کارگاه آموزشی مقاوم سازی

کاربرد جداگر ها و میراگرها در بهسازی لرزه ای

بهسازی لرزه ای سازه ها

مقدمه

بهسازی لرزه ای :

بهبود ساختمان های موجود برای تامین

نیازهای لرزه ای

- **نیاز مقاومت**
- **نیاز شکل پذیری**
- **نیاز سختی**

بهسازی لرزه ای سازه ها

مقدمه

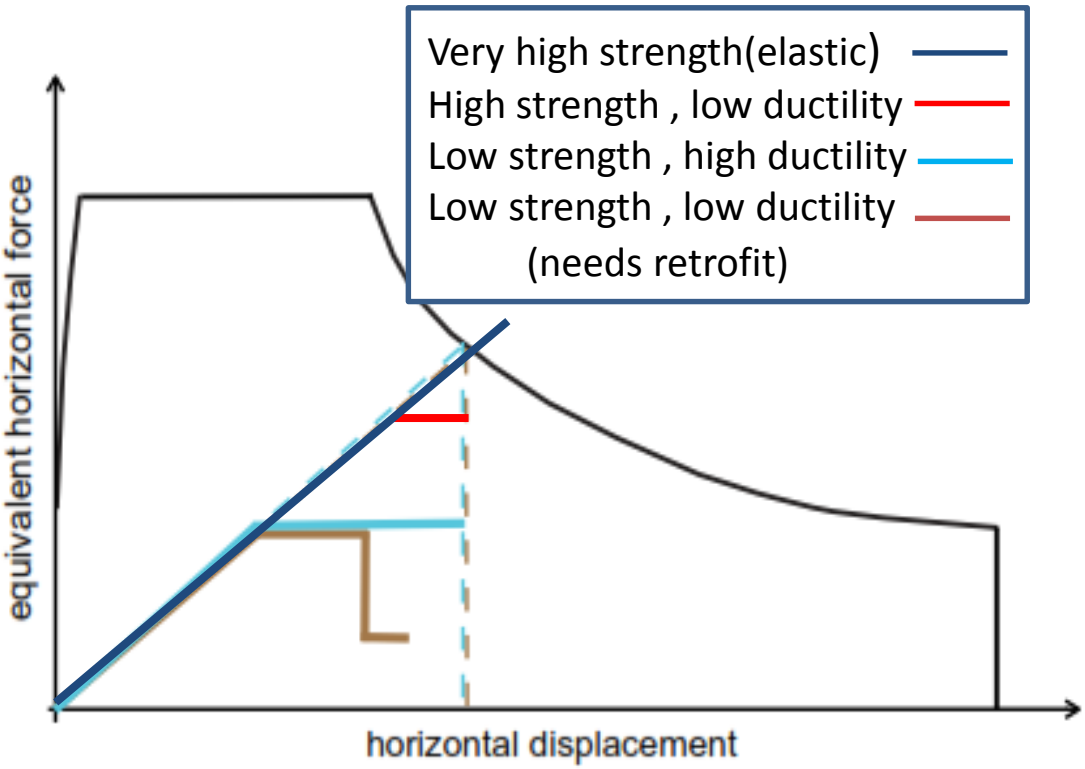
- چه سازه هایی بهسازی نیاز دارند ؟
- ۱– سازه ها یی که بر اساس ضوابط لرزه ای طراحی و اجرا نشده اند.
- ۲– سازه هایی که بر اساس ضوابط طراحی لرزه ای قدیمی طراحی شده اند.
- ۳– سازهایی که در اجرای آن ها ضوابط لرزه ای رعایت نشده اند.

بهسازی لرزه ای سازه ها

مقدمه

نیازهای لرزه ای سازه:

- **نیاز به مقاومت کافی**
- **نیازبه شکل پذیری مناسب**
- **نیاز به سختی مناسب**



روش ارزیابی بهسازی ارزه ای:

- روش طراحی لرزه ای ساختمان های جدید برای بهسازی مناسب نیست
- روش مناسب :

روش طراحی بر اساس عملکرد

روش طراحی بر اساس عملکرد:

۱– انتخاب شدت زلزله (سطح خطر)

۲– تعیین عملکرد مورد انتظار از سازه (سطح عملکرد)

۳– ارزیابی رفتار کلی و اجزاء سازه

۴– اقدام به بهسازی برای رسیدن به عملکرد مورد انتظار

سطوح خطر زلزله در FEMA356

Probability	MRI	Frequency
50%-50 Year	72 Years	Frequent
20%-50 Year	225 Years	Occasional
10%-50 Year (BSE-1)	474 Years	Rare
2%-50 Year* (BSE-2)	2475 Years	Very Rare

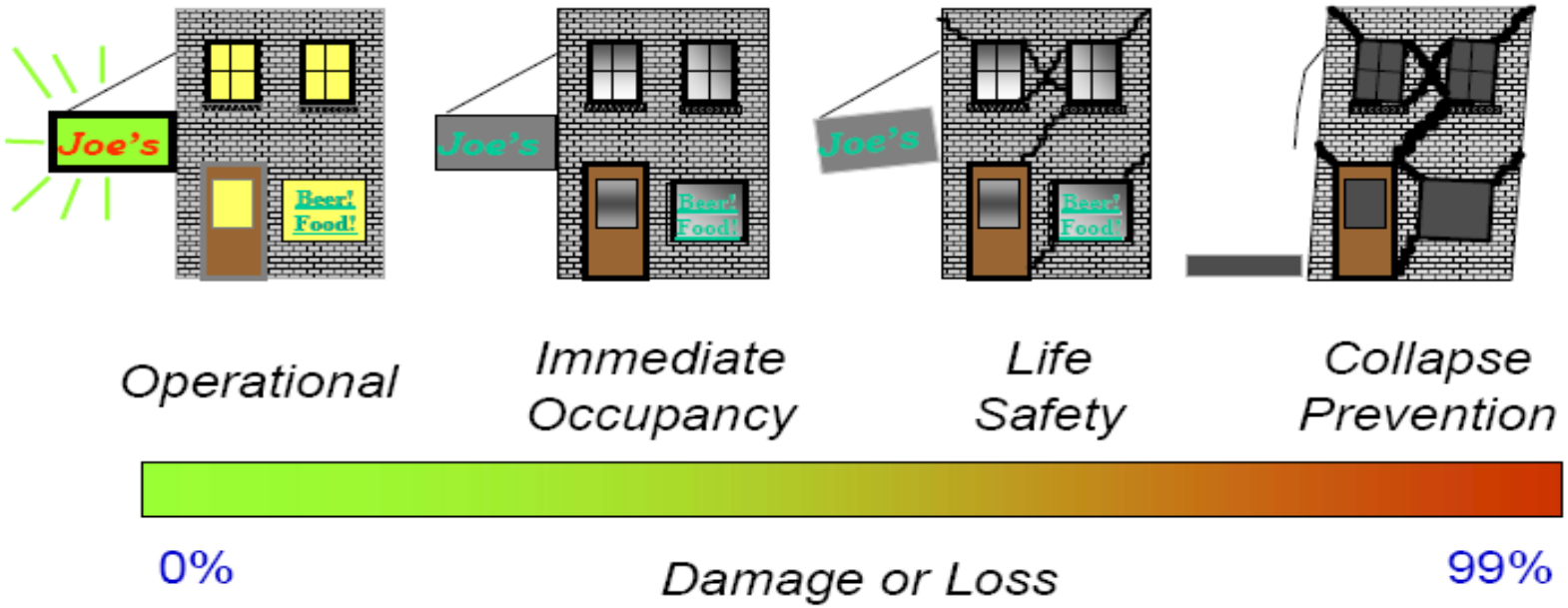
سطوح خطر زلزله در نشریه ۳۶۰

۱- **سطح خطر ۱:** معادل سطحی از حرکت‌های قوی زمین است که احتمال فراگذشت[۱] از آن ۱۰٪ در ۵۰ سال باشد. این سطح خطر معادل دوره بازگشت ۴۷۵ سال است. سطح خطر۱ در استاندارد ۲۸۰۰ «زلزله طرح» نامیده شده‌است.

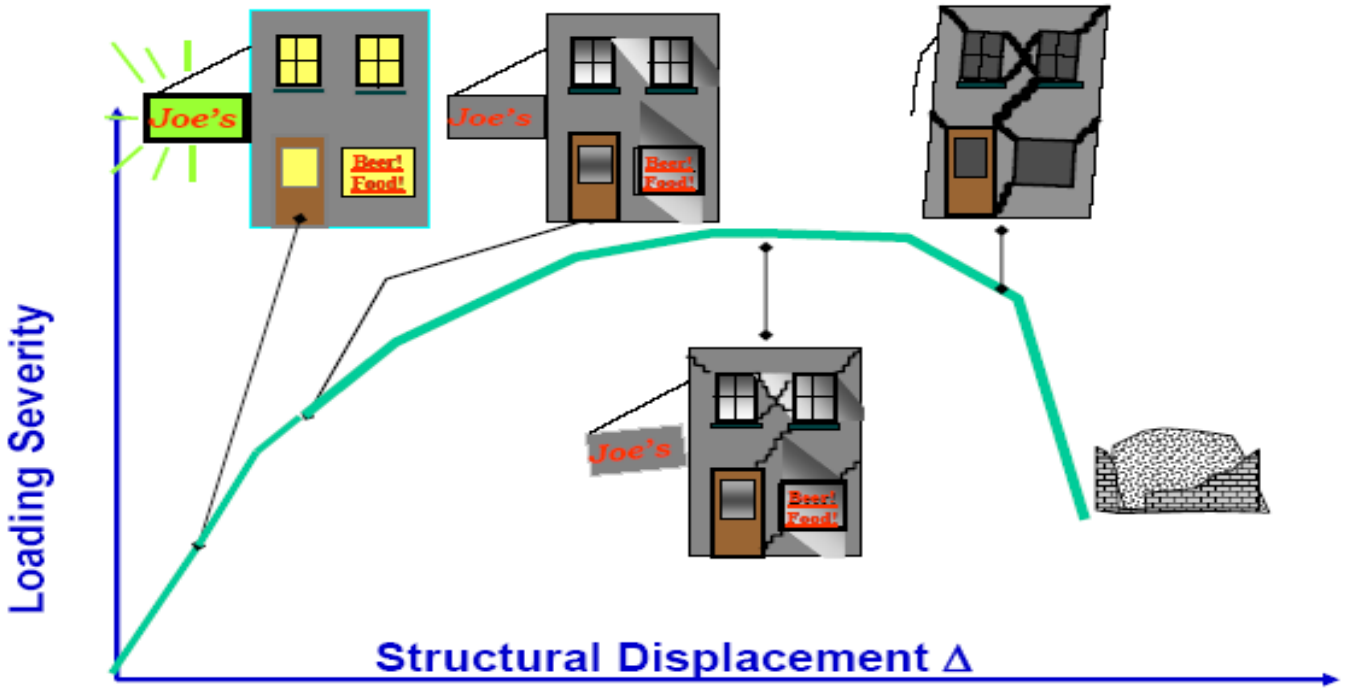
۲- **سطح خطر ۲:** معادل سطحی از حرکت‌های قوی زمین است که احتمال فراگذشت از آن ۲٪ در ۵۰ سال باشد. این سطح خطر معادل دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال است.

۳- **سطح خطر انتخابی** (زلزله با هر احتمال رویداد در ۵۰ سال)**:** معادل سطحی از حرکت‌های قوی زمین است که احتمال فراگذشت از آن انتخابی است. این سطح خطر برای موارد خاص و با ملاحظات ویژه استفاده می‌شود.

سطوح عملکرد
استا ندارد سازه



رفتار سازه در سطوح مختلف عملکرد

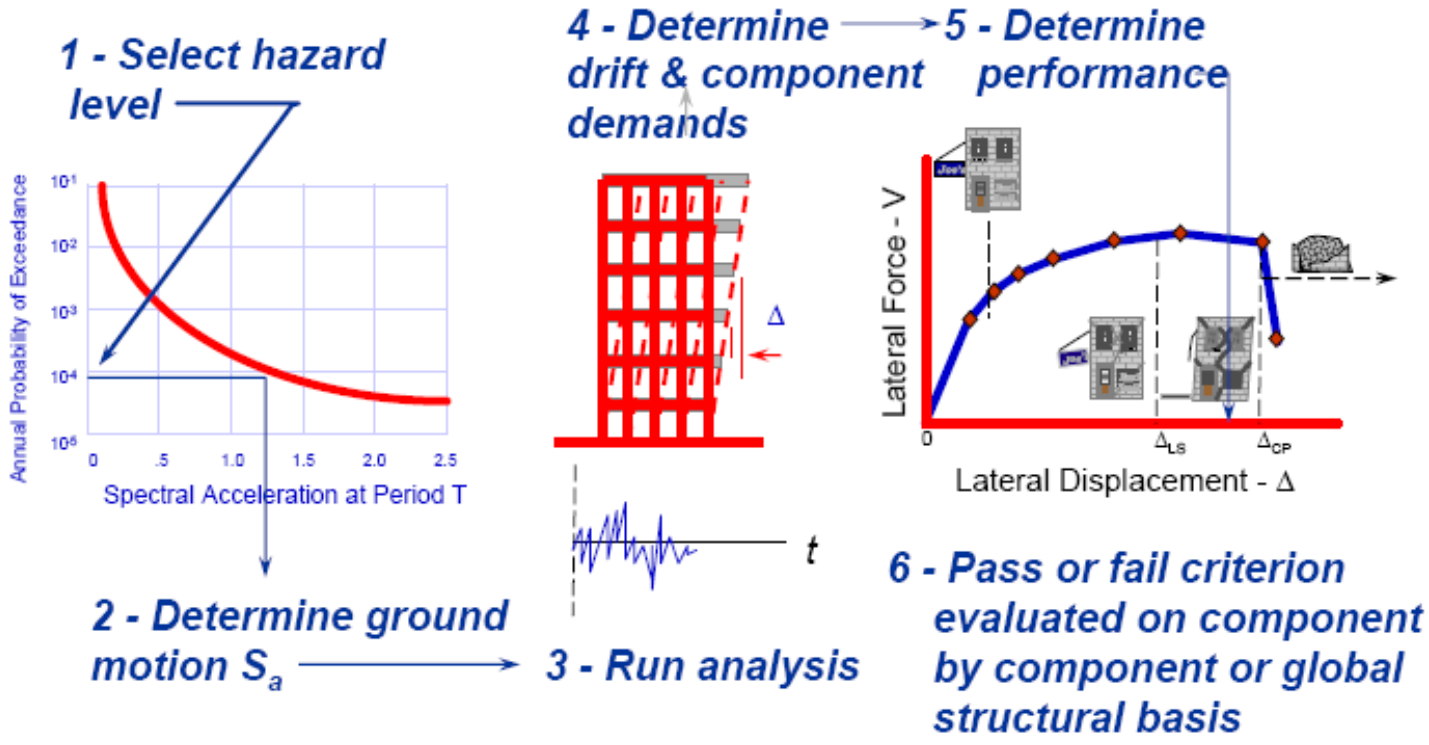


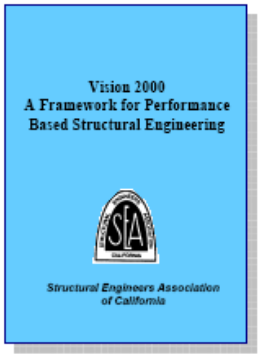
جدول(۱-۱): سطوح عملکرد ساختمان

سطوح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای	سطوح عملکرد سازه					
	قابلیت استفاده بی‌وقفه S-1	خرابی محدود S-2	ایمنی جانی S-3	ایمنی جانی محدود S-4	آستانه فروریزش S-5	لحاظ نشده S-6
خدمت‌رسانی‌بی‌وقفه N-A	خدمت‌رسانی‌بی‌وقفه A-1	A-2	*	*	*	*
قابلیت‌استفاده‌بی‌وقفه N-B	قابلیت‌استفاده‌بی‌وقفه B-1	B-2	B-3	*	*	*
ایمنی جانی N-C	C-1	C-2	ایمنی جانی C-3	C-4	C-5	C-6
ایمنی‌جانی محدود N-D	*	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6
لحاظ نشده N-E	*	*	*	E-4	آستانه فروریزش E-5	ارزش بهسازی ندارد

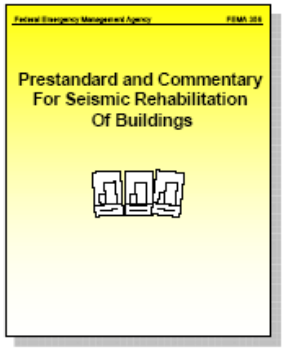
*این سطوح عملکرد به دلیل اختلاف زیاد بین سطح عملکرد اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای، توصیه نمی‌شود.

ارزیابی رفتار سازه

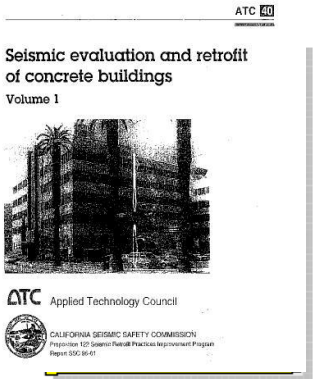




Vision 2000
(new buildings)

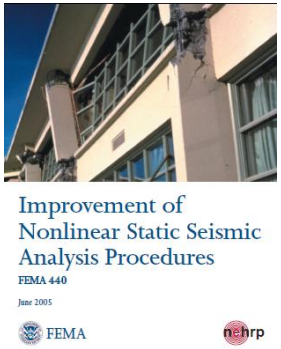


FEMA 356
(existing buildings)



ATC-40
(existing concrete buildings)

ASCE 41-2013
(Standard)



FEMA 440
(Improvements of NSP)

