

صلى الله عليه وسلم



گروه عمران دانشکده مهندسی

مطالعه رفتار لرزه ای میراگر اصطکاکی سیلندری با تحلیل دینامیکی

استاد راهنما :

دکتر منصور قلعه نوی

استاد مشاور :

دکتر هاشم شریعتمدار

استاد داور :

دکتر حسن حاجی کاظمی

مؤلف :

محمد علی سرودی گلستانی

سال ۱۳۹۲

تأییدیه

گواهی می‌شود که این پایان‌نامه تاکنون برای دریافت یک درجه علمی ارائه نشده و تمامی مطالب آن، به جزء در موردهایی که نام منبع آورده شده است، نتیجه‌ی کار پژوهشی دانشجو می‌باشد.

تاریخ

دکتر منصور قلعه نوی - استاد راهنما

تاریخ

محمد علی سرودی گلستانی - دانشجو

این پایان‌نامه که توسط آقای محمد علی سرودی گلستانی تدوین و به هیئت داوران زیر ارائه گردیده است، به عنوان بخش پژوهشی دوره کارشناسی ارشد سازه، مورد تأیید شورای تحصیلات تکمیلی گروه عمران دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد می‌باشد.

دکتر منصور قلعه نوی - استاد راهنما

دکتر هاشم شریعتمدار - استاد مشاور

دکتر حسن حاجی کاظمی - استاد مدعو

تمام عقربه‌ها به تماشا،

می‌ایستند وقتی شانه به شانه‌ی دویدنم، آواز تلاش را در کوچه باغ‌های ترانه

رها می‌کردی و پشتوانه‌ام بودی...

تقدیم به همسر عزیزم که با شکیبایی مهربانانه‌اش همواره مشوق من در انجام

این پژوهش بود.

سپاسگزاری

سپاس خدای مهربان را که اندیشه‌ام داد.

حمد و ستایش بی قیاس خدای را سزااست که از الطاف خود در انسان دمید و او را اشرف مخلوقات خود قرار داد. حال که به لطف او توفیق تحصیل علم و کسب دانش را پیدا نمودم، از خداوند متعال می‌خواهم که قدم‌هایم را در راه خدمت به جامعه استوار گرداند تا بتوانم از آنچه در این سال‌ها آموختم در مسیر پیشرفت و آبادانی کشور عزیزم استفاده نمایم.

در پایان بر خود لازم می‌دانم از استاد ارجمندم، جناب آقای دکتر قلعه نوی که با یاری و کمک بسیار مشوق اصلی من در این زمینه بوده و به هنگام نیاز برای حل مشکلات اینجانب از هیچ کمکی دریغ نورزیدند صمیمانه سپاسگزاری نمایم. برای ایشان آرزوی سلامتی، موفقیت و سربلندی دارم.

همچنین تشکر و قدردانی می‌نمایم از جناب آقای دکتر شریعتمدار و جناب آقای دکتر حاجی کاظمی که برای مشاوره و داوری این پایان‌نامه قبول زحمت نمودند و وقت گران‌بهای خود را در اختیار اینجانب قرار دادند.

مطالعه رفتار لرزه ای میراگر اصطکاکی سیلندری با تحلیل دینامیکی

چکیده

یکی از روش‌های موثر در کاهش پاسخ لرزه ای سازه‌ها، در برابر بارگذاری دینامیکی ناشی از زلزله، استفاده از سیستم‌های جاذب انرژی می‌باشد. کارکرد این سیستم‌ها به گونه ای است که در اثر تغییر شکل‌های خاص و اعمال مکانیکی، جذب و استهلاک مقدار زیادی از انرژی ورودی به سازه را موجب می‌شوند. بدین منظور در سال‌های اخیر مطالعات زیادی بر روی انواع میراگرها که به دو صورت فعال و غیر فعال می‌باشند، انجام شده است. از میان انواع سیستم‌های غیر فعال، میراگرهای اصطکاکی به دلیل ساده بودن روش ساخت، همچنین نصب سریع و آسان در سیستم‌های سازه ای، بیشتر مورد توجه می‌باشند. میراگرهای اصطکاکی سیلندری جدیدترین نوع از این گروه میراگرها هستند که علاوه بر ساخت و نصب آسان‌تر در سیستم سازه ای، سختی و میرایی بالاتری نسبت به انواع دیگر میراگرهای اصطکاکی دارند. در این پایان نامه رفتار سیستم قاب خمشی فولادی دارای بادبند قطری در شش مدل مختلف با میراگر و شش مدل بدون میراگر اصطکاکی سیلندری مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. این دوازده مدل به صورت دو بعدی در نرم افزار Opensees تعریف گردید و با انتخاب ۷ شتاب نگاشت، تحلیل دینامیکی غیر خطی فزاینده (IDA) بر روی آن‌ها انجام شد. پس از انجام تحلیل بر روی این مدل‌ها، نتایج نشان می‌دهد که با استفاده از این میراگرها می‌توان اتلاف انرژی را در آن‌ها متمرکز نمود و سهم سایر اعضای سازه ای از اتلاف انرژی را به حداقل رساند.

