بسم الله الرحمن الرحيم

همه امتیازهای این پایان‌نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب پایان‌نامه در مجلات، کنفرانس‌ها و یا سخنرانی‌ها باید نام دانشگاه بوعلی سینا (استاد یا اساتید راهنمای پایان‌نامه) و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

دانشکده فنی ومهندسی

گروه عمران

پایان‌نامه: برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته‌عمران(گرایش سازه)

عنوان:

کنترل سازه بوسیله میراگرهای ستون مایع

استاد راهنما:
دکتر محمد شوشتری

پژوهشگر:
محمد یلفانی

1392/07/01

تقدیم به

پدر و مادر

عزیزم

خدایا کسی به پایان شکرو سپاس تو نمی رسد، تو را بسی شاکرم کـه از روی کـرم پـدرو مـادری فـداکار نصیبم ساختی تا در سایه درخت پر بار وجودشان در راه کسب علم و دانـش تـلاش نمـایم. والـدینی کـه بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم. کسانی کـه راه رفـتن را در ایـن وادی زندگی پر فرازو نشیب به من آموختند. برخود لازم می دانم از عزیزانی که در این راه یاریم کردند تشـکر و قدردانی نمایم.

از استاد بزرگوار جناب آقای دکتر محمد شوشتری که با رهنمودهای استادانه خویش مرا در امر پـژوهش و زندگی راهنمایی کردند کمال تشکر را دارم.

از همه ِ اسـاتید محتـرم دانشـکده مهندسـی از جملـه:آقایـان دکتـر نیلـی، دکتـر فریـدون رضـایی، دکتر بهرام رضایی که دانسته هایم مرهون دانش این عزیزان است، سپاسگذارم.

از دوستان عزیزم :

آقایان: مهندس غلامی مؤدب – مهندس بریری

خانم ها: سرکار خانم داوری – مهندس پیری

که همواره مرا مورد لطف خود قرار داده اند تشکر نموده و سربلندی آنها را از خالق یکتا خواهانم.از دیگـر عزیزانی که در این راه یاریم کردند تشکر میکنم.

محمد یلفانی
مهر ماه 1392

دانشگاه بوعلی سینا

مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی

عنوان پایان‌نامه: کنترل سازه بوسیله میراگر ستون مایع

نام نویسنده: محمد یلفانی

نام استاد راهنما: دکتر محمد شوشتری

نام استاد مشاور: - - -

دانشکده: فنی و مهندسی	**گروه آموزشی: مهندسی عمران**

رشته تحصیلی: مهندسی عمران	**گرایش تحصیلی: سازه**	**مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد**
تاریخ تصویب: 1390/09/27	**تاریخ دفاع: 1392/06/31**	**تعداد صفحات: 175**

چکیـــــده:

امروزه استفاده از مواد سبک و مقاوم و روش‌های ساخت پیشرفته در ساختن ساختمان های بلند و برج ها باعث انعطاف پذیری زیاد و تغییر شکل های بزرگ در برابر نیروهای زلزله و باد شده است. با افزودن سیستم های میراگر از نوع فعال، نیمه فعال یا غیر فعال به سازه های احداث شده از قبل یا در حال ساخت می توان میزان انرژی وارد شده به سازه را تقلیل داد. میراگرهای ستون مایع تنظیم شده TLCD نوع خاصی از میراگرهای مخازن مایع تنظیم شده (TLD) می باشند که از دو مخزن پراز مایع که عمدتا آب می باشد و یک مجرای افقی که مخازن را به یکدیگر متصل می کند تشکیل شده اند. اساس کار این گونه میراگرها حرکت مایع در لوله V, U شکل و ایجاد میرایی بواسطه‌ی حضور دریچه ها یا سوپاپ ها در مسیر جریان می باشد. علاوه برآن تلاطم در مایع موجب ایجاد اختلاف ارتفاع سطح آزاد مایع در هریک از لوله ها شده و اختلاف فشار ناشی از این تفاوت ارتفاع موجب پیدایش نیروی برشی در کف مخزن می گردد. در این پایان نامه میزان میرایی، سختی و جرم در چند نمونه از میراگرهای ستون مایع محاسبه می گردد و مقادیر بدست آمده با مقادیر آزمایشگاهی که توسط محقیقن دیگر بدست آمده بود، مقایسه می گردد و توسط میز لرزه ساخته شده تاثیر قرارگیری میراگر ستون مایع بر سازه بررسی می گردد. در نهایت میزان ثاتیر میراگر ستون مایع در ساختمان های 6، 12 و 18 طبقه بررسی می گردد. کاهش جابجایی افقی اندازه گیری شده توسط نرم افزار SAP2000 مقدار قابل ملاحظه‌ی می باشد. با جابجا کردن محل قرارگیری میراگر ستون مایع و استفاده همزمان از دو یا چند میراگر تاثیر بهینه آن در ساختمان ها مشخص می گردد، که موجب کاهش اثرات نیروی زلزله مشخص می گردد.

