دانشکده مهندسی

گروه مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

کنترل پل‌های جداسازی شده با جداساز لاستیکی–سربی مجهز به جرم تنظیم شده

تهیه و تنظیم :

محمدآخشن

استاد راهنما :

آقای دکتر هاشم شریعتمدار

استاد مشاور :

آقای دکتر فرزاد شهابیان

تابستان ۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به پدر شهیدم

که سرخود را برای

سربلندی ایران داد

اظهارنامه

اینجانب محمد آخشن دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته عمران گرایش سازه دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد نویسنده پایان‌نامه کنترل پل‌های جداسازی شده با جداساز لاستیکی–سربی مجهز به جرم تنظیم شده تحت راهنمایی دکتر هاشم شریعتمدار متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه فردوسی مشهد » و یا « Ferdowsi University of Mashhad » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از رساله/ پایان نامه رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

بسمه تعالی

دانشگاه فردوسی مشهد

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

جلسه دفاع از پایان نامه آقای محمد آخشن دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته عمران گرایش سازهدر ساعت ۱۲:۳۰ روز 92/7/14 در محل کلاس 326 دانشکده مهندسی با حضور امضا کنندگان ذیل تشکیل گردید. پس از بررسی های لازم، هیأت داوران پایان نامه نامبرده را با نمره به عدد 18/75، به حروف هجده و هفتاد و پنج صدم و با درجه بسیار خوب مورد تأیید قرار داد.

عنوان رساله

کنترل پل‌های جداسازی شده با جداساز لاستیکی-سربی مجهز به جرم تنظیم شده

هیئت داوران امضا

- **داور و نماینده تحصیلات تکمیلی: دکترمنصور قلعه نوی**

  استاد گروه عمران دانشگاه فردوسی مشهد

- **استاد راهنما: دکتر هاشم شریعتمدار**

  استادگروه عمران دانشگاه فردوسی مشهد

- **استاد مشاور: دکتر فرزاد شهابیان**

  استاد گروه عمران دانشگاه فردوسی مشهد

- **مدیر گروه: دکترمنصور قلعه نوی**

  استاد گروه عمران دانشگاه فردوسی مشهد

سپاس وقدر دانی:

با سپاس از زحمات بی شاعبه استاد گرامی، جناب آقای **دکتر هاشم شریعتمدار** که دلسوزانه و مهربانانه در به ثمر رسیدن این پژوهش مرا یاری نمودند.همچنین از زحمات استاد گرامی جناب آقای **دکتر فرزاد شهابیان** که درتکمیل این پایان نامه مرا راهنمایی نمودند، تشکر می نمایم.

و با تشکر ازهمه‌ی اعضاء خانواده‌ام بخصوص، **مادر ،همسر** و **فرزند** دلبندم که صبورانه در لحظات تلخ و شیرین ،تحصیل پشتیبان و همراه من بودند.

کنترل پل‌های جداسازی شده با جداساز لاستیکی–سربی مجهز به جرم تنظیم شده

چکیده: راهها نقش شریان حیاتی را برای سیستم حمل ونقل ایفا می کنند. پل ها بخش مهمی از این سیستم هستند. کنترل لرزه‌ای این سازه‌ها با دو هدف افزایش پریود طبیعی و افزایش اتلاف انرژی انجام می‌گیرد. جداسازی عرشه پل از پایه‌ها از مرسوم‌ترین روشهای کنترل لرزه‌ای این نوع سازه می‌باشد.

از جمله روشهای کنترل لرزه‌ای این نوع سازه‌ها کنترل غیر فعال می باشد، در این پایان نامه از جداساز لاستیکی–سربی و میراگر جرم تنظیم شده، (یک سیستم غیر فعال ترکیبی) جهت کنترل سازه پل استفاده شد. برای بررسی این سیستم، یک پل معیار دو دهانه به این سیستم مجهز گردیده و پاسخ این سازه تحت ۴ زلزله مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج نشان داد این سیستم ترکیبی می‌تواند در کاهش تنش برشی و تغییر مکان پایه‌ها مؤثر باشد البته تاثیر بیشتر سیستم وابسته به مشخصات شتاب ورودی و مشخصات لرزه‌ای (مانند فرکانس) سازه دارد. البته تغییرات در مقدار وزن جرم تنظیم شده در همه حال تاثیر قابل توجه‌تر ندارد و این نیز به مشخصات شتاب بستگی دارد. همچنین افزایش وزن جرم تنظیم شده از ۵٪ نسبت جرمی به ۱۰٪ باعث کاهش تنش برشی و تغییر مکان ستون‌ها می شود البته این کاهش در زلزله‌های مختلف متفاوت است.