راهبردهای بهسازی

الف- اصلاح موضعی اجزای سازه که دارای عملکرد نامناسبی در زلزله هستند؛

ب- حذف یا کاهش بی‌نظمی در ساختمان موجود؛

پ- تامین سختی جانبی لازم برای کل سازه؛

ت- تامین مقاومت لازم برای کل سازه؛

ث- کاهش جرم ساختمان؛

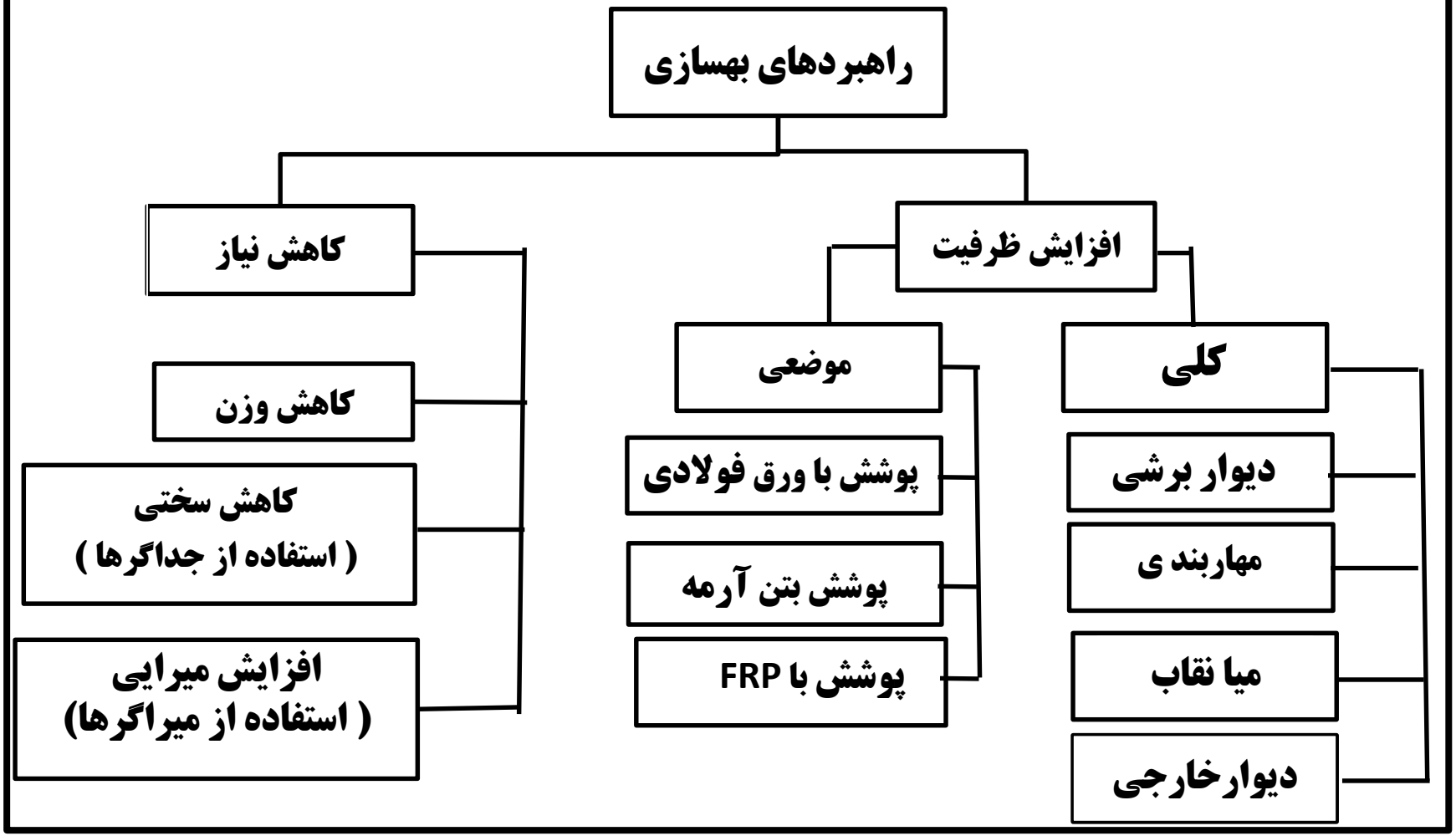
ج- به‌کارگیری سیستم‌های جداساز لرزه‌ای؛

چ- به‌کارگیری سیستم‌های غیرفعال اتلاف انرژی؛

ح- تغییر کاربری ساختمان

بهسازی لرزه ای سازه ها

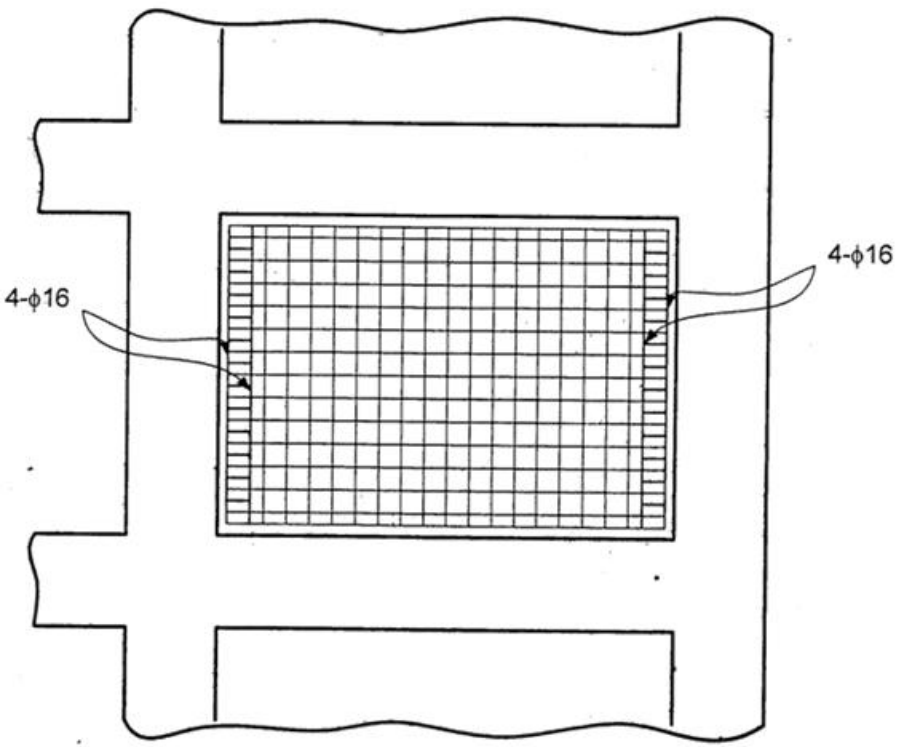
راهبردها



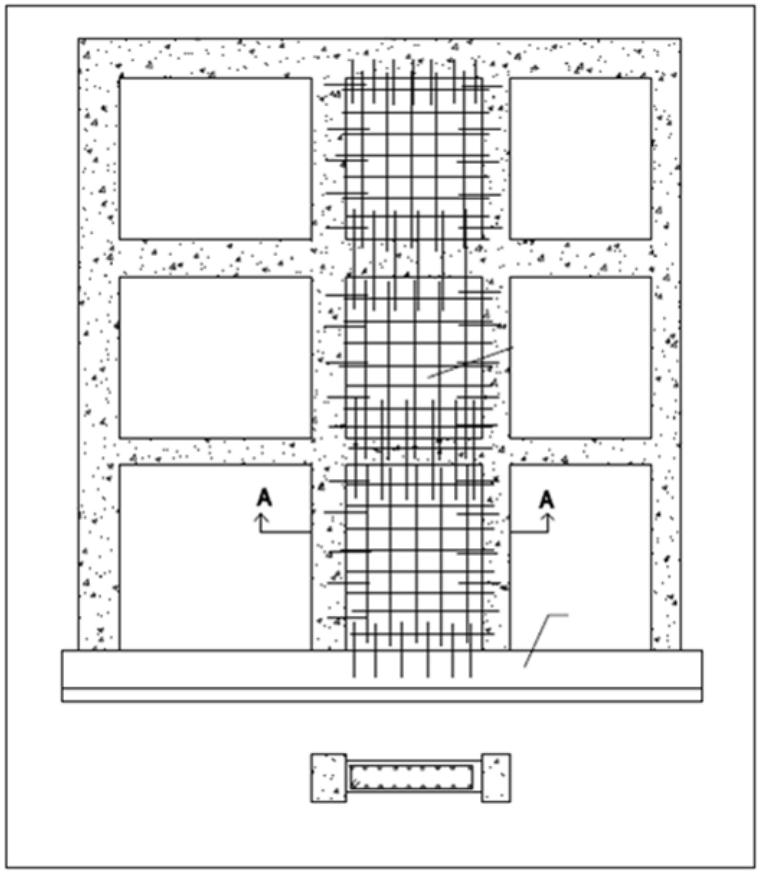
بهسازی لرزه ای سازه ها

راهبردها

اضافه کردن میان قاب



اضافه کردن دیوار برشی



بهسازی لرزه ای سازه ها

راهبردها

اضافه کردن دیوار برشی داخلی

بهسازی لرزه ای سازه ها

راهبردها

اضافه کردن دیوار برشی و مهاربند

بهسازی لرزه ای سازه ها

راهبردها

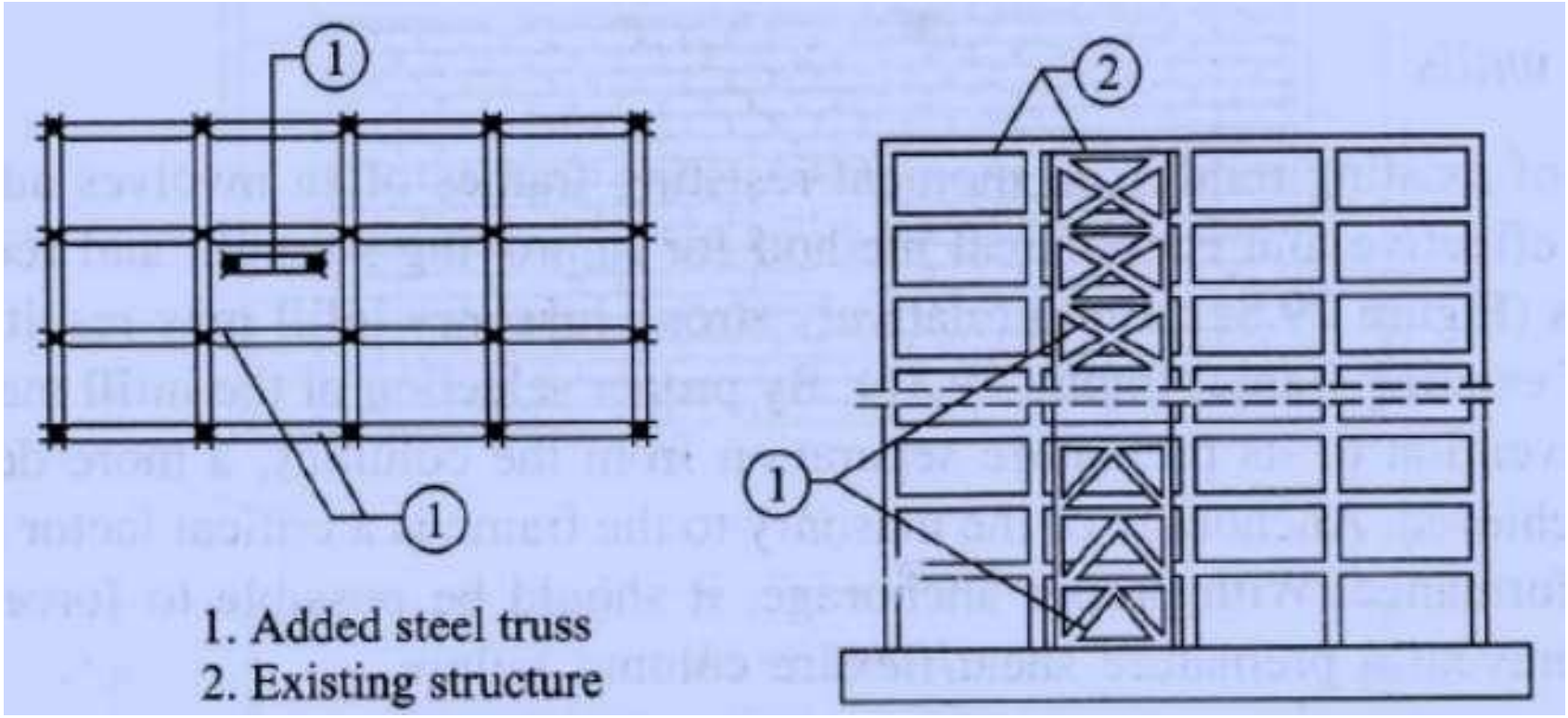
اضافه کردن دیوار برشی خارجی

بهسازی لرزه ای سازه ها

راهبردها

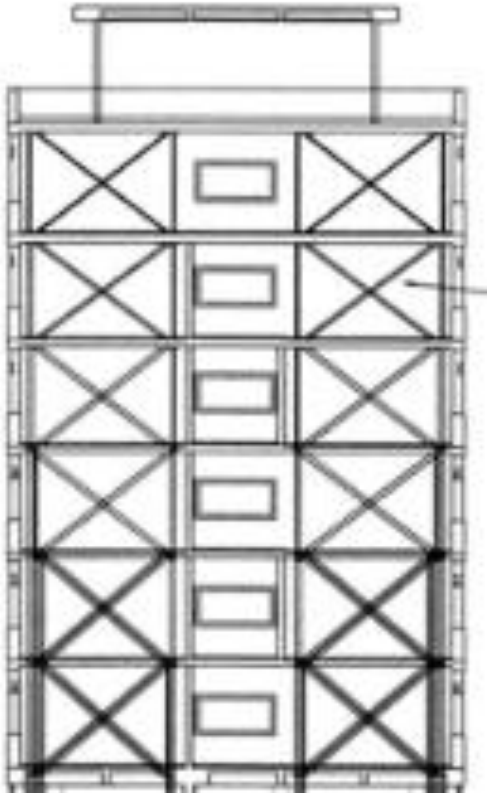
اضافه کردن دیوار برشی خارجی

اضافه کردن مهار بند فلزی

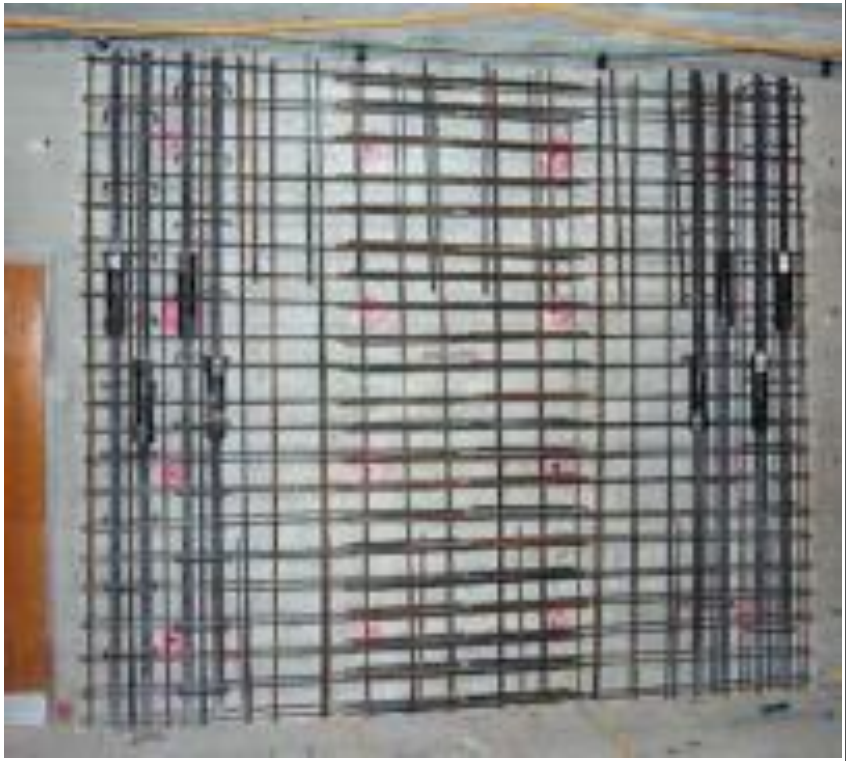


اضافه کردن مهاربند فلزی

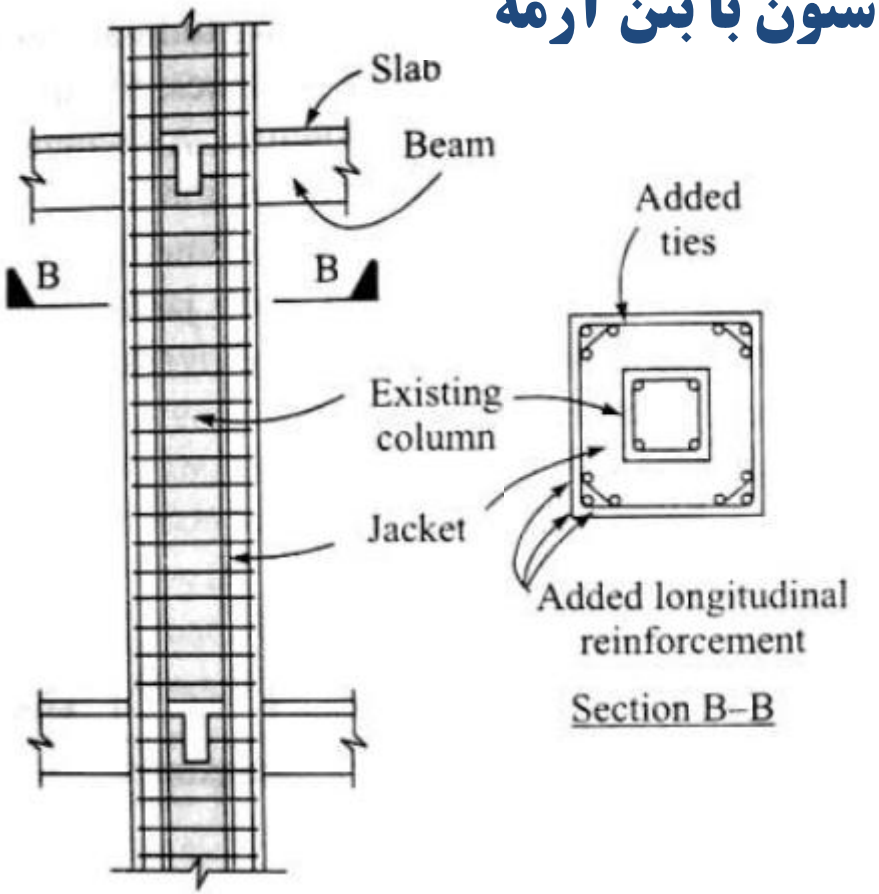
تقویت دیوار بنایی با FRP

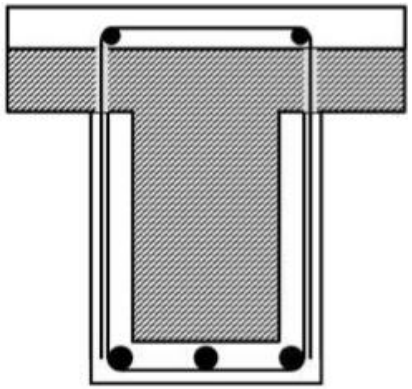


اضا فه کردن ضخامت دیوار بتنی



پوشش تیر و ستون با بتن آرمه





بهسازی لرزه ای سازه ها

راهبردها

پوشش ستون با CFRP

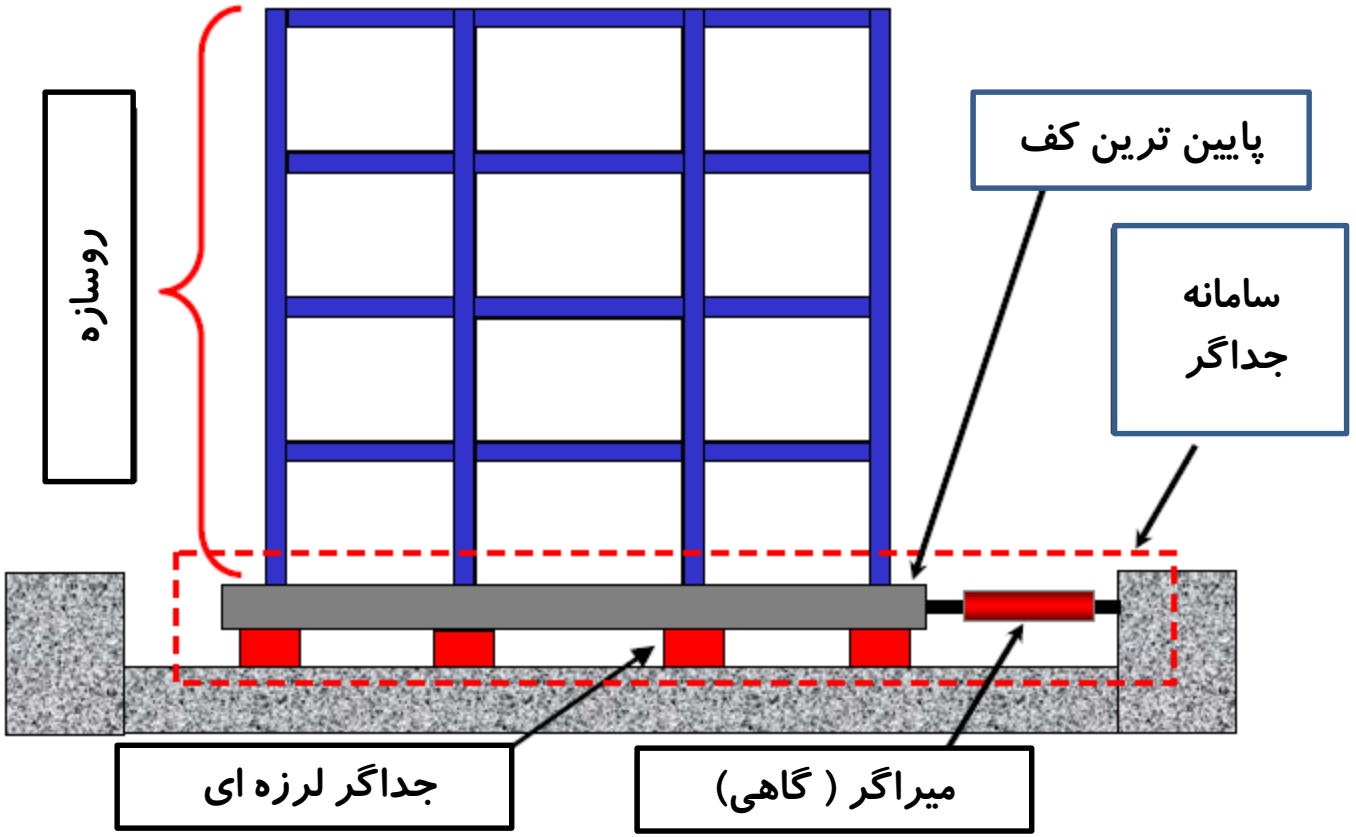
پوشش ستون با ورق مشبک فولادی

پوشش تیر و اتصال با CFRP

بهسازی لرزه ای سازه ها

جداگرها

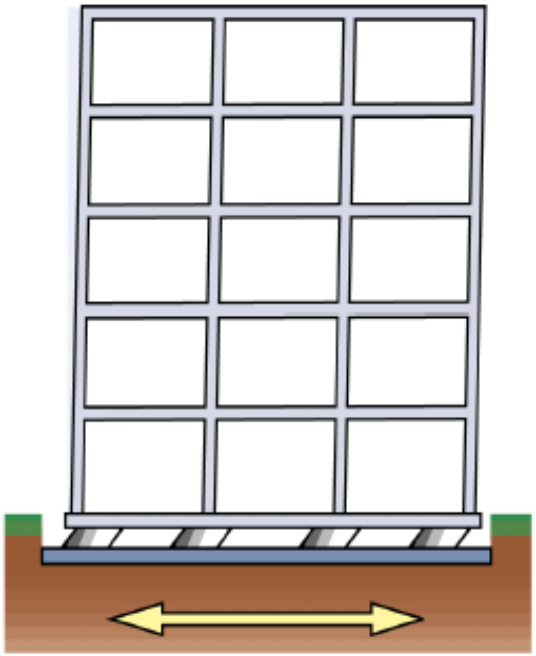
ساختار یک سازه مجهزبه جداگر لرزه ای



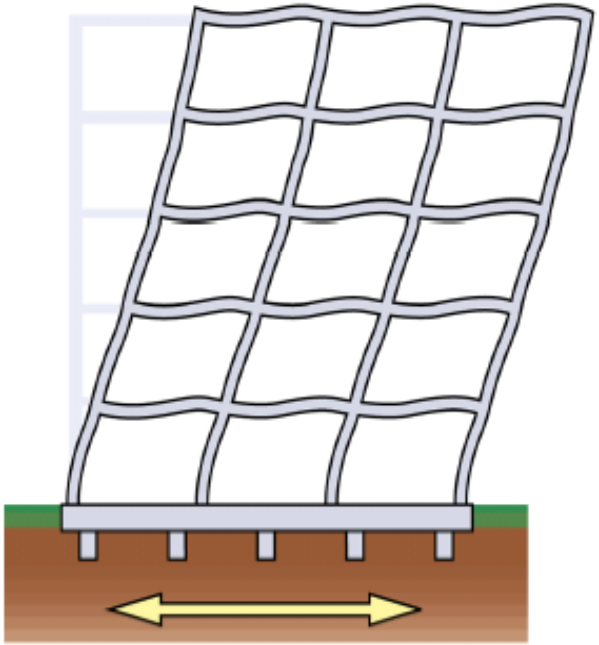
بهسازی لرزه ای سازه ها

جداگرها

رفتار سازه های مجهز به سا مانه جدا گر لرزه ای



سا زه با جد ا گر

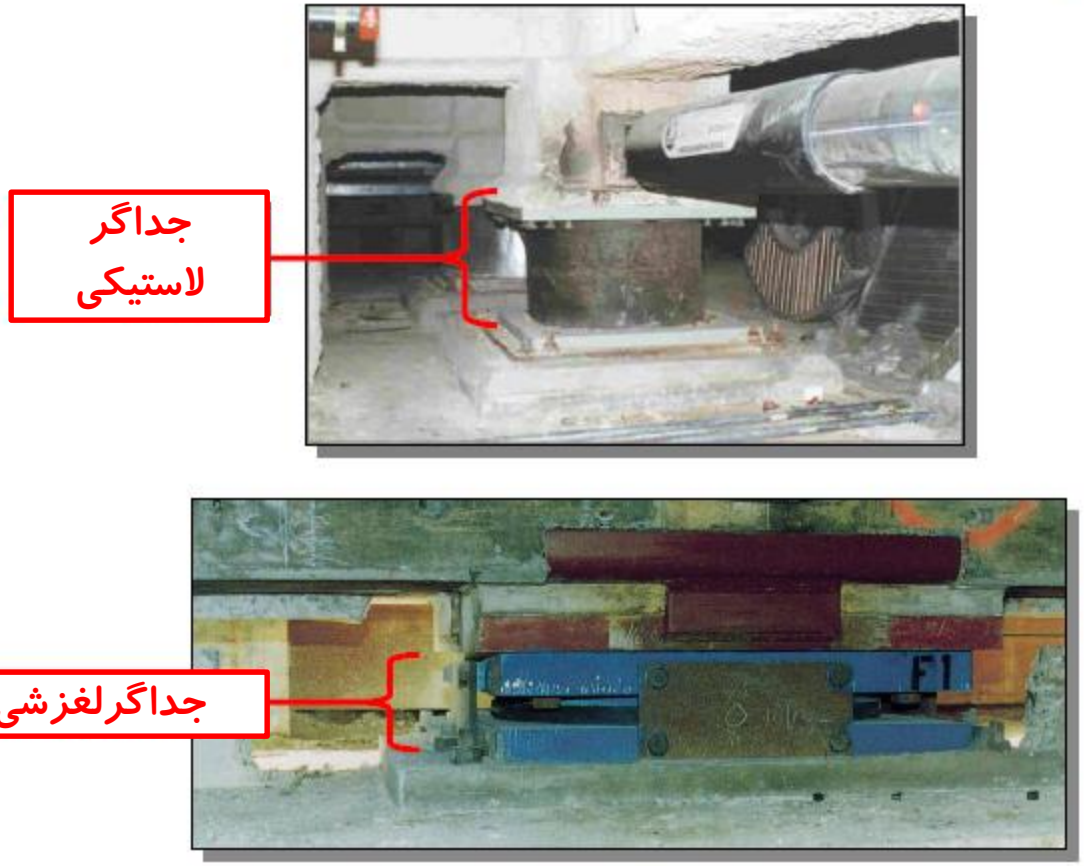


سا زه بدون جد ا گر

بهسازی لرزه ای سازه ها

جداگرها

جداگرهای نصب شده در تراز پی



بهسازی لرزه ای سازه ها

جداگرها

مهمترین ویژگی های لازم برای جداگرها

- انعطاف پذیری زیاد (بیشتر از سازه) در جهت افقی
- جذب انرژی (میرایی) مناسب
- سختی مناسب و کافی در جهت قائم