واژه‌های کلیدی:مقاوم سازی، میراگر، میراگر مخازن مایع، میراگر ستون مایع، کنترل سازه.

Bu-Ali Sina University

Graduate Studies Thesis\Dissertation Information

Title: **Structural Control by tunned liquid column damper**

Author: **Mohammad Yalfani**

Supervisor: **Dr.Mohammad Shoshtari**

Advisor: ---

Faculty: **Bu-Ali Sina University**

Department: **Engineering**

Subject: Civil Engimeering	**Field: Structure**	**Degree**: **Master of Science**
Approval Date: 2011/12/14	**Defence Date:2013/09/23**	**Number of Pages**: 175

Abstract:

These day using imporved construction style and soft and resistant materials to construct towers and tall buildings casue more flexibility and big evolution against earthquake and wind forces the energy balance which entered to the structure will reduced by amplifying active, semi active and inactive damper systems to the generated structures before or during construction.

Tuned liquid column dampers (TLCD) are special kind of tuned liquid dampers (TLD) made of two tanks mainly filled with water and a horizontal vessel to connect the tanks. The basic function of these dampers is to move liquid in V and U shape tube and also creat damping in presence of orifices and valves in direction of flow, in addition, a shock in liquid cause variation in height in free surface of liquid at each tube, and pressure variation of this difference in height, makes some sectorial forces at the bottom of the tank. This project compatates damping scale, solidity and mass in some samples of liquid column dampers and compares the earned values with experienced ones earned by other scholars. It also shaking table and finally specifies the effect of liquid column dampers in 6, 12 and 18 floors building measured horizontal displacement and it's reduced scale, is so size able by using SAP2000 software. The optimum effect of liquid column damper in building can be specified by displacing the place of the damper and using two or more dampers, simultaneously. It can reduce the effect of the earthquake force.

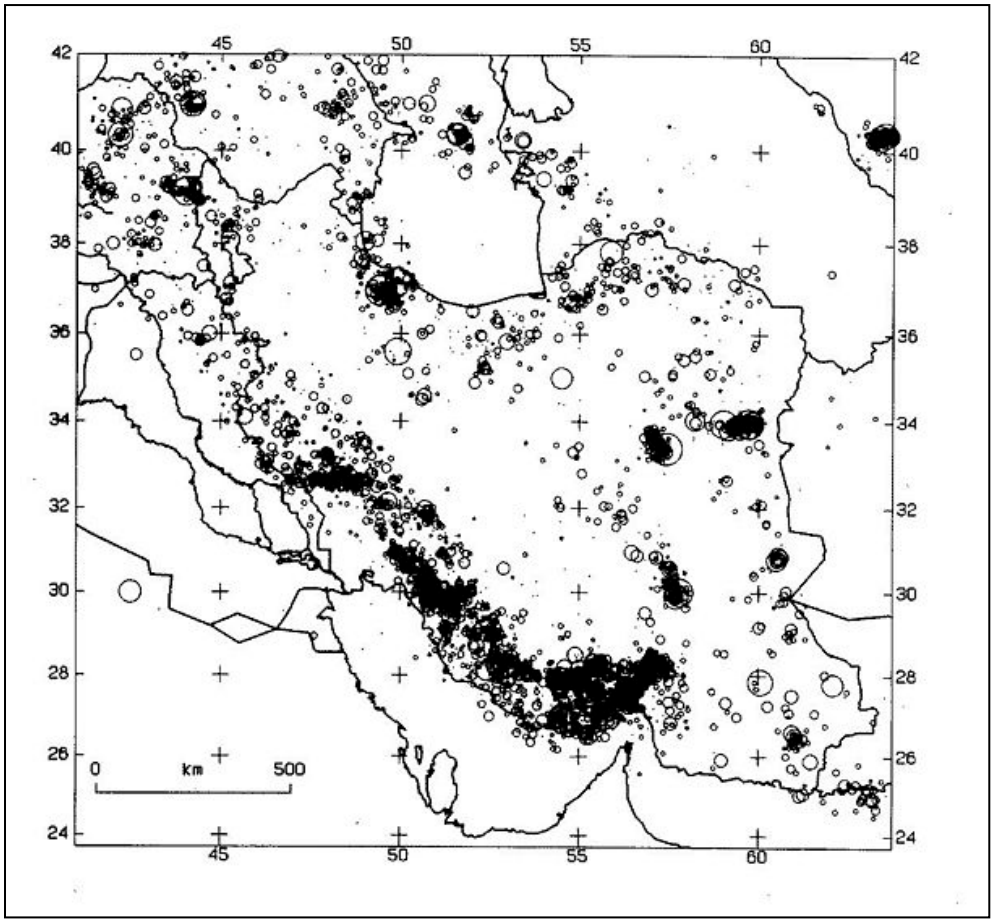
Key Words: **Resistance, Damper,Tuned liquid damper, Tuned liquid column dampers, Structural control**

