

میراگر در بهسازی سازه ها

استاد راه نما :جناب آقای دکتر امیر حسین خلوتی

نام دانشجو : احمد ایرانی

مقدمه

در بهسازی لرزه ای سازه ها یکی از روش های کاهش نیروی جانبی ناشی از زلزله استفاده از میراگرها می باشد.

در طی زلزله، انرژی زیادی به سازه اعمال می گردد. این انرژی به دو صورت جنبشی و پتانسیل (کرنشی) بر سازه اعمال می گردد که به طریقی جذب یا مستهلک می گردد. اگر سازه فاقد میرایی باشد ارتعاش آن پیوسته خواهد بود اما بدلیل وجود میرایی در مصالح، ارتعاش کاهش می یابد. انرژی ورودی ناشی از زلزله به سازه به صورتهای معرفی شده در رابطه زیر تبدیل می شود

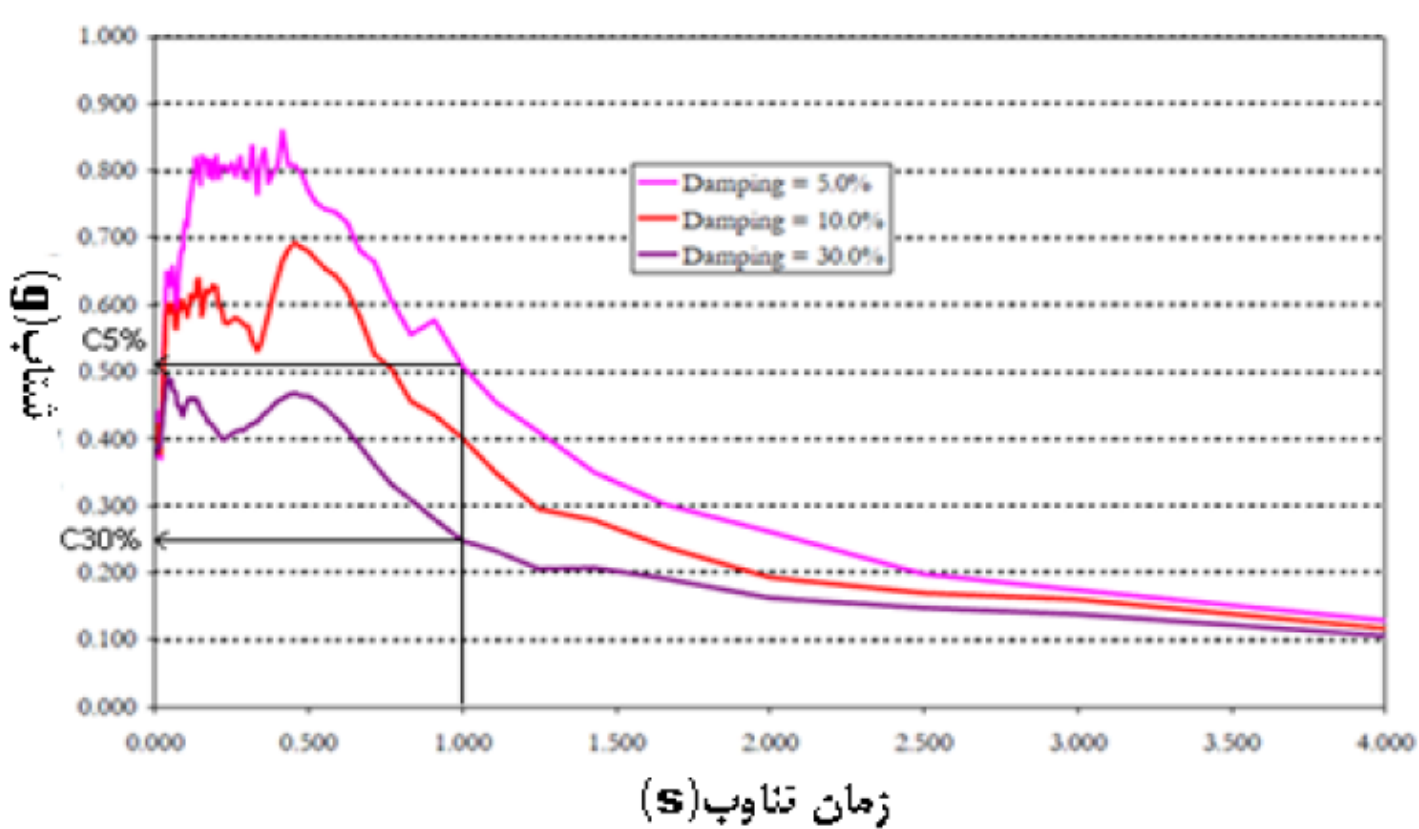
$$E = E_K + E_S + E_h + E_d$$

در رابطه فوق E انرژی ورودی زلزله E_K انرژی جنبشی E_S انرژی کرنشی قابل بازگشت در محدوده الاستیک E_h مقدار انرژی اتلاف شده به واسطه تغییر شکل غیرالاستیک های E_d مقدار انرژی مستهلک شده به وسیله میراگر الحاقی می باشد.

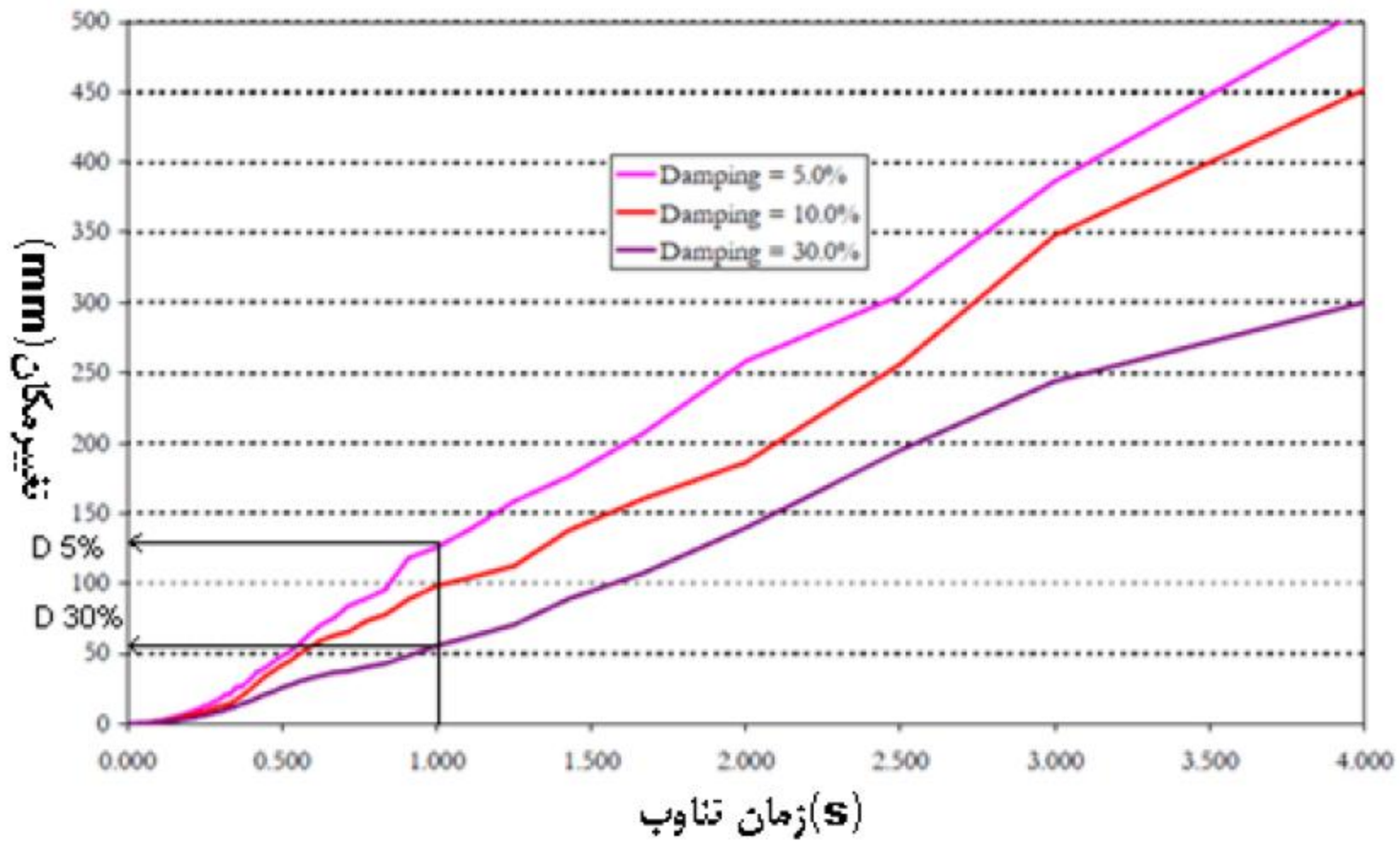
در سیستم های جداسازی لرزه ای، استفاده از سیستمهای مستهلک کننده انرژی، جایگاه ویژه ای را به خود اختصاص داده اند افزایش میرایی با استفاده از روشهای مختلفی نظیر جاری شدن یک فلز نرم، اصطکاک دو فلز بر روی هم، حرکت یک پیستون درون یک ماده لزج و یا رفتار ویسکوالاستیک در موادی از جنس شبیه لاستیک امکان پذیر می باشد.

اثر میرایی بر پاسخ سازه

افزایش میرایی باعث کاهش پاسخ سازه (شتاب و تغییر مکان) می شود. افزایش میرایی در زمان تناوب های پائین (نزدیک به صفر) بر روی مقدار طیف اثری ندارد و در زمان تناوب های بالا نیز اثر کمی بر روی شتاب پاسخ دارد. شکل زیر بیشترین اثر افزایش میرایی در زمان تناوب های ۰.۳ تا ۲.۵ ثانیه را نشان می دهد.



