دانشکده پردیس خودگردان

گروه سازه و زلزله

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران

(گرایش زلزله)

عنوان

بررسی تاثیر جداگر لرزه ای بر روی سازه‌های فولادی بلند مرتبه در حوزه نزدیک گسل

استاد راهنما

دکتر بهمن فرهمند آذر

استاد مشاور

دکتر هدایت ولادی

پژوهشگر

رضا آقاجانی رفاه

بهمن ماه ۱۳۹۳

نام خانوادگی دانشجو : آقاجانی رفاه **نام :** رضا

عنوان پایان نامه :

بررسی تاثیر جداگر لرزه ای بر روی سازه‌های فولادی بلند مرتبه در حوزه نزدیک گسل

استاد راهنما :دکتر بهمن فرهمند آذر

استاد مشاور : دکتر هدایت ولادی

مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد **رشته :** عمران **گرایش :** زلزله **دانشگاه :** تبریز

دانشکده : پردیس های خودگردان **تاریخ فارغ‌التحصیلی :** ۱۳۹۳/۱۱/۳۰ **تعداد صفحه :**۸۵

کلید واژه‌ها :

جداگر لرزه‌ای، تکیه گاه لاستیکی-سربی، تحلیل تاریخچه‌ی زمانی، سیستم دوگانه فولادی

چکیده :

موضوع این پایان نامه بر روی بررسی سیستم های جداساز لرزه ای-در این تحقیق سیستم جداساز لاستیکی با هسته سربی-و تاثیر آنها بر رفتارسازه های بلند مرتبه متمرکز شده است.همچنین برای بررسی تاثیرات محل قرار گیری سیستم جدا ساز در ارتفاع سازه ،سیستم جدا ساز در ترازپایه ، یک دوم و سه چهارم ارتفاع ستون-های طبقه اول قرار داده شده است.

در این تحقیق ۴ ساختمان فولادی با سیستم قاب ساختمانی دوگانه(قاب خمشی متوسط +مهاربند هم محور فولادی) ۸، ۱۲ ، ۱۶و۲۰ طبقه به عنوان مدل های تحت بررسی انتخاب شدند.این مدل ها بر اساس آئین نامه های موجود تحلیل و طراحی شدند تا نمونه ای از سازه های موجود باشند.

پس ازانجام تحلیل های تاریخچه زمانی بر روی مدل های ایجاد شده و تحت ۵ رکورد مقیاس شده زلزله به طیف طرح آیین نامه ۲۸۰۰ ابران –ویرایش سوم – دو مقدار حداکثر پاسخ تغییر مکان نسبی طبقات ،پروفیل حداکثر شتاب مرکز جرم طبقات برای هر یک از مدل ها بدست آمد.

براساس نتایج بالا می توان بیان کرد که بهترین حالت قرار گیری سیستم جداسازدر تراز پایه می باشد وبه جز در مواقعی که به دلیل اجرایی و یا محدودیتهای دیگر نیاز به قرارگیری سیسنم جدا ساز در تراز بالاتر از تراز پایه وجود دارد بالا بردن سیسنم جداساز باعث تغییرات قابل توجهی در تاثیرات سیستم جداساز نمی شود.

عنوان

چکیده فارسی

فهرست مطالب

فصل اول – مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

۱-۲- کنترل ارتعاشات سازه

۱-۲-۱- سیستم کنترل غیرفعال

۱-۲-۲- سیستم‌های کنترل فعال

۱-۲-۳- سیستم‌های کنترل لرزه‌ای نیمه فعال

۱-۲-٤- سیستم کنترل مرکب (هیبرید) سازه

۱-۳- جداسازهای لرزه‌ای

۱-٤- انواع جداگرهای لرزه‌ای

۱-٤-۱- جداگرهای الاستومری چند لایه‌ای مسلح شده ورقه‌ای فولادی (ERB)

۱-٤-۲- تکیه‌گاه‌های سربی- لاستیکی (LRB)