فصل اول

کلیات

۱ ۱- زمینه تحقیق

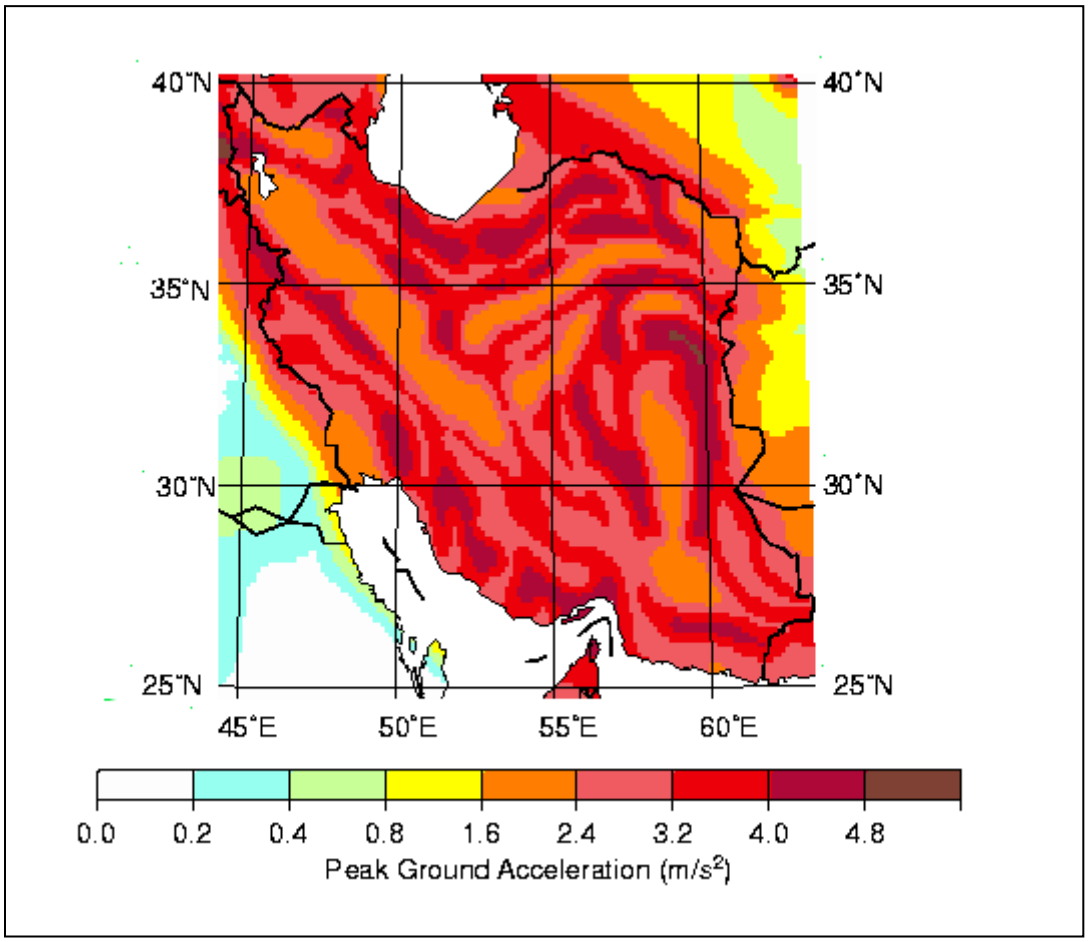
امروزه استفاده از مواد سبک و مقاوم و روشهای ساخت پیشرفته در ساخت ساختمان های بلند و برج های مرتفع باعث انعطاف پذیری زیاد و تغییر شکل های بزرگ شده است . در این نوع سازه ها عوامل محیطی مانند باد و زلزله که لرزش های پیش بینی نشده و ناخواسته را ایجاد می کنند علا وه بر اینکه موجب تخریب نهایی سازه می گردند باعث ایجاد اضطراب و نگرانی برای ساکنین نیز می شوند. از آنجایی که کشور عزیز ما ایران نیز بر روی کمربند زلزله آلپ – هیمالیا قرار دارد و در پهنه خطرناک می باشد زلزله را یکی از تهدیدات جدی برای سازه های ما می سازد . میزان زلزله خیزی اخیر ایران در شکل ۱-۱ آورده شده است می توان گستره ی زلزله خیزی را در کشورمان مشاهده کرد.[۱]



شکل(۱-۱): میزان زلزله خیزی اخیر ایران [۲]

حداکثر شتاب زمین[1] در کشور ایران در شکل ۱-۲ آورده شده که نمایانگر میزان حداکثر شتاب زمین می باشد همانطور که در شکل ۱-۲ قابل مشاهده است در اکثر مناطق شتاب حداکثر زمین بیشتر از ۱/۶ متر بر مجذور ثانیه است.