اثر میرایی روی طیف پاسخ شتاب



اثر میرائی روی طیف پاسخ تغییر مکان

در آئین نامه های طراحی و بهسازی لرزه ای اثر میرایی با تعریف ضریب میرایی (B) که تابعی از درصد میرایی بحرانی (β) است مشخص می شود. این ضریب برای دو حالت زمان تناوب های کوتاه (BS) و زمان تناوب های نزدیک به یک ثانیه ($B1$) تعریف شده است. دامنه عمل (BS) بر روی منحنی طیف پاسخ بین زمان تناوب T_0 تا $0.2 T_0$ است T_0 زمان تناوب انتقال از محدوده شتاب ثابت به سرعت ثابت طیف می باشد. از ضریب ($B1$) نیز برای کاهش طیف در زمان تناوب های بالاتر از T_0 استفاده می شود. مقادیر ضریب میرایی براساس درصد میرایی بحرانی در جدول نشریه ۳۶۰ ارائه شده است. در روش استاتیکی خطی با وسایل وابسته به تغییر مکان درصد میرایی بحرانی موثر (β_{eff}) سازه توسط رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\beta_{eff} = \beta + \frac{\sum W_j}{4\pi W_K}$$

پارامترهای روابط فوق به شرح زیر م یباشد:

β = میرایی سیستم قاب بندی ساختمان که باید مساوی ۵% فرض شود مگر اینکه میرایی دیگری مورد نظر باشد.

W_j = در وسایل وابسته به تغییر مکان عبارتست از کار انجام شده توسط وسیله j - ام در یک چرخه کامل تحت تغییر مکان های δ_i کف های طبقات، عمل جمع زدن روی کلیه وسایل j انجام می گیرد.

$$W_K = \frac{1}{2} \sum_i F_i \delta_i$$

W_K = حداکثر انرژی کرنشی قاب است که از رابطه زیر بدست می آید.

F_i = نیروی اینرسی در کف طبقه i - ام بوده و عمل جمع روی کلیه کف های i انجام می گیرد.

در روش استاتیکی خطی با وسایل وابسته به سرعت درصد میرایی بحرانی موثر (β_{eff}) سازه توسط رابطه فوق محاسبه می شود.

و براي وسايل خطي لزج از رابطه زير محاسبه مي شود:

پارامترهاي روابط فوق به شرح زير مي باشند:

β = ميرايي سيستم قاب بندي ساختمان که بايد مساوي ۵% فرض شود مگر اينکه ميرايي ديگري مورد نظر باشد.

T = زمان تناوب اصلي سازه بهسازي شده که در محاسبه آن سختي وسايل وابسته به سرعت نيز محسوب شده است.

C_j = ثابت ميرايي وسيله ز-ام

δr_j = تغيير مکان نسبي بين دو انتهاي وسيله ز-ام در امتداد محور اين وسيله

θ_j = زاويه شيب وسيله نقليه ز-ام با افق

ϕr_j = تغيير مکان نسبي بين دو انتهاي وسيله ز-ام در مود اول در جهت افقي

W_i = وزن موجود طبقه i - ام در مود اول

W_j = در وسايل وابسته به سرعت کار انجام شده توسط وسيله خطي لزج ز-ام در يك چرخه کامل

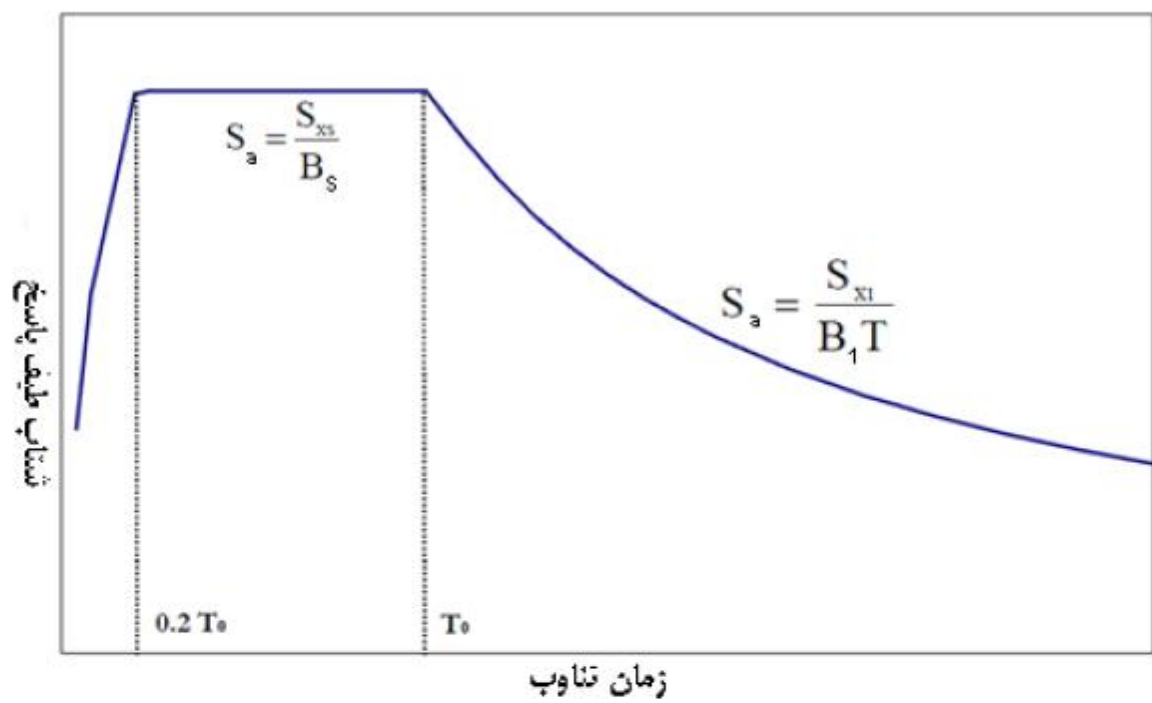
بارگذاري است که توسط رابطه زير حساب می شود.

W_K = حداکثر انرژی کرنشي قاب است که از رابطه زير بدست می آيد.

$$\beta_{eff} = \beta + \frac{T \sum_j C_j \cos^2 \theta_j \phi_{rj}^2}{4\pi \sum_i \left[\frac{W_i}{g} \right] \phi_i^2}$$

$$W_j = \frac{2\pi^2}{T} C_j \delta_{rj}^2$$

$$W_K = \frac{1}{2} \sum_i F_i \delta_i$$



شکل ۷-۳- طیف پاسخ طرح براساس ضریب میرایی

جدول ۷-۱- ضرایب B_1 و B_s بر حسب درصد میرایی موردنظر (β) [۳]

B_1	B_s	β
۰/۸	۰/۸	≤ 2
۱/۰	۱/۰	۵
۱/۲	۱/۲	۱۰
۱/۵	۱/۸	۲۰
۱/۷	۲/۳	۳۰
۱/۹	۲/۷	۴۰
۲/۰	۲/۰	≥ 50

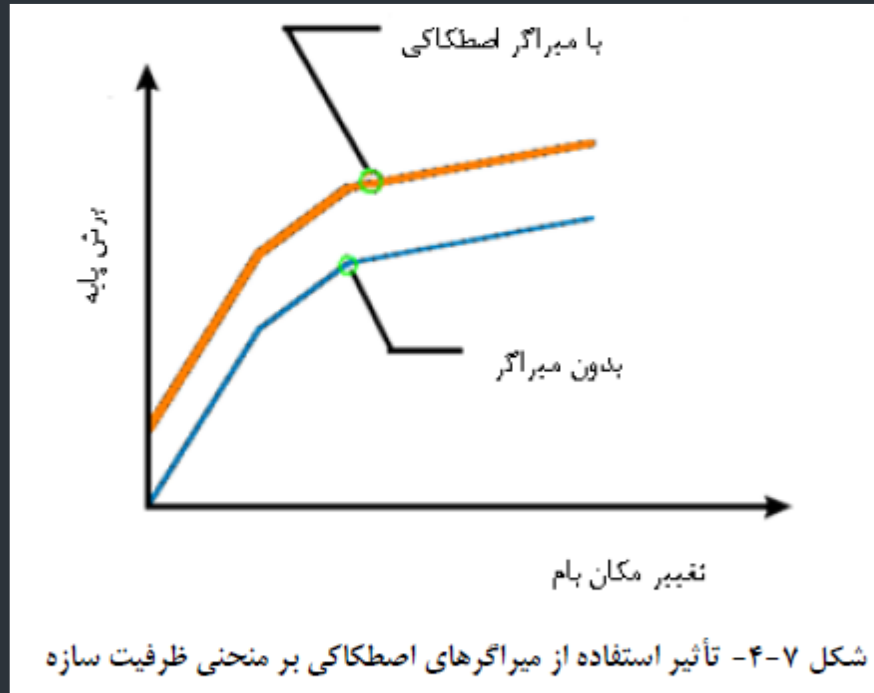
انواع میراگرها

میراگرها را بر اساس عملکرد آنها به انواع اصطکاکی، فلزی (جاری شونده)، ویسکوز، ویسکوالاستیک، آلیاژهای حافظه دار شکل (SMA) و میراگرهای جرمی دسته بندی می گردند.

از مزایای استفاده از میراگرها م میتوان به جذب انرژی بالا، سادگی در نصب و تعویض آنها و همچنین هماهنگی با سایر اعضای سازه اشاره نمود.

میراگرهای اصطکاکی

در این نوع میراگر، انرژی زلزله صرف غلبه بر اصطکاک موجود در سطح تماس قطعات می شود. از ویژگی های دیگر این میراگرها می توان به عدم ایجاد خستگی در بارهای خدمت (به دلیل فعال نشدن میراگرها تحت این بارها) و وابسته نبودن عملکرد آنها به سرعت بارگذاری و دمایی محیط می توان اشاره نمود. این میراگرها به موازات مهاربندها نصب می شوند.

