



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش: مهندسی سازه

عنوان

افزایش اعتماد پذیری سازه های بتنی با استفاده از جداسازهای لاستیکی با میرایی بالا

استاد راهنما

دکتر سهیل منجمی نژاد

استاد مشاور

دکتر منوچهر بهرویان

پژوهشگر

محمد سالمی

زمستان ۱۳۹۲

چکیده:

در روش جداسازی لرزه ای سازه بر روی تکیه گاه هایی که قابلیت تغییرشکل جانبی زیادی دارند قرار می گیرد. در صورت وقوع زلزله عمده تغییرشکلها در تکیه گاه رخ داده و سازه مانند جسمی صلب با تغییرشکل های کوچکی ارتعاش میکند. نصب جداگر باعث افزایش زمان تناوب و میرایی سازه میگردد و بدین ترتیب بجای تقویت ظرفیت باربری سازه نیاز لرزه ای کاهش می یابد. به عبارت ساده تر بجای آنکه نیروی زلزله وارد سازه شده و تمهیداتی برای مقابله با آن در نظر گرفته شود از ورود نیروی زلزله به سازه جلوگیری شده و نیروی زلزله در تراز جداساز میرا می شود.

جداسازهای لاستیکی بامیرایی بالا با توجه به نمودار هیسترسیس خود مقدار زیادی از انرژی را مستهلک می کنند. بکارگیری این جداساز ها در ساختمان های بتنی بخصوص در ساختمانهای مهم که باید بعد از زلزله عملکرد خود را حفظ کرده و به کاربری خود بدون وقفه ادامه دهند، سطح عملکرد این گونه سازه ها را افزایش می دهیم. در این تحقیق با مدل سازی مدل های ۴ و ۸ و ۱۲ طبقه با استفاده از جداساز لاستیکی بامیرایی بالا نشان می دهیم وجود جداساز چه تاثیراتی بر روی برش پایه، شتاب مطلق بام، شتاب طبقات و همچنین جابجایی نسبی طبقات تحت زلزله های حوزه دور و نزدیک گسل خواهد گذاشت. همچنین تغییر ارتفاع ساختمان با جداساز لرزه ای چه تاثیری بر پارامترهای لرزه ای ساختمان خواهد گذاشت. که جهت استفاده از تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی از نرم افزار `opensees` استفاده شده است.

کلمات کلیدی: جداسازی لرزه ای، تحلیل دینامیکی غیرخطی، تکیه گاه لاستیکی بامیرایی بالا

چکیده.....	۱
فهرست مطالب.....	ب
فهرست جدولها.....	و
فهرست شکل.....	ز
فصل اول: مقدمه.....	۱
۱-۱- کلیات.....	۲
۲-۱- جداسازی لرزه ای، یک راه کار مناسب.....	۲
۳-۱- ضرورت انجام مطالعه حاضر.....	۱۳
۴-۱- اهداف مطالعه حاضر.....	۱۴
۵-۱- ساختار فصول پایان نامه.....	۱۵
فصل دوم: مروری بر پیشینه تحقیقات انجام شده.....	۱۶
۱-۲- کلیات.....	۱۷
۲-۲- اجزای تشکیل دهنده یک سیستم جداساز.....	۲۱
۱-۲-۲- نرمی (انعطاف پذیری).....	۲۲
۲-۲-۲- اتلاف انرژی.....	۲۲
۳-۲-۲- صلبیت در مقابل بارهای جانبی کوچک.....	۲۳
۳-۲- مروری بر شکل گیری و گسترش سامانه جداساز.....	۲۷
۴-۲- بررسی سامانه های مختلف جداساز.....	۳۱
۱-۴-۲- تکیه گاه های الاستومری.....	۳۱
۲-۴-۲- تکیه گاه های لاستیکی با میرایی کم و با میرایی زیاد.....	۳۳
۳-۴-۲- تکیه گاه های لاستیکی هسته سربی.....	۳۸
۴-۴-۲- سیستم های لغزشی.....	۳۹
۵-۴-۲- سیستم جداگر پایه ی اصطکاکی- ارتجاعی.....	۴۱
۶-۴-۲- سیستم اصطکاکی- پاندولی.....	۴۲

۴۳	۷-۴-۲ سیستم های ترکیبی الاستومری و لغزشی
۴۳	۱-۷-۴-۲ سیستم ترکیبی EERC
۴۳	۲-۷-۴-۲ سیستم TASS
۴۴	۳-۷-۴-۲ Electricite-de-france system
۴۵	۵-۲ مروری اجمالی بر آیین نامه ها
۴۹	فصل سوم: مدلسازی، نرم افزار، رکورد زلزله های مورد استفاده
۵۰	۱-۳-۱- مشخصات ساختمان مورد مطالعه
۵۴	۲-۳-۲- طراحی جداسازها
۵۴	۳-۲-۱- مراحل طراحی جداساز HDRB برای ساختمان ۴ طبقه
۶۱	۳-۲-۲- مراحل طراحی جداساز HDRB برای ساختمان ۸ طبقه
۶۶	۳-۲-۳- مراحل طراحی جداساز HDRB برای ساختمان ۱۲ طبقه
۷۲	۳-۳- نرم افزار مورد استفاده و نحوه مدل سازی
۷۲	۳-۳-۱- آشنایی با opensees
۷۴	۳-۳-۲- نحوه مدلسازی
۷۴	۳-۳-۱- مدلسازی سازه
۷۷	۳-۳-۲- نحوه مدلسازی جداساز HDRB
۷۸	۳-۴-۱- رکوردهای زلزله مورد استفاده
۷۸	۳-۴-۱- پیشینه زلزله های حوزه دور و نزدیک
۸۴	۳-۴-۲- خصوصیات زلزله های نزدیک گسل
۸۴	۳-۴-۳- تاثیر زلزله های نزدیک گسل بر روی سازه های جداسازی شده
۸۵	۳-۴-۴- زلزله های حوزه دور مورد استفاده
۹۲	۳-۴-۵- زلزله های حوزه نزدیک مورد استفاده
۹۹	فصل چهارم: تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی
۱۰۰	۴-۱- مقدمه
۱۰۱	۴-۲- مقایسه نتایج برش پایه
۱۰۱	۴-۲-۱- مقایسه نتایج برش پایه زلزله های حوزه دور مدل ۴ طبقه
۱۰۳	۴-۲-۲- مقایسه نتایج برش پایه زلزله های حوزه نزدیک مدل ۴ طبقه