کلمات کلیدی: کنترل غیر فعال، میراگر اصطکاکی سیلندری، بار لغزش بهینه، تحلیل دینامیکی غیر خطی

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و کلیات

- ۱-۱ مقدمه ۲
- ۲-۱ اهداف ۳
- ۳-۱ مروری بر پیشینه مطالعاتی میراگر اصطکاکی ۳
- ۴-۱ ساختار پایان نامه ۴

فصل دوم: روش‌های کنترل لرزه ای و معرفی انواع میراگرها

- ۱-۲ روش‌های کنترل ارتعاش ۶
- ۱-۱-۲ کاهش ارتعاش منتشره از مولد ۶
- ۲-۱-۲ عایق سازی ۶
- ۳-۱-۲ کاهش پاسخ ۶
- ۲-۲ کنترل سازه ۷
- ۱-۲-۲ کنترل غیر فعال سازه ۷
- ۳-۲ طبقه‌بندی کلی سیستم‌های کنترل [۸] ۱۰
- ۱-۳-۲ کنترل فعال سازه‌ها [۹] ۱۱
- ۲-۳-۲ کنترل مختلط سازه‌ها ۱۲
- ۳-۳-۲ کنترل نیمه فعال سازه‌ها ۱۴
- ۴-۳-۲ کنترل مختلط شامل دستگاه‌های کنترل نیمه فعال ۱۹

۲۰	۴-۲ استهلاک در سازه.....
۲۰	۲-۴-۱ استهلاک لزج.....
۲۰	۲-۴-۲ استهلاک پسماند.....
۲۰	۲-۴-۳ اصطکاک خشک (میرایی کولمب).....
۲۱	۲-۴-۴ میرایی لزج معادل.....
۲۲	۲-۵ انواع سیستم‌های مستهلک کننده انرژی.....
۲۲	۲-۵-۱ میراگرهای ویسکوز.....
۲۲	۲-۵-۲ میراگرهای ویسکوالاستیک.....
۲۴	۲-۵-۳ دیوار میراگر ویسکوز.....
۲۵	۲-۵-۴ میراگر روغنی.....
۲۵	۲-۵-۵ میراگرهای اصطکاکی.....
۳۱	۲-۵-۶ جرم‌های میراگر تنظیم شونده.....
۴۱	۲-۶ میراگر تسلیمی (فلزی) [۱].....

فصل سوم: معرفی میراگر اصطکاکی سیلندری (CFD)

۴۴	۳-۱ مقدمه.....
۴۶	۳-۲ مؤلفه‌ها و مکانیزم میراگر اصطکاکی سیلندری.....
۴۶	۳-۳ محاسبات طراحی CFD.....
۴۸	۳-۴ مطالعه‌ی آزمایشگاهی رفتار هیستریسیس CFD.....
۴۸	۳-۴-۱ طریقه‌ی راه اندازی آزمایش.....
۴۹	۳-۴-۲ مشخصات ساختاری CFD.....
۵۰	۳-۴-۳ نتایج آزمایش.....

۵۷	.....	۵-۳	آنالیز عددی رفتار هیستریسیس CFD
۵۷	.....	۱-۵-۳	مدل اجزای محدود
۵۸	.....	۲-۵-۳	آنالیز
۵۸	.....	۳-۵-۳	نتایج عددی
۵۸	.....	۴-۵-۳	مقایسه بین نتایج عددی و آزمایشگاهی
فصل چهارم: مروری بر تحلیل دینامیکی غیر خطی فزاینده			
۶۱	.....	۱-۴	مقدمه
۶۱	.....	۲-۴	انواع روش‌های تحلیل سازه
۶۱	.....	۱-۲-۴	روش استاتیکی خطی
۶۱	.....	۲-۲-۴	روش دینامیکی خطی
۶۱	.....	۳-۲-۴	روش استاتیکی غیر خطی (بار افزون)
۶۲	.....	۴-۲-۴	روش دینامیکی غیرخطی
۶۳	.....	۵-۲-۴	روش دینامیکی افزایشی
۶۳	.....	۳-۴	تحلیل دینامیکی فزاینده
۶۶	.....	۱-۳-۴	معیار شدت لرزه ای، IM
۶۶	.....	۲-۳-۴	معیار شدت خسارت، DM
۶۷	.....	۳-۳-۴	ضریب مقیاس، SF
۶۷	.....	۴-۳-۴	انتخاب رکوردهای زلزله
۶۸	.....	۵-۳-۴	نحوه مقیاس کردن شتاب نگاشت‌ها
۶۸	.....	۴-۴	خصوصیات یک منحنی IDA
۷۰	.....	۵-۴	خلاصه سازی منحنی‌های IDA