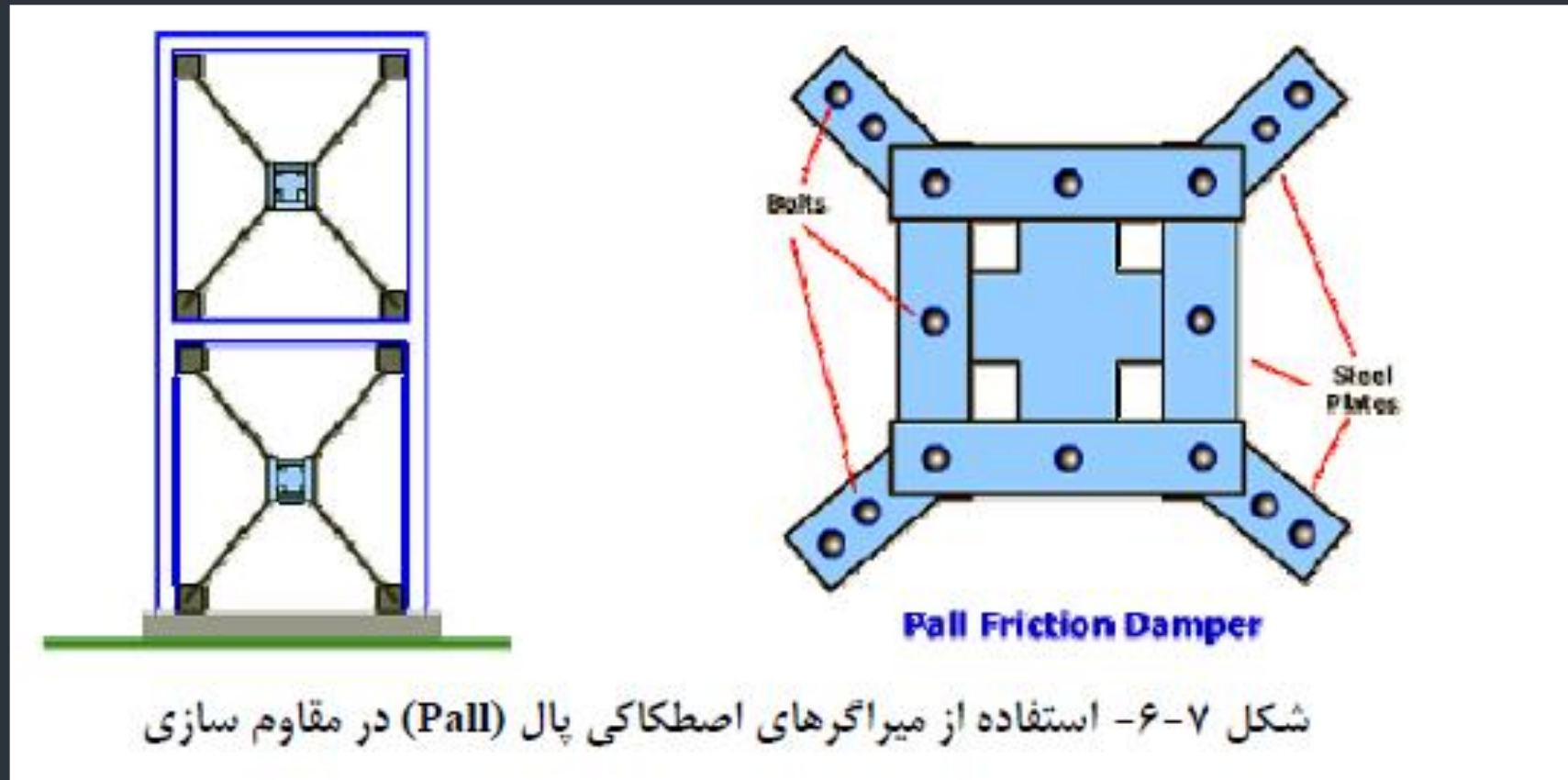


در شکل زیر میراگرهای اصطکاکی چرخشی نشان داده شده است. به علت رفتار بسیار ساده و سهولت در نصب و ساخت، این نوع میراگر به یکی از انواع متداول در میراگرهای اصطکاکی تبدیل شده است

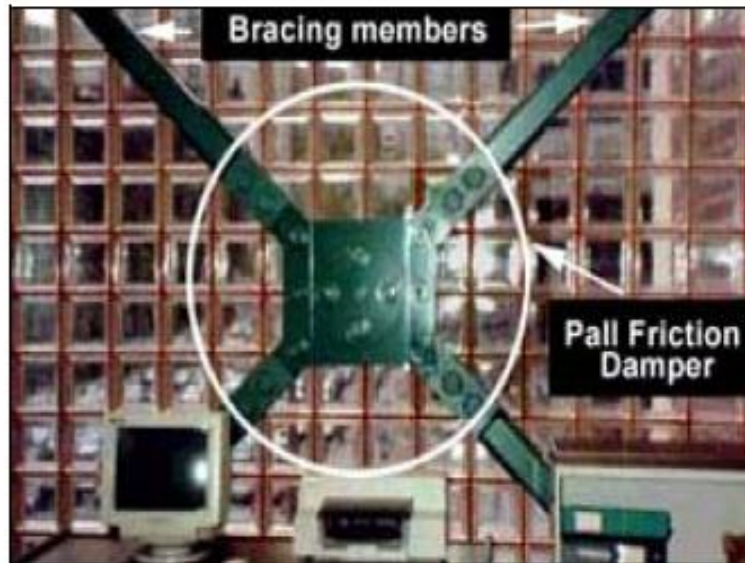


شکل ۷-۵- استفاده از میراگرهای اصطکاکی چرخشی در مقاوم سازی [۴]

نوع دیگر میراگرهای اصطکاکی، میراگر اصطکاکی پال (Pall) می باشد. این میراگر شامل یک بادبند و چند سری ورق فولادی به همراه پیچ های اصطکاکی می باشد که در بخش میانی بادبند نصب می شوند. ورقهای فولادی توسط پیچ های پرمقاومت به یکدیگر متصل شده که نسبت به یکدیگر تحت نیروی مشخصی لغزش می کنند.



شکل ۷-۶- استفاده از میراگرهای اصطکاکی پال (Pall) در مقاوم سازی

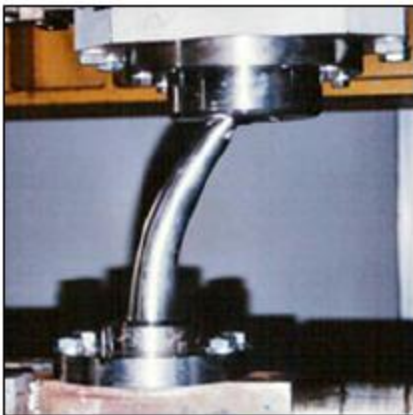


ادامه شکل ۷-۶- استفاده از میراگرهای اصطکاکی پال (Pall) در مقاوم سازی [۵]

میراگرهای فلزی (تسلیمی)

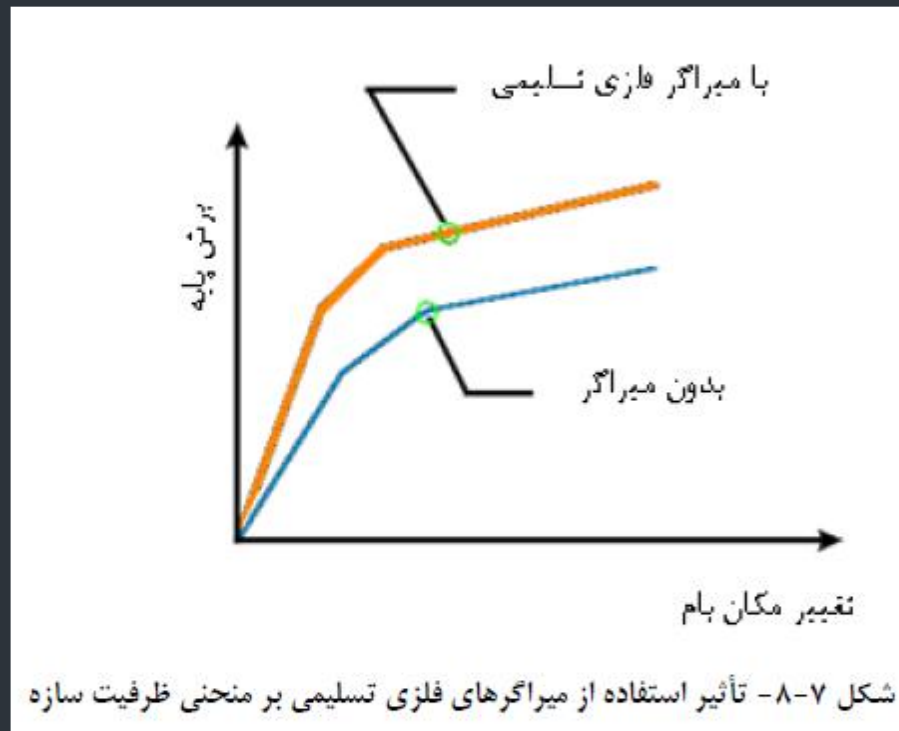


در این میراگر، انرژی منتقل شده به سازه صرف تسلیم و رفتار غیر خطی در قطعات بکار رفته در میراگر می شود. در این میراگرها از تغییر شکل غیرالاستیک فلزات □ شکل پذیر می مانند فولاد و سرب جهت اتلاف انرژی استفاده می شود. در تمام سازه های معمولی اتلاف انرژی بر شکل پذیر اعضای فولادی پس از تسلیم متکی است.