- ۱۰۵.....۳-۲-۴ مقایسه نتایج برش پایه زلزله های حوزه دور مدل ۸ طبقه
- ۱۰۷.....۴-۲-۴ مقایسه نتایج برش پایه زلزله های حوزه نزدیک مدل ۸ طبقه
- ۱۰۹.....۵-۲-۴ مقایسه نتایج برش پایه زلزله های حوزه دور مدل ۱۲ طبقه
- ۱۱۱.....۶-۲-۴ مقایسه نتایج برش پایه زلزله های حوزه نزدیک مدل ۱۲ طبقه
- ۱۱۳.....۳-۴ مقایسه مقادیر شتاب طبقات
- ۱۱۳.....۱-۳-۴ مقایسه مقادیر شتاب طبقه بام زلزله های حوزه دور مدل ۴ طبقه
- ۱۱۵.....۲-۳-۴ مقایسه مقادیر شتاب طبقه بام زلزله های حوزه نزدیک مدل ۴ طبقه
- ۱۱۷.....۳-۳-۴ مقایسه مقادیر شتاب طبقه بام زلزله های حوزه دور مدل ۸ طبقه
- ۱۱۹.....۴-۳-۴ مقایسه مقادیر شتاب طبقه بام زلزله های حوزه نزدیک مدل ۸ طبقه
- ۱۲۱.....۵-۳-۴ مقایسه مقادیر شتاب طبقه بام زلزله های حوزه دور مدل ۱۲ طبقه
- ۱۲۳.....۶-۳-۴ مقایسه مقادیر شتاب طبقه بام زلزله های حوزه نزدیک مدل ۱۲ طبقه
- ۱۲۵.....۴-۴ مقایسه مقادیر شتاب طبقات
- ۱۲۵.....۱-۴-۴ مقایسه مقادیر شتاب طبقات زلزله های حوزه دور مدل ۴ طبقه
- ۱۲۷.....۲-۴-۴ مقایسه مقادیر شتاب طبقات زلزله های حوزه نزدیک مدل ۴ طبقه
- ۱۲۹.....۳-۴-۴ مقایسه مقادیر شتاب طبقات زلزله های حوزه دور مدل ۸ طبقه
- ۱۳۱.....۴-۴-۴ مقایسه مقادیر شتاب طبقات زلزله های حوزه نزدیک مدل ۸ طبقه
- ۱۳۳.....۵-۴-۴ مقایسه مقادیر شتاب طبقات زلزله های حوزه دور مدل ۱۲ طبقه
- ۱۳۵.....۶-۴-۴ مقایسه مقادیر شتاب طبقات زلزله های حوزه نزدیک مدل ۱۲ طبقه
- ۱۳۷.....۵-۴ مقایسه مقادیر دریافت طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت
- ۱۳۷.....۱-۵-۴ مقایسه مقادیر دریافت طبقات زلزله های حوزه دور مدل ۴ طبقه
- ۱۳۹.....۲-۵-۴ مقایسه مقادیر دریافت طبقات زلزله های حوزه نزدیک مدل ۴ طبقه
- ۱۴۱.....۳-۵-۴ مقایسه مقادیر دریافت طبقات زلزله های حوزه دور مدل ۸ طبقه

۱۴۳.....	۴-۵-۴-مقایسه مقادیردریفت طبقات زلزله های حوزه نزدیک مدل ۸ طبقه.....
۱۴۵.....	۴-۵-۵-مقایسه مقادیردریفت طبقات زلزله های حوزه دور مدل ۱۲ طبقه.....
۱۴۷.....	۴-۵-۶-مقایسه مقادیردریفت طبقات زلزله های حوزه نزدیک مدل ۱۲ طبقه.....
۱۴۹.....	۴-۶-۶-ارزشیابی.....
۱۴۹.....	۴-۶-۱-مقدمه.....
۱۴۹.....	۴-۶-۲-مدلسازی روسازه.....
۱۵۰.....	۴-۶-۳-مدلسازی جداساز.....
۱۵۱.....	۴-۶-۴-انتخاب شتاب نگاشت حوزه دور و نزدیک.....
۱۵۶.....	۴-۶-۵-مقایسه برش پایه.....
۱۵۷.....	۴-۶-۶-مقایسه شتاب مطلق طبقات.....
۱۵۹.....	۴-۶-۷-مقایسه جابجایی جداساز.....
۱۶۰.....	۴-۶-۸-مقایسه دریفت طبقات.....
۱۶۲.....	فصل پنجم: نتایج و پیشنهادات.....
۱۶۳.....	۵-۱-مقدمه.....
۱۶۳.....	۵-۲-نتایج.....
۱۶۶.....	۵-۳-پیشنهادات برای ادامه کار.....
۱۶۷.....	فهرست مراجع.....