فصل پنجم: سازه‌های مورد مطالعه و مدل‌سازی آنها

۱-۵	مقدمه	۷۲
۲-۵	انتخاب نمونه	۷۲
۳-۵	طراحی	۷۲
۴-۵	معرفی نرم افزار OPENSEES:	۷۸
۱-۴-۵	انواع مدل‌های رفتاری مصالح در برنامه	۷۹
۲-۴-۵	انواع مدل‌های مقاطع در برنامه	۷۹
۳-۴-۵	انواع المان‌های موجود در برنامه	۸۰
۴-۴-۵	انواع الگوریتم‌های حل مسائل غیر خطی موجود در برنامه	۸۱
۵-۵	مدل سازی قاب‌های دو بعدی در نرم افزار OPENSEES	۸۱
۱-۵-۵	المان‌ها و مقاطع مورد استفاده جهت مدل سازی اعضای سازه ای	۸۱
۲-۵-۵	الگوهای بارگذاری و تعریف جرم در سازه	۸۲
۳-۵-۵	مدل سازی میرایی	۸۲
۴-۵-۵	تبدیل سیستم مختصات کلی و جزئی المان‌ها	۸۲
۶-۵	کنترل صحت مدل سازی و کارکرد نرم افزار OPENSEES	۸۳
۱-۶-۵	صحت سنجی مدل میراگر اصطکاکی سیلندری	۸۳
۲-۶-۵	مدل‌سازی میراگر اصطکاکی در نرم افزار OPENSEES و صحت سنجی مدل انتخابی	۸۵

فصل ششم: تحلیل نتایج

۱-۶	مقدمه	۸۸
۲-۶	تعیین بار لغزش بهینه	۸۸
۳-۶	انتخاب رکورد تاریخچه زمانی‌های مورد نظر	۹۲

۶-۴ دسته منحنی‌های IDA حاصل از تحلیل دینامیکی فزاینده قاب‌های مورد بررسی ۹۳

۶-۵ خلاصه کردن منحنی IDA ۱۰۱

فصل هفتم: خلاصه مطالب و نتیجه‌گیری

۷-۱ خلاصه مطالب و نتیجه‌ها ۱۱۳

۷-۲ پژوهش‌های آینده ۱۱۴

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱ روش‌های کاهش انرژی هیستریسیس مستهلک شده توسط سازه ۲
- شکل ۱-۲ میراگر های HMD نصب شده در برج شینسوکو پارک ۱۳
- شکل ۲-۲ میراگر مختلط APTMD ۱۳
- شکل ۳-۲ میراگر با دریچه متغیر ۱۵
- شکل ۴-۲ به‌کارگیری میراگر های با سختی متغیر در ساختمان مرکز تحقیقات کوبوری ۱۵
- شکل ۵-۲ نمونه‌ای از میراگر های MR با مقیاس کوچک ۱۷
- شکل ۶-۲ پل کابلی ای لندن، واقع در هلند، تقویت شده با میراگر MR در سال ۲۰۰۴ میلادی ۱۸
- شکل ۷-۲ پل کابلی دوبروفنیک، تقویت شده با میراگر MR در سال ۲۰۰۶ میلادی ۱۸
- شکل ۸-۲ نخستین کاربرد سیستم‌های نیمه فعال در ساختمان موزه ملی توکیو ۱۹
- شکل ۹-۲ نمودار آزاد ارتعاشی تحت اثر میرایی ۲۱
- شکل ۱۰-۲ میراگرهای ویسکوالاستیک ۲۳
- شکل ۱۱-۲ میراگرهای ویسکوالاستیک ۲۴
- شکل ۱۲-۲ نحوه قرارگیری میراگرهای ویسکوالاستیک در سازه ۲۴
- شکل ۱۳-۲ نحوه قرارگیری میراگر اصطکاکی در بادبندها ۲۷
- شکل ۱۴-۲ جزئیات سیستم میراگر اصطکاکی ۲۷
- شکل ۱۵-۲ نحوه قرارگیری میراگرهای پال در بادبندها ۲۹
- شکل ۱۶-۲ نحوه تغییر شکل میراگرهای پال تحت اثر بارهای جانبی در سازه ۲۹
- شکل ۱۷-۲ دیاگرام شماتیک یک میراگر جرمی تنظیم شده انتقالی ۳۱
- شکل ۱۸-۲ میراگر جرمی تنظیم شده برای برج چیبیا پورت ۳۴
- شکل ۱۹-۲ فنر با میراگر TMD ۳۴
- شکل ۲۰-۲ موقعیت تغییر شکل یافته TMD ۳۵
- شکل ۲۱-۲ برج HUIS TEN BOSCH ۳۵
- شکل ۲۲-۲ ساختار یک TMD فعال ۳۶
- شکل ۲۳-۲ یک TMD ساده پاندولی ۳۷
- شکل ۲۴-۲ پاندول مرکب ۳۸
- شکل ۲۵-۲ برج کریستال - قرارگیری میراگر پاندولی ۳۹
- شکل ۲۶-۲ تانکر ذخیره یخ - برج کریستال ۳۹
- شکل ۲۷-۲ پاندول ROCKER ۴۰
- شکل ۲۸-۲ نحوه قرارگیری جرم‌های میراگر تنظیم شونده در سازه ۴۱