- سختی اولیه زیاد در برابر بارهای افقی با شدت کم

اهداف استفاده از جداگرها در ساختمان ها

- بالا بردن سطح عملکرد سازه
- کاهش خسارت در اجزاء سازه ای و غیر سازه ای
- کاهش شتاب سازه برای جلوگیری از خسارت بر وسایل و تجهیزات داخل ساختمان

بهسازی لرزه ای سازه ها

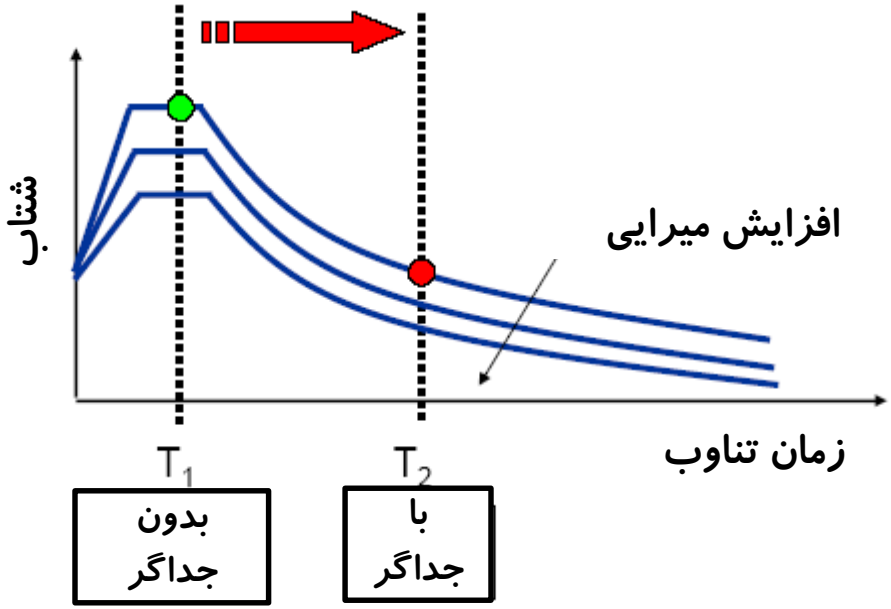
تست اتاقک بدون جداگر

بهسازی لرزه ای سازه ها

تست اتاقک با جداگر

تاثیر استفاده از جداگر بر شتاب سازه

افزایش زمان تناوب باعث کاهش شتاب می شود
افزایش میرایی هم باعث کاهش شتاب می شود

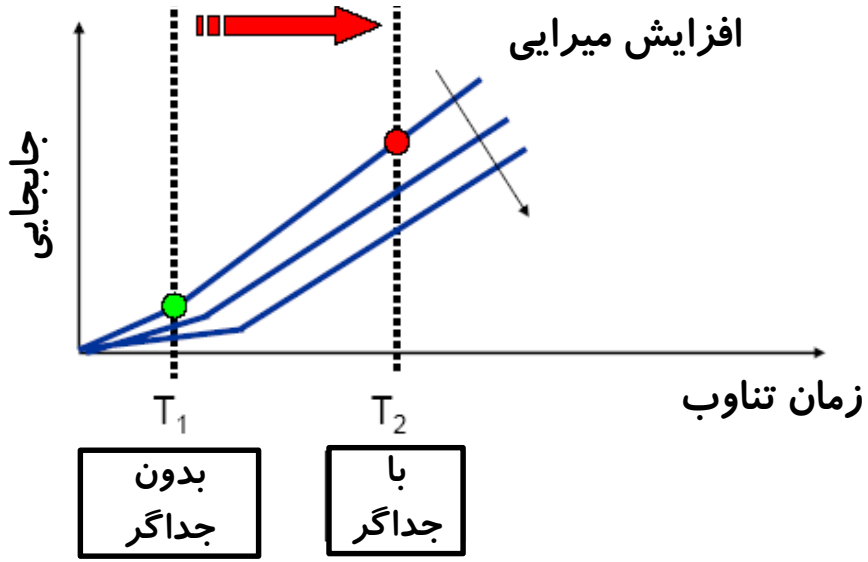


بهسازی لرزه ای سازه ها

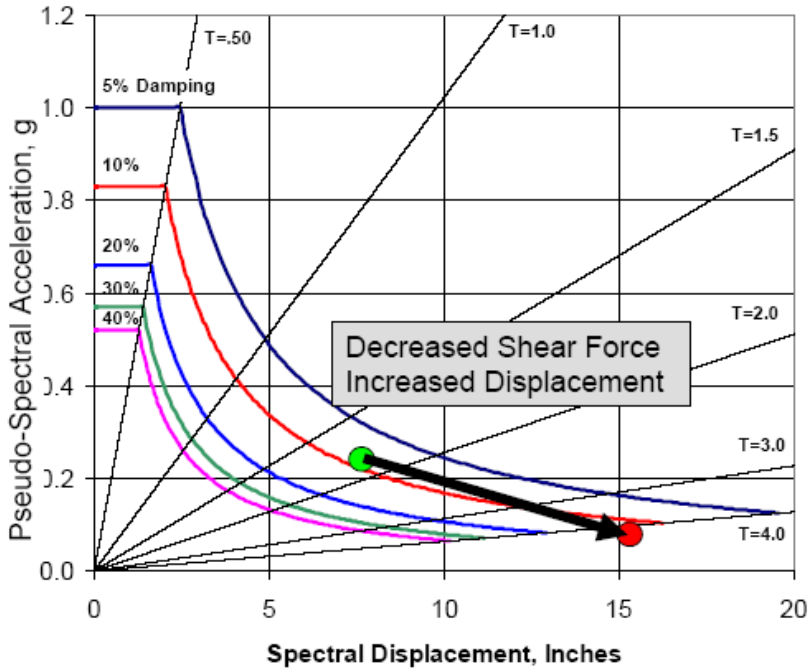
اثر جداگرها بر پاسخ سازه

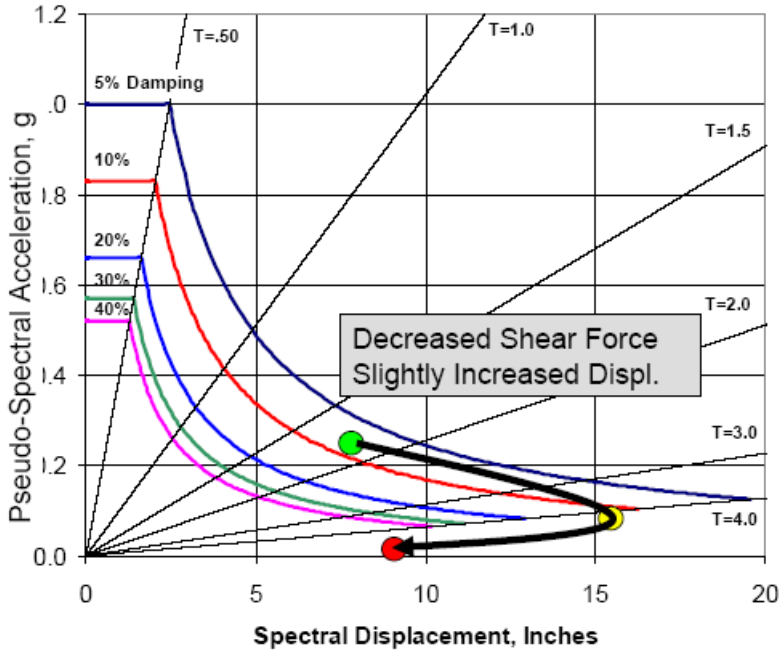
تاثیر استفاده از جداگر بر جابجایی سازه

افزایش زمان تناوب باعث افزایش جابجایی می شود
این جابجایی عمدتا در تراز جداگر متمرکز است
فزایش میرایی باعث کاهش جابجایی می شود

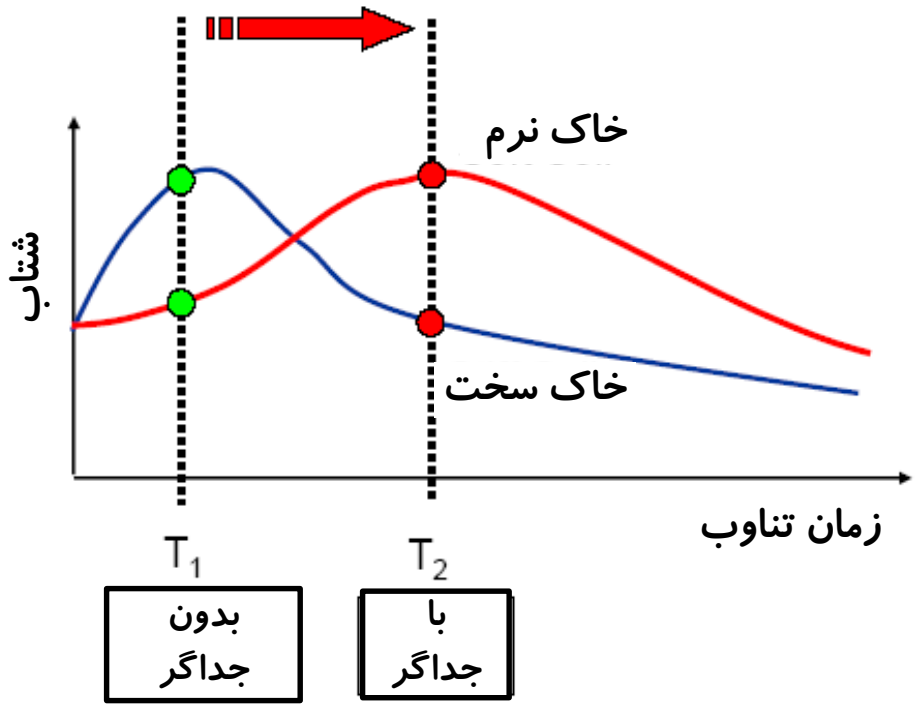


تاثیر استفاده از جداگر بر پاسخ سازه





تاثیر نوع خاک بر پاسخ سازه



استفاده از جداگر در چه ساختمان هایی مناسب است

مناسب ترین

- ساختمان های کوتاه و متوسط
- ساختمان های واقع بر خاک سخت

نا مناسب

- ساختمان های بلند
- ساختمان های واقع بر خاک نرم

انواع جداگر های لرزه ای

جداگرهای لاستیکی

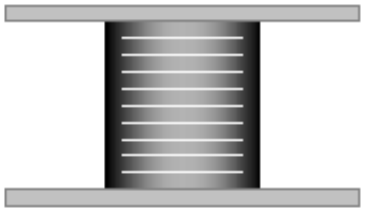
- جداگرهای لاستیکی با میرایی کم از لاستیک طبیعی یا صنعتی
- جداگرهای لاستیکی با میرایی زیاد از لاستیک طبیعی
- جداگر لاستیکی – سربی

لاستیک با میرایی کم و یک هسته سربی

جداگرهای لغزشی

- جداگرهای لغزشی تخت
- جداگرهای لغزشی کروی (FPS)

جداگرهای لاستیکی با میرایی کم از لاستیک طبیعی یا صنعتی



این جداگر دارای رفتار برشی خطی تا کرنشی حدود ۱۰۰٪ است
میرایی جداگر ۲ تا ۳ درصد است

مزایا

ساخت اسان
مدلسازی ساده
عدم حساسیت به شرایط محیطی

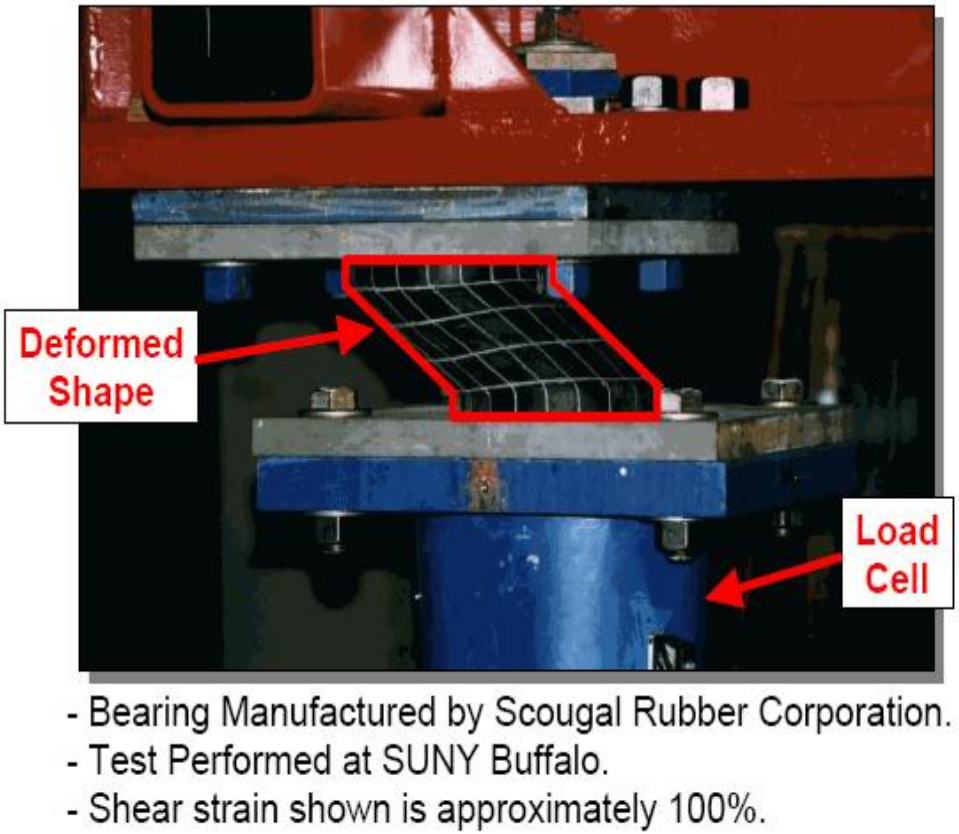
اشکال

به میراگر کمکی نیاز دارد

بهسازی لرزه ای سازه ها

انواع جداگرها ی لرزه ای

جداگرهای لاستیکی با میرایی بالا از لاستیک طبیعی



- Bearing Manufactured by Scougal Rubber Corporation.
- Test Performed at SUNY Buffalo.
- Shear strain shown is approximately 100%.