۱-٤-۳- تکیه‌گاه‌های لغزنده

فصل دوم – پیشینه تحقیقاتی

۲-۱- مقدمه

۲-۲- مروری بر گسترش کاربرد جداسازها

۲-۳- پیشینه تحقیقاتی

۲-۳-۱- مدل سازی اجزاء محدود تکیه‌گاه‌های LRB

۲-۳-۲- تاثیر ویژگی های جداساز بر روی پاسخ سازه های جداساز پایه

۳-۳-۲- تکیه‌گاه‌های LRB تحت حرکات نزدیک گسل

فصل سوم – مواد و روش‌ها

۳-۱- مقدمه

۳-۲-مشخصات مدل مورد مطالعه

۳-۲-۱- کلیات

۳-۲-۲- مصالح مصرفی

۳-۲-۳- بارگذاری

۳-۲-۳-۱ بارگذاری ثقلی

۳-۲-۳-۲- بارگذاری جانبی

۳-۲-٤- ملاحظات خاص مدلسازی

۳-۳- طراحی و اجرای سیستم های جداسازی لرزه ای

۳-٤-تحلیل تاریخچه زمانی

۳-٤-۱- انتخاب رکورد و مقیاس

۳-٤-۲- میرایی رایلی

فصل چهارم - نتایج و بحث

٤-۱- مقدمه

٤-۲- مقادیر پریود سازه‌ای

٤-۳ – مقادیر پاسخ مورد بررسی

فصل پنجم – نتایج و پیشنهادات

۵-۱- نتایج کلی

۵-۲-پیشنهادات

منابع

چکیده انگلیسی

فصل اول – مقدمه و کلیات

۱-۱-مقدمه

زلزله یکی از آشناترین بلایای طبیعی است که هر ساله باعث خسارات جانی و مالی بسیاری می‌شود این امر باعث شده که محققان بسیاری در مورد این پدیده به تحقیق و بررسی بپردازند. با اینکه پیشرفتهای شایان توجهی در این امر حاصل شده، اما دانش بشری در پیش‌بینی زلزله، چه از لحاظ زمان و چه از لحاظ شدت، هنوز کافی نمی‌باشد. لذا به موازات تحقیق در زمینه علل و چگونگی وقوع زلزله و سعی در پیش‌بینی آن، مطالعاتی در زمینه طراحی و مقاوم‌سازی سازه‌های آسیب‌پذیر انجام می‌گردد.

به طور کلی تغییر مکان نسبی بین طبقات و شتاب ایجاد شده در آنها دو مکانیزم عمده ایجاد خرابی در سازه تحت تاثیر تحریکات پایه می‌باشند. با توجه به این دو مکانیزم خرابی در سازه‌ها دو روش جهت طراحی سازه‌ها به وجود آمد.

۱. طراحی ساختمان‌های با سختی زیاد که به منظور مقابله با ایجاد تغییر مکانهای ناشی از تحریکات پایه حاصل گردید. نکته مفید این روش افزایش شتاب وارد به طبقه در پی افزایش سختی است.

۲. طراحی ساختمان‌هایی با شکل‌پذیری زیاد به منظور کاستن از شتاب و کاهش شتاب انتقالی به دیافراگم‌ها که این امر نیز موجب زیاد شدن تغییرمکان طبقات می‌شود.

با توجه به معایب موجود در هر دو روش طراحی، استفاده از روشی که بتوان با استفاده از آن ضمن کاستن از نیروی وارد بر سازه تغییرمکانهای نسبی طبقات را نیز کنترل نمود، روشی مناسب جهت طراحی سازه‌ها خواهد بود. از میان روش‌هایی که می‌تواند ما را به سمت اهداف ذکر شده سوق دهد.

امروزه پژوهشگران بسیاری در جهان به منظور «کنترل ارتعاشات سازه‌ای» در برابر نیروهای زلزله به «سیستم‌های مستهلک‌کننده انرژی» روی آورده‌اند تا ضمن تمرکز تغییرشکلهای غیرخطی به هنگام زلزله در این سیستم‌ها، امر ترمیم و بهسازی سازه‌ها را نیز سهولت بخشند.

از دیدگاه انرژی در مسائل لرزه‌ای انرژی توسط سازه فیلتر می‌شود. مقدار انرژی وارد شده به سازه فقط به خصوصیات حرکتی زمین وابسته نمی‌باشد بلکه به خصوصیات سازه نیز مربوط است. از دیدگاه انرژی، برای یک طرح مقاوم لرزه‌ای مناسب ابتدا می‌باید تلاشی جهت حداقل نمودن مقدار انرژی هیستریک تلف شده توسط سازه، نمود. بطور واقعی، دو دیدگاه حیاتی وجود دارد. اولی شامل طرحهایی است که در آن انرژی ورودی به سازه کاهش می‌یابد (توسط نصب جداسازهای لرزه‌ای) و دومین دیدگاه، بر روی مکانیزم اتلاف انرژی در سازه متمرکز است. این تجهیزات به صورتی طراحی می‌شوند که بخشی از انرژی ورودی تلف شده، و در نتیجه خسارت وارده به سازه اصلی که ناشی از اتلاف انرژی هیسترتیک می‌باشد، کاهش یابد.کاربرد جداسازهای لرزه‌ای در تراز پایه ساختمان‌ها می‌باشد که با کاهش شتاب وارده بر ساختمان و کاهش تغییرمکان‌های نسبی طبقات تا حدود زیادی موجبات کاهش خرابی‌های سازه‌ای تحت تحریکات پایه را فراهم آوردند.

در این پژوهش به بررسی عملکرد ساختمانهای بلند فولادی با سیستم دوگانه دارای جداسازهای لرزه‌ای پرداخته شده است، بطوری که با قرار دادن این جداسازها در تراز پایه ، نصف و سه چهارم ارتفاع ستون طبقه اول و در نظر گرفتن طیف وسیعی از مشخصات جداساز ـ پریود هدف و درصد میرایی جداساز ـ رفتار ۴ مدل ۸ ، ۱۲، ۱۶و۲۰ طبقه مورد بررسی قرار گرفته است. در این فصل به خلاصه‌ای از کلیات جداسازهای لرزه‌ای و پیشینه تحقیقاتی در این مورد پرداخته شده است.