- شکل ۲-۲۹ نحوه قرارگیری جرم‌های میراگر تنظیم شونده در سازه ۴۱
- شکل ۳-۱ قسمت‌های اصلی CFD: (الف) میله توپر؛ (ب) سیلندر؛ (پ) میله و سیلندر تولید شده ۴۵
- شکل ۳-۲ CFD: (الف) مقطع طولی CFD؛ (ب) CFD مونتاژ شده ۴۵
- شکل ۳-۳ طرح کلی نمودار نیرو-جابجایی مربوط به CFD ۴۶
- شکل ۳-۴ فشار به وجود آمده در اثر رسیدن به تعادل گرمایی در میان سطوح تماسی ۴۷
- شکل ۳-۵ اتصال CFD به یک بلوک تکیه گاهی ۴۸
- شکل ۳-۶ نمای کلی آزمایش راه اندازی ۴۸
- شکل ۳-۷ راه اندازی آزمایشگاهی ۴۹
- شکل ۳-۸ نیروی محوری-جابجایی آزمایشگاهی CFD (نوع A) ۵۰
- شکل ۳-۹ نیروی محوری-جابجایی آزمایشگاهی CFD (نوع B) ۵۰
- شکل ۳-۱۰ بار لغزشی در برابر تعداد سیکل (نوع A) ۵۲
- شکل ۳-۱۱ بار لغزشی در برابر تعداد سیکل (نوع B) ۵۳
- شکل ۳-۱۲ نمودار نیرو-جابجایی آزمایشگاهی برای اولین نمونه نوع A ۵۳
- شکل ۳-۱۳ نمودار نیرو-جابجایی آزمایشگاهی برای دومین نمونه نوع A ۵۳
- شکل ۳-۱۴ نمودار نیرو-جابجایی آزمایشگاهی برای اولین نمونه نوع B ۵۴
- شکل ۳-۱۵ نمودار نیرو-جابجایی آزمایشگاهی برای دومین نمونه نوع B ۵۴
- شکل ۳-۱۶ بار لغزشی در برابر تعداد سیکل (اولین نمونه نوع A) ۵۷
- شکل ۳-۱۷ مدل اجزای محدود CFD ۵۷
- شکل ۳-۱۸ فشار تماسی به وجود آمده بعد از آنالیز حرارتی برای نوع A (مگا پاسکال) ۵۸
- شکل ۳-۱۹ فشار تماسی به وجود آمده بعد از آنالیز حرارتی برای نوع B (مگا پاسکال) ۵۸
- شکل ۳-۲۰ مقایسه نمودار نیرو-جابجایی عددی و آزمایشگاهی CFD (نوع A) ۵۹
- شکل ۳-۲۱ مقایسه نمودار نیرو-جابجایی عددی و آزمایشگاهی CFD (نوع B) ۵۹
- شکل ۴-۱ نحوه توزیع نیروی جانبی در روش تحلیل استاتیکی غیر خطی ۶۲
- شکل ۴-۲ منحنی تک رکورده IDA (همین پایان نامه) ۶۴
- شکل ۴-۳ دسته منحنی‌های IDA (همین پایان نامه) ۶۵
- شکل ۴-۴ تعیین نقطه ظرفیت سازه روی منحنی IDA [۱۸] ۶۵
- شکل ۴-۵ نمودارهای IDA تک رکورده برای یک ساختمان مهار بندی تحت چهار رکورد زلزله مختلف [۱۸] ۶۹
- شکل ۴-۶: صدک‌های آماری منحنی‌های IDA [۱۸] ۷۰
- شکل ۵-۱ مدل طراحی شده برای قاب ۴ طبقه - ۳ دهانه ۷۳
- شکل ۵-۲ مدل طراحی شده برای قاب ۴ طبقه - ۵ دهانه ۷۳
- شکل ۵-۳ مدل طراحی شده برای قاب ۸ طبقه - ۳ دهانه ۷۴
- شکل ۵-۴ مدل طراحی شده برای قاب ۸ طبقه - ۵ دهانه ۷۵