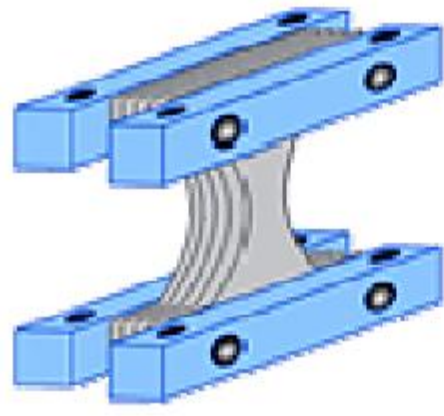
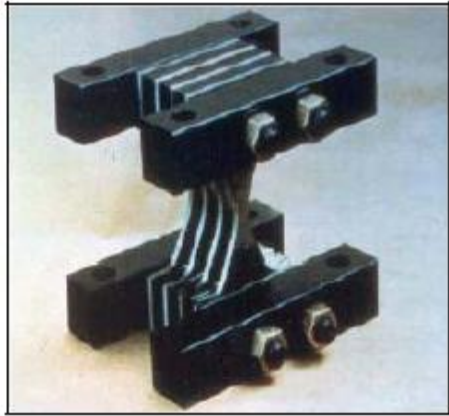
شکل ۷-۷- نمونه هایی از انواع میراگرهای فلزی جاری شونده (تسلیمی)

در بادبندها استفاده از میراگرهای فلزی تسلیمی متداول تر می باشد. این نوع میراگرها اغلب از چند ورق فولادی موازی تشکیل می شوند و در ترکیب با یک سیستم بادبندی، نقش جذب و اتلاف انرژی را بر عهده می گیرند. این قسمت از مهاربند به عنوان یک فیوز در سازه عمل نموده و با تمرکز رفتار غیر خطی در خود، مانع از بروز رفتار غیر خطی و آسیب در سایر اجزا اصلی و فرعی سازه می گردد.



میراگرهای فلزی X شکل، از کارایی قابل توجهی برخوردار می باشند. تسلیم گسترده در تمام حجم فولاد، ت اُمین میرایی هیسترتیک و اتلاف انرژی فوقالعاده از خصوصیات منحصر به فرد این نوع میراگر می باشد.

این میراگرها ضمن تأمین میرایی از سختی جانبی بالایی برخوردار بوده و به همین جهت با عنوان میرایی و سختی افزوده، (ADAS=Added Damping And Stiffness) نامگذاری شده است.

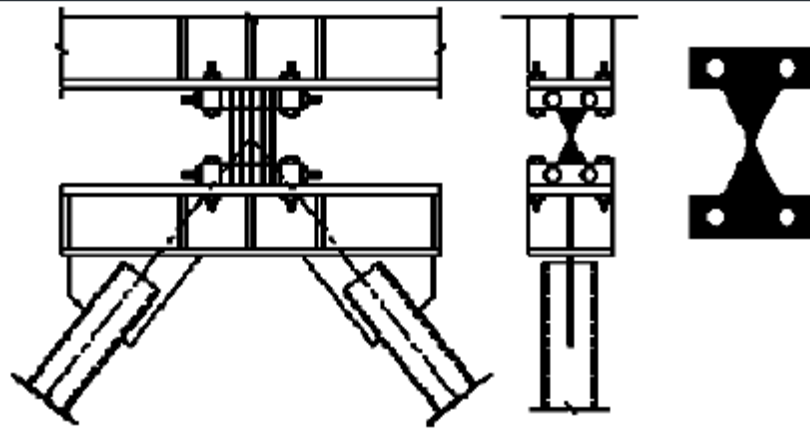


شکل ۷-۹- میراگر X-ADAS

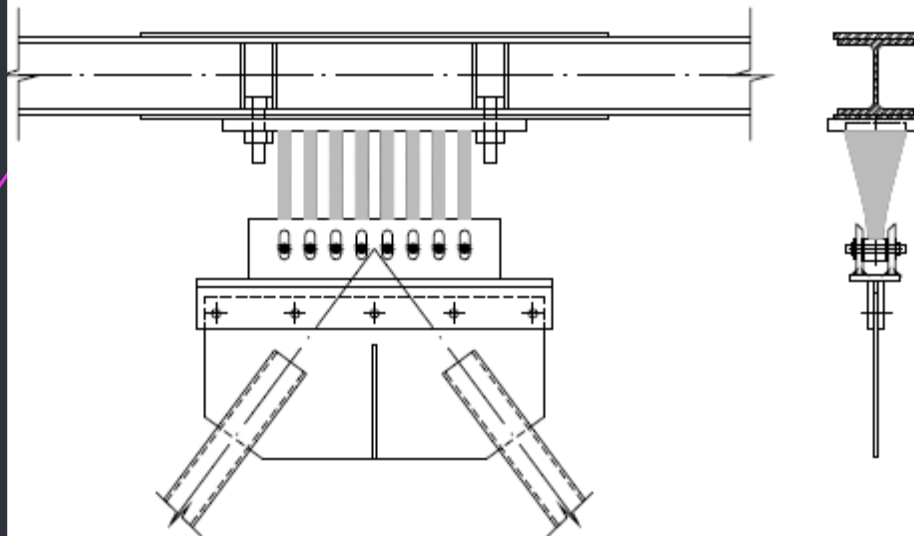


شکل ۷-۱۰- میراگر T-ADAS

این میراگرها معمولاً بین راس مهار بندهای جناقی و تیر طبقه نصب می شوند. با پیش بینی اتصالات مناسب، این میراگرها در قابهای بتنی نیز قابل نصب می باشند



شکل ۷-۱۱- نحوه استقرار میراگر X-ADAS در قاب

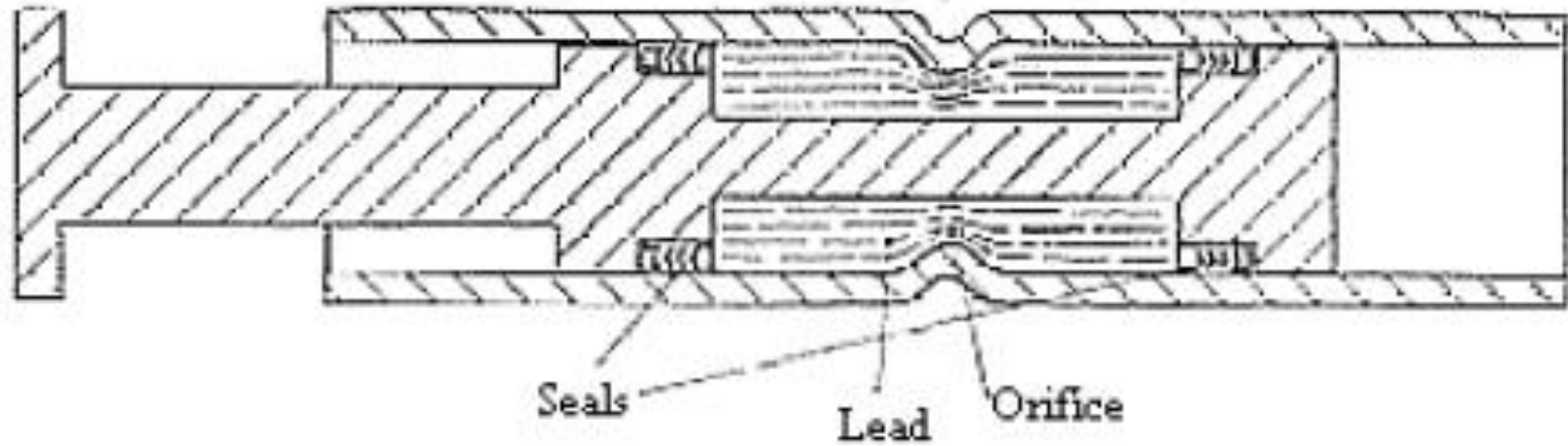


شکل ۷-۱۲- نحوه استقرار میراگر T-ADAS در قاب



شکل ۷-۱۳- نمونه هایی از بکارگیری میراگر T-ADAS

از انواع دیگر میراگرهای تسلیم شونده، میراگر سربی تزریقی (LED) می باشد. این میراگر از یک سیلندر دومحفظه ای، پیستون و سرب داخل پیستون تشکیل شده است که با حرکت پیستون به هنگام زلزله سرب از محفظه بزرگتر به محفظه کوچکتر حرکت می کند که با تغییر شکل خمیری، انرژی جنبشی بصورت حرارتی تلف می شود. در شکل زیر مقطع طولی میراگر سربی تزریقی نشان داده شده است.



شکل ۷-۱۴- مقطع طولی میراگر سربی - تزریقی (LED)

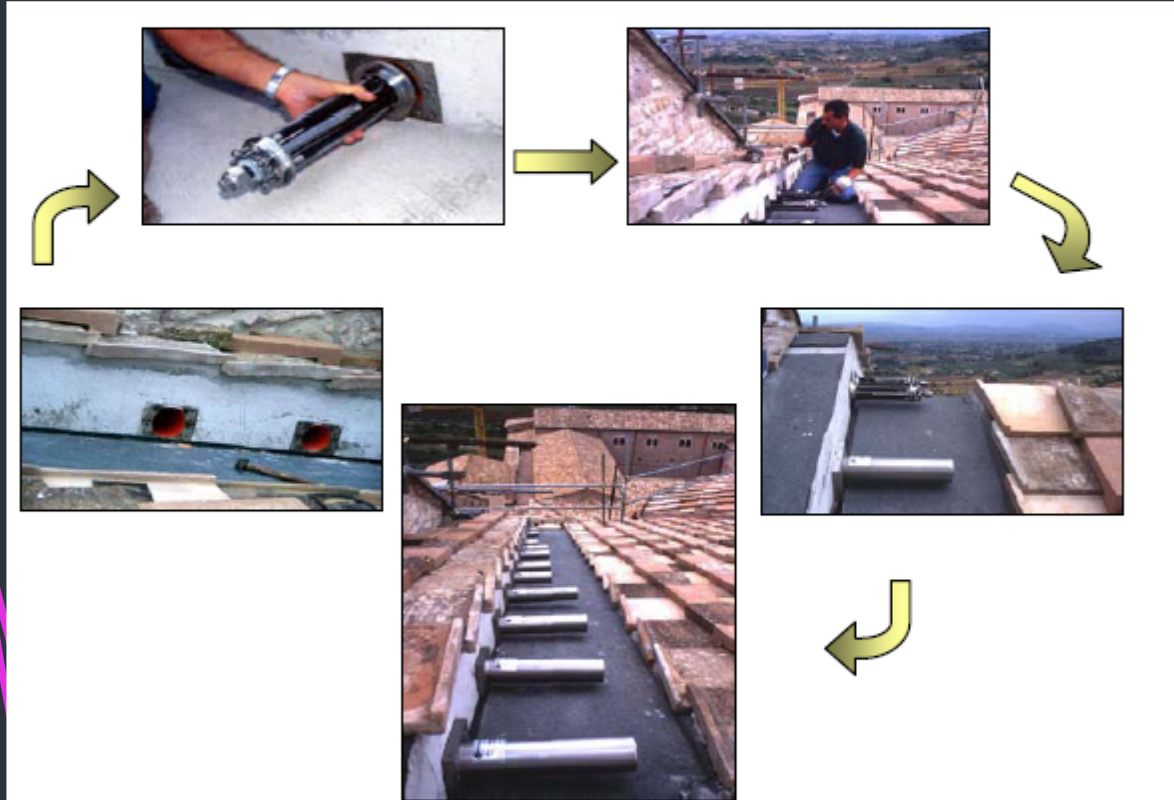
میراگرهای آلیاژی (SMA)

میراگرهای آلیاژی، SMA (Shape Memory Alloy) از فلزاتی ساخته می‌شوند که دو خاصیت زیر را دارا باشند:

▶ انعطاف پذیری آنها مشابه با انعطاف پذیری قطعه لاستیکی باشد.