۱-۲- کنترل ارتعاشات سازه

خسارات شدید ناشی از زلزله‌های اخیر به سازه‌های زیربنایی و نیز، تقاضای عمومی از انتظار عملکرد بدون وقفه برای این نوع سازه‌ها منجر به تحقیقات گسترده برای تأمین این تقاضا شده است. یکی از روشهایی که برای افزایش عملکرد سازه‌ها در دهه‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته، کنترل سازه است. کنترل سازه، اصلاح خصوصیات سازه برای دست یافتن به پاسخ مطلوب سازه در برابر بارهای خارجی است. اصلاح خصوصیات سازه شامل تغییر سختی و میرایی سازه برای حصول پاسخ مطلوب است. کنترل سازه اغلب در مورد بارهای دینامیکی کاربرد دارد و اصلاح خصوصیات سازه ای کاهش مقدار تحریک منتقل شده به سازه می‌باشد. اگرچه کنترل سازه جذاب به نظر می‌رسد اما مفاهیم اساسی کنترل جدید نیستند. این مفاهیم در دهه‌های اخیر بعنوان یکی از مفاهیم اصلی مهندسی الکترونیک و مهندسی کنترل در دانشکده‌های برق بوده است و در زمینه‌های مختلفی از جمله هوافضا و مهندسی کاربرد داشته است. با وجود این، کنترل سازه در سازه‌های مهندسی عمران، مخصوصاً برای کاهش اثر زلزله، موضوع نسبتاً جدیدی می‌باشد. تکنیک‌های این کنترل به چهار گروه مهم و اصلی تقسیم شده‌اند که عبارتند از: کنترل غیرفعال، کنترل فعال، نیمه‌فعال و کنترل مرکب (هیبرید) که در ادامه در مورد هریک مختصری بحث خواهد شد.

۱-۲-۱- سیستم‌های کنترل غیرفعال

سیستم‌های کنترل لرزه‌ای غیرفعال به سیستم‌های اطلاق می‌شوند که جهت عمل کردن به هیچ منبع خارجی نیاز ندارند. بطوری که مقدار و جهت اعمال نیرو به سازه توسط این سیستم‌ها، با توجه به مقدار و جهت تغییرشکل نسبی بین نقاط اتصالی این سیستم‌ها به سازه و بعضاً با توجه به سرعت مربوط به تغییرشکلها، ایجاد می‌شود. ویژگی اصلی اینگونه سیستم‌ها آن است که در زمان تحریک سازه، پارامترهای آن توسط عوامل خارجی تغییر نمی‌یابد و بدلیل ثابت بودن خواص دینامیکی (مانند سختی، میرایی و جرم) عملکرد آنها تا حدی نسبت به فرکانس و دامنه تحریک سازه و در برخی موارد مانند میراگر ویسکوالاستیک نسبت به دما

حساس می‌باشد. لذا پاسخ آنها در برابر زلزله که خود یک فرایند رندوم است، بطور دقیق قابل پیش‌بینی نیست. با این حال روش کنترل غیرفعال از دیگر روشها قابل اعتمادتر و بدلیل سهولت در نصب، ترمیم، نگهداری و هزینه پائین‌تر، از قابلیت کاربردی بیشتری برخوردار است [۱]. سیستم جداساز لرزه‌ای که در ادامه توضیح داده شده است در این گروه کنترل قرار می‌گیرد.

۱-۲-۲- سیستم های کنترل فعال

در این سیستم‌ها یک سری سنسور در سازه نصب می‌شوند و به محض وقوع زمین‌لرزه، ارتعاشات زمین و سازه را دریافت کرده و به یک مرکز پردازش (CPU) انتقال می‌دهند. در این مرکز بعد از پردازش اطلاعات رسیده به سنسورها، با استفاده از الگوریتم‌هایی تعیین شده، فرمانی (معمولاً) به جک‌های هیدرولیکی صادر می‌شود به طوری که در این فرمان مقدار، جهت و حتی سرعت اعمال نیرو به سازه معلوم می‌باشد. جک‌ها نیز بعد از دریافت فرمان، نیروی با مشخصات مشخص را به سازه اعمال می‌کنند، تا ارتعاشات سازه را به صفر برساند [۲]. اما عملاً دستیابی به چنین هدفی ممکن نمی‌باشد و این امر بدلیل تأخیر زمانی می‌باشد. سیستم‌های کنترلی می‌تواند هم با اضافه کردن انرژی یا اتلاف انرژی مورد استفاده قرار گیرد.

همانگونه که قبلاً هم گفته شد یکی از معایب روش کنترل فعال وجود تأخیر زمانی می‌باشد. این تأخیر ناشی از زمان لازم جهت دریافت اطلاعات از سنسورها، پردازش اطلاعات، ارسال پیامها به محرکها و شروع به کار محرکها می‌باشد. از دیگر معایب این روش می‌توان به هزینه‌های بالای طراحی، نصب و نگهداری این سیستم‌ها اشاره نمود .

تفاوت بین سیستم‌های کنترل فعال و غیرفعال را می‌توان در سه مورد زیر خلاصه نمود:

۱- برخلاف سیستم‌های حفاظت سازه‌ای غیرفعال، سیستم‌های کنترل فعال شامل تحریک‌کننده‌های نیازمند منابع انرژی با قدرت بالا می‌باشند و این در حالی است که سیستم‌های غیرفعال، المانهائی اصطلاحاً مرده می‌باشند که نیازی به منبع انرژی ندارند.

۲- در سیستم‌های کنترل فعال می‌بایست سنسورهائی بمنظور آگاهی یافتن از وضعیت سازه در هر زمان نصب گردد.

۳- در سیستم‌های کنترل فعال می‌بایست اطلاعات بوسیله یک کنترلر که معمولاً کامپیوتر می‌باشد در هر لحظه پردازش گردند تا آنها بتوانند بطرز صحیحی در سازه عمل نموده و پاسخ سازه را حداقل سازند.

