سازمان نظام مهندسی ساختمان استان کرمانشاه

سیستم های ویژه جذب انرژی درسازه های فولادی

Energy Dissipation Systems In Steel Structures

دوره ارتقاء پایه دو به یک، صلاحیت محاسبات، رشته عمران

گردآورنده: امیرعباس کریمی

عضوهیئت علمی دانشگاه آزاداسلامی
کارشناس رسمی دادگستری در رشته راه وساختمان
عضو پایه یک سازمان نظام مهندسی ساختمان
سال پنجم دکترای تخصصی مهندسی عمران – گرایش سازه

ویرایش دوم : دی ۱۳۹۶

به نام خدا

باسلام

- استفاده از مطالب جزوه رایگان، وبا ذکر منبع بلامانع می باشد.

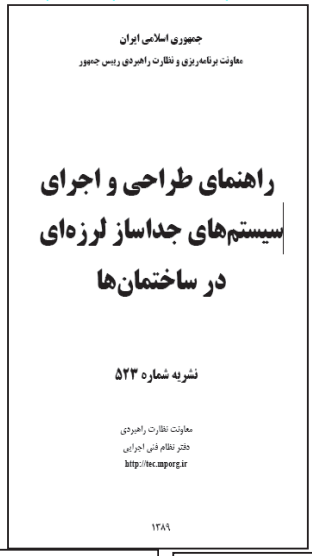
- لطفا پیشنهادات و راهنمائی های سازنده خود را، از طریق ایمیل ویا تلفن همراه منتقل بفرمایید.

Email: Amirabas.karimi@yahoo.com
Mobile: 09183310803

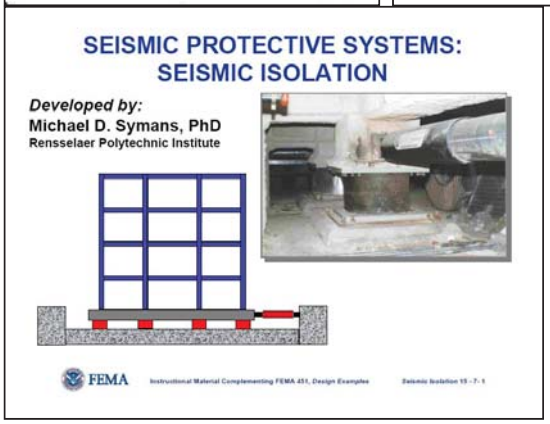
دوستدار شما- امیرعباس کریمی

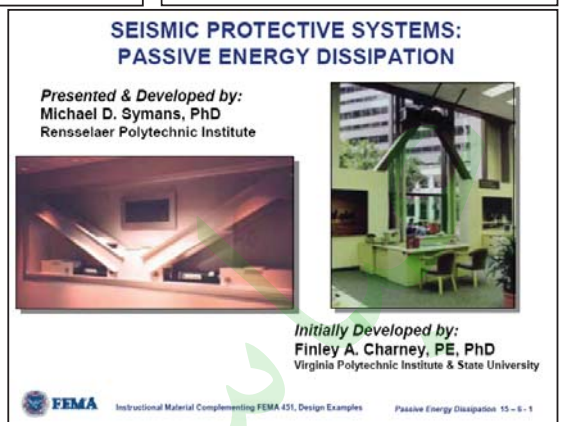
منابع:

مجموعه
استانداردها و آیین‌نامه‌های
ساختمانی ایران
دستورالعمل طراحی ساختمان‌های
دارای جداساز لرزه‌ای

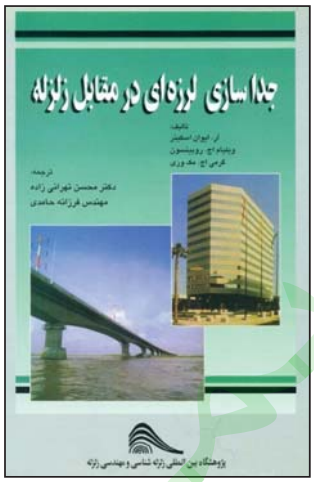

جمهوری اسلامی ایران
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور
راهنمای طراحی و اجرای
سیستم‌های جداساز لرزه‌ای
در ساختمان‌ها
نشریه شماره ۵۲۳
معاونت نظارت راهبردی
دفتر نظام فنی اجرایی
http://tec.mporg.ir
۱۳۸۹

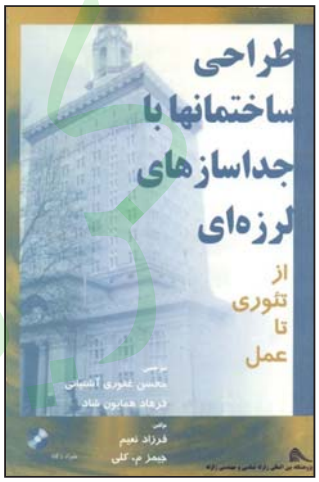
جمهوری اسلامی ایران
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور
راهنمای روش‌ها و شیوه‌های بهسازی
لرزه‌ای ساختمان‌های موجود و
جزئیات اجرایی
نشریه شماره ۵۲۴
معاونت نظارت راهبردی
دفتر نظام فنی اجرایی
nezamfanni.ir
۱۳۸۹


SEISMIC PROTECTIVE SYSTEMS:
SEISMIC ISOLATION
Developed by:
Michael D. Symans, PhD
Rensselaer Polytechnic Institute
FEMA

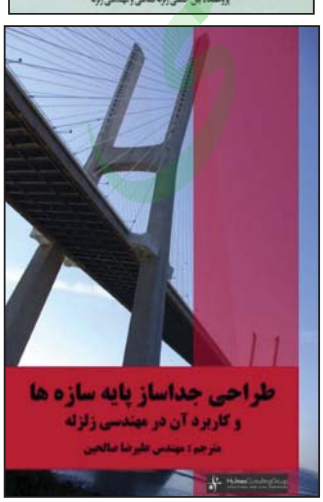

SEISMIC PROTECTIVE SYSTEMS:
PASSIVE ENERGY DISSIPATION
Presented & Developed by:
Michael D. Symans, PhD
Rensselaer Polytechnic Institute
Initially Developed by:
Finley A. Charney, PE, PhD
Virginia Polytechnic Institute & State University
FEMA

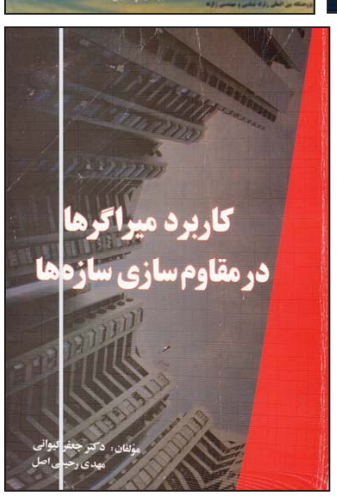
منابع:

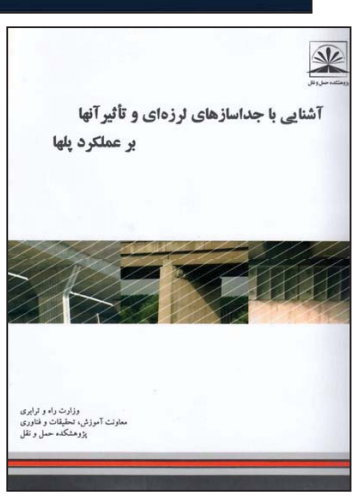

جداسازی لرزه‌ای در مقابل زلزله


طراحی
ساختمانها با
جداسازهای
لرزه‌ای
از
تئوری
تا
عمل

جداسازی لرزه‌ای سازه‌ها با
جداگر لرزه‌ای الاستومریک


طراحی جداساز پایه سازه ها
و کاربرد آن در مهندسی زلزله


کاربرد میراگرها
درمقاوم سازی سازه‌ها


آشنایی با جداسازهای لرزه‌ای و تأثیر آنها
بر عملکرد پلها

فهرست مطالب

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

آشنایی بامیراگرها، کاربرد وانواع آن ها

فهرست مطالب

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

آشنایی بامیراگرها، کاربرد وانواع آن ها

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

- **تاریخچه تدوین آیین نامه ها در ایران**
- **روش های طرح سازه ها در زلزله های بزرگ وهدف استاندارد ۲۸۰۰**
- **زلزله مبنای طراحی**
- **رفتارغیرخطی**
- **انواع رفتار غیر خطی**
- **اهمیت رفتار چرخه ای**
- **رفتارغیر خطی در زلزله**
- **مفهوم جابجایی یکسان**
- **ضریب رفتار**
- **ضریب اضافه مقاومت**
- **ضریب کاهش شکل پذیری**
- **ضریب بزرگنمایی جابجایی**

- **بیان مفهوم طراحی براساس عملکرد(نسبت ظرفیت به نیاز سازه)وبهسازی لرزه ای سازه ها به منظور، درک بهترسیستم جداسازی لرزه ای وسیستم استهلاک انرژی**

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

- **تاریخچه تدوین آیین نامه ها در ایران**
- **روش های طرح سازه ها در زلزله های بزرگ وهدف استاندارد ۲۸۰۰**
- **زلزله مبنای طراحی**

- **رفتارغیرخطی**
- **انواع رفتار غیر خطی**
- **اهمیت رفتار چرخه ای**
- **رفتارغیر خطی در زلزله**
- **مفهوم جابجایی یکسان**

- **ضریب رفتار**
- **ضریب اضافه مقاومت**
- **ضریب کاهش شکل پذیری**
- **ضریب بزرگنمایی جابجایی**

- **بیان مفهوم طراحی براساس عملکرد(نسبت ظرفیت به نیاز سازه)وبهسازی لرزه ای سازه ها به منظور، درک بهترسیستم جداسازی لرزه ای وسیستم استهلاک انرژی**

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

تاریخچه تدوین آیین نامه ها در ایران

- اولین گام ها پس از زلزله ۱۰ شهریور ۱۳۴۱ بویین زهرا در سال ۱۳۴۳ برداشته شد. تعیین بارهای زلزله در فصل هشتم **آیین نامه ۵۱۹** بود که در سال **۱۳۴۹** منتشر گردید.
- آیین نامه زلزله (استاندارد۲۸۰۰) در سال **۱۳۶۷** قانونی شد و برای تجدیدنظر آن، هر ۵ سال یکبار پیش بینی گردید.
- **ویرایش دوم سال ۷۸**
- **ویرایش سوم سال ۸۴**
- **ویرایش چهارم سال ۹۴**

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

روش های طرح سازه ها در برابر زلزله های بزرگ

- **پذیرش پاسخ غیرالاستیک** سازه که با تسلیم و در نتیجه با ایجاد خسارت در زلزله های بزرگ همراه بوده، در نتیجه لازم است چگونگی، مقدار و محل آنها کنترل گردد (موردنظر بیشتر آیین نامه ها).
- **جداسازی پایه** سازه از ارتعاش زمین.
- **افزایش میرایی** با ایجاد سیستم های جاذب انرژی در ساختمان و کاهش طیف پاسخ.

تذکر: در دو مورد اخیر ورود سازه به محدوده غیر ارتجاعی بسیار محدود است.

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

هدف : تعیین حداقل ضوابط و مقررات برای طرح و اجرای ساختمان ها برای مقاومت در برابر زلزله

= مسکونی

۱- ساختمان‌های با "اهمیت متوسط" در اثر زلزله طرح، آسیب عمدهٔ سازه‌ای و غیر سازه‌ای نبینند و تلفات جانی در آنها حداقل باشد.

۲- ساختمان‌های با "اهمیت زیاد" در اثر زلزله طرح، آسیب عمده نبینند، به‌طوری که در زمان کوتاهی قابل مرمت باشند.

۳- ساختمان‌های با "اهمیت خیلی زیاد"، در اثر زلزله طرح، تغییر مقاومت و سختی در اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای نداشته باشند، به‌طوری که بهره‌برداری از آنها امکان‌پذیر باشد.

۴- کلیه ساختمان‌های بلندتر از ۵۰ متر و یا بیشتراز ۱۵ طبقه و نیز کلیه ساختمان‌های با اهمیت زیاد و خیلی زیاد در اثر زلزله بهره‌برداری آسیبی نبینند و قابلیت بهره‌برداری خود را حفظ نمایند.

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

زلزله مبنای طراحی چه زلزله ایست؟

بر اساس نوع سازه، کاربری آن و نظر کارفرما تعیین می گردد.

- زلزله با احتمال بالا (زلزله بهره برداری)با دوره بازگشت ۱۰سال معادل ۹۹/۵ درصد در ۵۰ سال
- زلزله با احتمال متوسط معادل ۵۰ درصد در ۵۰ سال
- زلزله نادر (زلزله طرح) با دوره بازگشت ۴۷۵سال معادل ۱۰ درصد در ۵۰ سال
- زلزله بسیار نادر معادل ۵ درصد در ۵۰ سال
- زلزله حداکثر با دوره بازگشت ۲۴۷۵سال معادل ۲ درصد در ۵۰ سال

بطور معمول آیین نامه ها ایمنی جانی به همراه کنترل قابل قبول خسارات را با احتمال ۱۰ درصد در ۵۰ سال کافی می دانند.

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

- تاریخچه تدوین آیین نامه ها در ایران
- روش های طرح سازه ها در زلزله های بزرگ وهدف استاندارد ۲۸۰۰
- زلزله مبنای طراحی

- **رفتارغیرخطی**
- **انواع رفتار غیر خطی**
- **اهمیت رفتار چرخه ای**
- **رفتارغیر خطی در زلزله**
- **مفهوم جابجایی یکسان**

- ضریب رفتار
- ضریب اضافه مقاومت
- ضریب کاهش شکل پذیری
- ضریب بزرگنمایی جابجایی

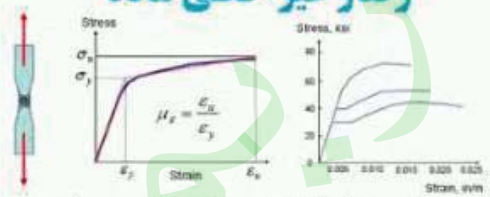
- بیان مفهوم طراحی براساس عملکرد(نسبت ظرفیت به نیاز سازه)وبهسازی لرزه ای سازه ها به منظور، درک بهترسیستم جداسازی لرزه ای وسیستم استهلاک انرژی

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

رفتار غیر خطی

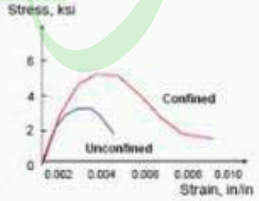
- در مهندسی زلزله، رفتار غیر خطی سازه مورد انتظار است و حفظ یکپارچگی ساختمان بستگی به توانایی سازه در تحمل تغییرشکل غیرخطی با چندین رفت و برگشت کامل بدون افت زیاد سختی و مقاومت دارد
- رفتار غیر خطی در سطوح مختلف سازه قابل تبیین می باشد
  - ماده
  - ناحیه بحرانی
  - مقطع
  - کل سازه
- مبنای طراحی این است که شکل پذیری لازم کمتر از شکل پذیری موجود باشد
- روش تعریف شکل پذیری با اهمیت است

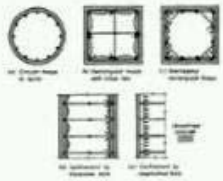
رفتار غیر خطی ماده



- تعیین نمودار تنش-کرنش برای مواد مختلف مانند بتن و فولاد به روش استاندارد
- شکل پذیری ماده بر حسب کرنش

$$\mu_\varepsilon = \frac{\varepsilon_u}{\varepsilon_y}$$





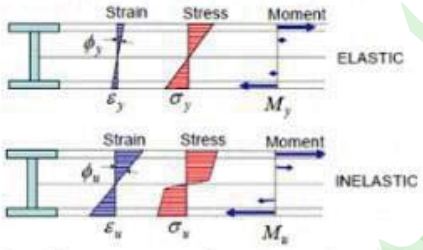
- توجه به تفاوت رفتار یکنواخت و رفت برگشتی در عملکرد لرزه ای مهم است

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

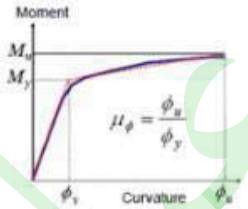
رفتار غیر خطی

رفتار غیر خطی مقطع

- بیان رفتار غیر خطی بر اساس لنگر و انحنا



- شکل پذیری مقطع بر حسب انحنا

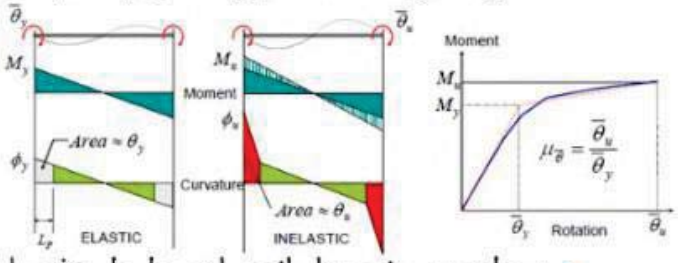


$$\mu_\phi = \frac{\phi_u}{\phi_y}$$

- توجه $\mu_\phi \le \mu_\varepsilon$

رفتار غیر خطی ناحیه بحرانی

- ناحیه بحرانی محدوده ای از عضو است که انتظارمی رود در ان مقدار زیادی رفتار غیر خطی اتفاق افتد (تشکیل مفصل پلاستیک)



- سطح زیر نمودار انحنا در طول مفصل پلاستیک برابر با دوران مفصل است
- شکل پذیری عضو بر حسب دوران انتهای عضو $\bar{\theta}$ یا دوران مفصل θ

$$\mu_{\bar{\theta}} = \frac{\bar{\theta}_u}{\bar{\theta}_y}$$

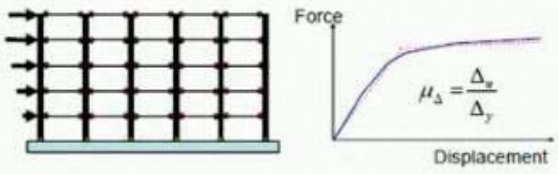
- توجه $\mu_{\bar{\theta}} \le \mu_\theta \le \mu_\phi$

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

رفتار غیر خطی

رفتار غیر خطی سازه

- بررسی رفتار کل سازه بر اساس نیرو و جابجایی جانبی



- به نمودار نیرو - جابجایی جانبی منحنی ظرفیت نیز گفته می شود Capacity Curve
- شکل پذیری سازه بر حسب جابجایی جانبی

$$\mu_\Delta = \frac{\Delta_u}{\Delta_y}$$

- توجه $\mu_\Delta \le \mu_{\bar{\theta}}$

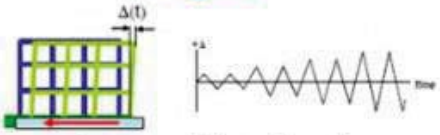
مقایسه انواع شکل پذیری

- شکل پذیری کرنش $\mu_\varepsilon = 100$
- شکل پذیری انحنا $\mu_\phi = 12$ to 20
- شکل پذیری دوران $\mu_\theta = 8$ to 14
- شکل پذیری جابجایی $\mu_\Delta = 4$ to 10
- برای رفتار مناسب لرزه ای نیاز به تامین شکل پذیری جابجایی به میزان 4 تا 6 است
- رفتارچرخه ای مناسب احتیاج به استفاده از ماده و سیستم شکل پذیر دارد
- توانایی اتلاف انرژی در رفتار چرخه ای نماد خوبی از عملکرد مناسب لرزه ای می باشد

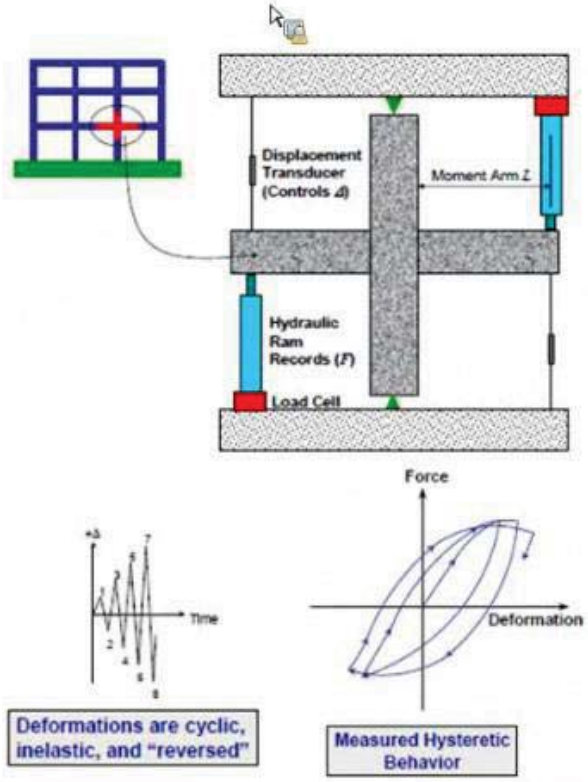
آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

رفتار چرخه ای

اهمیت



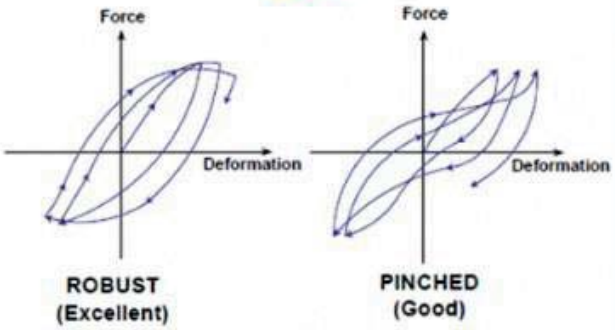
- باید توجه کرد که زلزله بر سازه نیرو وارد نمی کند (نیرو در بارگذاری فرضی است)
- در واقع زلزله بر سازه جابجایی وارد می نماید که نیروی اینرسی حاصل این تغییر شکل می باشد
- در طول زلزله تغییر شکل ها رفت و برگشتی (چرخه ای) و غیرخطی است
- عملکرد لرزه ای سازه با بررسی ازمایشگاهی با اعمال جابجایی رفت و برگشتی مشخص و اندازه گیری نیروی مقاوم صورت می گیرد



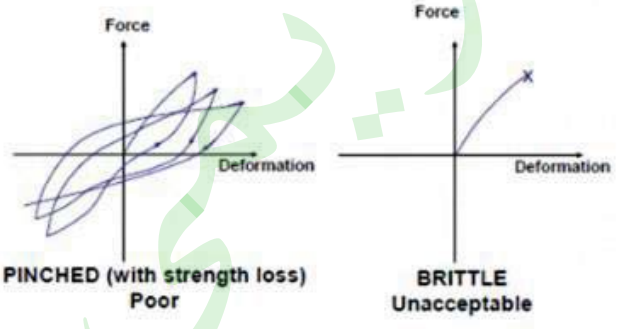
آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

رفتار چرخه ای

شکل



- شکل نمودار رفت و برگشتی نیرو - تغییر شکل بیانگر کیفیت رفتار می باشد
- هر چه سطح زیر نمودار بیشتر باشد (افزایش اتلاف انرژی) و در چرخه ی بارگذاری افت مقاومت مشاهده نشود، رفتار مطلوب است

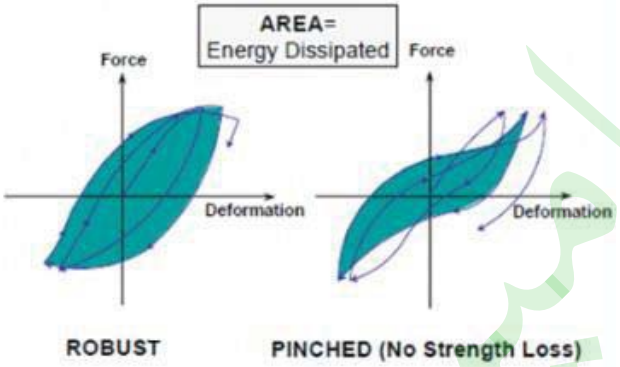


- کاهش سختی و مقاومت در بارگذاری رفت و برگشتی نشان دهنده رفتار لرزه ای ضعیف است
- استفاده از سیستمی که رفتار ترد دارد در طرح لرزه ای مجاز نیست

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

رفتار چرخه ای

اتلاف انرژی



- هرچه سطح زیر نمودار نیرو - تغییر شکل بیشتر باشد رفتار مناسب تر است

طرح لرزه ای

- سازه باید قادر باشد چندین رفت و برگشت را بدون کاهش زیاد مقاومت تحمل کند
- مقداری کاهش سختی در بارگذاری رفت وبرگشتی غیر قابل اجتناب است، ولی کاهش سختی زیاد می تواند باعث زوال سازه گردد
- هنر طراحی سیستم باربر زلزله، انتخاب جزییات اجرایی مناسب است
- با جزییات اجرایی خوب می توان سازه را برای بارهای به مراتب کمتری نسبت به سطح بار رفتار ارتجاعی طراحی نمود

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

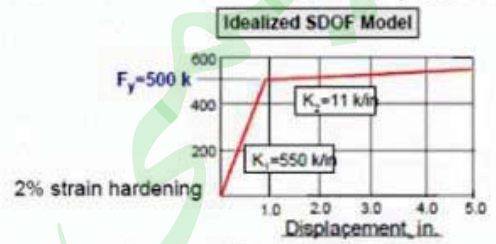
رفتار غیر خطی در زلزله

کاهش نیروی زلزله

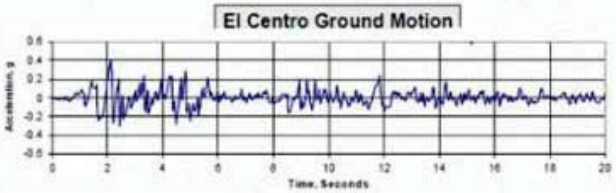
- اگر بخواهیم در برابر زلزله سازه بگونه ای طراحی شود که در محدوده رفتار خطی قرار گیرد، طرح خیلی غیر اقتصادی می گردد
- برای کاهش نیروی زلزله راهکارهای زیر وجود دارد
  - جدا کردن سازه از حرکت زمین ← جداسازی پایه (لرزه ای) Base Isolation
  - افزایش میرایی سازه ← اتلاف انرژی (کنترل غیر فعال) Passive Energy Dissipation
  - اجازه دادن پاسخ غیر خطی مشخص
- ایین نامه های طراحی روش سوم (فرایند رفتار غیرخطی) را استفاده می کنند که مستلزم اسیب دیدن (تسلیم) سازه است

مثال عددی

- نمونه پاسخ سیستم یک درجه ازادی غیر خطی (دو خطی)



- نیروی تسلیم برابر 15٪ حداکثر نیروی رفتار خطی سیستم

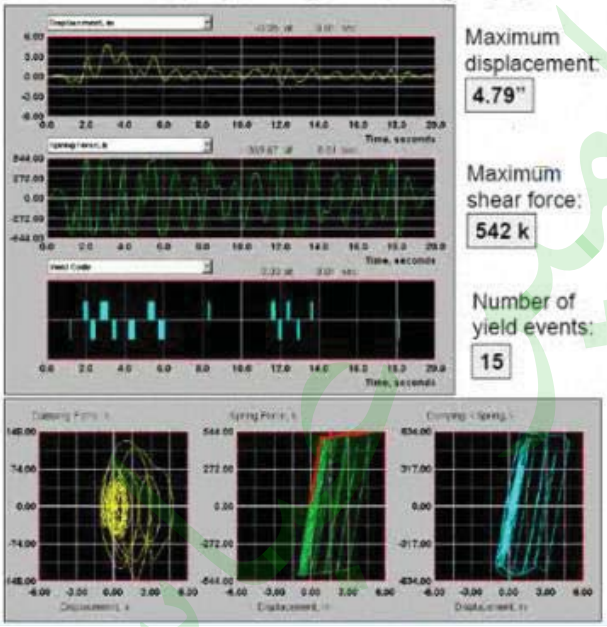


آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

رفتار غیر خطی در زلزله

مثال عددی

- یافتن پاسخ غیر خطی با نرم افزار NONLIN



- جابجایی تسلیم - جابجایی حداکثر شکل پذیری مورد نیاز

Yield displacement = 500/550 = 0.91 inch

$$\text{Ductility Demand} = \frac{\text{Maximum Displacement}}{\text{Yield Displacement}} = \frac{4.79}{0.91} = 5.26$$

Ductility Demand < Ductility Supply

- لزوم تحمل چندین رفت و برگشت غیر خطی مشهود است
- با تامین تغییر شکل غیرخطی بیش از 5.3 برابر جابجایی تسلیم می توان سازه را برای مقاومتی حدود 15٪ نیروی رفتار خطی طراحی کرد
- باید به محدود کردن جابجایی زیاد ناشی از رفتار غیر خطی توجه نمود، چون می تواند باعث اسیب زیاد اجزای سازه ای و غیرسازه ای گردد

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

مفهوم جابجایی یکسان

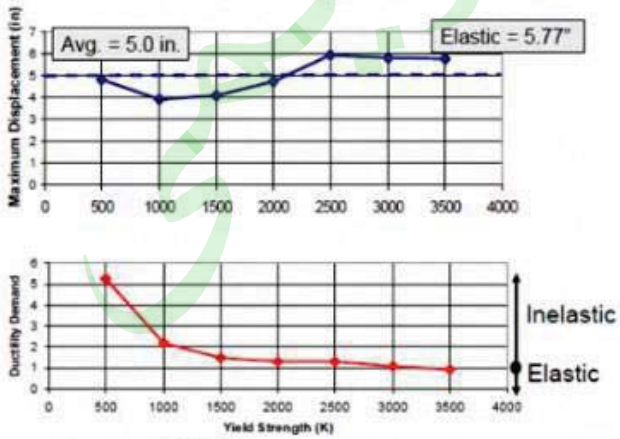
- جابجایی یکسان از اصول مهندسی زلزله و مبانی تعیین نیروی خطی مورد نیاز در طرح لرزه ای با استفاده از ضریب رفتار است

Equal Displacement

- بر اساس این مفهوم، حداکثر جابجایی سیستمی غیر خطی در یک زلزله مشخص تقریبا با جابجای همان سیستم با رفتار خطی یکسان می باشد
- به عبارت دیگر جابجایی سیستم مستقل از مقاومت (تسلیم) سیستم است

مثال عددی

- تکرار مثال غیرخطی با تغییر مقاومت تسلیم



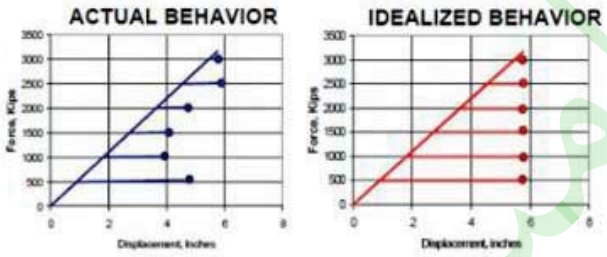
- رفتار سازه با مقاوت تسلیم 3500 k خطی است
- جابجایی تا حدودی مستقل از مقاومت تسلیم است، ولی با کاهش مقاومت شکل پذیری لازم به شدت افزایش می یابد

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

مفهوم جابجایی یکسان

مثال عددی

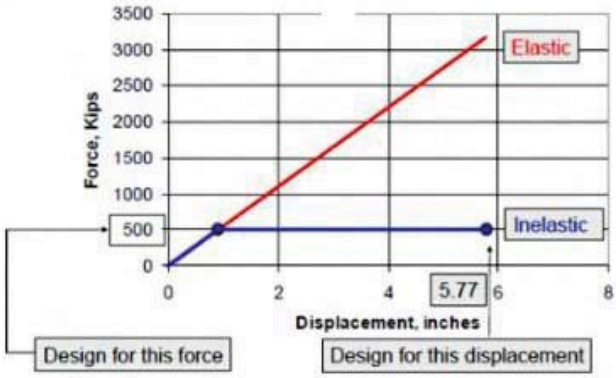
- مقایسه رفتار واقعی و ایده ال



- بر اساس جابجایی یکسان، حداکثر جابجایی سیسم غیرخطی به طور محافظه کارانه ای براورد می شود

ایده ال سازی سیستم غیرخطی

- برای طراحی می توان جابجایی سیستم غیرخطی را معادل پاسخ رفتار خطی دانست



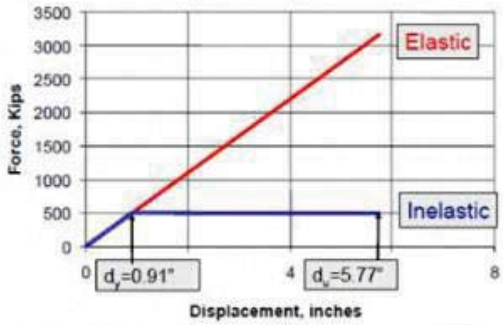
- نیروی لازم در رفتار غیرخطی به مراتب کمتر از نیروی مورد نیاز رفتار خطی است

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

مفهوم جابجایی یکسان

شکل پذیری لازم

- بر اساس جابجایی یکسان، می توان مقدار شکل پذیری لازم سیستم را بدست اورد

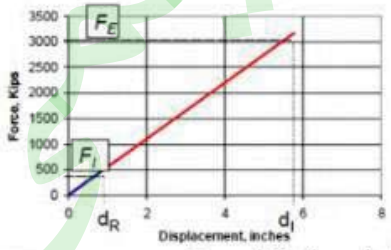


Ductility supply MUST BE > ductility demand = $\frac{5.77}{0.91} = 6.34$

- فرایند طراحی برعکس است یعنی با در نظر گرفتن شکل پذیری موجود مقاومت لازم تعیین می شود

تخمین مقاومت لازم

- با استفاده از طیف پاسخ، می توان نیروی ارتجاعی مورد نیاز F_E را تخمین زد



- بر اساس شکل پذیری موجود μ مقاومت لازم F_I تعیین می گردد $F_I = F_E/\mu$
- محاسبه جابجایی کاهش یافته d_R و تعیین جابجایی غیرخطی واقعی d_I جهت کنترل جابجایی سیستم $d_I = d_R \times \mu$

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

- تاریخچه تدوین آیین نامه ها در ایران
  - روش های طرح سازه ها در زلزله های بزرگ وهدف استاندارد ۲۸۰۰
  - زلزله مبنای طراحی

- رفتارغیرخطی
  - انواع رفتار غیر خطی
  - اهمیت رفتار چرخه ای
  - رفتارغیر خطی در زلزله
  - مفهوم جابجایی یکسان

- **ضریب رفتار**
  - **ضریب اضافه مقاومت**
  - **ضریب کاهش شکل پذیری**
  - **ضریب بزرگنمایی جابجایی**

- بیان مفهوم طراحی براساس عملکرد(نسبت ظرفیت به نیاز سازه)وبهسازی لرزه ای سازه ها به منظور، درک بهترسیستم جداسازی لرزه ای وسیستم استهلاک انرژی

مفاهیم پایه آیین نامه ASCE 7

ضریب اصلاح پاسخ (رفتار)

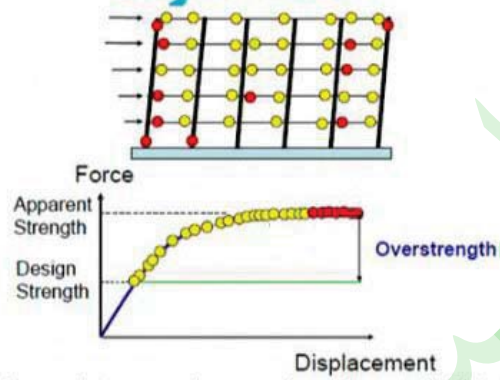
- از مفهوم جابجایی یکسان استفاده می شود، برای تعیین مقاومت مقدار شبه شتاب بر ضریب اصلاح پاسخ (ضریب رفتار) R تقسیم می شود
  Response Modification Coefficient
- ضریب اصلاح پاسخ دربرگیرنده اثرات زیر است
  - شکل پذیری موجود پیش بینی شده
  - اضافه مقاومت (فراتر از مقاومت لازم)
  - میرایی (اگر متفاوت با نسبت میرایی 5٪ باشد)
  - سابقه عملکرد سیستم سازه ای مشابه
  - میزان نامعینی سازه

اضافه مقاومت

- بر اساس تحلیل استاتیکی افزاینده، نمودار نیرو جابجایی غیرخطی سازه بدست می اید
  Pushover Analysis
  - عملکرد سازه تا تشکیل اولین مفصل پلاستیک کاملا خطی است
  - اولین مفصل اصلی بیان کننده مقاومت طراحی سازه می باشد
  - اگر مفصل دارای شکل پذیری کافی باشد، مفصل دوران اضافی غیرخطی را بدون از دست دادن مقاومت تحمل می کند
  - تا جاری شدن سایر قسمت های سازه با افزایش لنگر می تواند بار اضافی جذب نماید

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

اضافه مقاومت



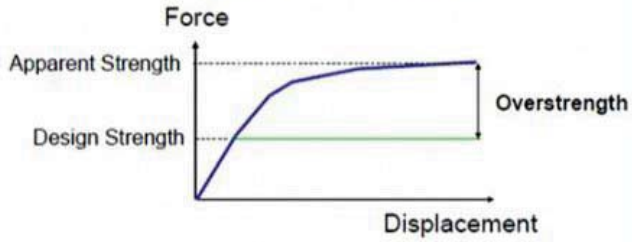
- با افزایش بار جانبی سازه به نهایت ظرفیت تغییرشکل و مقاومت خود می رسد
- اضافه مقاومت برابر است با مقاومت مازاد نسبت به مقاومت طراحی Overstrength
- کل مقاومت سیستم را مقاومت ظاهری می نامند Apparent Strength

علت اضافه مقاومت

- دلایل اصلی اضافه مقاومت را می توان ناشی از این عوامل دانست
  - جاری شدن متوالی نواحی بحرانی سازه
  - مقاوت اضافی مواد تشکیل دهنده سازه (اختلاف مقاومت واقعی و مقاومت مشخصه)
  - سخت شدگی کرنشی
  - اعمال ضرایب کاهش مقاومت ϕ در طراحی
  - انتخاب مقاطع طراحی بر اساس مقاطع موجود، تیپ بندی و ملاحظات اجرایی
- برای سازه های واقعی اضافه مقاومت می تواند تا دو یا سه برابر مقاومت طراحی باشد

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

ضریب اضافه مقاومت



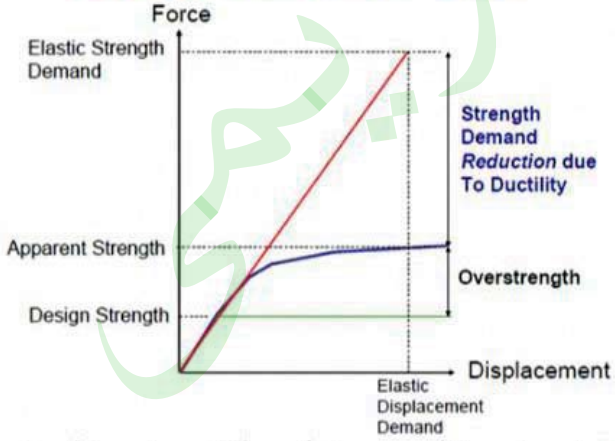
- به نسبت مقاومت ظاهری به مقاومت طراحی ضریب اضافه مقاومت Ω_0 می گویند

Overstrength Factor

$$\text{Overstrength Factor } \Omega = \frac{\text{Apparent Strength}}{\text{Design Strength}}$$

- طبق ایین نامه، Ω_0 بیان کننده حد بالای اضافه مقاومت سازه واقعی است

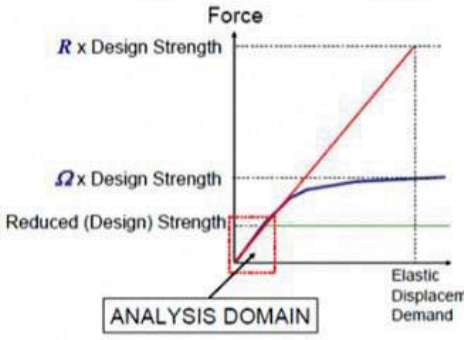
ضریب کاهش شکل پذیری



- نسبت مقاومت خطی لازم به مقاومت ظاهری را ضریب کاهش شکل پذیری R_d می نامند Ductility Reduction Factor

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

ضریب اصلاح پاسخ

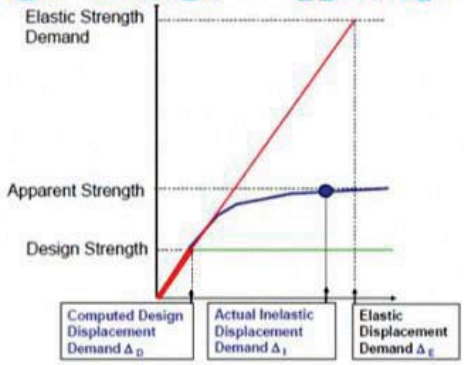


- با استفاده از ضریب اصلاح پاسخ (ضریب رفتار) R مقاومت لازم ارتجاعی به مقاومت لازم طراحی تبدیل می گردد

Response Modification Coefficient

$$R = \frac{\text{Elastic Strength Demand}}{\text{Design Strength}} = R_d\,\Omega$$

ضریب بزرگنمایی جابجایی



- با ضرب جابجایی مقاومت طراحی در ضریب بزرگنمایی جابجایی C_d می توان جابجایی واقعی سیستم غیرخطی را بدست اورد

Deflection Amplification Factor

- چون ضریب اصلاح پاسخ تنها $C_d < R$ شامل اثرات شکل پذیری نیست

توجه: R همان Ruدر استاندارد ۲۸۰۰ویرایش چهارم می باشد.

ak1

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

نمونه ضرایب طراحی سازه فولادی

- Table 12.2-1
Design Coefficients and Factors for Seismic Force-Resisting Systems

	R	Ω_0	R_d	C_d
Special Moment Frame	8	3	2.67	5.5
Intermediate Moment Frame	4.5	3	1.50	4.0
Ordinary Moment Frame	3.5	3	1.17	3.0
Eccentric Braced Frame	8	2	4.00	4.0
Eccentric Braced Frame (Pinned)	7	2	3.50	4.0
Special Concentric Braced Frame	6	2	3.00	5.0
Ordinary Concentric Braced Frame	3.25	2	1.25	3.25
Not Detailed	3	3	1.00	3.0

- Ω_0 ضریب اضافه مقاومت بیشترین مقدار مورد انتظار است
- R_d ضریب کاهش شکل پذیری حداقل شکل پذیری لازم را نشان می دهد

نمونه ضرایب طراحی سازه بتنی

- Table 12.2-1
Design Coefficients and Factors for Seismic Force-Resisting Systems

	R	Ω_0	R_d	C_d
Special Moment Frame	8	3	2.67	5.5
Intermediate Moment Frame	5	3	1.67	4.5
Ordinary Moment Frame	3	3	1.00	2.5
Special Reinforced Shear Wall	5	2.5	2.00	5.0
Ordinary Reinforced Shear Wall	4	2.5	1.60	4.0
Detailed Plain Concrete Wall	2	2.5	0.80	2.0
Ordinary Plain Concrete Wall	1.5	2.5	0.60	1.5

- R_d کمتر یا مساوی یک نمایانگر رفتار ارتجاعی سیستم است

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

توضیحات تکمیلی ضریب رفتار:

- سه عامل مقاومت، سختی وشکل پذیری به عنوان معیارهای اصلی طراحی(نیازهای لرزه ای-غیر ارتجاعی) سازه ها در برابر زلزله های شدید شناخته می شوند.