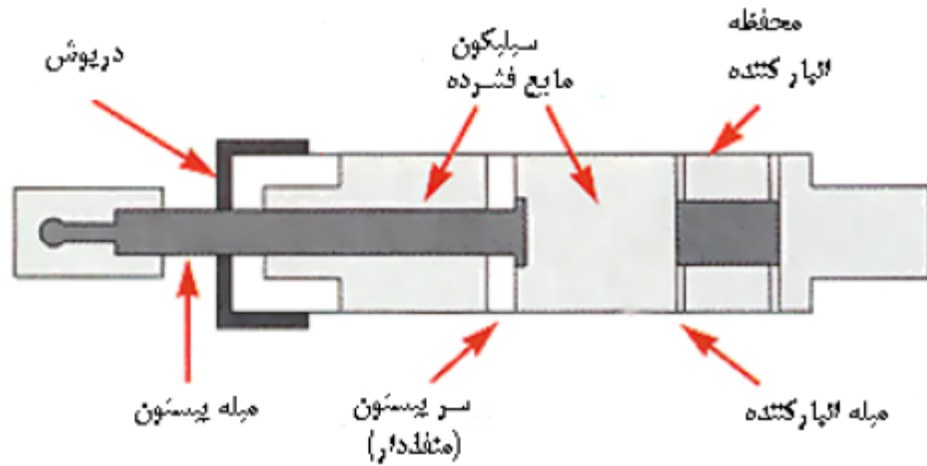
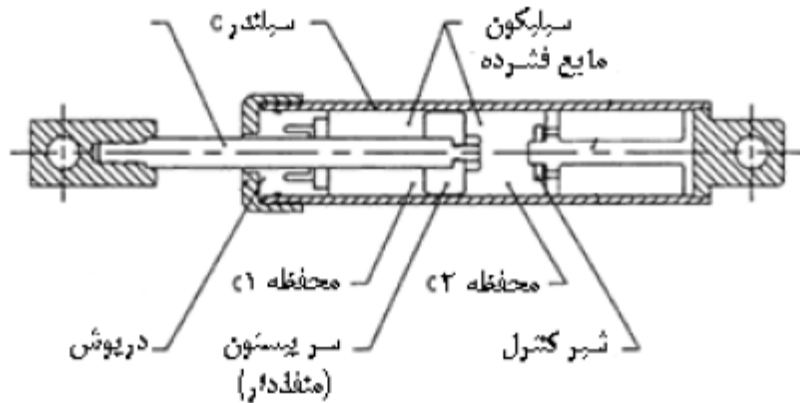
▶ پس از اعمال تغییر شکلهای زیاد در آنها، در اثر حرارت به حالت اولیه خود باز گردند.

آلیاژ نیکل و تیتانیوم ضمن دارا بودن این خواص از مقاومت خوبی در برابر خوردگی نیز برخوردار است.



شکل ۷-۱۵- ترمیم سقف کلیسای سن فرانسیس (ایتالیا) با میراگرهای SMA

میراگرهای ویسکوز



شکل ۷-۱۶- جزئیات تیپ سیستم میراگر ویسکوز

در این میراگرها با استفاده از حرکت مایع لزج درون يك سيلندر، انرژی مستهلك می شود. میراگرهای ویسکوز به دلیل سادگی در نصب، قابلیت انطباق و هماهنگی با سایر اعضا و همچنین تنوع در ابعاد و اندازه های آنها، کاربرد بسیاری در طراحی و مقاوم سازی پیدا کرده اند.

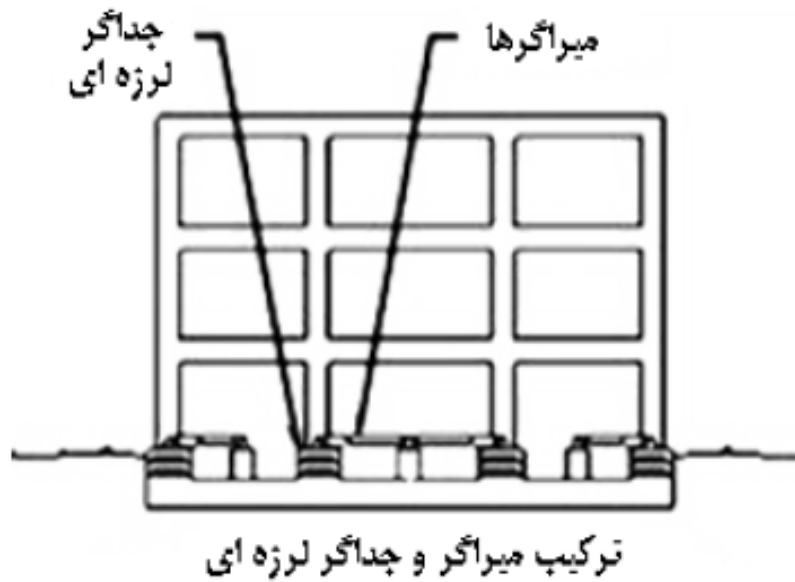
این نوع میراگرها به سه روش زیر به سازه متصل می گردند:

- نصب میراگرها به کف و یا فونداسیونها (در روش جداسازی لرزه ای).
- اتصال میراگرها در بادبندهای جناغی.
- نصب میراگرها در بادبندهای قطری.

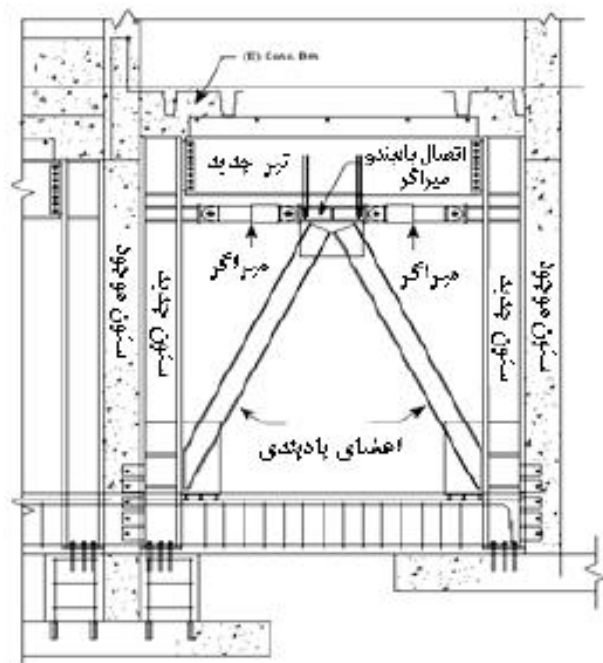
در اتصال میراگرها در کف و یا فونداسیون سازه ها می توان از ترکیب
میراگرها با جداسازها استفاده کرد.



شکل ۷-۱۷- اتصال میراگرهای ویسکوز در کف و فونداسیون سازه ها



ترکیب میراگر و جداگر لرزه ای



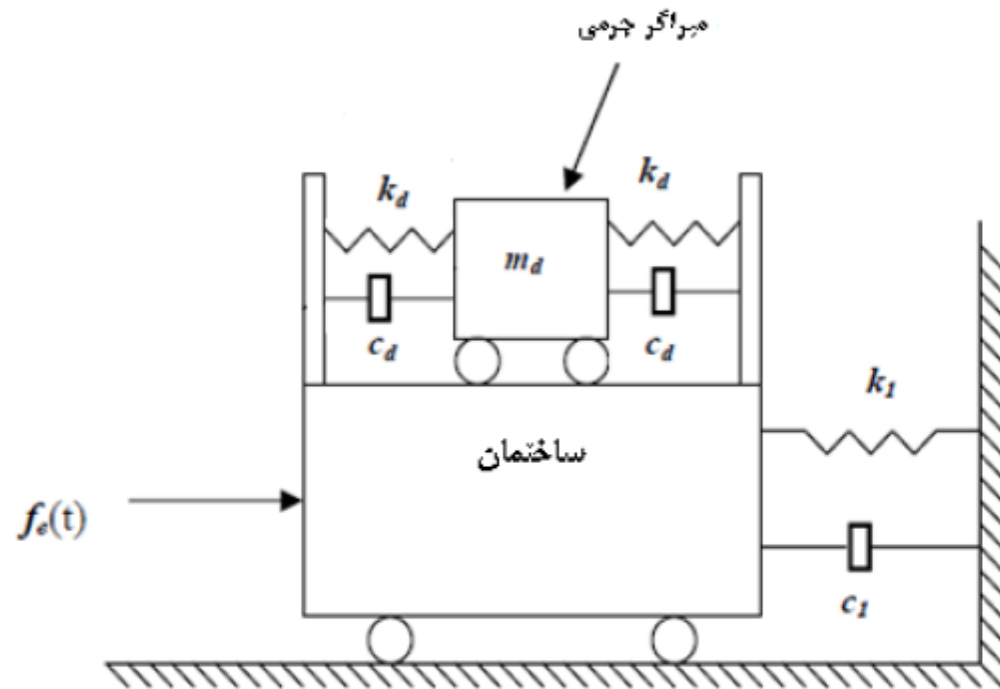
شکل ۷-۱۸- استفاده از میراگرهای ویسکوز در بادبندهای چنای



شکل ۷-۱۹- استفاده از میراگرهای ویسکوز در بادبندهای قطری

میراگر جرمی

شکل زیر ساختار عمومی میراگر جرمی را نشان می دهد. جرم روی یک تکیه گاه که به عنوان غلتک عمل می نماید، قرار می گیرد که به جرم اجازه می دهد به صورت انتقالی - جانبی نسبت به کف حرکت نماید. فنرها و میراگرها بین جرم و اعضای تکیه را به سطح کف و سپس به قاب « در فاز مخالف » گاهی عمودی مجاور قرار می گیرند که این اعضای تکیه گاهی نیروی جانبی سازه ای انتقال می دهند. میراگرهای انتقالی دو جهته به صورت فنر - میراگر در دو جهت عمودی ساخته می شوند و امکان کنترل حرکت سازه در دو صفحه عمودی را فراهم می آورند.