- کرنشی برشی ۲۰۰٪ تا ۳۵۰٪
- میرایی ۱۰ تا ۲۰ درصد در کرنش برشی حدود ۱۰۰٪
- سختی برشی ۳/۵ تا ۱۴ kg/cm^2

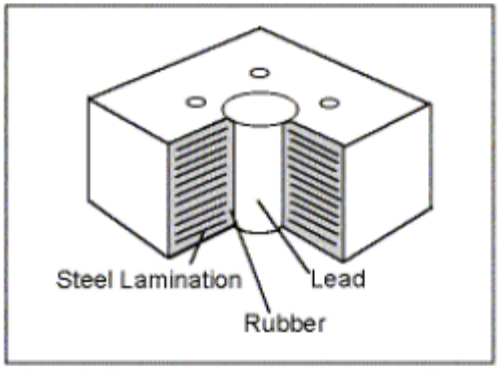
مزایا

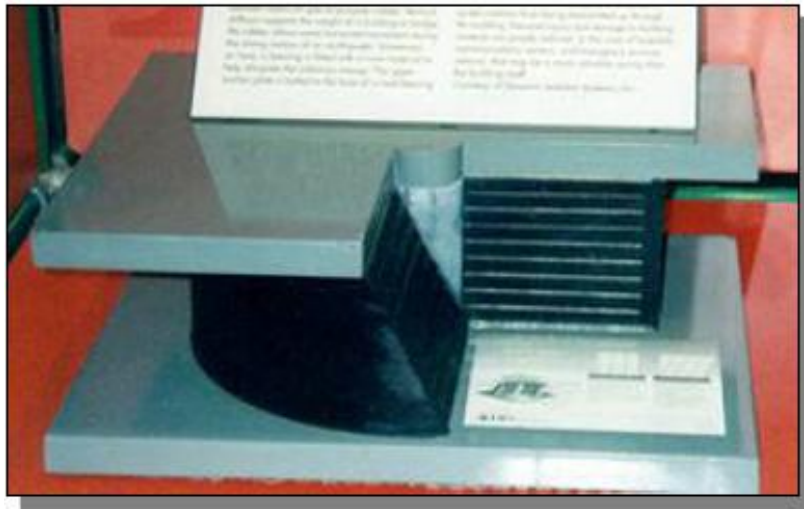
کرنش برشی و میرایی بالا

اشکال ها

ساخت پیچیده
رفتار غیر خطی
وابستگی رفتاربه شرایط محیطی وبارگذاری

جداگرهای لاستیکی – سربی



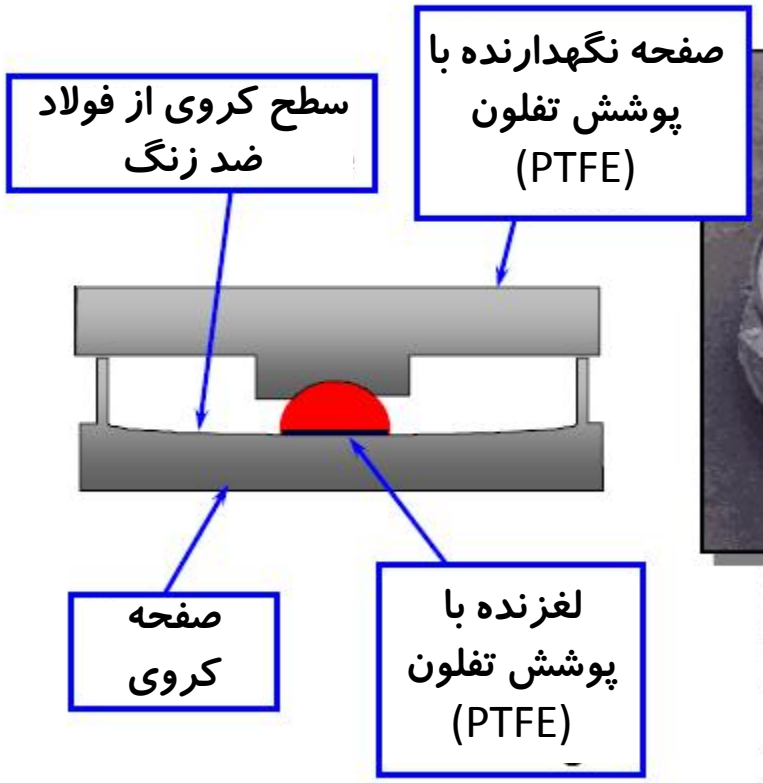


- در سال ۱۹۷۵ در نیوزلند ابداع شد و پس از آن بوفور در آمریکا و ژاپن مورد استفاده قرار گرفته است
- از لاستیک با میرایی کم همراه با یک هسته سربی ساخته شده است
- سختی برشی ۶تا ۷ kg/cm^2 در کرنش ۱۰۰٪
- حداکثر کرنش برشی ۱۲۵٪ تا ۲۰۰٪

نقش هسته سربی

- جذب انرژی
- ایجاد سختی اولیه
- کمک به سختی قائم

جداگرهای لغزشی کروی معروف به جداگر اصطکاکی پاندولی (FPS)



صهحه کروی و لغزنده جداگر (FPS)
بهسازی پل مارتینز سان دیه گو
فطر صفحه لغزنده ۴ متر
ظرفیت جابجایی ۱/۳ متر

بهسازی لرزه ای سازه ها

انواع جداگرها ی لرزه ای

جداگر لغزشی سه سطحی

جابجایی در زلزله خفیف
(سرویس)

بدون جابجایی

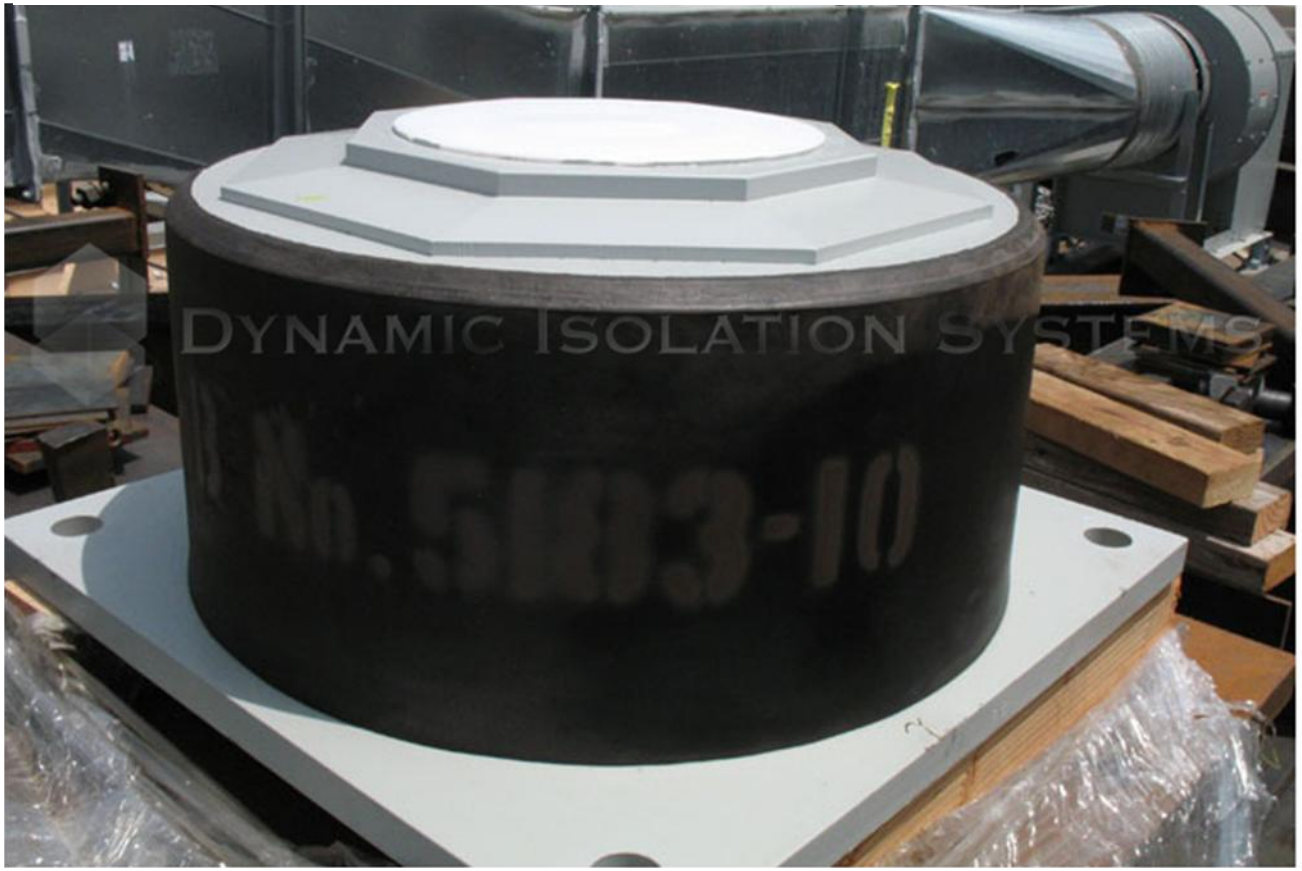
جابجایی در زلزله خیلی شدید
(حداکثر)

جابجایی در زلزله شدید
(طرح)

بهسازی لرزه ای سازه ها

انواع جداگرها ی لرزه ای

جداگر لاستیکی –لغزشی

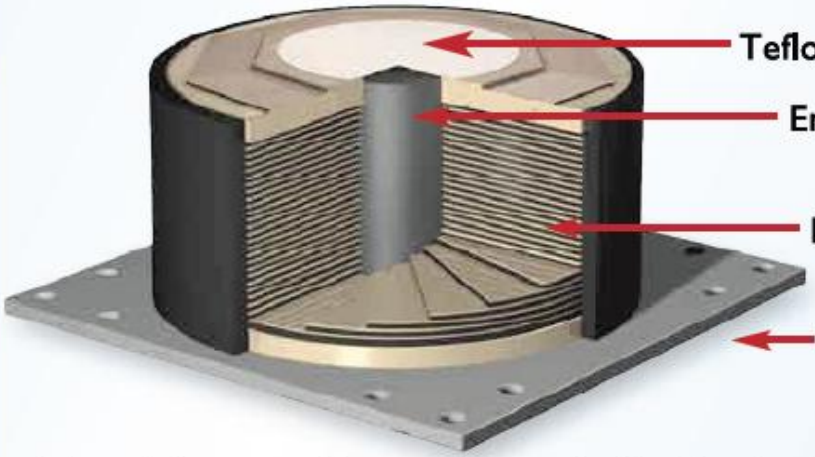


Size Range

Sliding isolators have been made from 12 to 41 inches in diameter.

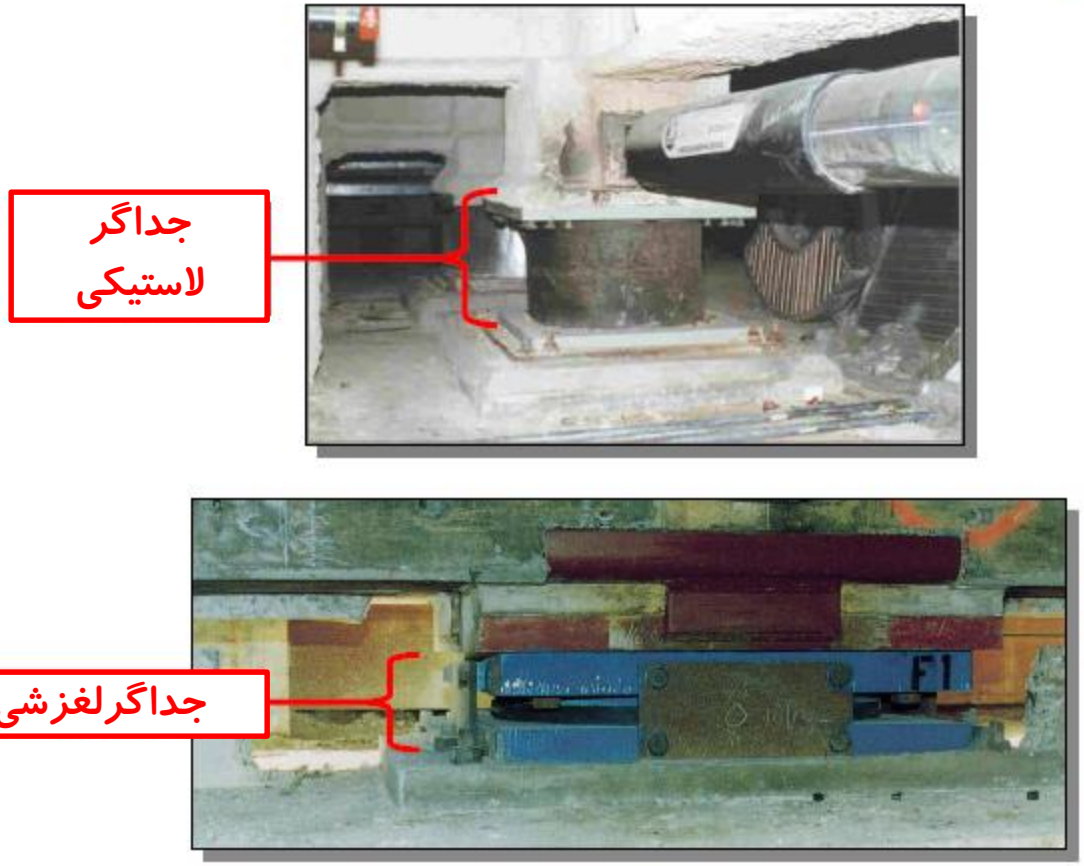
Slider Manufacturing

Sliders are fabricated with a Teflon disc that mates with a stainless steel sliding surface.

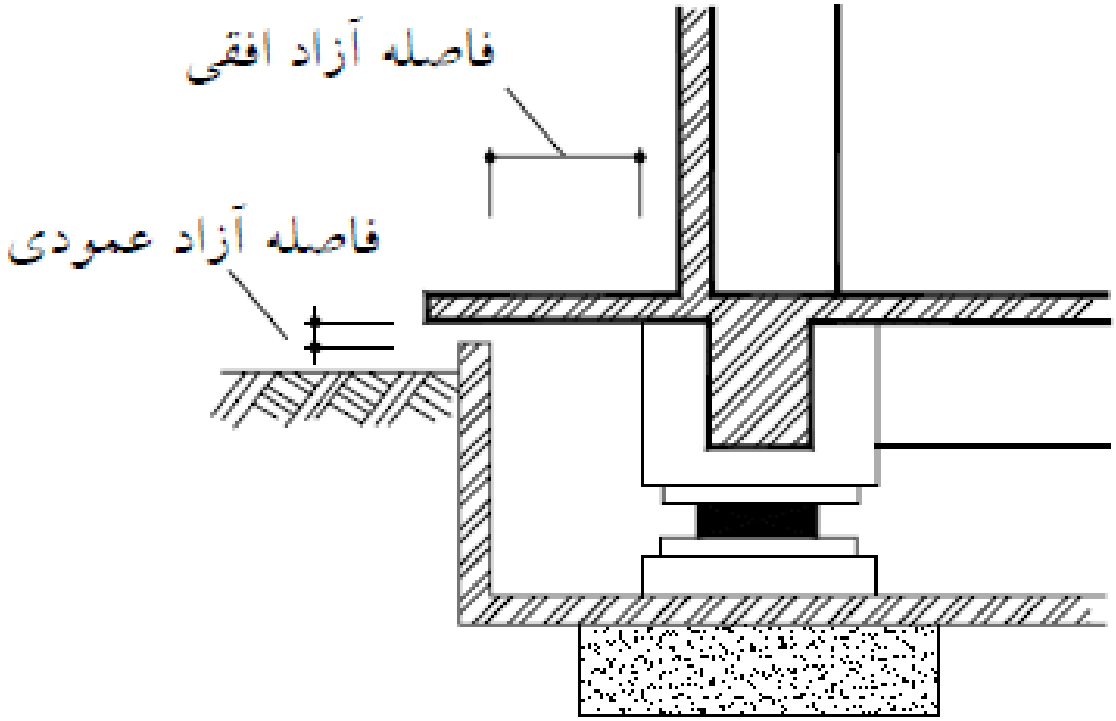


This slider was designed specifically for the Berry Street Project in San Francisco. It was designed to slide for 30 inches, then deform in shear a further 15 inches once it engages a restrainer plate. DIS fabricates and welds all parts of the slider assembly in-house.

پیش بینی فضای لازم برای بازرسی ، تعمیر یا تعویض جداگر



پیش بینی فاصله کافی از زمین یا ساختمان های مجاور

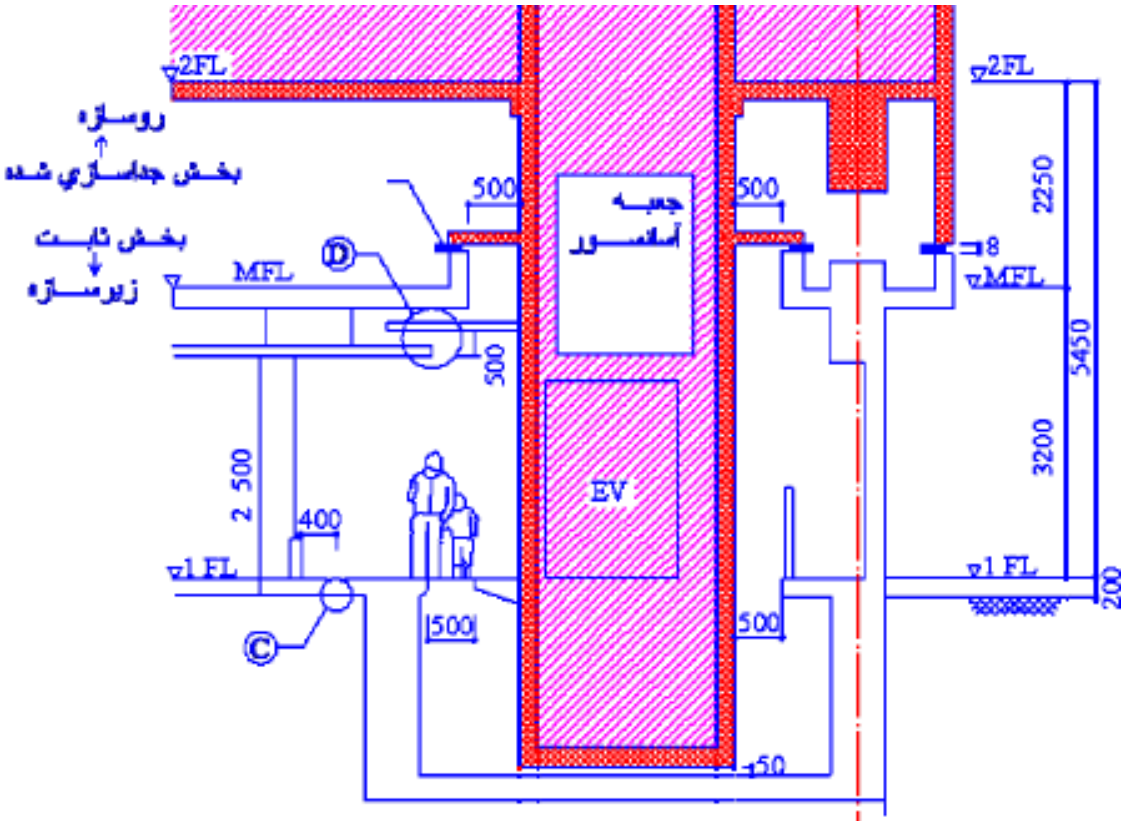


پیش بینی فاصله کافی از زمین یا ساختمان های مجاور

پیش بینی فاصله کافی از زمین یا ساختمان های مجاور

پیش بینی عبور تاسیسات از سطح جدایی

پیش بینی عبور تاسیسات از سطح جدایی



مهمترین موارد کاربرد جداگر ها

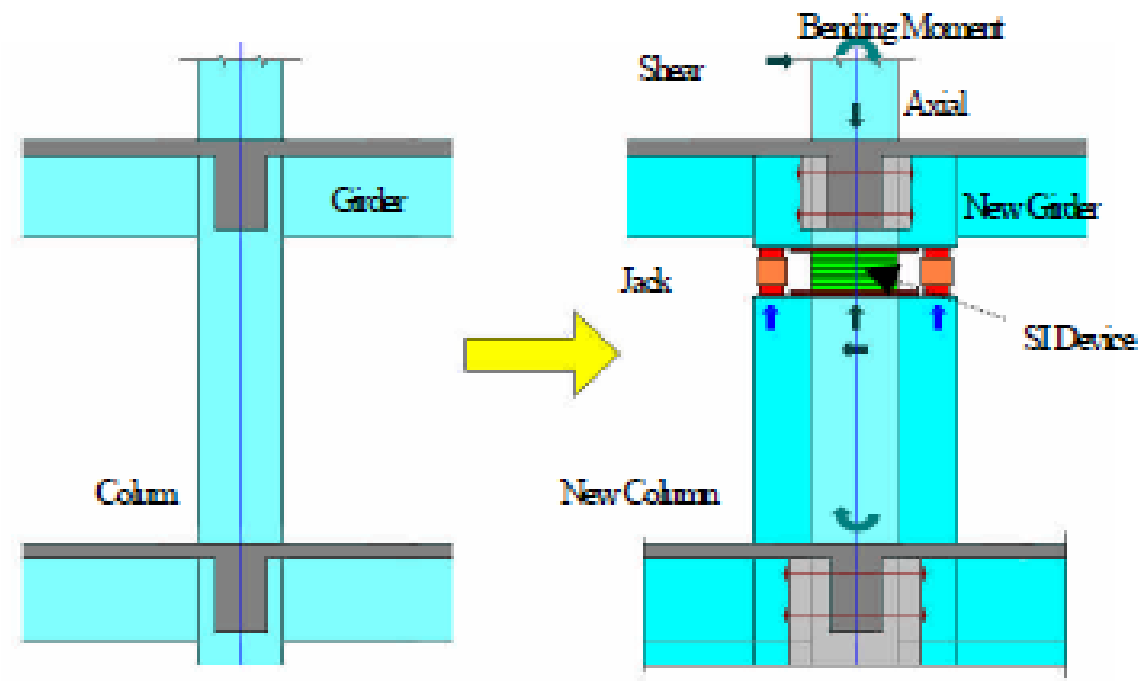
- ساختمان های با اهمیت زیاد مانند بیمارستان ها
- بهسازی ساختمان های موجود
- ساختمان های حساس به شتاب مانند موزه ها