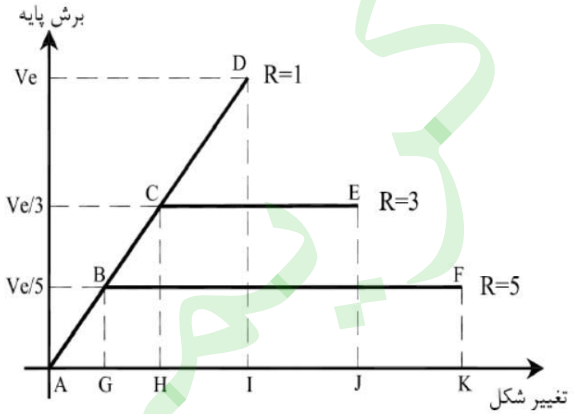
نیازهای مقاومت وشکل پذیری به هم وابسته اند وافزایش وجود هر کدام باعث کاهش نیاز به دیگری برای مقابله با یک زلزله خاص می شود.

- **ضریب رفتار** ضریبی است که در برگیرنده عملکرد غیر ارتجاعی سازه ها در برابر زلزله های شدید بوده ودر طراحی لرزه ای برای تبدیل طیف پاسخ ارتجاعی به طیف پاسخ غیر ارتجاعی بکار می رود. وبا اعمال آن در طراحی لرزه ای سازه ها، نیاز به تحلیل غیر ارتجاعی از بین می رود.

اگر میزان جذب انرژی در سازه ها توسط مقاومت وتغییر شکل غیر ارتجاعی ثابت فرض شود، به کمک ضریب رفتار سهم مقاومت در جذب انرژی از کل انرژی جذب شده تعیین می گردد.

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

مقایسه ضریب رفتارهای مختلف:



شکل ۱- منحنی بار- تغییر شکل ایده آل برای سازه ها

توضیحات تکمیلی اضافه مقاومت:

- مشاهدات در بسیاری از زلزله ها نشان داده است که سازه های ساختمانی به طور قابل ملاحظه ای قادر به پایداری بدون خسارت در برابر نیروی جانبی بالاتر از نیروی طراحی می باشند. این مورد به علت وجود **"اضافه مقاومت"** در سازه ها می باشد.

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

- تاریخچه تدوین آیین نامه ها در ایران
- روش های طرح سازه ها در زلزله های بزرگ وهدف استاندارد ۲۸۰۰
- زلزله مبنای طراحی

- رفتارغیرخطی
- انواع رفتار غیر خطی
- اهمیت رفتار چرخه ای
- رفتارغیر خطی در زلزله
- مفهوم جابجایی یکسان

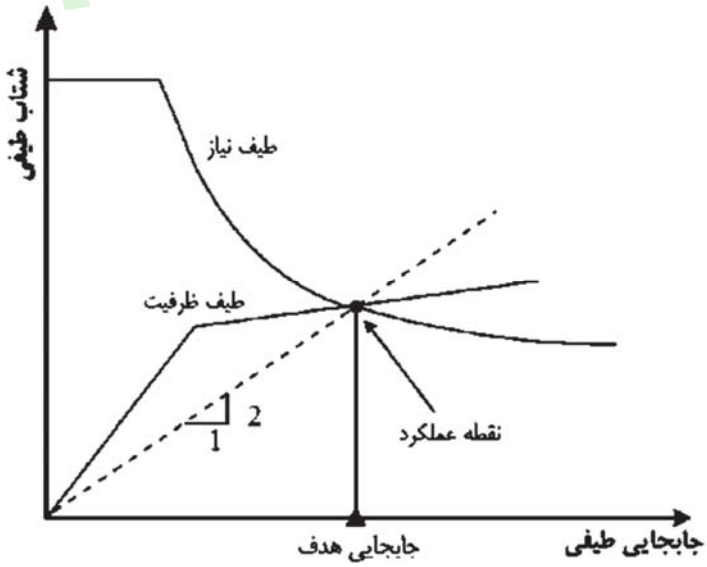
- ضریب رفتار
- ضریب اضافه مقاومت
- ضریب کاهش شکل پذیری
- ضریب بزرگنمایی جابجایی

- **بیان مفهوم طراحی براساس عملکرد(نسبت ظرفیت به نیاز سازه)وبهسازی لرزه ای سازه ها به منظور، درک بهترسیستم جداسازی لرزه ای وسیستم استهلاک انرژی**

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

۱-۲- روش ارزیابی براساس نسبت ظرفیت به نیاز سازه

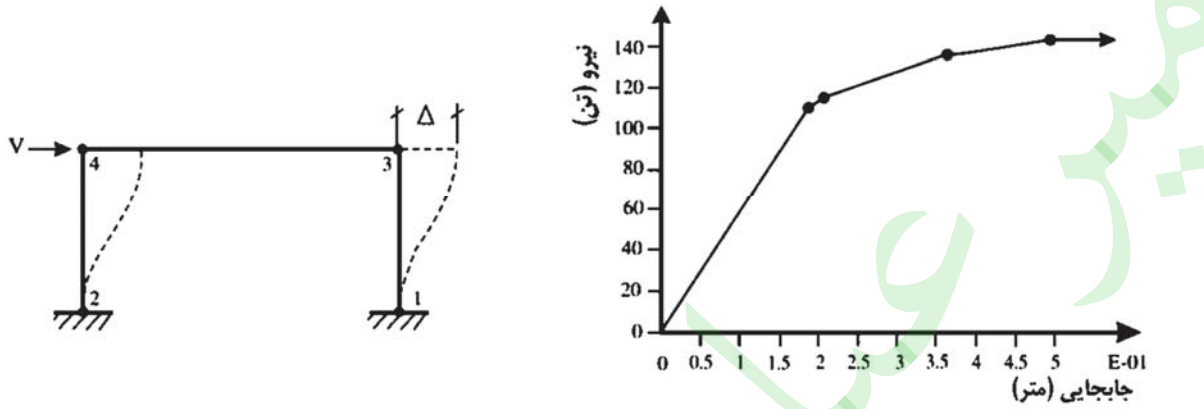
در این روش، عملکرد سازه در وضعیت حداکثر پاسخ آن تحت زلزله طرح، ارزیابی می‌گردد. برای رسیدن به این وضعیت، مقاومت سازه در برابر جابجایی و تغییر مکان جانبی یک نقطه از سازه (در ساختمانها معمولاً بام) تعیین می‌شود. مقاومت مذکور بصورت منحنی‌ای که آن را منحنی ظرفیت می‌نامند، تعیین می‌گردد. بعد از تعیین منحنی ظرفیت، نقطه‌ای بر روی آن تعیین می‌شود که با جابجایی نیاز زلزله طرح سازگار باشد. نقطهٔ مذکور را نقطه عملکرد و جابجایی متناظر با آن را جابجایی نیاز یا هدف می‌نامند.



آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

۱-۲-۱- منحنی ظرفیت و طیف ظرفیت

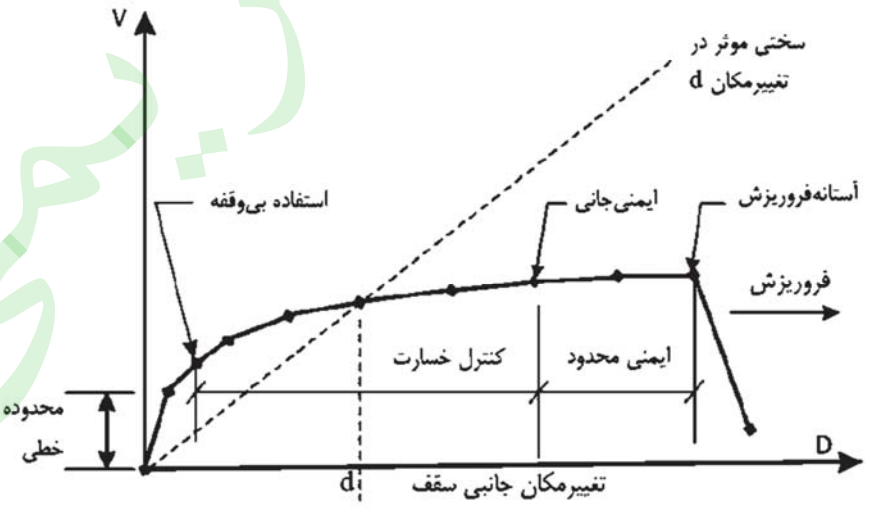
منحنی ظرفیت، نشان دهندهٔ برش پایه قابل تحمل توسط سازه، تحت بارگذاری تدریجی، به ازاء تغییر شکل جانبی تـراز معـین شده سازه (بام) در برابر بارهای وارد بر آن می‌باشد. در صورتی که ظرفیت خطی (الاستیک) سازه نامحدود باشد، این منحنی بصورت یک خط ثابت بوده که شیب آن برابر با سختی سازه می‌باشد. اما از آنجایی که ظرفیت خطی سازه محدود می‌باشد، منحنـی ظرفیـت سازه‌ها بطور عمومی شامل مجموعه‌ای از خطوط مستقیم بوده که با کاهش شیب مواجه هستند. ایـن کـاهش شـیب نـشان دهنـده کاهش سختی سازه می‌باشد (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱- منحنی ظرفیت (برش پایه در برابر جابجایی بام)

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

منحنی طیف ظرفیت سازه، منحنی شتاب طیفی قابل تحمل توسط سازه نسبت به تغییر مکان طیفی بام می‌باشد. در شکل‌هـای (۱-۲) و (۱-۳) نمونه‌ای از منحنی‌های ظرفیت و طیف ظرفیت سازه نمایش داده شده است.



شکل ۱-۲- منحنی ظرفیت تیپ

به منظور تعیین منحنی ظرفیت یا طیف ظرفیت سازه، استفاده از روش‌های تحلیل غیرخطی (استاتیکی، دینامیکی) ضروری می‌باشد.

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

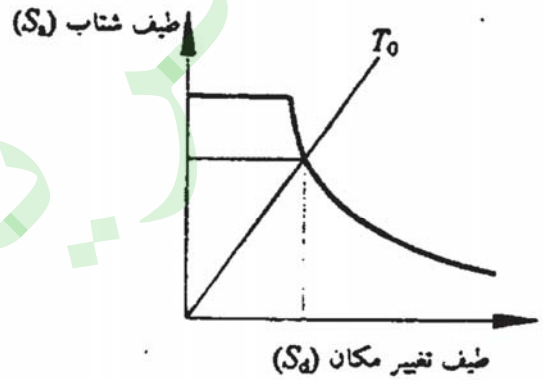
برای ترسیم منحنی ظرفیت در دستگاه مختصات (S_a S_d) از روابط زیر استفاده می شود:

$$S_a=\frac{V/W}{PM_1} \qquad (۲۱-۳)$$

$$S_d=\frac{\Delta_{roof}}{\gamma_1 \Phi_{roof,1}} \qquad (۲۲-۳)$$

در این روابط ، PM_1ضریب جرم موثر در مود اول γ_1، ضریب مشارکت مود اول V، برش پایه ، W ، وزن کل ساختمان با احتساب درصدی از بار زنده ، $\Phi_{roof,1}$شکل مود اول در طبقه بام می باشد.

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

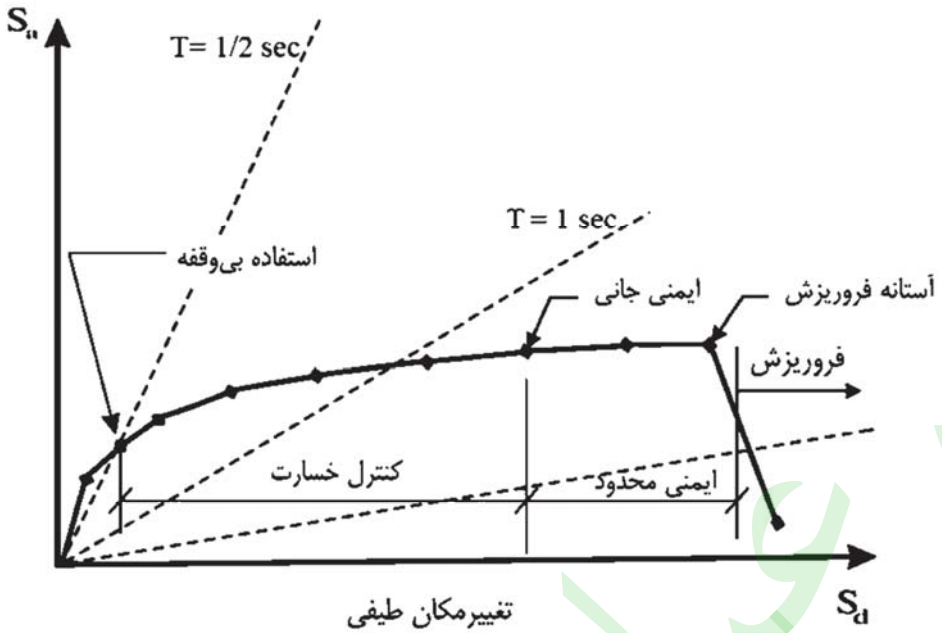


شکل ۳-۲۱- طیف ارتجاعی در دستگاه مختصات تغییر مکان و شتاب[۲]

در این دستگاه مختصات ، هر خط راست که از مرکز مختصات عبور کند متناظر با یک زمان تناوب ارتعاش ثابت است . زیرا :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{S_d}{S_a}} \qquad (۱۴-۳)$$

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

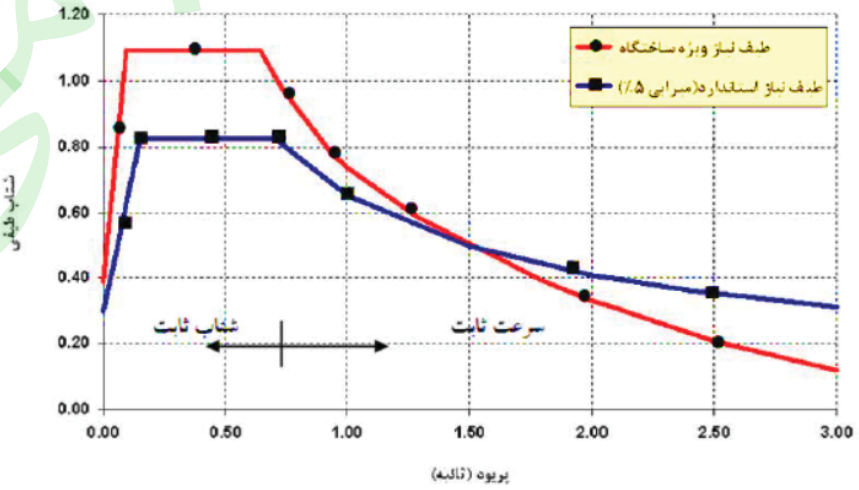


شکل ۱-۳- منحنی طیف ظرفیت تیپ

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

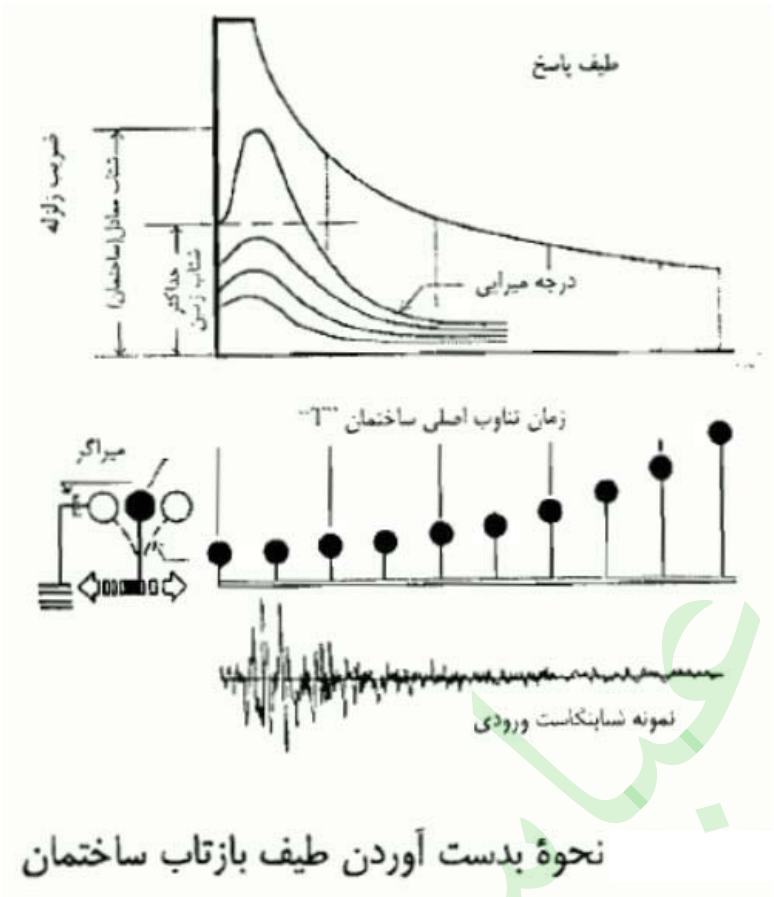
۱-۲-۲- طیف نیاز

زلزله اعمالی به سازه به صورت شتاب وارد بر سازه تعریف می‌گردد که به آن طیف نیاز سازه می‌گویند. منحنی‌های طیف نیاز به دو دسته طیف نیاز استاندارد و طیف نیاز ویژه ساختگاه طبقه‌بندی می‌شوند، این منحنی‌ها معمولاً دارای دو بخش شتاب ثابت و سرعت ثابت می‌باشند. بطور معمول منحنی‌های طیف نیاز برای میرایی ۵ درصد تهیه می‌شوند که بر اساس آن نیاز با میرایی‌های مختلف قابل ترسیم خواهد بود (شکل۱-۴).



شکل ۱-۴- منحنی طیف نیاز استاندارد و ویژهٔ ساختگاه

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

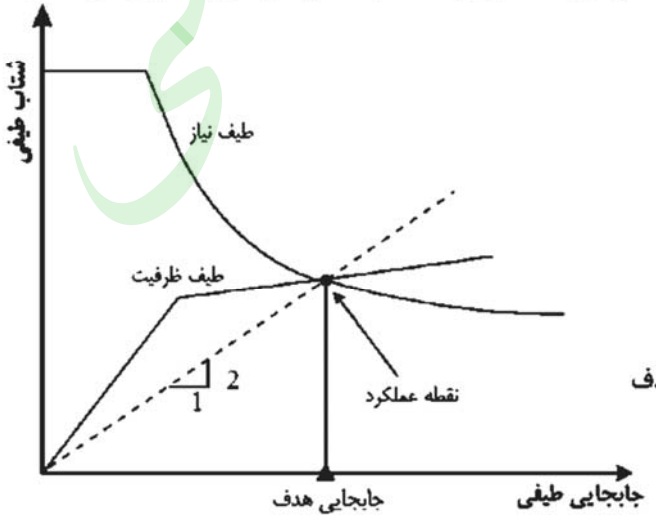


نحوهٔ بدست آوردن طیف بازتاب ساختمان

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

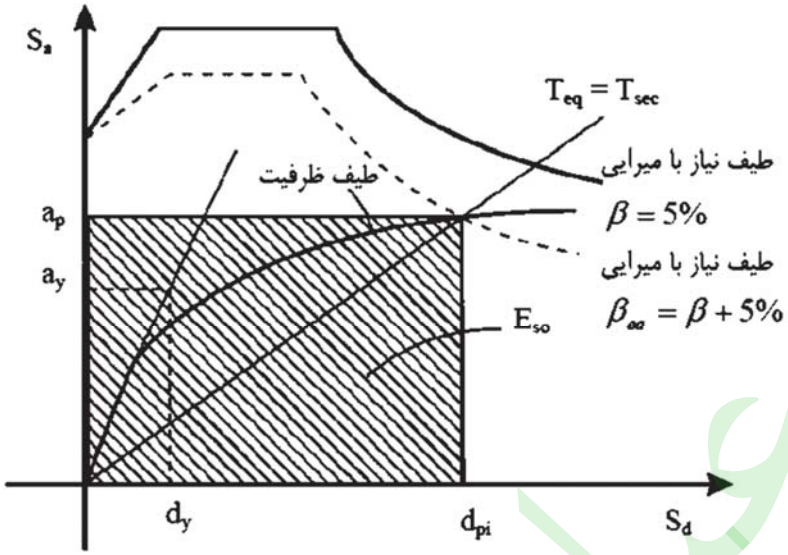
۱-۲-۳- نقطه عملکردی و جابجایی هدف سازه

به محل تقاطع منحنی‌های ظرفیت و نیاز سازه که در سیستم مختصات صحیح رسم شده باشند نقطه عملکرد سازه گویند. که در آن نیاز سازه با ظرفیت موجود در آن مساوی است. در واقع نقطه عملکرد، نقطه توقف سازه در طول منحنی ظرفیت سازه است. لازم به ذکر است در صورتی که تقاطع دو منحنی در قسمت خطی اولیه قرار نگیرد باید منحنی نیاز با میرایی متناسب ترسیم گردد. از این رو تعیین دقیق نقطه عملکرد، مستلزم روش سعی و خطایی خواهد بود. همچنین جابجایی نیاز یا هدف، حداکثر جابجایی بام را تحت اثر زلزله طرح یا هر زلزله بکار رفته در تحلیل غیرخطی نشان می‌دهد. در واقع هدف از تحلیل غیرخطی، تعیین پاسخ سازه در نقطه عملکرد و جابجایی هدف می‌باشد (شکل۱-۵).



شکل ۱-۵- مشخص کردن نقطه عملکرد و جابجایی هدف

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

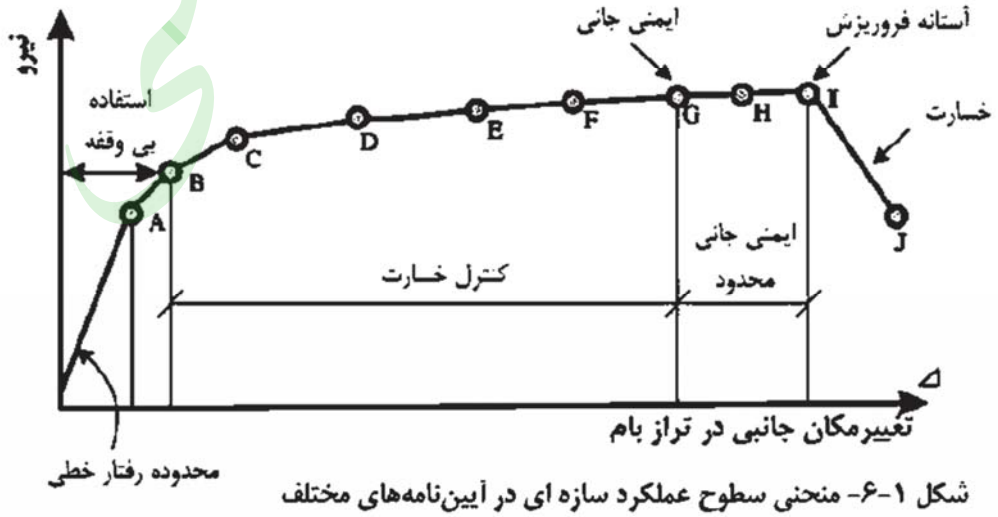


شکل ۱-۵- مشخص کردن نقطه عملکرد و جابجایی هدف

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

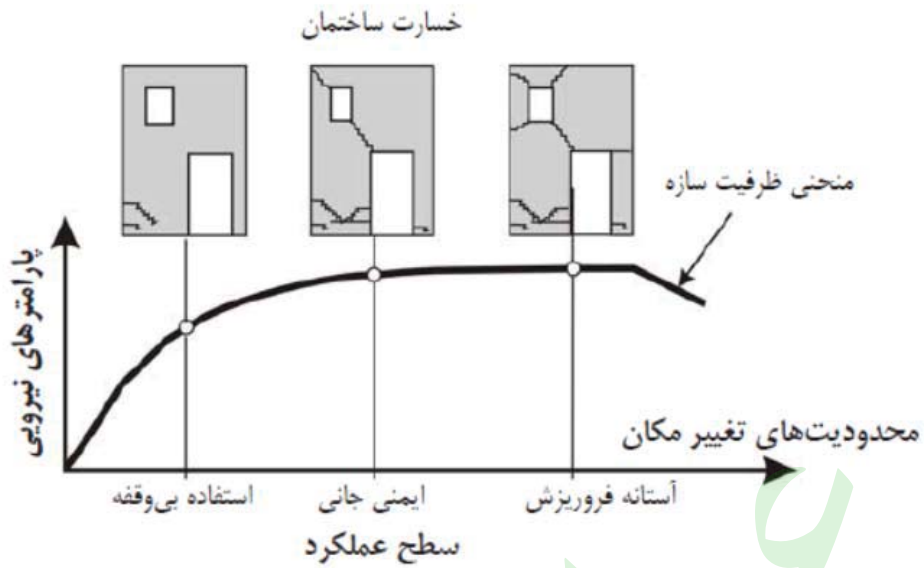
۱-۲-۴- رفتار یا عملکرد هدف

سطح عملکرد لرزه‌ای مورد انتظار از سازه معمولاً با تعیین حداکثر خرابی مجاز اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای برای سطح مشخصی از خطرپذیری لرزه‌ای بیان می‌شود. انتخاب ترازهای عملکردی شامل شناسایی تراز خسارت قابل قبول، برای شدت خاصی از زلزله است. تعداد ترازهای زلزله با توجه به معیارهای آیین‌نامه‌ای انتخاب می‌شود که این معیارها تابعی از اهمیت سازه از نظر اقتصادی و اجتماعی می‌باشد. آیین‌نامه‌های مختلف تعاریف متفاوتی از سطوح عملکردی ارائه کرده‌اند که با وجود اختلافات ظاهری مبنای همه آنها یکی است (شکل ۱-۶).



شکل ۱-۶- منحنی سطوح عملکرد سازه ای در آیین‌نامه‌های مختلف

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای



شکل ۱-۶- منحنی سطوح عملکرد سازه ای در آیین‌نامه‌های مختلف

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

۱-۳- بهسازی سازه‌ها

براساس ارزیابی‌هایی که بر روی سازه انجام می‌شود ضعف‌ها و کاستی‌های آن تعیین می‌گردد. به منظور اصلاح این ضعف‌ها و انجام بهسازی، استفاده از روش‌های مناسب ضروری است. در بیشتر اوقات برای تعیین روش‌های بهسازی در ساختمان محدودیت‌هایی وجود دارد که تاثیر عمده‌ای بر روش‌های انتخابی برای بهسازی می‌گذارند.

۱-۴- راهبردهای بهسازی

راهبرد بهسازی، روش پایه برای بهبود عملکرد سازه‌ای در برابر زلزله و یا کاهش خطر زلزله تا دستیابی به ترازی معین و قابل قبول از عملکرد و نیاز سازه به طور همزمان می‌باشد. به طور کلی راهبردهای بهسازی شامل دو دسته:

۱- راهبردهای فنی

۲- راهبردهای مدیریتی

می‌باشند، که می‌توان به طور مجزا و یا همزمان از آنها استفاده نمود.

راهبردهای فنی شامل افزایش مقاومت سازه، اصلاح موضعی اجزاء سازه، افزایش سختی سازه، حذف یا کاهش نامنظمی در ساختمان، کاهش نیاز سازه (افزایش استهلاک انرژی زلزله) و.... بوده و راهبردهای مدیریتی شامل تغییرکاربری ساختمان، بهسازی تدریجی، تخریب ساختمان و احداث ساختمان جدید و... می‌باشد.

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

همانطور که اشاره شد، برای کاهش اثرات ناشی از زلزله بر سازه، راهبردهای فنی و مدیریتی متعددی وجود دارد. راهبردهای فنی شامل دو بخش کلی افزایش ظرفیت و کاهش نیاز سازه می‌باشند، این راهبردها عبارتند از:

الف- اصلاح موضعی اجزا

ب- حذف یا کاهش نامنظمی در سازه

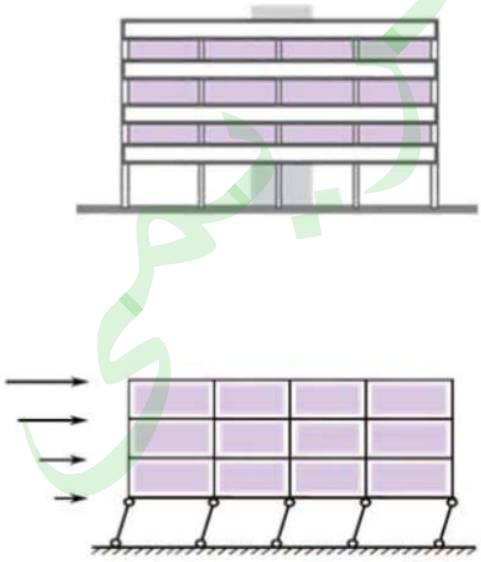
پ- افزایش مقاومت سازه

ت- افزایش سختی جانبی سازه

ث- افزایش شکل‌پذیری سازه

ج- کاهش نیاز سازه

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای



الف- وجود طبقهٔ نرم در اولین تراز ساختمان-انتخاب افزایش مقاومت و سختی سازه به عنوان راهبرد بهسازی

شکل ۱-۷- راهکارهای بکار گرفته شده برای دستیابی به راهبرد بهسازی انتخاب شده

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

ب- اضافه کردن دیوار برشی

پ- اضافه کردن ستونهای جدید

ت- اضافه کردن دیوار حائل

ث- اضافه کردن بادبندی

شکل ۱-۷- راهکارهای بکار گرفته شده برای دستیابی به راهبرد بهسازی انتخاب شده

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

علاوه بر راهبردهای فنی، به منظور انجام بهسازی باید راهبردهای مدیریتی نیز مدنظر قرار گیرد. راهبردهای مدیریتی شامل موارد زیر می‌باشند:

الف : استفاده کردن از ساختمان در هنگام بهسازی،

ب : تخلیه ساختمان تا زمان اتمام بهسازی،

پ : پذیرش خطر موجود و عدم بهسازی،

ت : تغییر کاربری ساختمان به منظور کاهش میزان خطر،

ث : تخریب ساختمان موجود و احداث ساختمان جدید،

ج : مقاوم سازی تدریجی در طی چندین سال،

چ : تمرکز بهسازی‌ها فقط در خارج ساختمان یا فقط در داخل ساختمان و ... باشد.

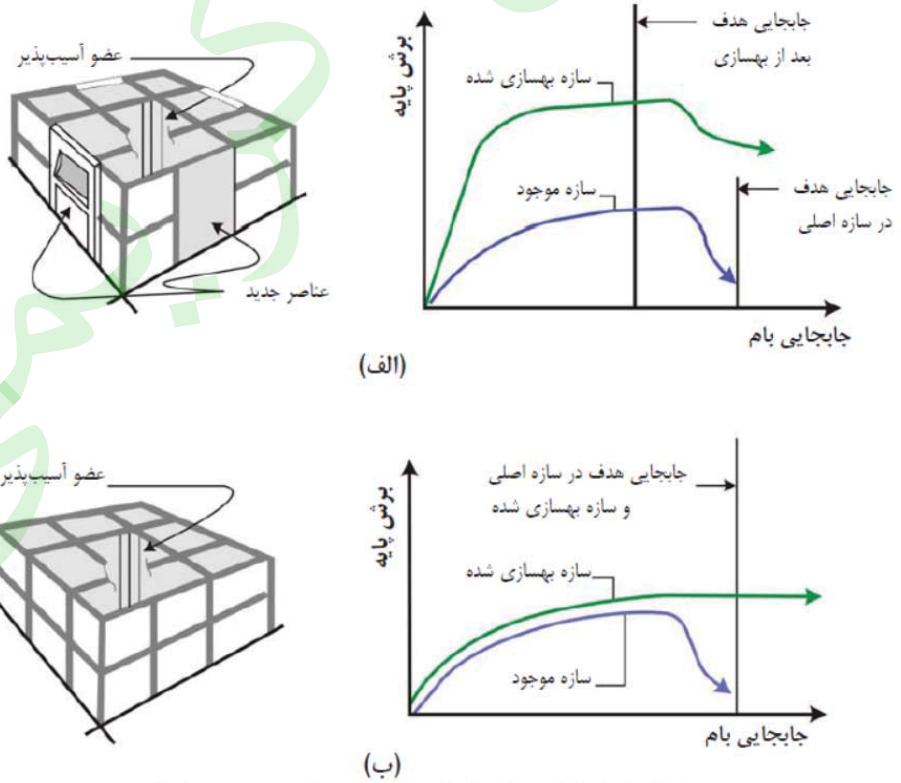
راهبردهای مدیریتی از عوامل اصلی در انتخاب راهبردهای فنی می‌باشند و می‌توانند باعث ایجاد محدودیت‌های زیادی در انتخاب راهکار بهسازی گردند. انتخاب بهترین شیوه بهسازی همواره با لحاظ نمودن همزمان راهبردهای مدیریتی و فنی به دست می‌آید.

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

۱-۴-۱- راهبرد اصلاح موضعی اجزا

در صورتی که سیستم کلی سازه شامل دیافراگم‌ها، دیوارها، قاب‌ها و ... ظرفیت کافی برای تحمل نیروهای جانبی وارد به سازه را دارا باشند ولی به منظور تأمین و تضمین کارایی سیستم نیاز به اصلاح برخی از جزئیات باشد، اصلاح موضعی اجزا سازه ضروری می‌باشد. در این وضعیت، نقطه عملکردی سازه در نقطه قابل قبولی است و خرابی عمده‌ای در سازه رخ نمی‌دهد و فقط به طور موضعی، در نقاط محدودی خرابی ایجاد می‌گردد.

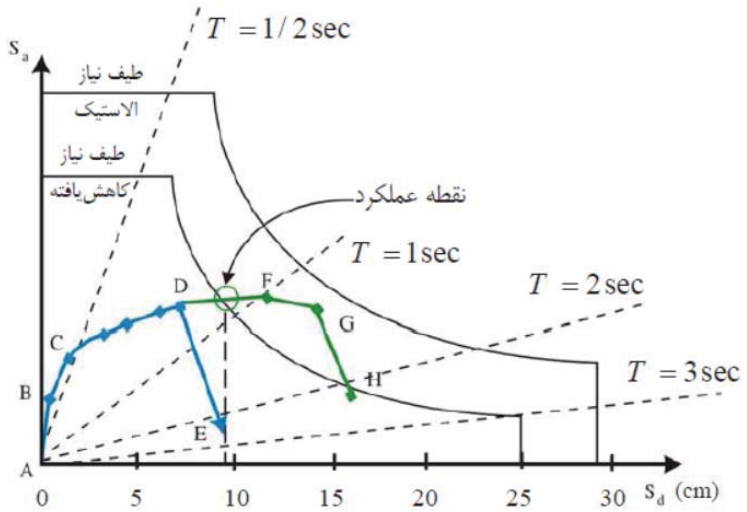
آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای



شکل ۱-۸- الف- تاثیر اصلاح سیستم سازه بر منحنی ظرفیت

ب- تاثیر اصلاح موضعی اجزا سازه بر منحنی ظرفیت

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای



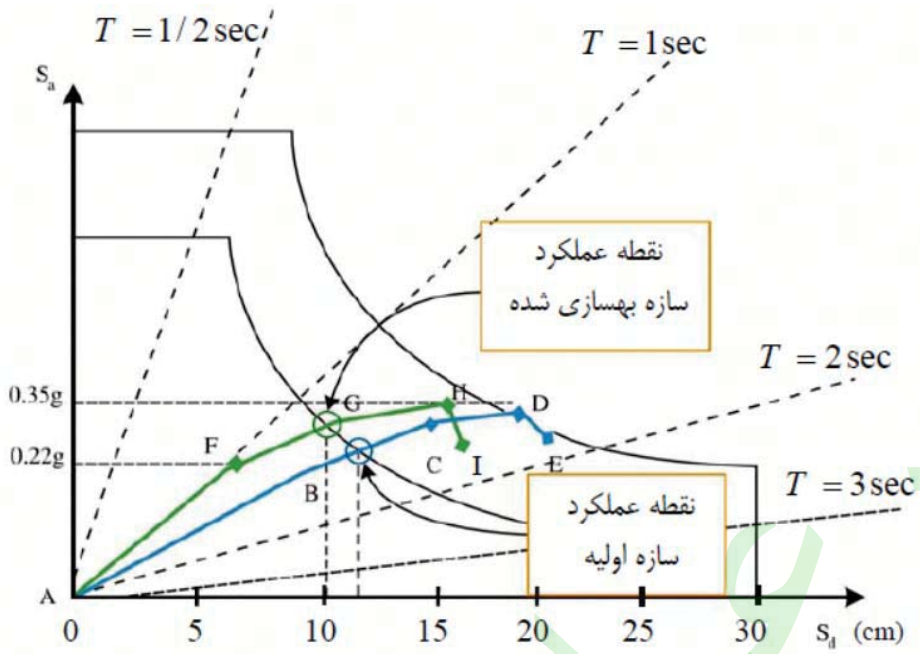
شکل ۱-۹- تاثیر اصلاح موضعی اجزا بر عملکرد لرزه ای سازه

هدف از این روش، افزایش قابلیت تغییر شکل و مقاومت اعضای ناکارآمد می‌باشد، چرا که این اعضاء در شرایط فعلی به وضعیت حدی مورد نیاز سازه نخواهند رسید.