[1] Peak Ground Acceleration



شکل(۱-۲): میزان خطر زلزله در ایران [۲]

علاوه بر موضوع اصلی زلزله، عامل محیطی دیگر باد است که در ساختمان های بلند به عنوان یکی از عوامل تهدید کننده شمرده می شود، طبق مبحث ششم آیین نامه های ساختمانی بارهای وارد برساختمان، فشار مبنای باد بنا بر تعریف فشاری است که باد با سرعتی برابر با سرعت مبنای ب اد بر سطحی عمود بر جهت وزش باد وارد می کند مقدار این فشار با استفاده از رابطه ۱-۱ محاسبه میشود:

$$q = 0.005v^2 \qquad (۱-۱)$$

که در آن سرعت مبنای باد،بنا به تعریف، سرعت متوسط ساعتی باد در ارتفاع ۱۰ متر از سطح زمین درمنطقه ای مسطح و بدون مانع است که بر اساس آمار موجود در منطقه، احتمال تجاوز از آن در سال کمتر از ٪۲ (دوره بازگشت 50 ساله) باشد، فشار یا مکش ناشی از باد بر روی سطوح ساختمان، درهر ارتفاعی از آن، ازرابطه ۱-۲ محاسبه می شود:

$$p = C_e . C_q . q \qquad (۱-۲)$$

اصطلاح فشار برای حالتی است که جهت نیرو رو به سطح باشد واصطلاح مکش برای حالتی است که جهت نیرو از طرف سطح به طرف خارج باشد . ضریب اثر تغییر سرعت Ce، ضریبی است که با افزایش ارتفاع افزایش می یابد درکل می توان نتیجه گرفت اهمیت اثر نیروی جانبی با بالا رفتن ارتفاع ساختمان با سرعت زیادی افزایش می یابد و جابجایی های افقی تحت نیرو های جانبی در ساختمان-های بلند بسیار بزرگتر خواهد بود.[۲]

بنابراین جستجو و تلاش برای یافتن ابزارهای مفید و موث ر برای جلوگیری و کاهش این لرزش ها امری مهم به شمار می رود[۳].

۱-۲- سیستم های کنترل سازه

استفاده از مواد با مقاومت بالاتر و بالا بردن سختی قاب ها مستلزم هزینه فراوان می باشد و در اکثر اوقات رسیدن به سختی مورد نظر غیر ممکن است . ضمن این که کنترل ارتعاشات با ر وش افزایش سختی، باعث افزایش خسارات تغییرسازه ای دراثرتغییر مکان های بزرگ وشتاب ه ای زیاد نیز می - شود، در بیشتر موارد برای کاهش میزان لرزش های ذکر شده و جابجایی های افقی از وسایل و تجهیزاتی به نام میراگر استفاده می شود . درواقع میرایی خاصیتی از سازه است که قسم تی از انرژی تزریق شده در خلال بارگذاری دینامیکی را مستهلک می کند . به طور کلی می توان سیستم های کنترل کننده میزان ارتعاشات را از نظر دسترسی به اطلاعات و انرژی به چهار دسته طبقه بندی کرد:[۴]

- سیستم های کنترل فعال
- سیستم های کنترل نیمه فعال
- سیستم های کنترل غیر فعال
- سیستم های مرکب (دوگانه)

۱-۲-۱-کنترل فعال

سیستم کنترل فعال سیستمی است که منابع انرژی خارج از سیستم، نیروی کنترل را به وسیله محرک یا محرک‌هایی به سازه اعمال می کند تا اینکه سیستم سازه ای وضعیتی از پیش تعریف شده داشته باشد. این نیروها می توانند درراستای استهلاک یا افزایش انرژی سازه عمل نمایند. بنابراین این امکان وجود دارد انرژی وارد شده به سازه را افزایش دهند [۱]. با توسعه تکنیک‌های کنترل دیجیتال و حسگرها، این روش کنترل در تعدادی از ساختمان‌ها و پل‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. از جمله مزایای کنترل فعال می توان به مؤثر بودن در محدوده وسیعی از فرکانس‌های ارتعاش سازه اشاره کرد، اما به دلیل نیاز به منبعی برای تامین نیرو و نیز به دلیل هزینه‌های نگهداری نسبتاً زیاد این سیستم با توجه کمتری روبه‌رو است. سیستم کنترل فعال نیازمند محاسبات ریاضی پیچیده و رایانه‌ای، کنترل‌گر و حسگرهای دقیقی می باشد. تجهیز سازه ها به این نوع سیستم‌ها بسیار پر هزینه می باشد اما به نحو بسیار مطلوبی حرکات لرزه ای سازه را کنترل می کند که این خود می تواند باعث کاهش هزینه های مصالح مورد نیاز برای ساخت سازه شود [۵].