۱-۲-۳-سیستم های کنترل لرزه ای نیمه فعال

سیستمهای کنترل نیمه‌فعال نیز تقریباً همانند کنترل فعال عمل می‌کنند. اما اختلاف اساسی بین کنترل فعال و نیمه‌فعال در این است که، کنترل نیمه‌فعال ظرفیت اعمال انرژی قابل ملاحظه‌ای بر سازه را ندارند. در حالی که سیستم‌های کنترل فعال این توانائی را دارند که حرکات سازه‌ای را متوقف سازند. به عبارت دیگر سیستم‌های کنترل نیمه‌فعال توانائی جذب را داشته اما توانائی تهیه انرژی را ندارند. سیستم‌های کنترل نیمه‌فعال در مقایسه با سیستم‌های کنترل فعال ساده‌تر، اقتصادی‌تر بوده و در مقابل کارائی آنها تنها اندکی کمتر از سیستم‌های کنترل فعال می‌باشد. به هر حال این سیستم‌ها در مقایسه با سیستم‌های کنترل غیرفعال کارائی بالاتر و مطمئن‌تری دارند.

۱-۲-٤- سیستم های کنترل مرکب (هیبرید)سازه

این سیستم کنترلی شامل یک ترکیب سری یا موازی از یک سیستم کنترل فعال یا نیمه‌فعال همراه با یک سیستم کنترل غیرفعال می‌باشد. نکته قابل توجه در این حالت جمع شدن مزایای هر دو سیستم در یک سیستم خواهد بود. در این سیستم‌ها، مستهلک‌کننده‌های غیرفعال عمده کار کاهش پاسخها را بر عهده داشته و سیستم کنترل فعال یا نیمه‌فعال همراه با آن عمل کنترل نهائی را بر عهده دارد و لذا چنین سیستمی قادر به حداقل نمودن شتاب و تغییر مکانها بمنظور حفاظت از تجهیزات حساس خواهد بود. به بیان دیگر در سیستمهای کنترل هیبرید، در ابتدای تحریک و در دامنه‌های کم ارتعاشات، کنترل سازه توسط سیستم کنترل غیرفعال صورت گرفته و به محض آنکه دامنه ارتعاشات از یک حد معین بالاتر رود سیستم فعال نیز وارد عمل می‌شود. البته پس از مدتی در صورتی که سیستم فعال دیگر مورد نیاز نباشد، با تشخیص پردازشگر فعالیت آن متوقف می‌گردد [۱].

هزینه اجرای این سیستم‌ها بیشتر از سایر سیستم‌ها می‌باشد ولی مقایسه نتایج روشهای مذکور نشانگر این مطلب است که روش کنترل هیبرید از عملکرد بهتری برخوردار می‌باشد.

۱-۳- جداسازهای لرزه ای

خسارت وارد بر ساختمانهای مختلف بر اثر زمین‌لرزه به صورت کلی ناشی از دو عامل اساسی می‌باشد که عبارتند از:

- ✓ تغییرمکان نسبی طبقات ساختمان نسبت به یکدیگر
- ✓ شتاب ایجاد شده در کفهای ساختمان

تغییرمکان طبقات ساختمان در ارتفاعات مختلف ایجاد رانش نسبی می‌کند ولی از آنجائیکه طبقات در یک زمان و با یک سرعت حرکت نمی‌کنند، لذا در هنگام وقوع زلزله یک جابجایی نسبی افقی بین آنها بوجود می‌آید بطوری که حتی گاهی بر اثر تغییر جهات نیروی وارده بر ساختمان ـ به علت همسان نبودن انتقال نیرو به تمامی طبقات ـ طبقات ساختمان در جهات مختلف حرکت می‌کنند که باعث تخریب دیوارهای جداساز داخلی، شکستن پنجره‌ها و انهدام تأسیسات خدماتی ساختمان شده، امکان بهره‌برداری از آن را سلب نموده، خسارات قابل توجهی وارد می‌سازد.

همچنین شتاب ناشی از زلزله به کفهای ساختمان که محل تمرکز جرم سازه می‌باشند منتقل می‌شود و در هر کف، شتابی متناسب با جرم آن به وجود می‌آید. این شتاب طبقاتی به ساکنین ساختمان و دستگاههای حساس نصب شده آسیب رسانده و موجب ایجاد خسارت می‌گردد. در ساختمان‌های ویژه که بهره‌برداری از تجهیزات نصب شده داخلی هدف اصلی از احداث آنها را شامل می‌شود، خسارات وارده به تجهیزات فوق به مراتب بیشتر از خسارات وارده بر سازه اصلی می‌باشد. لذا مسأله اصلی به منظور تامین مقاومت لرزه‌ای بالای یک ساختمان، چگونگی به حداقل رساندن تغییرمکان بین طبقه‌ای و شتابهای طبقات می‌باشد. تغییرمکانهای بین طبقه‌ای زیاد سبب خسارت دیدن اجزای غیرسازه‌ای و تجهیزات متصل‌کننده طبقات می‌شود که می‌توان آن را با افزایش سختی کاهش داد. اما این عمل سبب تقویت و تشدید حرکت زمین می‌شود که به نوبه خود سبب افزایش شتاب طبقات شده و منجر به خسارت دیدن تجهیزات حساس داخلی می‌شود. شتابهای طبقات را می‌توان با نرم‌تر کردن سیستم کاهش داد. اما انعطاف‌پذیری بیش از حد موجب تغییر مکانهای قابل توجه در تراز طبقات و خرابیهای وسیع ناشی از آن و عملکرد نامناسب سازه تحت اثر نیروی نیروی باد و زلزله‌های کم‌قدرت شده و از سوی دیگر مستلزم طراحی و هزینه اضافی جهت تعبیه نرمی مورد نظر در اعضاء و اتصالات سازه می‌گردد.