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

در این راهبرد، اعضای سازه بسته به مقاومت لرزه‌ای مورد نظر، میزان آسیب دیدگی، نوع و کیفیت اتصالات آنها، با راهکارهای مختلفی از قبیل جایگزینی قطعات جدا شدنی، اضافه کردن ورقهای فولادی روی سطوح، استفاده از ژاکتهای بتن مسلح و یا فلزی، تزریق رزین، بتن‌پاشی، بکارگیری سیستم های کامپوزیت FRP، استفاده از پیش تنیدگی خارجی و ...، مرمت و تقویت می‌شوند. لازم به ذکر است به منظور دستیابی به ترمیم و بهسازی مناسب، باید بین اعضاء موجود و تقویت های صورت گرفته جدید ، با اعمال روش‌های مختلف، پیوستگی مطلوبی بوجود آید. در فصل دوم (راهکارهای اصلاح موضعی اجزاء سازه) به تفصیل در مورد هر یک از راهکارهای قابل استفاده برای اصلاح موضعی اجزاء سازه بحث می‌گردد.

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای



شکل ۱-۱۱- تاثیر افزایش سختی بر عملکرد لرزه‌ای سازه

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

۱-۴-۳- راهبرد کاهش نیاز ساختمان

راهبرد دیگری که می‌توان جهت بهسازی سازه ها از آن استفاده کرد، کاهش نیاز سازه، بجای افزایش ظرفیت‌های تحمل در برابر نیروهای وارد بر آن می‌باشد که در این راهبرد با بکارگیری راهکارهایی، پاسخ سازه در برابر نیروهای وارد بر آن با کاهش نیاز سازه اصلاح می‌گردد. یعنی بجای تغییرات در منحنی ظرفیت سازه، تغییرات در طیف نیاز آن صورت می‌گیرد. باید توجه داشت که در کارهای عملی استفاده از این راهبرد باید همراه با افزایش مقاومت و سختی سازه باشد. از راهکارهای شناخته شده برای دستیابی به این راهبرد می‌توان به کاهش جرم ساختمان، نصب سیستم‌های جداساز لرزه‌ای و یا سیستم‌های غیر فعال اتلاف انرژی (میراگرها) اشاره کرد.

۱-۴-۳-۱- کاهش جرم ساختمان

۱-۴-۳-۲- سیستم‌های جداسازی لرزه‌ای

۱-۴-۳-۳- سیستم‌های غیر فعال اتلاف انرژی (میراگرها)

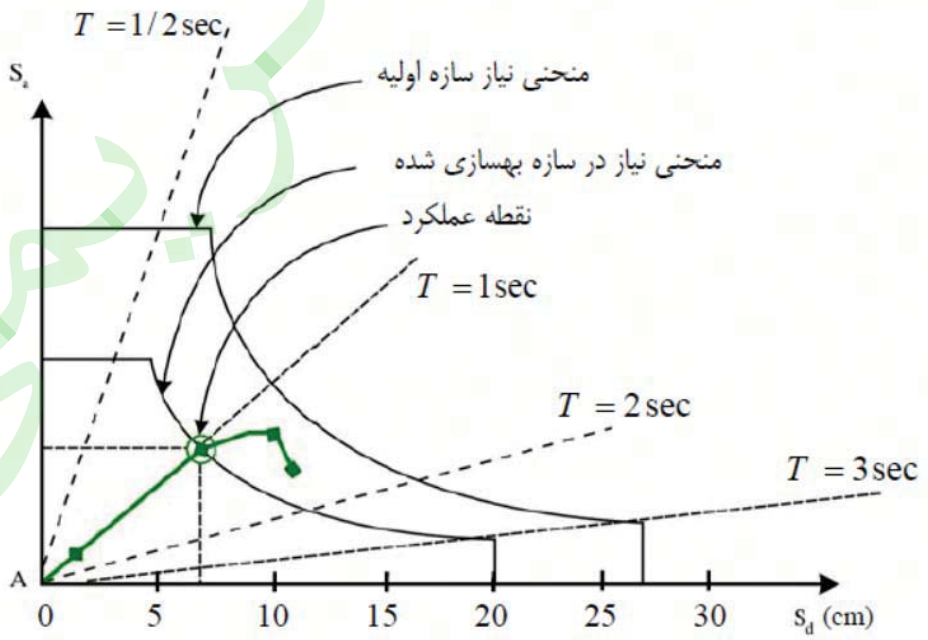
آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

۱-۴-۳-۱- کاهش جرم ساختمان

در ساختمان‌هایی که دارای ضعف کلی از نظر سختی جانبی یا ظرفیت باربری هستند یکی از راهبردهای مفید برای بهسازی، کاهش جرم ساختمان می‌باشد. چرا که با کاهش جرم، می‌توان میزان تغییرشکل‌ها و نیروهای داخلی ناشی از زلزله را در اعضا کاهش داد. برای این منظور می‌توان، با تخریب طبقات فوقانی، تغییر کاربری ساختمان، تغییر مصالح استفاده شده در نمای ساختمان، تغییر مشخصات دیوارهای داخلی و یا انتقال تجهیزات و انبارهای سنگین به نقاط دیگر، جرم ساختمان را تغییر داد. یکی دیگر از موارد موثر در کاهش جرم ساختمان، برداشتن مخازن مختلف از روی بام (و یا سایر طبقات) می‌باشد.

اگر چه کاهش وزن ساختمان روش بهبود عملکرد لرزه‌ای می‌باشد و این راهبرد، برخورد نسبتاً ریشه‌ای با مسئله آسیب‌پذیری سازه می‌باشد ولی در عمل بدلیل وزن ناچیز اعضای قابل حذف در ساختمان و مشکلاتی که در برابر حذف یک طبقه وجود دارد، استفاده از این راهبرد مشکل می‌باشد.

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای



شکل ۱-۱۲- تاثیر کاهش جرم ساختمان بر منحنی نیاز سازه

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

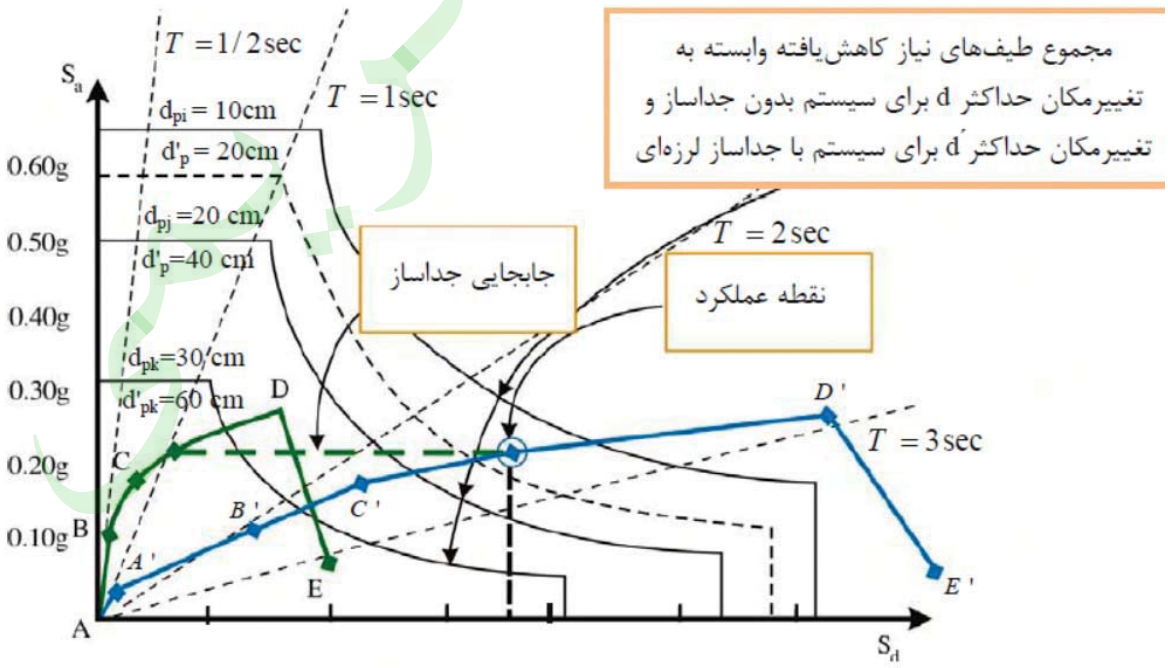
۱-۴-۳-۲- سیستم‌های جداسازی لرزه‌ای

استفاده از سیستم‌های جداسازی لرزه‌ای، راهبرد مناسبی برای کاهش اثرات زلزله روی سازه موجود می‌باشد. هنگامی که حفاظت از اعضاء مد نظر باشد و یا تجهیزات مهمی در ساختمان موجود باشد، با بکارگیری جداسازهای لرزه‌ای می‌توان انتقال انرژی موجود در حرکات ارتعاشی زمین را به ساختمان محدود نمود.

در این روش هنگام وقوع زلزله تغییر شکل‌های ساختمان در تکیه‌گاه‌هایی که قابلیت تغییر شکل زیادی دارند متمرکز شده و سازه مانند جسم صلب با تغییر شکل‌های کوچک ارتعاشی عمل می‌کند. روش جداسازی برای ساختمان‌های کوتاه و نسبتاً صلب موثر بوده و برای ساختمانهای بلند و نرم کارایی کمتری دارد.

نصب سیستم‌های جداساز لرزه‌ای منجر به افزایش اساسی در زمان تناوب اصلی سازه می‌شود. از این رو سیستم‌های جداساز به نوعی نیاز تغییر شکل‌های لرزه‌ای سازه را در خود متمرکز می‌سازند. در نهایت این اثرات منجر به کاهش نیاز در بخش‌هایی از سازه که جداسازی شده‌اند می‌شود.

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای



شکل ۱-۱۳- تأثیرات استفاده از جداسازهای لرزه‌ای بر طیف نیاز و ظرفیت سازه

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

در این شکل منحنی A-B-C-D-E منحنی طیف ظرفیت برای سازهٔ اصلی (بهسازی نشده) را مشخص می‌کند. این سازه دارای مشخصه‌های زمان تناوب اصلی ۰/۵ ثانیه و ظرفیت نهایی تغییر شکل در حدود ۱۵ سانتیمتر می‌باشد.

شروع تسلیم سازه در نقطهٔ B و حد مقاومت نهایی آن در نقطهٔ D می‌باشد. همانطور که مشخص است منحنی ظرفیت، منحنی طیف نیاز را در حداکثر تغییرمکان سازه قطع نکرده است و سازه در اثر زلزله طرح خراب می‌شود.

منحنی A-A'-B'-C'-D'-E' نشان‌دهنده منحنی ظرفیت سازه بعد از نصب سیستم جداساز لرزه‌ای می‌باشد. اگر چه تغییر مکان در هر کدام از این مقاومت‌ها به دلیل جابجایی در سیستم جداساز، افزایش چشم‌گیری داشته ولی همانطور که ملاحظه می‌شود مقاومت جاری شدن و نهایی سازه بدون تغییر باقی مانده است.

همچنین زمان تناوب اصلی الاستیک سازهٔ جداسازی شده تقریباً به ۲/۵ ثانیه رسیده است. جابجایی متناظر با نقطهٔ تسلیم اولیه (B) در سازهٔ بهسازی نشده برابر ۱/۲۵ سانتیمتر و در سازهٔ جداسازی شده (B') برابر ۱۰ سانتیمتر می‌باشد. بطور مشابه ظرفیت

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

جابجایی نهایی در سازهٔ اولیه (D) برابر ۱۵ سانتیمتر و در سازهٔ جداسازی شده (D') برابر ۶۰ سانتیمتر می‌باشد. وقتی که در سازه از سیستم جداساز لرزه‌ای استفاده شود، متناسب با تغییراتی که شرح داده شد باید میرایی موثر محاسبه و منحنی نیاز مجدداً ترسیم شود.

همانطور که در شکل (۱–۱۳) نشان داده شده است، نقطهٔ عملکرد در سازهٔ جداسازی شده در جابجایی طیفیِ برابر ۳۵ سانتیمتر اتفاق می‌افتد و ملاحظه می‌شود که تفاوت جابجایی های طیفی بین نقطهٔ عملکرد در سازهٔ جداسازی شده و نقطهٔ متناظر با آن در سازهٔ اصلی، برابر ۳۰ سانتیمتر می‌باشد.

البته باید توجه داشت که کلیه جابجایی‌های ذکر شده طیفی بوده و برای محاسبه جابجایی‌های واقعی، باید منحنی طیف ظرفیت سازهٔ جداسازی شده را به منحنی ظرفیت تبدیل کرد (منحنی برش پایه در برابر جابجایی بام).

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

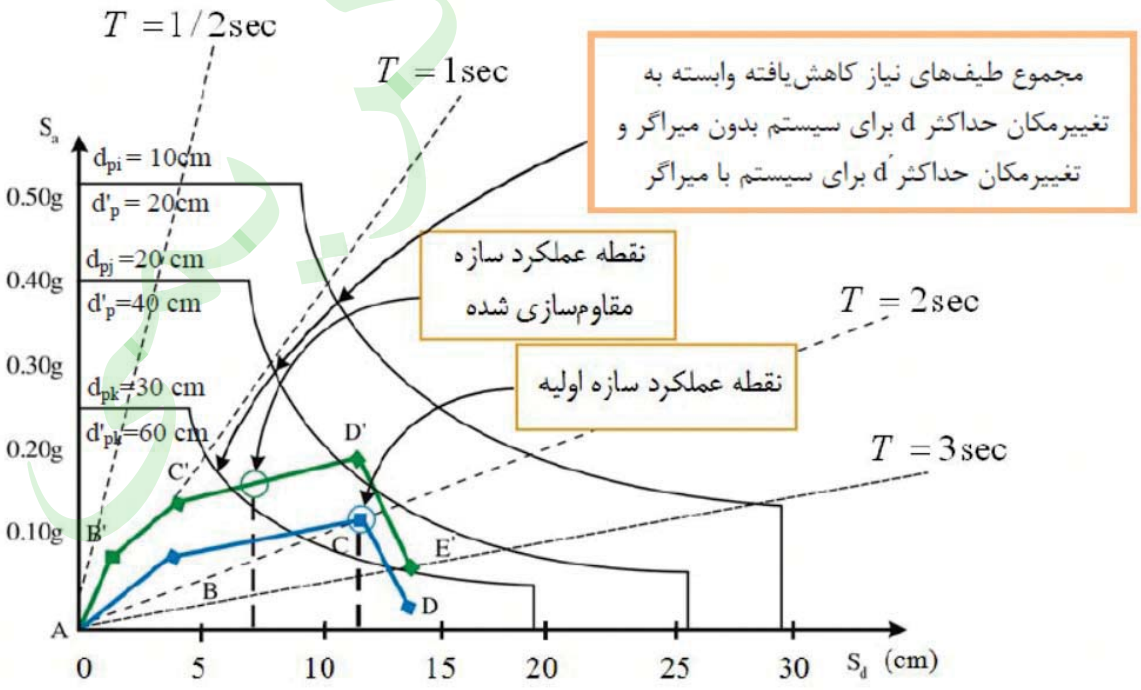
۱-۴-۳-۳- سیستم‌های غیر فعال اتلاف انرژی (میراگرها)

بکارگیری سیستم‌های اتلاف انرژی برای کنترل و کاهش تغییر شکل ساختمان یکی از راهکارهای کاهش نیاز سازه و بهسازی آن می‌باشد. در ساختمانهایی که دارای سختی جانبی کافی نیستند با تعبیه اجزاء جاذب انرژی در سازه می‌توان تغییر شکل‌های ساختمان را محدود ساخت. برای این منظور اجزاء خاصی طراحی و ساخته شده‌اند که با ایجاد اصطکاک یا تغییر شکل‌های خمیری و یا استفاده از خاصیت ویسکوزیته در سیالات، بخشی از انرژی سازه را جذب و مستهلک می‌کنند و به این ترتیب تغییر شکل‌های سازه محدود می‌شود. البته در بکارگیری این سیستم‌ها در بعضی موارد به دلیل افزایش سختی سازه، نیروهای جانبی نیز افزایش می‌یابند.

در شکل (۱–۱۴) تأثیر استفاده از میراگرها روی منحنی‌های نیاز و طیف ظرفیت سازه نمونه، نشان داده شده است. در این شکل منحنی A-B-C-D بیانگر منحنی طیف ظرفیت برای سازه اولیه (بدون تجهیزات میراگر) می‌باشد. نقطهٔ عملکرد در سازهٔ بهسازی نشده در جابجایی طیفی برابر ۱۲/۵ سانتیمتر اتفاق می‌افتد.

منحنی A-B'-C'-D'-E' نیز نشان‌دهندهٔ منحنی طیف ظرفیت سازه بعد از نصب سیستم های میراگر می‌باشد. در سازهٔ مقاوم‌سازی شده، هم سختی اضافه شده است (کاهش زمان تناوب اصلی از ۱/۵ ثانیه به ۰/۷۵ ثانیه) و هم افزایش مقاومت مشاهده می‌شود. تأثیر اصلی استفاده از میراگر در این سازه روی منحنی نیاز بوده است. از نتایج این تأثیرات می‌توان به جابجایی نقطه عملکرد سازه به مقداری کمتر از ۷/۵ سانتیمتر و در نتیجه دستیابی سازه به سطح عملکرد بهتر (ایمنی جانی) اشاره کرد.

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای



شکل ۱–۱۴- تأثیر استفاده از سیستم‌های مستهلک کننده انرژی روی منحنی های نیاز و طیف ظرفیت

فهرست مطالب

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

آشنایی بامیراگرها، کاربرد وانواع آن ها

آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

- روش های کنترل در سازه
- هدف از سیستم کنترل در سازه
- تقسیم بندی دیگر سیستم های کنترل
- کنترل غیرفعال یا انفعالی(Passive Control)
- کنترل فعال(Active Control)
  - مقایسه کنترل فعال وغیر فعال
  - مکانیزم کنترل فعال
- کنترل ترکیبی(Hybrid Control)
- کنترل نیمه فعال(Semi active Control)
- مقایسه روش های مختلف کنترل سازه

روش های کنترل درسازه

کنترل یعنی تغییر دادن میرایی ،سختی وجرم سازه (ساختمان یا پل) به طوری که سازه به طور مطلوبتر و با اثرات تخریبی کمتری در برابر بارهای خارجی دینامیکی(متغیر با زمان) مانند باد و زلزله پاسخ دهد.

تقسیم بندی سیستمهای کنترلی براساس فرایند کنترل:

۱.کنترل غیرفعال یا انفعالی (Passive Control)

۲.کنترل فعال (Active Control)

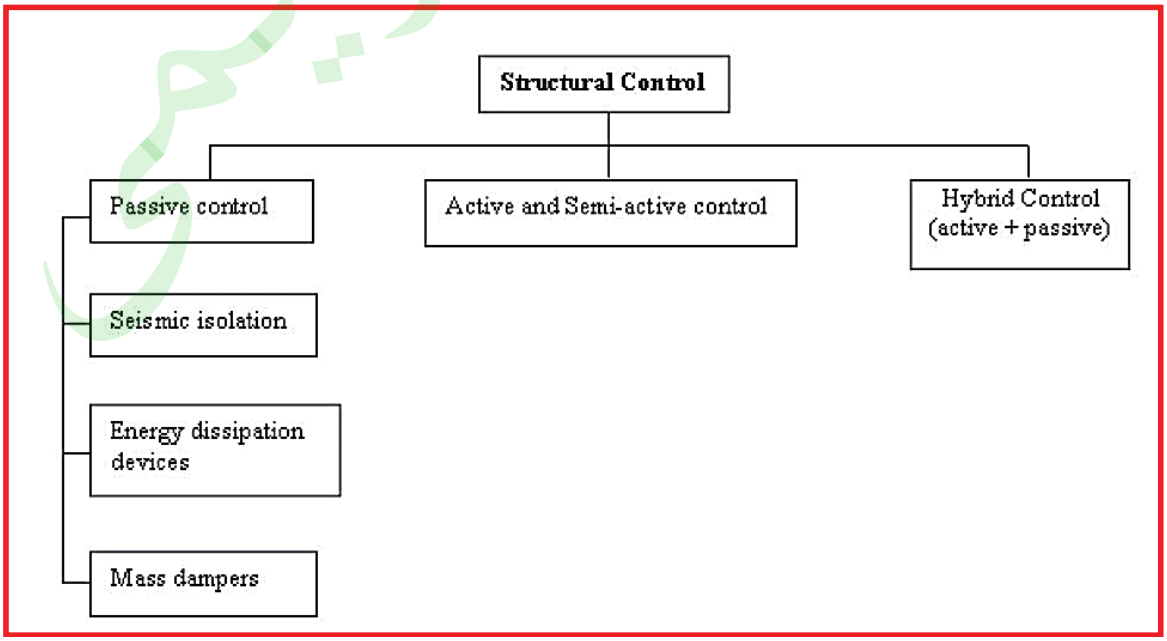
۳.کنترل ترکیبی (Hybrid Control)

۴. کنترل نیمه فعال (Semi active Control)

آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

هدف ازسیستم کنترل در سازه :

یک سیستم کنترل طوری طراحی شود تا در زمان اعمال نیروهای خارجی مثل باد و زلزله، پاسخ سازه در برابر بارهای وارده کاهش یافته و تغییر مکان طبقات از حد مجاز فراتر نرود.



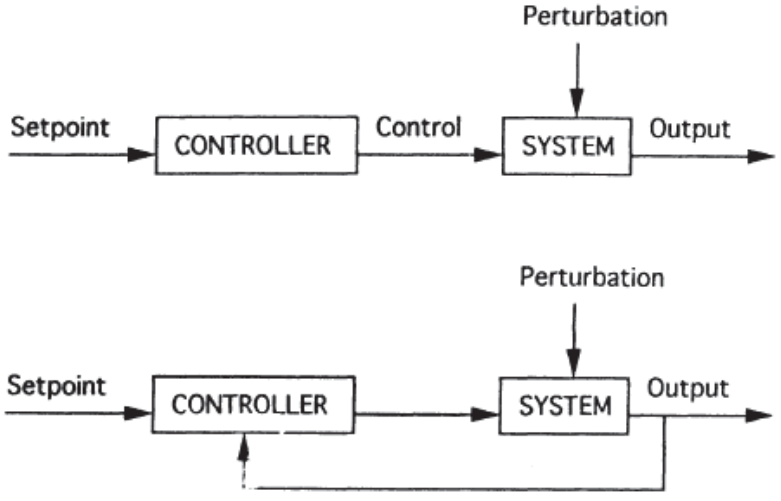
آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

- **در یک تقسیم بندی دیگرسیستم های کنترل به طور کلی به انواع زیر تقسیم می گردند :**
  - ✓ کنترل مدار باز (Open Loop Control)
  - ✓ کنترل مدار بسته (Closed Loop Control)
  - ✓ کنترل مدار باز- بسته (Open-Closed Loop Control)

آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

سیستم کنترل مدار باز و مدار بسته

- در سیستم مدار باز، کنترل تحت تاثیر نتیجه آن عمل نیست یا به عبارتی دیگر، خروجی سیستم بر روی عمل کنترل بی تاثیر است. دراین سیستم می توان به پایداری مناسب تری رسید. (بطور مثال درکنترل برق منازل با بالا رفتن ورودی(جریان) فیوز صرفا قطع می گردد.)
- در سیستم مدار بسته، خروجی سیستم (پاسخ) بر روی عملکرد سیستم تاثیرگذار می باشد.ممکن است به علت اغتشاشات ورودی و نتایج، سیستم دچار ناپایداری گردد. لذا می تواند همزمان با سیستم مدار باز مورد استفاده قرار گیرد.



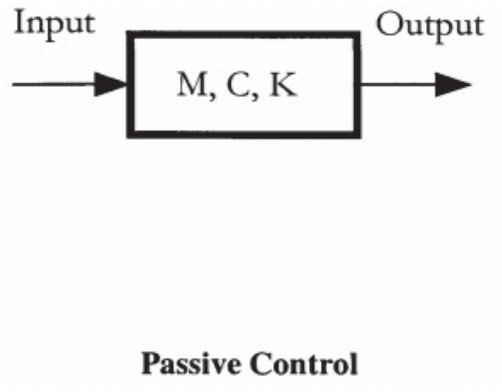
آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

کنترل غیرفعال یا انفعالی(Passive Control)

- جذب نوسانات دینامیکی و اتلاف انرژی در این نوع سیستم ها بدون تحلیل تحریکات وارده به سازه صورت می گیرد و حرکت نسبی خود مکانیزم، موجب تعیین دامنه و جهت نیروی کنترلی می شود (مثل مهاربندی های ساده وجداسازی لرزه ای در ساختمانها).

برخی از ویژگیهای این سیستمها:

۱. نیاز به اطلاعات ورودی ناشی از نوسانات وارده ندارند.
۲. نگهداری آنها به دلیل عدم نیاز به حسگر و محرک آسانتر است.
۳. این سیستم ها نسبت به سیستمهای کنترلی دیگر ارزانترند.
۴. قابلیت سازگاری با نوسانات متفاوت را ندارند.
۵. عملکرد آنها قابل کنترل نمی باشد.

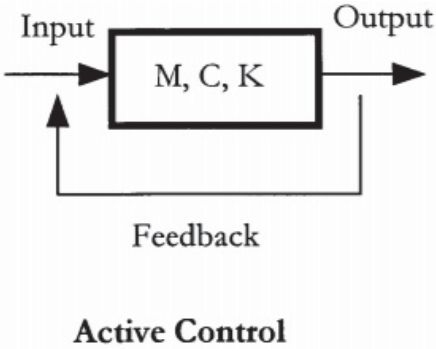


Passive Control

آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

کنترل فعال(Active Control)

- اساس این روشها ثبت و تحلیل نوسانات وارد بر سازه و بعد از آن اعمال یک نیروی کنترلی بر سازه است.
- عملکرد این سیستم ها تا حدی کنترل شده و به طور فعال با وارد کردن نیرو به سازه، آن را در تعامل با اختلالات نوسانی وارده بر آن قرار می دهند.
- یکی از معایب این سیستم ها تاخیر زمانی در هنگام وارد کردن نیروی کنترلی است که این مشکل ناشی از مشخص نبودن رفتار نوسانات (زلزله، باد و غیره) وارده بر سازه است که قابل پیش بینی در الگوریتم کنترلی مورد استفاده نیست، بطوری که ممکن است این نیرو هم جهت با نیروی ناشی از نوسان وارده شده، سازه را بی ثبات کرده و موجب خرابی بیشتر آن گردد. بعلاوه، این سیستم ها نیاز به منبع زیادی از انرژی برای اعمال نیروی کنترلی به سازه دارند.



Active Control

آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

مکانیزم کنترل فعال

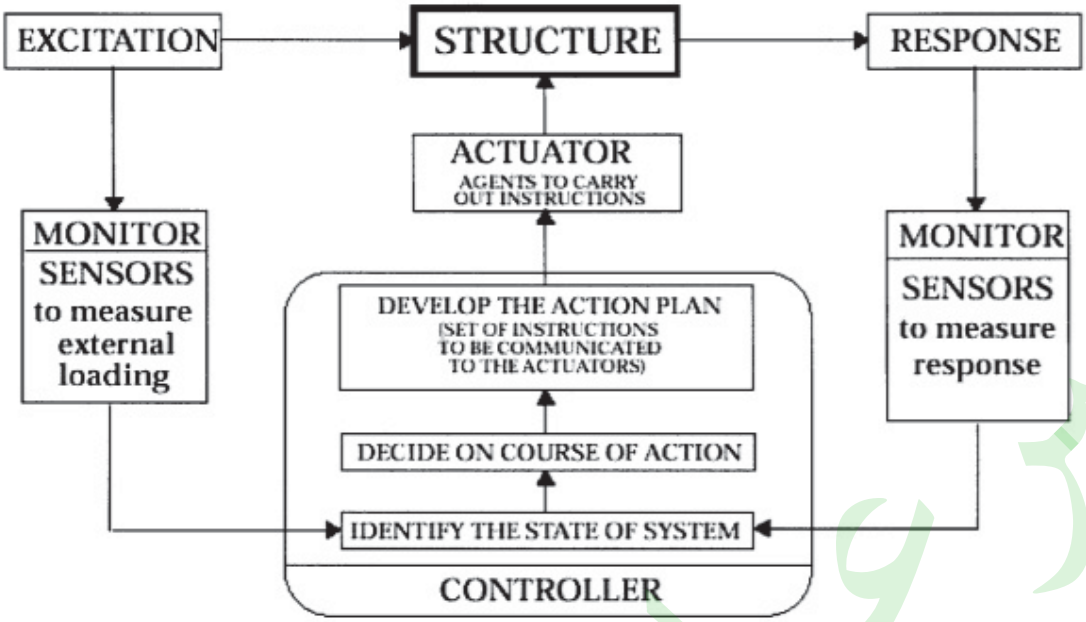
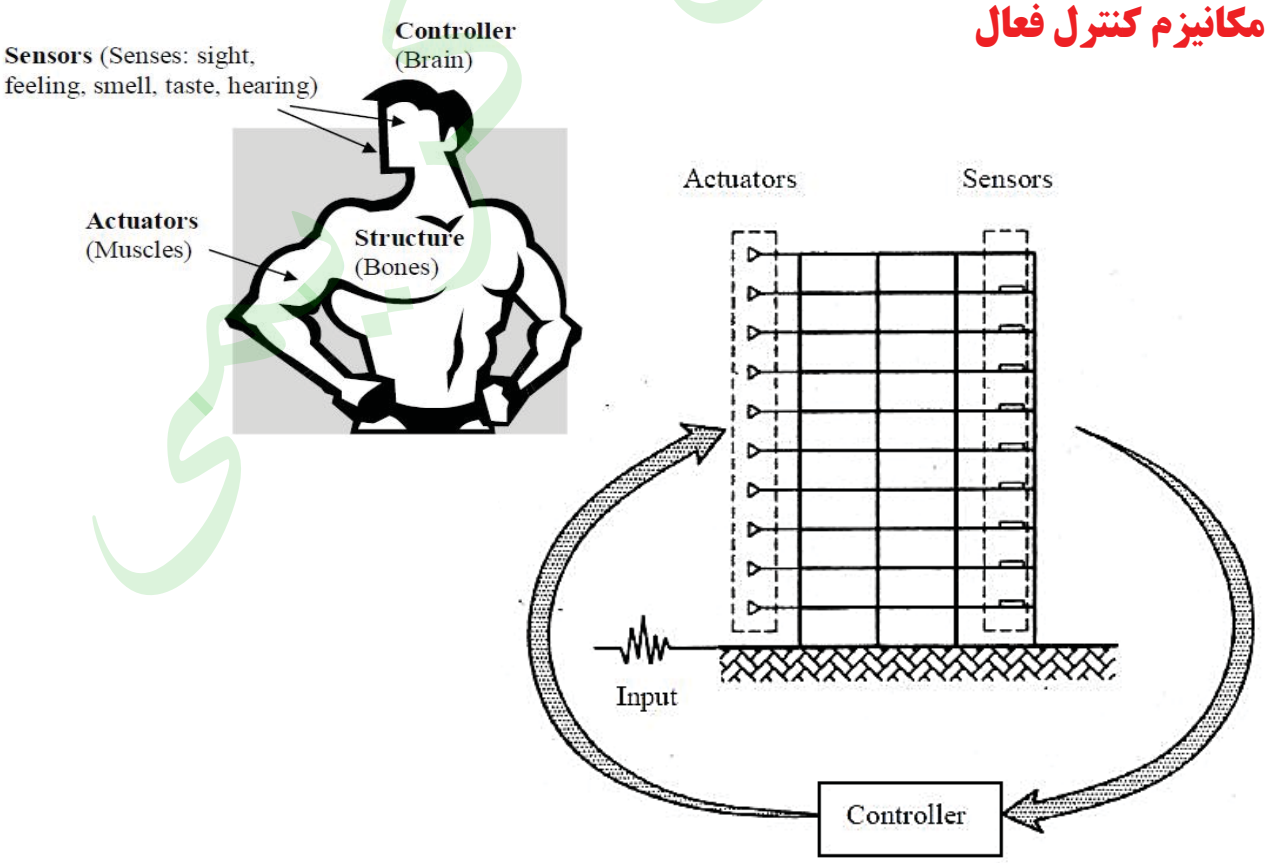


Figure 5.1 - Components of an active control system

آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

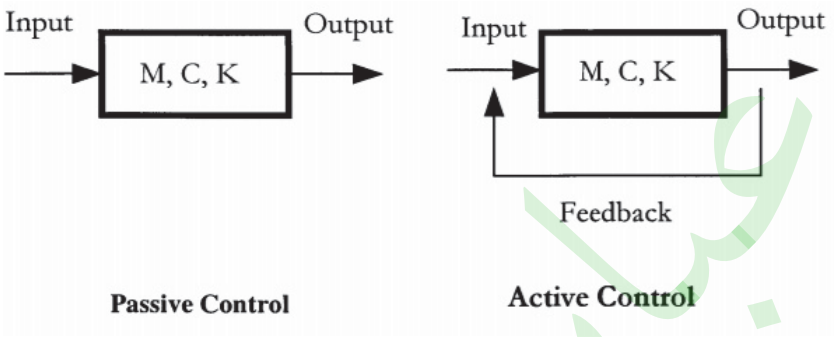
مکانیزم کنترل فعال



آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

مقایسه سیستم های کنترل فعال و غیرفعال

- کنترل فعال دارای تاثیر بیشتر، هماهنگی با زمان های مختلف اعمال بار و ظرفیت بالاتر کنترل پارامترهای مورد نظر سازه را داراست.
- کنترل فعال دارای تطابق بالاتر با خصوصیات حرکت زمین یا ارتعاش و شرایط سازه دارد.
- کنترل فعال برای ارتعاش ناشی از بارهای مختلف (مثلا زلزله و باد) قابلیت کاربردی تر نسبت به کنترل غیر فعال دارد.
- در کنترل فعال قابلیت انتخاب پارامتر هدف، جهت کنترل بالاتر می باشد.



آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

کنترل ترکیبی(Hybrid Control)

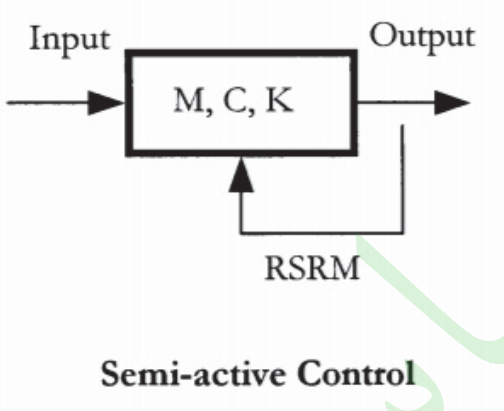
- این روش، ترکیب هر دو حالت فعال و غیرفعال می باشد و فواید هر دو روش را دربرمی گیرد.

یک مثال از این کنترل، ترکیب ایزوله سازی سازه از کف به همراه کنترل فعال، به منظورمحدود کردن جابجایی اضافی است.

آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

کنترل نیمه فعال(Semi active Control)

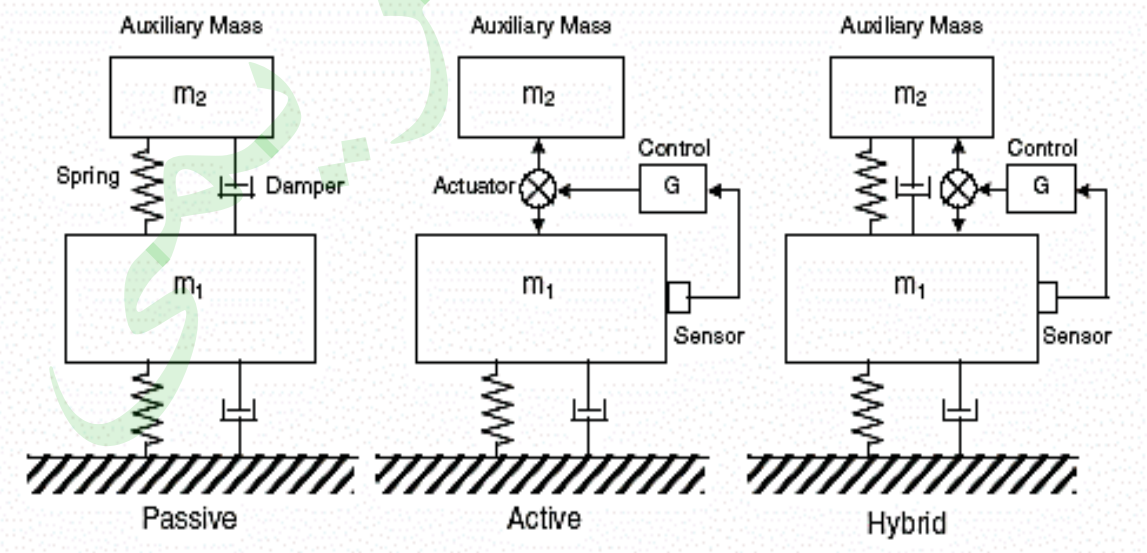
- سیستم های کنترل نیمه فعال مزایای هر دو روش غیرفعال و فعال را با هم دارا هستند.
- نحوه عملکرد این سیستم ها کاملا کنترل شده است.
- ابزارکنترل نیمه فعال، از طریق سازگار کردن خصوصیات مکانیکی خود با نوسانات وارده سازه را کنترل می کنند، ولی مستقیماً انرژی ای به سازه وارد نمی کنند. در این حالت برعکس حالت فعال، تجهیزات مورد استفاده منبع انرژی کمی لازم دارند و در زمان وقوع زلزله که منبع انرژی اصلی قطع می شود می توانند به کار خود ادامه دهند.



