرمکان طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد وایتر ناروز (خاک نوع S_D) ۱۰۰
شکل (۵-۷۰) تغییرمکان طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد سن فرناندو (خاک نوع S_C) ۱۰۰
شکل (۵-۷۱) تغییرمکان طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع SD) ۱۰۱
شکل (۵-۷۲) تغییرمکان طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع SC) ۱۰۱
شکل (۵-۷۳) تغییرمکان طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد سوپراستیتن هیلز (خاک نوع SD) ۱۰۱
شکل (۵-۷۴) تغییرمکان طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد لوما پریتا (خاک نوع SC) ۱۰۱
شکل (۵-۷۵) تغییرمکان طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد وایتر ناروز (خاک نوع SD) ۱۰۱
شکل (۵-۷۶) تغییرمکان طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد سن فرناندو (خاک نوع SC) ۱۰۱
شکل (۵-۷۷) دریفت طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع SD) ۱۰۳
شکل (۵-۷۸) دریفت طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_C) ۱۰۳
شکل (۵-۷۹) دریفت طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد سوپراستیتن هیلز (خاک نوع S_D) ۱۰۳
شکل (۵-۸۰) دریفت طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد لوما پریتا (خاک نوع S_C) ۱۰۳
شکل (۵-۸۱) دریفت طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد وایتر ناروز (خاک نوع S_D) ۱۰۳
شکل (۵-۸۲) دریفت طبقات در ساختمان ۴ طبقه تحت رکورد سن فرناندو (خاک نوع S_C) ۱۰۳