فهرست جدول ها

جدول (۱-۳) مقدار ضریب میرایی (β).....	۵۴
جدول (۲-۳) نسبت سختی لاستیک و مشخصات جداساز.....	۵۵
جدول (۳-۳) رکوردهای زلزله حوزه دور مورد استفاده.....	۸۵
جدول (۴-۳) مشخصات رکوردهای زلزله حوزه دور مورد استفاده.....	۸۵
جدول (۵-۳) رکوردهای زلزله نزدیک مورد استفاده.....	۹۲
جدول (۶-۳) مشخصات رکوردهای زلزله حوزه نزدیک مورد استفاده.....	۹۲
جدول (۱-۴) مشخصات مکانیکی سیستم جداساز LRB.....	۱۵۱
جدول (۲-۴) ابعاد جداساز LRB.....	۱۵۱
جدول (۳-۴) مشخصات زلزله دوزچی ترکیه دور از گسل.....	۱۵۲
جدول (۴-۴) مشخصات زلزله دوزچی ترکیه نزدیک گسل.....	۱۵۲

فهرست شکل ها

- شکل (۱-۱) طیف پاسخ ایدآل شتاب..... ۵
- شکل (۲-۱) طیف جابجایی ایده آل..... ۹
- شکل (۳-۱) طیف پاسخ ایده آل شتاب..... ۱۰
- شکل (۴-۱) رفتار غیرخطی شماتیک جداساز لرزه ای..... ۱۰
- شکل (۱-۲) نمودار رفتار شماتیک اقسام جداساز لرزه ای..... ۲۴
- شکل (۲-۲) تکیه گاه لاستیکی طبیعی با میرایی کم..... ۳۳
- شکل (۳-۲) جداگر لاستیک طبیعی با میرایی زیاد (HDNR)..... ۳۵
- شکل (۴-۲): مشخصات تنش- کرنش ایزولاتورهای لاستیکی با میرایی بالا..... ۳۶
- شکل (۵-۲) رفتار هیسترسیس تکیه گاه های لاستیکی طبیعی با میرایی بالا..... ۳۷
- شکل (۶-۲) رفتار متعارف نیرو تغییر شکل سیستم HDRB..... ۳۸
- شکل (۷-۲) ایزولاتور لاستیکی هسته سربی..... ۳۹
- شکل (۸-۲) سیستم جداگر پایه ی اصطکاکی- ارتجاعی..... ۴۱
- شکل (۹-۲) سیستم اصطکاکی- پاندولی..... ۴۲
- شکل (۱۰-۲) شکل شماتیک سیستم اصطکاکی- پاندولی..... ۴۳
- شکل (۱-۳) مدل قاب ۴ طبقه..... ۵۱
- شکل (۲-۳) مدل قاب ۸ طبقه..... ۵۲
- شکل (۳-۳) مدل قاب ۱۲ طبقه..... ۵۳
- شکل (۴-۳) مساحت هم پوشانی سطوح بالا و پایین جداگر استوانه ای تحت تغییر مکان Δ_S ۵۷
- شکل (۵-۳) جداگر در جابجایی حداکثر..... ۶۰
- شکل (۶-۳) نمودار شماتیک رابطه تنش - کرنش مصالح steel01 در نرم افزار opensees..... ۷۶
- شکل (۷-۳) نمودار شماتیک رابطه تنش - کرنش مصالح concrete01 در نرم افزار opensees..... ۷۶
- شکل (۸-۳) نمودار هیسترسیس پاسخ دو خطی نیرو تغییر شکل جداساز HDRB..... ۷۸
- شکل (۹-۳) تاریخچه شتاب زلزله حوزه دور Northridge..... ۸۶