۱-۲-۲ کنترل غیر فعال

وسایل و تجهیزات کنترل غیر فعال به منبع انرژی خارجی نیاز ندارند . در این سیستم هرگونه واکنش سیستم، متناسب با مقدار کنش وارده به سیستم می باشد. تجهیزات کنترل غیر فعال در پاسخ به حرکت سازه در برابر تحریکات خارجی از نیروی وارده سهم می برند. نگهداری سیستم‌های کنترل غیرفعال به دلیل عدم نیاز حسگرها، جک های اعمال کننده نیرو، کنترل کننده ها و سایر تجهیزات رایانه‌ی نسبتا ساده می باشد . سیستم‌های اتلاف انرژی غیر فعال به عنوان پوسته هایی عمل می‌نمایند که مقداری از انرژی ارتعاشی زلزله را جذب می‌نمایند، تا اینکه المان های سازه تغییر شکل کمتری را تجربه کنند، این ابزار ها کاهش پاسخ سازه را از طریق انتقال مقداری انرژی ارتعاشی سازه به نوسانگرهای کمکی که به سازه اتصال یافته اند انجام می دهند. این نوع سیستم ها در مقایسه با سیستم‌های کنترل فعال و کنترل نیمه فعال از هزینه بسیار کمتری برخوردارند، ولی به همان نسبت دارای کارایی پایین تری هستند. میراگرهای جرمی تنظیم شده در این دسته قرار می گیرند[۵].

۱-۲-۳ کنترل نیمه فعال

وسایل و تجهیزات کنترل نیمه فعال نیز یک طرح ترکیب شده ای از سیستم های کنترل غیر فعال و فعال دارد. سیستم کنترل نیمه فعال دسته ای از ابزارهای کنترل فعال هستند که نیاز آن ها به منبع انرژی خارجی در مقایسه با ابزار های کنترل فعال بسیار ناچیز می باشد . ابزارهای کنترل نیمه فعال انرژی مکانیکی را به سیستم اضافه نمی نمایند و در نتیجه پایداری سیستم تضمین می گردد. سیستم های کنترل نیمه فعال تکامل یافته سیستم های کنترل غیر فعال هستند که مشخصات مکانیکی آن ها برای سازگاری با شرایط قابل تغییر است [۲]. سیستم های کنترل نیمه فعال مزایای سیستم های کنترل فعال و غیر فعال را با هم دارند و معایب هر کدام از آن ها در این سیستم ها وجود ندارد [۵].

۱-۲-۴ کنترل مرکب (دوگانه)

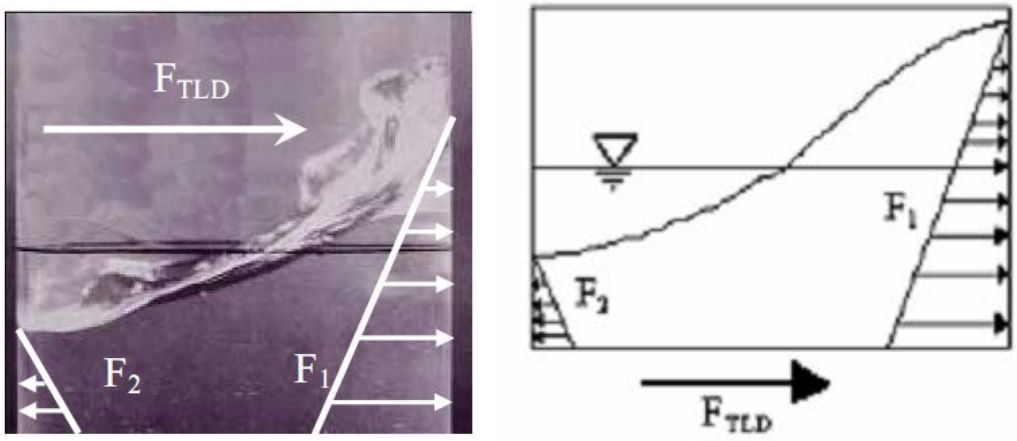
کنترل مرکب (دوگانه) نوعی از سیستم های کنترل سازه ای اطلاق می شود که طرحی ترکیب شده از سیستم های کنترل فعال همراه با سیستم های کنترل غیر فعال و یا سیستم های جدا ساز لرزه ای را دارا می باشند. از آن جایی که مقداری از انرزی تو سط مستهلک کننده های غیر فعال از بین می‌روند،

[2] Housner et al.1997

در این سیستم نیروهای اعمال شده کنترلی کمتری نسبت به حالت فعال مورد نیاز است . به عنوان مثال استفاده از میراگرهای جرمی فعال به همراه تعدادی میراگر های ویسکوز الاستیک در ساز ه از این نوع کنترل محسوب می شود[۱].