شکل (۵-۸۳) دریفت طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_D) ۱۰۴
شکل (۵-۸۴) دریفت طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_C) ۱۰۴
شکل (۵-۸۵) دریفت طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد سوپراستیتن هیلز (خاک نوع S_D) ۱۰۴
شکل (۵-۸۶) دریفت طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد لوما پریتا (خاک نوع S_C) ۱۰۴
شکل (۵-۸۷) دریفت طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد وایتر ناروز (خاک نوع S_D) ۱۰۴
شکل (۵-۸۸) دریفت طبقات در ساختمان ۷ طبقه تحت رکورد سن فرناندو (خاک نوع S_C) ۱۰۴
شکل (۵-۸۹) دریفت طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_D) ۱۰۵
شکل (۵-۹۰) دریفت طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد امپریال‌ولی (خاک نوع S_C) ۱۰۵
شکل (۵-۹۱) دریفت طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد سوپراستیتن هیلز (خاک نوع S_D) ۱۰۵
شکل (۵-۹۲) دریفت طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد لوما پریتا (خاک نوع S_C) ۱۰۵
شکل (۵-۹۳) دریفت طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد وایتر ناروز (خاک نوع S_D) ۱۰۵
شکل (۵-۹۴) دریفت طبقات در ساختمان ۱۲ طبقه تحت رکورد سن فرناندو (خاک نوع S_C) ۱۰۵
شکل (۵-۹۵) مفاصل پلاستیک ایجاد شده در ساختمان ۴ طبقه با جداگر لرزه‌ای و مدل دوخطی سامانه جداساز روی خاک نوع SC (رکورد مقیاس‌شده سن فرناندو) ۱۱۲
شکل (۵-۹۶) مفاصل پلاستیک ایجاد شده در ساختمان ۷ طبقه با جداگر لرزه‌ای و مدل دوخطی سامانه جداساز روی خاک نوع SC (رکورد مقیاس‌شده سن فرناندو) ۱۱۲
شکل (۵-۹۷) مفاصل پلاستیک ایجاد شده در ساختمان ۱۲ طبقه با جداگر لرزه‌ای و مدل دوخطی سامانه جداساز روی خاک نوع SC (رکورد مقیاس‌شده سن فرناندو) ۱۱۲
شکل (۵-۹۸) مفاصل پلاستیک ایجاد شده در ساختمان ۴ طبقه بدون جداگر بادبندی روی خاک نوع SC (رکورد مقیاس‌شده امپریال) ۱۱۳
شکل (۵-۹۹) مفاصل پلاستیک ایجاد شده در ساختمان ۴ طبقه بدون جداگر خمشی روی خاک نوع SC (رکورد مقیاس‌شده امپریال) ۱۱۳
شکل (۵-۱۰۰) مفاصل پلاستیک ایجاد شده در ساختمان ۴ طبقه بدون جداگر بادبندی روی خاک نوع SD (رکورد مقیاس‌شده امپریال) ۱۱۳
شکل (۵-۱۰۱) مفاصل پلاستیک ایجاد شده در ساختمان ۴ طبقه بدون جداگر خمشی روی خاک نوع SD (رکورد مقیاس‌شده امپریال) ۱۱۳
شکل (۵-۱۰۲) مفاصل پلاستیک ایجاد شده در ساختمان ۷ طبقه بدون جداگر خمشی روی خاک نوع SD (رکورد مقیاس‌شده وایترناروز) ۱۱۳
شکل (۵-۱۰۳) مفاصل پلاستیک ایجاد شده در ساختمان ۷ طبقه بدون جداگر بادبندی روی خاک نوع SC (رکورد مقیاس‌شده امپریال) ۱۱۳
شکل (۵-۱۰۴) نتایج کاهش شتاب با استفاده از جداگر لرزه‌ای در ساختمانها (مدل خطی سامانه جداسازی) ۱۱۴
شکل (۵-۱۰۵) نتایج کاهش شتاب با استفاده از جداگر لرزه‌ای در ساختمانها (مدل دوخطی سامانه جداسازی) ۱۱۵
شکل (۵-۱۰۶) نتایج کاهش تغییرمکان نسبی با استفاده از جداگر لرزه‌ای در ساختمانها (مدل خطی سامانه جداسازی) ۱۱۶
شکل (۵-۱۰۷) نتایج کاهش تغییرمکان نسبی با استفاده از جداگر لرزه‌ای در ساختمانها (مدل دوخطی سامانه جداسازی) ۱۱۷
شکل (۵-۱۰۸) نتایج کاهش تغییرمکان با استفاده از جداگر لرزه‌ای در ساختمانها (مدل خطی سامانه جداسازی) ۱۱۷
شکل (۵-۱۰۹) نتایج کاهش تغییرمکان با استفاده از جداگر لرزه‌ای در ساختمانها (مدل دوخطی سامانه جداسازی) ۱۱۸
شکل (۵-۱۱۰) نتایج کاهش برش پایه با استفاده از جداگر لرزه‌ای در ساختمانها (مدل خطی سامانه جداسازی) ۱۱۹
شکل (۵-۱۱۱) نتایج کاهش برش پایه با استفاده از جداگر لرزه‌ای در ساختمانها (مدل دوخطی سامانه جداسازی) ۱۲۰
شکل (۶-۱) نتایج صرفه‌جویی در هزینه مقاطع سازه‌ای با استفاده از جداگر لرزه‌ای در ساختمانها ۱۳۶
شکل (۶-۲) نتایج افزایش هزینه با استفاده از جداگر لرزه‌ای در ساختمانها ۱۳۶
شکل (۶-۳) نتایج صرفه‌جویی در هزینه خسارت با استفاده از جداگر لرزه‌ای در ساختمانها ۱۳۷
شکل (۶-۴) نتایج کلی هزینه با استفاده از جداگر لرزه‌ای در ساختمانها ۱۳۸

