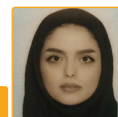


معرفی سیستم‌های میراگر (دمپر)

معرفی سیستم‌های میراگر انرژی زلزله (دمپر)

در طول مدت عمر سازه‌ها نیروهای مختلفی به سازه وارد می‌شوند که یکی از مهم‌ترین این نیروها نیروی ناشی از حرکت پایه سازه یا زلزله است. یکی از مهم‌ترین اهداف در طراحی سازه‌ها، حذف خسارت‌های جانی احتمالی در حین و بعد از وقوع زلزله است. که در کنار این هدف اصلی، کاهش آسیب‌ها و خسارت‌های مالی وارد بر سازه و کاهش هزینه‌های تعمیر یا بازسازی پس از زلزله نیز هدفی مهم به شمار می‌رود. سیستم‌های میراگر لرزه‌ای از جمله تجهیزات نوینی‌اند که استفاده از آن‌ها به عنوان کارآمدترین و ایمن‌ترین روش‌های محافظت سازه‌ها در برابر زلزله، نام برده می‌شود. کشورهای لرزه‌خیزی مانند ژاپن، ایالات متحده، نیوزیلند و... بیش از سه دهه است که فلسفه طراحی ساختمان‌های مهم خود را در برابر زلزله، از روش‌های سنتی و متعارف که مبتنی بر افزایش مقاومت و سختی سازه است (اضافه نمودن مهاربند، دیوار برشی و...)، به سمت استفاده از این سیستم‌های استهلاک انرژی زلزله، تغییر داده‌اند.