- شکل (۱۰-۳) تاریخچه سرعت زلزله حوزه دور Northridge ۸۶
- شکل (۱۱-۳) تاریخچه تغییر مکان زلزله حوزه دور Northridge ۸۶
- شکل (۱۲-۳) طیف فوریه زلزله حوزه دور Northridge ۸۷
- شکل (۱۳-۳) طیف توان زلزله حوزه دور Northridge ۸۷
- شکل (۱۴-۳) تاریخچه شتاب زلزله حوزه دور Imperial Valley ۸۸
- شکل (۱۵-۳) تاریخچه سرعت زلزله حوزه دور Imperial Valley ۸۸
- شکل (۱۶-۳) تاریخچه تغییر مکان زلزله حوزه دور Imperial Valley ۸۸
- شکل (۱۷-۳) طیف فوریه زلزله حوزه دور Imperial Valley ۸۹
- شکل (۱۸-۳) طیف توان زلزله حوزه دور Imperial Valley ۸۹
- شکل (۱۹-۳) تاریخچه شتاب زلزله حوزه دور San Fernando ۹۰
- شکل (۲۰-۳) تاریخچه سرعت زلزله حوزه دور San Fernando ۹۰
- شکل (۲۱-۳) تاریخچه تغییر مکان زلزله حوزه دور San Fernando ۹۰
- شکل (۲۲-۳) طیف فوریه زلزله حوزه دور San Fernando ۹۱
- شکل (۲۳-۳) طیف توان زلزله حوزه دور San Fernando ۹۱
- شکل (۲۴-۳) تاریخچه شتاب زلزله حوزه نزدیک Northridge ۹۳
- شکل (۲۵-۳) تاریخچه سرعت زلزله حوزه نزدیک Northridge ۹۳
- شکل (۲۶-۳) تاریخچه تغییر مکان زلزله حوزه نزدیک Northridge ۹۳
- شکل (۲۷-۳) طیف فوریه زلزله حوزه نزدیک Northridge ۹۴
- شکل (۲۸-۳) طیف توان زلزله حوزه نزدیک Northridge ۹۴
- شکل (۲۹-۳) تاریخچه شتاب زلزله حوزه نزدیک Imperial Valley ۹۵
- شکل (۳۰-۳) تاریخچه سرعت زلزله حوزه نزدیک Imperial Valley ۹۵
- شکل (۳۱-۳) تاریخچه تغییر مکان زلزله حوزه نزدیک Imperial Valley ۹۵
- شکل (۳۲-۳) طیف فوریه زلزله حوزه نزدیک Imperial Valley ۹۶
- شکل (۳۳-۳) طیف توان زلزله حوزه نزدیک Imperial Valley ۹۶
- شکل (۳۴-۳) تاریخچه شتاب زلزله حوزه نزدیک Cape Mendocino ۹۷
- شکل (۳۵-۳) تاریخچه سرعت زلزله حوزه نزدیک Cape Mendocino ۹۷

- شکل (۳-۳۶) تاریخچه تغییر مکان زلزله حوزه نزدیک Cape Mendocino ۹۷
- شکل (۳-۳۷) طیف فوریه زلزله حوزه نزدیک Cape Mendocino ۹۸
- شکل (۳-۳۸) طیف توان زلزله حوزه نزدیک Cape Mendocino ۹۸
- شکل (۴-۱) پاسخ برش پایه سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه دور Northridge مدل ۴ طبقه ۱۰۱
- شکل (۴-۲) پاسخ برش پایه سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه دور Imperial Valley مدل ۴ طبقه ۱۰۲
- شکل (۴-۳) پاسخ برش پایه سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه دور San Fernando مدل ۴ طبقه ۱۰۲
- شکل (۴-۴) پاسخ برش پایه سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه نزدیک Northridge مدل ۴ طبقه ۱۰۳
- شکل (۴-۵) پاسخ برش پایه سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه نزدیک Imperial Valley مدل ۴ طبقه ۱۰۴
- شکل (۴-۶) پاسخ برش پایه سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه نزدیک Cape Mendocino مدل ۴ طبقه ۱۰۴
- شکل (۴-۷) پاسخ برش پایه سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه دور Northridge مدل ۸ طبقه ۱۰۵
- شکل (۴-۸) پاسخ برش پایه سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه دور Imperial Valley مدل ۸ طبقه ۱۰۶
- شکل (۴-۹) پاسخ برش پایه سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه دور San Fernando مدل ۸ طبقه ۱۰۶
- شکل (۴-۱۰) پاسخ برش پایه سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه نزدیک Northridge مدل ۸ طبقه ۱۰۷
- شکل (۴-۱۱) پاسخ برش پایه سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه نزدیک Imperial Valley مدل ۸ طبقه ۱۰۸
- شکل (۴-۱۲) پاسخ برش پایه سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه نزدیک Cape Mendocino مدل ۸ طبقه ۱۰۸
- شکل (۴-۱۳) پاسخ برش پایه سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه دور Northridge مدل ۱۲ طبقه ۱۰۹
- شکل (۴-۱۴) پاسخ برش پایه سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه دور Imperial Valley مدل ۱۲ طبقه ۱۱۰
- شکل (۴-۱۵) پاسخ برش پایه سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه دور San Fernando مدل ۱۲ طبقه ۱۱۰
- شکل (۴-۱۶) پاسخ برش پایه سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه نزدیک Northridge مدل ۱۲ طبقه ۱۱۱
- شکل (۴-۱۷) پاسخ برش پایه سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه نزدیک Imperial Valley مدل ۱۲ طبقه ۱۱۲
- شکل (۴-۱۸) پاسخ برش پایه سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه نزدیک Cape Mendocino مدل ۱۲ طبقه ۱۱۲
- شکل (۴-۱۹) تاریخچه زمانی شتاب بام سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه دور Northridge مدل ۴ طبقه ۱۱۳