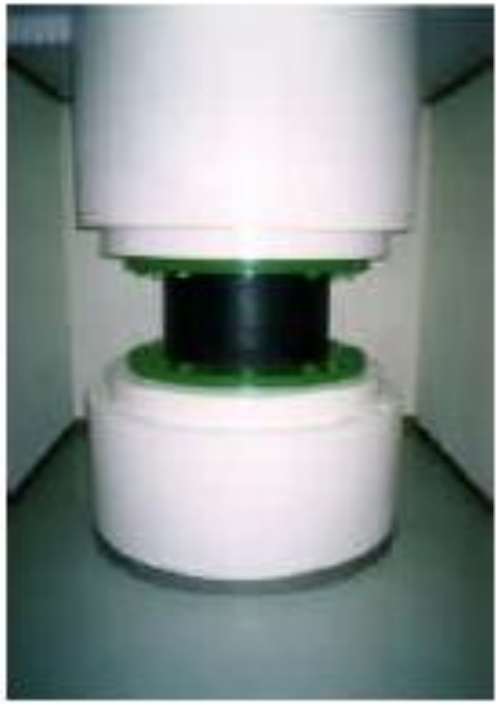
کاربرد جداگرها در بهسازی سازه ها

منافع:

- عدم نیاز به تخریب رو بنا
  این مطلب خصوصا در ساختمان های تاریخی از اهمیت ویژه ای بر خوردار است
- قابلیت بهره برداری از ساختمان در زمان بهسازی
  این موضوع می تواند باعث صرفه جویی اقتصادی شود
- اقتصادی بودن روش
  با توجه به عدم نیاز به تخریب و بازسازی روبنا و قابلیت بهره برداری از ساختمان در زمان بهسازی این راهکار می تواند یک روش اقتصادی باشد

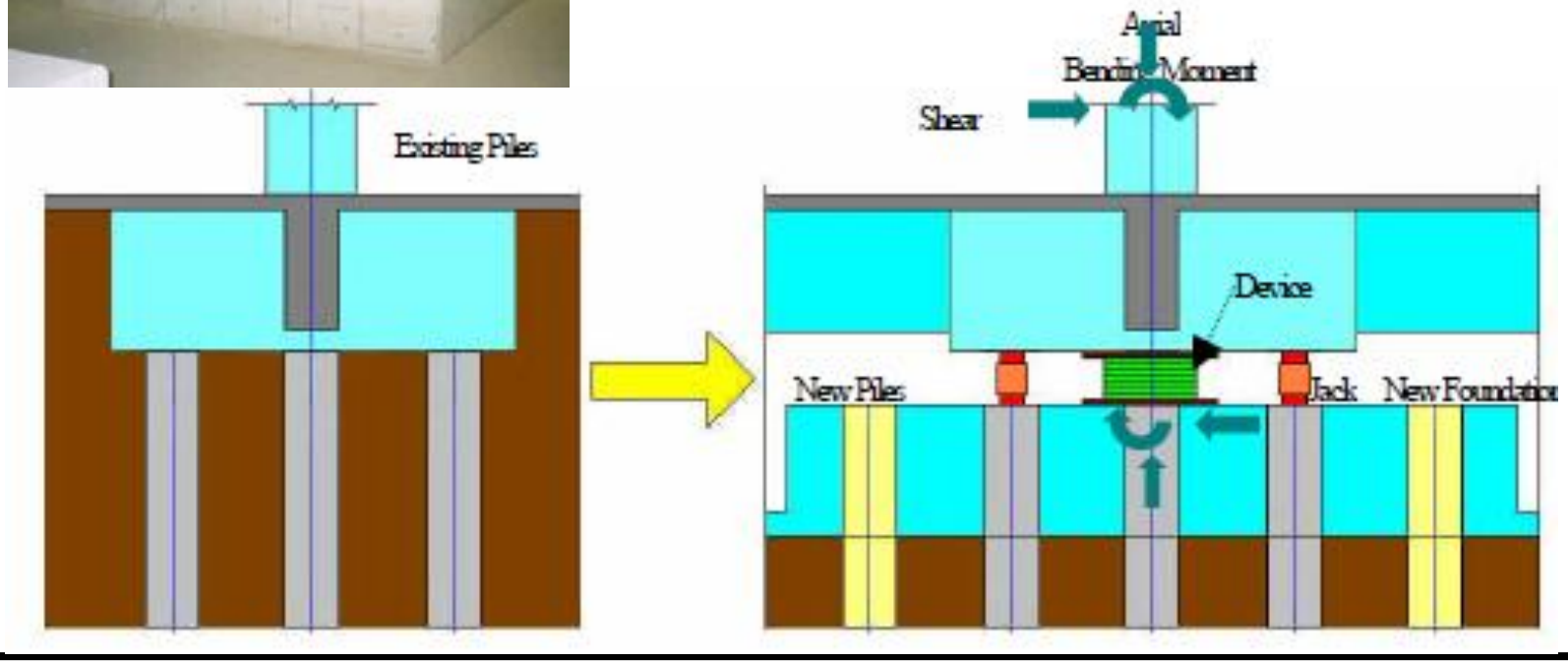
نصب بالای ستون





Device installed on the top of column wit building

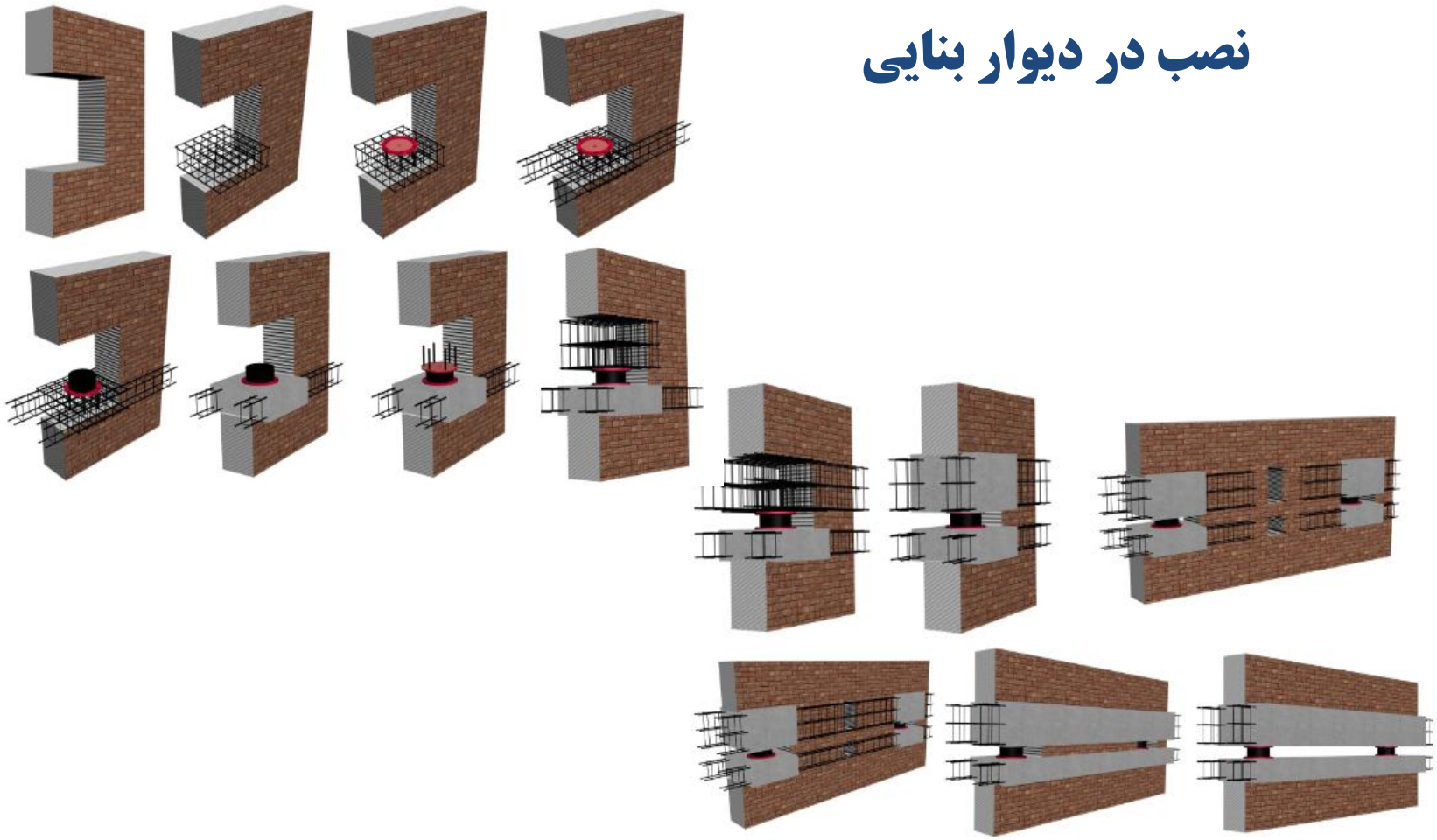
نصب در تراز پی



بهسازی لرزه ای سازه ها

روش های نصب

نصب در دیوار بنایی



بهسازی لرزه ای سازه ها

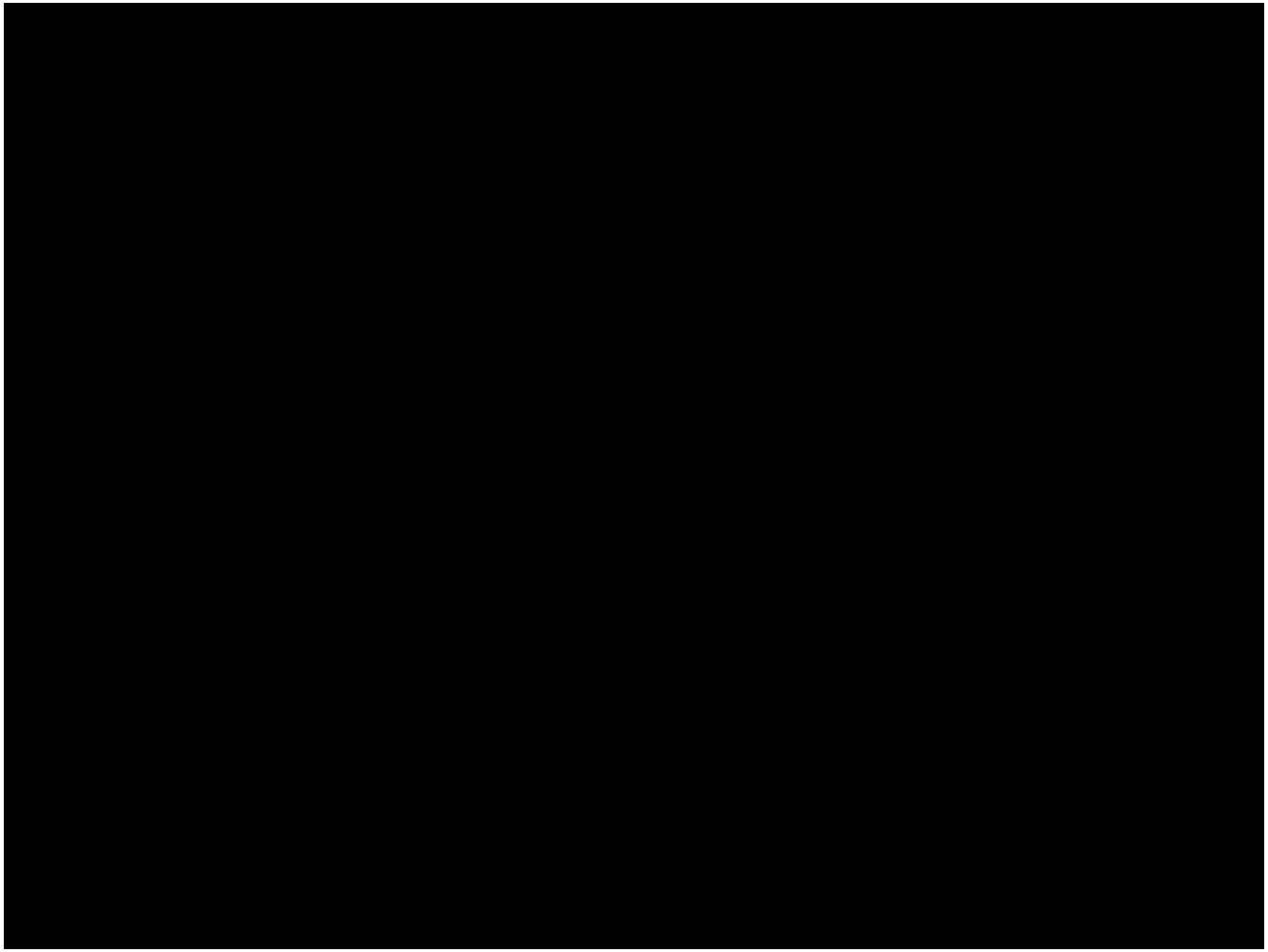
استفاده از جداگرها در بهسازی سازه ها

نمونه ای از یک ساختمان بهسازی شده

- واقع در سانفرانسیسکو کالیفرنیا
- دارای اهمیت تاریخی و معماری
- در سال ۱۹۰۵ ساخته شده است
- چهار طبقه و زیرزمین
- قاب خمشی فولادی
- وزن ساختمان ۵۴۰۰۰ تن
- در سال ۱۹۸۹ در زلزله آ سیب دیده
- در سال ۱۹۹۴ بهسازی می شود
- از ۲۵۶ جداکر لغزشی استفاده شده
- ظرفیت جابجایی جداگرها ۳۵ سانتیمتر

بهسازی لرزه ای سازه ها

استفاده از جداگرها در بهسازی سازه ها



بهسازی لرزه ای سازه ها

استفاده از جداگرها در بهسازی سازه ها

Cutting hole for jacks and column removal

بهسازی لرزه ای سازه ها

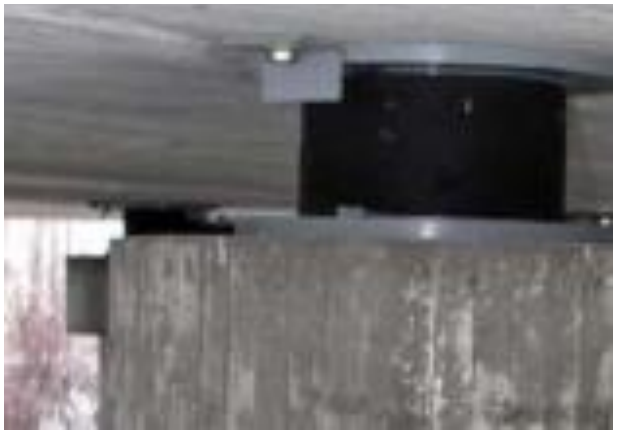
استفاده از جداگرها در بهسازی سازه ها

Damper in place and grouted to receive load

بهسازی لرزه ای سازه ها

استفاده از جداگرها در بهسازی سازه ها

بهسازی مخزن گاز مایع با جداگر



بهسازی مخزن آب با جداگر

بهسازی لرزه ای سازه ها

بهسازی ساختمان فرمانداری

DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS

DYNAMIC ISOLATION SYSTEMS
Bobcat

بهسازی یک ساختمان سه طبقه بنایی

بهسازی لرزه ای سازه ها

بهسازی یک ساختمان سه طبقه بنایی

b.

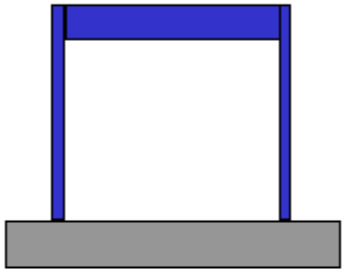
سیستم های جذب کننده انرژی (میراگرها)

اهداف استفاده از میراگرها در ساختمان ها

- بالا بردن سطح عملکرد سازه
- کاهش خسارت در اجزاء سازه ای و غیر سازه ای
- کاهش شتاب سازه برای جلوگیری از خسارت بر وسایل و تجهیزات داخل ساختمان

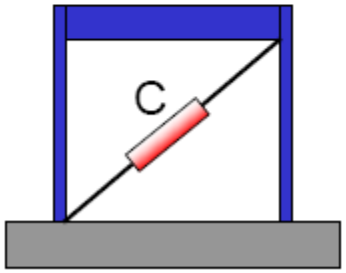
میرایی ذاتی و میرایی اضافه شده

میرایی ذاتی



میرایی ذاتی یک خاصیت سازه ای وابسته به جرم و سختی و خاصیت ذاتی استهلاک انرژی است

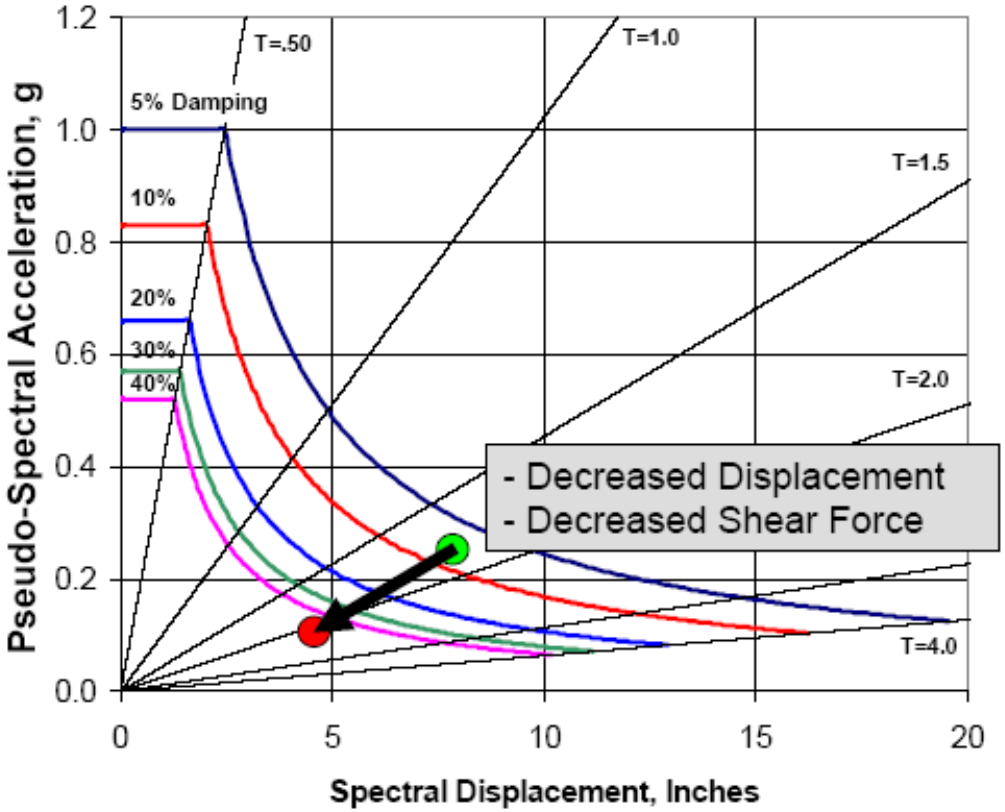
میرایی اضافه شده



میرایی اضافه شده در اثر میراگرهای نصب شده در سازه

$$\xi_{ADDED} = 10 \text{ to } 30\%$$

اثر افزایش میرایی بر پا سخ سازه



انواع میراگرها

میراگرهای تابع سرعت

- میراگرهای ویسکوز مایع و میراگرهای ویسکوالاستیک
- این میراگرها ممکن است علاوه بر میرایی سختی هم داشته باشند

میراگرهای تابع جابجایی

- میراگرهای فلزی و میراگرهای اصطکاکی
- این میراگرها علاوه بر میرایی سختی هم دارند