در بین سیستم های کنترل سازه، سیستم های کنترل غیرفعالی که به نام میراگرهای جرمی تنظیم شده معروف هستند به علت نصب آسان و هزینه کمتر مورد استفاده ی بیشتری دارند . اساس کار اینگونه میراگرها ایجاد اینرسی ثانویه در سازه می باشد . میراگرهای مایع تنظیم شده نوع خاصی از میراگرهای جرمی تنظیم شده می باشند. که در آنها مایع (معمولا آب) به جای جرم میراگر جایگزین شده است. میراگر تنظیم شده ستون مایع نیز نوع خاصی از میراگرهای مایع می باشد،که اساس کار آن حرکت مایع در لوله U یا V شکل و ایجاد میرایی به واسطه حضور دریچه ها یا سوپاپ ها در مسیر جریان می باشد [۱]. وعلاوه برآن تلاطم در مایع موجب ایجاد اختلاف رقوم سطح آزاد مایع در جداره های انتهای مخزن می شوند و اختلاف فشار ناشی از تفاوت رقوم سطح آزاد مایع در جداره های انتهای به صورت یک نیروی برشی در کف مخزن ظاهر می گردد [۶].

مخازن آب به عنوان یک جذب کننده ارتعاشات برای کاهش حرکت دینامیکی سازه به کار می روند و برخلاف میراگرهای فعال یا نیمه فعال بصورت منفعل و بدون هیچ حمایت خارجی نیز می توانند کارکنند، وظیفه اصلی این دستگاه جذب قسمتی از انرژی واردشده از طرف بارهای دینامیکی خارجی اغلب بارهای ناشی از باد یا زلزله می باشد [۷].



شکل(۱-۳): میراگر مایع تنظیم شده و اعمال نیروی ناشی از اختلاف رقوم درسطح آزاد مایع [۷]

۱-۳- ضرورت مطالعات و لزوم انجام تحقیق

با توجه به شناخت محدودی که از میراگرها در زمینه مهندسی وجود دارد می توان ضرورت انجام مطالعات بر روی انواع میراگر ها و به ویژه عنوان پایان نامه حاضر را در مورد ذیل خلاصه نمود:

- اهمیت بسیار حفظ جان و مال افراد در برابر عوامل محیطی از جمله زلزله با توجه به لرزه خیز بودن کشور ایران.
- نصب آسان و کاربرد ساده این نوع میراگر در سازه های موجود و بهسازی سازه های مورد نظر.
- جایگزاری و طراحی نسبتا ساده جهت نصب در سازه های در حال ساخت.
- کاهش میزان جابجایی های افقی در سازه های بلند و کاستن صدمات وارده به تأسیسات سازه در حین وقوع زلزله.
- فراوانی زیاد سازه های نیازمند به بهسازی.
- لزوم یافتن پارامترهای بهینه میراگر ستون مایع تنظیم شده.
- لزوم یافتن مکان یابی بهینه برای میراگرهای ستون مایع تنظیم شده.
- مقایسه نتایج بدست آمده در حالت واقعی و آزمایشگاهی در ابعاد کوچکتر.
- بررسی میزان تاثیر اعمال میراگر ستون مایع تنظیم شده در کاهش جابجایی های افقی [۷].

۱-۴- شیوه تحقیق

در انجام این تحقیق و پژوهش با تکیه بر مبانی علم کنترل لرزه ای سازه، دینامیک سازه ها و مکانیک سیالات و با استفاده از نرم افزار SAP به منظور تحلیل دینامیکی غیر خطی و تاریخچه زمانی، و مطابق با مقررات ملی ساختمان ایران برروی دو سازه ی فلزی مشابه در هر مرحله یکی به عنوان شاهد و دیگری با اعمال تغییرات بر روی میراگر و تغییر در مکان استقرار میراگر ستون مایع تنظیم شده تهیه و تدوین شده است. با اعمال تعداد طبقات و تعداد دهانه های معقول تحلیل های مربوطه بر روی مدل‌های کنترل شده و کنترل نشده انجام گرفته و نتایج حاصل با یکدیگر مقایسه می گردد . جهت درک بهتر تأثیر میراگر ستون مایع میز لرزه ساده ای با دامنه مشخص و فرکانس ثابت که حرکت سینوسی را به دو سازه با ارتفاع مشخص و مشابه اعمال می کند، و به صورت بصری تأثیر میراگر ستون مایع تنظیم شده قابل مشاهده می باشد.

فصل دوم

انواع سیستم های کنترل لرزه ای غیرفعال

۲-۱- مقدمه

در این فصل سیستم های کنترل غیرفعال مورد بررسی قرار می گیرند که فاقد حسگرها و منابع اعمال نیروی خارجی می باشند، این سیستم کنترل واکنشی بر کنش اعمال شده از سوی نیروی خارجی می‌باشد و در اکثر موارد از نیروهای اصطحکاک و اینرسی در این نوع سیستم کنترل استفاده می‌گردد.