- شکل (۴-۲۰) تاریخچه زمانی شتاب بام سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه دور Imperial Valley مدل ۴ طبقه. ۱۱۴.....
- شکل (۴-۲۱) تاریخچه زمانی شتاب بام سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه دور San Fernando مدل ۴ طبقه. ۱۱۴.....
- شکل (۴-۲۲) تاریخچه زمانی شتاب بام سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه نزدیک Northridge مدل ۴ طبقه. ۱۱۵.....
- شکل (۴-۲۳) تاریخچه زمانی شتاب بام سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه نزدیک Imperial Valley مدل ۴ طبقه. ۱۱۶.....
- شکل (۴-۲۴) تاریخچه زمانی شتاب بام سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه نزدیک Cape Mendocino مدل ۴ طبقه. ۱۱۶.....
- شکل (۴-۲۵) تاریخچه زمانی شتاب بام سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه دور Northridge مدل ۸ طبقه. ۱۱۷.....
- شکل (۴-۲۶) تاریخچه زمانی شتاب بام سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه دور Imperial Valley مدل ۸ طبقه. ۱۱۸.....
- شکل (۴-۲۷) تاریخچه زمانی شتاب بام سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه دور San Fernando مدل ۸ طبقه. ۱۱۸.....
- شکل (۴-۲۸) تاریخچه زمانی شتاب بام سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه نزدیک Northridge مدل ۸ طبقه. ۱۱۹.....
- شکل (۴-۲۹) تاریخچه زمانی شتاب بام سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه نزدیک Imperial Valley مدل ۸ طبقه. ۱۲۰.....
- شکل (۴-۳۰) تاریخچه زمانی شتاب بام سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه نزدیک Cape Mendocino مدل ۸ طبقه. ۱۲۰.....
- شکل (۴-۳۱) تاریخچه زمانی شتاب بام سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه دور Northridge مدل ۱۲ طبقه. ۱۲۱.....
- شکل (۴-۳۲) تاریخچه زمانی شتاب بام سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه دور Imperial Valley مدل ۱۲ طبقه. ۱۲۲.....

- شکل (۳۳-۴) تاریخچه زمانی شتاب بام سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه دور San Fernando مدل ۱۲ طبقه..... ۱۲۲
- شکل (۳۴-۴) تاریخچه زمانی شتاب بام سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه نزدیک Northridge مدل ۱۲ طبقه..... ۱۲۳
- شکل (۳۵-۴) تاریخچه زمانی شتاب بام سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه نزدیک Imperial Valley مدل ۱۲ طبقه..... ۱۲۴
- شکل (۳۶-۴) تاریخچه زمانی شتاب بام سازه جداسازی شده و سازه با پایه ثابت زلزله حوزه نزدیک Cape Mendocino مدل ۱۲ طبقه..... ۱۲۴
- شکل (۳۷-۴) ماکزیمم شتاب طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت زلزله حوزه دور Northridge مدل ۴ طبقه..... ۱۲۵
- شکل (۳۸-۴) ماکزیمم شتاب طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت زلزله حوزه دور Imperial Valley مدل ۴ طبقه..... ۱۲۶
- شکل (۳۹-۴) ماکزیمم شتاب طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت زلزله حوزه دور San Fernando مدل ۴ طبقه..... ۱۲۶
- شکل (۴۰-۴) ماکزیمم شتاب طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت زلزله حوزه نزدیک Northridge مدل ۴ طبقه..... ۱۲۷
- شکل (۴۱-۴) ماکزیمم شتاب طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت زلزله حوزه نزدیک Imperial Valley مدل ۴ طبقه..... ۱۲۸
- شکل (۴۲-۴) ماکزیمم شتاب طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت زلزله حوزه نزدیک Cape Mendocino مدل ۴ طبقه..... ۱۲۸
- شکل (۴۳-۴) ماکزیمم شتاب طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت زلزله حوزه دور Northridge مدل ۸ طبقه..... ۱۲۹
- شکل (۴۴-۴) ماکزیمم شتاب طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت زلزله حوزه دور Imperial Valley مدل ۸ طبقه..... ۱۳۰
- شکل (۴۵-۴) ماکزیمم شتاب طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت زلزله حوزه دور San Fernando مدل ۸ طبقه..... ۱۳۰

- شکل (۴-۴۶) ماکزیمم شتاب طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت زلزله حوزه نزدیک Northridge مدل ۸ طبقه..... ۱۳۱
- شکل (۴-۴۷) ماکزیمم شتاب طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت زلزله حوزه نزدیک Imperial Valley مدل ۸ طبقه..... ۱۳۲
- شکل (۴-۴۸) ماکزیمم شتاب طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت زلزله حوزه نزدیک Cape Mendocino مدل ۸ طبقه..... ۱۳۲
- شکل (۴-۴۹) ماکزیمم شتاب طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت زلزله حوزه دور Northridge مدل ۱۲ طبقه..... ۱۳۳
- شکل (۴-۵۰) ماکزیمم شتاب طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت زلزله حوزه دور Imperial Valley مدل ۱۲ طبقه..... ۱۳۴
- شکل (۴-۵۱) ماکزیمم شتاب طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت زلزله حوزه دور San Fernando مدل ۱۲ طبقه..... ۱۳۴
- شکل (۴-۵۲) ماکزیمم شتاب طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت زلزله حوزه نزدیک Northridge مدل ۱۲ طبقه..... ۱۳۵
- شکل (۴-۵۳) ماکزیمم شتاب طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت زلزله حوزه نزدیک Imperial Valley مدل ۱۲ طبقه..... ۱۳۶
- شکل (۴-۵۴) ماکزیمم شتاب طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت زلزله حوزه نزدیک Cape Mendocino مدل ۱۲ طبقه..... ۱۳۶
- شکل (۴-۵۵) دریفت طبقات در سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله حوزه دور Northridge مدل ۴ طبقه..... ۱۳۷
- شکل (۴-۵۶) دریفت طبقات در سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله حوزه دور Imperial Valley مدل ۴ طبقه..... ۱۳۸
- شکل (۴-۵۷) دریفت طبقات در سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله حوزه دور San Fernando مدل ۴ طبقه..... ۱۳۸
- شکل (۴-۵۸) دریفت طبقات در سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله حوزه نزدیک Northridge مدل ۴ طبقه..... ۱۳۹