کلید واژه: جداسازی پل‌ها، جداساز لاستیکی–سربی، میراگر جرم تنظیم شده، سیستم کنترلی ترکیبی

فهرست

فصل اول (کلیات).....۱

۱-۱- جداسازی پل‌ها.....۱

۱-۲- تقسیم بندی روش های جداسازی لرزه‌ای.....۳

۱-۳- ابزار های مختلف کنترل سازه ۹

۱-۳-۱- میراگر ویسکوز مایع ۱۰

۱-۳-۲- میراگر ویسکو الاستیک.....۱۱

۱-۳-۳- جداساز پاندولی اصطکاکی.....۱۱

۱-۳-۴- جداساز لاستیکی با میرایی بالا ۱۲

۱-۳-۵- جداساز اصطکاکی منعطف ۱۳

۱-۳-۶- جداساز لاستیکی- سربی ۱۳

۱-۴- جداسازی پل با استفاده از جداساز لاستیکی-سربی ۱۴

۱-۵- سیستم نوین جرم تنظیم شده ۱۶

۱-۶- معرفی میراگر جرم تنظیم شده ۱۸

۱-۶-۱- میراگر جرم تنظیم شده انتقالی.....۱۸

۱-۶-۲- میراگر جرم تنظیم شده پاندولی ۱۹

۱-۶-۳- میراگر جرم تنظیم شده پاندولی گهواره‌ای ۱۹

۱-۷- مزایا و معایب میراگر جرم تنظیم شده.....۲۰

۱-۸- شرح مسئله پژوهشی و هدف تحقیق ۲۱

۱-۹- روش پژوهشی ۲۲

فصل دوم (مروری برتحقیقات گذشته).....۲۳

۲- ۱- سیر مطالعاتی جداسازی لرزه‌ای ۲۳
۲-۲- سیر مطالعاتی میراگر جرم تنظیم شده ۳۷
فصل سوم (طراحی و مدلسازی) ۴۴
۳-۱- طراحی پل ۴۴
۳-۲- مشخصات هندسی پل ۴۵
۳-۳- زمان تناوب طبیعی پل ۴۷
۳-۴- طراحی جداساز لاستیکی- سربی ۴۸
۳- ۵- طراحی میراگر جرم تنظیم شده ۵۳
۳-۶- مدلسازی ۵۳
۳-۶-۱- مقدمه ای برروش اجزاء محدود FEM ۵۴
۳-۶-۲- نرم افزار اجزاء محدود Abaqus ۵۴
۳-۶-۳- مدلسازی پل در نرم افزار Abaqus ۵۶
۳-۷- شتاب‌نگاشت‌ها ۵۹
۳-۷-۱- زلزله طبس ۵۹
۳-۷-۲- زلزله السنترو ۶۰
۳-۷-۳- زلزله چی‌چی ۶۱
۳-۷-۴- زلزله کوبه ۶۱
فصل چهارم (تحلیل مدل و ارائه نتایج) ۶۲
۴-۱- تحلیل مدل ۶۲
۴-۲- تغییرات تنش برشی ۶۳
۴-۲-۱- زلزله طبس ۶۳

۴-۲-۲- زلزله السنترو ۶۵
۴-۲-۳- زلزله چی‌چی ۶۶
۴-۲-۴- زلزله کوبه ۶۷
۴-۳- تنش برشی با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ ۶۸
۴-۳-۱- زلزله طبس ۶۸
۴-۳-۲- زلزله السنترو ۷۰
۴-۳-۳- زلزله چی‌چی ۷۲
۴-۳-۴- زلزله کوبه ۷۴
۴-۴- تغییرمکان ۷۶
۴-۴-۱- زلزله طبس ۷۶
۴-۴-۲- زلزله السنترو ۷۷
۴-۴-۳- زلزله چی‌چی ۷۸
۴-۴-۴- زلزله کوبه ۷۹
۴-۵-تغییرمکان نسبی بالا و پایین ستون‌ها با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ ۸۰
۴-۵-۱- زلزله طبس ۸۰
۴-۵-۲- زلزله السنترو ۸۲
۴-۵-۳- زلزله چی‌چی ۸۴
۴-۵-۴- زلزله کوبه ۸۶
فصل پنجم (تحلیل نتایج و مقایسه) ۸۸
۵-۱- تنش برشی ۸۹
۵-۱-۱- کاهش RMS تنش برشی برای پل با LRB و پل با LRB+%5TMD ۸۹