Semi-active Control

آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

دیاگرام روش های مختلف کنترل سازه (غیرفعال، فعال و ترکیبی)



آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

مقایسه روش های مختلف کنترل سازه (غیرفعال، فعال و نیمه فعال)

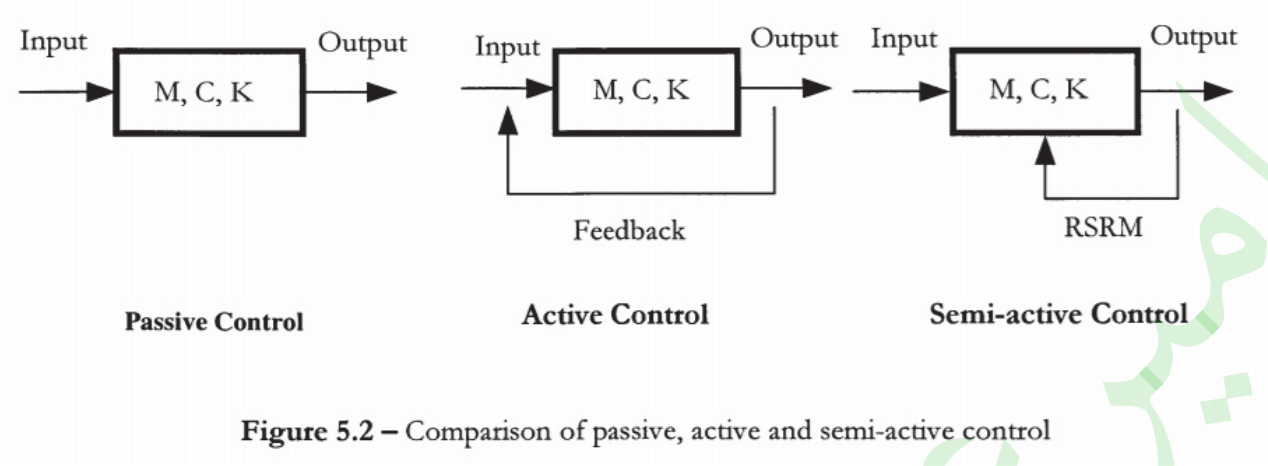
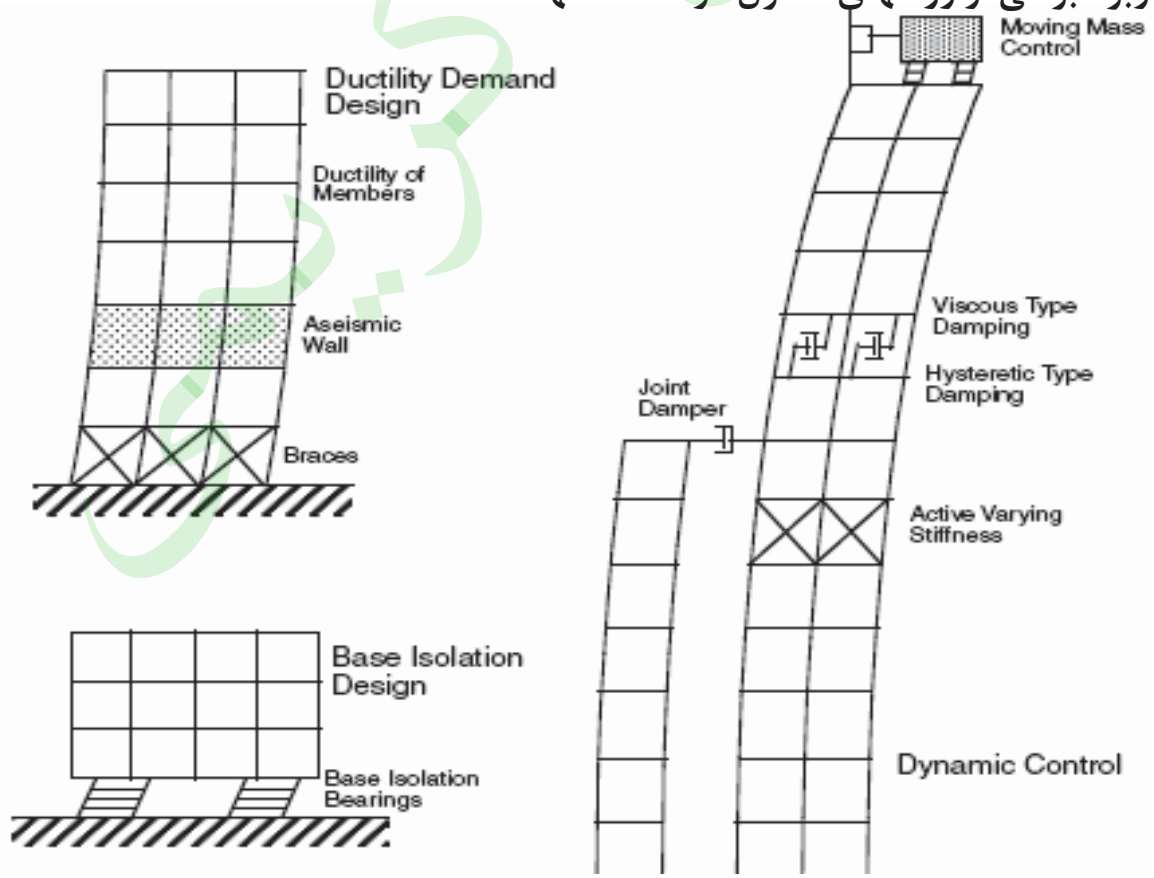


Figure 5.2 – Comparison of passive, active and semi-active control

آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

نحوه کاربرد برخی از روشهای کنترل در ساختمانها



فهرست مطالب

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

آشنایی بامیراگرها، کاربرد وانواع آن ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

-کلیات ومفهوم جداسازی لرزه ای
- تاثیرجداسازی لرزه ای برروی پاسخ لرزه ای
- اثرخاک (نوع زمین)برجداسازی لرزه ای
- مقایسه ساختمان باوبدون سامانه جداسازی لرزه ای درزلزله های گذشته
- انواع جداساز های لرزه ای
-مراحل نصب جداساز لرزه ایLRB
-بررسی انواع جداسازهای اصطکاکی(لغزنده)
-سایر جداسازها
- ترکیب جداسازها
- نرم افزارهای کامپیوتری، توسعه تاریخی آیین نامه ها و پروژه های اجرایی
- انواع نشیمن پل ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

-کلیات ومفهوم جداسازی لرزه ای

- تاثیرجداسازی لرزه ای برروی پاسخ لرزه ای
- اثرخاک (نوع زمین)برجداسازی لرزه ای
- مقایسه ساختمان باوبدون سامانه جداسازی لرزه ای درزلزله های گذشته
- انواع جداساز های لرزه ای
- مراحل نصب جداساز لرزه ایLRB
- بررسی انواع جداسازهای اصطکاکی(لغزنده)
- سایر جداسازها
- ترکیب جداسازها
- نرم افزارهای کامپیوتری، توسعه تاریخی آیین نامه ها و پروژه های اجرایی
- انواع نشیمن پل ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

-کلیات ومفهوم جداسازی لرزه ای

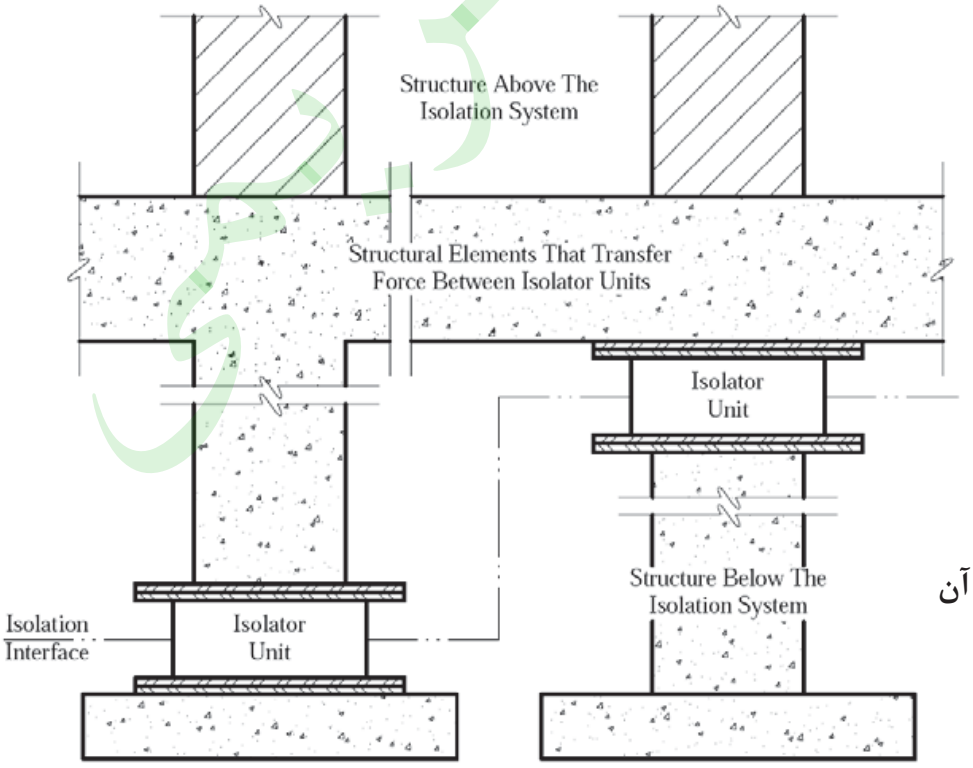
- روش مرسوم طراحی لرزه ای سازه ها مبتنی بر افزایش ظرفیت سازه است. در این رویکرد طراحی لرزه ای، ایجاد ظرفیت باربری جانبی در سازه، با افزایش مقاومت و تامین شکل پذیری وسختی آن صورت می گیرد.
- بر اساس مشاهدات پس از رویداد زلزله های شدید، سازه های ساخته شده بر اساس روش های مرسوم طراحی وساخت، مقادیر شتاب قابل توجهی را در طبقات تجربه می کنند که این امر در نهایت سلب آرامش از ساکنان ساختمانهای بلند، آسیب دراجزای سازه ای، غیر ساز ه ای و تجهیزات و احتمال قطع خدمات ارایه شده از شبکه های مختلف در شریان های حیاتی مانند تلفن، حمل و نقل،بیمارستان ها، برق و آب را به همراه دارد. همچنین کنترل بروز آسیب، کار دشواری خواهد بود

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

- در مقابل ایده ی طراحی و اجرای ساختمان های مقاوم در برابر زلزله، با توجه به آسیب های سازه ای و مشکلات بروز کرده برای ساکنان در طی زلزله ها، ایده ی طراحی سازه جداشده از پایه بر اساس کنترل نیروی زمین لرزه از طریق ممانعت از ورود آن به سازه بناشده است. این ایده در سال های اخیر در موارد بسیاری در طراحی و اجرای سازه های مهم مورد استفاده قرار گرفته است. مطابق نتایج تحلیلی و آزمایشگاهی، سامانه های(سیستم های) سازه ای مجهز به این فناوری پاسخ لرز ه ای کم تری نسبت به ساز ه های معمول خواهند داشت.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

- در جداسازی لرزه ای دوره ی تناوب اصلی سازه به کمک تجهیزاتی که مطابق شکل بین روسازه و بخش پایین دست آن قرار می گیرد افزایش می یابد.



تراز جداسازی و اجزای آن

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

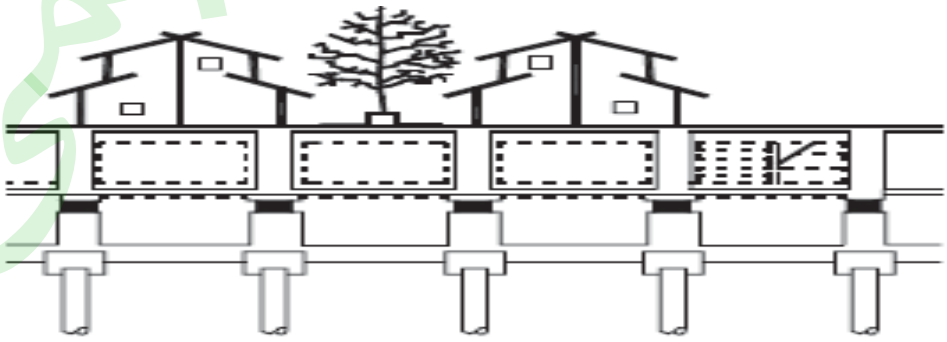
همانگونه که اشاره گردید:

به جای افزایش ظرفیت باربری سازه تحت نیروهای جانبی می توان نیروهای وارد بر آنها راکاهش داد. در روش جداسازی لرزه ای، سازه بر روی تکیه گاه هایی که قابلیت تغییرشکل جانبی زیادی دارند قرار می گیرد. درصورت وقوع زلزله، عمدهٔ تغییرشکلها در تکیه گاه رخ داده و سازه مانند جسمی صلب با تغییرشکلهای کوچکی ارتعاش می کند. در سالهای اخیر، تکنولوژی جداسازی لرزه ای پیشرفت قابل ملاحظه ای داشته است.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

-تعریف جداسازی لرزه ای براساس نشریه۵۲۳

جداسازی لرزه ای عبارت است از جداکردن کل یا بخشی از سازه از زمین یا قسمت های دیگر سازه به منظور کاهش پاسخ لرزه ای آن بخش در زمان رویداد زلزله



شکل ۵-۳- جداسازی لرزه‌ای سازه‌ی زیرزمینی

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

-تعاریف براساس دستورالعمل طراحی ساختمان های دارای جداساز لرزه ای

سامانه جداساز- مجموعهٔ اعضای سازه‌ای که شامل کلیه واحدهای جدا ساز، اعضای سازه‌ای انتقال دهنده نیرو بین اجزای سامانه جداساز و تمام اتصالات به سایر اعضای سازه‌ای است. در صورتیکه سامانه مقاوم در برابر باد بر اساس ضوابط این دستورالعمل طراحی گردد، این سامانه نیز جزئی از سامانه جداساز محسوب می‌شود.

واحد جداساز- عنصری از سامانه جداساز است که در راستای افقی، انعطاف پذیر و در راستای قائم، سخت است و تحت اثر نیروهای زلزله توانایی تحمل تغییر شکل‌های جانبی بزرگ را دارد. جداساز می‌تواند قسمتی و یا کل بار قائم را تحمل کند.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

-تعاریف براساس دستورالعمل طراحی ساختمان های دارای جداساز لرزه ای

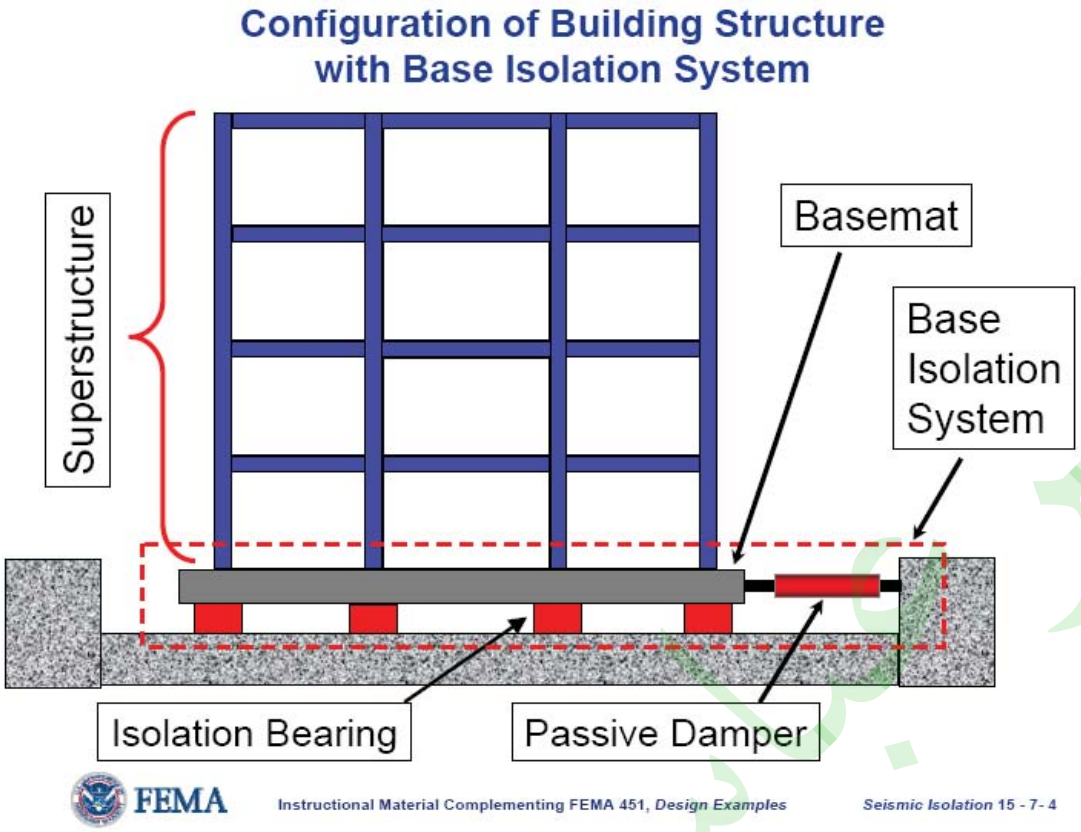
روسازه - تمامی بخش‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای بالاتر از تراز جداسازی.

نیروی بازگرداننده - نیروی افقی ایجاد شده در سامانه جداسازی در خلاف جهت تغییر مکان روسازه بر اثر تغییر شکل افقی سامانه جداسازی.

سطح تماس جداساز- مرز بین قسمت جداشدهٔ بالایی سازه و قسمت زیرین است. قسمت زیرین به طور صلب با زمین حرکت می‌کند.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

بخش های سازه با سیستم جداساز پایه

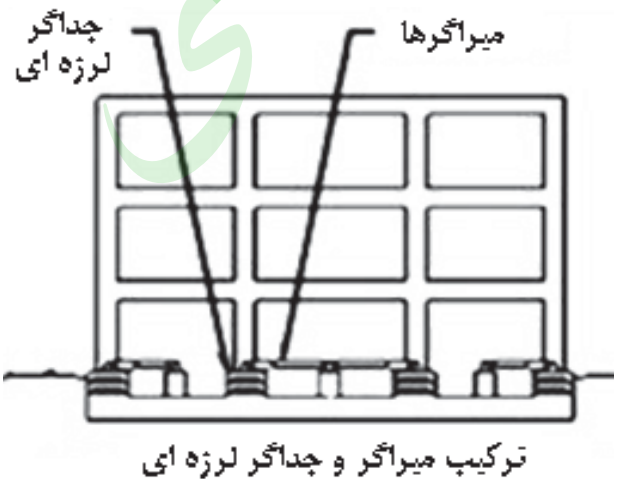


آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

تجهیزات جداسازی لرزه ای عبارتند از:

- تکیه گاه ها و جداسازها؛
-میراگرها.

جداسازها و میراگرها ممکن است همگی در یک تراز افقی قرار گیرند یا با توجه به ماهیت، هدف جداسازی یا وضعیت معماری سازه در ترازهای مختلفی نصب گردند.

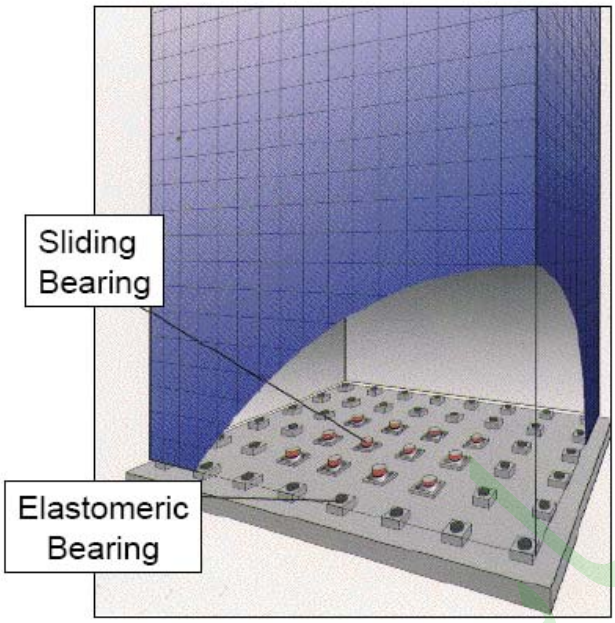


ترکیب میراگر و جداگر لرزه ای

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

نمای سه بعدی از سازه با سیستم جداساز پایه

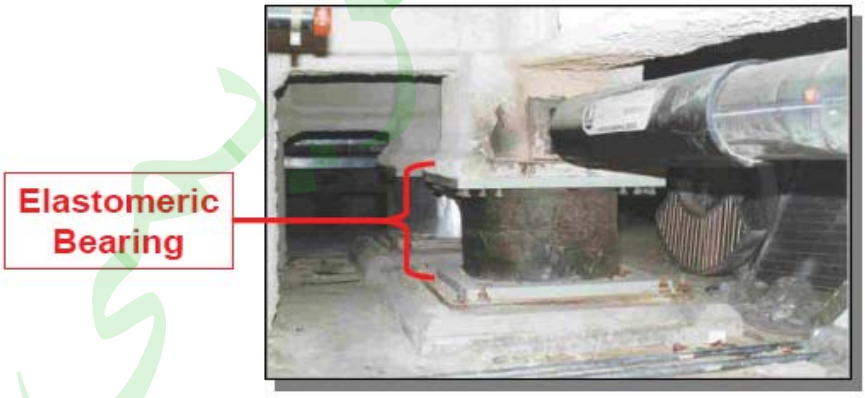
Three-Dimensional View of Building Structure with Base Isolation System

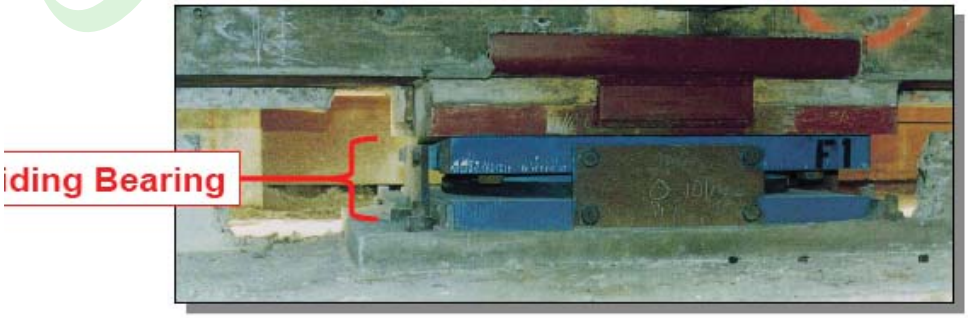


آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

نشیمن های جداساز لرزه ای نصب شده

Installed Seismic Isolation Bearings

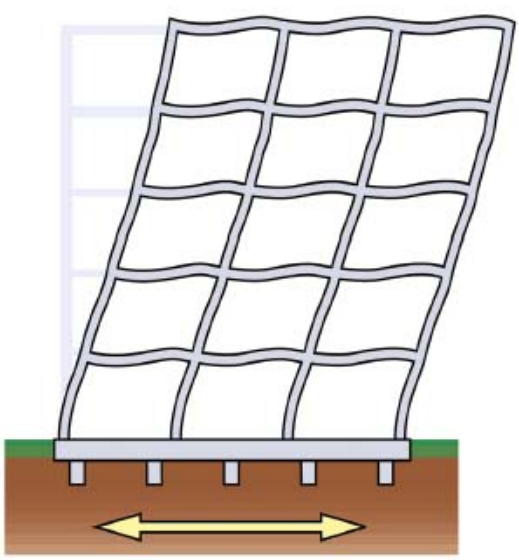




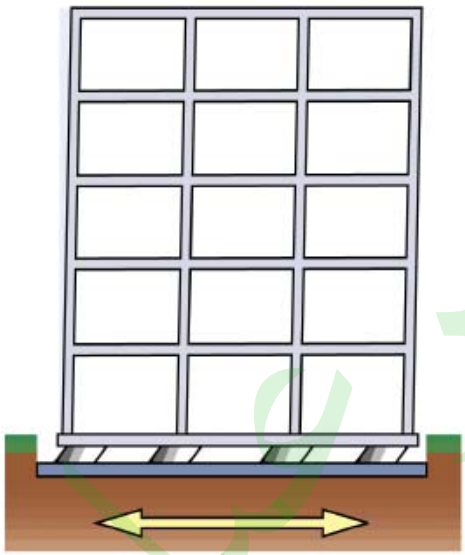
آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

رفتارسازه با سیستم جداساز پایه نسبت به سازه معمولی

Behavior of Building Structure with Base Isolation System



Conventional Structure



Base-Isolated Structure

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

نمایش فیلم

مدل سازه با پایه ثابت روی میز لرزان

مدل سازه جدا ساز لرزه ای روی میز لرزان

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

عملکرد سازه های جداسازی نشده در برابر زلزله:

شکل ۸-۱۰ آسیب های وارده سازه‌ای و غیرسازه‌ای وارده به بیمارستان جدید اسلام آباد غرب

شکل ۸-۸ آسیب های وارده به بیمارستان جدید اسلام آباد غرب (نمای جلو)

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

عملکرد سازه های جداسازی شده در برابر زلزله:

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

اهداف سیستم های جداساز لرزه ای

Objectives of Seismic Isolation Systems

- Enhance performance of structures at all hazard levels by:
  - Minimizing interruption of use of facility (*e.g., Immediate Occupancy Performance Level)*
  - Reducing damaging deformations in structural and nonstructural components
  - Reducing acceleration response to minimize contents-related damage

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

ویژگی های طراحی خوب سیستم های جداساز لرزه ای

Characteristics of Well-Designed Seismic Isolation Systems

- Flexibility to increase period of vibration and thus reduce force response
- Energy dissipation to control the isolation system displacement
- Rigidity under low load levels such as wind and minor earthquakes

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

قابلیت های لازم در طراحی سامانه های جداسازی

سامانه‌ی جداسازی طراحی شده باید دارای قابلیت‌های مندرج در جدول شماره‌ی (۵-۱) بوده و تامین این قابلیت‌ها باید در مرحله‌ی طراحی در نظر گرفته شده و توسط آزمایش‌های معینی تایید گردند:

جدول ۵-۱- قابلیت‌های مورد نیاز برای سامانه‌های جداسازی لرزه‌ای

قابلیت	هدف
مقاوم در برابر وزن سازه	جلوگیری از تاب خوردن سازه در زمان زلزله توزیع نامناسب بارهای قائم بر روی جداسازها
سختی افقی کم	تامین دوره‌ی تناوب طبیعی مورد نیاز
سختی قائم زیاد	جلوگیری از تاب خوردن سازه Rocking
جذب و از بین بردن انرژی کافی	کنترل تغییر مکان جانبی
سختی اولیه‌ی کافی	جلوگیری از تغییرمکان‌های ناخواسته در زمان وزش باد و لرزه‌های خفیف

این قابلیت ها می تواند به طور همزمان در یک وسیله تامین شود یا به کمک چند وسیله آن ها را برای سامانه ی جداسازی فراهم آورد.
علاوه بر این طراح ممکن است برای محدود نمودن تغییر مکان جداسازها، در سامانه ی جداسازی لرزه ای، ضربه گیرهایی نیز پیش بینی نماید.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

فلسفه کلی درمقررات آیین نامه های ساختمانی:

۱- جداگرها در حداکثر تغییرمکان های ناشی از زلزله پایدار باقی بمانند.
۲- با افزایش تغییرمکان، مقاومت جداگر نیز افزایش یابد.
۳- تحت سیکلهای ناشی از بارگذاری زلزله، جداگر زوال محدود شونده داشته باشد.
۴- مشخصات مکانیکی(سختی موثر و میرایی) تکرار شونده و در عین حال پایدار داشته باشد.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

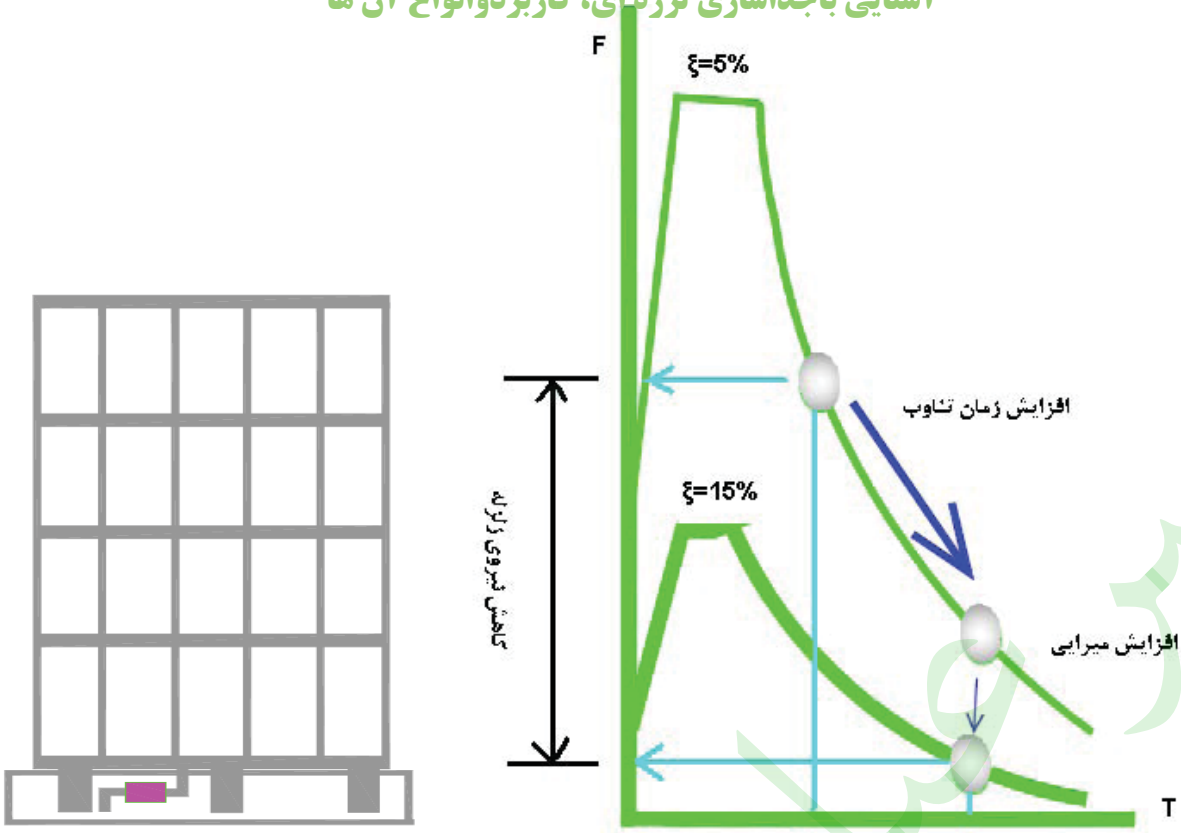
-کلیات ومفهوم جداسازی لرزه ای
- **تاثیرجداسازی لرزه ای برروی پاسخ لرزه ای**
- اثرخاک (نوع زمین)برجداسازی لرزه ای
- مقایسه ساختمان باوبدون سامانه جداسازی لرزه ای درزلزله های گذشته
- انواع جداساز های لرزه ای
-مراحل نصب جداساز لرزه ایLRB
-بررسی انواع جداسازهای اصطکاکی(لغزنده)
-سایر جداسازها
- ترکیب جداسازها
- نرم افزارهای کامپیوتری، توسعه تاریخی آیین نامه ها و پروژه های اجرایی
- انواع نشیمن پل ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

تاثیرجداسازی لرزه ای برروی پاسخ لرزه ای

نصب سیستم های جداساز لرز ه ای منجربه افزایش زمان تناوب اصلی سازه، افزایش میرایی سازه ودرنتیجه کاهش نیروهای وارد برآن می گردد. این روش برای ساختمانهای کوتاه و متوسط بدلیل پائین بودن زمان تناوب آنها، موثرتر از ساختمانهای بلند می باشد.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

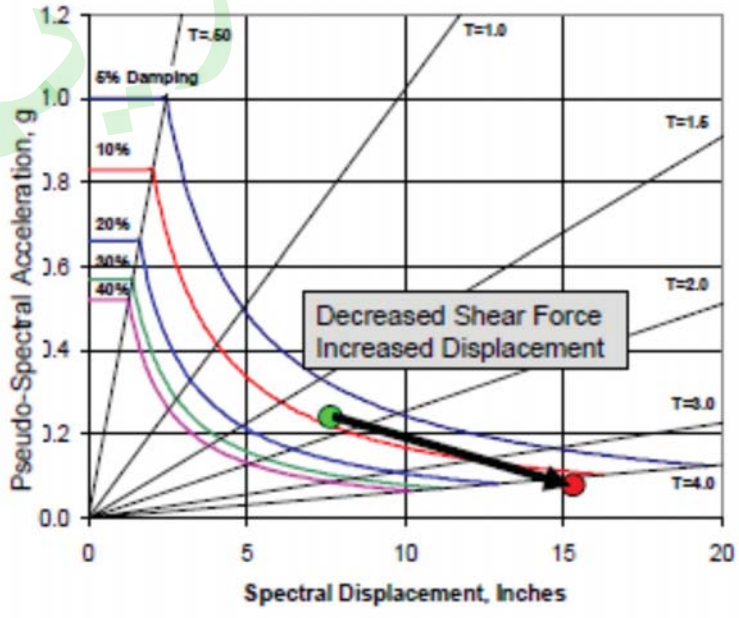


تاثیرات استفاده از جداسازهای لرزه ای بر طیف پاسخ سازه ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

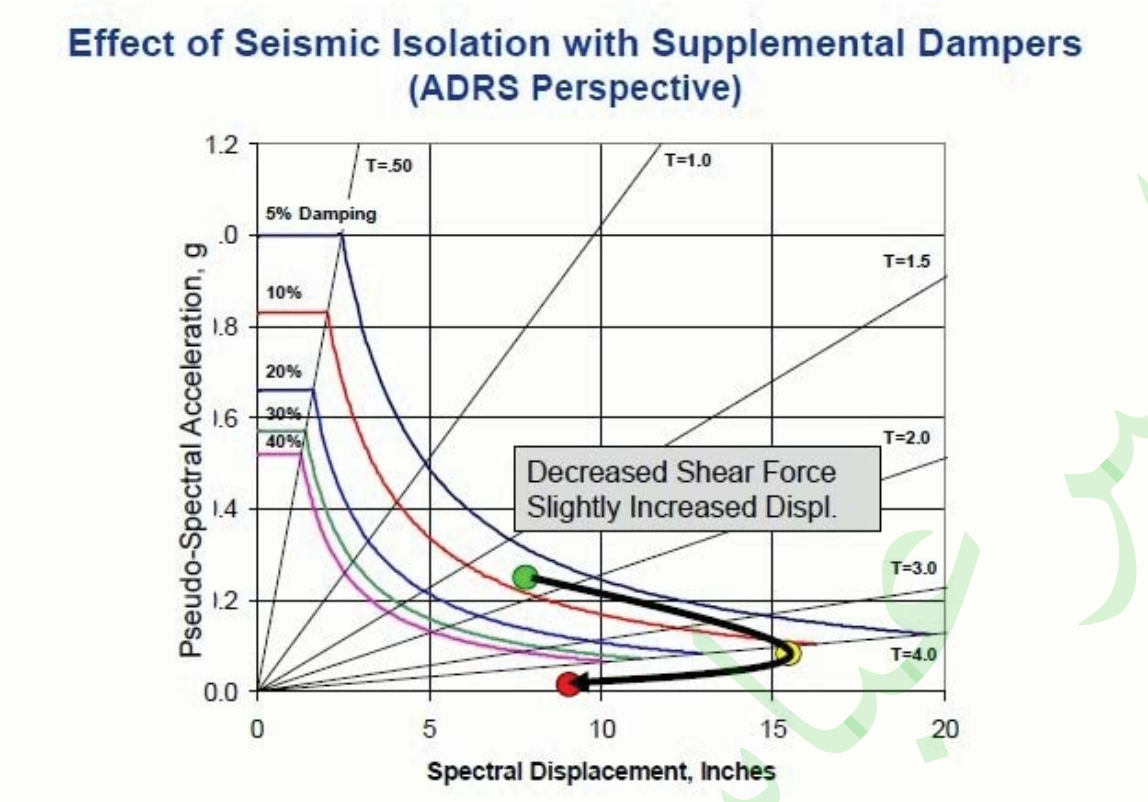
تاثیر جداسازی لرزه ای(فرمت ADRS)

Effect of Seismic Isolation (ADRS Perspective)



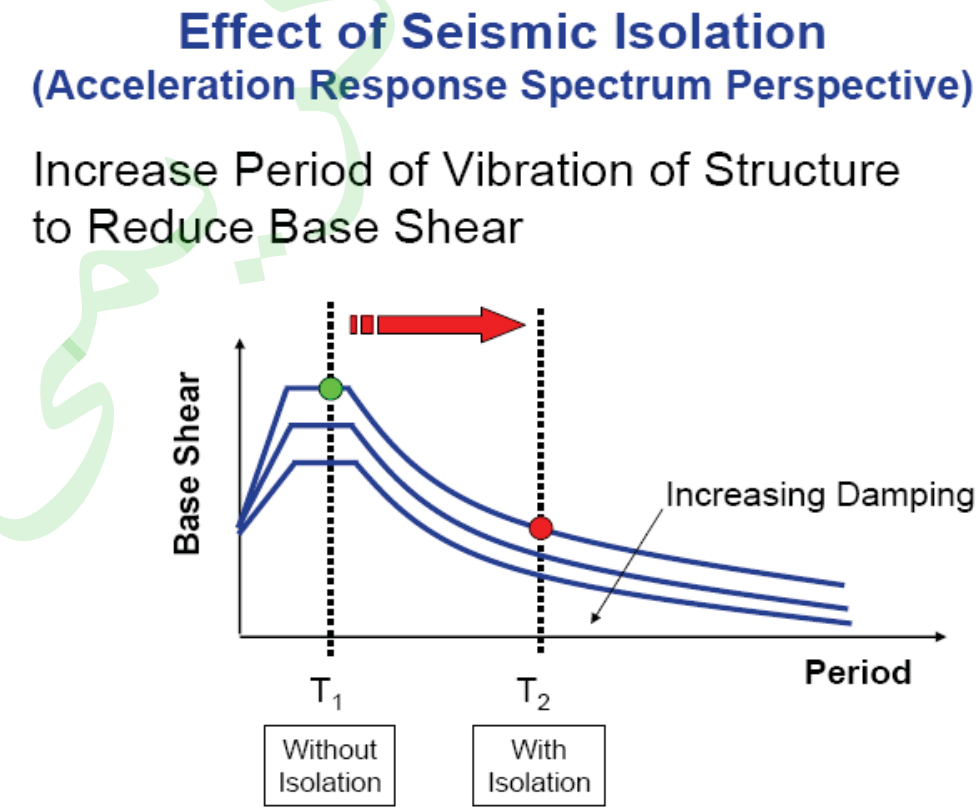
آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

تاثیر جداسازی لرزه ای با میراگرهای مکمل(فرمت ADRS)



آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

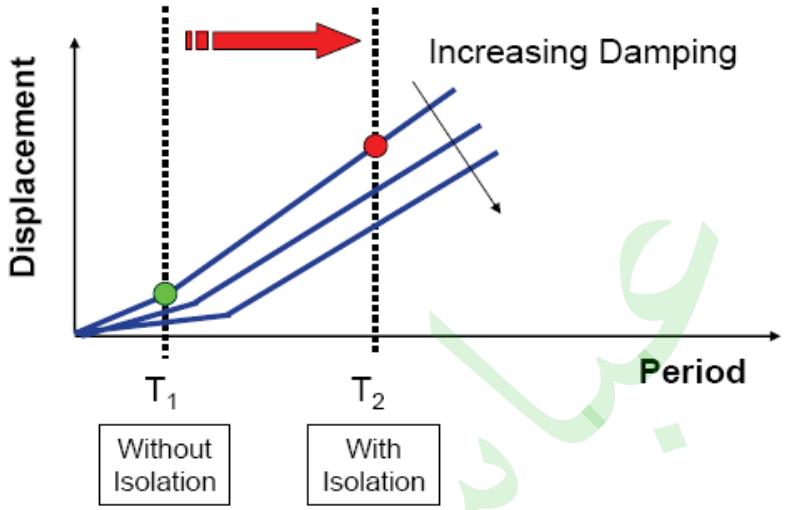
تاثیر جداسازی لرزه ای بر طیف پاسخ شتاب



تاثیر جداسازی لرزه ای بر طیف پاسخ تغییرمکان

Effect of Seismic Isolation
(Displacement Response Spectrum Perspective)

Increase of period increases displacement demand (now concentrated at base)



آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

- کلیات ومفهوم جداسازی لرزه ای
- تاثیرجداسازی لرزه ای برروی پاسخ لرزه ای
- **اثرخاک (نوع زمین)برجداسازی لرزه ای**
- مقایسه ساختمان باوبدون سامانه جداسازی لرزه ای درزلزله های گذشته
- انواع جداساز های لرزه ای
- مراحل نصب جداساز لرزه ایLRB
- بررسی انواع جداسازهای اصطکاکی(لغزنده)
- سایر جداسازها
- ترکیب جداسازها
- نرم افزارهای کامپیوتری، توسعه تاریخی آیین نامه ها و پروژه های اجرایی
- انواع نشیمن پل ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

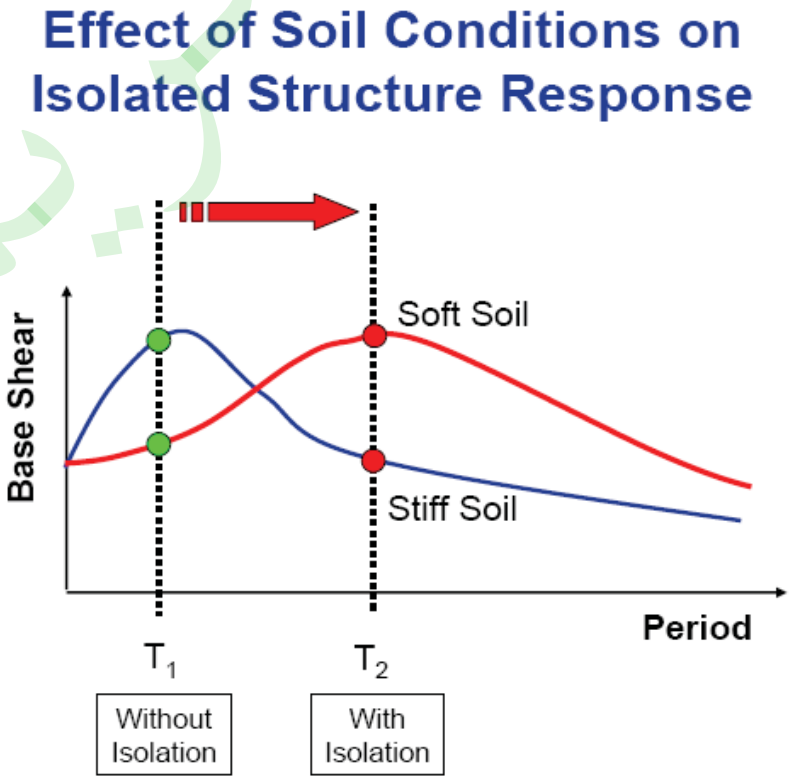
در استفاده از جداسازهای لرزه ای موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

الف- جداسازی از پایه برای ساختمان های سخت تر نتایج بهتری بدست می دهد (در ساختمانهای با زمان تناوب کمتر از۱ ثانیه، با نصب جداگر لرزه ای زمان تناوب اصلی سازه به بیش از ۲ ثانیه افزایش می یابد).