۲-۲- تاریخچه استفاده از سیستم های کنترل لرزه ای

از بدو تاریخ انسان به دنبال ساخت سرپناهی با استحکام بیشتر و مقاوم در برابر بلایای طبیعی بوده است در ابتدا گمان برآن بود که با افزودن سختی سازه ها می توان آن را در برابر جابجایی های بزرگ مقاوم کرد اما به ندرت به این نتیجه رسیدند که با مستهلک کردن انرژی در داخل سازه، نیروی کمتری به سازه وارد خواهد گردید.

به عنوان نمونه روشی به منظور اتلاف انرژی زلزله وجود دارد که در آن روش سعی می‌شود تا با حذف قسمتی از جریان انرژی لرزه ای منتقل شده به سازه فوقانی، انرژی زلزله مستهلک شود. این روش با نام جدا سازی لرزه ای یا پایه ای مشهور شده است. 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 تغییرشکل ها در تکیه گاه رخ داده و سازه مانند جسمی صلب با تغییرشکل های کوچکی ارتعاش می کند. نصب جداگر باعث افزایش زمان تناوب و میرایی سازه می گردد و بدین ترتیب به جای تقویت ظرفیت باربری سازه نیاز لرزه ای کاهش می یابد. به عبارت ساده تر به جای 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.

اسناد و شواهد حاکی از آن است که اولین مورد حفاظت از خطر زلزله توسط جدا سازی فونداسیون (پایه) در پاسارگارد (شهر باستانی در پرشیا و ایران کنونی) کشف شده است که قدمت آن به ۶۰۰ سال قبل از میلاد مسیح بر می گردد[1] [۱].

با بکارگیری لایه ای از ماسه گرد گوشه که از میرایی بالایی برخوردارند انرژی ناشی از نوسانات منتقل شده از پایه ساختمان را تا حدود زیادی تلف کرده و ازبین ببرند. نمونه بارز این ساخت بسیار هوشمندانه که به ۲۶۰۰ سال پیش باز می گردد مقبره کوروش، شاه هخامنشی می باشد که در شکل ۲-۱ آورده شده است[۱].

[1] Saiful Islam et al 2011

شکل(۲-۱): مقبره کوروش شاه هخامنشی قدیمی ترین سازه مجهز به سیستم کنترل جداساز فونداسیون[۱]

نمونه دیگر از استفاده از میراگرها دربناهای ساخته شده توسط اینکاها می باشد. مردمی از تمدن اینکا که در نواحی جنوبی شهر کوزکواز در کشور پرو در حوالی ۱۲ قرن قبل از میلاد مسیح زندگی می-کردند اولین کسانی بودند که دیوار های سنگی را به صورت خشکه چین که اشلر نامیده می‌شد ساخته‌اند. این دیوارها از بلوک‌هایی از سنگ‌های بریده شده بود، که بدون هیچ ملاتی بر روی یکدیگر قرار می گرفتند. این بناهای سنگی در زمره بهترین بناهای سنگی ساخته شده می باشد که حتی یک برگ علف هم نمی تواند در میان سنگ ها جای بگیرد و با توجه به اینکه پرو یک کشور زلزله خیز می‌باشد با گذشت قرن‌ها ثابت شده است که ساخت و ساز بدون ملات ظاهراً در برابر زلزله مقاوم تراز سازه های ساخته شده با ملات هستند[۱].

سنگ‌های این دیوار سنگی خشکه چین شده که بوسیله اینکاها ساخته شده بود می توانستند کمی جابجا شوند و سپس ساکن و ایستا بمانند بدون آنکه دیوار تخریب گردد این را می توان به عنوان یک تکنیک کنترل غیر فعال و هوشمندانه که از دو اصل اتلاف انرژی و ممانعت از بزرگ شدن جابه جایی ها که به علت پدیده تشدید است قلمداد کرد[۱] (شکل۲-۲).

شکل(۲-۲): بناهای ساخته شده توسط اینکاها[۱]

۲-۳- تعریف میراگر

در لغت کلمه دمپر[1] به معنای میراگر، خفه کن وتعدیل کننده می باشد. در واقع یکی ازخصوصیات ذاتی مواد میرایی ماده است همانند ضریب الاستیسیته ویا ضریب انتقال حرارت. با دانستن ضریب میرایی یک ماده می توان به تحلیل دقیق تری ازسیستم های متشکل از آن ماده دست یافت. با توجه به اینکه میرایی داخلی به جنس ماده بستگی دارد، درجامدات تحت تأثیر عوامل مختلف نظیر تأثیرات حرارتی، پدیده خستگی تغییر می‌کند. برای اینکه بتوان مصالح با میرایی معلوم داشت باید تغییرات این عوامل را در مصالح مورد نظر به حداقل رساند[۱].