شادی سلیمی

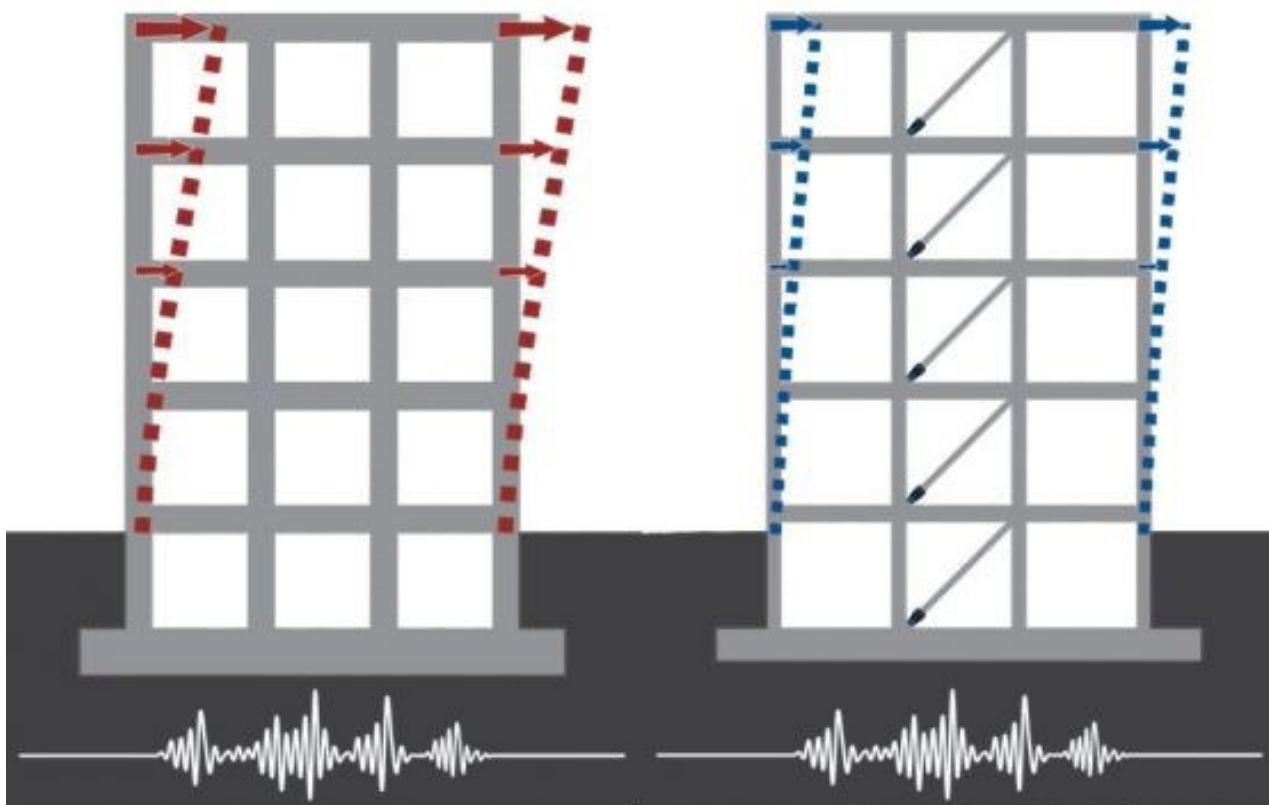
کارشناس ارشد سازه

روش های کنترل ارتعاش سازه

درک چيستی سیستم های میراگر بسیار ساده است. اساساً در مورد تمامی موادی که در طبیعت وجود دارند، قابلیت میرایی یکی از خصوصیات ذاتی است. همانطور که با دانستن ضریب الاستیسیته یک ماده می توان محاسبات مربوط به مصالح تشکیل شده آن را انجام داد، با دانستن میرایی یک ماده نیز می توان به تحلیل دقیق تری از رفتار ارتعاشی ماده دست یافت. عموماً در مصالح مورد استفاده در صنعت ساختمان، منابع عمده میراگر، لزجت ماده و یا اصطکاک داخلی مواد و

اصطکاک سطوح در تماس است.

تجهیزات میراگر هر کدام به طریقی این مکانیزم های عمده ی استهلاک انرژی را به خدمت گرفته تا موجب کاهش ارتعاشات ناشی از بارهای جانبی مانند باد و زلزله شود. می توان از انواع سیستم های میراگر (البته در طرحی مناسب) جهت کاهش پاسخ لرزه ای سازه های فولادی و بتنی استفاده کرد. به ویژه در مورد سازه های بلندمرتبه می توان با استفاده صحیح از میراگر الحاقی در المان هایی چون مهاربندها، موجب کاهش قابل توجه دریافت شد.



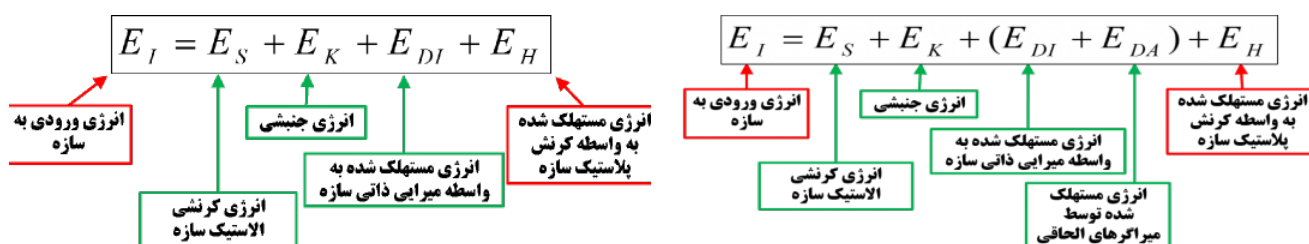
بدون میراگر

مجهز به میراگر
سازه های سبکتر و ایمن تر

در سازه ذخیره یا مستهلک شود و این خود تعیین کننده ی سطح خسارت خواهد بود. می توان با اضافه نمودن یک مکانیزم میراگر یا دمپر به سازه، بخش قابل توجهی از بار استهلاک انرژی را از دوش المان های سازه ای برداشت و آن را در مکانیزم الحاقی مستهلک نمود. یکی از روش های کنترل ارتعاشات سازه ها تحت بارهای لرزه ای، استفاده از میراگر مکمل (یا الحاقی) است. این تجهیزات در طراحی سازه های جدید و یا در مقاوم سازی ساختمان های موجود به سادگی قابل استفاده می باشد. این سیستم ها با جذب و استهلاک بخش قابل توجهی از انرژی ورودی به سازه، شرایط ایمن و پایداری را نسبت به ساختمان های مشابه فراهم می کنند. امروزه استفاده از سیستم های میراگر به عنوان روشی اقتصادی و عملی برای افزایش مقاومت دینامیکی سازه ها شناخته و به کار برده می شود.