ب- امواج زلزله در حین عبور از لایه های خاک فیلتر می شوند. شتاب حرکت زمین در خاک های سخت از مولفه های فرکانس بالا و در خاک های نرم از مولفه های فرکانس پائین تشکیل می شود. از این رو در خاک های سخت جداگر لرز ه ای بسیارکاربردی بوده و درخاک های نرم ازکارایی آن کاسته می شود. درخاک های خیلی نرم بعلت نزدیکی زمان تناوب سازه جداشده به زمان تناوب حداکثر پاسخ سازه، جداسازی نتیجه مطلوبی نداشته و در مواردی باعث افزایش نیروهای وارد بر سازه نیز می گردد.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

تاثیرنوع خاک بر پاسخ سازه جداسازی شده



آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

قابلیت اجرای (کاربرد) سیستم های جداساز پایه

Applicability of Base Isolation Systems

MOST EFFECTIVE

- Structure on Stiff Soil
- Structure with Low Fundamental Period (Low-Rise Building)

LEAST EFFECTIVE

- Structure on Soft Soil
- Structure with High Fundamental Period (High-Rise Building)

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

اولین اجرای جداسازی لرزه ای

First Implementation of Seismic Isolation

Foothill Community Law and Justice Center, Rancho Cucamonga, CA

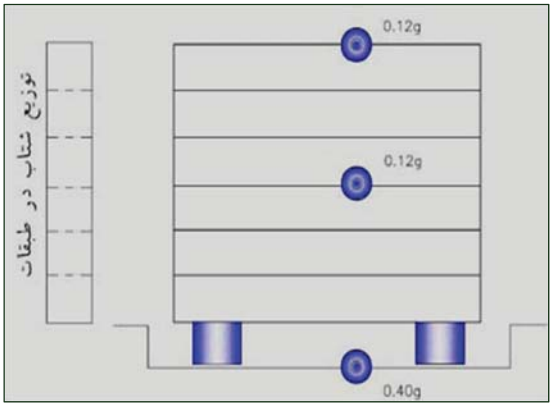
- Application to *new building* in 1985
- 12 miles from San Andreas fault
- Four stories + basement + penthouse
- Steel braced frame
- Weight = 29,300 kips
- 98 High damping elastomeric bearings
- 2 sec fundamental lateral period
- 0.1 sec vertical period
- +/- 16 inches displacement capacity
- Damping ratio = 10 to 20% (dependent on shear strain)

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

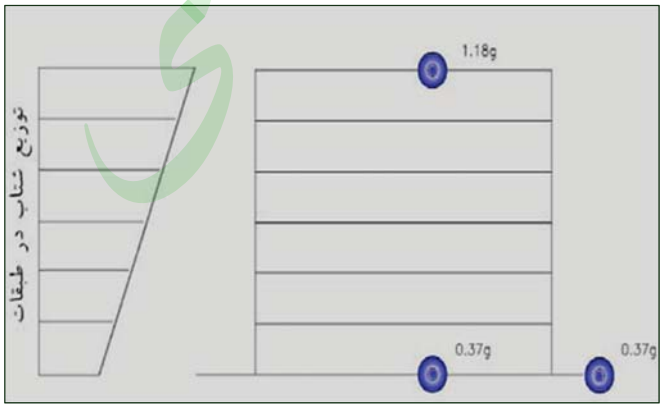
- کلیات ومفهوم جداسازی لرزه ای
- تاثیرجداسازی لرزه ای برروی پاسخ لرزه ای
- اثرخاک (نوع زمین)برجداسازی لرزه ای
- **مقایسه ساختمان باوبدون سامانه جداسازی لرزه ای درزلزله های گذشته**
- انواع جداساز های لرزه ای
- مراحل نصب جداساز لرزه ایLRB
- بررسی انواع جداسازهای اصطکاکی(لغزنده)
- سایر جداسازها
- ترکیب جداسازها
- نرم افزارهای کامپیوتری، توسعه تاریخی آیین نامه ها و پروژه های اجرایی
- انواع نشیمن پل ها

مقایسه ساختمان باوبدون جداسازی لرزه ای درزلزله های گذشته

در ساختمان ۷ طبقه مرکز کامپیوتر غرب ژاپن شتاب زلزله وارد به ساختمان در تراز پایه۰/۴gبود که در این وضعیت با توجه به استفاده از سیستم جدا ساز لرزه ای، شتاب وارد به طبقات و بام۰/۱۲gاندازه گیری شد که نشان دهنده کاهش مقدارشتاب وارد به سازه به میزان ۷۰ درصد می باشد.در ساختمان مشابهی که از سیستم جداساز استفاده نشده ، میزان شتاب زلزله در تراز پایه 0/37gانداز ه گیری شد لیکن مقدار شتاب اندازه گیری شده در تراز بام۱/۱۸g می باشد، که نشان دهنده افزایش شتاب در طبقه بام به میزان ۳۰۰ درصد می باشد.



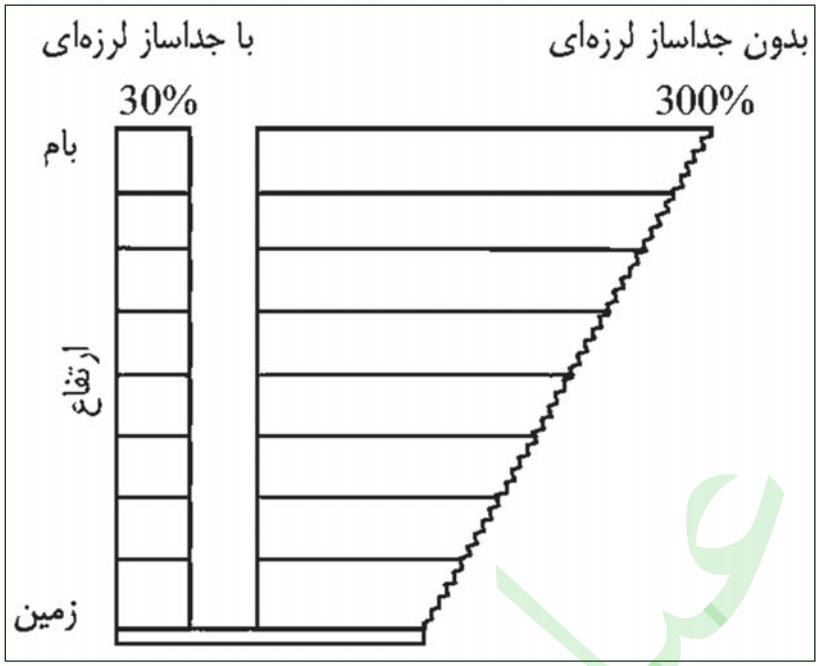
ساختمان مرکز کامپیوتر غرب ژاپن
(جداشده ازپایه) زلزله کوبه ۱۹۹۵



ساختمان سنتی(جدانشده)، زلزله کوبه ۱۹۹۵

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

درشکل شتاب افقی ساختمان های مذکور مقایسه شده است



کاربرد جداسازی لرزه ای در پروژ های مقاوم سازی

برای ساختما نهای ذیل، مطالعه برای انتخاب گزینه ی جداسازی لرزه ای به طور خاص بر اساس عملکرد و اهمیت توصیه می گردد:

۱- ساختمان های با اهمیت بالا: ساختمان هایی که عملکرد آ نها در وضعیت بحرانی پس از زلزله مهم است،مانندساختمان های امدادرسانی و بیمارستانی؛
۲- ساختمان های دارای ارزش تاریخی و هنری (به عنوان یک گزینه در بهسازی لرزه ای)؛
۳- بخش های اصلی از شریانهای حیاتی همچون پل های مهم یا نیروگاه ها؛
۴- واحدهای تولیدی دارای تجهیزات یا محصولات گران قیمت یا راهبردی؛
۵- ساختمان هایی که آسیب احتمالی در آنها، تهدیدی جدی برای محیط زیست تلقی گردد.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها
کاربرد جداسازی لرزه ای در پروژ های مقاوم سازی

در جدول ۷-۳ 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 ایمنی جانی، این گزینه مقاوم‌سازی اقتصادی می‌باشد. تجربه‌های بهسازی نشان می‌دهد که میراگرها به سطح عملکرد بی‌وقفه نیز دست خواهند یافت.

جدول ۷-۳- قابلیت جداگر لرزه‌ای و میراگرها در تامین سطوح عملکرد سازه

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

مثال مقاوم سازی با جداسازی لرزه ای

Example of Seismic Isolation Retrofit

U.S. Court of Appeals,
San Francisco, CA
- Original construction started in 1905
- Significant historical and architectural value
- Four stories + basement
- Steel-framed superstructure
- Weight = 120,000 kips
- Granite exterior & marble, plaster, and hardwood interior
- Damaged in 1989 Loma Prieta EQ
- Seismic retrofit in 1994
- 256 Sliding bearings (FPS)
- Displacement capacity = +/-14 in.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

- کلیات ومفهوم جداسازی لرزه ای
- تاثیرجداسازی لرزه ای برروی پاسخ لرزه ای
- اثرخاک (نوع زمین)برجداسازی لرزه ای
- مقایسه ساختمان باوبدون سامانه جداسازی لرزه ای درزلزله های گذشته
- **انواع جداساز های لرزه ای**
- مراحل نصب جداساز لرزه ایLRB
- بررسی انواع جداسازهای اصطکاکی(لغزنده)
- سایر جداسازها
- ترکیب جداسازها
- نرم افزارهای کامپیوتری، توسعه تاریخی آیین نامه ها و پروژه های اجرایی
- انواع نشیمن پل ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

انواع جداساز های لرزه ای

به طور کلی جداسازهای لرزه ای را می توان به دو دسته ی اصلی:جداسازهای لاستیکی و جداسازهای لغزشی (اصطکاکی) تقسیم بندی کرد.

۱) جداسازهای لاستیکی(Elastomeric Bearings):

- ❖ جداسازهای لاستیکی با ورقه های فولادی
  - جداسازهای لاستیکی با ورقه های فولادی (و میرایی کم)؛
  - جداسازهای لاستیکی با ورقه فولادی(ومیرایی زیاد)(HDNR)؛
- ❖ جداسازهای لاستیکی با هسته ی سربی(LRB)
- ❖ جداسازهای لاستیکی الیافی(FREI)
  - کاربرد متصل(Bonded application)
  - کاربرد غیرمتصل(Unbonded application)
  - کاربرد جزئی متصل(Partially bonded application)

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

انواع جداساز های لرزه ای

۲)جداسازهای اصطکاکی یا لغزشی (Sliding Bearings):

- جداساز های الاستیک اصطکاکی،سیستم جداگر اصطکاکی پس جهنده (R-FBI)؛
- جداساز های اصطکاکی پاندولی(FPS)یاآونگ اصطکاکی
- جداسازهای لغزشی تخت(Flat Sliding Bearings)

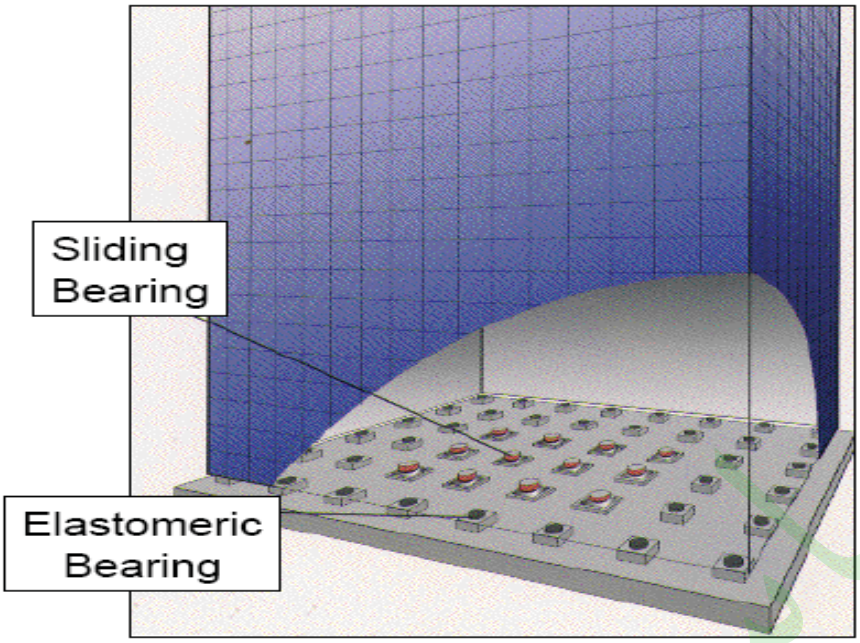
۳)سایر جداسازها

شامل: RoGlider، LoGlider جداسازهای فنری، سیستم های گهواره ای وسیستم جداسازی بااستفاده از شمع های غلاف دار و...

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

برای استفاده ی همزمان از قابلیت های جداساز های لاستیکی و اصطکاکی، این دو سامانه در موارد زیر با هم ترکیب شد ه اند:

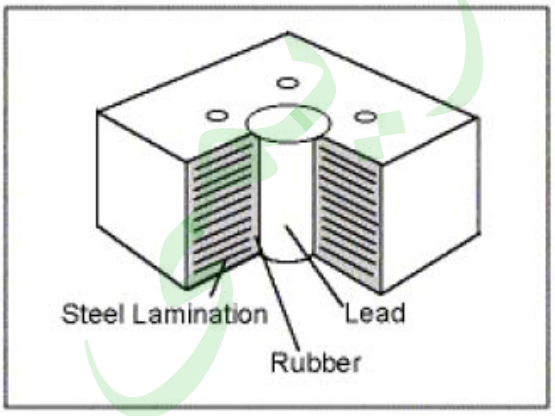
- ترکیب سری جداسازهای اصطکاکی و لاستیکی؛
- ترکیب موازی جداسازهای اصطکاکی و لاستیکی.

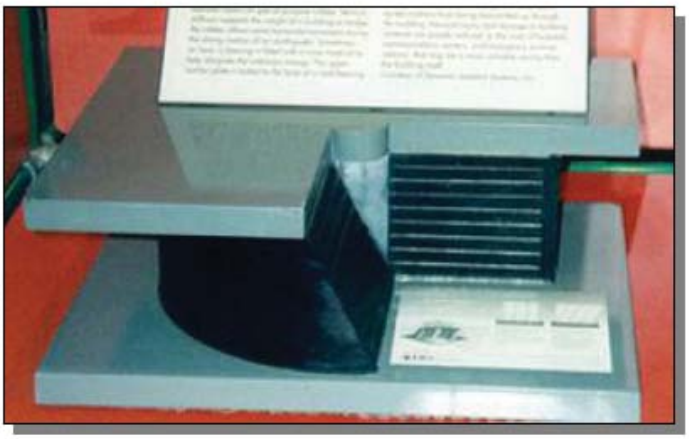


آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

هندسه نشیمن های الاستومری

Geometry of Elastomeric Bearings





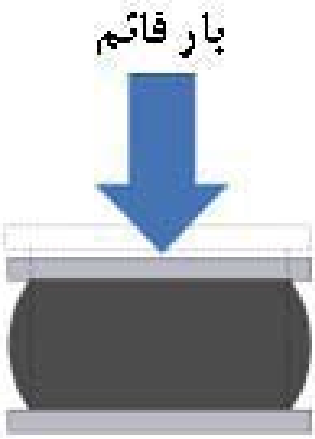
Major Components:

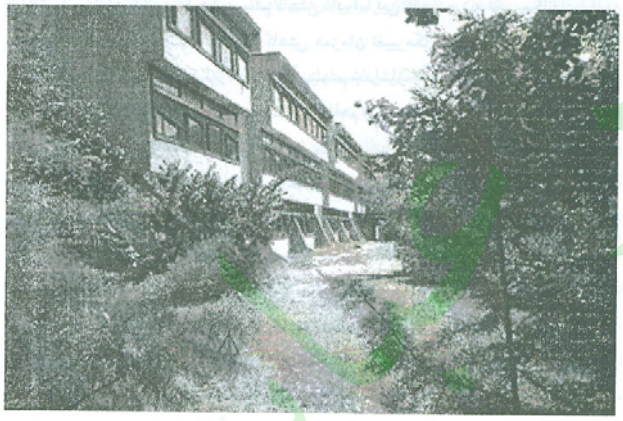
- Rubber Layers: Provide lateral flexibility
- Steel Shims: Provide vertical stiffness to support building weight while limiting lateral bulging of rubber
- Lead plug: Provides source of energy dissipation

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

اولین جداساز لاستیکی

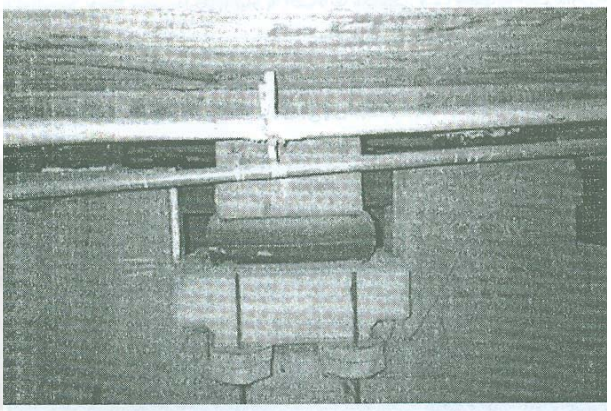
نشیمن لاستیک طبیعی، نخستین بار در سال ۱۹۶۹ برای حفاظت لرزه ای ساختمان مدرسه پستالوزی شهر اسکوپیه مقدونیه به کار رفت . این نشیمن ها، بلوک های لاستیکی بزرگی می باشند که برخلاف نمونه های امروزی، فاقد صفحات فولادی تقویت کننده بوده و در اثر وزن ساختمان، حدود ۲۵ ٪ فشرده می شوند. سختی قائم نشیمنها فقط چند برابر سختی افقی بوده و لاستیک مورد استفاده تقریباً فاقد میرایی است . در هر دو سمت نشیمنهای لاستیکی بلوکهای شیشه ای قرار داده می شود که جهت جلوگیری از حرکت ساختمان در اثر باد، ترددهای داخلی ساختمان یا زمین لرزه های با شدت کم می باشد، وبا گذشتن بار لرزه ای از آستانه مشخصی می شکنند.



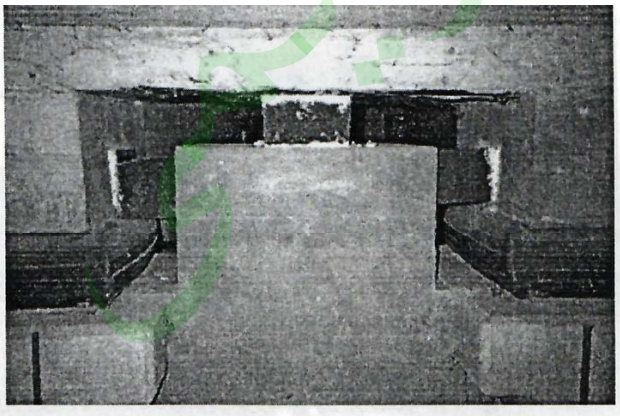


شکل (۱-۱): مدرسه پستالوزی واقع در اسکوپیه، مقدونیه.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها



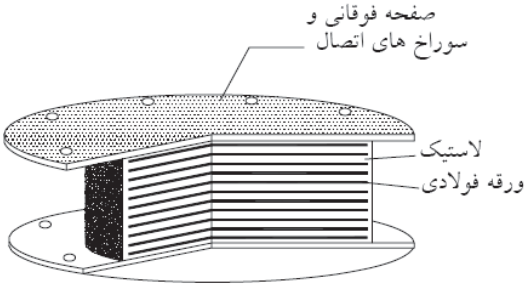
شکل (۱-۲): نشیمنهای به‌کار رفته در مدرسه پستالوزی.



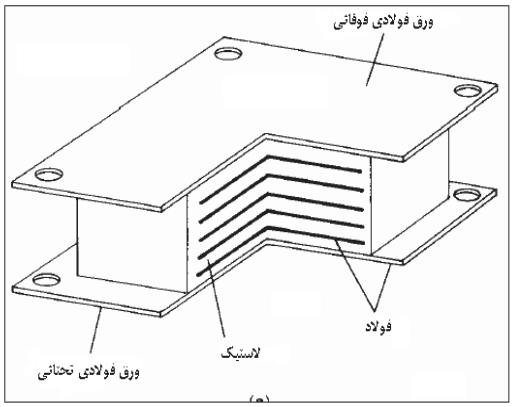
شکل (۱-۳): فیوزهای لرزه‌ای به‌کار رفته در مدرسه پستالوزو.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

جداساز های لاستیکی با ورقه های فولادی (بامیرایی کم)
Low-Damping Natural or Synthetic Rubber Bearing



شکل ۲-۱- جداسازهای لاستیکی با ورقه‌های فولادی



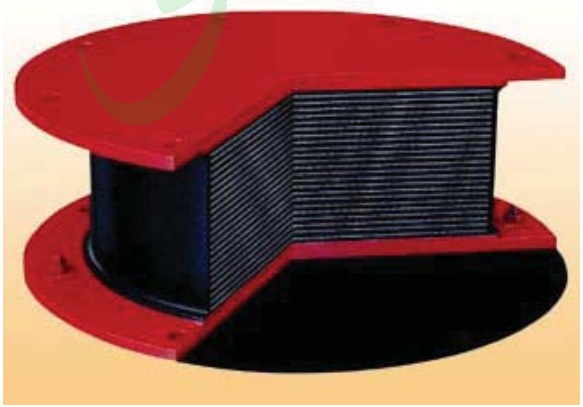
جداساز های لاستیکی با ورقه های فولادی یکی از جداساز هایی هستند که نیاز به انتقال دوره ی تناوب طبیعی سازه و وظیفه ی جدانمودن ارتعاش روسازه از بستر خود را برآورده می کنندومعمولاً به سیستم میراگر مکمل نیاز دارند مانند میراگرهای لزج (ویسکوز)، میله های فولادی، میله های سربی و وسایل اصطکاکی.
ورق های فولادی مسلح کننده از انبساط جانبی لاستیک جلوگیری کرده و سختی قائم را به مقدار زیادی افزایش می دهند اما هیچ تاثیری بر سختی افقی سیستم که بوسیله مدول برشی الاستومر کنترل می شود، ندارند . رفتار ماده در برش تا کرنشهای بیش از ۱۰۰ ٪ کاملاً خطی بوده و میرایی آن در حدود ۲ تا ۳ درصد مقدار بحرانی می باشد.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

این جداساز ها که در ابتدا برای ایجاد انعطا ف پذیری در پایه ی پل ها در زمان انبساط و انقباض آنها استفاده شد، بعدها به منظور رفع مشکل ارتعاش ناشی از حرکت قطارهای زیرزمینی کارکرد مناسبی از خود نشان دادند.

از مزایای این نوع نشیمن به موارد زیر می توان اشاره کرد:

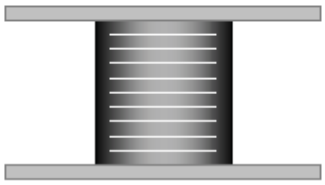
- ساخت آسان نشیمن ها (فرآیند ترکیب مصالح و پیوند آن با فولاد).
- مدلسازی آسان و عدم وابستگی پاسخ دینامیکی آنها به دما و سن نمونه ها.



آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

نشیمن های لاستیک طبیعی یامصنوعی با میرایی کم

Low Damping Natural or Synthetic Rubber Bearings



Linear behavior in shear for shear strains up to and exceeding 100%.

Damping ratio = 2 to 3%

Advantages:
- Simple to manufacture
- Easy to model
- Response not strongly sensitive to rate of loading, history of loading, temperature, and aging.

Disadvantage:
Need supplemental damping system

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

جداسازهای لاستیکی با میرایی زیاد(HDNR)
High-Damping Natural Rubber Bearings

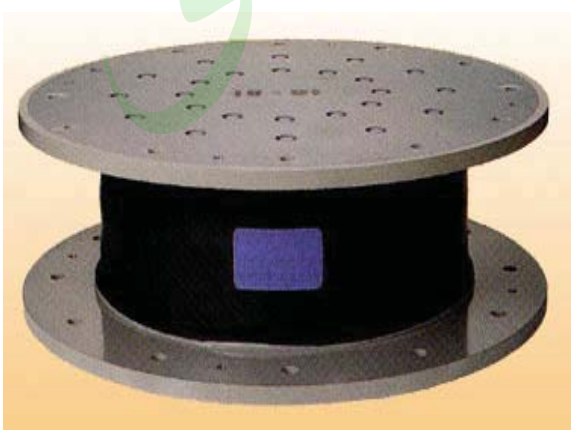
به منظور دستیابی به عملکرد بهتر جداساز های لاستیکی باورقه های فولادی ومیرایی کم اغلب مواد پرکننده (اکسیدهای فلزی،سلولز،رس ودوده کربن)به لاستیک اضافه می شود ، مواد پرکننده موجب بهبود عملکرد در موارد زیر می گردد:

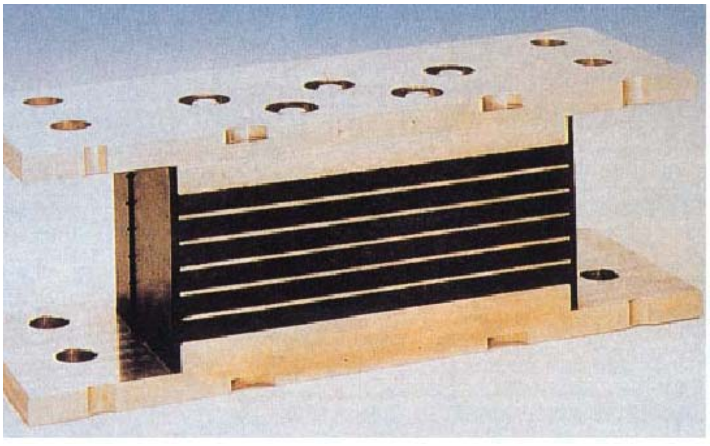
۱- میرایی بیشتروتغییر شکل برشی کمتر،مدول برشی بیشتر، کنترل تغییرمکان جانبی؛

۲- سختی اولیه ی بیش تر؛

۳-،سختی افقی کمتروتامین دوره تناوب(نرمی) موردنیاز .

با افزودن موادپرکننده میرایی این جداگرها به ۱۰تا۲۰درصدمیرایی بحرانی می رسد.

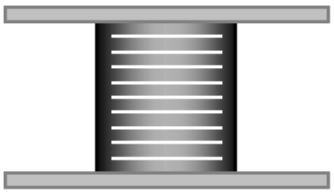




آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

نشیمن های لاستیک طبیعی با میرایی زیاد

High-Damping Natural Rubber Bearings



- Maximum shear strain = 200 to 350%
- Damping increased by adding extrafine carbon black, oils or resins, and other proprietary fillers
- Damping ratio = 10 to 20% at shear strains of 100%
- Shear modulus = 50 to 200 psi
- Effective Stiffness and Damping depend on:
  - Elastomer and fillers
  - Contact pressure
  - Velocity of loading
  - Load history (scragging)
  - Temperature

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

انواع لاستیک مورد استفاده در جداساز های لاستیکی

- لاستیک ها یا الاستومرها ترکیباتی از پلیمرها، فیلرها (پرکننده ها)، روغن، شتابدهنده ها، مواد ضد ازن، مواد دیرگیر و کندگیرکننده هستند که با هم مخلوط و توسط حرارت با هم ترکیب و ولکانیزه می شوند(ولکانیزاسیون).
- لاستیک هایی که بیش ترین کاربرد را در جداساز های لاستیکی دارند عبارتند از: لاستیک طبیعی، لاستیک مصنوعی (نئوپرن، بوتیل و نیتریل).
- مشخصات مکانیکی لاستیک طبیعی مانند مقاومت در مقابل پارگی، مقاومت و خستگی در تغییر مکانهای زیاد، خزش و خصوصیات آن در دمای پایین، از بیشتر لاستیک های مصنوعی که برای ساخت جداسازهای لرز های مورد استفاده قرار می گیرند بهتر است. بنابراین لاستیک طبیعی و پس از آن نئوپرن بیشتر از هرگونه لاستیک دیگری در ساخت این امکانات مورد استفاده قرار می گیرند. لاستیک های بوتیل برای استفاده در دمای پایین و لاستیک های نیتریل برای موارد محدودی در سازه های دریایی استفاده شد ه اند.
- نسبت میرایی به دست آمده از این جداساز ها بسیار کم و در محدوده ی ۲ تا ۴ درصد میرایی بحرانی است. از این رو طراح در زمان به کارگیری این نوع جداساز باید به کمک ساز و کاری دیگر استهلاک انرژی مورد نیاز را تامین نماید.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

- به منظور دستیابی به عملکرد بهتر این جداساز ها اغلب مواد پرکننده به لاستیک اضافه می شود. رفتار نیرو- تغییرمکان این جداساز ها به مقدار زیادی بستگی به نوع و میزان ماده ی پرکننده در آن ها دارد. این مواد پرکننده موجب بهبود عملکرد در موارد زیر می گردد:

۱. میرایی بیش تر؛
۲. سختی اولیه ی بیش تر؛
۳. تغییر شکل برشی کم تر.

- میرایی قابل دسترسی توسط این روش به حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد میرایی بحرانی می رسد. مواد پرکننده ی مختلفی برای این منظور مورد استفاده قرار گرفته اند که از آن جمله می توان به اکسیدهای فلزی، رس و سلولز اشاره نمود. اما ماده ی پرکننده ای که بیش از همه مورد استفاده قرار گرفته **دوده** است.
- استفاده از ورقه های فولاد سبب افزایش سختی قائم این جداساز ها می شود. اما از سوی دیگر سبب افزایش وزن آن ها شده و کار ساخت، حمل و نصب را دشوار می نماید. این امر در کنار این مشکلات موجب افزایش هزینه ی ساخت و نصب آنها می گردد.

اخیرا روش هایی برای ساخت کم هزینه تر جداساز ها ارایه شده است. در یکی از این روش ها شبکه های الیافی جایگزین ورقه های فولادی شده و وزن این جداساز ها را به اندازه ی قابل توجهی کاهش می دهند.

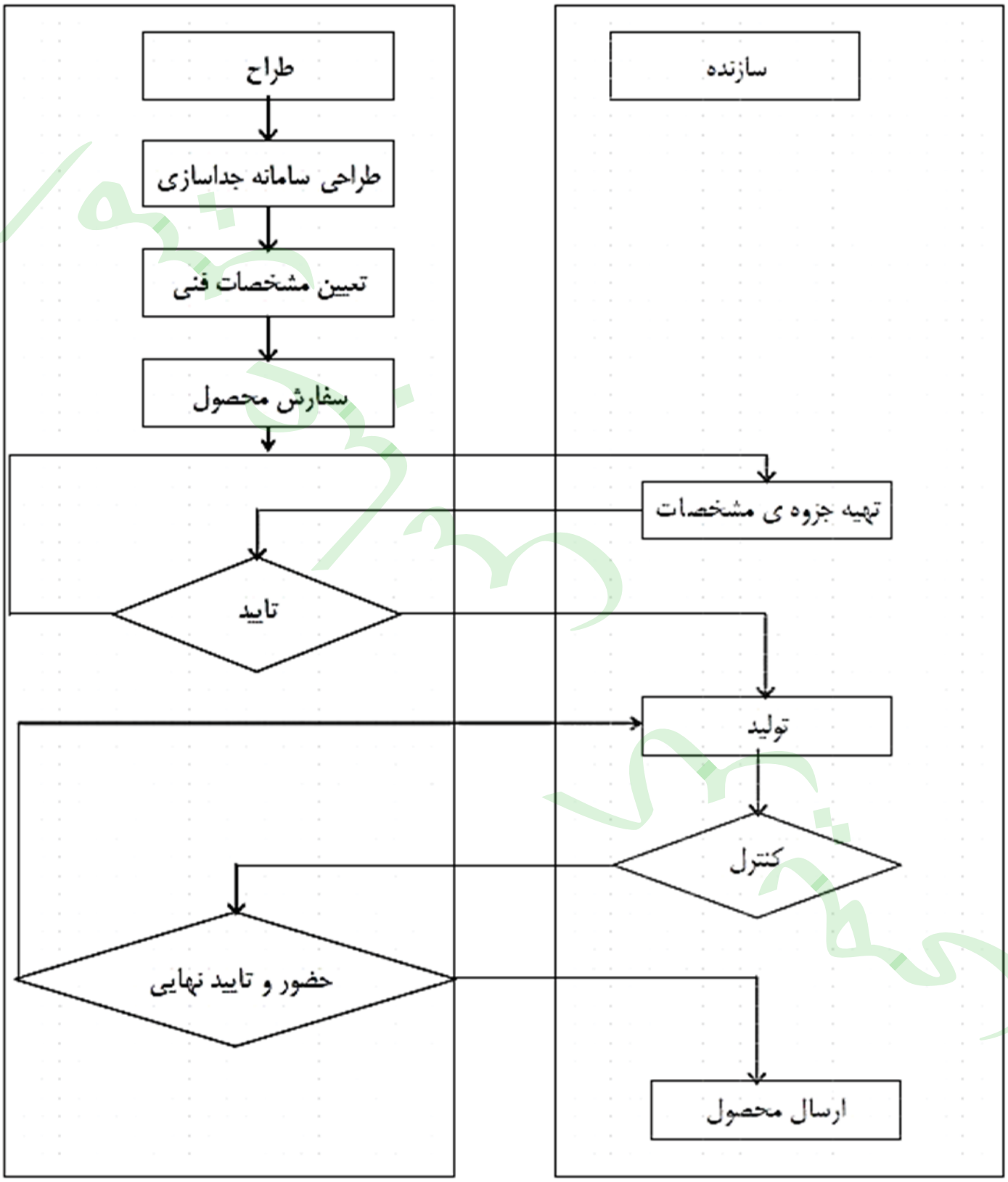
آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

ساخت جداسازهای لاستیکی با ورقه های فولادی

جداسازهای لاستیکی با ورقه های فولادی به دو روش سرد و گرم ساخته می شوند.
روش گرم در حال حاضر بیش تر از روش سرد مورد استفاده قرار می گیرد.