۵-۱-۲- کاهش RMS تنش برشی برای پل با LRB+%5TMD نسبت به پل با LRB+%10TMD ۹۰
۵-۲- تغییر مکان ۹۱
۵-۲-۱- کاهش RMS تغییر مکان نسبی بالا و پایین ستون‌ها برای پل با LRB و پل با LRB+%5TMD ۹۱
۵-۲-۲- کاهش RMS تغییر مکان نسبی بالا و پایین ستون‌ها برای پل با LRB+%5TMD نسبت به پل با LRB+%10TMD ۹۲
۵-۳- مقایسه بین مقادیر تنش برشی و تغییر مکان ۹۳
۵-۳-۱- کاهش RMS تنش برشی با تغییر مکان نسبی بالا و پایین ستون‌ها در پل مجهز به LRB ۹۳
۵-۳-۲- کاهش RMS تنش برشی با تغییر مکان نسبی بالا و پایین ستون‌ها در پل مجهز به LRB+%5TMD ۹۴
۵-۳-۳- مقایسه درصد کاهش RMS تنش برشی با تغییر مکان نسبی بالا و پایین ستون‌ها در پل مجهز به LRB+%10TMD نسبت به پل مجهز به LRB+%5TMD ۹۵
۵-۴- مقایسه مقادیر زلزله‌های مختلف ۹۶
۵-۴-۱- تنش برشی ۹۶
۵-۴-۲- تغییر مکان ۹۷
فصل ششم (نتیجه گیری) ۹۹
۶-۱- نتایج بدست آمده ۹۹
۶-۲- پیشنهادات ۱۰۰
پیوست ۱ (روش تک مدی) ۱۰۲
پیوست ۲ (طراحی جداساز های لاستیکی باهسته سربی) ۱۰۵
پیوست ۳ (اصول طراحی و مبنایی میراگر جرم تنظیم شده) ۱۱۵
مراجع ۱۱۸