میراگر (دمپر) و روش کنترل ارتعاشات لرزه ای

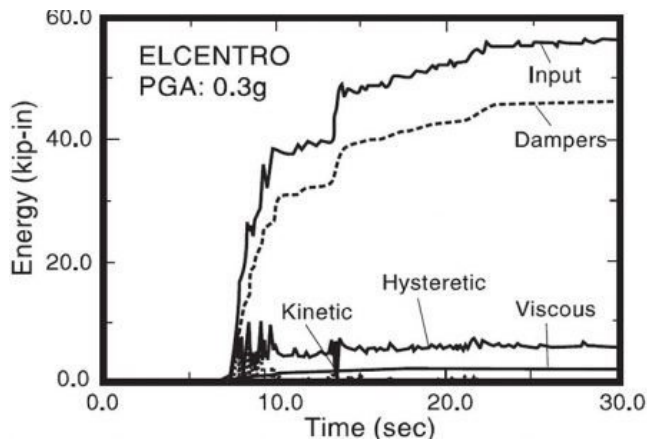
با توجه به ضعف های روش های متعارف آیین نامه ای، بیشتر از سه دهه است که در کشورهای لرزه خیزی چون نیوزیلند، ایالات متحده، ژاپن و ...، توجه مهندسين از افزایش ظرفیت سازه ها در برابر زلزله، به سمت کاهش پاسخ لرزه ای و شتاب ورودی از زمین به سازه، معطوف گشته است. روش هایی که این هدف را دنبال می کنند ذیل عنوان کلی روش های کنترل ارتعاشات لرزه ای جای می گیرند. شاید بتوان در نظر گرفتن زلزله به مثابه انرژی (و نه به عنوان نیرو) راه کلید ورود به مباحث کنترل ارتعاشات لرزه ای دانست. در حین وقوع زلزله اصلی، مقدار زیادی انرژی جنبشی وارد سازه می شود. طرح سازی معین می کند که این انرژی چگونه



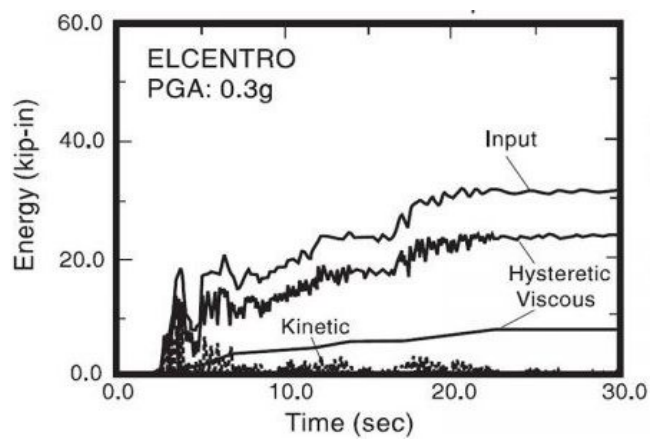
قاب که البته به کمک مهاربندهای قطری مجهز به نوعی میراگر الحاقی (دمپر ویسکوالاستیک)، مقاومسازی شده است. مشاهده می شود که در این طرح، به مقدار قابل توجهی از تغییر شکل های غیر خطی المان های اصلی سازه ای کاسته شده است (از میزان انرژی مستهلک شده هیستریزس المان های سازه ای کاسته شده است).

شکل بعدی سمت راست مربوط می شود به آزمایش میز لرزه ای که بر قاب بتنی سه طبقه و با مقیاس یک سوم، صورت گرفته است. نمودارهای انرژی برای رکوردی از زمین لرزه ای السنترودر این شکل ترسیم شده است. ملاحظه می شود که بخش اعظم انرژی لرزه ای در این قاب سهم انرژی هیستریزس المان های سازه ای (تغییر شکل های غیر خطی) شده است. شکل سمت چپ مربوط می شود به همان

▼ نمودار انرژی برای قاب بتنی سه طبقه دارای میراگر



▼ نمودار انرژی برای قاب بتنی سه طبقه فاقد میراگر



مثال وابستگی رفتاری به سرعت یا جابه جایی خود می تواند معیاری کاربردی در دسته بندی سیستم های میراگر باشد. از این منظر انواع دمپرهای فلزی-تسلیمی شامل مهاربند کمانش تاب، میراگر سربی-تزیقی (LED)، میراگر سربی-تسلیمی PVD و میراگر ADAS و TADAS و میراگر اصطکاکی، از جمله میراگرهایی با رفتار میرایی وابسته به جابه جایی و مستقل از سرعت می باشند. در واقع در این دسته از سیستم های میراگر، سرعت ورودی در محل اتصال دوسر میراگر بر اندازه نیرو و میزان استهلاک انرژی زلزله تأثیری نداشته یا تأثیرش قابل چشم پوشی است. این امر در بسیاری از موارد می تواند مفید واقع شود. برای مثال می توان با استفاده از میراگر اصطکاکی و با در نظر داشتن این خصیصه، به راحتی نیروی ورودی زلزله را محدود کرد و اصطلاحاً فیوز اصطکاکی ایجاد کرد.

انواع میراگرهایی که در آنها از رفتار سیال ویسکوز برای استهلاک انرژی استفاده می شود، رفتاری وابسته به سرعت داشته و این امر می تواند در کاهش موثرتر شتاب ورودی به طبقات و کنترل جابه جایی در زلزله های حوزه نزدیک، در طرحی مناسب مفید واقع شود.