شکل ۷-۲۰- مدل میراگر جرمی در ساختمان

روشهای تحلیل سازه با میراگر الحاقی

هدف از این فصل ارائه روشهای تحلیل سازه میراشده با استفاده از وسایل جاذب انرژی می باشد . سه سطح (و چهار روش) تحلیل، در ادامه بحث شده اند. مراحل انجام تحلیل در شکل نشان داده شده است.

➤ روش تحلیل سازه غیرخطی و میراگر غیرخطی (NS/ND)

➤ روش تحلیل سازه خطی و میراگر غیرخطی (LS/ND)

➤ روش تحلیل سازه غیرخطی و میراگر خطی (NS/LD)

➤ روش تحلیل سازه خطی و میراگر خطی (LS/LD)

روش تحلیل سازه غیرخطی و میراگر غیرخطی (NS/ND)

تحلیل دینامیکی غیرخطی (تاریخچه زمانی) با در نظر گرفتن رفتار غیرخطی اعضای سازه ای همانند میراگرها، تحلیل دقیق و کامل سازه را امکان پذیر می سازد. برخی از نرم افزارهای طراحی مانند ETABS و SAP2000 می توانند رفتار هیستریزس دوطرفه میراگرهای هیستریزس را با کمک المان پلاستیک مدل کنند. در این نرم افزارها المانهای غیرخطی (شامل میراگرها) در تعداد محدودی از نقاط تعریف شده و نیروهای المانهای غیرخطی در هرگام زمانی یا بارگذاری محاسبه می شوند.

علاوه بر این روش های تقریبی متعددی برای سازه های میراشده غیر خطی وجود دارد. برای مثال به روشهای استاتیکی غیرخطی (NSP) ارائه شده در نشریه ۳۶۰ میتوان اشاره نمود. در این روش، سیستم چند درجه آزادی غیرالاستیک به سیستم یک درجه آزادی خطی معادل تبدیل می شود و پاسخ غیرخطی سیستم یک درجه آزادی براساس طیف ساخته شده از پاسخ طیفی زلزله با میرایی ۵% تقسیم بر ضرایب میرایی BS و B1 محاسبه می شود.

روش تحلیل سازه غیرخطی و میراگر خطی (NS/LD)

در روش (NS/LD) با در نظر گرفتن رفتار خطی برای میراگر بطور قابل ملاحظه های ساده می شود. در این روش میرایی و سختی خطی معادلی برای میراگر تعریف می شود. این کار به سازه میراشده این امکان را می دهد که تحلیل غیرخطی آن همانند روشهای بکار رفته برای سازه معمولی با تصحیح سختی و میرایی المانها صورت پذیرد.

روش تحلیل سازه خطی و میراگر غیرخطی (LS/ND)

در این روش برای ساد هسازی تحلیل، رفتار المانهای سازه میراشده بصورت خطی و رفتار میراگرها بصورت غیرخطی مدل می شوند و این تحلیل با استفاده از برنامه های کامپیوتری موجود به سادگی انجام می شود.

روش تحلیل سازه خطی و میراگر خطی (LS/LD)

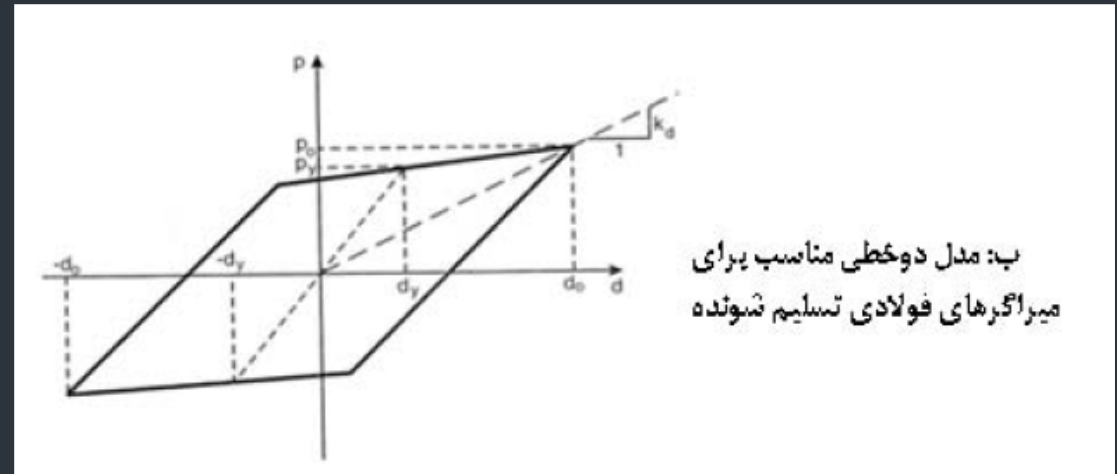
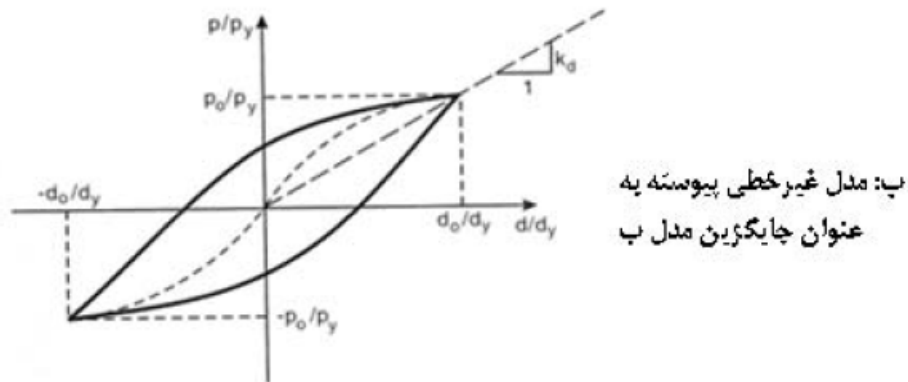
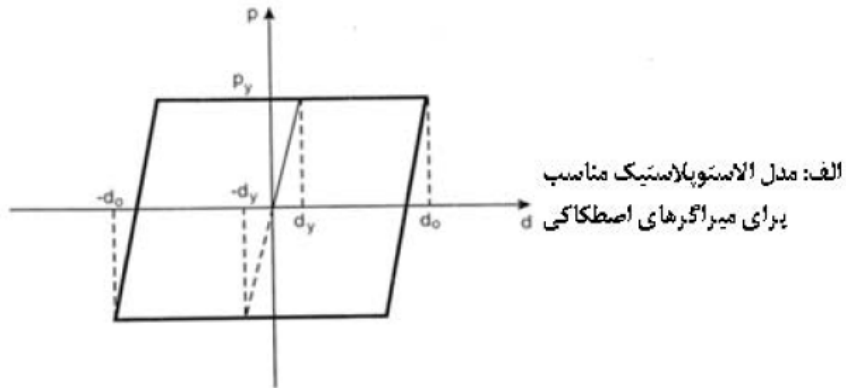
این روش برای سازه‌های با میراگر الحاقی که امکان مدل‌سازی خطی داشته باشند، بکار می‌رود. در این وضعیت آنالیز مودال و پاسخ طیفی این نوع سازه‌ها بسیار کاربردی می‌باشد.

مشخصات کاربردی میراگرها

► میراگرهای هیستریزیس (اصطکاکی و تسلیم شونده متالیک-میراگرهای وابسته به تغییر مکان)

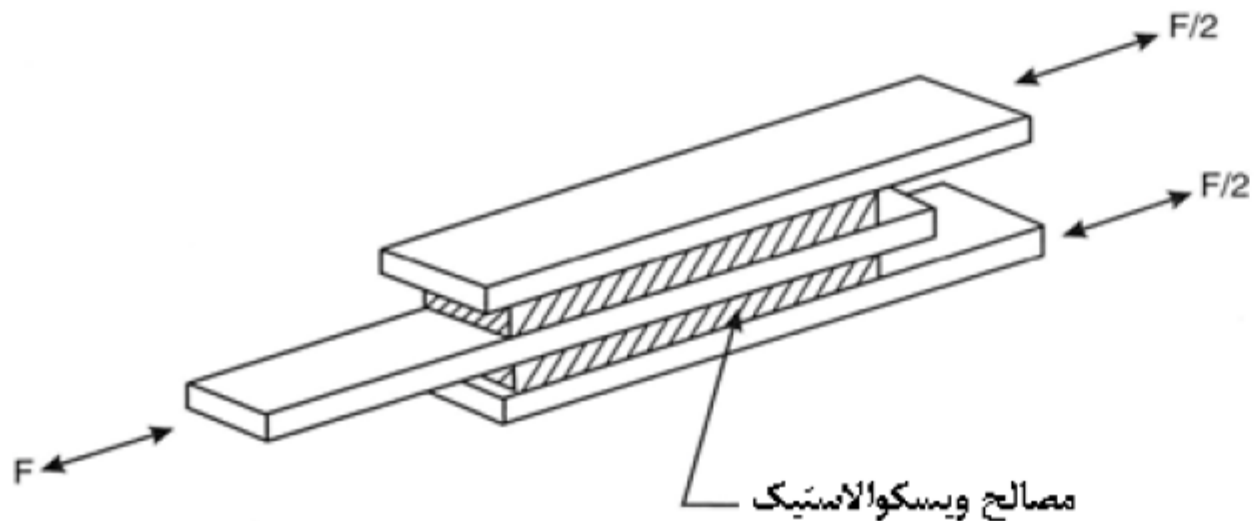
این میراگرها انرژی زلزله را از طریق تسلیم فلز و یا اصطکاک سطوح تماسی مستهک می کنند. استهلاک انرژی در هر دو این وسایل به نیرو و تغییر مکان نسبی داخلی آنها بستگی دارد. بنابراین، هر دو با روابط هیستریزیس نیرو-تغییر شکل مدل م میشوند. مدلهای رفتاری نیرو-تغییر شکل این میراگرها با سه نوع مدل الاستوپلاستیک، مدل دوخطی، و مدل چند خطی که در شکل نشان داده شده اند. مشخصه های پسماند این مدلها از روی منحنی نیرو-تغییر شکل مشخص می شوند. سطح داخل این منحنی ها معرف میزان انرژی مستهک شده در هر سیکل می باشند. در شکل سیکل کامل هیستریزیس این میراگرها تا بازگشت به نقطه آغاز نشان داده شده است.