- **در روش سرد** ، ورقه های لاستیک با چسب به ورقه های فولاد چسبانده شده و برای خشک شدن کامل چسب در دمای معمولی یا دمای بالا (توسط تجهیزات گرمادهی) نگهداری می شوند. پس از خشک شدن چسب در بین لایه ها، مرحله ی دوم اجرا می گردد. درمرحله ی دوم یک لایه ی لاستیک محافظ با چسب به دور جداساز چسبانده شده و دوباره فرایند خشک کردن این چسب انجام می گردد. لایه ی محافظ دوم به منظور حفظ ورقه های فولادی از دسترسی اکسیژن و سایر مواد خارجی و بروز خوردگی در فولاد است.
- **در روش گرم**، لاستیک پس از ترکیب مواد مختلف در حالی که هنوز به حالت نیمه مایع است، در بین ورقه های فولادی ریخته می شود. برای حفظ فاصله ی برابر بین ورقه های فولادی از پرچ، گوه های فولادی یا پین هایی بین آن ها استفاده می شود. در این روش ورقه های فولادی از قبل با روشی مانند سند بلاست کاملا تمیز و آماده سازی شده و سطح آن ها چسب زده می شود. سپس مجموعه حرارت داده شده و تحت فشار قرار می گیرد تا لاستیک کاملا جوش خورده و چسب خشک شود. نتیجه ی این کار به دست آمدن قطعاتی بدون بخش های مجزا و کاملا یکدست است که به کیفیت ، طول عمر و عملکرد آ نها می افزاید.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان کرمانشاه
سیستم هاي ويژه جذب انرژي در سازه هاي فولادي
گردآورنده: امیر عباس کریمی
دوره ارتقاء پایه دو به یک- صلاحیت محاسبات، رشته عمران
ویرایش دوم: دی ماه ۹۶

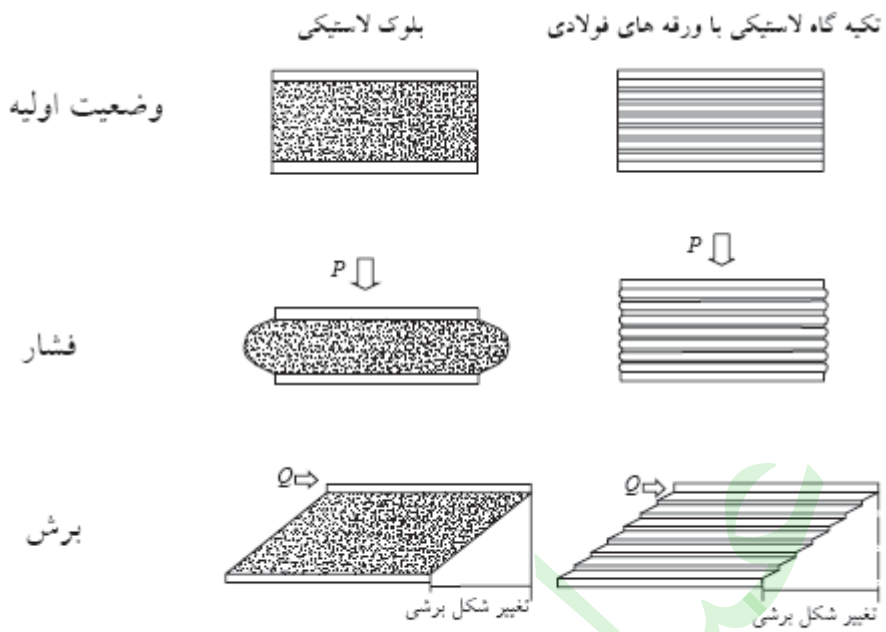


شکل ۲-۲- نمودار فرایند طراحی، ساخت تا ارسال جداسازها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

ویژگی های جداسازهای لاستیکی با ورقه های فولادی

۱– رفتار جداسازها در برابر بار جانبی و قائم



شکل ۲-۳- تاثیر ورقه‌های فولاد بر روی سختی قائم جداساز لاستیکی

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

ویژگی های جداسازهای لاستیکی با ورقه های فولادی

۲–عملکرد در برابر بارهای فشاری

- در جداساز های لاستیکی با ورقه های فولادی با فرض یکسان بودن ارتفاع لایه ها، اگر ضخامت لایه های لاستیک را کاهش داده و تعداد آن را افزایش دهیم (ضریب شکل یک بعدی بزرگتر) به سختی قائم جداساز افزوده و نیرو و تغییرشکل رابطه ی خطی پیدا خواهندکرد.
- از سوی دیگر با ضخیم تر شدن ضخامت یک لایه ی لاستیک و کاهش ضریب شکل یک بعدی، سختی قائم کاهش یافته و جداساز قادر به کاهش اثر نیروها در جهت قائم می گردد.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

ویژگی های جداسازهای لاستیکی با ورقه های فولادی

۳–عملکرد در برابر بارهای کششی

- سختی کششی این جداساز ها به مراتب از سختی آن ها در جهت فشاری کم تر است.
- با تداوم اعمال بار کششی در جداساز ها لاستیک از فولاد جداشده و حفره هایی در بین لایه های لاستیک وفولاد پدید می آید. بروز این حفره ها موجب کاهش میزان سختی قائم در جهت فشاری تا حد ۵۰ درصد میزان اولیه می گردد. از این روتحت کشش قرار گرفتن این جداساز ها اثر منفی بر روی آن ها داشته و توصیه نمی گردد.
- آزمایش های انجام شده، حداکثر میزان قابل قبول تنش کششی بر روی این تجهیزات را در حد کمتر از ۱۰ تا ۲۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع نشان داده است.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

ویژگی های جداسازهای لاستیکی با ورقه های فولادی

۴– عملکرد در برابر بارهای فشاری و برشی

- جداسازها باید ضمن تحمل وزن سازه در شرایط عادی، با نشان دادن سختی کم و تغییر مکان قابل توجه در زمان زلزله، نیروی موثر زلزله بر سازه را کاهش دهند. در زمان زلزله با به وجود آمدن لنگر واژگونی در سازه و ارتعاش غیر یکنواخت پی، تنش های فشاری اضافی در جداساز به وجود می آید. در این حال لازم است تا به منظور حفظ باربری و پایداری جداساز ها، تحلیل، طراحی و ساخت این تجهیزات به گونه ای صورت پذیرد که تغییرات تنش فشاری تاثیری بر روی باربری نیروی برشی آنها وارد نکند. برای این منظور انتخاب ابعاد ومصالح مناسب برای جداساز ضروری است.
- افزایش تغییر شکل برشی جداساز باعث بروز پدیده ی سخت شدگی در رفتار نیرو- تغییر شکل جداساز می گردد. اگرچه این پدیده ممکن است موجب کاهش تغییر شکل ایجاد شده در جداساز گردد، اما در عین حال نیروی منتقل شده به سازه و در نتیجه پاسخ طبقات افزایش می یابد. از این رو مطلوب است تا در زمان طراحی، تغییر شکل طراحی جداساز در محدوده ی خطی تعیین گردد.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

ویژگی های جداسازهای لاستیکی با ورقه های فولادی

۵-پایایی

- لاستیک ماده ای آلی است و ویژگی های آن به مرور زمان به تدریج تغییر می کند. عوامل بروز این تغییرات را می توان به شکل زیر دسته بندی کرد:

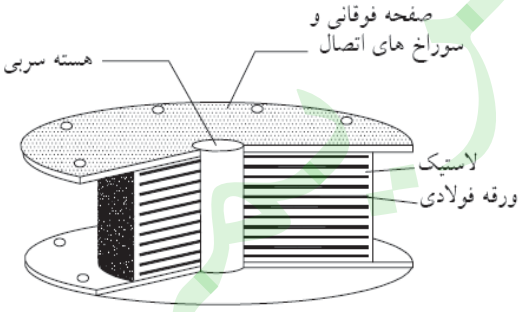
- عوامل خارجی مانند: گازها، نور، گرما و نیروهای خارجی که باعث تغییرات فیزیکی می شوند؛
- عوامل داخلی مانند: پلیمر، مواد پرکننده و فرم شکل گیری پل ها و غیره که باعث تغییرات شیمیایی می شوند.

- با توجه به اینکه جداساز ها معمولا در محیطی دور از نور و حرارت قرار دارند، توجه بیش تر باید معطوف تاثیر عملکرد آن ها در مقابل اکسیداسیون گردد. اکسیداسیون لاستیک موجب افزایش سختی آن می شود.

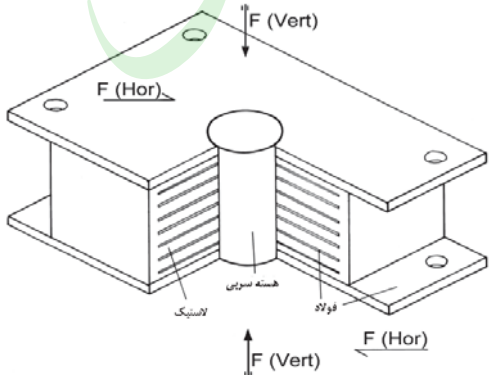
آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

جداساز های لاستیکی با هسته ی سربی(LRB)

Lead-Rubber Bearing(Low damping natural rubber with lead core)



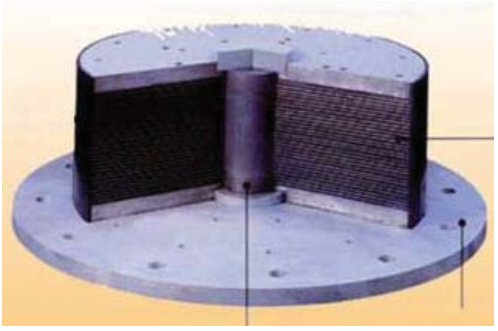
شکل ۲-۶- جداسازهای لاستیکی با هسته‌ی سربی



این جداساز شامل یک هسته ی سربی است که در داخل جداساز لاستیکی محصور شده است. همان طور که ذکر شد، جداسازهای لاستیکی قادر به تامین میرایی زیاد و جذب انرژی مناسب نیستند. هسته ی سربی در جداساز های لاستیکی با تسلیم شدن در زمان ارتعاش، میزان میرایی را از حدود ۳ درصد میرایی بحرانی در جداساز های لاستیکی باورقه فولادی به چیزی در حدود بیش از ۱۰ درصد می افزاید.

همچنین هسته ی سربی با تامین سختی اولیه ی کافی، سازه ی جداسازی شده را در برابر بارهای جانبی ضعیف مانند باد یا زلزله های خفیف مقاوم می کند. سختی اولیه ای در حدود ۹ تا ۱۶ برابر سختی پس از تسلیم می باشد.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها



بخش لاستیکی این تجهیزات مشابه جداساز های لاستیکی با ورقه های فولادی است و وظیفه ی تامین نیروی بازگرداننده به مبدا راپس از پایان ارتعاش سازه به عهده دارد.
صفحات فولادی به کار رفته در این سیستم سبب تغییرشکل هسته سربی در برش می شوند.
دلیل انتخاب سرب برای این جداساز این است که فلز سرب دارای ساختمانی کریستالی است. ساختار کریستالی سرب با تغییر مکان تغییر می کند اما بلافاصله با برگشت تغییر مکان به حالت اولیه بازگشته و به این ترتیب تسلیم های متوالی تحت بارهای ارتعاشی دینامیکی جانبی باعث به وجود آمدن پدیده ی خستگی در آن نمی شود.
سرب تحت نیروی برشی در تنش های نسبتا پایین در حدود ۸ تا ۱۰ نیوتن بر میلیمتر مربع به حد تسلیم می رسد و بنابراین رفتارهیسترزیس پایداری نشان داده و میزان قابل توجهی از انرژی را در زمان رخداد زلزله های نسبتا بزرگ از بین می برد.

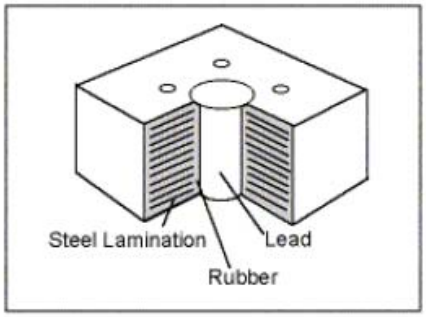
آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

این نوع از نشیمنها دارای یک یا چند هسته سربی بوده به همین دلیل از میرایی بالایی برخوردار می باشند
سختی و میرایی موثر نشیمنهای با هسته سربی، وابسته به مقدار جابجایی آن می باشد. محاسبه تغییرمکان متناظر با مقدار میرایی لازم از ضروریترین سنجش های کار با این نوع جداگرمی باشد.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

نشیمن های لاستیکی-سربی

Lead-Rubber Bearings



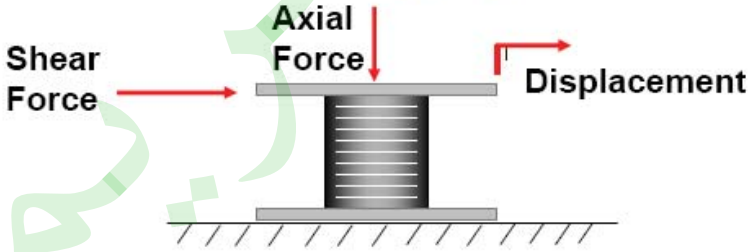
- Solid lead cylinder is press-fitted into central hole of elastomeric bearing
- Lead yield stress = 1500 psi (results in high initial stiffness)
- Yield stress reduces with repeated cycling due to temperature rise
- Hysteretic response is strongly displacement-dependent

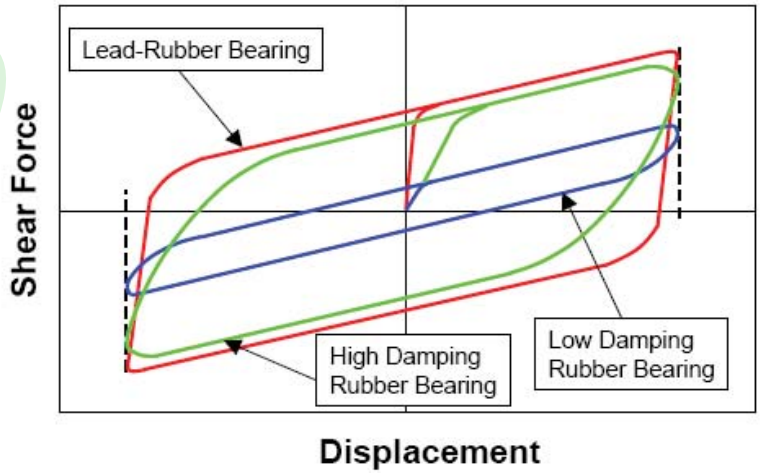
- Invented in 1975 in New Zealand and used extensively in New Zealand, Japan, and the United States.
- Low damping rubber combined with central lead core
- Shear modulus = 85 to 100 psi at 100% shear strain
- Maximum shear strain = 125 to 200% (since max. shear strain is typically less than 200%, variations in properties are not as significant as for high-damping rubber bearings)

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

چرخه های هیسترزیس نشیمن الاستومری

Elastomeric Bearing Hysteresis Loops

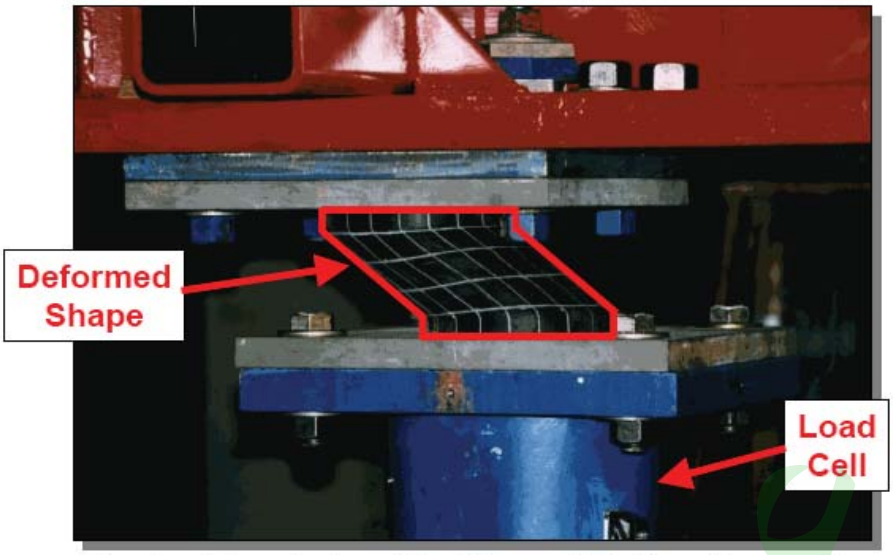




آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

تغییرشکل نشیمن الاستومری

Shear Deformation of Elastomeric Bearing

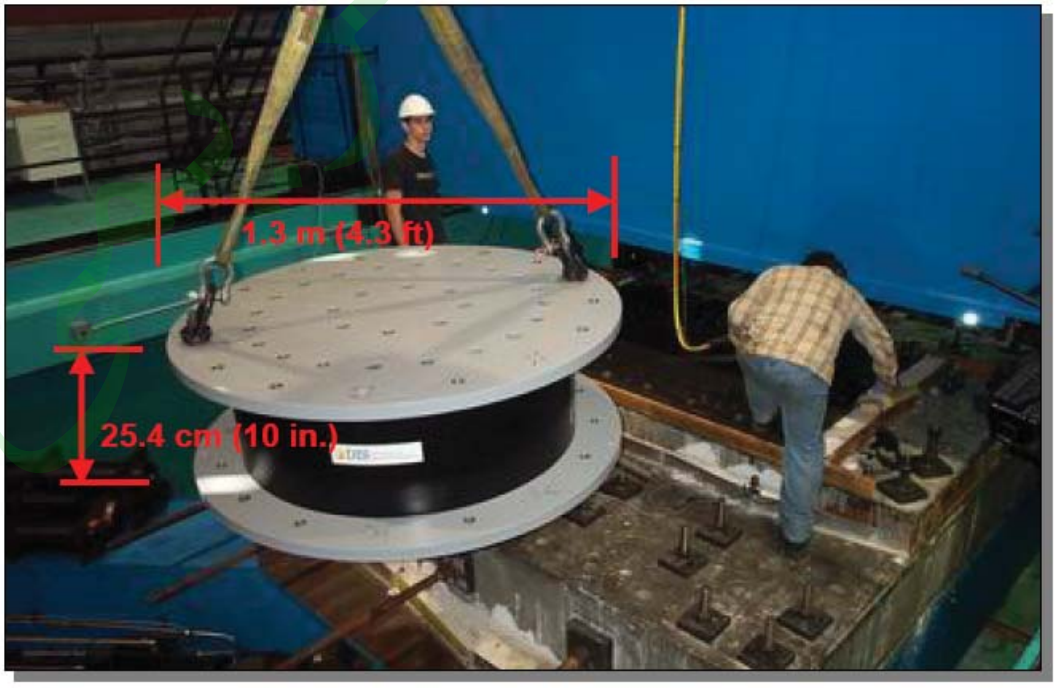


- Bearing Manufactured by Scougal Rubber Corporation.
- Test Performed at SUNY Buffalo.
- Shear strain shown is approximately 100%.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

نشیمن با مقیاس واقعی قبل از تست دینامیکی

Full-Scale Bearing Prior to Dynamic Testing



آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

تست چرخه ای نشیمن الاستومری

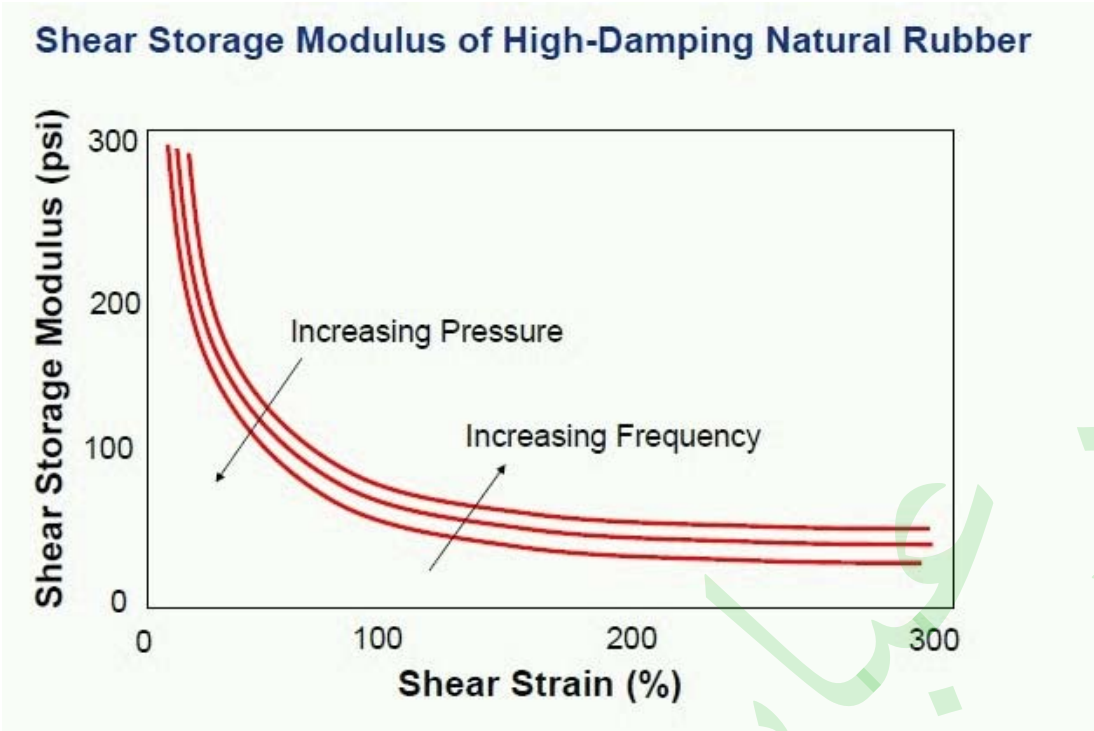
Cyclic Testing of Elastomeric Bearing

Bearing Manufactured by
Dynamic Isolation Systems Inc.

Testing of Full-Scale Elastomeric Bearing at UC San Diego
- Compressive load = 4000 kips
- 400% Shear Strain [1.0 m (40 in.) lateral displacement]
- Video shown at 16 x actual speed of 1.0 in/sec

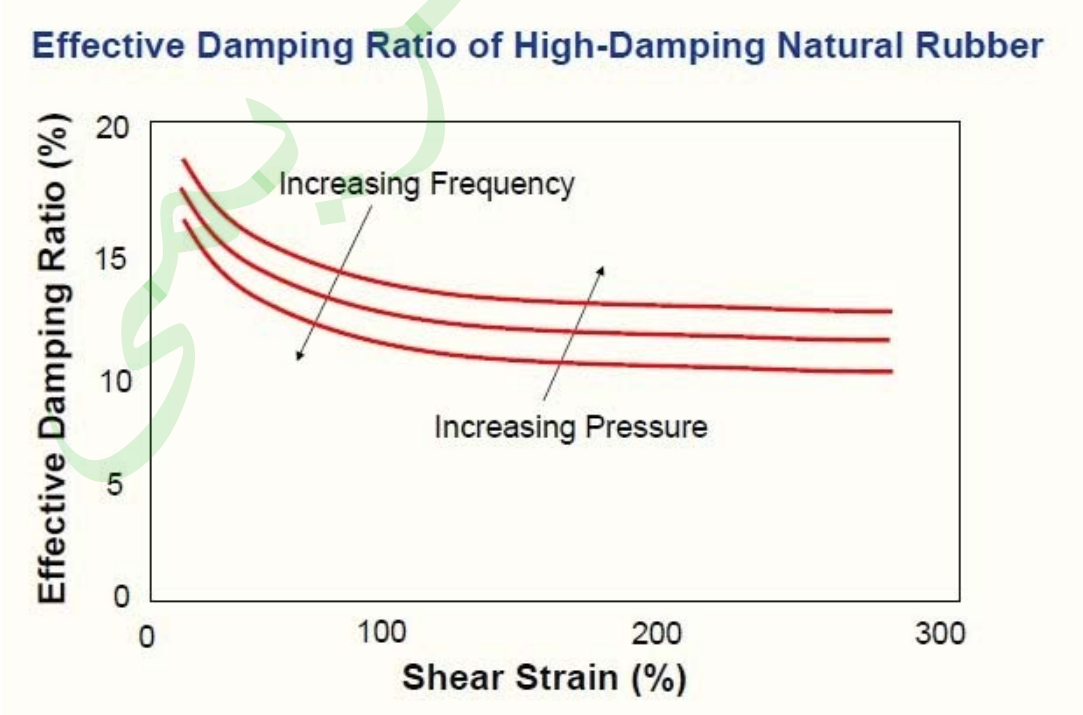
آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

مدول برشی لاستیک طبیعی با میرایی زیاد



آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

نسبت میرایی موثر لاستیک طبیعی با میرایی زیاد



آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

جداسازهای لاستیکی الیافی(Fiber Reinforced Elastomeric Isolator=FREI)

- این نشیمن ها موسوم به "نشیمن های الاستومری مسلح به الیاف" و یا به اختصار "نشیمن های الیافی" می باشند.
- در این نشیمن ها به جای صفحات فولادی از الیاف پلیمری تقویت شده جهت مهار کرنش جانبی لایه های لاستیک و تامین سختی لازم در امتداد قائم استفاده می شود. به دلیل این جایگزینی، وزن نشیمن به میزان بسیار زیادی کاهش یافته و در نتیجه هزینه های بارگیری، حمل و نقل، و نصب آن تقلیل می یابند.
- کاربرد این نشیمن ها به سه روش کاربردمتصل ، کاربردغیرمتصل و کاربردجزئی متصل امکان پذیر می باشد.

درنشریه آشتو شماره M251-06(2016)، کاربردهای متصل وغیر متصل بررسی شده است

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

جداسازهای لاستیکی الیافی(Fiber Reinforced Elastomeric Isolator=FREI)

۱)کاربرد متصل(Bonded application)

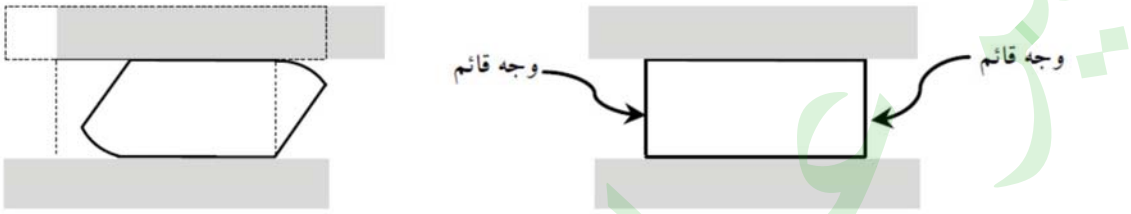
- با نصب صفحات انتهایی فولادی به وجوه فوقانی و تحتانی نشیمن های الیافی می توان آنها را همانند نشیمن های لاستیکی مسلح فولادی به روش کاربرد متصل بکار برد. مطالعات آزمایشگاهی مبین آن است که حلقه های پسماند نیرو-جابجایی جانبی در نشیمن های الیافی متصل قابل مقایسه با نشیمن های لاستیکی با صفحات فولادی بوده و تسلیح الیافی می تواند سختی قائم نشیمن را تامین نماید.
- اگرچه نشیمن های الیافی متصل سبک تر از نشیمن های لاستیکی با صفحات فولادی هستند، لیکن وجود صفحات انتهایی فولادی در آنها به معنای تحمیل هزینه ساخت قالب به فرآیند تولید نشیمن می باشد که این امر کماکان قیمت تمام شده نشیمن را- صرفنظر از اختلاف قیمت تسلیح الیافی و فولادی- بالا خواهد برد. به همین دلیل ایده حذف صفحات انتهایی و کاربرد غیر متصل نشیمن های الیافی مطرح شده تا با حذف قالب فرآیند تولید نشیمن کم هزینه تر گردد.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

جداسازهای لاستیکی الیافی(Fiber Reinforced Elastomeric Isolator=FREI)

۲)کاربرد غیرمتصل(Unbonded application)

- نشیمن های الیافی غیر متصل آن دسته از نشیمن های لاستیکی مسلح به الیافی هستند که فاقد صفحات فولادی انتهایی در بالا و پایین بوده و به صورت "غیر متصل" بکار گرفته می شوند.
- حذف صفحات فولادی انتهایی موجب کاهش بیشتر وزن نشیمن شده و امکان تولید نشیمن ها را از برش دادن نوارهای طویل و یا صفحات بزرگ ساخته شده از لایه های لاستیکی مسلح به الیاف - بدون نیاز به ساخت قالب برای هرنشیمن -امکانپذیر می سازد.



ب) تغییر شکل جانبی شبه غلتان الف) قبل از تغییر شکل جانبی

شکل ۱- جداگر الاستومری مسلح به الیاف با کاربری غیر متصل (جداگر الیافی غیر متصل)

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

جداسازهای لاستیکی الیافی(Fiber Reinforced Elastomeric Isolator=FREI)

۲)کاربرد غیرمتصل(Unbonded application)

- مزایای فنی:

- **کاهش قابل توجه سختی جانبی موثر جداگر** با افزایش تغییر مکانهای جانبی وارده (این امر سبب افزایش راندمان جداسازی لرزه ای جداگر می گردد).

- **ظرفیت تغییرشکل جانبی قابل توجه جداگر** (حد ایمن تغییرشکلهای جانبی دست کم تا آنجاست که وجوه قائم اولیه جداگر در مراحل نهایی تغییرشکل جانبی شبه غلتان با سطوح فوقانی و تحتانی تکیه گاه برخورد می نمایند که در این شرایط سختی جانبی قدری افزایش می یابد).
پایداری جانبی مناسب (درصورتیکه ابعاد هندسی مناسبی برای جداگر در نظر گرفته شده باشد رفتار جانبی آن همواره پایدار می ماند).

- **قابلیت استهلاک انرژی** (میرایی موثر) مناسب در جداگر بدلیل اندرکنش بین لایه های الاستومر و تسلیح الیافی در پی تغییرشکلهای شبه غلتان رفت و برگشتی.

- **کاهش تقاضای تنش داخلی** در لایه های الاستومر و تسلیح الیافی و در مرز بین آنها که می تواند منجر به افزایش عمر مفید جداگر گردد.

جداسازهای لاستیکی الیافی(Fiber Reinforced Elastomeric Isolator=FREI)

۳)کاربرد جزیی متصل(Partially bonded application)

- باوجود مزایای بالقوه کاربرد غیرمتصل نشیمن های الاستومری الیافی- شامل مشخصات نرمی وسختی- دو محدودیت در این نوع کاربرد وجود دارد.

۱) درکاربرد غیرمتصل، انتقال نیروهای کششی بواسطه نشیمن امکانپذیر نمی باشدواین موضوع نشیمن را برای حالت هایی با حداقل بارطراحی قائم کششی نامناسب کرده است.

۲) درکاربردغیرمتصل، نیروی افقی فقط بوسیله اصطکاک بین سطح تماس نشیمن غیرمتصل وصفحات تکیه گاهی فوقانی وتحتانی منتقل می شود، بنابراین کاربرد غیر متصل مستعد لغزش تحت وضعیت های بارگذاری مشخص ناشی از تغییرمکان های دائمی می باشد.

- پیشنهاد شده است که محدودیت های نشیمن های الیافی با کاربرد غیرمتصل را بااتصال قسمتی از نشیمن به صفحات انتهائی فلزی- کاربرد جزئی متصل- برطرف نمود. نشیمن های الاستومری الیافی با کاربرد جزئی متصل نیازمند تعریف مجدد صفحات فولادی انتهائی -که بصورت مکانیکی به تکیه گاه های فوقانی وتحتانی بسته می شوند- می باشد. دراین حالت محدودیت های انتقال نیروی کششی و لغزش تحت شرایط بار گذاری مشخص برطرف می شوند. کاربرد جزئی متصل نشیمن مشخصات مفیدهردو نوع کاربرد غیرمتصل ومتصل نشیمن ها را به ارث برده است.

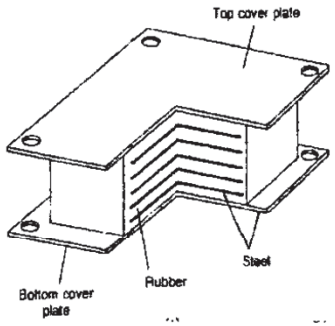
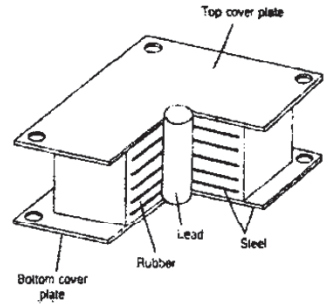
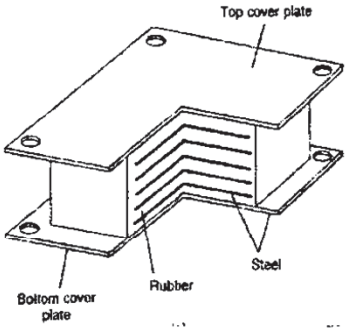
جدول (۲-۱) انواع جداگرهای لرزه‌ای

انواع جداگر لرزه‌ای	جداگرهای الاستومری چند لایه مسلح شده توسط ورقهای فولادی(ERB) Elastomeric Rubber Bearing	جداگرهای الاستومری چند لایه با میرایی کم (LDRB) Low Damping Rubber Bearing جداگرهای لاستیکی- سربی (LRB) Lead Rubber Bearing جداگرهای الاستومری چند لایه با میرایی زیاد (HDRB) High-Damping Rubber Bearing
	جداگرهای الاستومری مسلح شده توسط الیاف (F-REI) Fiber-Reinforced Elastomeric Isolator	
	سیسمهای جداکننده لغزشی (اصطکاکی)	سیستم اصطکاک خالص (P-F) Pure-Friction میله‌های غلتان بین پایه و پی (دایروی یا بیضوی) Roller Bearing سیستم پاندولی اصطکاکی (FPS) Friction Pendulum System سیستم اصطکاکی EQS سیستم جداگر لغزشی FIP
	سیستم‌های ترکیبی الاستومری و لغزشی	**سیستم TASS سیستم جداگر فنری – اصطکاکی(R-FBI) Resilient – Friction Base Isolator سیستم EDF Elastomeric de France سیستم اصطکاکی – فنری لغزشی Sliding Resilient – Friction**

وسایل مکمل برای تامین میرایی جداگرها

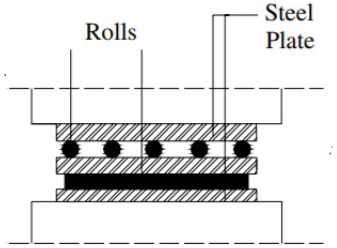
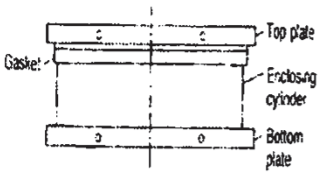
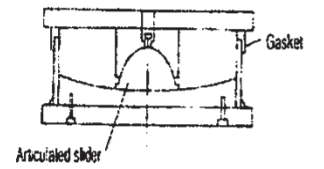
میراگرهای هیسترتیک
Hysteretic Dampers
میراگرهای هیدرولیکی (ویسکوز)
Viscous Dampers
میراگرهای سربی – تزریقی
Lead Etrusion Dampers

جدول(۲-۲) مزایا و معایب جداگرهای لرزه‌ای

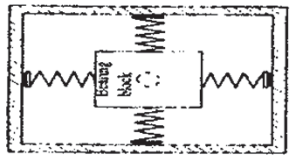
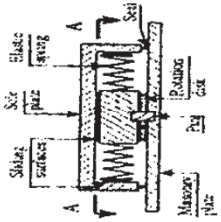
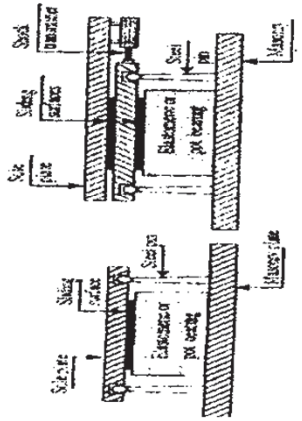
جداگر	مزایا	معایب	ملاحظات
جداگرهای الاستومری چند لایه با میرایی کم (LDRB) Low Damping Rubber Bearing	کاهش هزینه	میرایی کم (۳٪ ~ ۲٪)	
	کاهش شتاب سازه	نیازمند یک سیستم میرایی مکمل	
	نیروی بازگرداننده	میراگرهای مکمل نیازمند وسایل اتصال مکانیکی و مراقبت دائم	
		جابجایی های زیاد	
		در برابر بارهای جانبی سرویس (باد و نیروی ترمز ...) مقاومت و سختی ندارند	
		ایجاد ممانهای ثانویه (P-Δ) در بالا و پایین جداگر	
جداگرهای لاستیکی – سربی (LRB) Lead Rubber Bearing	میرایی بالا (۳۵٪ ~ ۱۵٪)	تغییرات سیکلیک مشخصات	
	نیروی بازگرداننده	ایجاد ممانهای ثانویه (P-Δ) در بالا و پایین جداگر	
	مقاومت و سختی کافی در برابر بارهای جانبی سرویس (باد و نیروی ترمز ...)		
	امکان ساخت با سختی و میرایی های متنوع		
	ملایم کردن شتاب سازه		
جداگرهای الاستومری چند لایه با میرایی زیاد (HDRB) High-Damping Rubber Bearing	میرایی بالا بدون نیاز به المانهای میرایی مکمل (۱۵٪ ~ ۸٪)	ایجاد ممانهای ثانویه (P-Δ) در بالا و پایین جداگر	
		کرنش تابع سختی و میرایی	
	مقاومت و سختی کافی در برابر بارهای جانبی سرویس (باد و نیروی ترمز ...)	آنالیز و تحلیل پیچیده	
		انتخاب محدود برای مقادیر سختی و میرایی	
	ملایم کردن شتاب سازه	ایجاد ممانهای ثانویه (P-Δ) در بالا و پایین جداگر	
	نیروی بازگرداننده	بدلیل پیچیده بودن مشخصات این جداگر، هنوز متداول نمی‌باشد	
جداگرهای الاستومری مسلح شده توسط الیاف (F-REI) Fiber-Reinforced Elastomeric Isolator	سبک		
	ارزانترند		
	چسبندگی بین لاستیک و الیاف بهتر انجام می‌شود		

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

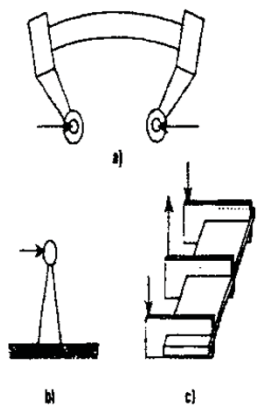
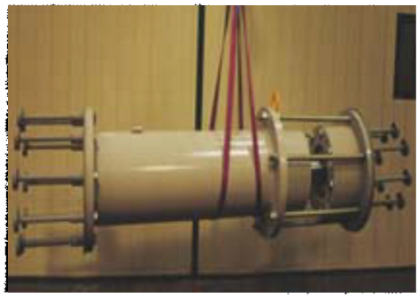
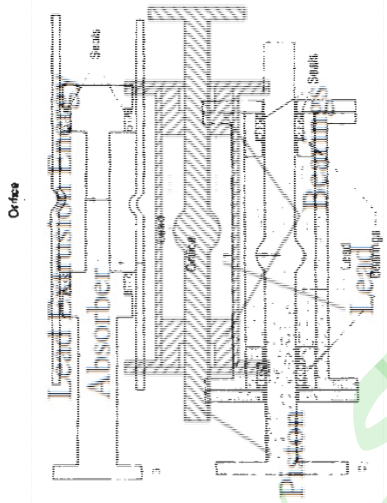
ادامه جدول(۲-۲) مزایا و معایب جداگرهای لرزه‌ای

جداگر	مزایا	معایب	ملاحظات
سیستم اصطکاک خالص (P-F) Pure-Friction	ساده ترین سیستم جداسازی لغزشی	خصوصیات جداگر تابعی از فشار و سرعت	
	در محدوده وسیعی از فرکانسهای ورودی موثرند	مشکل نصب	
	مقاومت و سختی کافی در برابر بارهای جانبی سرویس (باد و نیروی ترمز ...)	قابلیت اعتماد پایین	
		نیروی بازگرداننده وجود ندارد	
	میرایی بالا	افزایش شتاب سازه	
	ایجاد ممانهای ثانویه (P-Δ) در بالا یا پایین جداگر		
میله های غلتان بین پایه و پی (دایروی یا بیضوی) Roller Bearing	انتقال نیروی زلزله اندک به روسازه بدلیل میزان اندک ضریب اصطکاک	میرایی پایین	
	نیروی بازگرداننده بدلیل خروج از مرکزیت میله های بیضوی و کاهش جابجایی	جابجایی های بسیار بزرگ و پسماند بدلیل فقدان نیروی بازگرداننده در میله های غلتان دایروی	
	کاهش شتاب سازه	در برابر بارهای جانبی سرویس (باد و نیروی ترمز ...) مقاومت و سختی ندارند	
	موثر در محدوده ومیعی از فرکانسهای ورودی		
سیستم پاندولی اصطکاکی (FPS) Friction Pendulum System	میرایی بالا	خصوصیات جداگر تابعی از فشار و سرعت	 FPS isolator elevation  FPS isolator section
	نیروی بازگرداننده	مشکل نصب	
	موثر در محدوده وسیعی از فرکانسهای ورودی	قابلیت اعتماد پایین	
	کاهش پاسخ پیچشی	افزایش شتاب سازه	
	ایجاد ممانهای ثانویه (P-Δ) در بالا یا پایین جداگر	پس از وقوع زلزله‌های بزرگ،عرشه به جای اصلی خود باید منتقل شود	
	مقاومت و سختی کافی در برابر بارهای جانبی سرویس (باد و نیروی ترمز ...)		
	جعبه دور آن (استوانه محیطی) از اجزاء داخلی در برابر آلودگیهای محیط محافظت می کند		
	قید تغییر مکان توسط استوانه محیطی		