فهرست جداول

جدول (۲-۱) مقایسه مشخصات جداگرها و مشخصات دینامیکی انواع مختلف ساختمانها ۲۱
جدول (۲-۲) جداگرهای لرزه‌ای ساختمان نوع A ۲۱
جدول (۲-۳) پریود ساختمانهای با پایه ثابت برای ساختمانهای سخت شده و سخت نشده ۲۴
جدول (۲-۴) مشخصات حرکات زلزله‌ها ۲۵
جدول (۲-۵) تغییرات نسبت تاثیر ماکزیمم برش طبقه و ماکزیمم شتاب کف ۲۶
جدول (۲-۶) تغییرات نسبت تاثیر ماکزیمم تغییرمکان نسبی طبقه برای ساختمانها با پایه ثابت و جداگر لرزه‌ای ۲۶
جدول (۲-۷) نسبت تاثیر برش طبقه و شتاب کف برای ساختمانهای سخت شده و سخت نشده ۲۷
جدول (۲-۸) مقدار ماکزیمم برش طبقه برای ساختمان سخت شده و سخت نشده ۲۷
جدول (۲-۹) ماکزیمم شتاب بام برای ساختمانهای سخت شده و سخت نشده ۲۸
جدول (۲-۱۰) تغییرات ماکزیمم تغییرمکان پایه ساختمانهای سخت شده و سخت نشده ۲۸
جدول (۲-۱۱) ماکزیمم تغییرمکان نسبی طبقه برای ساختمانهای سخت شده و سخت نشده ۲۸
جدول (۲-۱۲) مقادیر نسبت تاثیر برش طبقه و شتاب کف برای ۳ ساختمان برای پریود ۳ ثانیه ۳۰
جدول (۲-۱۳) درصد کاهش در برش طبقه و شتاب کف برای ۳ ساختمان برای افزایش پریود از ۲ به ۳ ثانیه ۳۱
جدول (۲-۱۴) ماکزیمم تغییرمکان پایه ساختمانها با جداگر لرزه‌ای با سیتم جداگر با پریود زمانی ۲ و ۳ ثانیه ۳۱
جدول (۲-۱۵) مقایسه نیروی برشی لرزه‌ای و هزینه ساخت ۳۶
جدول (۳-۱) مقایسه شرایط مختلف آیین‌نامه‌ها برای تحلیل استاتیکی معادل ۴۵
جدول (۴-۱) فلوچارت ساختمانهای مدلسازی شده ۴۸
جدول (۴-۲) زمان تناوب بدست آمده از مود اول سازه‌های مدلسازی شده در نرم‌افزار SAP2000 ..... ۵۱
جدول (۴-۳) ضرایب رفتار در سازه جداسازی شده و جداسازی نشده مطابق آیین‌نامه UBC1997 ..... ۵۲
جدول (۴-۴) ضرایب رفتار در ساختمانهای جداسازی نشده مطابق آیین‌نامه UBC1997 ..... ۵۹
جدول (۴-۵) زمان تناوب محاسبه شده از فرمول (۴-۹) در ساختمانهای بدون جداگر لرزه‌ای ۵۹
جدول (۴-۶) وزن و برش پایه ساختمانهای بدون جداگر لرزه‌ای ۶۰
جدول (۴-۷) مقادیر سختی موثر اولیه، نهایی و وزن ساختمانهای با جداگر لرزه‌ای ۶۲
جدول (۴-۸) مقادیر تغییرمکان ساختمانهای با جداگر لرزه‌ای ۶۳
جدول (۴-۹) ضریب میرایی B ۶۳
جدول (۴-۱۰) ضرایب رفتار در ساختمانهای جداسازی شده مطابق آیین‌نامه UBC1997 ..... ۶۴
جدول (۴-۱۱) وزن و برش پایه ساختمانهای با جداگر لرزه‌ای ۶۴
جدول (۴-۱۲) جداسازهای طراحی شده برای ساختمانها در مدل خطی سامانه جداسازی ۶۶
جدول (۴-۱۳) مشخصات نشیمن‌های الاستومریک شرکت FIP Group ۶۶
جدول (۴-۱۴) مشخصات جداگرهای لرزه‌ای شرکت FIP Group ۶۸
جدول (۵-۱) مشخصات شتاب‌نگاشتهای اعمالی به ساختمانها ۷۲
جدول (۵-۲) ضریب مقیاس در ساختمان ۴ طبقه خمشی با و بدون جداگر لرزه‌ای روی خاک نوع SC برای زلزله امپریال ولی ۷۴
جدول (۵-۳) نتایج ماکزیمم شتاب بدست آمده از تحلیل غیرخطی ۹۰
جدول (۵-۴) نتایج ماکزیمم تغییرمکان نسبی ۹۷
جدول (۵-۵) نتایج ماکزیمم تغییرمکان ۹۸
جدول (۵-۶) تغییرمکان پایه ساختمانهای با جداگر لرزه‌ای ۱۰۸
جدول (۵-۷) برش پایه در خاک نوع S_C ۱۰۹
جدول (۵-۸) برش پایه در خاک نوع S_D ۱۱۰
جدول (۶-۱) نسبت آسیب ناشی از تغییرمکان نسبی ۱۲۹
جدول (۶-۲) نسبت آسیب ناشی از شتاب کف ۱۲۹
جدول (۶-۳) هزینه‌های جداسازی لرزه‌ای نسبت به هزینه کل ۱۳۰