میرایی و یسکوز معادل با برابر قرار دادن سطح داخل حلقه پسماند با سطح داخل سیکل میراگر و یسکوز تعیین می گردد.

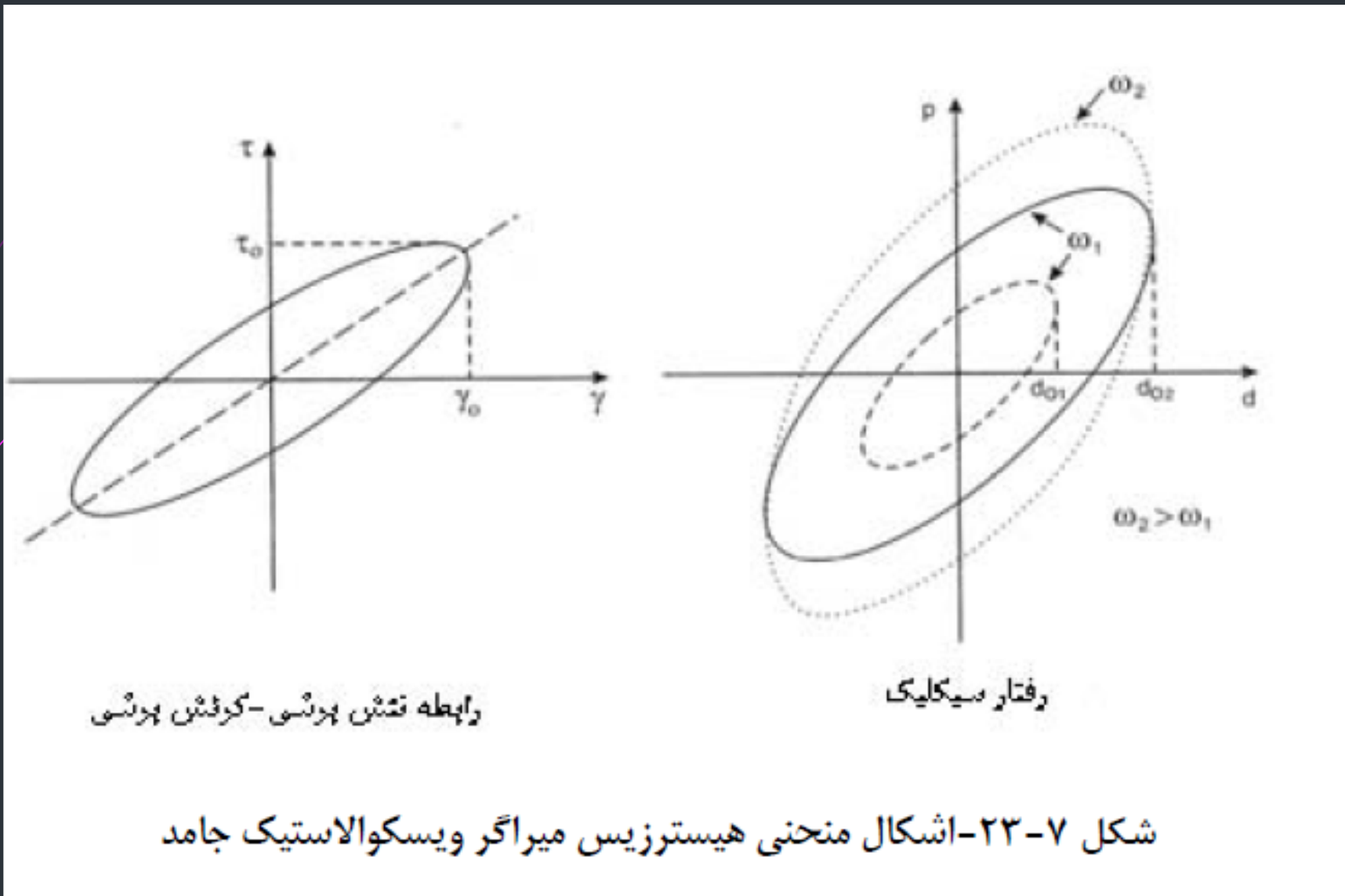


میراگرهای ویسکوالاستیک جامد (وابسته به سرعت و تغییر مکان)

مصالح ویسکوالاستیک از مواد با پایه الاستومری و پلیمری می باشند که در هنگام زلزله با انجام تغییر شکل های برشی، انرژی را مستهلک می کنند. میراگر ویسکوالاستیک از یک یا چند لایه از مواد ویسکوالاستیک محصور شده در میان ورق های فولادی تشکیل می شود. در شکل ساده ترین نوع آن نشان داده شده است. این میراگرها به نحوی در سازه قرار می گیرند که تغییر مکان نسبی طبقات باعث تغییر شکل برشی آنها شود. خصوصیات مکانیکی این میراگر به حرارت و فرکانس بارگذاری بستگی دارد. فرکانس های حرکت مورد انتظار این میراگر را باید تخمین زد. درجه حرارت این میراگر با تبدیل انرژی جنبشی به حرارتی بالاتر می رود که این تغییرات حرارت باید در طراحی این نوع میراگر مدنظر قرارگیرد.



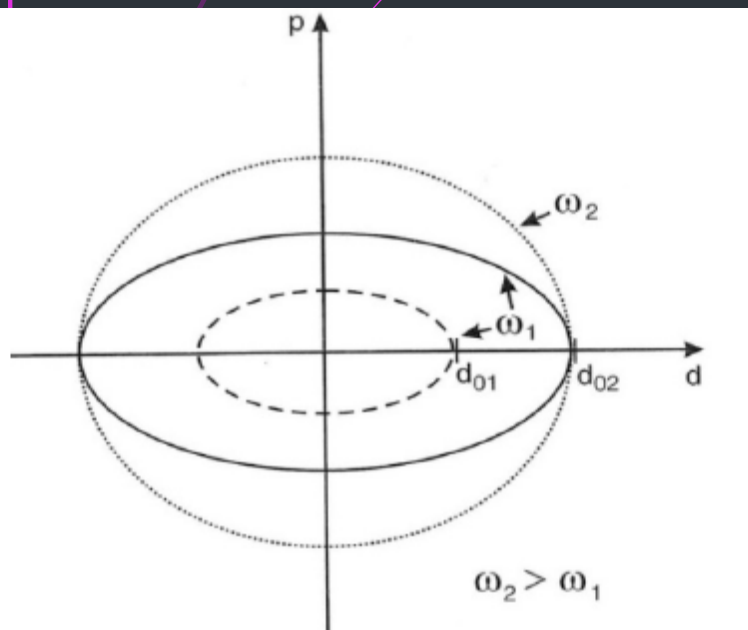
شکل ۷-۲۲- میراگر ویسکوالاستیک جامد



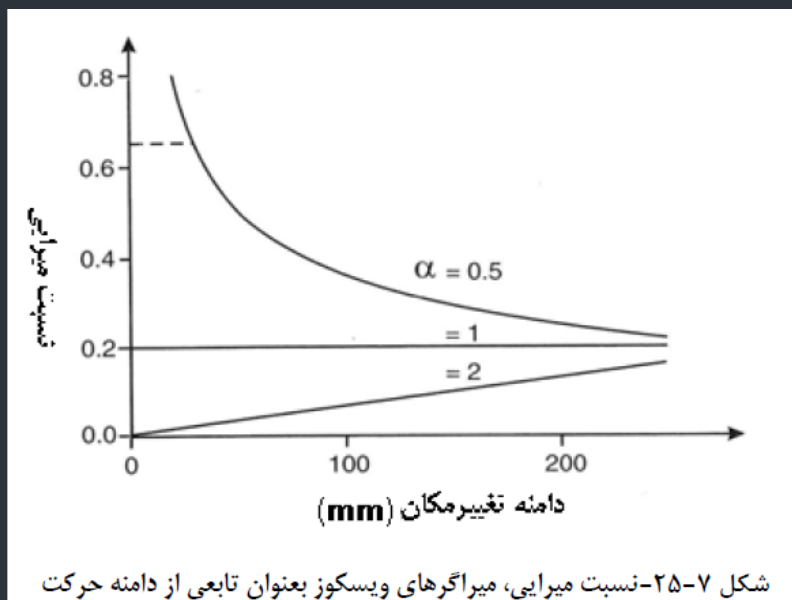
میراگر ویسکوز (وابسته به سرعت)

میراگرهای ویسکوز متنوعی برای کاربردهای ساختمانی توسعه یافته اند. به عنوان مثال میراگرهای ویسکوز دیواری شکل در ساختمانهای ژاپن نصب شده اند. این دیوارها از طریق عملکرد برشی، مواد مایع داخل محفظه دیواره ای شکل انرژی را مستهلک می کنند. نوع دیگری از میراگرهای مایع، براساس عبور مایع از منفذها شکل گرفته اند. در ایالات متحده آمریکا بیشتر از این نوع میراگر استفاده شده است. میراگرهای ویسکوز منفذی با مکانیزم شبیه به میل لنگ و پیستون برای مصارف صنعتی و نظامی توسعه یافته اند که در شکل ۷-۱۶ نشان داده شده است. در محفظه داخل سیلندر ماده سیلیکون غیرقابل فشرده شدن با اعمال نیرو توسط پیستون به حرکت درمی آید. سرپیستون از منافذی با ترموستات فلزی غیرفعال برای خنثی نمودن تغییرات حرارتی تشکیل شده است و برای محصور نگه داشتن محتویات داخل آن از درپوشهایی با مقاومت بالا استفاده شده است.