- شکل ۵-۵ مدل طراحی شده برای قاب ۱۲ طبقه - ۳ دهانه ۷۶
- شکل ۶-۵ مدل طراحی شده برای قاب ۱۲ طبقه - ۵ دهانه ۷۷
- شکل ۷-۵ مدل مقطع ایلیافی ۸۰
- شکل ۸-۵ منحنی هیسترسیس مدل میراگر اصطکاکی سیلندری تحت بارگذاری چرخه ای ۸۴
- شکل ۹-۵ منحنی هیسترسیس مدل میراگر اصطکاکی سیلندری تحت آنالیز دینامیکی غیر خطی ۸۴
- شکل ۱-۶ تعیین بار لغزش میراگر اصطکاکی سیلندری در سازه مهاربندی ۴ طبقه - ۳ دهانه ۸۹
- شکل ۲-۶ تعیین بار لغزش میراگر اصطکاکی سیلندری در سازه مهاربندی ۴ طبقه - ۵ دهانه ۸۹
- شکل ۳-۶ تعیین بار لغزش میراگر اصطکاکی سیلندری در سازه مهاربندی ۸ طبقه - ۳ دهانه ۹۰
- شکل ۴-۶ تعیین بار لغزش میراگر اصطکاکی سیلندری در سازه مهاربندی ۸ طبقه - ۵ دهانه ۹۰
- شکل ۵-۶ تعیین بار لغزش میراگر اصطکاکی سیلندری در سازه مهاربندی ۱۲ طبقه - ۳ دهانه ۹۱
- شکل ۶-۶ تعیین بار لغزش میراگر اصطکاکی سیلندری در سازه مهاربندی ۱۲ طبقه - ۵ دهانه ۹۱
- شکل ۷-۶ منحنی های IDA مربوط به سازه مهاربندی شده ۴ طبقه - ۳ دهانه (بدون میراگر) ۹۴
- شکل ۸-۶ منحنی های IDA مربوط به سازه مهاربندی شده ۴ طبقه - ۵ دهانه (بدون میراگر) ۹۴
- شکل ۹-۶ منحنی های IDA مربوط به سازه مهاربندی شده ۸ طبقه - ۳ دهانه (بدون میراگر) ۹۵
- شکل ۱۰-۶ منحنی های IDA مربوط به سازه مهاربندی شده ۸ طبقه - ۵ دهانه (بدون میراگر) ۹۵
- شکل ۱۱-۶ منحنی های IDA مربوط به سازه مهاربندی شده ۱۲ طبقه - ۳ دهانه (بدون میراگر) ۹۶
- شکل ۱۲-۶ منحنی های IDA مربوط به سازه مهاربندی شده ۱۲ طبقه - ۵ دهانه (بدون میراگر) ۹۶
- شکل ۱۳-۶ منحنی های IDA مربوط به سازه مهاربندی شده ۴ طبقه - ۳ دهانه مجهز به میراگر اصطکاکی سیلندری ۹۸
- شکل ۱۴-۶ منحنی های IDA مربوط به سازه مهاربندی شده ۴ طبقه - ۵ دهانه مجهز به میراگر اصطکاکی سیلندری ۹۸
- شکل ۱۵-۶ منحنی های IDA مربوط به سازه مهاربندی شده ۸ طبقه - ۳ دهانه مجهز به میراگر اصطکاکی سیلندری ۹۹
- شکل ۱۶-۶ منحنی های IDA مربوط به سازه مهاربندی شده ۸ طبقه - ۵ دهانه مجهز به میراگر اصطکاکی سیلندری ۹۹
- شکل ۱۷-۶ منحنی های IDA مربوط به سازه مهاربندی شده ۱۲ طبقه - ۳ دهانه مجهز به میراگر اصطکاکی سیلندری ۱۰۰
- شکل ۱۸-۶ منحنی های IDA مربوط به سازه مهاربندی شده ۱۲ طبقه - ۵ دهانه مجهز به میراگر اصطکاکی سیلندری ۱۰۰
- شکل ۱۹-۶ منحنی های خلاصه شده IDA مربوط به سازه مهاربندی شده ۴ طبقه - ۳ دهانه (بدون میراگر) ۱۰۲
- شکل ۲۰-۶ منحنی های خلاصه شده IDA مربوط به سازه مهاربندی شده ۴ طبقه - ۵ دهانه (بدون میراگر) ۱۰۲
- شکل ۲۱-۶ منحنی های خلاصه شده IDA مربوط به سازه مهاربندی شده ۸ طبقه - ۳ دهانه (بدون میراگر) ۱۰۳
- شکل ۲۲-۶ منحنی های خلاصه شده IDA مربوط به سازه مهاربندی شده ۸ طبقه - ۵ دهانه (بدون میراگر) ۱۰۳
- شکل ۲۳-۶ منحنی های خلاصه شده IDA مربوط به سازه مهاربندی شده ۱۲ طبقه - ۳ دهانه (بدون میراگر) ۱۰۴
- شکل ۲۴-۶ منحنی های خلاصه شده IDA مربوط به سازه مهاربندی شده ۱۲ طبقه - ۵ دهانه (بدون میراگر) ۱۰۴
- شکل ۲۵-۶ منحنی های خلاصه شده IDA سازه مهاربندی شده ۴ طبقه - ۳ دهانه مجهز به میراگر اصطکاکی سیلندری ۱۰۵
- شکل ۲۶-۶ منحنی های خلاصه شده IDA سازه مهاربندی شده ۴ طبقه - ۵ دهانه مجهز به میراگر اصطکاکی سیلندری ۱۰۵
- شکل ۲۷-۶ منحنی های خلاصه شده IDA سازه مهاربندی شده ۸ طبقه - ۳ دهانه مجهز به میراگر اصطکاکی سیلندری ۱۰۶