فهرست شکل‌ها

۱–۱– یک نمونه پل جداسازی شده چند دهانه بوسیله جداساز لاستیکی ۴

۱–۲– دستگاه میراگر ویسکوز مایع ۱۰

۱–۳– میراگر ویسکو الاستیک ۱۱

۱–۴– جداساز پاندولی اصطکاکی ۱۲

۱–۵– جداساز لاستیکی با میرایی بالا همراه نمودار ایده آل نیرو-تغییرمکان ۱۲

۱–۶– جداساز اصطکاکی منعطف ۱۳

۱–۷– دستگاه جداساز لاستیکی- سربی همراه نمودار نیرو-تغییرمکان ایده آل ۱۴

۱–۸– میراگر جرم تنظیم شده انتقالی ۱۸

۱–۹– میراگر جرم تنظیم شده پاندولی ۱۹

۱–۱۰– میراگر جرم تنظیم شده پاندولی گهواره‌ای ۲۰

۳–۱– پلان و نمای پل معیار ۴۵

۳–۲– برش عرضی از عرشه پل ۴۶

۳–۳– نمای واقعی پل ۴۶

۳–۴– نمای کلی پل مدلسازی شده در نرم افزار Abaqus ۵۷

۳–۵– محل قرار گیری LRB در نرم افزار Abaqus ۵۷

۳–۶– مدلسازی LRB در نرم افزار Abaqus ۵۸

۳–۷– مدلسازی TMD در نرم افزار Abaqus ۵۸

۳–۸– جهت حرکت TMD مدل شده در نرم افزار Abaqus ۵۹

۳–۹– شتاب‌نگاشت زلزله طبس ۶۰

۳–۱۰– شتاب‌نگاشت زلزله السنترو ۶۰

۳–۱۱– شتاب‌نگاشت زلزله چی‌چی ۶۱
۳–۱۲– شتاب‌نگاشت زلزله کوبه ۶۱
۴–۱– تغییرات تنش برشی پای ستون‌ها تحت زلزله طبس ۶۴
۴–۲– تغییرات تنش برشی پای ستون‌ها تحت زلزله السنترو ۶۵
۴–۳– تغییرات تنش برشی پای ستون‌ها تحت زلزله چی‌چی ۶۶
۴–۴– تغییرات تنش برشی پای ستون‌ها تحت زلزله کوبه ۶۷
۴–۵– تنش برشی سیستم با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله طبس ۶۸
۴–۶– مقدار نسبی کاهش تنش برشی با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله طبس ۶۹
۴–۷– درصد کاهش تنش برشی با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله طبس..... ۶۹
۴–۸– تنش برشی سیستم با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله السنترو ۷۰
۴–۹– مقدار نسبی کاهش تنش برشی با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله السنترو ۷۱
۴–۱۰– درصد کاهش تنش برشی با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله السنترو..... ۷۱
۴–۱۱– تنش برشی سیستم با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله چی‌چی ۷۲
۴–۱۲– مقدار نسبی کاهش تنش برشی با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله چی‌چی ۷۳
۴–۱۳– درصد کاهش تنش برشی با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله چی چی ۷۳
۴–۱۴– تنش برشی سیستم با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله کوبه ۷۴
۴–۱۵– مقدار نسبی کاهش تنش برشی با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله کوبه ۷۵
۴–۱۶– درصد کاهش تنش برشی با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله کوبه ۷۵
۴–۱۷– تغییرمکان نسبی بالا و پایین ستون‌ها تحت زلزله طبس ۷۶
۴–۱۸– تغییرمکان نسبی بالا و پایین ستون‌ها تحت زلزله السنترو..... ۷۷
۴–۱۹– تغییرمکان نسبی بالا و پایین ستون‌ها تحت زلزله چی‌چی ۷۸

۴–۲۰– تغییرمکان نسبی بالا و پایین ستون‌ها تحت زلزله کوبه ۷۹
۴–۲۱– تغییرمکان نسبی بالا و پایین ستون‌ها با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله طبس..... ۸۰
۴–۲۲– مقدار نسبی کاهش تغییر مکان بالا و پایین ستون با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله طبس۸۱
۴–۲۳– درصد کاهش تغییر مکان بالا و پایین ستون با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله طبس..... ۸۱
۴–۲۴– تغییرمکان نسبی بالا و پایین ستون‌ها با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله السنترو..... ۸۲
۴–۲۵– مقدار نسبی کاهش تغییر مکان بالا و پایین ستون با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله السنترو۸۳
۴–۲۶– کاهش تغییر مکان بالا و پایین ستون با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله السنترو ۸۳
۴–۲۷– تغییرمکان نسبی بالا و پایین ستون‌ها با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله چی‌چی..... ۸۴
۴–۲۸– مقدار نسبی کاهش تغییر مکان بالا و پایین ستون با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله چی‌چی۸۵
۴–۲۹– درصد کاهش تغییر مکان بالا و پایین ستون با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله چی‌چی ... ۸۵
۴–۳۰– تغییرمکان نسبی بالا و پایین ستون‌ها با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله کوبه ۸۶
۴–۳۱– مقدار نسبی کاهش تغییر مکان بالا و پایین ستون با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله کوبه ۸۷
۴–۳۲– درصد کاهش تغییر مکان بالا و پایین ستون با تغییر نسبت جرمی از ۵٪ به ۱۰٪ تحت اثر زلزله کوبه ۸۷
۵–۱– درصد کاهش RMS تنش برشی پل با LRB و پل با LRB+%5TMD ۹۰
۵–۲– درصد کاهش RMS تنش برشی پل با LRB+%5TMD نسبت به پل با LRB+%10TMD..... ۹۱
۵–۳– درصد کاهش RMS تغییر مکان نسبی بالا و پایین ستون‌ها برای پل با LRB و پل با LRB+%5TMD ۹۲
۵–۴– درصد کاهش RMS تغییر مکان نسبی بالا و پایین ستون‌ها برای پل با LRB+%5TMD نسبت به پل با LRB+%10TMD..... ۹۳
۵–۵– کاهش RMS تنش برشی با تغییر مکان نسبی بالا و پایین ستون‌ها در پل مجهز به LRB ۹۴
۵–۶– درصد کاهش RMS تنش برشی با تغییر مکان نسبی بالا و پایین ستون‌ها در پل مجهز به LRB+%5TMD ۹۵

۵–۷– درصد کاهش RMS تنش برشی با تغییر مکان نسبی بالا و پایین ستون‌ها در پل مجهز به LRB+%10TMD نسبت به پل مجهز به LRB+%5TMD ۹۶