در شکل حلقه های نیرو-تغییر شکل وابستگی آنها را به دامنه و فرکانس ارتعاش نشان می دهد.



شکل ۷-۲۴- رابطه نیرو-تغییر مکان میراگر ویسکوز

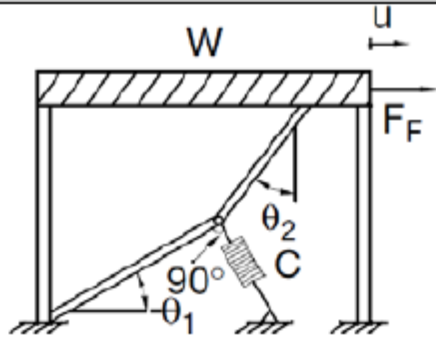
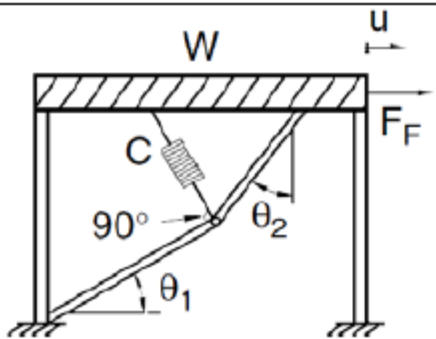
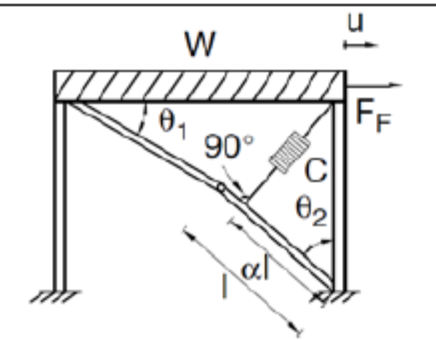
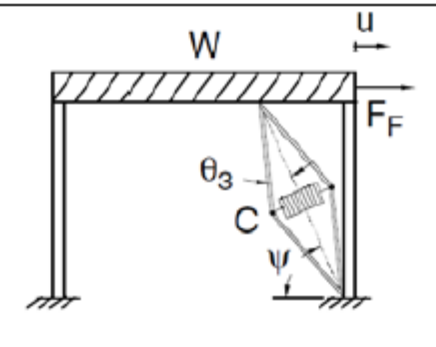


شکل ۷-۲۵- نسبت میرایی، میراگرهای ویسکوز بعنوان تابعی از دامنه حرکت

اشکال مختلف نصب میراگر

در شکل زیر اشکال قرارگیری میراگرها در قاب يك دهانه يك طبقه نشان داده شده است . نسبت هاي میرايي براي اشکال بادبندی قطري و جناغي کمتر از ۵% مي باشد و براي ساير اشکال ترکیبي، بیش از ۲۳% است. این اشکال، بکارگیری میراگر در سازه هاي با سختي زياد را ممکن مي سازد و هزینه کمتری نسبت به اشکال قطري و جناغي دارند. در ایالات متحده سه ساختمان ۳۷ طبقه با این شکل ترکیبي میراگر ساخته شده اند

قطری		$f = \cos \theta$	$\theta = 37^\circ$ $f = 0.799$ $\beta = 0.032$
جناغي		$f = 1.00$	$f = 1.00$ $\beta = 0.05$

اتصال میراگر از پایین به بادبند		$f = \frac{\sin \theta_2}{\cos(\theta_1 + \theta_2)}$	$\theta_1 = 31.9^\circ, \theta_2 = 43.2^\circ$ $f = 2.662$ $\beta = 0.344$
اتصال میراگر از بالا به بادبند		$f = \frac{\sin \theta_2}{\cos(\theta_1 + \theta_2)} + \sin \theta_1$	$\theta_1 = 31.9^\circ, \theta_2 = 43.2^\circ$ $f = 3.191$ $\beta = 0.509$
اتصال مکبوس میراگر از بالا به بادبند		$f = \frac{\sin \theta_2}{\cos(\theta_1 + \theta_2)} - \cos \theta_2$	$\theta_1 = 30^\circ, \theta_2 = 49^\circ, \alpha = 0.7$ $f = 2.521$ $\beta = 0.318$
اتصال تقسیمی میراگر		$f = \frac{\cos \psi}{\tan(\theta_3)}$	$\theta_3 = 9^\circ, \psi = 70^\circ$ $f = 2.159$ $\beta = 0.233$



شکل ۷-۲۷- اشکال ترکیبی از نصب میراگر در ساختمان‌های بلند [۷]

سطوح عملکرد

در جدول زیر کیفیت سطوح عملکردی سازه‌های مقاوم‌سازی شده با روش‌های جداگر لرزه‌ای و میراگرها براساس FEMA274 ارائه شده است. در این جدول میراگرها بعنوان گزینه مناسب برای اهداف عملکردی ایمنی جانی و خرابی محدود معرفی شده‌اند. در سطح آستانه فروریزش، این گزینه مقاوم‌سازی اقتصادی می‌باشد. تجربه‌های بهسازی نشان می‌دهد که میراگرها به سطح عملکرد ب‌یوقفه نیز دست خواهند یافت.

جدول ۷-۲- قابلیت جداگر لرزه‌ای و میراگرها در تامین سطوح عملکرد سازه

عملکرد		جداسازی لرزه‌ای	میراگر
سطح	محدوده		
قابلیت استفاده بی وقفه	کنترل خسارت	بسیار مناسب	توصیه نمی‌شود
خرابی محدود	کنترل خسارت	مناسب	مناسب
ایمنی جانی	ایمنی محدود	توصیه نمی‌شود	مناسب
آستانه فروریزش	ایمنی محدود	غیرعملی	توصیه نمی‌شود

گام های بهسازی سازه با استفاده از میراگر

$$B = \frac{V}{V_r} > 1$$

تعیین میزان کاهش در برش پایه نیروی زلزله و ضریب کاهش میرایی

تعیین درصد میرایی بحرانی هدف (β) بر اساس ضریب کاهش میرایی B و جدول

انتخاب شکل بادبند و جانمایی میراگر در دهانه های مجاز با توجه به ضوابط فصل ۸ نشریه ۳۶۰ و شکل ۷-۲۶-

تعیین سختی موثر میراگر با در نظر گرفتن نیروی نهایی میراگر F_{max} معادل درصدی از نیروی جانبی زلزله در طبقه (حداکثر ۳۰ درصد) و تغییر مکان نسبی آن طبقه از سازه اولیه (بدون میراگر).

$$K_{eff} = \frac{\Delta_{max}}{F_{max}}$$

K_{eff} : سختی موثر میراگر

Δ_{max} : تغییر شکل میراگر

F_{max} : نیروی محوری نهایی میراگر

انجام تحلیل خطی و مقایسه سختی موثر میراگرها با استفاده از نیروها و تغییر مکانهای میراگره ا (بدست آمده از تحلیل) با مقادیر متناظر فرض شده که در صورت تطابق مقادیر، عضو بادبندی طراحی اولیه می گردد و در غیر این صورت سختی موثر جدید در مدل تعریف شده و تحلیل مجدد انجام می گردد. پس از همگرایی سختی موثر نهایی K_{eff} بدست می آید

- محاسبه درصد میرایی نسبی کل سازه و کاهش طیف نیاز (برش پایه) در تحلیل خطی و ارزیابی اعضای سازه براساس نشریه ۳۶۰ انجام گردد. در صورت عدم ارضای معیارهای پذیرش به گام ۲ برگردید.
- در صورت اقتصادی نبودن طرح، تعداد و یا اندازه میراگرها را کاهش داده و مجدداً تحلیل را انجام دهید.

- ▶ کتاب رو شهاو شیو ههای بهسازی لرز های ساختمانی نهایی موجود و جزئیات اجرایی
- ▶ نشریه ۳۶۰ (۱۳۸۵) "دستور العمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود" معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه ریزی
- ▶ Robert. D. Hanson, TSU T. Soong; *"Seismic design with supplemental energy dissipation devices"* published by Earthquake Engineering Research Institute
- ▶ Trevor E Kelly Holmes Consulting Group (2001), *Damper Design Guidelines*.
- ▶ .I. H. Mualla, L.O. Nielsen, B. Belev, W. I. Liao, C. H. Loh, A. Agrawal. *"PERFORMANCE OF FRICTION-DAMPED FRAME STRUCTURE: SHAKING TABLE TESTING AND NUMERICAL SIMULATIONS"*.
- ▶ C. PasquinA, N. Leboeuf, T. Pall(2002) *"FRICTION DAMPERS FOR SEISMIC REHABILITATION OF EATON BUILDING, MONTREAL"* 4th Structural Specialty Conference of the Canadian Society for Civil Engineering Montréal, Québec, Canada, June 5-8
- ▶ Yeong-Bin Yang, Kuo-Chun Chang, Jong-Dar Yau; *"Earthquake Engineering Seismology to Performance-Base"* Handbook
- ▶ A. Whittaker, M. Constantinou; *"Earthquake Engineering Seismology to Performance-Base"* Handbook (Chapter 12: Seismic Energy Dissipation Systems for Buildings).
- ▶ FEMA274; *"GLOBAL TOPICS REPORT ON THE PRESTANDARD AND COMMENTARY FOR THE SEISMIC REHABILITATION OF BUILDINGS"*