- شکل (۴-۵۹) دریفت طبقات در سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله حوزه نزدیک Imperial Valley مدل ۴ طبقه..... ۱۴۰
- شکل (۴-۶۰) دریفت طبقات در سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله حوزه نزدیک Cape Mendocino مدل ۴ طبقه..... ۱۴۰
- شکل (۴-۶۱) دریفت طبقات در سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله حوزه دور Northridge مدل ۸ طبقه..... ۱۴۱
- شکل (۴-۶۲) دریفت طبقات در سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله حوزه دور Imperial Valley مدل ۸ طبقه..... ۱۴۲
- شکل (۴-۶۳) دریفت طبقات در سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله حوزه دور San Fernando مدل ۸ طبقه..... ۱۴۲
- شکل (۴-۶۴) دریفت طبقات در سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله حوزه نزدیک Northridge مدل ۸ طبقه..... ۱۴۳
- شکل (۴-۶۵) دریفت طبقات در سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله حوزه نزدیک Imperial Valley مدل ۸ طبقه..... ۱۴۴
- شکل (۴-۶۶) دریفت طبقات در سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله حوزه نزدیک Cape Mendocino مدل ۸ طبقه..... ۱۴۴
- شکل (۴-۶۷) دریفت طبقات در سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله حوزه دور Northridge مدل ۱۲ طبقه..... ۱۴۵
- شکل (۴-۶۸) دریفت طبقات در سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله حوزه دور Imperial Valley مدل ۱۲ طبقه..... ۱۴۶
- شکل (۴-۶۹) دریفت طبقات در سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله حوزه دور San Fernando مدل ۱۲ طبقه..... ۱۴۶
- شکل (۴-۷۰) دریفت طبقات در سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله حوزه نزدیک Northridge مدل ۱۲ طبقه..... ۱۴۷
- شکل (۴-۷۱) دریفت طبقات در سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله حوزه نزدیک Imperial Valley مدل ۱۲ طبقه..... ۱۴۸

شکل (۴-۷۲) دریفت طبقات در سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله حوزه نزدیک Cape Mendocino مدل ۱۲ طبقه.....	۱۴۸
شکل (۴-۷۳) پلان تیپ طبقات.....	۱۴۹
شکل (۴-۷۴) مشخصات تیرها و ستونهای ساختمان ۴ طبقه.....	۱۵۰
شکل (۴-۷۵) جداساز LRB.....	۱۵۰
شکل (۴-۷۶) نمودار هیسترسیس دو خطی نیرو و تغییر مکان سیستم LRB.....	۱۵۰
شکل (۴-۷۷) تاریخچه زمانی شتاب زلزله دوزچی ترکیه حوزه دور.....	۱۵۲
شکل (۴-۷۸) تاریخچه زمانی سرعت زلزله دوزچی ترکیه حوزه دور.....	۱۵۲
شکل (۴-۷۹) تاریخچه زمانی تغییر مکان زلزله دوزچی ترکیه حوزه دور.....	۱۵۳
شکل (۴-۸۰) طیف فوریه زلزله دوزچی ترکیه حوزه دور.....	۱۵۳
شکل (۴-۸۱) طیف توان زلزله دوزچی ترکیه حوزه دور.....	۱۵۳
شکل (۴-۸۲) تاریخچه زمانی شتاب زلزله دوزچی ترکیه حوزه نزدیک.....	۱۵۴
شکل (۴-۸۳) تاریخچه زمانی سرعت زلزله دوزچی ترکیه حوزه نزدیک.....	۱۵۴
شکل (۴-۸۴) تاریخچه زمانی تغییر مکان زلزله دوزچی ترکیه حوزه نزدیک.....	۱۵۴
شکل (۴-۸۵) طیف فوریه زلزله دوزچی ترکیه حوزه نزدیک.....	۱۵۵
شکل (۴-۸۶) طیف توان زلزله دوزچی ترکیه حوزه نزدیک.....	۱۵۵
شکل (۴-۸۷) پاسخ برش پایه سازه جداسازی شده با پای ثابت تحت زلزله حوزه نزدیک و دور.....	۱۵۶
شکل (۴-۸۸) پاسخ شتاب سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله دور از گسل.....	۱۵۸
شکل (۴-۸۹) پاسخ شتاب سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله نزدیک گسل.....	۱۵۸
شکل (۴-۹۰) ماکزیمم شتاب طبقات سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله دور و نزدیک گسل.....	۱۵۹
شکل (۴-۹۱) جابجایی جداساز تحت زلزله دور و نزدیک گسل.....	۱۶۰
شکل (۴-۹۲) دریفت طبقات در سازه جداسازی شده و سازه با پای ثابت در زلزله دور و نزدیک گسل.....	۱۶۱

فصل اول:

مقدمه

۱-۱ کلیات

تحریک شدن سازه ها توسط حرکات زمین ناشی از زلزله، باعث ایجاد نیروهای اینرسی می شود که شدت آنها به خصوصیات دینامیکی سامانه خاک-سازه و خصوصیات حرکت زمین بستگی دارد. به طور کلی دو مکانیزم عمده ای که در خرابی سازه ها بر اثر زمین لرزه موثرند عبارت اند از: رانش بین طبقات ساختمان نسبت به یکدیگر، و شتاب ایجاد شده در کف های ساختمان. تغییر شکل طبقات ساختمان در ارتفاع مختلف، ایجاد رانش نسبی می کند. از آنجا که طبقات، در یک زمان و با یک سرعت حرکت نمی کنند، در هنگام زلزله بین آنها جابجایی افقی نسبی بوجود می آید. حتی گاهی بر اثر تغییر جهت نیروی وارده به کف ها بخاطر همسان نبودن انتقال نیرو به تمامی طبقات، طبقات ساختمان در جهات مختلف حرکت می کنند. همچنین شتاب ناشی از زلزله، به کف های ساختمان که محل تمرکز جرم سازه می باشد منتقل می شود و در هر کف، شتابی متناسب با جرم آن بوجود می آید. [۲]

۲-۱ جداسازی لرزه ای، یک راه کار مناسب

برای کاهش رانش نسبی بین طبقات می توان از تمهیداتی همچون ازدیاد سختی سازه بهره گرفت لیکن با افزایش سختی میزان شتاب پاسخ سازه نیز در طبقات زیاد می گردد که البته می توان بین این دو تعادلی نسبی برقرار نمود، لیکن به نظر می رسد تنها راه حل مهندسی برای آنکه بتوان همزمان هر دو اثر رانش بین طبقه ای و شتاب های طبقه راکاهش داد، استفاده از تکنیکی نوین به نام جداسازی سازه از زمین باشد. هنگامی که ساختمانی روی یک سیستم عایق ساخته می شود، باید فرکانس اصلی

کمتری از هردو فرکانس اصلی ساختمان جداسازی نشده و فرکانس غالب حرکت زمین داشته باشد در این حالت و با استفاده از این شرایط، مد نخست سازه جداسازی شده تنها تغییر مکان در سیستم جداساز را شامل می گردد وروسازه تقریبا به صورت یک جسم صلب حرکت می کند.

در روش سنتی که بر مبنای مقاومت است، طراحی سازه با فرض رودرویی مستقیم سازه با تحریکات ناشی از زمین لرزه صورت می گیرد و در نتیجه سازه مذکور در جریان زلزله با ایجاد تغییر شکل های غیر ارتجایی انرژی زلزله را درون سازه تلف می نماید که در نتیجه ، این جذب انرژی خود باعث بروز خسارت سازه ای و غیر سازه ای می گردد. در مقابل ، رویکرد جداسازی سازه توسط مکانیزمی که انتقال شتاب افقی به سازه را کاهش می دهد، آن را از صدمات شدید زلزله در امان نگاه می دارد. فلذا با این رویکرد نسبتا مدرن، ما می توانیم اولاً همانطور که قبلا اشاره گردید فرکانس اصلی ارتعاش سازه را به مقداری کمتر از فرکانس غالب حاوی انرژی زلزله کاهش داده و ثانيا شتاب انتقالی به روسازه را به میزان قابل توجهی کاهش دهیم و در مجموع میزان در گیری سازه را با حرکات زمین به مقدار زیادی کنترل نماییم. پس به بیان دیگر می توان اینگونه گفت که هدف اصلی از به کارگیری سیستم جداساز لرزه ای، جلوگیری از انتقال مستقیم نیروی زلزله از پی به سازه است.

در این روش چون نیروی زلزله به سازه وارد نمی شود و یا سهم اندکی از آن به سازه منتقل می گردد، علاوه بر نیل به نتایج مطلوب فوق می توان از خسارت سازه ای و غیر سازه ای به طور محسوسی کاست و همچنین در بسیاری از حالات با کاهش ابعاد اجزای تیر و ستون مشکلات معماری رانیز هموار نمود و گاه در مسائل اقتصادی نیز کاهش هزینه هایی را در پی داشت.

از نقطه نظر طراحی سازه، روش مرسوم جهت طرح یک سازه و یا مقاوم سازی آن ، این است که طراح در روند انجام پروژه مورد نظر با دو پارامتر " تقاضا یا طلب " و " ظرفیت " سرو کار دارد. در این روش معمولا، مقدار طلب-تراز بارگذاری زلزله که می تواند به ساختمان در طول مدت عمرش اعمال شود-را معمولا فرض کرده و سعی می شود تا ساختمان به گونه ای طراحی گردد که ظرفیت مقاومت این طلب را داشته باشد. با وجود اینکه ممکن است یک ساختمان بر اساس این پیش فرض