جدول (۶-۴) درصد افزایش هزینه خرید و اجرای نشیمن‌ها (شرکت ROBINSON) ۱۳۰
جدول (۶-۵) صرفه‌جویی در سیستم سازهای ۱۳۱
جدول (۶-۶) هزینه‌های آسیب ناشی از دریفت (درصد)..... ۱۳۲
جدول (۶-۷) هزینه‌های آسیب ناشی از شتاب (درصد)..... ۱۳۳
جدول (۶-۸) خلاصه هزینه‌های اضافی ساختمانهای با جداگر لرزه‌ای بدون در نظر گرفتن هزینه آسیب (درصد)..... ۱۳۴
جدول (۶-۹) میانگین هزینه‌های آسیب ناشی از دریفت و شتاب (درصد)..... ۱۳۴
جدول (۶-۱۰) نتایج بررسی اقتصادی در مقایسه با ساختمانهای بدون جداگر لرزه‌ای (درصد)..... ۱۳۵

فصل ۱: مقدمه

مقدمه

زمین لرزه‌های بسیار شدیدی که در سنوات اخیر در ایران روی داده یادآور این حقیقت است که، کشور ما همچنان به عنوان یکی از مناطق دارای فعالیت بالای لرزه‌ای می‌باشد که هر از چند گاهی یک زلزله بزرگ با خسارت‌های مالی و جانی بسیار اتفاق می‌افتد. گاهی میزان این خسارت‌ها به حدی است که اثرات خود را تا سالها بعد حفظ می‌کند. در چنین شرایطی انجام فعالیت‌های مناسب سازه‌ای می تواند تا حدی از آسیب پذیری در برابر زلزله بکاهد.

طراحی سازه‌ها در برابر زلزله، موضوعی است که مستقیما با ایمنی جانی و عدم قطعیت‌ها سر و کار دارد و زمینه‌ای است که نوآوری در آن به کندی و با احتیاط صورت می‌گیرد. در عمل، طراحی بهبود یافته در برابر زلزله از نظر اقتصادی بهره‌ای نمی‌رساند، چون عموما ایمنی در برابر زلزله به عنوان هدف اصلی در نظر گرفته می‌شود. نظیر سایر موضوعات تعیین شده توسط آیین‌نامه‌ها، مشابه با ایمنی هواپیماها، ایمنی در برابر زلزله هیچ گاه از نقطه نظر تجاری مطرح نبوده است هزینه‌ای که صرف بهبود مقاومت سازه می‌شود چیزی نیست که مستقیما به چشم آید و یا لذت آور باشد.

ساختمان‌های امروزی دارای تجهیزات حساس و گران‌قیمتی‌اند که برای امور خدماتی، بازرگانی، آموزشی و پزشکی از اهمیت زیادی برخوردار است. اطلاعات ثبت شده‌ی الکترونیکی، امروزه اهمیت زیادی در عملکرد مناسب جامعه دارند. بنابراین تجهیزات موجود در این ساختمان‌ها غالباً از خود آن‌ها گرانتر و با ارزش‌تر هستند. به علاوه بیمارستان‌ها و مراکز مخابراتی و اورژانس و ایستگاه‌های پلیس و آتش‌نشانی‌ها باید در زمانی که بیشترین نیاز به آن‌ها وجود دارد یعنی بلافاصله پس از وقوع زلزله قابل استفاده باشند. ساختمان سازی مرسوم می‌تواند باعث ایجاد شتاب‌های زیاد در طبقات ساختمان‌های صلب و رانش‌های بین طبقه‌ای بزرگ در سازه‌های انعطاف‌پذیر شود. این دو عامل می‌تواند باعث ایجاد مشکلاتی در ایمنی اجزا و محتویات ساختمان شود [۲۱].

در چند سال اخیر، راه‌حل دیگری برای مقابله با زلزله به مرحله‌ای از تکامل رسیده است. چرا ساختمان را جوری از زمین جدا نکنیم که حرکات ناشی از زلزله به آن منتقل نشود و یا اینکه به مقدار زیاد کاهش نیابد؟

جداسازی لرزه‌ای[1] یک روش طراحی سازه‌ای برای کاهش یا حذف پتانسیل خسارت زمین‌لرزه است. اصل جداسازی ضد زلزله، ارائه انعطاف‌پذیری در تراز پایه سازه در یک صفحه افقی و ضمناً اجزای میرا

1- Base Isolation