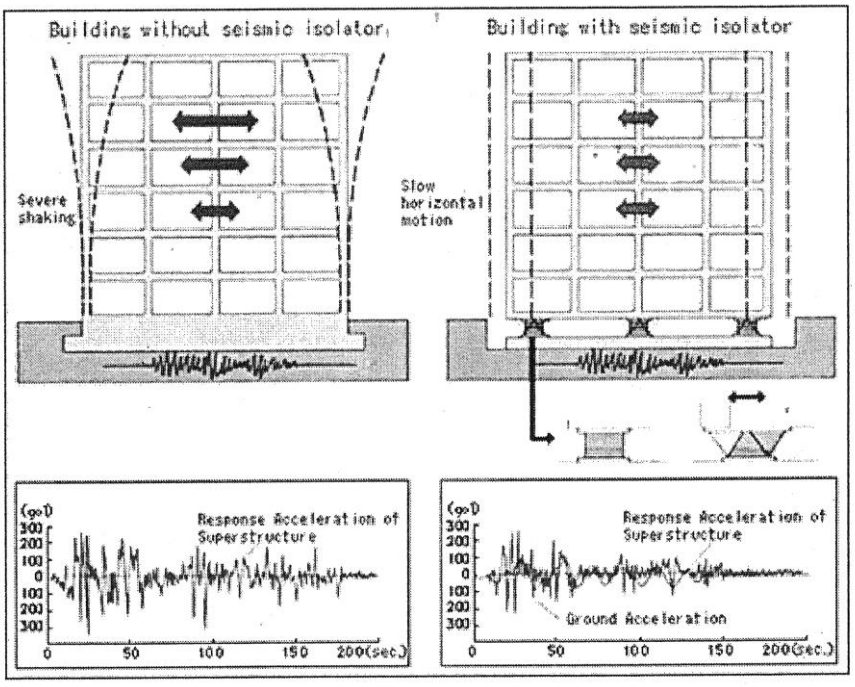
محدودیتهای فوق بخوبی نشان می‌دهد که شیوه موجود طراحی ساختمانها در برابر زلزله، طراحی مطلوب و ایده‌آل سازه‌ها را به دست نخواهد داد. مسأله فوق بخصوص در مورد سازه‌های ویژه که انتظار بهره‌وری بالایی در شرایط پس از زلزله در مورد آنها وجود دارد، صادق می‌باشد.

روش‌های دیگری که از اوایل قرن گذشته مطرح بوده شامل افزایش قابلیت جذب انرژی و کاهش نیازهای لرزه‌ای با استفاده از روش‌هایی مانند جداسازی سازه از پی، کاهش جرم سازه و سیستم‌های اتلاف‌کننده انرژی می‌باشد. جداسازی ساختمانها از ارتعاشات زمین روش جدیدی است که در چند دهه اخیر توجه زیادی بدان شده و تنها راه عملی کاهش همزمان تغییرمکان بین طبقه‌ای و شتابهای طبقات می‌باشد.

این روش که به عنوان یک روش کنترل غیرفعال پاسخ سازه‌ها در برابر زمین‌لرزه مطرح می‌باشد بجای افزایش ظرفیت سازه، کاهش نیازهای لرزه‌ای را هدف خود قرار داده است. بنابراین جداسازها به عنوان ابزاری برای کاهش نیروی زلزله و توزیع بهتر نیروهای جانبی بین تکیه‌گاه‌های سازه مورد استفاده قرار می‌گیرند.کاربرد این روش به ویژه در ساختمان‌هایی که دارای تجهیزات مهم و حساس بوده و یا می‌باید سریعاً پس از زلزله قادر به ادامه وظایف سرویس‌دهی خود باشند، بسیار مفید می‌باشد. در این روش در ترازی از سیستم باربر سازه و معمولاً نزدیک پی، فرم‌های مختلفی از سیستم‌های قرار داده می‌شود که سازه فوقانی را از پایه زیرین جدا می‌کند. این سیتسم با متمرکز کردن تغییرمکانهای حاصله در تراز جداساز، نرمی مورد نیاز سازه را فراهم و ساختمان را از مؤلفه‌های افقی حرکت زمین جدا ساخته و سیستمی را به وجود می‌آورد که فرکانس پایه آن بسیار پایین‌تر از فرکانس‌های غالب زمین‌لرزه و نیز فرکانس پایه همان ساختمان با اتصال گیردار است.

در شکل ۱-۱ شمای کلی استفاده از جداسازهای لرزه‌ای در تراز پی ساختمان و تأثیر سیستم جداساز بر روی کاهش تغییرمکانهای روسازه و کاهش شتاب وارده بر آن ارائه شده است. رفتار یک سازه جدا شده را در

مقایسه با سیستم معمولی نشان می‌دهد. سازه فوقانی هر دو سیستم کاملاً مشابه می‌باشند و هر دو تحت اثر زلزله مشابه قرار گرفته ولی در سازه معمولی با انتقال حرکات زمین به سازه فوقانی اینرسی پیچیده‌ای در اعضای سازه‌ای به وجود می‌آید. در نتیجه شتاب زلزله در طبقات فوقانی تشدید شده و باعث شکست اعضای پایین می‌گردد. در مقابل برای یک سیستم جداکننده لرزه‌ای قسمت عمده تغییرمکان جانبی در تراز جداکننده اتفاق می‌افتد و شتاب منتقل شده به طبقات فوقانی و تغییرمکان نسبی بین طبقات به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد و به این ترتیب می‌توان از شکست اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای در اثر نیروهای زلزله به طور همزمان جلوگیری نمود.