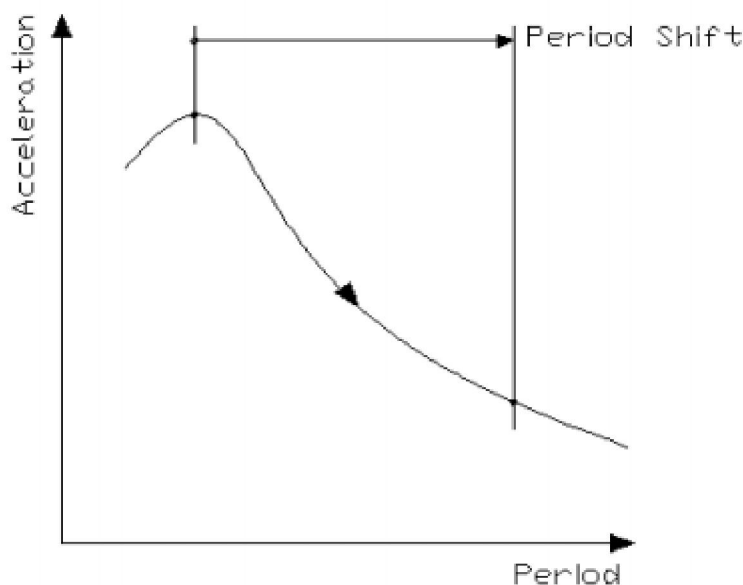
ها بسیار مناسب طراحی و حتی اجرا شده باشد ولی این مسئله خود جای بحث و تحقیق دارد که تاچه حد می توان به پیش بینی مقدار طلب اطمینان خاطر داشت. آیا این امکان وجود ندارد که زلزله پیش بینی شده و در نتیجه مقدار طلب سازه مورد نظر ما پاسخگوی زلزله موجود نباشد و حتی بالعکس، آیا این امکان وجود ندارد که شکل پذیری در نظر گرفته شده برای سازه مورد نظر در طول عمر خود مورد نیاز واقع نشود؟! [۷]

در طول سال های متمادی، تکنولوژی ساخت و طراحی ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله، در جهت کاهش اثر زلزله بر ساختمان ها، پل ها و نیز ملحقات مستعد آسیب پذیری آنها، پیشرفت زیادی کرده است. جداسازی ارتعاشی در واقع نصب سیستمی است که سازه و یا ملحقات آن را از حرکات لرزه ای مخرب زمین و یا تکیه گاه جدا می سازد. این جداسازی با افزایش انعطاف پذیری سیستم و همچنین تاثیر میرایی مناسب بدست می آید. در اکثر موارد جداسازی ارتعاشی در قسمت تحتانی سازه نصب می گردد و به همین علت به نام جداسازهای پی و یا جداساز های کف نامیده می شوند.

در گذشته، جداسازی ارتعاشی عمدتاً به عنوان یک روش برای سازه ها و یا برای تجهیزاتی که نیاز به طراحی لرزه ای خاص دارند مورد بهره برداری قرار گرفته است. به عنوان مثال از این روش غالباً در سازه ها و در تاسیسات صنعتی و تجاری حساس، گرانیقیمت و تاثیر گذار مانند سرورهای کامپیوتر، تاسیسات ساخت نیمه هادی ها، امکانات بیولوژیکی و تاسیسات انرژی اتمی که از جمله سازه های حساس و گران قیمت بوده و یا به علت اهمیت آنها بعد از وقوع زلزله همچون بیمارستانها، مراکز کنترل و مدیریت صوانح و حوادث طبیعی، ایستگاه های پلیس و پل هایی که ارتباط حیاتی را برقرار می سازند، و یا به علل خواص دیگر نظیر افزایش پایداری سازه های موجود در مقابل زلزله استفاده می گردیده است.

امروزه اقبال عمومی به استفاده از این سامانه حتی در سازه های مسکونی کوچک چه برای نوسازی و چه در جهت مقاوم سازی ساختمان های موجود، نشان دهنده پذیرش روز افزون این روش می باشد.

لازم به ذکر است که از نظر تحلیلی، شتاب حداکثر زلزله ها معمولا دارای زمان تناوب غالبی حدود ۰/۱ تا ۱ ثانیه بوده و حداکثر شتاب آن در محدوده ۰/۲ تا ۰/۶ ثانیه می باشد. بنابراین چون امکان تشدید پاسخ سازه هایی که زمان تناوب طبیعی آنها در محدوده ۰.۱ تا ۱ ثانیه است در مقابل زلزله وجود دارد، این سازه ها در محدوده های تناوبی فوق آسیب پذیرترند. مهمترین امتیاز جداسازهای ارتعاشی در این است که با انعطاف پذیری زیاد خود زمان تناوب طبیعی سازه را افزایش می دهند. این پدیده یعنی افزایش زمان تناوب طبیعی سازه موجب می گردد که عمل تشدید یا نزدیک شدن به حالت تشدید اجتناب شود و در نهایت پاسخ سازه کاهش یابد. اثر تغییر زمان تناوب سازه و تاثیر آن بر شتاب پاسخ زلزله بطور شماتیک در شکل (۱-۱) و با جزئیات بیشتر در شکل (۱-۳) نشان داده شده است. [۸]



شکل (۱-۱) طیف پاسخ ایدال شتاب (همانطور که در شکل دیده می شود شتاب با افزایش پریود کاهش می یابد)

همانطور که در شکل فوق نیز مشاهده می گردد افزایش تناوب باعث کاهش میزان شتاب پاسخ سازه می گردد. از طرفی افزایش زمان تناوب و در نتیجه افزایش انعطاف پذیری بر میزان تغییر مکان افقی اثر می گذارد، این موضوع در ساده ترین حالت خود که یک سیستم صلب تک جرمی می باشد در شکل