ادامه جدول(۲-۲) مزایا و معایب جداگرهای لرزه‌ای

جداگر	مزایا	معایب	ملاحظات
سیستم اصطکاکی EQS	میرایی بالا	خصوصیات لغزشی جداگر تابعی از فشار و سرعت	
	کاهش شتاب سازه	قابلیت اعتماد پایین	
	موثر در محدوده وسیعی از فرکانسهای ورودی	تغییر ضریب اصطکاک آن با زمان به علت خستگی سطوح لغزش	
	کاهش پاسخ پیچشی		
	نیروی بازگرداننده		
	جعبه دور آن که مانع از آلوده شدن سطح لغزش می‌شود		
	مقاومت و سختی کافی در برابر بارهای جانبی سرویس (باد و نیروی ترمز ...)		
سیستم جداگر لغزشی FIP	میرایی بالا		
	کاهش پاسخ پیچشی		
	کاهش شتاب سازه		
	موثر در محدوده وسیعی از فرکانسهای ورودی		
	ساخت میخهای فولادی با سختی های متنوع		
	امکان بازنگری میخهای فولادی بکار رفته بعد از زلزله		
	مقاومت و سختی کافی در برابر بارهای جانبی سرویس (باد و نیروی ترمز ...)		
سیستم TASS	دارای مزایای هر دو جداگر الاستومری و اصطکاکی		
	افزایش پریود، ایجاد نیروی بازگرداننده، کنترل پیچش		
سیستم جداگر فنری – اصطکاکی Resilient – Friction Base (R-FBI) Isolator	دارای مزایای هر دو جداگر الاستومری و اصطکاکی		
	افزایش پریود، ایجاد نیروی بازگرداننده، کنترل پیچش		
سیستم EDF Elastomeric de France	دارای مزایای هر دو جداگر الاستومری و اصطکاکی		
	افزایش پریود، ایجاد نیروی بازگرداننده، کنترل پیچش		
سیستم اصطکاکی - فنری لغزشی Sliding Resilient - Friction	دارای مزایای هر دو جداگر الاستومری و اصطکاکی		
	افزایش پریود، ایجاد نیروی بازگرداننده، کنترل پیچش		

جدول(۲-۳) وسایل مکمل برای تامین میرایی جداگرها

میراگر	مزایا	معایب	ملاحظات
میراگرهای هیسترتیک Hysteretic Dampers	میرایی بالا	نیرو به سیتم اضافه می کنند	
	ارزان		
	کنترل جابجایی		
	مقاومت بیشتر در مقابل خستگی		
	عملکرد مطلوب در سطوح بالاتری از کرنشهای پلاستیک		
	مقاومت و سختی کافی در برابر بارهای جانبی سرویس (باد و نیروی ترمز ...)		
میراگرهای هیدرولیکی (ویسکوز) Viscous Dampers	کنترل جابجایی	گران	
	نسبت به میراگرهای هیسترتیک،کمتر نیرو به سازه اضافه می کند	دسترسی محدود	
میراگرهای سربی - تزریقی Lead Etrusion Dampers	میرایی بالا	تحلیل و طراحی پیچیده	
	سادگی نصب به دلیل ابعاد مناسب	مختل شدن عملکرد میراگر در اثر کمانش میله مرکزی	
	مقاومت و سختی کافی در برابر بارهای جانبی سرویس (باد و نیروی ترمز ...)		
	عمر طولانی به دلیل عدم نیاز به تعویض و جایگزینی پس از هر زلزله		
	عملکرد پایدار		
	اصول کار ساده		

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

-کلیات ومفهوم جداسازی لرزه ای
- تاثیرجداسازی لرزه ای برروی پاسخ لرزه ای
- اثرخاک (نوع زمین)برجداسازی لرزه ای
- مقایسه ساختمان باوبدون سامانه جداسازی لرزه ای درزلزله های گذشته
- انواع جداساز های لرزه ای
-**مراحل نصب جداساز لرزه ای**LRB
-بررسی انواع جداسازهای اصطکاکی(لغزنده)
-سایر جداسازها
- ترکیب جداسازها
- نرم افزارهای کامپیوتری، توسعه تاریخی آیین نامه ها و پروژه های اجرایی
- انواع نشیمن پل ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

مراحل نصب جداگر لرزه ای درمقاوم سازی کتابخانه دانشگاه ویکتوریانیوزیلند

مشخصات ساختمان: قاب خمشی بتن مسلح

تعبیه جک های هیدرولیکی به منظور باربردای ثقلی از روی ستون

اجرای تجهیزات فیلتر کننده برای انتقال گرد و خاک ناشی از برش ستون به خارج از ساختمان

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

برش ستون به کمک دستگاههای برش با کابل های تیغه الماسه

تعبیه سازه خرپایی نگهدارنده برای قراردادن جرثقیل در اطراف ستون

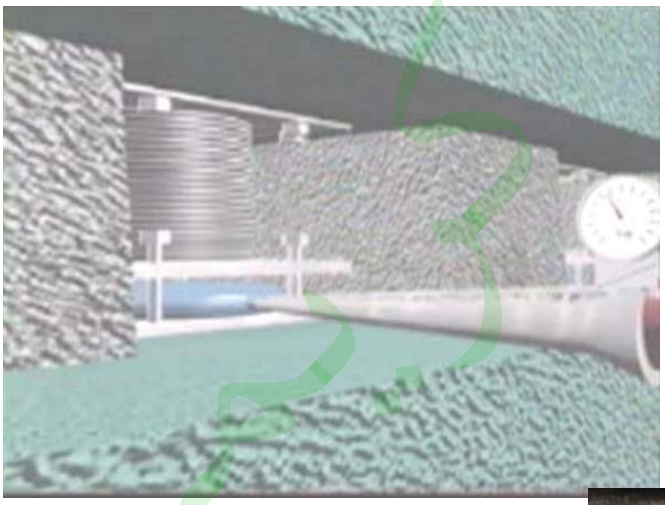
آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

هدایت بلوک جدا شده با کمک جرثقیل ریلی به بیرون

قرار دادن جداگر ما بین ستون

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

پرکردن فضای بین جداگر و ستون توسط گروت انبساطی



.اجرای رینگ فولادی پیرامون سطح برش خورده

. انتقال بار ستون به سیستم جداگر

. تکرارمراحل فوق برای ستون بعدی

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

-کلیات ومفهوم جداسازی لرزه ای
- تاثیرجداسازی لرزه ای برروی پاسخ لرزه ای
- اثرخاک (نوع زمین)برجداسازی لرزه ای
- مقایسه ساختمان باوبدون سامانه جداسازی لرزه ای درزلزله های گذشته
- انواع جداساز های لرزه ای
-مراحل نصب جداساز لرزه ایLRB
-بررسی انواع جداسازهای اصطکاکی(لغزنده)
-سایر جداسازها
- ترکیب جداسازها
- نرم افزارهای کامپیوتری، توسعه تاریخی آیین نامه ها و پروژه های اجرایی
- انواع نشیمن پل ها

جداساز های اصطکاکی (لغزشی)

- در این نوع از جداسازی، روسازه اجازه می یابد تا در زمان رخداد زلزله های نسبتا بزرگ بر روی جداساز بلغزد. سازه به محض تجاوزنیروی برشی در طبقه ی جداسازی شده از میزان نیروی اصطکاکی در نظر گرفته شده برای جداساز ها بر روی آن ها شروع به لغزش می کند و به این ترتیب از ارسال نیروهای لرزه ای بزرگ به سازه جلوگیری می شود.
- در این حال نیروی اصطکاکی به وجود آمده درجداساز ها در مقابل نیروی محرک زلزله عمل کرده و انرژی جنبشی را مستهلک می کند.
- در مواردی که از این نوع جداساز ها به تنهایی استفاده می شوند، سامانه ی جداسازی به محتوای فرکانس موجود در ارتعاش تحریک حساس نبوده و موجب تشدید مولفه های خاصی از آن نیز نمی گردد. در این حالت شتاب موجود در طبقه ی جداسازی متناسب با ضریب اصطکاک در نظر گرفته برای جداساز ها خواهد بود. ازاین رو با کاهش ضریب اصطکاک می توان شتاب اعمال شده به سازه در طی ارتعاش را کاهش داد. برای کاهش میزان اصطکاک موادی مانند تفلون و فولاد ضدزنگ کارایی قابل توجهی در این گونه جداساز ها از خود نشان داده اند.
- یک نکته ی قابل توجه در این گونه سامانه های جداسازی، نبود نیروی بازگرداننده در آن است. این امر ممکن است موجب شود تا سازه پس از اتمام لرزه به محل اولیه ی خود باز نگردد.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

- نبود نیروی بازگرداننده در این روش جداسازی، امکان بروز اشکال در عملکرد مطلوب آن را به همراه دارد. به این منظور لازم است طراح در زمان طراحی و به کمک تحلیل های دقیق به همراه آزمایش های لازم بر روی تجهیزات سامانه و با در نظر گرفتن رفتارغیرخطی این نوع سامانه، از عملکرد آن اطمینان یافته و در صورت نیاز تمهیدات مناسب برای احتراز از وقوع اشکالات احتمالی پیش بینی نماید.

- علاوه بر این طراح باید در طی طراحی به موارد زیر در طول دوره ی ساخت و نگهداری سامانه نیز توجه کافی داشته باشد:

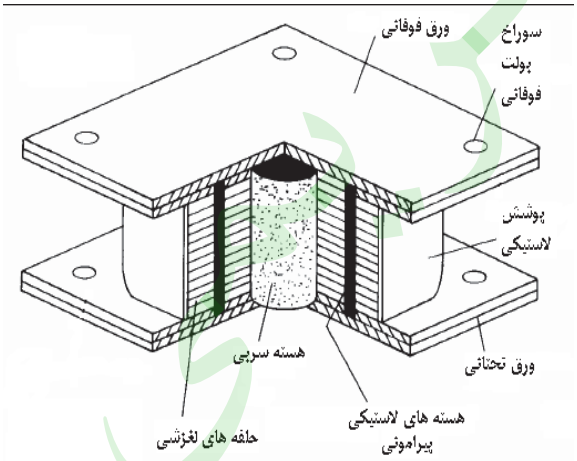
- امکان جوش خوردن سطح تماس جداسازها در طول زمان؛
- وقوع یخ زدگی؛
- بروز خوردگی؛
- از بین رفتن سطح کم اصطکاک این تجهیزات.

از این رو بازدیدهای منظم ودوره ای باید به منظور کنترل وضعیت این جداساز ها انجام پذیرد.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

جداساز های الاستیک اصطکاکی(R-FBI)

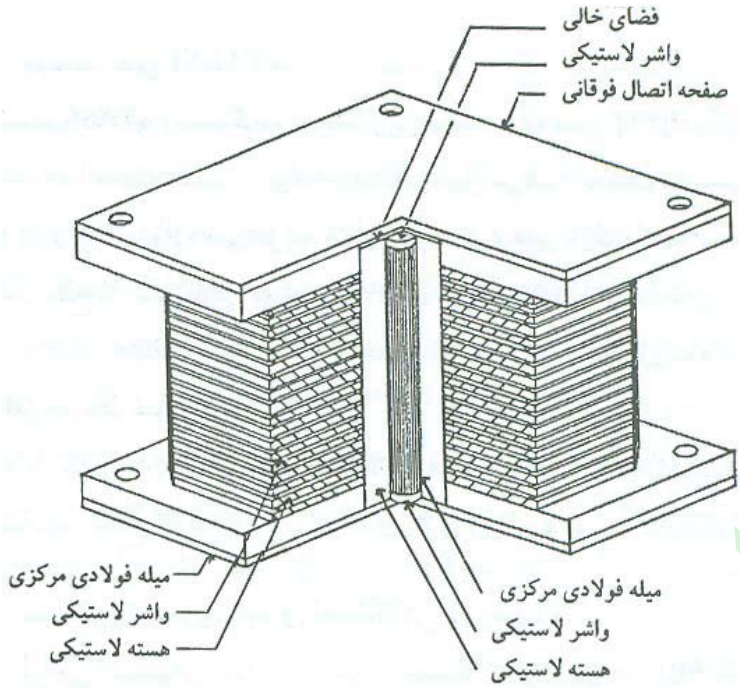
سیستم جداگر اصطکاکی پس جهنده(Resilient-Friction Base Isolation System)



- این جداساز ها شامل چندین لایه ی اصطکاکی پوشیده شده با تفلون است که با هم و با یک هسته ی لاستیکی در تماس هستند.
- هسته ی مرکزی لاستیکی نیروی بازگرداننده را در مجموعه به وجود می آورد و اصطکاک بین صفحات باعث از بین رفتن انرژی ارتعاشی می گردد.
- در این نشیمن با استفاده از سطوح متعدد لغزنده مشترک مشکل ضریب اصطکاک زیاد تفلون روی فولاد ضد زنگ درسرعتهای بالا رفع شده است . سرعت بین لایه های مختلف تقسیم شده و با کاهش سرعت هر لایه ، ضریب اصطکاک کاهش می یابد.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

- آزمایشهای صورت گرفته برروی این سیستم نشان می دهند که هسته لاستیکی توانایی توزیع مناسب تغییرمکان ها را ندارد، برای رفع این مشکل میله فولادی در داخل هسته لاستیکی قرار گرفته تا توزیع تغییرمکان بین لایه های لغزنده را بهبود بخشد



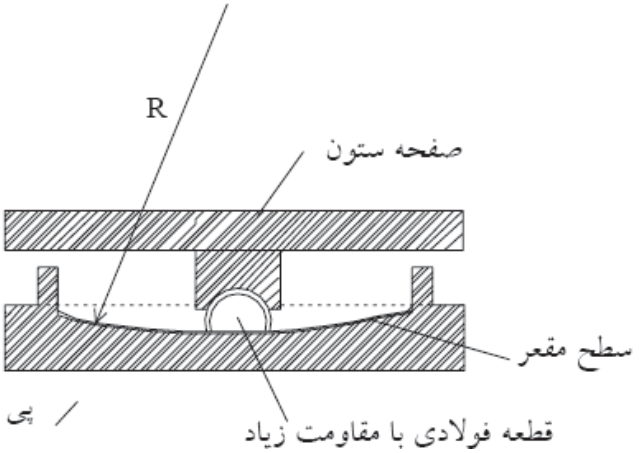
شکل (۳-۷): سیستم جداساز پایه اصطکاکی پس‌جهنده (R-FBI).

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

جداساز های اصطکاکی پاندولی

سیستم آونگ اصطکاکی(FPS) Friction Pendulum System

- نیروی بازگرداننده در این جداساز ها توسط جاذبه ی زمین و وزن سازه تامین می شود. بخش داخلی این جداساز از یک سطح مقعر فولاد استیل تشکیل شده است که یک قطعه ی فولادی با مقاومت زیاد و اصطکاک کم بر روی آن حرکت می کند.شعاع انحنای این جداساز دوره ی تناوب سامانه ی جداسازی را مشخص می کند،همچنین سختی موثر جداساز و میرائی آن به وسیله شعاع انحنای سطح محدب کنترل می گردد. بنابراین در صورتی که وزن سازه تغییر کند یا بامیزان برآورد شده متفاوت باشد ، دوره ی تناوب تغییری نخواهد کرد.



آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

سیستم آونگ اصطکاکی(Friction Pendulum System (FPS

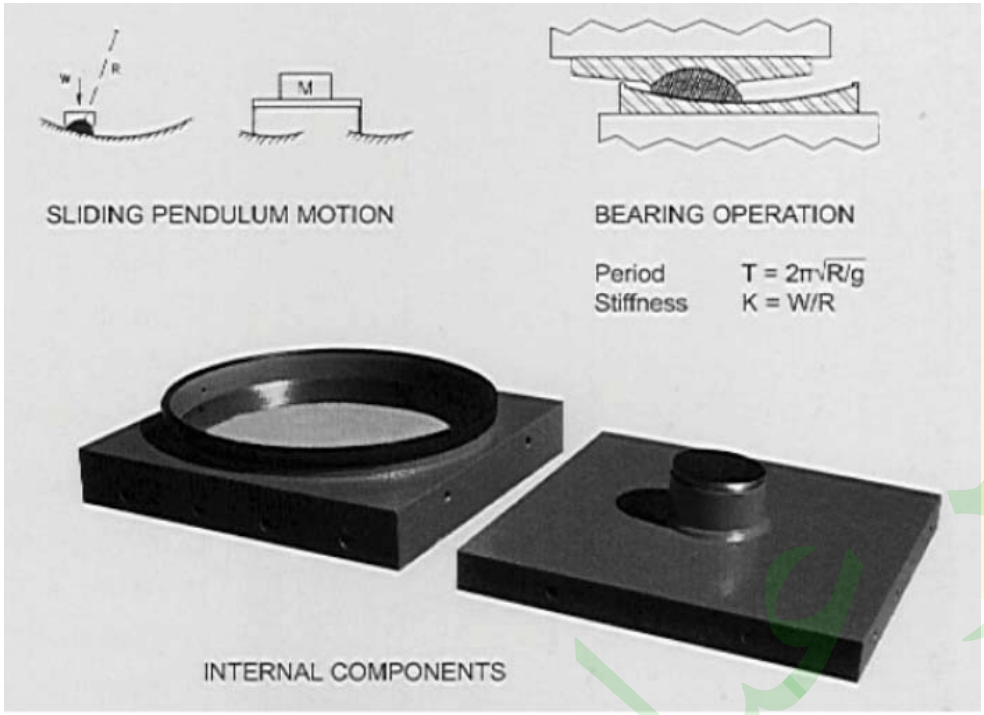


Fig. 5 Construction of FPS

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

جداساز های اصطکاکی پاندولی
سیستم آونگ اصطکاکی(Friction Pendulum System (FPS

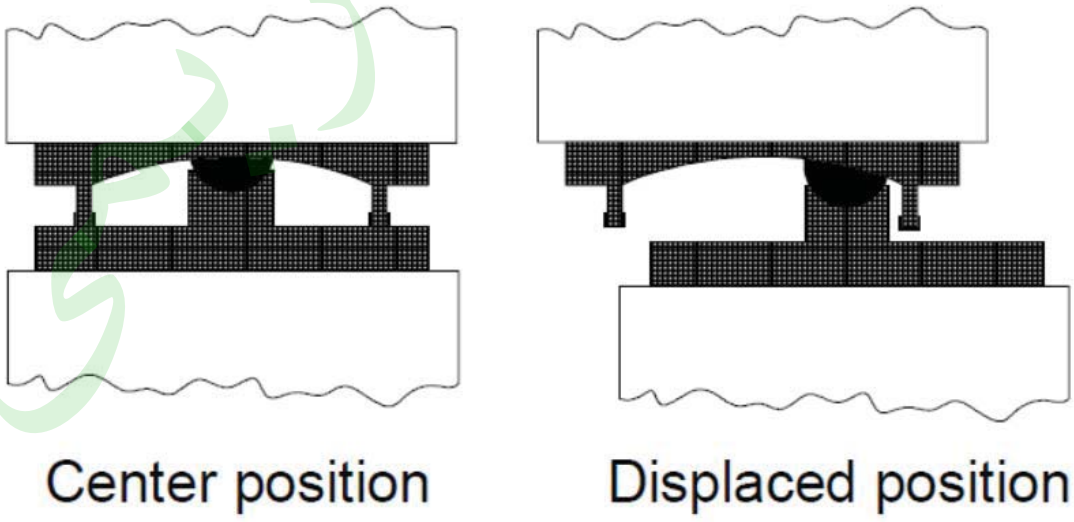
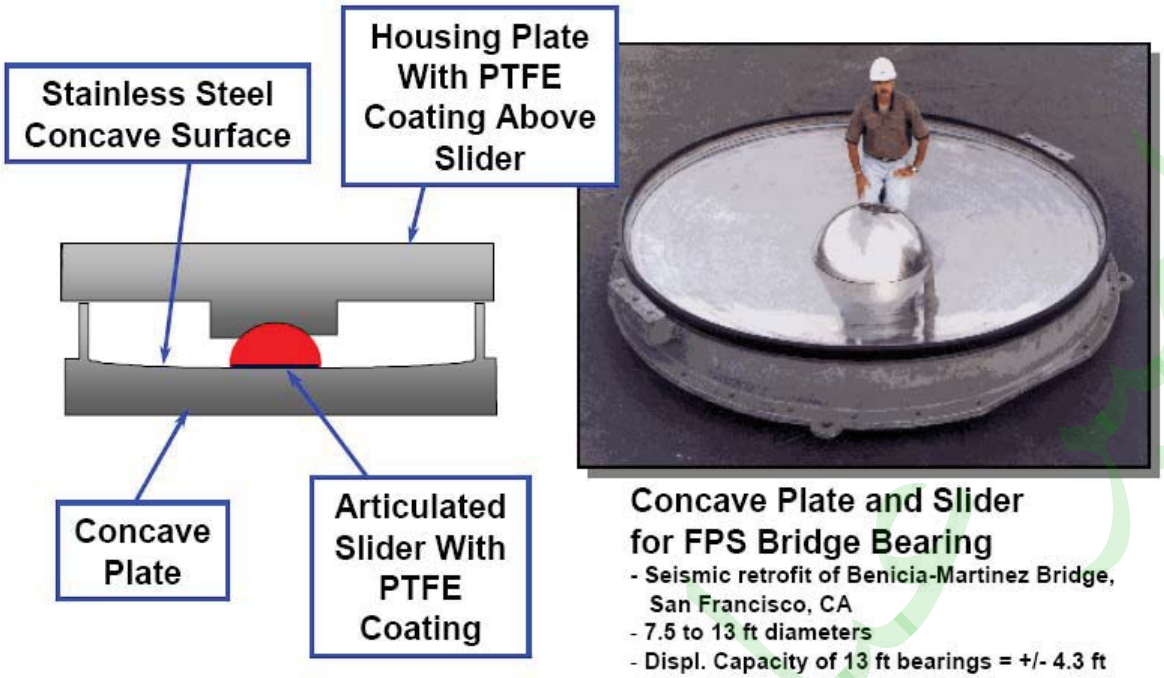


Fig.6 Motions of FPS

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

Spherical Sliding Bearing: Friction Pendulum System (FPS)



Concave Plate and Slider for FPS Bridge Bearing

- Seismic retrofit of Benicia-Martinez Bridge, San Francisco, CA
- 7.5 to 13 ft diameters
- Displ. Capacity of 13 ft bearings = +/- 4.3 ft

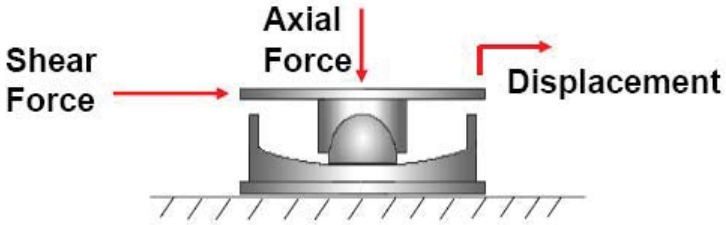
FEMA Instructional Material Complementing FEMA 451, *Design Examples* *Seismic Isolation* 15 - 7- 37

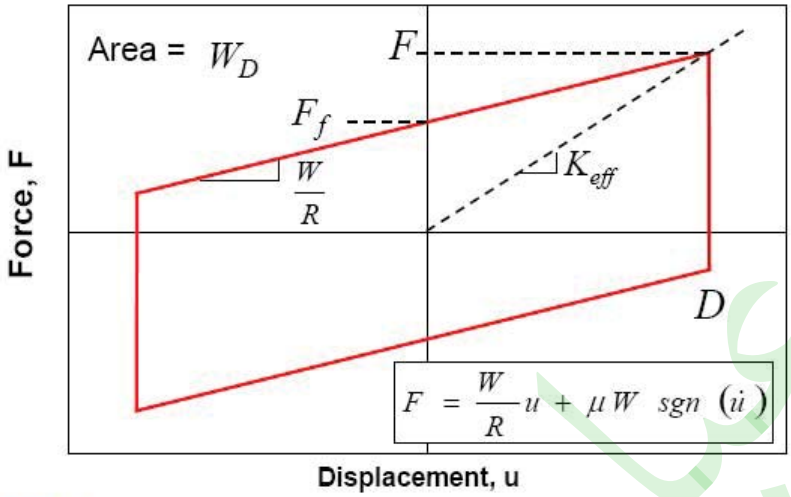
آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

Fig. 12 Benicia-Martinez Bridge in San Francisco

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

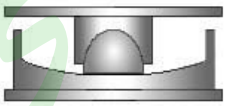
Idealized FPS Bearing Hysteresis Loop

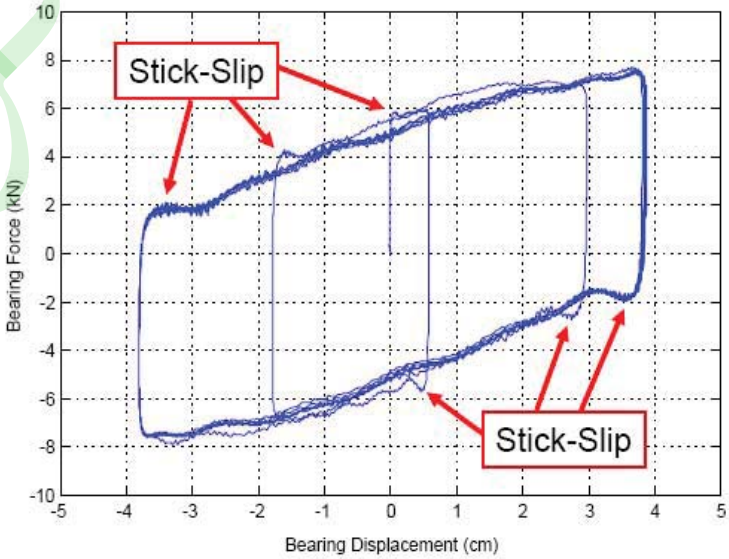




آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

Actual FPS Bearing Hysteresis Loop





FPS Bearing
- Reduced-scale bearing for ¼-scale building frame
- R = 18.6 in; D = 11 in.; H = 2.5 in. (reduced scale)
- Prototype fundamental period of building = 2.75 sec (R = 74.4 in. = 6.2 ft)

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

وابستگی ضریب اصطکاک و فشار وارده بر نشیمن FPS

Pressure-Dependence of Coefficient of Friction

$$\mu = \mu_{max} - (\mu_{max} - \mu_{min}) exp(-a|\dot{u}|)$$

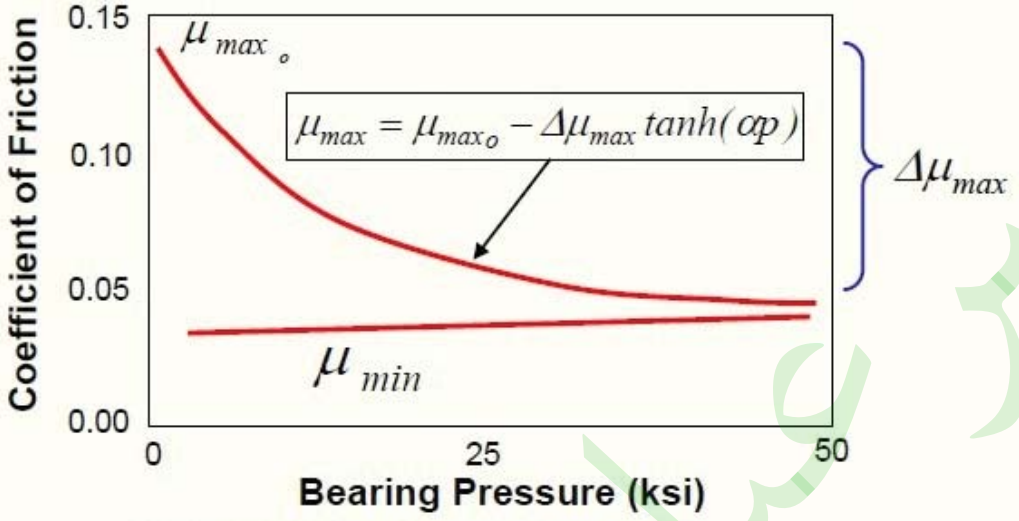
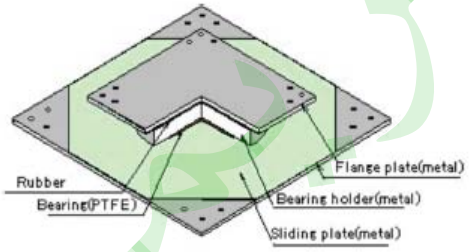


Figure is based on studies of PTFE-based self-lubricating composites used in FPS bearings.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

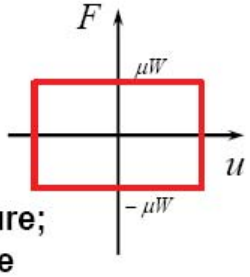
نشیمن های لغزشی تخت

Flat Sliding Bearings



For Spherical Bearings:

$$F(t) = \frac{W}{R} u(t) + \mu W \, sgn(\dot{u})$$



- **Flat Bearings:** $R \to \infty \quad \therefore \quad F(t) = \mu W \, sgn(\dot{u})$
- **Bearings do NOT increase natural period of structure; Rather they limit the shear force transferred into the superstructure**
- **Requires supplemental self-centering mechanism to prevent permanent isolation system displacement**
- **Not commonly used in building structures**

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

مقایسه رفتاری نشیمن های لغزشی

Chapter 9: Seismic Isolation and Energy Dissipation

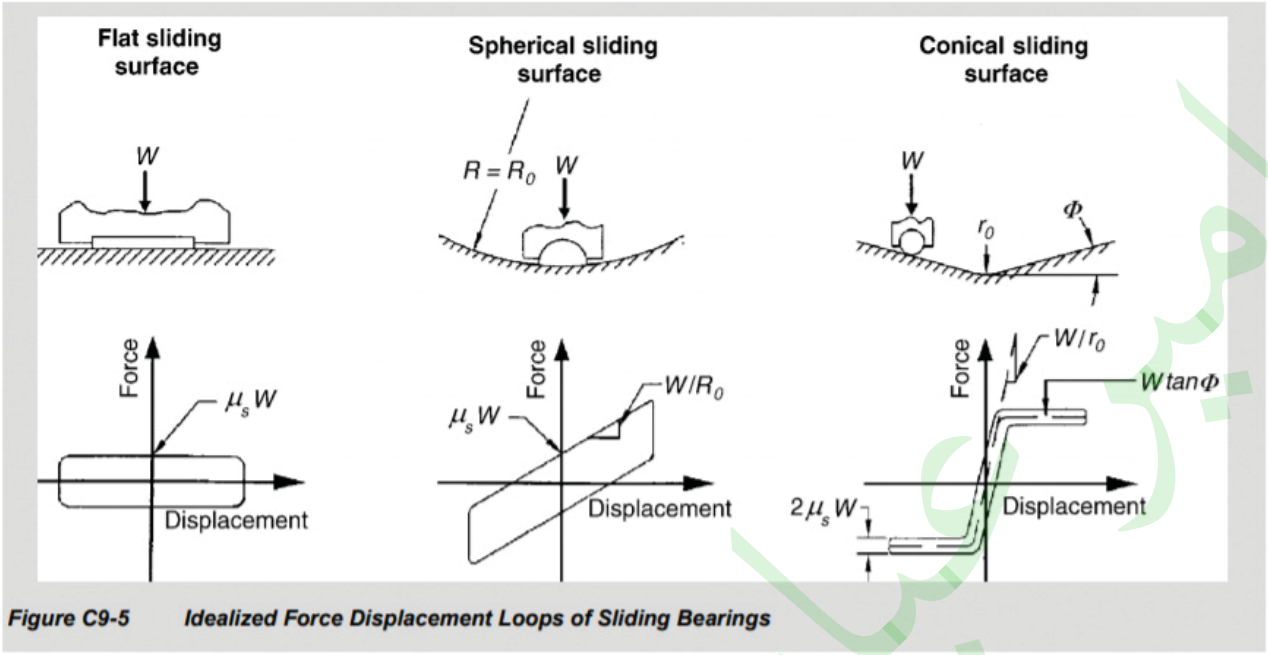


Figure C9-5 Idealized Force Displacement Loops of Sliding Bearings

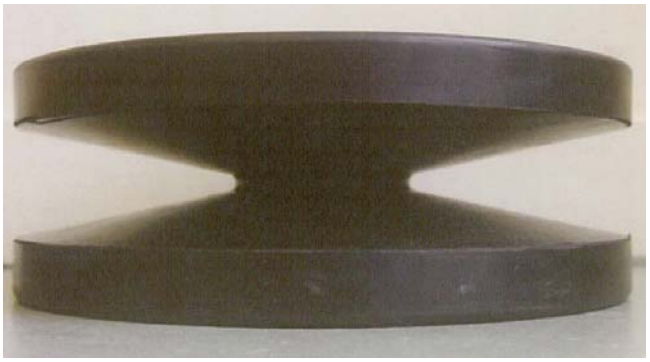
آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

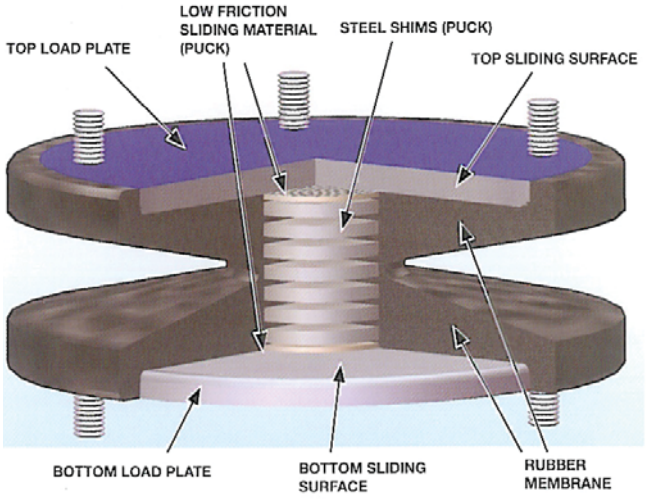
آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

- کلیات ومفهوم جداسازی لرزه ای
- تاثیرجداسازی لرزه ای برروی پاسخ لرزه ای
- اثرخاک (نوع زمین)برجداسازی لرزه ای
- مقایسه ساختمان باوبدون سامانه جداسازی لرزه ای درزلزله های گذشته
- انواع جداساز های لرزه ای
- مراحل نصب جداساز لرزه ایLRB
- بررسی انواع جداسازهای اصطکاکی(لغزنده)
- **سایر جداسازها**
- ترکیب جداسازها
- نرم افزارهای کامپیوتری، توسعه تاریخی آیین نامه ها و پروژه های اجرایی
- انواع نشیمن پل ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

RoGlider™:A flexible seismic isolator





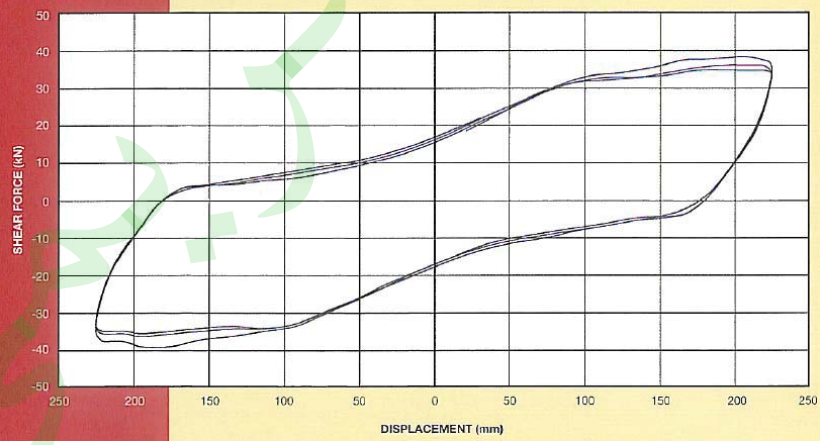
Working Principles:

The RoGlider™ is a double acting unit with the restoring force provided by two rubber membranes. The RoGlider™ consists of two stainless steel plates with a puck sitting between the plates.The puck usually consists of a series of laminated steel shims with a low friction sliding surface top and bottom.The puck supports the vertical load and is designed to accept rotation of the load plates. Two rubber membranes are attached to the puck with each being joined to the top and bottom plates.When the top and bottom plates slide sideways with respect to each other, diagonally opposite parts of the membrane undergo tension or compression. The tension components provide the restoring force between the plates while the compression parts buckle.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

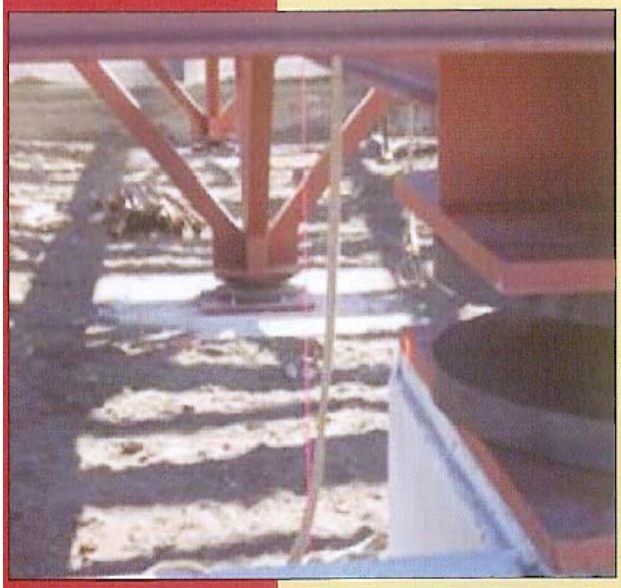
Now it is possible to base isolate lighter structures!

The Hysteresis Loop chart (right) shows the relationship between force and displacement as would be expected in a major earthquake.



RoGlider™:Cost Effective Solution to Base Isolation

- A sliding bearing with an elastic restoring force
- Capable of supporting light vertical loads
- Effective co-efficient of friction of ~11%
- Can be easily retrofitted under existing surfaces



The new RoGlider™ being installed beneath the new Wanganui Hospital, Wanganui, New Zealand

Uses

Light structures with individual mounting point weight up to 1000kN – e.g:

- Hospitals
- Education buildings
- Emergency response and police centres
- Highway bridges
- Sensitive IT installations
- Historical buildings
- Local and central government key buildings

Advantages

- Low cost of the device and installation
- Provides high damping performance
- Can be used as a slider with the advantage of elastic restoration
- Compact size with a large displacement capability
- Easy to maintain, requires only a visual check
- Cost effective base isolation solution for light structures where standard methods would not be appropriate

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

Wanganui Hospital Project 2007

"Making the surgical wing of the hospital earthquake safe was a key requirement of the project. None of the existing technology was suitable for the light, single storey structures being built so we were looking at some kind of one-off, home grown solution when the RoGlider came along.
It provides the ability to safeguard essential facilities inside the surgical and emergency buildings during severe shaking."

Dr Peter Johnstone, Director of Romulus Consulting Group.

Surgical wing Wanganui Hospital, Wanganui, New Zealand

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

And introducing the

LoGlider

Especially designed to support extremely light loads, up to 5kN

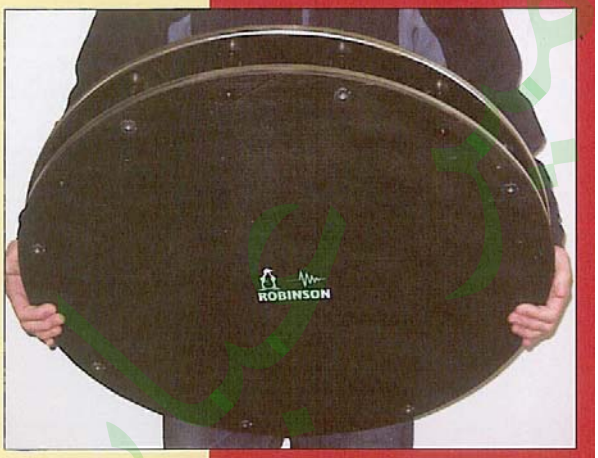
Examples of uses include:

- Computer floors
- Sensitive laboratory equipment
- Generators
- Any application where critical equipment requires protection from seismic activity.