مزایای مهم استفاده از سیستم های میراگر

- افزایش قابل توجه میرایی و قابلیت استهلاک انرژی سازه.
- کاهش قابل توجه شتاب و جابه جایی نسبی طبقات.
- به حداقل رساندن اختلال در سرویس دهی سازه.
- کاهش تغییر شکل های مخرب در اجزای سازه ای و غیر سازه ای
- به حداقل رساندن خسارات مربوط به تجهیزات داخلی
- کاهش جابه جایی مکان طبقات و مکان ها (drift) در هنگام ورود نیروی جانبی
- کاهش مشکلات معماری در طراحی ساختمان ها

انواع سیستم های میراگر

میراگرها انواع زیادی دارند که پرکاربردترین آنها شامل میراگر اصطکاکی، میراگر ویسکوز و مهاربند کمانش تاب است. تجهیزات دمپر را می توان از جنبه های گوناگونی دسته بندی کرد. به عنوان

▼ استفاده از میراگر اصطکاکی در برج ۱۸۰ متری اداری به منظور محافظت از جان و سرمایه



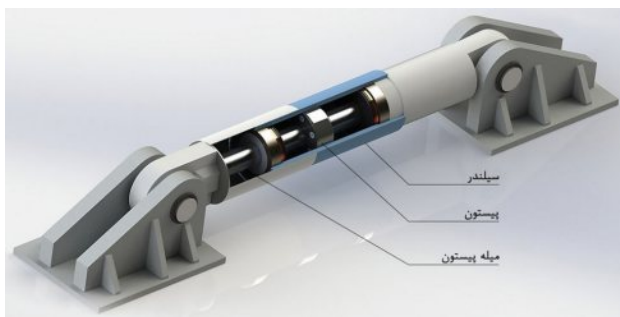
▼ به کارگیری میراگر ویسکوز در مقاوم سازی ساختمانی تجاری در چین



انرژی وارد به سازه استفاده می کنند. در هر چرخه از بارگذاری اعمال شده به این میراگرها، با ایجاد تغییر شکل های غیر الاستیک حجم قابل توجهی از انرژی مستهلک می شود. به این ترتیب استفاده از میراگرهای جاری شونده از ایجاد خسارت در اعضای دیگر سازه به میزان زیادی جلوگیری می کنند. مقاومت و ظرفیت جذب انرژی میراگرهای جاری شونده به میزان زیادی به مشخصات تنش- کرنش مصالح فلزی در ناحیه غیر خطی وابسته است. در میراگرهای جاری شونده، تسلیم مصالح تحت نیروهای مختلف محوری، خمشی، برشی، پیچشی و یا ترکیبی از این نیروها رخ می دهد. میراگرهای جاری شونده توسط تغییر مکان تحریک می شوند. با توجه به این موضوع اضافه کردن این اجزا به سازه باعث افزایش سختی الاستیک سازه می شود. با اضافه شدن سختی، تغییر شکل های سازه در ناحیه الاستیک بهتر کنترل می شود.

میراگرهای ویسکوز

در این نوع میراگر یک پیستون درون یک سیلندر پر شده از روغن یا سیلیکون یا مواد مشابه، حرکت می کند. در انتهای پیستون تعدادی روزنه کوچک وجود دارد که در هنگام حرکت آن داخل سیلندر، مایع درون سیلندر از طریق این روزنه ها به سمت دیگر پیستون منتقل می شود. در این حالت با ایجاد نیروی مقاوم در برابر حرکت پیستون، انرژی اعمال شده مستهلک می شود.



میراگر ساختمان چیست و انواع آن کدامند

میراگرها و جداسازهای پیشنهاد شده دارای تنوع بسیار زیادی بوده و هر کدام از این ابزارها و روش استفاده از آن دارای مزایا و معایب خاص خود هستند. در حالت کلی استفاده از میراگرها و جداسازها و سایر ابزارهایی که برای کاهش و مستهلک نمودن نیروی زلزله مورد استفاده قرار می گیرند به عنوان سیستم کنترل ارتعاشات در سازه شناخته می شوند. در ادامه به صورت مختصر روش های مختلف کنترل انرژی زلزله و اثرات آن بر سازه را بررسی خواهیم کرد.

انواع روش های کنترل ارتعاشات در سازه

سیستم های کنترل ارتعاشات ایجاد شده در سازه تحت اثر نیروهای مختلف از جمله زلزله را در حالت کلی می توان به سه دسته کنترل فعال، کنترل غیر فعال، و کنترل نیمه فعال تقسیم بندی کرد. در این میان میراگرها عموماً جزء سیستم های کنترل غیر فعال محسوب می شوند.