۵–۸– درصد کاهش RMS تنش برشی تحت زلزله‌های مختلف ۹۷

۵–۹– درصد کاهش RMS تغییر مکان تحت زلزله‌های مختلف ۹۸

۱

فصل اول

کلیات

در این فصل کلیاتی از روش‌های جداسازی پل‌ها، ارائه می‌شود. همچنین با توجه به پژوهش صورت گرفته در این پایان‌نامه به بررسی ابزارهای استفاده شده در پژوهش، مزایا و معایب آن‌ها، و دلایل پژوهشی، شرح کلی مسئله پژوهشی ، روش تحقیق پرداخته می‌شود. در پایان فصل نیز به صورت مختصر به کلیاتی از فصول آینده اشاره خواهد شد.

۱-۱- جداسازی پل‌ها

نخستین آثار و پژوهش‌ها در زمینه سیستم‌های جداسازی پایه و کاربرد آن در سازه ها، توسط کلی[۱] [۱] در سال ۱۹۸۶ و پس از آن توسط باکل[۲] و مایز[۳] [۲] در سال ۱۹۹۰ و جنگید[۴] وداتا[۵] [۳] در سال ۱۹۹۵ ارائه شد.

همانطور که گفته شد پل‌ها به عنوان بخش مهم در شبکه حمل و نقل هستند. موارد بسیاری از آسیب دیدگی پل‌ها در زلزله‌های گذشته در سراسر جهان وجود دارد. با توجه به سادگی ساختاری آنها، پل ها به ویژه آسیب پذیر هستند و این آسیب پذیری در هنگام زلزله حتی تا مرحله‌ی در هم شکستن نیز پیش می‌رود. پریود طبیعی اکثر پل‌ها در گستره وسیعی

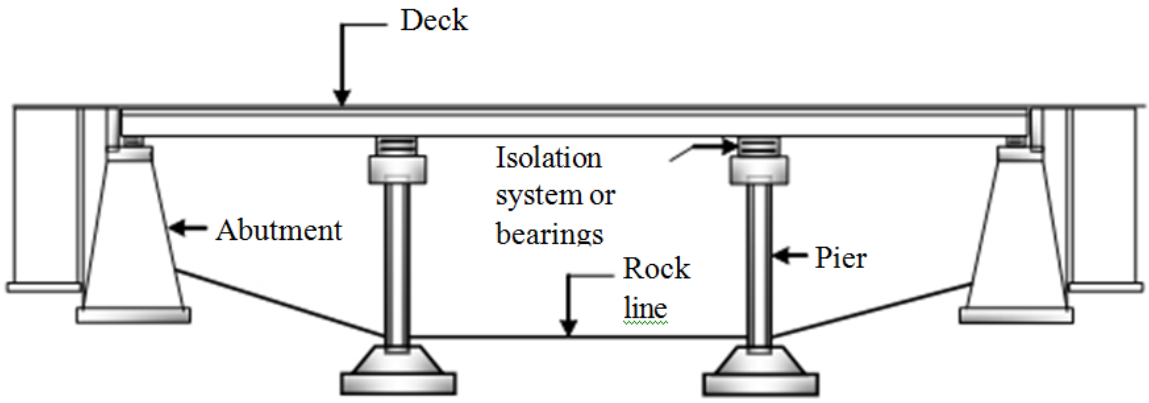
1.Kelly
2. Buckle
3.Mayes
4.Jangid
5.Datta

بین اعداد ۰/۲ تا ۱/۲ ثانیه می باشد. پاسخ در این نوع سازه‌ها بالاست و این به دلیل نزدیکی پاسخ بـه پریـود حرکـات زمـین ناشی از زلزله است. برای پل‌های با مقاومت وسختی بالا که دارای پایه‌های کوتاه و عرشه‌ی کوچک می‌باشـند زمـان پریـود تقریبا همان شتاب زمین است.

نیروهای لرزه‌ای در پل‌ها را می‌توان کاهش داد، البته با دو روش: ۱- این که پریود طبیعی سازه افزایش یابـد. ۲- قابلیـت اتلاف انرژی در سازه افزایش پیدا کند.

بنا بر این جداسازی پل‌ها روش نوید بخشی برای طراحی پل‌ها در برابر نیروهای زلزله می باشد. شکل (۱-۱) یک نمونـه پل جداسازی شده چند دهانه با جداساز متداول لاستیکی را نشان می‌دهد. این میراگر با محدود کردن انتقـال شـتاب افقـی و اتلاف انرژی از طریق میرایی از عرشه محافظت می‌کند.