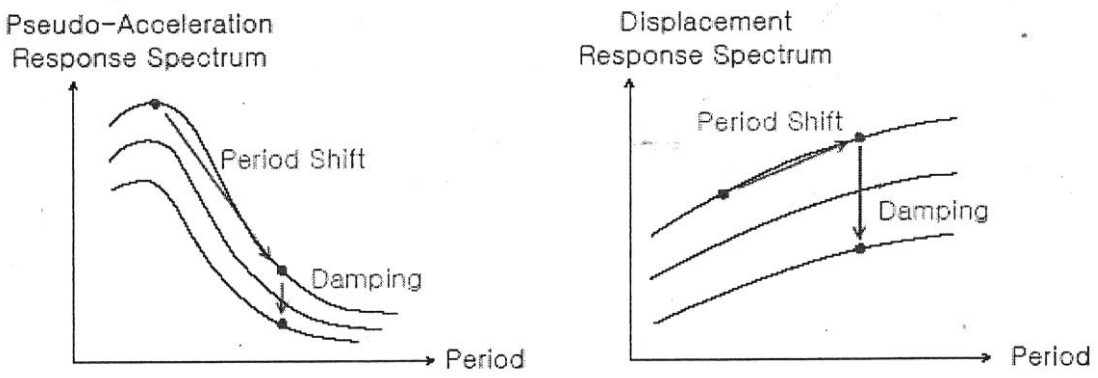


شکل ۱-۱- عملکرد سیستم جداساز لرزه‌ای در کاهش پاسخ سازه

هرچند تکنولوژی جداگرهای ارتعاشی نسبتاً جدید می‌باشد اما بررسی و مطالعات فراوانی در این زمینه انجام گرفته است. این روش در سالهای اخیر به علت در دسترس قرار گرفتن امکانات مختلف چه از نظر تکنولوژی ساخت و چه از نظر دانش مهندسی در خصوص تحلیل، طراحی و اجرا برای مصون ساختن سازه‌ها

در برابر زلزله به عرصه عمل وارد شده و به سرعت در حال توسعه و پیشرفت می‌باشد و روز به روز بر مقبولیت آن افزوده می‌شود. براساس این روش پاسخ سازه در هنگام زلزله بوسیله ایجاد یک سطح انعطاف‌پذیر در پایه از ارتعاشات زمین مجزا می‌شود و در نتیجه از نیازهای لرزه‌ای سازه به مقدار زیادی کاسته می‌گردد و سازه جداسازی شده از رفتار لرزه‌ای بهتری نسبت به سازه‌هایی با پایه ثابت برخوردار خواهد گردید.

در نتیجه یکی از مهمترین اثرات جداگرهای لرزه‌ای کاهش نیروهای لرزه‌ای وارد بر سازه و کاهش پاسخ سازه است که از طریق افزایش دوره تناوب سازه و میرایی لایه جداساز حاصل می‌گردد. در بهترین حالت سعی بر این است که مود اول ارتعاشی بیان کننده رفتار غالب سازه‌های جداسازی شده باشد و اثر مودهای با فرکانس بالاتر که وارد شدن شتاب‌های بزرگ‌تر را در پی دارند در سازه کم شود، بطوریکه این جداسازها یک مود نوسان جدید برای سازه اصلی ایجاد می‌کنند که موجب افزایش پریود اصلی سازه و دور نگه داشتن این پریود از پریود اصلی محتوای ورودی می‌شود (شکل ۱-۲). اثر دیگر مهم این جداسازها با کاهش پاسخ‌ها به وسیله افزایش میرایی می‌باشد (شکل ۱-۲).

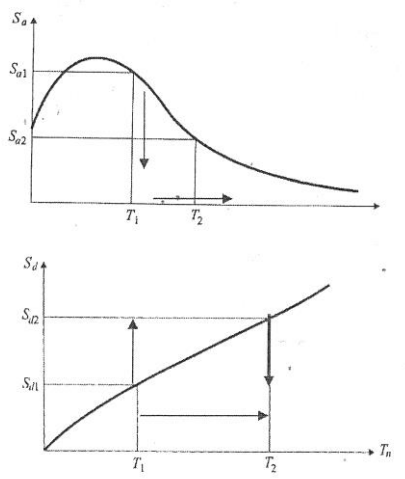


شکل ۱-۲- عملکرد سیستم جداساز لرزه‌ای در کاهش پاسخ سازه

سیستم جداساز ضمن جذب بخشی از انرژی ورودی ناشی از زمین لرزه با جا به جا نمودن پریود ارتعاشی اصلی سیستم، از پریودهای حاوی انرژی زمین لرزه‌ها فاصله گرفته و در نتیجه با اجتناب از عمل تشدید یا

نزدیک شدن به حالت تشدید، پاسخ سازه را کاهش می‌دهد. همچنین در نخستین مود ارتعاشی سازه جداسازی شده، تغییر شکل فقط در سیستم جداساز بوجود آمده و تغییر مکان‌هایی قائم و شتابهای افقی تمام جرم‌ها تقریباً یکسان هستند و روسازه رفتاری تقریباً صلب خواهد داشت. مودهای بالاتر بر مود اول و در نتیجه بر حرکت زمین عمودند و تأثیری در حرکت ندارند و بالتبع انرژی ورودی زلزله در این مودها به سازه منتقل نمی‌گردد.