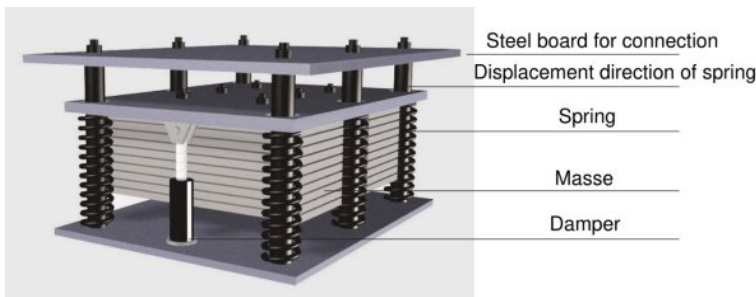
میراگرهای جاری شونده فلزی

استهلاک انرژی توسط مصالح یکی از روش های مرسوم کنترل غیر فعال در سازه ها است. میراگرهای فلزی از ظرفیت قابل توجه مصالح فلزی در میرا کردن



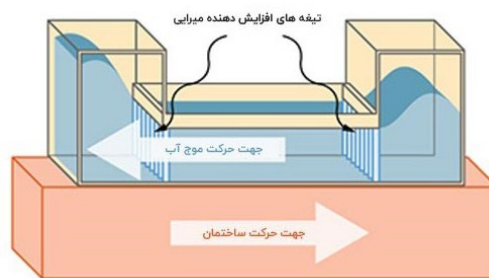
میراگرهای مایع تنظیم شده

میراگرهای مایع تنظیم شده به صورت کلی عملکردی مشابه میراگرهای جرمی تنظیم شده دارند. ایجاد نوسان در مخزن های مایع کم عمق نصب شده در بالای سازه، موجب ایجاد تلاطم در مایع درون این مخزن ها شده و به این صورت انرژی ارتعاشی وارد به سازه را مستهلک می کنند. در این حالت نیز مشابه میراگرهای جرمی تنظیم شده، فرکانس طبیعی تلاطم مایع درون مخزن با فرکانس ارتعاش غالب سازه هماهنگ می شود. از جمله عوامل موثر بر رفتار میراگر مایع تنظیم شده می توان به اندازه و شکل مخزن، نسبت جرم مایع به جرم سازه، عمق و لزجت مایع، زبری جداره مخزن، اشاره کرد. با تنظیم این پارامترهای اثرگذار می توان میزان استهلاک انرژی در سازه را بهینه نمود. از این نوع میراگر معمولاً در سازه های بلند استفاده می شود.



میراگرهای جرمی تنظیم شده

در میراگرهای جرمی تنظیم شده، ایجاد میرایی و کاهش پاسخ دینامیکی سازه با استفاده از یک جرم متمرکز که به وسیله یک فنر به بالای سازه متصل شده است، انجام می شود. با تنظیم فرکانس میراگر جرمی با فرکانس مود غالب سازه ای (معمولاً مود اول نوسان)، با ایجاد تحریک در سازه اصلی با فرکانس میراگر جرمی تنظیم شده، حرکت میراگر در فازی خارج از حرکت سازه متصل به آن تشدید می شود. این موضوع با ایجاد نیروی اینرسی در جرم میراگر، انرژی وارد شده به سازه را مستهلک می نماید. با افزایش ارتفاع سازه و تعداد طبقات آن، اثرات مودهای بالاتر افزایش می یابد. در این حالت با توجه به کاهش جرم موثر مود اول ارتعاش سازه، از کارایی میراگر کاسته می شود.





میراگرهای اصطکاکی

میراگرهای اصطکاکی با استفاده از لغزش بین دو جسم فلزی و اصطکاک بین سطوح آن، حجم قابل توجهی از انرژی ورودی را مستهلک می‌کنند. میراگرهای اصطکاکی متنوعی برای استفاده در سازه‌ها در چند دهه گذشته توسعه داده شده‌اند.

از جمله این میراگرها می‌توان به میراگر اصطکاکی پال، میراگر اتصال اصطکاکی و میراگر اصطکاکی دورانی اشاره نمود. ضریب اصطکاک بین دو سطح تا حد زیادی به جنس سطوح در تماس بستگی دارد. استفاده از مواد مورد استفاده در لنت ترمز اتومبیل‌ها در سطح تماس و تماس مستقیم فولاد با فولاد از جمله حالات مختلف مورد استفاده است.