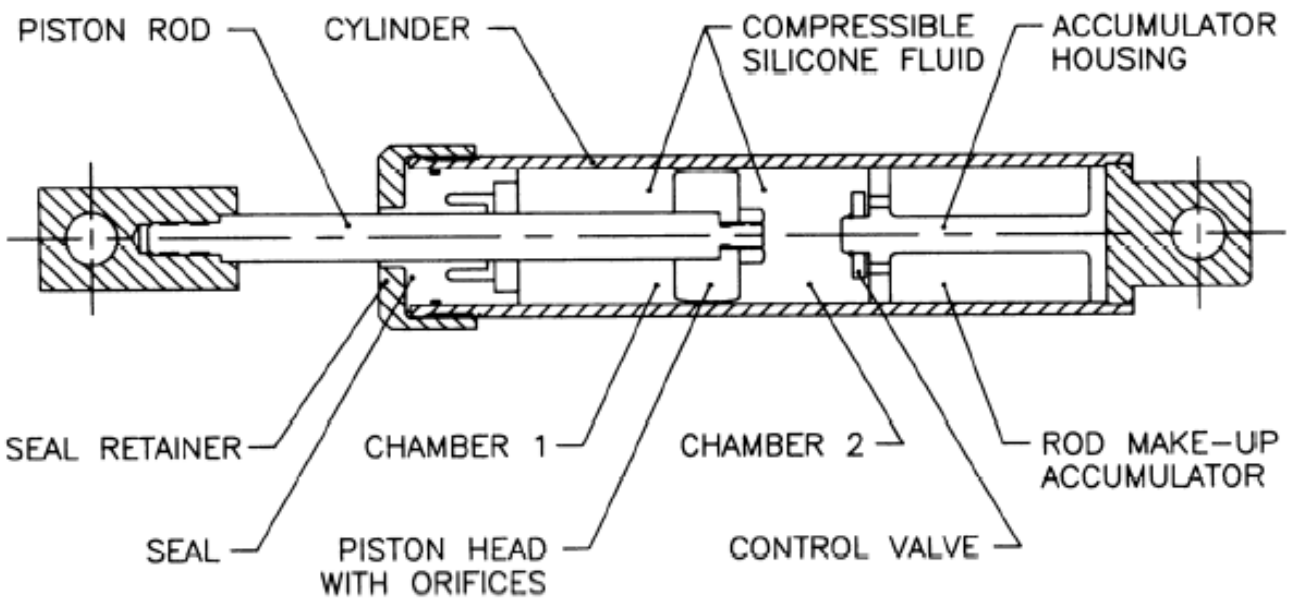
سایر میراگرها

- آلیاژهای حافظه دار
- میراگرهای جرم و مایع نتظیم شده

بهسازی لرزه ای سازه ها

انواع میراگرها

میراگر مایع ویسکوز

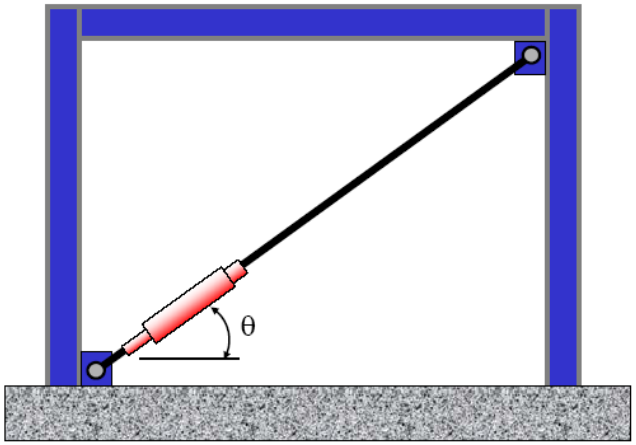


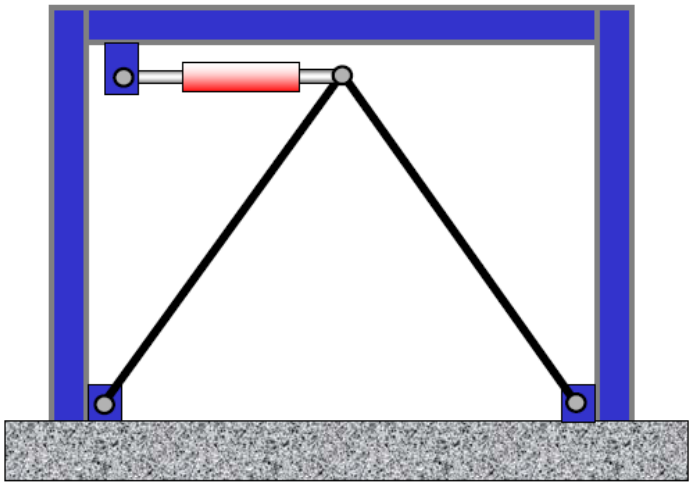
Source: Taylor Devices, Inc.

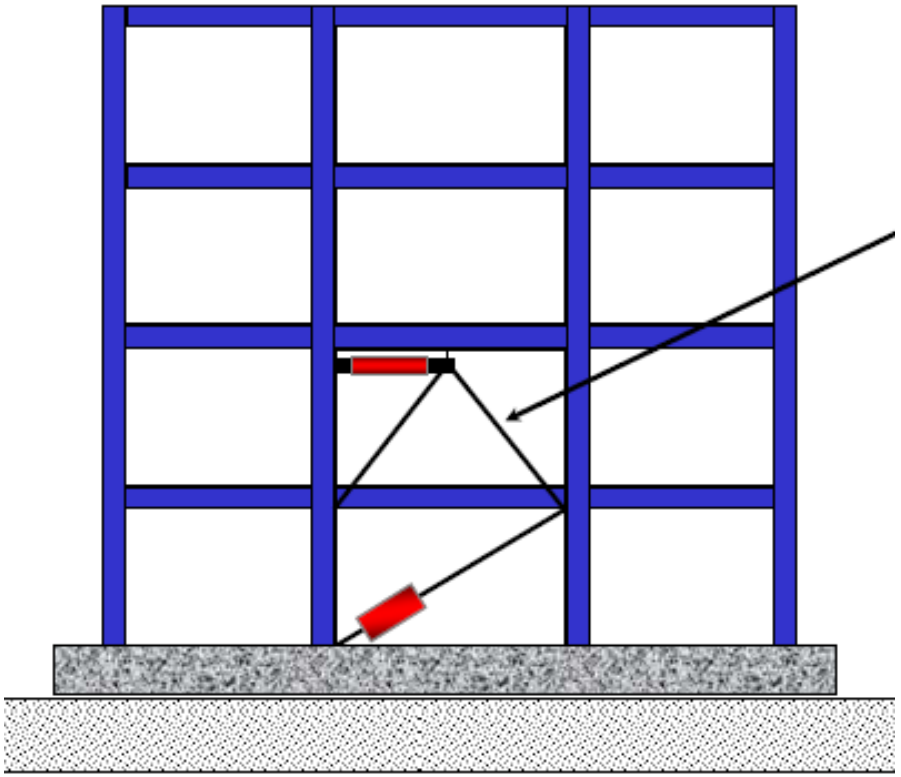
بهسازی لرزه ای سازه ها

انواع میراگرها

روش نصب میراگر در سازه







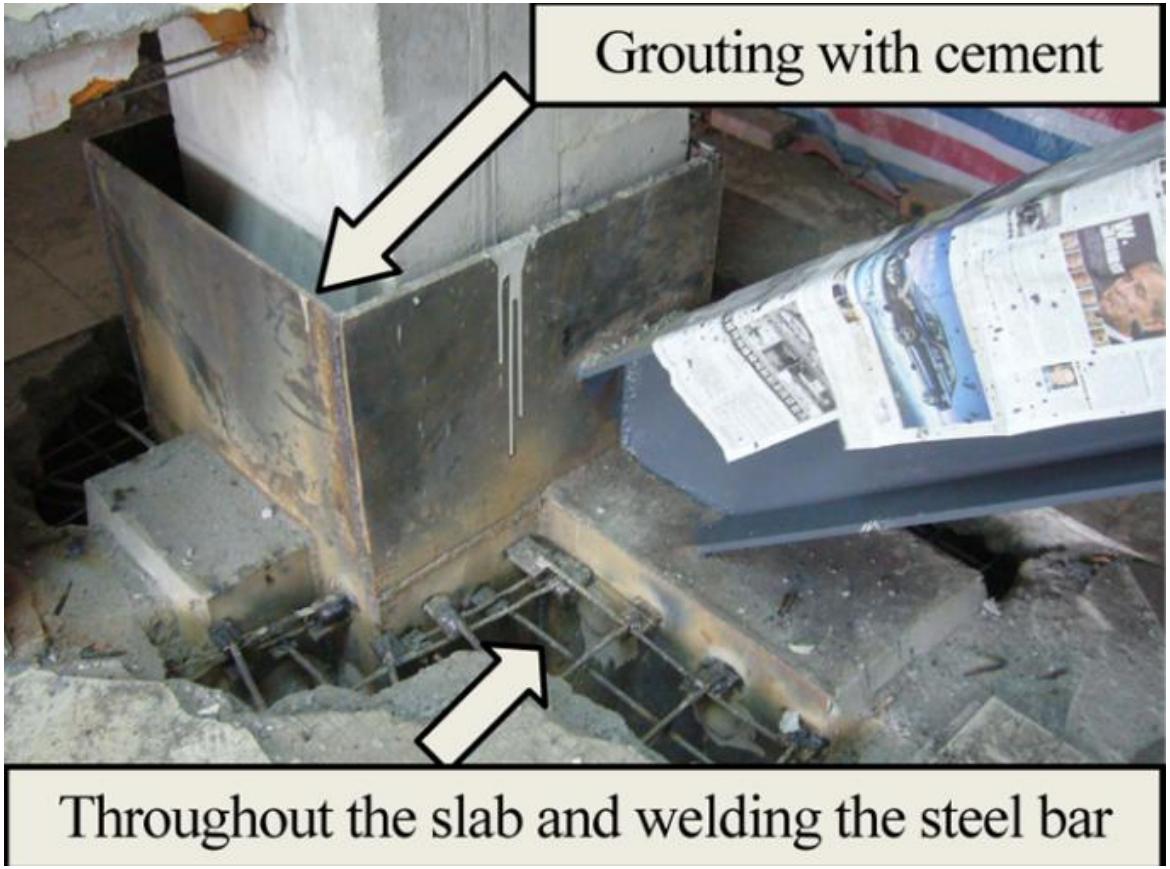
بهسازی لرزه ای سازه ها

انواع میراگرها

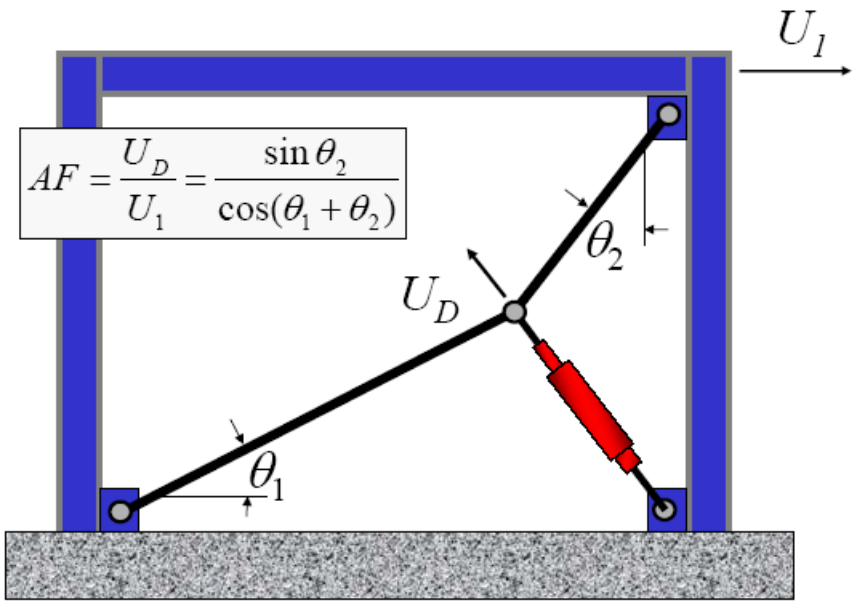
روش نصب میراگر در سازه

نصب مهاربند ویسکوز مایع در بهسازی یک ساختمان

نصب مهاربند ویسکوز مایع در بهسازی یک ساختمان



Toggle Brace Damping System

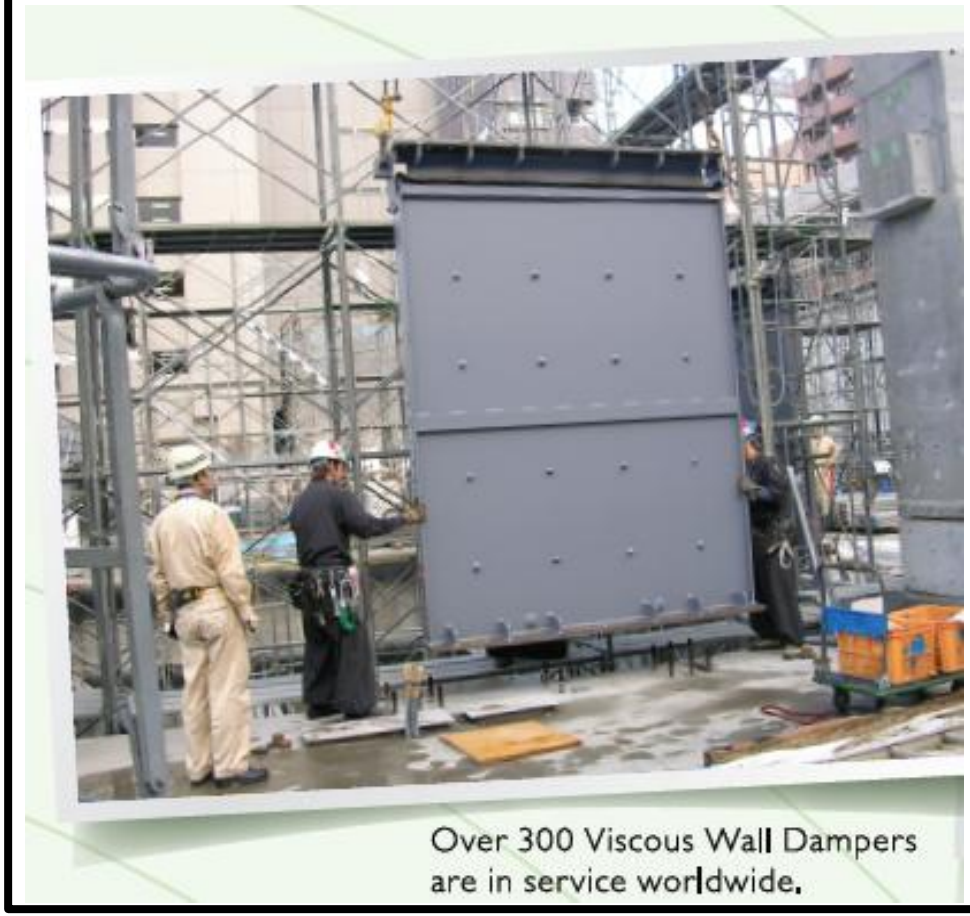


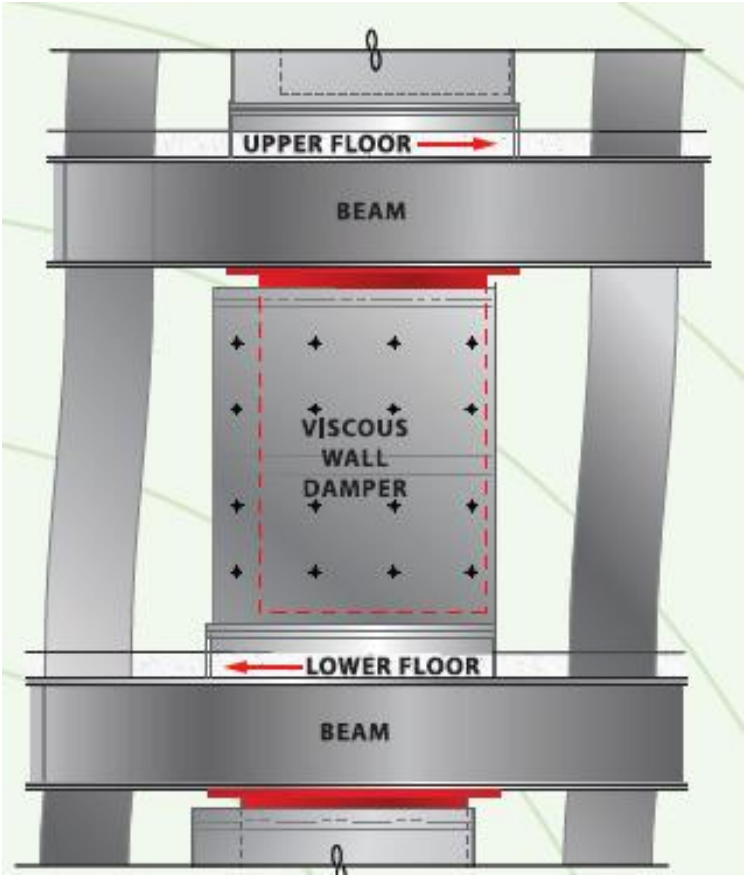
Toggle Brace Deployment

Huntington Tower, Boston, MA

- New 38-story steel-framed building
- 100 direct-acting and toggle-brace dampers
- 1300 kN (292 kips), +/- 101 mm (+/- 4 in.)
- Dampers suppress wind-induced vibration

میراگر ویسکوز مایع دیواری

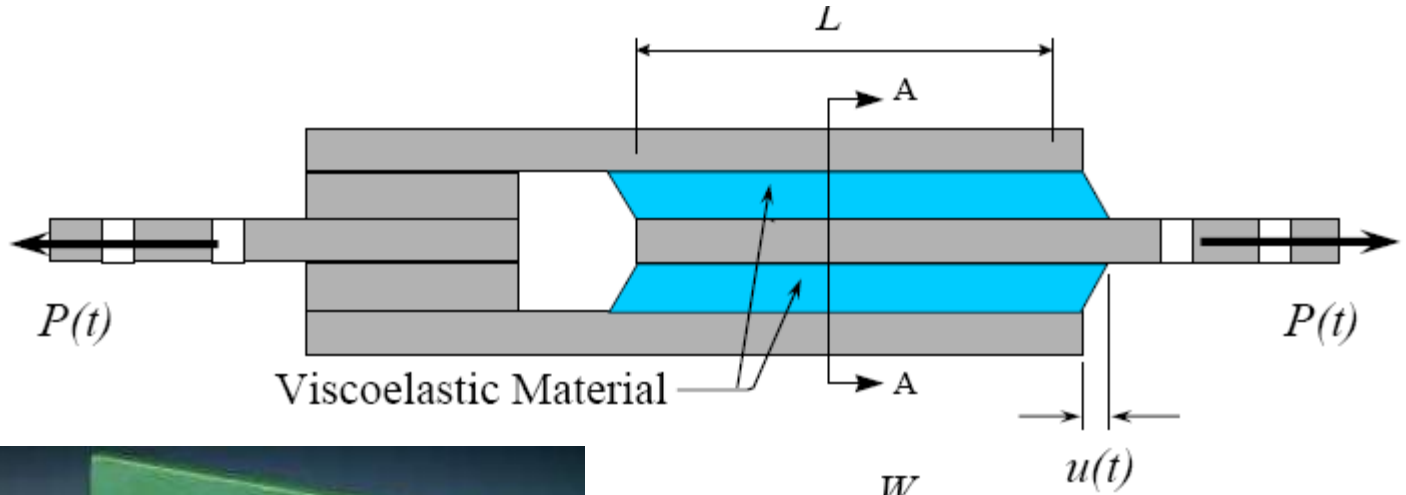


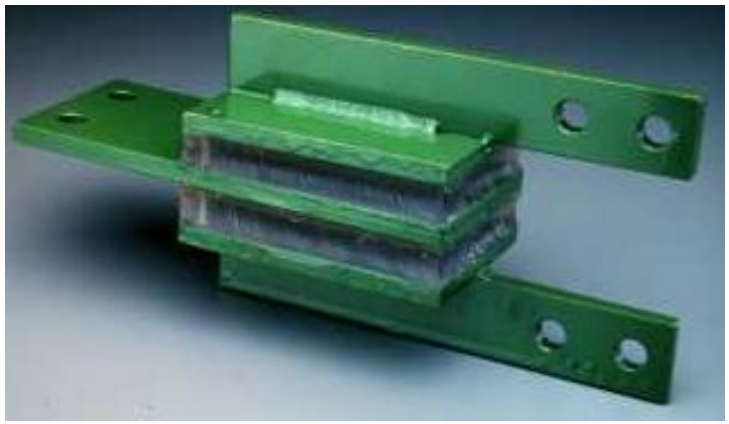


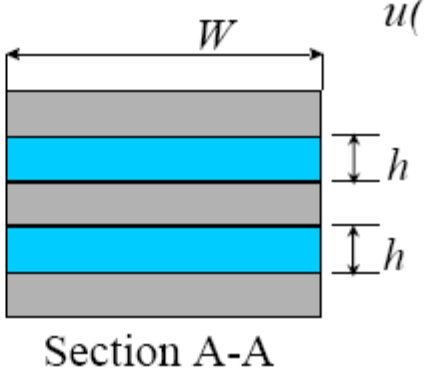
ویژگی های میراگر ویسکوز مایع

- قابلیت اعتماد بالا
- ظرفیت بالای نیرو و جابجایی
- قابل تهیه از تولید کنندگان مختلف
- قابل تولید در دو نوع خطی و عیر خطی
- وابستگی نسبتاکم به شرایط محیطی و حرارت
- فاقد سختی در فرکانس های پایین
- اختلاف فاز نیروهای میرایی با نیروهای الاستیک
- قیمت نسبتا بالا