در نتیجه عموماً در مود اول ارتعاشی اینگونه سازه‌ها، زمان تناوب و میرایی صرفاً بستگی به خصوصیات جداساز داشته و مستقل از ویژگی‌های سازه می‌باشد. به منظور بررسی کلی اثر جداساز در پاسخ سازه به شکل ۱-۳ توجه نمائید. همانطور که در شکل دیده می‌شود با استفاده از جداسازها زمان تناوب سیستم از حدود ۰/۱ تا ۰/۶ ثانیه برای سازه‌های متداول به ۲ تا ۳ ثانیه منتقل می‌گردد که در این محدوده پریودی شتاب وارده بر سازه به میزان زیادی کاهش می‌یابد.



شکل ۱-۳- کاهش و افزایش تغییر مکان در سازه‌های جداسازی شده

در این میان با توجه به نحوه عملکرد ذکر شده برای سیستمهای جداساز، بکارگیری این سیستم‌ها در بهبود رفتار لرزه‌ای ساختمان‌های بلند که به خودی خود دارای زمان تناوب بالایی بوده و از شتاب امواج زلزله که عمدتاً در فرکانسهای بالا انرژی قابل توجهی را به سازه منتقل می‌سازند به دورند، مناسب نبوده و غیرقابل

توجیه است. علاوه بر این، بافت ژئوتکنیک خاک نیز در برخی موارد می‌تواند کاربرد سیستمهای جداساز را با مشکل روبرو سازد. به منظور بازدهی مناسب سیستم‌های جداسازی شده، محلی که سازه در آن ساخته می‌شود باید دارای خاک سخت باشد، در غیر اینصورت جداسازی لرزه‌ای حتی ممکن است شتاب‌های وارده به سازه را افزایش دهد.

از طرف دیگر با افزایش زمان تناوب سازه تغییر مکان سازه تا حدود زیادی افزایش می‌یابد که البته این افزایش تغییر مکان مربوط به خود سیستم جداساز بوده و در روسازه تغییر مکانهای نسبی تا حد زیادی کاهش می‌یابند، در حالیکه در سازه‌های با پایه ثابت تغییر مکان در طول ارتفاع سازه افزایش می‌یابد. بزرگی تغییر مکان لایه جداساز تأثیر عمده‌ای بر هزینه‌های سیستم جداگر خواهد داشت. این خود محدودیت دیگری در کاربرد این سیستمها خواهد بود زیرا جابجایی قابل توجه در تراز جداساز در مواردی که جداسازی کامل سازه از زمین و خاک اطراف میسر نباشد، عملی نخواهد بود. البته باید توجه نمود که این تغییرمکان بزرگ با تولید کار بیشتری در میراگرها شرایط مناسبی را برای استفاده از آنها فراهم می‌آورد.

این هزینه‌های بالای جداگرهای لرزه‌ای با هدف اصلی جداسازی لرزه‌ای برای دستیابی به راه‌حل اقتصادی‌تر از طریق کاهش نیروهای انتقال یافته به زیر سازه‌ها مغایرت دارند و این خود نیاز به جستجو برای توسعه سیستمهای جداسازی که در محدوده وسیعی از تحریکات زمین مؤثر باشد را بیش از پیش نمایان می‌سازد. این نیاز به تحقیقات تعدادی از محققین تعدادی از محققین بر روی سیستمهای جداساز مرکب در کاهش ارتعاشات، توانایی تطابق با شرایط بارگذاری مختلف و کنترل مودهای ارتعاشی سازه منجر شده است.

۱-٤- انواع جداگرهای لرزه‌ای

همانطور که قبلاً نیز بیان شد، جداسازها وسایلی هستند که ضمن تحمل بارهای قائم، امکان ایجاد تغییر مکان‌های بزرگ در اثر بارهای جانبی را فراهم می‌نماید. این جداگرها باعث افزایش پریود سازه به محدوده‌ای فراتر از پریودهای غالب زلزله که قسمت اعظم انرژی زلزله در آن قرار دارد می‌شوند، در نتیجه مقدار انرژی منتقل شده از زمین به سازه کاهش می‌یابد. همچنین جذب انرژی سیستم جداگر که از نوع اتلاف انرژی پسماندی می‌باشد، باعث تلف شدن بخشی از انرژی انتقالی به سازه می‌شود. بنابراین با بکارگیری سیستم جداگر در تراز پی ـ در طول زلزله ـ سازه به مقدار زیادی غیروابسته به حرکات زمین می‌شود.

تاکنون سیستم‌های جداگر متنوع و مختلف بسیاری ساخته شده و به ثبت رسیده است و همه ساله نیز بر تعداد آنها افزوده می‌شود ولی می‌توان آن‌ها را در دو دسته کلی جداسازهای الاستومر و لغزشی طبقه‌بندی نمود. اتلاف انرژی، بازگرداندن جداساز به وضع تعادل در مواجهه با تحریکات جانبی و تولید قیود حرکتی تحت بارهای سرویس از جمله موارد مهم مورد انتظار از کارکرد جداسازها می‌باشند.

به طور کلی سیستم‌های جداکننده لرزه‌ای باید دارای سه جزء اصلی زیر باشند:

الف ـ جزء نرم‌کننده: که دوره تناوب اصلی سازه را همراه با سیستم جداکننده به میزان کافی افزایش داده تا موجب کاهش شتاب جذب شده توسط سازه گردد. توجه به این نکته ضروری است که قابلیت انعطاف سازه، میزان تغییر مکان جانبی را افزایش می‌دهد. در نتیجه جهت کنترل میزان این تغییر مکان جزء دیگری برای افزایش درصد میرایی سازه ضروری است.