- شکل ۶-۲۸ منحنی‌های خلاصه شده IDA سازه مهاربندی شده ۸ طبقه - ۵ دهانه مجهز به میراگر اصطکاکی سیلندری ۱۰۶
- شکل ۶-۲۹ منحنی‌های خلاصه شده IDA سازه مهاربندی شده ۱۲ طبقه - ۳ دهانه مجهز به میراگر اصطکاکی سیلندری ۱۰۷
- شکل ۶-۳۰ منحنی‌های خلاصه شده IDA سازه مهاربندی شده ۱۲ طبقه - ۵ دهانه مجهز به میراگر اصطکاکی سیلندری ۱۰۷
- شکل ۶-۳۱ مقایسه بین منحنی‌های IDA ۵۰٪ سازه مهاربندی شده ۴ طبقه - ۳ دهانه (با میراگر و بدون میراگر) ۱۰۸
- شکل ۶-۳۲ مقایسه بین منحنی‌های IDA ۵۰٪ سازه مهاربندی شده ۴ طبقه - ۵ دهانه (با میراگر و بدون میراگر) ۱۰۸
- شکل ۶-۳۳ مقایسه بین منحنی‌های IDA ۵۰٪ سازه مهاربندی شده ۸ طبقه - ۳ دهانه (با میراگر و بدون میراگر) ۱۰۹
- شکل ۶-۳۴ مقایسه بین منحنی‌های IDA ۵۰٪ سازه مهاربندی شده ۸ طبقه - ۵ دهانه (با میراگر و بدون میراگر) ۱۰۹
- شکل ۶-۳۵ مقایسه بین منحنی‌های IDA ۵۰٪ سازه مهاربندی شده ۱۲ طبقه - ۳ دهانه (با میراگر و بدون میراگر) ۱۱۰
- شکل ۶-۳۶ مقایسه بین منحنی‌های IDA ۵۰٪ سازه مهاربندی شده ۱۲ طبقه - ۵ دهانه (با میراگر و بدون میراگر) ۱۱۰