میراگرهای ویسکو الاستیک



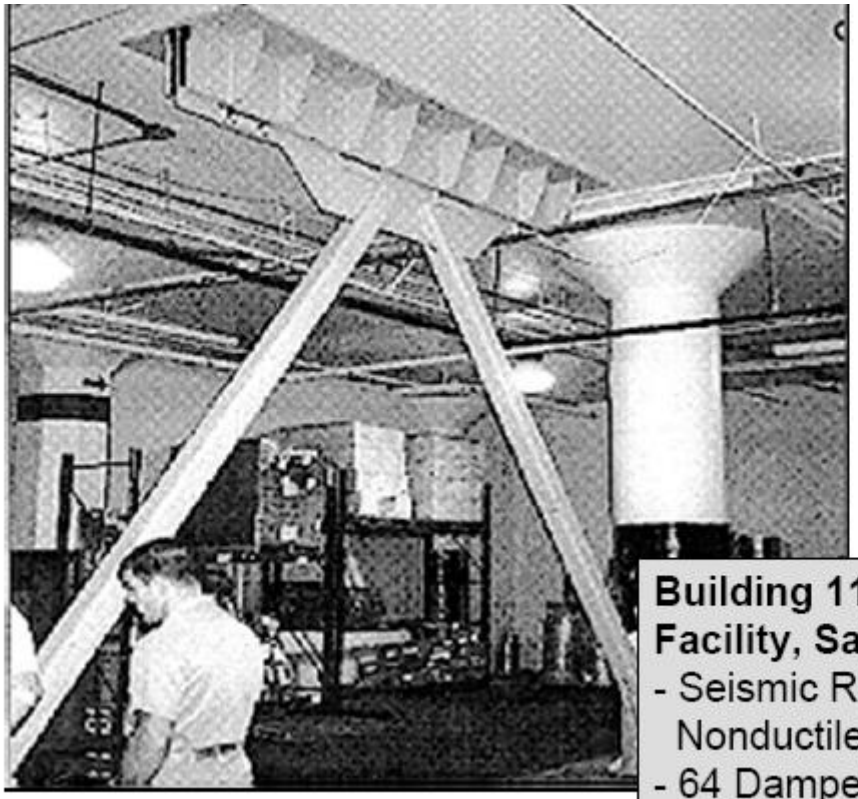




بهسازی لرزه ای سازه ها

انواع میراگرها

میراگر ویسکو الاستیک نصب شده برای بهسازی یک ساختمان سه طبقه



Building 116, US Naval Supply Facility, San Diego, CA
- Seismic Retrofit of 3-Story Nonductile RC Building
- 64 Dampers Within Chevron Bracing Installed in 1996

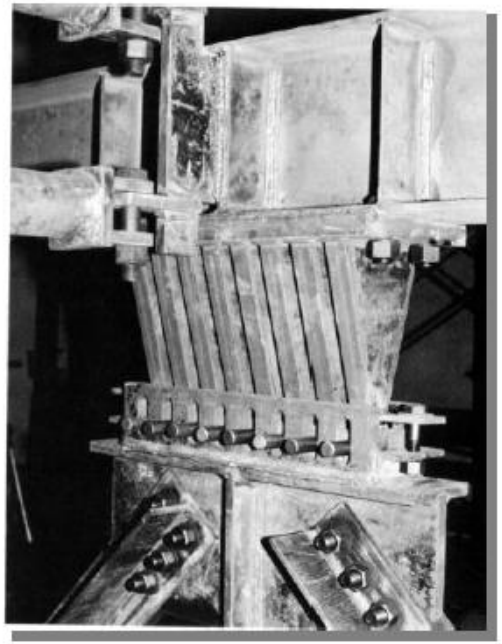
بهسازی لرزه ای سازه ها

انواع میراگرها

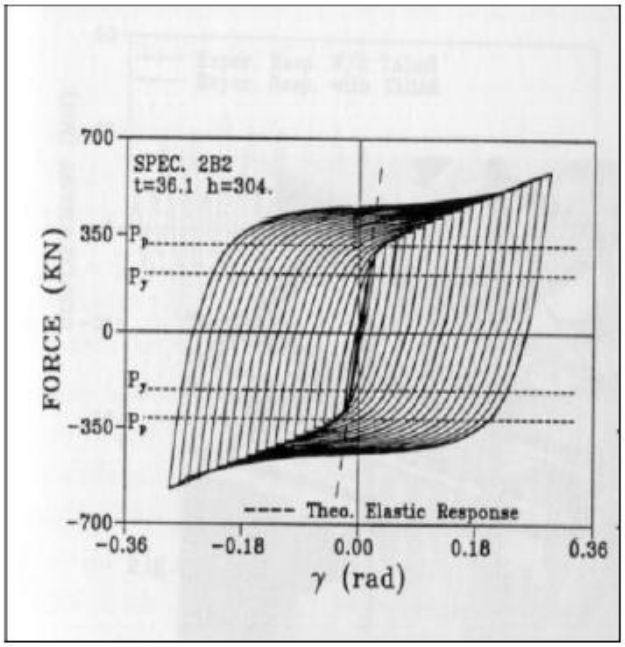
ویژگی های میراگرهای ویسکو الاستیک

- قابلیت اعتماد بالا
- رفتار خطی
- قیمت نسبتا پایین
- ظرفیت بایین نیرو و جابجایی
- وابستگی زیاد به حرارت و فرکانس بارگذاری

میراگرهای تسلیم شونده فلزی (ADAS)

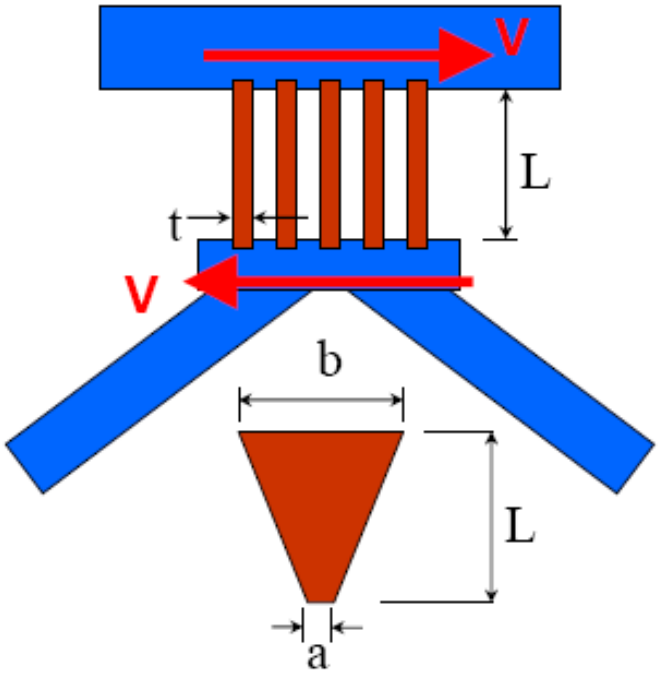


ADAS Device
(Tsai et al. 1993)



Experimental Response (Static)
(**Source:** Tsai et al. 1993)

میراگرهای تسلیم شونده فلزی (ADAS)



$$k = \frac{n(2 + a/b)EI_b}{L^3}$$

$$F_y = \frac{nf_y bt^3}{4L}$$

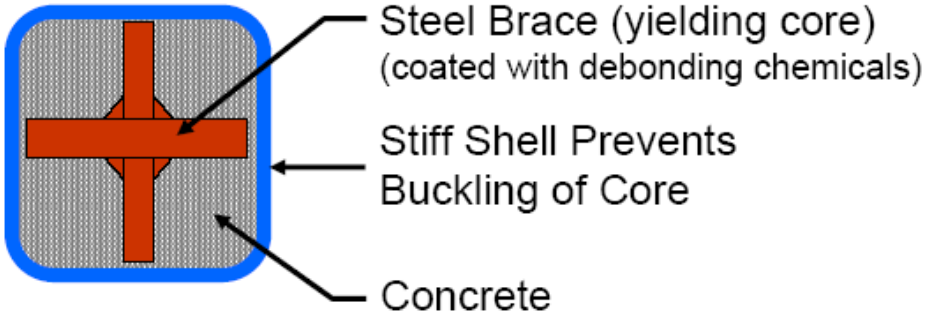
n = Number of plates

f_y = Yield force of each plate

I_b = Second moment of area of each plate at b (i.e, at top of plate)

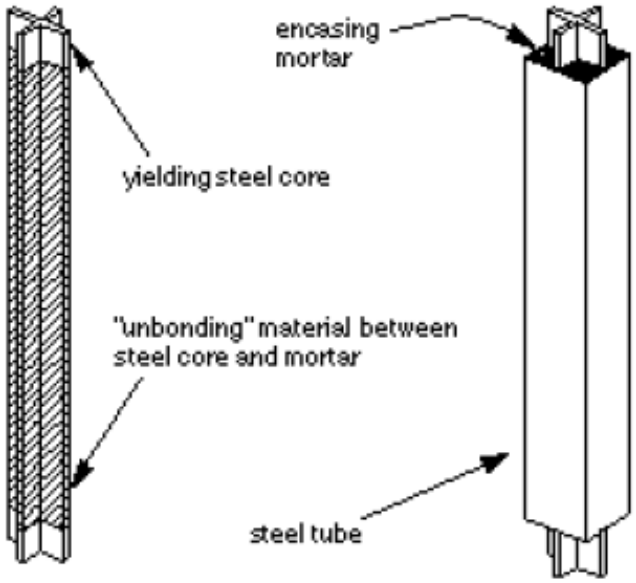
مهاربند های تسلیم شونده فلزی

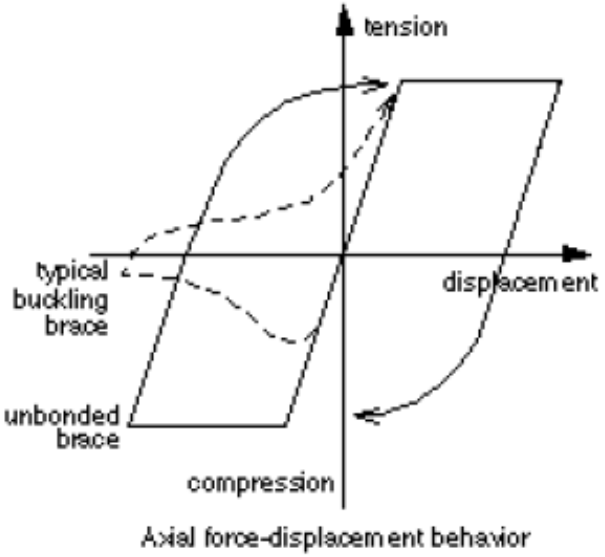
Unbonded Brace Damper



مهاربند های تسلیم شونده فلزی

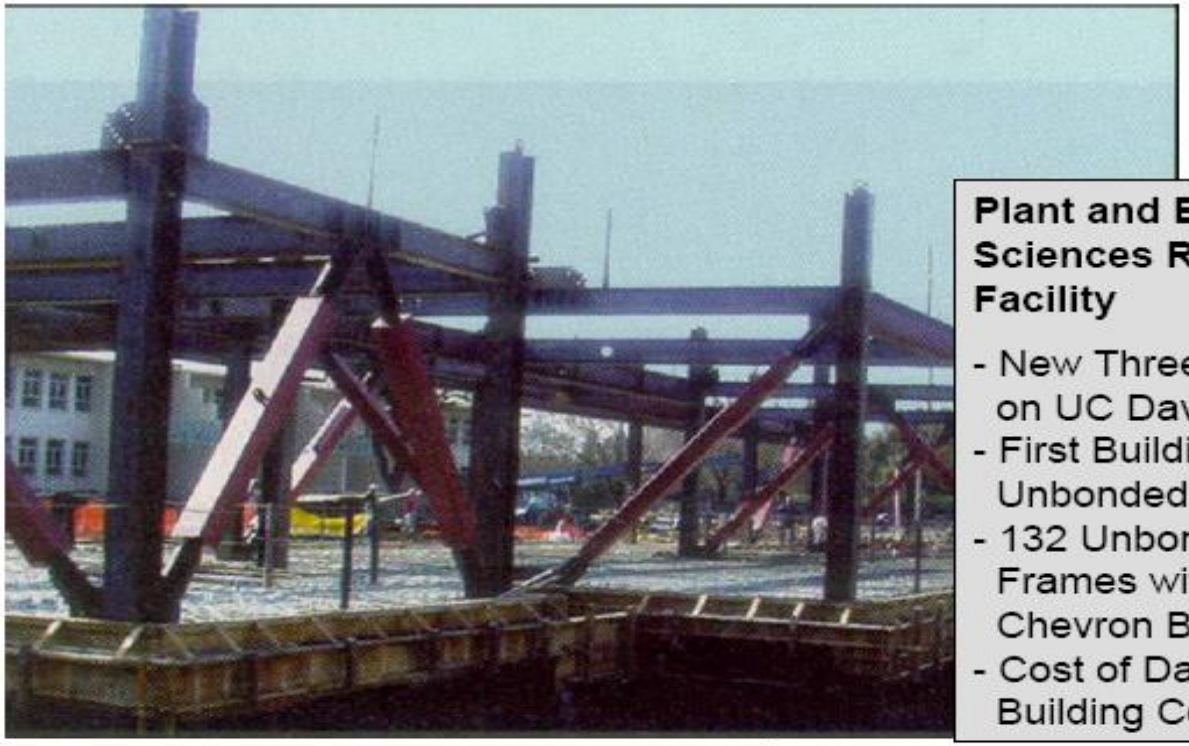
Hysteretic Behavior of Unbonded Brace Damper





Axial force-displacement behavior

نصب مهاربندهای تسلیم شونده فلزی در یک ساختمان سه طبقه



Plant and Environmental Sciences Replacement Facility

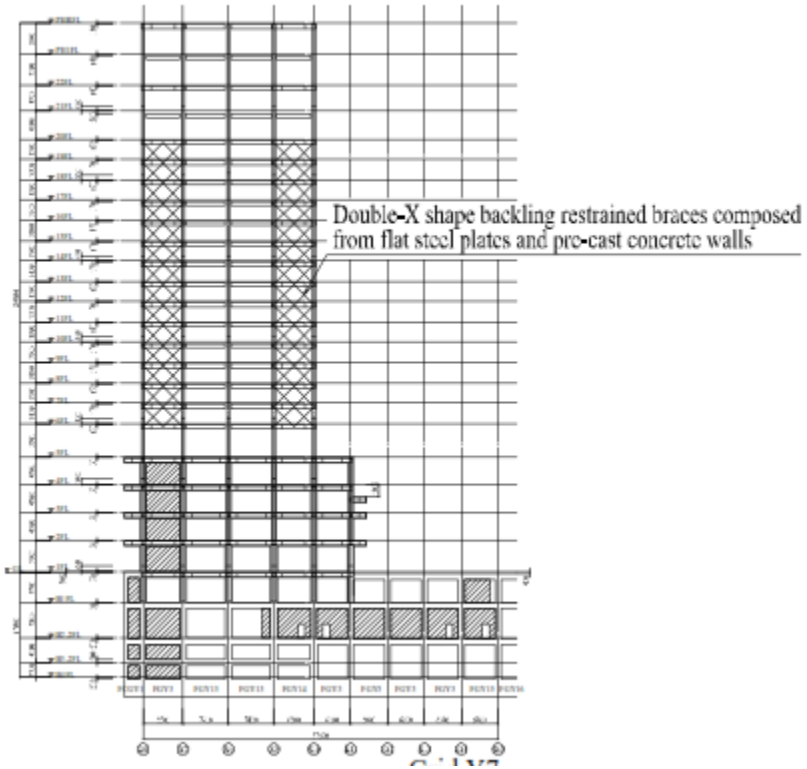
- New Three-Story Building on UC Davis Campus
- First Building in USA to Use Unbonded Brace Damper
- 132 Unbonded Braced Frames with Diagonal or Chevron Brace Installation
- Cost of Dampers = 0.5% of Building Cost

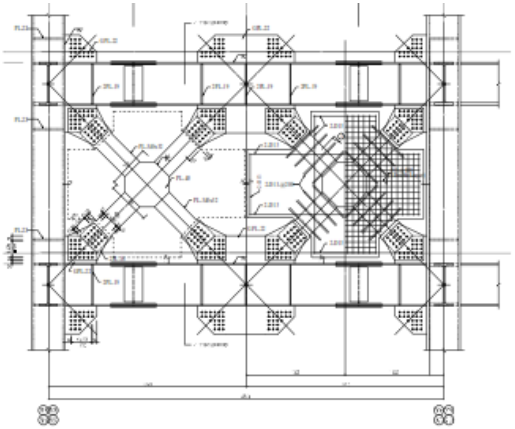
Source: ASCE Civil Engineering Magazine, March 2000.

بهسازی لرزه ای سازه ها

انواع میراگرها

نصب مهاربندهای تسلیم شونده فلزی در بهسازی یک ساختمان هجده طبقه

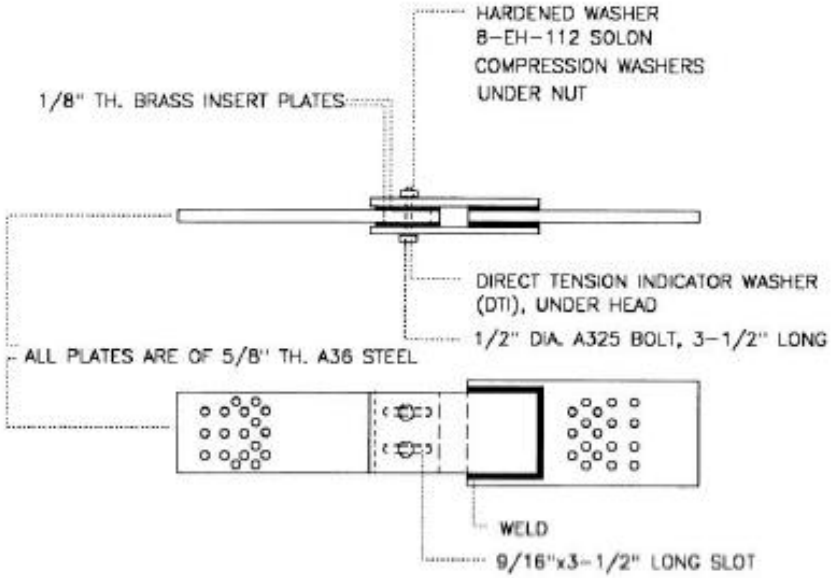




ویژگی های میراگرهای فلزی

- ساخت آسان
- قیمت نسبتا پایین
- اضافه کردن سختی و میرایی
- حداکثر نیروی محدود به تسلیم میراگر
- عدم حساسیت به شرایط محیط
- نیاز به تعمیر یا تعویض در زلزله های شدید
- رفتار غیر خطی

میراگرهای اصطکاکی



Pall Friction Damper

میراگرهای اصطکاکی

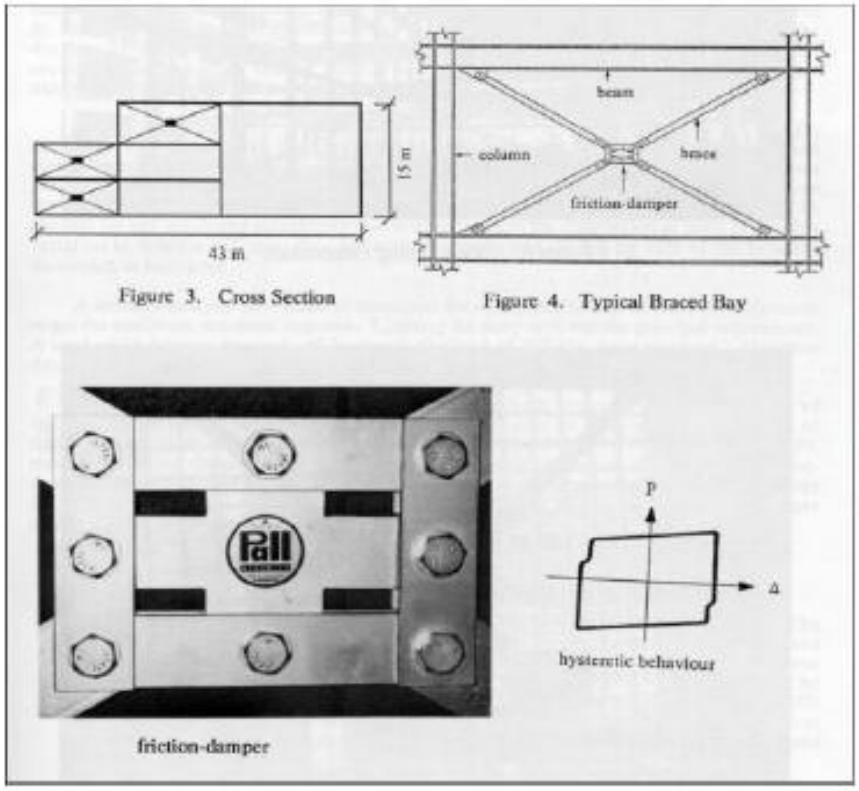
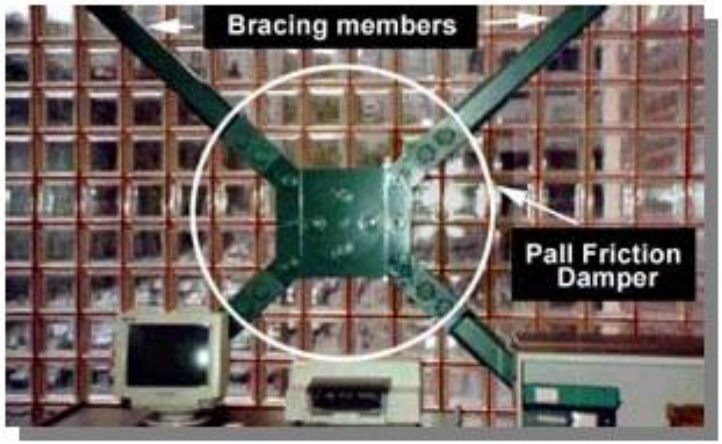