تلاش‌های قابل توجهی در سه دهه اخیر جهت بهبود جداسـازی لـرزه‌ای و روش‌هـای طراحـی بـرای پـل‌هـای جدیـد و همچنین راهکارهایی برای مقاوم سازی پل‌های موجود ساخته شده صورت گرفته است.



شکل (۱-۱) یک نمونه پل جداسازی شده چند دهانه بوسیله جداساز لاستیکی

مناسب بودن یک برنامه ریزی خاص و نوع سیستم جداساز به عوامل مختلفی بستگی دارد، که از آن جمله مـی‌تـوان، تعـداد دهانه، تعداد دهانه‌های پیوسته، لرزه خیزی منطقه، فرکانس ارتعاش اجزای نسبتا شدید زلزلـه، تعمیـر و نگهـداری و امکانـات جایگزینی نام برد.

سیستم جداساز باید قادر به پشتیبانی از سازه باشد، در حالی که به ارائه‌ی انعطاف پذیری و اتلاف انرژی نیز می‌پردازد. این سه تابع می‌تواند هم زمان در یک دستگاه واحد و یا یک سیستم متشکل از دستگاه‌های مختلف تامین گردد.

معمولا پارامترهای مختلفی در انتخاب سیستم جداساز در نظر گرفته می شود. صرف نظر از توانایی های عمومی جداساز ها، تغییر پریود لرزه‌ای و افزایش میرایی آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- قابلیت تحمل تحت بارهای مکرر شبه استاتیکی (سفتی اولیه)

۲- سطح نیروی تسلیم و جابه‌جایی جداساز

۳- ظرفیت بازگشت به حالت اولیه پس از تغییر شکل

۴- سختی عمودی

از جمله معایب استفاده از سیستم جداساز لرزه‌ای در پل‌ها افزایش تغییرمکان عرشه و احتمالا سقوط آن می‌باشد، که استفاده از کلیدهای برشی یا ضربه گیرها تا حد زیادی از این عمل جلوگیری کند. مشکل دیگر جداسازی پل‌ها نیاز به یک بستر سخت می‌باشد از این رو از این سیستم نمی‌توان در بسترهای با خاک نرم به کار برد. برای رفع این مشکل می توان از شمع استفاده کرد. هزینه اضافه‌ای که جداسازی به هزینه های اولیه سازه تحمیل می‌کند نیز از این مشکلات است.

۱-۲- تقسیم بندی روش‌های جداسازی لرزه‌ای

دانشمندان و پژوهشگران روش های جداسازی لرزه‌ای را به چندین طریق تقسیم بندی می‌کنند. دسته بندی بر اساس تغییر و تنظیم خواص دینامیکی سیستم، دسته بندی مبتنی بر تغییر و تنظیم میرایی سیستم و دسته بندی بر اساس عملکرد سیستم از این گونه تقسیم بندی هاست.

در این میان دسته بندی بر اساس عملکرد سیستم کلی‌ترین روش دسته بندی می‌باشد. معمولا تکنیک ارتعاش سازه با این طبقه‌بندی مقایسه می‌شوند که شامل بخش‌های زیر است:

۱-سیستم کنترل غیرفعال[1]

در این گونه روش‌ها، عامل کنترل کننده ارتعاش در محل مناسبی از سازه قرار می‌گیرد و عملا تا قبل از تحریک سازه، به صورت غیر فعال است. با شروع تحریک (مثلا زلزله) سیستم کنترلی به کار افتاده و عملکرد کنترلی خود (اعم از تغییر سختی، پریود، میرایی یا جرم) را در حین تحریک انجام می‌دهد و پس از خاتمه تحریک مجددا به حالت غیرفعال بر می-گردد. به دلیل جذب بخشی از انرژی ورودی به سازه، احتمالا شاهد خرابی جزئی یا کلی در آن سیستم خواهیم بود.

تکنیک‌های زیادی از جمله تکنیک مرسوم جداسازی پایه، میراگرهای اصطکاکی، میراگرهای ویسکوالاستیک، میراگر های فلزی، میراگر جرم تنظیم شده و جداساز لاستیکی– سربی از جمله روش‌های کنترل غیرفعال محسوب می‌شوند.