۲-۴- انواع تجهیزات و سیستم های کنترل غیر فعال

۲-۴-۱- میراگرهای هیستریک

میراگرهای هیستریک به چهار گروه عمده تقسیم می شوند:

- میراگر های ویسکوز

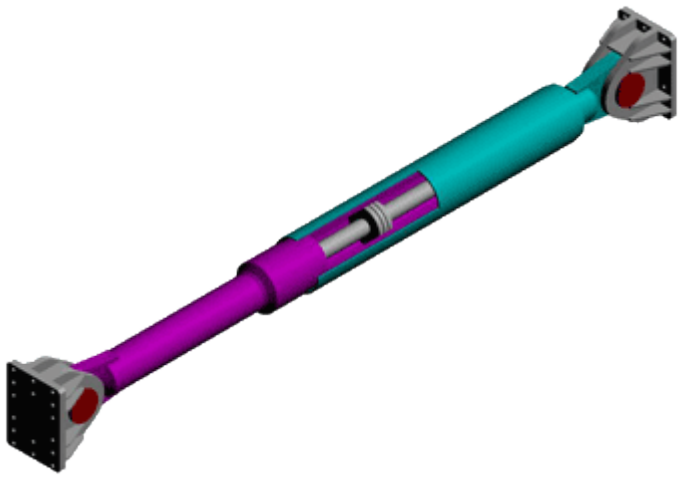
[1] Damper

- میراگرهای ویسکوز الاستیک
- میراگر های فلز جاری شونده
- میراگر های اصطکاکی

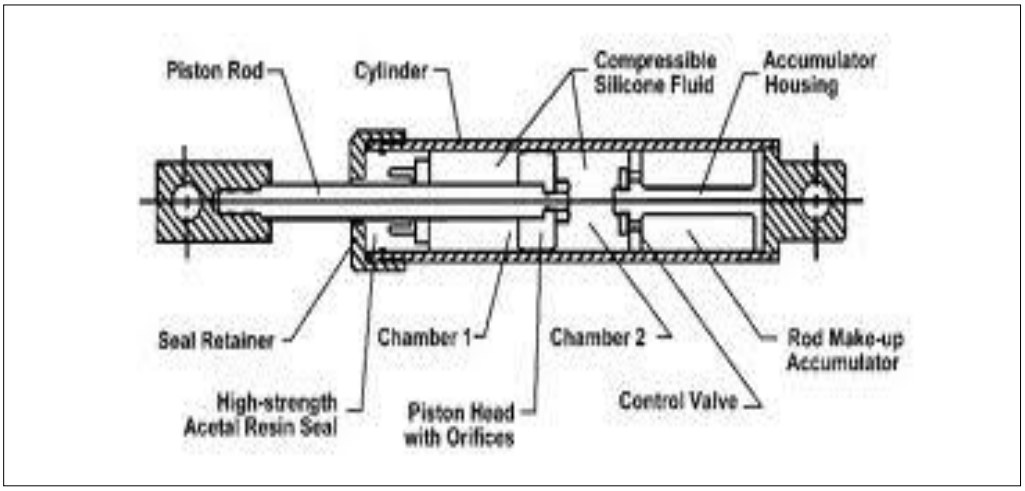
۲-۴-۱-۱- میراگرویسکوز

عملکرد میراگرهای ویسکوز همانند کمک فنرهایی تعبیه شده در خودرو می‌باشد. همان طور که کمک فنر در کنار فنرهای اتومبیل باعث می شود نوسانات وارد شده به خودرو مستهلک شوند، این نوع میراگرها نیز درکنار ستون های سازه که نقش فنر را در سازه ایفا می‌کنند باعث استهلاک و تلف شدن انرژی می‌شوند. این وسیله عموما از یک سیلندر و پیستون تشکیل شده است که درداخل آن از مایعی با لزجت (ویسکوزیته) بالا پر شده است. درانتهای پیستون سوراخ های ریزی وجود دارد که با فشرده شدن پیستون به داخل سیلندر مایع لزج فشرده شده و از سوراخ های ریز وارد سیلندر تعبیه شده داخل پیستون می گردد (شکل۲-۳)[۸].

در واقع با اعمال نیرو انرژی زیادی توسط این نوع میراگر تلف می شود بدین ترتیب که با اعمال فشار به سیستم مایع لزج با سرعت کمی بین دو سیلندر مبادله می شود و مقدار زیادی انرژی را مستهلک می کند. در سال های اخیر استفاده از این نوع میراگر در کشورهای آمریکا، نیوزلند و ژاپن رایج شده است [۱].



شکل (۲-۳): میراگر ویسکوز[۱]



شکل ۲-٤ : جزییات میراگر ویسکوز[۱]

شکل (۲-۵): نحوه نصب میراگر ویسکوز مایع [۱]

لازم به ذکر است این نوع میراگر در برابر تغییرات حرارت مقاوم بوده و خواص آن تغییر نمی کند اما نسبت به سازه اصلی زودتر مستهلک می گردد و هزینه نصب مجدد و تعمیر آن بسیار بالا می باشد و در بسیاری ازموارد تعویض یا تعمیر آن غیر ممکن است[۸].