ب- مستهلک‌کننده یا جذب‌کننده انرژی که بتواند جابجایی نسبی بین ساختمان و زمین را در حد طراحی عملی کنترل کند.

ج- سیستم ایجادکننده صلبیت در برابر بارهای جانبی کم مانند باد یا زلزله‌های کوچک

همچنین چندین پارامتر در انتخاب سیستم‌های جداساز لرزه‌ای علاوه بر توانایی آنها در تغییر پریود و افزایش میرایی سازه باید در نظر گرفته شود:

- شکل‌پذیری تحت بارهای نیمه‌استاتیکی متناوب (یعنی سختی اولیه)
- نیرو و تغییر مکان تسلیم
- تغییر مکان نهایی و رفتار پس از آن
- ظرفیت برگشت پس از تغییر شکل (نیروی مقاوم)
- سختی عمودی

خلاصه‌ای از این تجهیزات که عموماً در جهان استفاده می‌شود همراه با خواصشان در ادامه ارائه شده است.

۱-٤-۱- جداگرهای الاستومری چندلایه‌ای مسلح شده توسط ورق‌های فولادی(ERB)

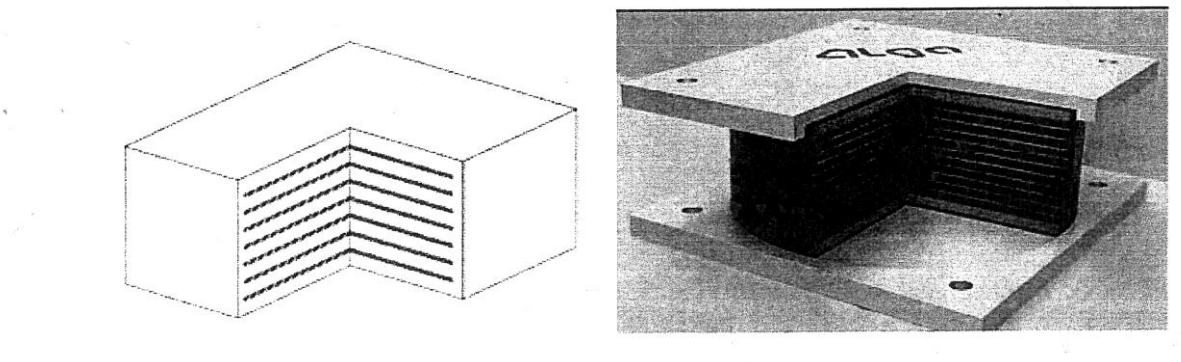
در این جداگرها، لاستیک طبیعی یا مصنوعی توسط ورق‌های فولادی مسلح می‌شود، به این صورت که

صفحات فولادی و لاستیک یک در میان روی هم قرار می‌گیرند. کاربرد اولیهٔ این جداگرها در روسازه پل‌ها، البته به صورت ساده و ابتدایی، برای تحمل تغییر شکل‌های ناشی از تغییرات درجه حرارت بوده است. این جداگرها به گونه‌ای طراحی می‌شوند که وزن‌های بزرگ را تحمل کنند، در حالی که در برابر

جابجایی‌های افقی بزرگ مقاومت اندکی از خود نشان می‌دهند. با تغییرات ساختاری این تکیه‌گاهها می‌توان ظرفیت باربری و انعطاف‌پذیری افقی و میرائی لازم برای جداسازی لرزه‌ای را تأمین کرد. چنین سیستمی به علت میرایی ذاتی لاستیک عموماً دارای ظرفیت میرایی زیاد بوده و دارای انعطاف‌پذیری افقی و سختی قائم زیاد می‌باشد و معمولاً دو صفحهٔ انتهایی ضخیم فولادی و نیز تعدادی صفحات نازک فولادی داخلی دارد.

با وجود اینکه افزایش در انعطاف‌پذیری جانبی لایه جداساز بسیار مطلوب است، در مورد انعطاف‌پذیری قائم این طور نیست. بنابراین سختی قائم این تکیه‌گاهها را تا چند صد برابر سختی جانبی افزایش می‌دهند به طوری که این انعطاف‌پذیری، معادل انعطاف‌پذیری یک ستون باشد. در نتیجه تکیه‌گاههای لاستیکی را با قرار دادن ورق‌های فولادی در بین آنها تقویت می‌کنند و با این عمل سختی قائم افزایش می‌یابد.

شکل ۱-۴ مربوط به یک تکیه‌گاه الاستومریک می‌باشد. همانطور که در شکل دیده می‌شود، این سیستم شامل لایه‌های نازک از لاستیک طبیعی است، که به صفحات فولادی چسبانده شده‌اند. افزایش این صفحات فولادی، سبب افزایش سختی و اصلاح پایداری در رفتار می‌شود. این نوع تکیه‌گاه رفتار خطی از خود نشان می‌دهد که این پاسخ به وسیله خواص لاستیک کنترل می‌گردد. بنابراین استفاده از آن بدون وسایل دیگری که میرایی بیشتر و پایداری تحت بارهای غیرلرزه‌ای را تأمین کنند به جز در مواردی که لاستیک بطور طبیعی میرایی بالایی داشته باشد، غیرمعمول است.



شکل ۱-۴- تکیه‌گاههای لاستیکی لایه لایه