در واقع مشخصه اصلی این گونه سیستم‌ها آن است که عملا در زمان تحریک سازه، نوع عملکرد سیستم کنترل غیرفعال عوض نشده و خواص آن خارج از سیستم قابل تغییر نمی‌باشد.

استفاده از سیستم کنترل غیرفعال در بعضی موارد خالی از اشکال نیست. مثلا تغییر مکان‌های زیاد جدا کننده‌های سازه از تکیه‌گاه و نیز بلندشدگی سازه در سازه‌های با ارتفاع زیاد باعث ایجاد گشتاور واژگونی قابل توجهی می‌گردد که کاربرد سیستم کنترل غیرفعال را به سازه‌های کوتاه محدود می‌سازد. اکثر پل‌ها نیز جزء سازه‌های کوتاه محسوب می‌شوند.

همچنین مشاهده می‌شود که این گونه سیستم‌ها به دلیل ثابت بودن خواص دینامیکی از جمله سختی، میرایی، جرم و فرکانس، به فرکانس و دامنه تحریک ورودی به سازه حساس بوده که در کاهش بازده آن‌ها برای حالاتی مثل زلزله که تحریک ورودی قابل پیش بینی نیست، تاثیر می‌گذارد. روش‌هایی از جمله ترکیب این سیستم‌ها به منظور کاهش این حساسیت ابداع و به کار گرفته شده است و هم اکنون در بسیاری از کشورها سازه‌های زیادی به روش کنترل غیرفعال کنترل ارتعاش می‌شوند.

1. Passive control

۲- سیستم کنترل فعال[1]

در این گونه روش‌ها پاسخ سازه توسط اعمال نیروهایی در نقاط مختلف آن به صورت هم زمان و با توجه به شرایط لحظه‌ای سازه کنترل می‌شود. این سیستم ها همواره آماده برای شروع فعالیت و کنترل ارتعاشات می‌باشند که اصطلاحا فعال نامیده می‌شوند.

سیستم‌های کنترل فعال را می‌توان به صورت عمده به دو بخش تعیین مکانیزم اعمال نیرو بر سازه و نیز الگوریتم‌های محاسبه نیروی کنترل تقسیم نمود. در این گونه سیستم‌ها ضمن تعیین پاسخ سازه که می‌تواند شامل شتاب، سرعت و یا تغییر مکان باشد در هر لحظه و با استفاده از یک الگوریتم مشخص، نیروی کنترل مورد نیاز تعیین می‌گردد. سپس با استفاده از یک منبع انرژی خارجی نسبت به اعمال نیروهای محاسبه شده کنترلی بر سازه اقدام شده و این کار تا زمان کاهش پاسخ سازه به حد مورد نظر ادامه می یابد.

از مشکلات عمده این گونه سیستم‌ها هزینه زیاد اولیه مورد نیاز آن‌ها از یک سو و نیز عملیات تعمیر و نگهداری سنگین آن‌ها برای ایجاد امکان استفاده در هر لحظه می‌باشد. نقص دیگر این سیستم‌ها آن است که به دلیل آنکه به سازه انرژی تزریق می‌نمایند، پتانسیل ناپایدار کردن سیستم را دارا می باشد.

نحوه کار در آن‌ها (مثلا در مورد زلزله) معمولا به این صورت است که حسگرهای دریافت کننده پاسخ سازه و یا ارتعاشات زمین در فاصله‌ای از سازه و در تراز مشخصی از آن قرار گرفته و همگی به یک پردازنده مرکزی[2] متصل می‌باشند. ارتعاشات زمین و ترازهای مختلف سازه در هر لحظه به پردازنده منتقل شده و بر روی آن‌ها پردازش صورت می‌گیرد. شروع فعالیت سیستم کنترلی لحظه‌ای است که دامنه ارتعاشات ثبت شده سازه و یا ورودی زلزله توسط حسگرها، برابر یا بیشتر از مقدار تعریف شده (که معمولا آن سطح از ارتعاش است که عملا سازه در آن نیاز به کنترل دارد) برای آن باشد. اگر ارتعاشات زمین بیش از مقدار مشخص شده باشد و یا تغییر مکان ترازهای مختلف از حدود مشخص خارج گردد، سیستم شروع به کار می‌کند. سپس پردازنده مرکزی با تجزیه و تحلیل اطلاعات و بر اساس برنامه‌ای که برای آن تعریف شده

1. Active control
2 .CPU