Figure 3. Cross Section

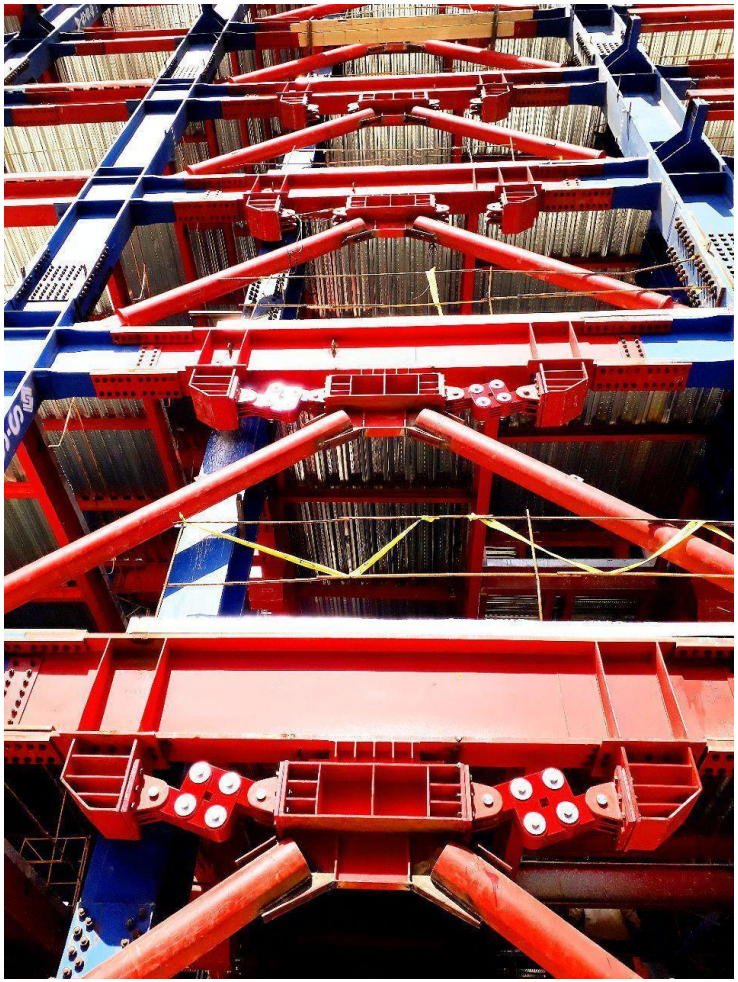
Figure 4. Typical Braced Bay



Interior of Webster Library at Concordia University, Montreal, Canada

بهسازی لرزه ای سازه ها

انواع میراگرها



میراگرهای اصطکاکی دورانی

میراگرهای اصطکاکی پال نصب شده در بهسازی ساختمان دانشگاه کونکوردیای کانادا

McConnel Library at Concordia University, Montreal, Canada

- Two Interconnected Buildings of 6 and 10 Stories
- RC Frames with Flat Slabs
- 143 Cross-Bracing Friction Dampers Installed in 1987
- 60 Dampers Exposed for Aesthetics

بهسازی لرزه ای سازه ها

انواع میراگرها

میراگرهای اصطکاکی پال نصب شده در بهسازی سالن مونتاژ شرکت بوئینگ

بهسازی لرزه ای سازه ها

انواع میراگرها

میراگرهای اصطکاکی نصب شده در طرح بهسازی یک ساختمان

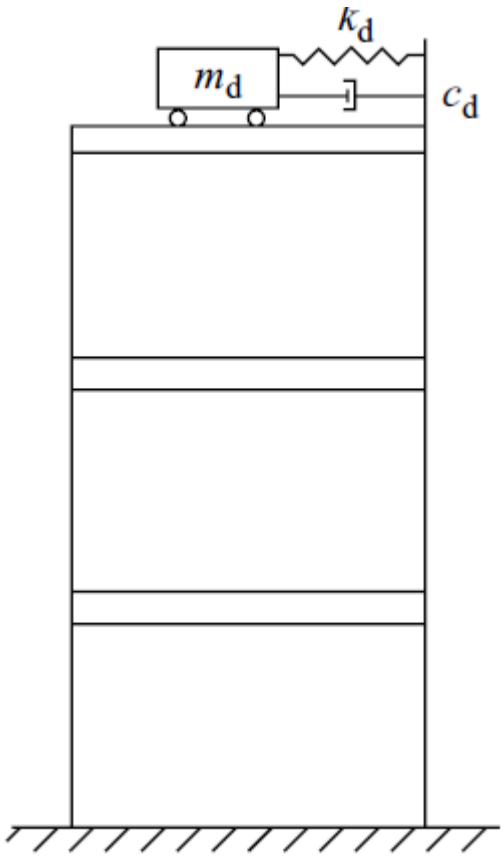
ویژگی های میراگرهای اصطکاکی

- ساخت ساده
- قیمت نسبتا پایین
- حداکثر نیروی محدود به بار لغزش
- مشکل نگه داری در دراز مدت
- رفتار بسیار غیر خطی
- سختی اولیه خیلی زیاد
- امکان ایجاد تغییر شکل های پس ماند پس از زلزله

بهسازی لرزه ای سازه ها

انواع میراگرها

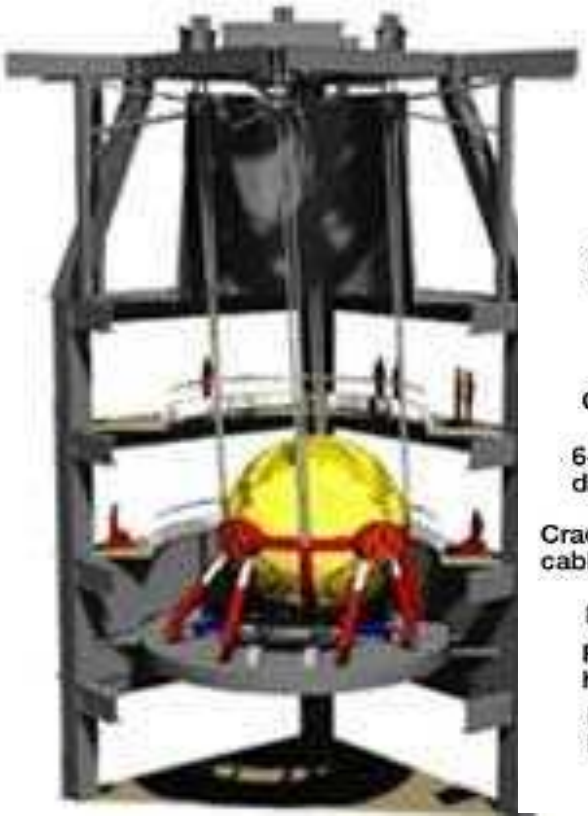
میراگر جرم تنظیم شده

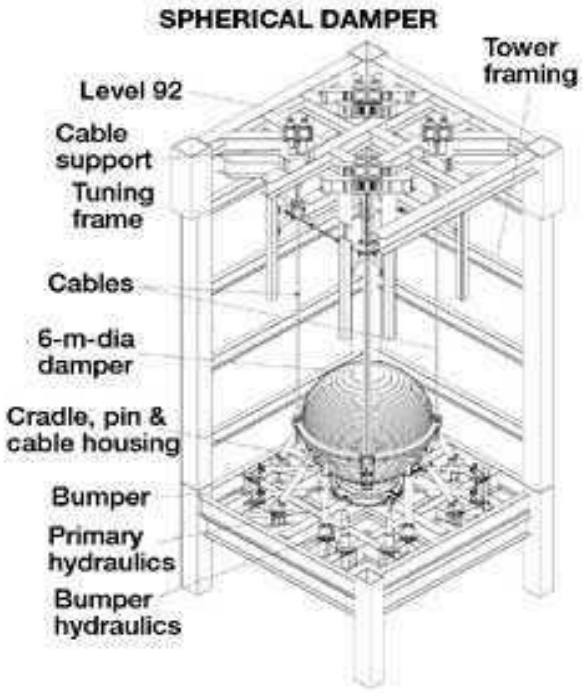


ویژگی ها:

- ساخت و اجرای نسبتا ساده
- اضافه شدن وزن سازه
- نیاز به جابجایی کافی برای حرکت جرم
- مشکل تنظیم برای زلزله های مختلف

TUNED MASS DAMPER





بهسازی لرزه ای سازه ها

انواع میراگرها

TUNED MASS DAMPER

Assembly of the Tuned Mass Damper

Completed Assembly of the Tuned Mass Damper

بهسازی لرزه ای سازه ها

انواع میراگرها

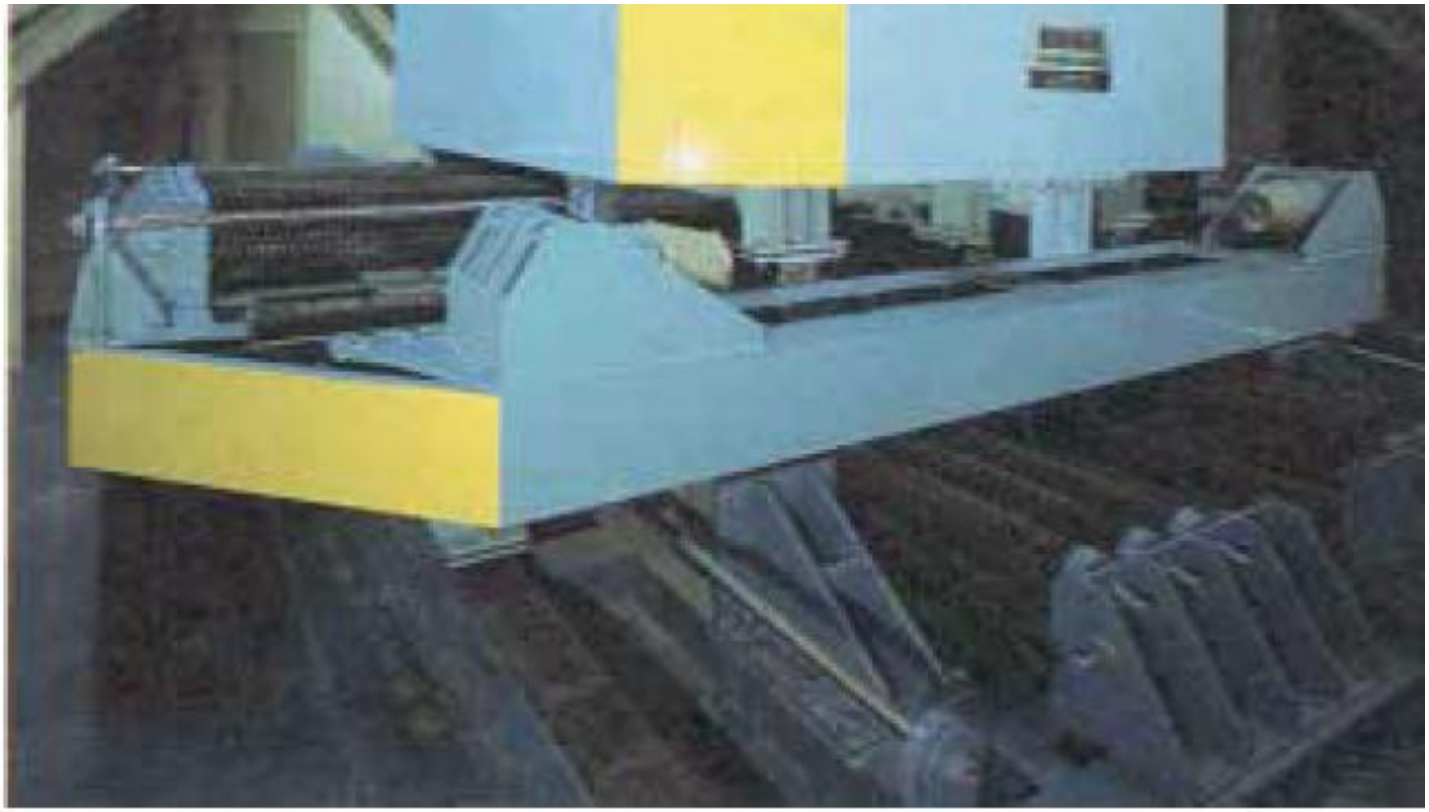


Fig. 4.3: Tuned mass damper for Chiba-Port Tower.

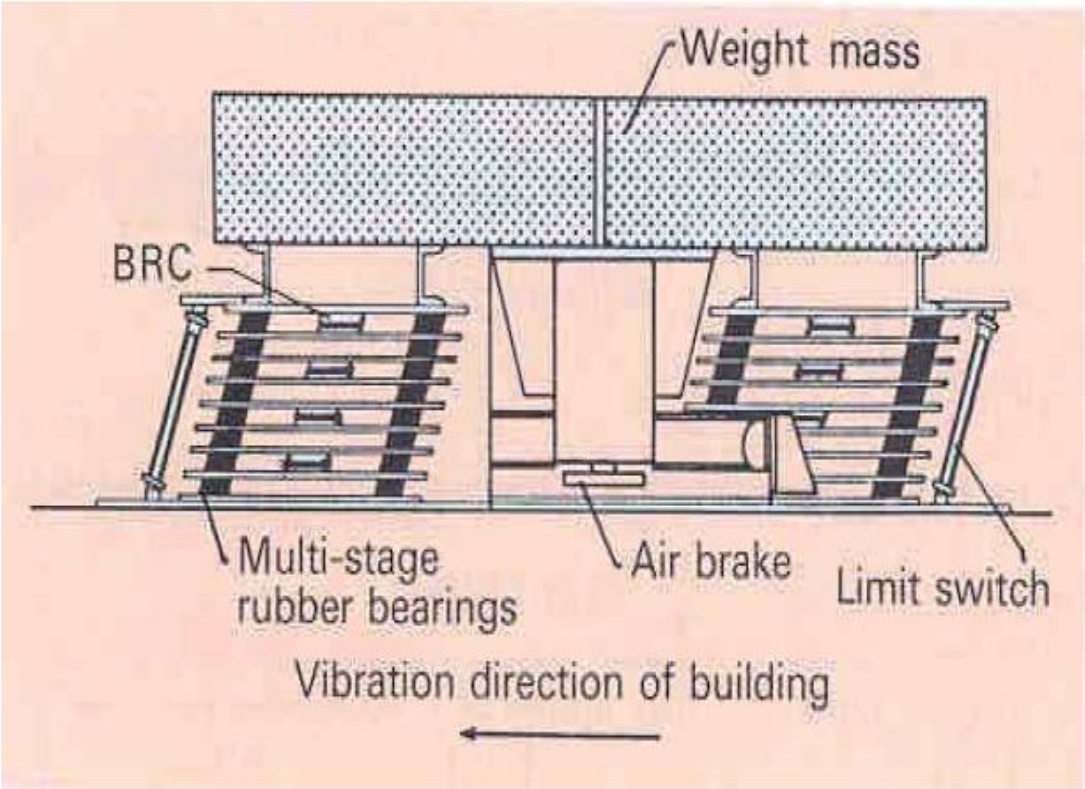


Fig. 4.4: Tuned mass damper with spring and damper assemblage.

بهسازی لرزه ای سازه ها

انواع میراگرها

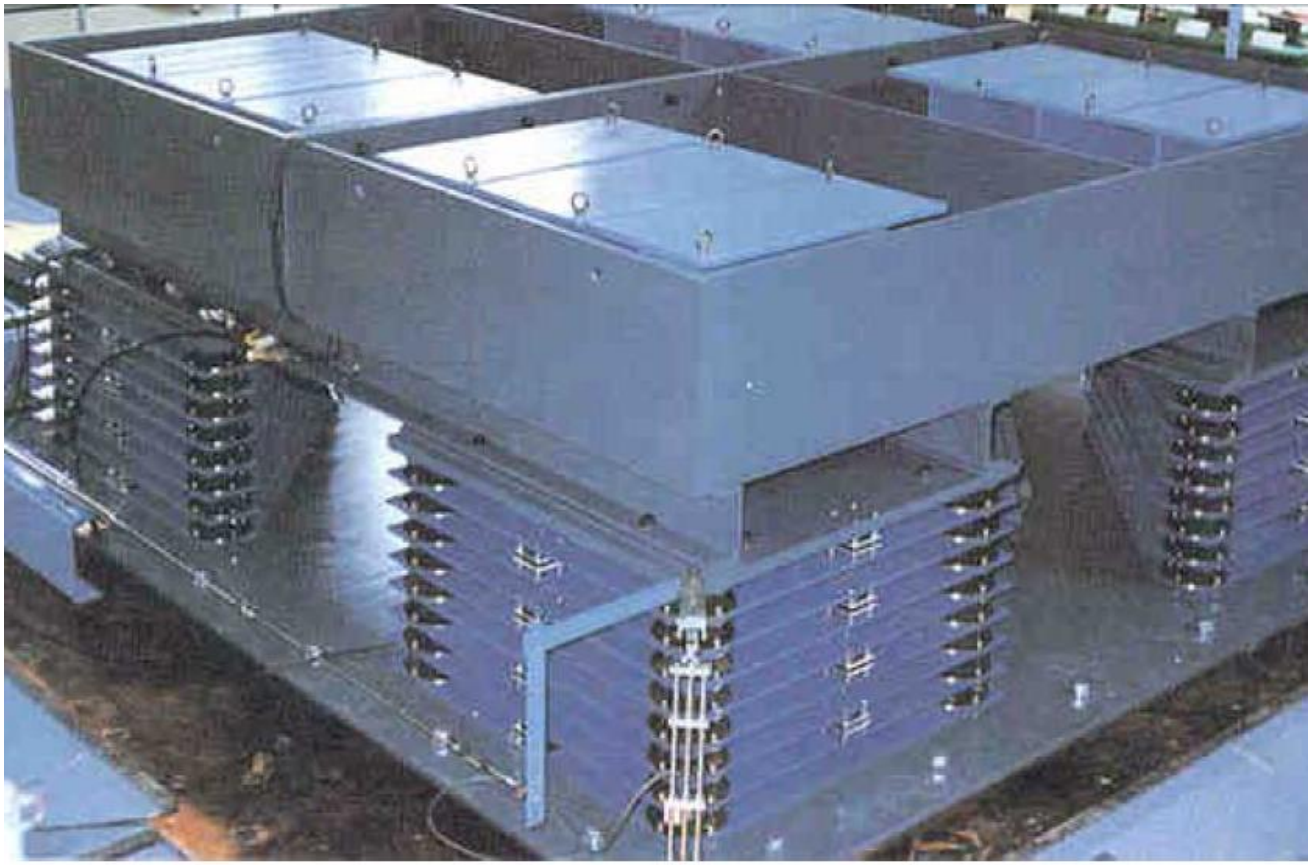
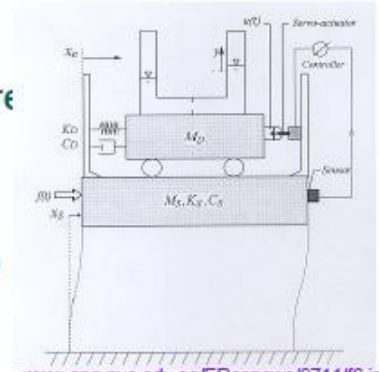


Fig. 4.6: Tuned mass damper - Huis Ten Bosch Tower, Nagasaki.

Tuned Liquid Column Damper (TLCD)

A TLCD is a type of tuned mass damper where the mass is replaced by a liquid (usually water)

The Rincon Hill tower in San Francisco is the first residential building to have a TLCD to reduce sway to acceptable comfort levels



www.eng.nus.edu.sg/EResnews/9711/f6.jpg

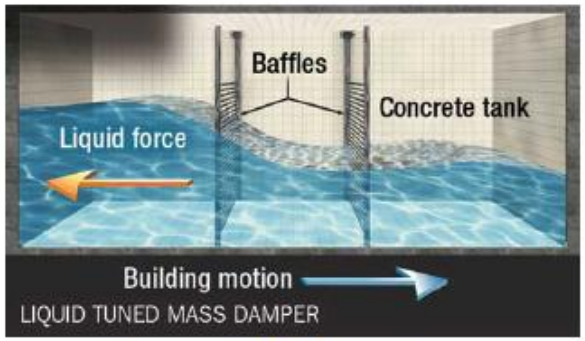


Image courtesy MKA Associates