فهرست جدول‌ها

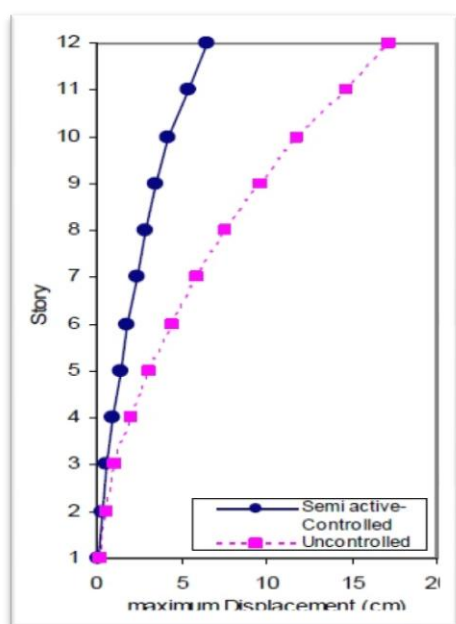
جدول ۱-۲ ویژگی سیالات ER و MR	۱۷
جدول ۱-۳ مشخصات CFD های بررسی شده	۴۹
جدول ۲-۳ بار لغزشی برای هر سیکل بارگذاری (نوع A)	۵۱
جدول ۳-۳ بار لغزشی برای هر سیکل بارگذاری (نوع B)	۵۲
جدول ۴-۳ انرژی مستهلک شده برای هر سیکل بارگذاری (نوع A)	۵۵
جدول ۵-۳ انرژی مستهلک شده برای هر سیکل بارگذاری (نوع B)	۵۶
جدول ۱-۵ مشخصات رکوردهای زلزله برای آنالیز دینامیکی غیرخطی جهت صحت سنجی مدل انتخابی	۸۵
جدول ۲-۵ پاسخ حداکثر قاب‌ها	۸۶
جدول ۱-۶ مشخصات رکوردهای استفاده شده برای تعیین بار لغزش بهینه میراگرها	۸۸
جدول ۲-۶ بار لغزش هر یک از سازه‌های مدل شده با میراگر	۹۲
جدول ۳-۶ مشخصات رکوردهای استفاده شده در تحلیل IDA	۹۳

فصل اول

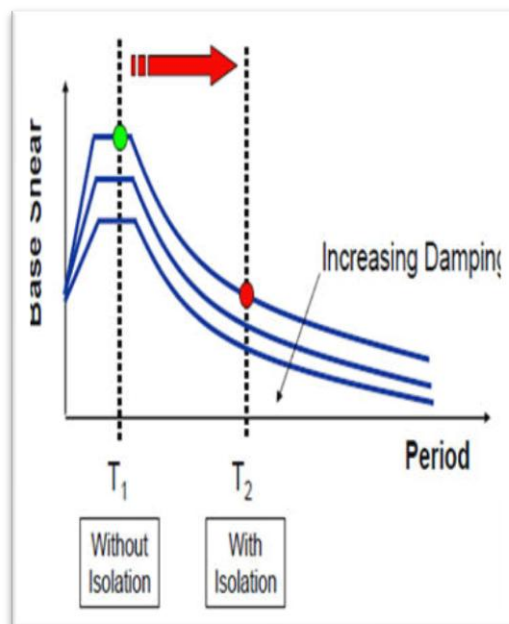
مقدمه و کلیات

وقتی سازه‌ها تحت اثر بارهای لرزه‌ای با شدت زیاد قرار گیرند، وارد ناحیه رفتار غیرخطی می‌شوند. در این حالت بخش عمده‌ای از انرژی ورودی به سازه از طریق میرایی ذاتی سازه و مکانیزم غیرخطی هیسترسیس مستهلک می‌شود. در زلزله‌های شدیدتر، انرژی ورودی به سازه افزایش می‌یابد و سهم بیشتری از انرژی توسط ایجاد تغییر شکل‌های پلاستیک تلف می‌شود. تغییر شکل‌های مزبور ناشی از به وجود آمدن مفاصل پلاستیک به صورت موضعی در نقاطی از سازه بوده که خود موجب افزایش استهلاک انرژی در سیستم می‌گردد. در نتیجه مقدار زیادی از انرژی ورودی زلزله به ساختمان به واسطه تخریب‌های موضعی در سیستم مقاوم جانبی سازه مستهلک می‌گردد، طوری که در صورت عدم اتخاذ تمهیدات لازم، این امر می‌تواند نهایتاً به تخریب سازه منتهی شود. در سالیان اخیر، روش‌های ابداعی جهت افزایش کارایی و ایمنی سازه‌ها در برابر خطرات طبیعی از جمله زلزله در دست تحقیق و ارائه می‌باشد. از دید انرژی، برای طراحی لرزه‌ای مناسب می‌بایست مقدار انرژی هیسترسیس مستهلک شده توسط سازه کاهش یابد. این عمل توسط سیستم‌های کنترلی در سازه‌ها به دو طریق زیر صورت می‌گیرد:

- کاهش مقدار انرژی ورودی به سازه (به عنوان مثال به روش جداسازی پایه)
- معرفی مکانیزم‌های اضافی اتلاف انرژی در سازه، به طوری که سهم عمده‌ای از انرژی ورودی توسط آن‌ها مستهلک شود و در نتیجه خسارات وارد شده به سازه اصلی در اثر استهلاک انرژی هیسترسیس توسط این مکانیزم‌ها کاهش داده شود. [۱]



ب) مکانیزم‌های اضافی اتلاف انرژی در سازه



الف) کاهش مقدار انرژی ورودی به سازه

شکل ۱-۱ روش‌های کاهش انرژی هیسترسیس مستهلک شده توسط سازه [۱]

۲-۱ اهداف

- هدف از این پژوهش به کار بردن سیستم میراگر اصطکاکی سیلندری (CFD) به عنوان یک مکانیزم استهلاک انرژی در سازه می‌باشد. در این راستا مسائل زیر مورد بررسی قرار خواهد گرفت.
- ارزیابی تأثیر میراگر اصطکاکی سیلندری (CFD) بر کاهش پاسخ سازه‌ها
 - بررسی پاسخ‌ها برای بارهای لغزش مختلف و بدست آوردن بار لغزش بهینه
 - مقایسه پاسخ‌های به دست آمده از سازه‌های دارای میراگر اصطکاکی سیلندری (CFD) و سازه‌های فاقد این میراگر

برای ارزیابی اهداف بیان شده، این سیستم را در شش قاب خمشی فولادی دارای بادبند قطری (قاب‌های چهار، هشت و دوازده طبقه که هر یک از این قاب‌ها در دو حالت سه دهانه و پنج دهانه مورد بررسی قرار گرفته‌اند) قرار داده و با انتخاب ۷ شتاب نگاشت، تحلیل دینامیکی غیر خطی فراینده (IDA) بر روی آن‌ها انجام شده است. سپس پاسخ این سازه‌ها با سازه‌های مشابه که بدون سیستم میراگر اصطکاکی سیلندری می‌باشند، مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است.

۳-۱ مروری بر پیشینه‌ی مطالعاتی میراگر اصطکاکی

نخستین بار ایده میراگر اصطکاکی (Friction Damper) توسط Avatar Pall در اواخر دهه ۱۹۷۰ ارائه گردید. پال و همکارانش تحقیقات گسترده‌ای بر روی عملکرد این سیستم در سازه و همچنین بدست آوردن بار لغزش بهینه انجام دادند. [۲]

Cherry و Filiatrault در سال ۱۹۸۷ تحقیقات گسترده‌ای بر روی پارامترهای موثر بر رفتار میراگرهای اصطکاکی انجام دادند که منجر به ارائه روشی ساده برای طراحی این نوع میراگرها بر اساس طیف بار لغزش گردید. [۳]

در سال ۱۹۸۸ Aiken, Kelly و Pall یک قاب فولادی ۹ طبقه که به سیستم میراگر اصطکاکی مجهز بود را مورد تحقیقات آزمایشگاهی و تحلیلی قرار دادند. مدلی با $\frac{1}{4}$ مقیاس از این قاب ۹ طبقه بر روی میز لرزان به منظور تأیید تجربی اثرات مفهوم میرایی اصطکاکی مورد آزمایش قرار گرفت. [۴]

از سال ۱۹۸۷ تا سال‌های اخیر، پال و همکارانش تحقیقات جامعی برای استفاده از میراگر اصطکاکی در ارتقای لرزه ای انواع ساختمان‌ها انجام داده‌اند؛ که از جمله این سازه‌ها می‌توان به ساختمان کتابخانه دانشگاه Concordia (۱۹۸۷)، بازسازی مدرسه Polyvalente در کبک (۱۹۹۱)، ساختمان آژانس فضایی کانادا (۱۹۹۳)، ساختمان کازینو مونترال (۱۹۹۴)، بیمارستان Sainte Hyacinthe کبک (۱۹۹۹)، ساختمان دادگستری اوتاوا (۲۰۰۰)، ساختمان مرکز فرماندهی کبک (۲۰۰۰)، کارخانه تجاری هواپیمایی بوئینگ (۲۰۰۳) و ساختمان بیمارستان Vincent اوتاوا (۲۰۰۴) اشاره نمود. [۵]