Advantages

- Very lightweight, easy to handle
- Easy to install
- Can be retrofitted under existing surfaces
- Cost effective protection.

LoGlider.



LoGlider with +/-400mm displacement

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

LoGlider.
Vertical Load – 135 kg

LoGlider with +/-400mm displacement

Commercially viable, effective, maintenance free
RoGLIDER™ & LoGLIDER – the future of seismic isolation

AGENT:

ROBINSON

Inventors and developers of the Lead Rubber Bearing

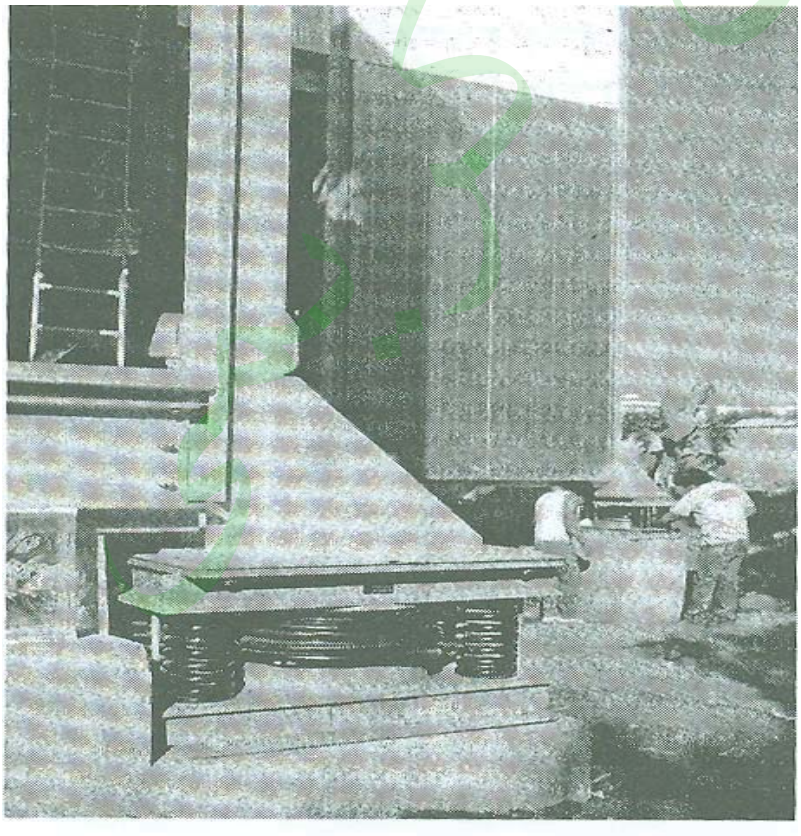
For more information please contact:
Robinson Seismic Ltd
PO Box 33093
Petone 5046
Wellington, New Zealand
Phone +64 4 569 7840
Fax +64 4 586 9899
Email info@rslnz.com
Web www.rslnz.com

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

سیستم های فنری(GERB)

هنگامی که جداسازی کامل (سه بعدی) مد نظر باشد می توان از سیستمهای فنری استفاده شود.این سیستم برای جداسازی تجهیزات توربین نیروگاه ها طراحی می شود.
دراین سیستم از فنرهای حلقوی فولادی که در دو راستای افقی و قائم انعطاف پذیرند استفاده می شود . فنرهای فولادی فاقد میرایی بوده و این سیستم همواره با میراگر لزج GERBبکار می رود.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها



سیستم مذکوردردوخانه درسانتامونیکای کالیفرنیا به کارگرفته شده است، بررسی پاسخ این خانه ها پس از زلزله نورث ریج۱۹۹۴ نشان می دهد، که عملکرد مناسبی نداشته اند

شکل (۳-۹): سیستم GERB: مجتمعهای مسکونی لو.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

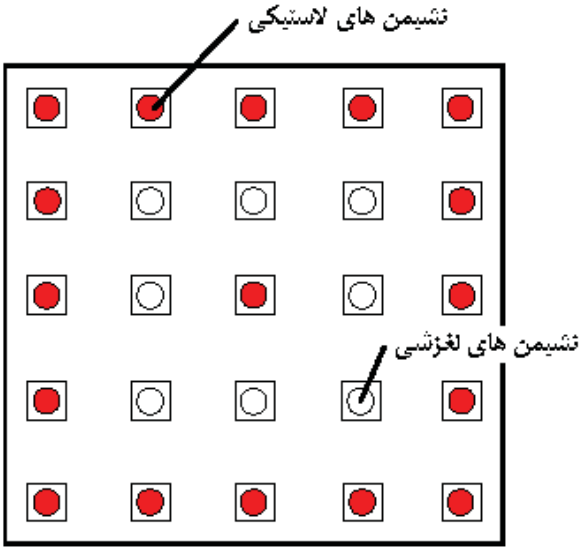
- کلیات ومفهوم جداسازی لرزه ای
- تاثیرجداسازی لرزه ای برروی پاسخ لرزه ای
- اثرخاک (نوع زمین)برجداسازی لرزه ای
- مقایسه ساختمان باوبدون سامانه جداسازی لرزه ای درزلزله های گذشته
- انواع جداساز های لرزه ای
- مراحل نصب جداساز لرزه ایLRB
- بررسی انواع جداسازهای اصطکاکی(لغزنده)
- سایر جداسازها
- **ترکیب جداسازها**
- نرم افزارهای کامپیوتری، توسعه تاریخی آیین نامه ها و پروژه های اجرایی
- انواع نشیمن پل ها

سیستم ترکیبی، (مرکزتحقیقات مهندسی زلزله شناسی برکلی کالیفرنیا EERC)

این سیستم متشکل از دو سیستم الاستومری و لغزنده بوده و در موسسه تحقیقاتیEERC ابداع شده است . در این سیستم، ستونهای داخلی ساختمان برروی المانهای لغزنده ای که از جنس فولاد ضدزنگ می باشند قرارمی گیرند و ستونهای خارجی برروی نشیمنهای لاستیک طبیعی با میرایی کم واقع می شوند. نشیمنهای الاستومری سبب بازگشت سیستم به حالت اولیه و کنترل پیچش ساختمان می گردند و اجزاء لغزنده، میرایی مورد نیاز سیستم را فراهم می آورند.

سیستم ترکیبی(TASS)

این سیستم توسط گروه TAISEIتوسعه داد ه شده است . در این سیستم، تمام بارهای قائم سنگین بوسیله لغزنده تفلونی ضدزنگ حمل می شود و نشیمنهای لایه ای نئوپرنی که باری به آنها وارد نمی شود به منظور ایجاد نیروی جانبی بازگرداننده مورد استفاده قرار می گیرند،دراین سیستم بدلیل کمی باربری عمودی نشیمنهای الاستومری، نشیمنها تحت کشش واقع می شوند. از سوی دیگرحساسیت سطح لغزنده به سرعت، مدلسازی این سیستم را دشوار کرده است.



آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

- کلیات ومفهوم جداسازی لرزه ای
- تاثیرجداسازی لرزه ای برروی پاسخ لرزه ای
- اثرخاک (نوع زمین)برجداسازی لرزه ای
- مقایسه ساختمان باوبدون سامانه جداسازی لرزه ای درزلزله های گذشته
- انواع جداساز های لرزه ای
- مراحل نصب جداساز لرزه ایLRB
- بررسی انواع جداسازهای اصطکاکی(لغزنده)
- سایر جداسازها
- ترکیب جداسازها
- **نرم افزارهای کامپیوتری، توسعه تاریخی آیین نامه ها و پروژه های اجرایی**
- انواع نشیمن پل ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

نمونه های از نرم افزارهای کامپیوتری برای آنالیز سازه های جداسازی شده از پایه

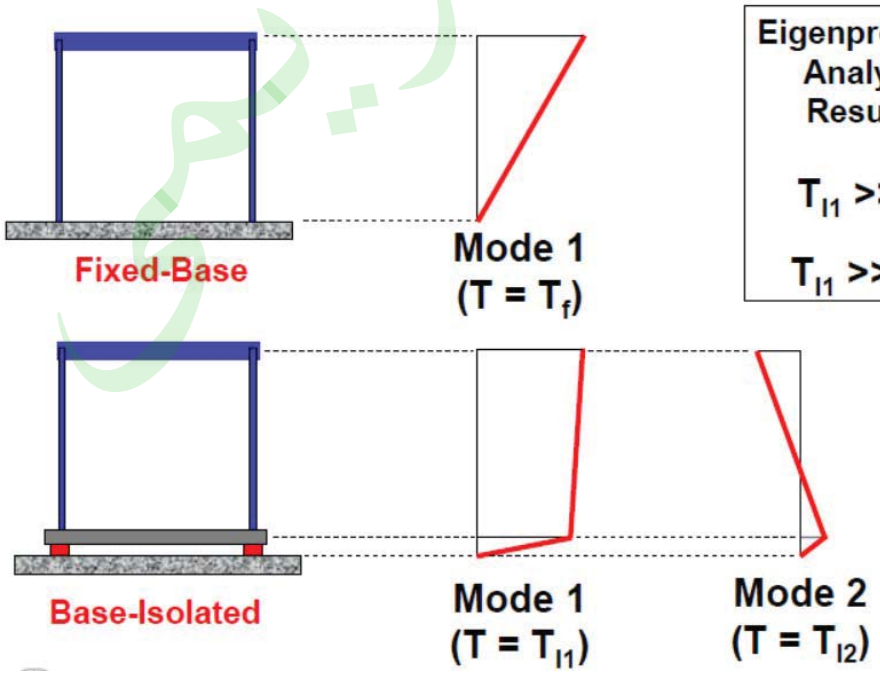
Examples of Computer Software for Analysis of Base-Isolated Structures

- **ETABS**
  Linear and nonlinear analysis of buildings
- **SAP2000**
  General purpose linear and nonlinear analysis
- **DRAIN-2D**
  Two-dimensional nonlinear analysis
- **3D-BASIS**
  Analysis of base-isolated buildings

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

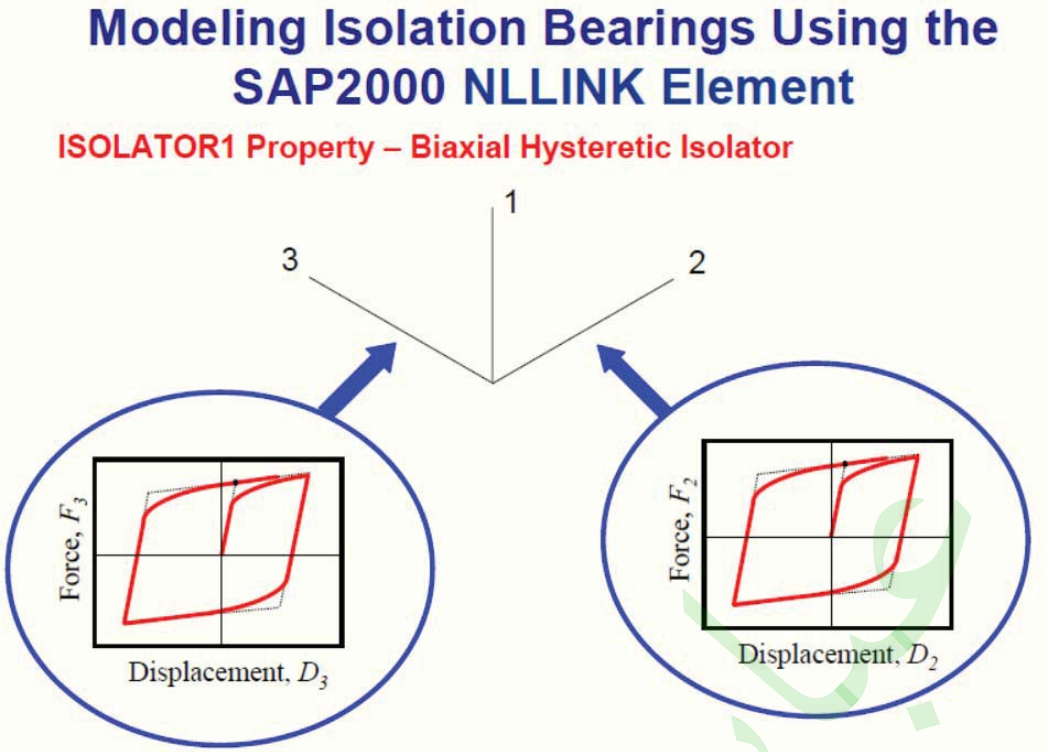
ارزیابی ساده شده، رفتار دینامیکی سازه های جداسازی پایه

Simplified Evaluation of Dynamic Behavior of Base-Isolated Structures



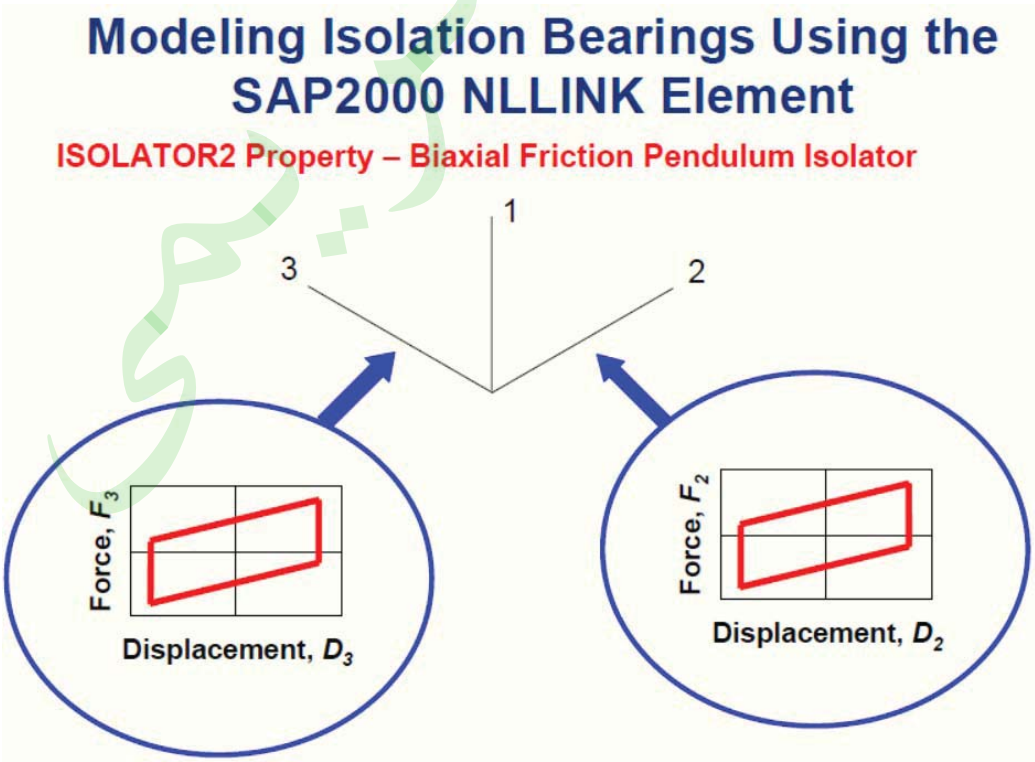
آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

مدلسازی نشیمن های جداساز با استفاده از المانNLLINK در SAP2000



آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

مدلسازی نشیمن های جداساز با استفاده از المانNLLINK در SAP2000



آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

توسعه اصول آیین نامه ای، برای سازه های جداسازی شده از پایه
Historical Development of Code Provisions for Base Isolated Structures

- Late 1980's: BSB (Building Safety Board of California)
  "An Acceptable Method for Design and Review of Hospital Buildings Utilizing Base Isolation"

- 1986 SEAONC "Tentative Seismic Isolation Design Requirements"
  - Yellow book [emphasized equivalent lateral force (static) design]

- 1990 SEAOC "Recommended Lateral Force Requirements and Commentary"
  - Blue Book
  - Appendix 1L: "Tentative General Requirements for the Design and Construction of Seismic-Isolated Structures"

- 1991 and 1994 Uniform Building Code
  - Appendix entitled: "Earthquake Regulations for Seismic-Isolated Structures"
  - Nearly identical to 1990 SEAOC Blue Book

- 1994 NERHP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings (FEMA 222A – Provisions; FEMA 223A - Commentary)
  - Section 2.6: Provisions for Seismically Isolated Structures
  - Based on 1994 UBC but modified for strength design and national applicability

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

Historical Development of Code Provisions for Base Isolated Structures

- 1996 SEAOC "Recommended Lateral Force Requirements and Commentary"
  - Chapter 1, Sections 150 to 161 (chapters/sections parallel those of 1994 UBC)

- 1997 Uniform Building Code
  - Appendix entitled: "Earthquake Regulations for Seismic-Isolated Structures"
  - Essentially the same as 1991 and 1994 UBC

- 1997 NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures (FEMA 302 – Provisions; FEMA 303 - Commentary)
  - Chapter 13: Seismically Isolated Structures Design Requirements
  - Based on 1997 UBC (almost identical)

- 1997 NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA 273 – Guidelines; FEMA 274 - Commentary)
  - Chapter 9: Seismic Isolation and Energy Dissipation
  - Introduces Nonlinear Static (pushover) Analysis Procedure
  - Isolation system design is similar to that for new buildings but superstructure design considers differences between new and existing structures

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

Historical Development of Code Provisions for Base Isolated Structures

- 1999 SEAOC "Recommended Lateral Force Requirements and Commentary"
  - Chapter 1, Sections 150 to 161 (chapters/sections parallel those of 1997 UBC)
- 2000 NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures (FEMA 368 – Provisions; FEMA 369 - Commentary)
  - Chapter 13: Seismically Isolated Structures Design Requirements
- 2000 Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA 356)
  - Chapter 9: Seismic Isolation and Energy Dissipation
- 2000 International Building Code (IBC)
  - Section 1623: Seismically Isolated Structures
  - Based on 1997 NEHRP Provisions
  - Similar to FEMA 356 since same key persons prepared documents

در ایران:

- ۱۳۸۹، دفتر نظام فنی اجرایی، راهنمای طراحی واجرای سیستم های جداساز لرزه ای در ساختمان ها(نشریه شماره ۵۲۳)
- ۱۳۸۹، مرکز تحقیقات ساختمان ومسکن، دستورالعمل طراحی ساختمان های دارای جداساز لرزه ای

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

پروژه های اجرا شده در ایران:

طراحی بیمارستان امام حسین توسط شرکت مشاور همگون برروی جداگر لرزه ای شرکت رابینسون (LRB+HDNR)
طراح: شرکت هولمز
کنترل وتایید: همگون

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

ساختمان بیمارستان امام حسین مشهد

- سازه این بیمارستان در دو بلوک 6 و 5 طبقه و با متراژ 24970 متر مربع طراحی شده است . در مطالعات اولیه این پروژه سه سیستم اسکلت فلزی به همراه بادبند یا دیوارهای برشی فولادی، اسکلت فلزی به همراه دیوارهای برشی بتنی و همچنین اسکلت فلزی به همراه جداگرهای لرزه ای (Base Isolation) مورد مطالعه قرار گرفت، با بررسی ها و همچنین مطالعات پیش گفته و با توجه به آنکه دو سیستم اول مانند سیستم سوم، قادر به تأمین خدمت رسانی بی وقفه در حین بحران نمی باشند، استفاده از سازه اسکلت فلزی پیچ و مهره ای به همراه جداسازهای لرزه ای انتخاب گردید.
- با توجه به مشخصات هندسی و طبقاتی این سازه از تعداد : ۹۸جداساز لرزه ای با هسته سربی (LRB) و۵۸ عدد (RB) با مشخصات ذیل استفاده گردید :

۵۴ عدد + ۲ عدد تست Prototype(LRB) با قطر ۸۰۰ میلی متر با سرب به قطر ۲۱۰ میلی متر.

۴۴ عدد + ۲ عدد تست Prototype (LRB) با قطر ۸۰۰ میلی متر با سرب به قطر ۱۵۰ میلی متر.

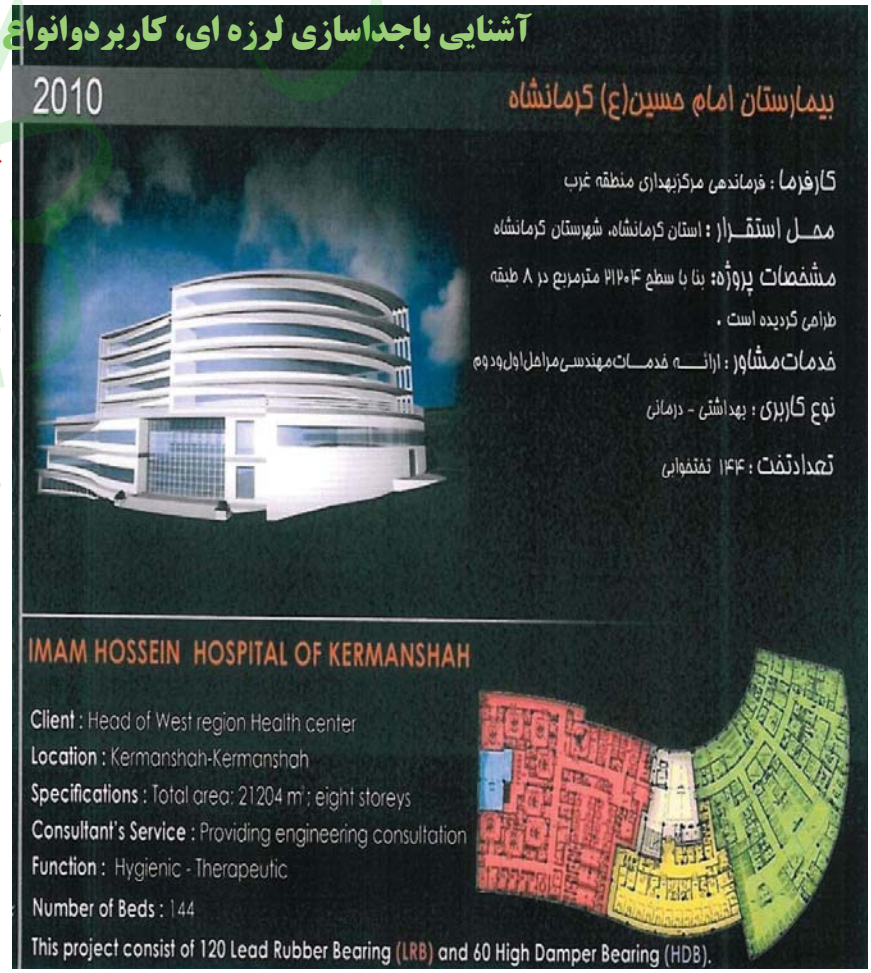
۵۸ عدد + ۲ عدد تست Prototype(RB) با قطر ۸۰۰ میلی متر بدون سرب .

- هزینه کل جداگر لرزه ای تا پای کار معادل 968, 610 دلار آمریکای شده است.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

پروژه های اجرا شده در ایران:

طراحی بیمارستان امام حسین توسط شرکت مشاور همگون برروی جداگر لرزه ای شرکت رابینسون (LRB+HDNR)
طراح: شرکت هولمز
کنترل وتایید: همگون



آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

- کلیات ومفهوم جداسازی لرزه ای
- تاثیرجداسازی لرزه ای برروی پاسخ لرزه ای
- اثرخاک (نوع زمین)برجداسازی لرزه ای
- مقایسه ساختمان باوبدون سامانه جداسازی لرزه ای درزلزله های گذشته
- انواع جداساز های لرزه ای
- مراحل نصب جداساز لرزه ایLRB
- بررسی انواع جداسازهای اصطکاکی(لغزنده)
- سایر جداسازها
- ترکیب جداسازها
- نرم افزارهای کامپیوتری، توسعه تاریخی آیین نامه ها و پروژه های اجرایی
- **انواع نشیمن پل ها**

انواع نشیمن پل ها

۱) نشیمن های الاستومری Elastomeric Bearings

الف) بالشتک های الاستومری ساده Plain Elastomeric Pads

ب) بالشتک های الاستومری مسلح شده با الیاف شیشه Fiberglass Reinforced Elastomeric Pads

پ) بالشتک های الاستومری مسلح فولادی Steel Reinforced Elastomeric Bearings

ت) بالشتک های الاستومری مسلح کتانی Cotton Duck Reinforced Elastomeric pads

۲) نشیمن های لغزشی Fabric Pad Sliding Bearings

۳) نشیمن های مفصلی Pin Bearings

۴) نشیمن های گهواره ای Rocker Bearings

۵) نشیمن های غلتکی Roller Bearings

۶) نشیمن های مفصلی کروی Spherical Bearings

۷) نشیمن های دیسکی Disk Bearings

۸) نشیمن های قابلمه ای Pot Bearings

۹) نشیمن های جداساز لرزه ای Seismic Isolation Bearings

فهرست مطالب

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

آشنایی بامیراگرها، کاربرد وانواع آن ها

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

-طراحی سیستم های جداسازی لرزه ای
-ملاحظات اجرایی در طراحی سازه های جداسازی شده

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

-طراحی سیستم های جداسازی لرزه ای
-ملاحظات اجرایی در طراحی سازه های جداسازی شده

امیرعباس کریمی

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

General Philosophy of Building Code Provisions

- No specific isolation systems are described
- All isolation systems must:
  - Remain stable at the required displacement
  - Provide increasing resistance with increasing displacement
  - Have non-degrading properties under repeated cyclic loading
  - Have quantifiable engineering parameters

فلسفه کلی درمقررات آیین نامه های ساختمانی:

۱- جداگرها در حداکثر تغییرمکان های ناشی از زلزله پایدار باقی بمانند.
۲- با افزایش تغییرمکان، مقاومت جداگر نیز افزایش یابد.
۳- تحت سیکلهای ناشی از بارگذاری زلزله، جداگر زوال محدود شونده داشته باشد.
۴- مشخصات مکانیکی(سختی موثر و میرایی) تکرار شونده و در عین حال پایدار داشته باشد.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

قابلیت های لازم در طراحی سامانه های جداسازی

در طراحی ساختمان های مجهز به سامانه های جداساز لرزه ای باید از "دستورالعمل طراحی ساختمان های دارای جداسازی لرز ه ای" و"آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله- استاندارد ۲۸۰۰ ایران" استفاده نمود.

درطراحی لازم است یک سامانه ی جداسازی دارای قابلیت های زیر باشد:
۱- بتواند نیروهای قائم ناشی از وزن و پاسخ زلزله در زمان زلزله را تحمل کند
۲- در جهت افقی انعطاف پذیری لازم را تامین نماید
۳- قابلیت جذب انرژی داشته باشد.
۴- سختی قائم زیادداشته باشد.
۵- سختی اولیه کافی داشته باشد.
این قابلیت ها می تواند به طور همزمان در یک وسیله تامین شود یا به کمک چند وسیله آن ها را برای سامانه ی جداسازی فراهم آورد.
علاوه بر این طراح ممکن است برای محدود نمودن تغییر مکان جداسازها، در سامانه ی جداسازی لرزه ای، ضربه گیرهایی نیز پیش بینی نماید.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

-تعاریف براساس دستورالعمل طراحی ساختمان های دارای جداساز لرزه ای

تغییر مکان طرح- تغییر مکان جانبی ناشی از زلزله طرح در تراز جدا سازی پایه می‌باشد که برای طراحی سامانه جداساز لازم است. در محاسبهٔ این تغییر مکان از اثرات ناشی از پیچش واقعی و تصادفی صرف‌نظر می‌شود.

زلزله طرح- زلزله‌ای است که احتمال وقوع ان ویا زلزله‌های بزرگتر از ان ، در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان ، کمتر از ده درصد باشد.

میرایی موثر- مقدار میرایی ویسکوز معادل که برابر انرژی مستهلک شده ناشی از رفتار چرخه‌ای سامانه جداساز است.

سختی موثر- نسبت نیروی جانبی در سامانه جداساز و یا اجزای آن به تغییر مکان جانبی متناظر با آن نیرو می‌باشد.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

-تعاریف براساس دستورالعمل طراحی ساختمان های دارای جداساز لرزه ای

بزرگترین زلزله محتمل- بزرگترین زمین‌لرزه‌ای که در ساختگاه مورد نظر و با توجه به ویژگی‌های زمین شناسی منطقه محتمل است. در نواحی با خطرنسبی زلزله زیاد و خیلی زیاد این حرکت شدید زمین را می‌توان ناشی از زلزله‌ای محسوب کرد که احتمال وقوع زلزلهٔ بزرگتر از آن در طول یکصد سال کمتر از ۱۰٪ باشد.

بیشترین تغییر مکان- بیشترین تغییر مکان جانبی جداساز ناشی از بزرگ‌ترین زلزله محتمل بدون در نظر گرفتن تغییر مکان ناشی از پیچش می‌باشد.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

-تعاریف براساس دستورالعمل طراحی ساختمان های دارای جداساز لرزه ای

تغییر مکان کل طرح- تغییر مکان جانبی ناشی از زلزله طرح در تراز هر جداساز با در نظر گرفتن اثرات ناشی از پیچش می‌باشد.

بیشترین تغییر مکان کل- تغییر مکان جانبی ناشی ازبزرگ‌ترین زلزله محتمل با در نظر گرفتن اثرات پیچش می‌باشد. این تغییر مکان برای بررسی پایداری سامانه جداساز یا اجزاء آن، طرح درز انقطاع ساختمان و آزمایش بارگذاری قائم نمونه‌های واحدهای جداساز بکار می‌رود.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

-تعاریف براساس دستورالعمل طراحی ساختمان های دارای جداساز لرزه ای

سامانه محدودکننده در برابر باد- مجموعهٔ اعضای سازه‌ای است که ساختمان جداسازی شده برای زلزله را در برابر باد مقید می‌کند. این سامانه می‌تواند جزئی از واحد جداساز و یا یک سامانه مستقل باشد.

سامانه محدودکننده تغییرمکانهای بزرگ - مجموعهٔ اعضای سازه‌ای است که ساختمان جداسازی شده را از نظر حرکات افقی محدود می کند. این محدودیت ها برای جلوگیری از تغییر شکل های بسیار بزرگ در هنگام وقوع بزرگ ترین زلزله محتمل در نظر گرفته می شود، به نحوی که عملکرد جداسازها و پایداری سازه در

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

Design Objectives of 2000 NEHRP and 2000 IBC Base Isolation Provisions

- **Minor and Moderate Earthquakes**
  - No damage to structural elements
  - No damage to nonstructural components
  - No damage to building contents
- **Major Earthquakes**
  - No failure of isolation system
  - No significant damage to structural elements
  - No extensive damage to nonstructural components
  - No major disruption to facility function
  - Life-Safety

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

هدف : تعیین حداقل ضوابط و مقررات برای طرح و اجرای ساختمان ها برای مقاومت در برابر زلزله

= مسکونی

۱- ساختمان‌های با "اهمیت متوسط" در اثر زلزله طرح، آسیب عمدهٔ سازه‌ای و غیر سازه‌ای نبینند و تلفات جانی در آنها حداقل باشد.

۲- ساختمان‌های با "اهمیت زیاد" در اثر زلزله طرح، آسیب عمده نبینند، به‌طوری که در زمان کوتاهی قابل مرمت باشند.

۳- ساختمان‌های با "اهمیت خیلی زیاد"، در اثر زلزله طرح، تغییر مقاومت و سختی در اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای نداشته باشند، به‌طوری که بهره‌برداری از آنها امکان‌پذیر باشد.

۴- کلیه ساختمان‌های بلندتر از ۵۰ متر و یا بیشتراز ۱۵ طبقه و نیز کلیه ساختمان‌های با اهمیت زیاد و خیلی زیاد در اثر زلزله بهره‌برداری آسیبی نبینند و قابلیت بهره‌برداری خود را حفظ نمایند.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

2000 NEHRP and 2000 IBC Base Isolation Provisions

General Design Approach

EQ for Superstructure Design

Design Earthquake
10%/50 yr = 475-yr return period
- Loads reduced by up to a factor of 2 to allow for limited Inelastic response; a similar fixed-base structure would be designed for loads reduced by a factor of up to 8

EQ for Isolation System Design (and testing)

Maximum Considered Earthquake
2%/50 yr = 2,500-yr return period
- No force reduction permitted for design of isolation system

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

زلزله مبنای طراحی چه زلزله ایست؟

بر اساس نوع سازه، کاربری آن و نظر کارفرما تعیین می گردد.

- زلزله با احتمال بالا (زلزله بهره برداری)با دوره بازگشت ۱۰سال
  معادل ۹۹/۵ درصد در ۵۰ سال
- زلزله با احتمال متوسط معادل ۵۰ درصد در ۵۰ سال
  با دوره بازگشت ۴۷۵سال ذکر شده در استاندارد۲۸۰۰ و مبحث ۶ ودستورالعمل طراحی ساختمان های دارای جداساز لرزه ای (نشریه ۵۵۰)
- زلزله نادر (زلزله طرح) معادل ۱۰ درصد در ۵۰ سال
  بزرگ ترین زلزله محتمل ذکر شده در دستورالعمل (نشریه ۵۵۰)
- زلزله بسیار نادر معادل ۵ درصد در ۵۰ سال
  حداکثر زلزله محتمل یا زلزله خیلی شدید با دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال ذکر شده در مبحث ۶ مقررات ملی
- زلزله حداکثر معادل ۲ درصد در ۵۰ سال

بطور معمول آیین نامه ها ایمنی جانی به همراه کنترل قابل قبول خسارات را با احتمال ۱۰ درصد در ۵۰ سال کافی می دانند.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

Analysis Procedures of 2000 NEHRP and 2000 IBC Base Isolation Provisions

- **Equivalent Lateral Response Procedure** (Presented Herein)
  - Applicable for final design under limited circumstances
  - Provides lower bound limits on isolation system displacement and superstructure forces
  - Useful for preliminary design
- **Dynamic Lateral Response Procedure**
  - May be used for design of any isolated structure
  - Must be used if structure is geometrically complex or very flexible
  - Two procedures:
    - Response Spectrum Analysis (linear)
    - Response-History Analysis (linear or nonlinear)

توجه: در اسلاید های بعدی، روش بار جانبی معادل(روش تحلیل استاتیکی) مورد بررسی قرار گرفته است.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

۳-۲-۲- تحلیل سازه‌ی جداسازی شده

روش‌های معمول در "دستورالعمل" به منظور محاسبه‌ی نیرو در سازه‌ی جداسازی شده عبارتند از:

- ✓ – روش بار جانبی معادل؛
- – روش دینامیکی؛
- – روش طیف پاسخ؛
- – روش تاریخچه‌ی زمانی.

هر یک از روش‌های ذکر شده در این بند باید با توجه به محدودیت‌های مذکور در "دستورالعمل" به کار روند. عوامل مهم در انتخاب روش تحلیل سازه از بین موارد فوق عبارت است از:

- – وضعیت ساختگاه؛
- – تعداد طبقات سازه؛
- – ارتفاع سازه؛
- – دوره‌ی تناوب طبیعی سازه‌ی جداسازی شده؛
- – شکل و ترکیب سازه (منظم یا نامنظم بودن سازه)؛
- – ویژگی‌های سامانه‌ی جداسازی مانند: سختی موثر، قابلیت سامانه در تامین نیروی برگرداننده به مبدا؛
- – حداکثر تغییرمکان سازه؛

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

Isolation System Displacement (Translation Only)

Design Displacement

$$D_D = \left(\frac{g}{4\pi^2}\right)\frac{S_{D1}T_D}{B_D}$$

- S_{D1}: *Design Spectral Acceleration at One-Second Period (g)*
- T_D: *Effective Period of Isolated Structure at Design Displacement*
- B_D: *Damping Reduction Factor for Isolation System at Design Displacement*

Design is evaluated at two levels:
Design Earthquake: 10% / 50 yr = 475-yr return period ✓
Maximum Considered Earthquake: 2% / 50 yr = 2,500-yr return period

- براساس دستورالعمل طراحی ساختمان های دارای جداساز لرزه ای(نشریه ۵۵۰)بزرگ ترین زلزله محتمل در نواحی با خطر نسبی زلزله زیاد وخیلی زیاد، ۱۰درصد در ۱۰۰سال می باشد(۵ درصد در ۵۰سال)

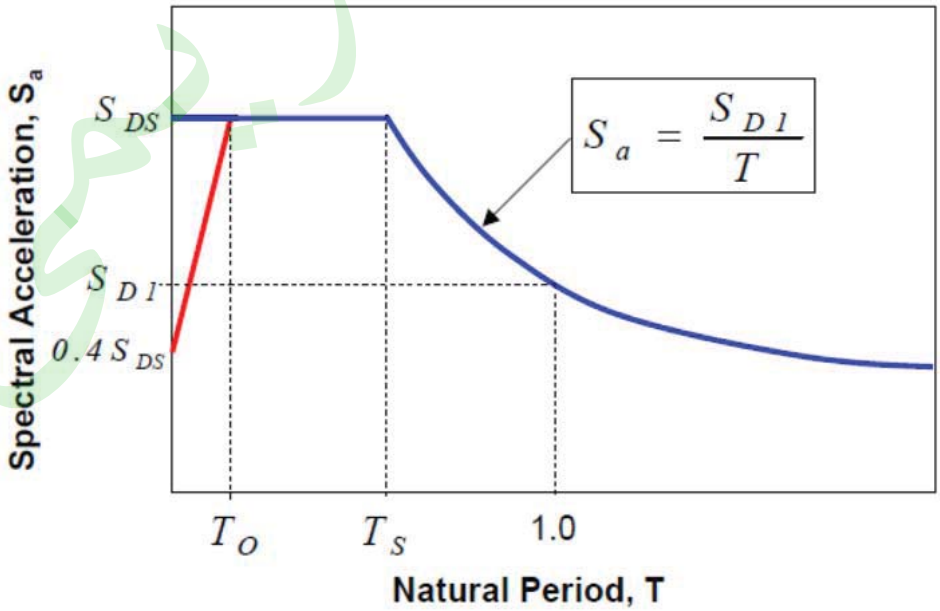
- فرمول تغییرمکان طرح در دستورالعمل(نشریه ۵۵۰) براساس ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ بوده وبه جای عبارت شتاب طیفی طراحی در زمان تناوب یک ثانیه(**SD1**) مقدار **A*B** قرار داده شده است.

SD1=A*B

$$D_D = \left(\frac{g}{4\pi^2}\right)\frac{A*(S+1)T_S^{\frac{2}{3}}*T_D}{B_D}$$ ✓

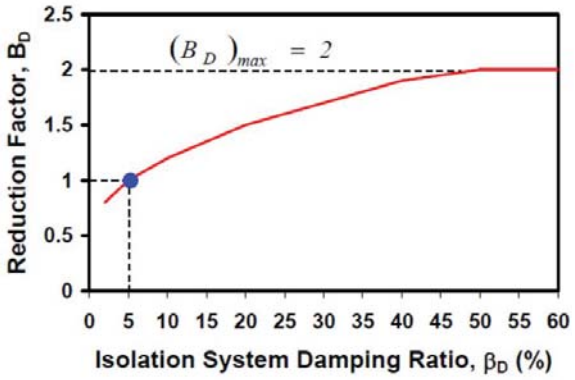
ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

Design Response Spectrum



ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

Damping Reduction Factor



ضرایب میرایی براساس دستورالعمل طراحی ساختمان های دارای جداساز لرزه ای(نشریه ۵۵۰)

جدول ۱ ضرایب میرایی B_D و B_M

ضریب B_D یا B_M	میرایی موثر β_D یا β_M (درصد میرایی بحرانی)
۰/۸	≤۲
۱/۰	۵
۱/۲	۱۰
۱/۵	۲۰
۱/۷	۳۰
۱/۹	٤۰
۲/۰	≥۵۰

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

Effective Isolation Period

Effective Period

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k_{D\,min}\, g}}$$

W ← *Total Seismic Dead Load Weight*

$k_{D\,min}$ ← *Minimum Effective Stiffness of Isolation System at Design Displacement*

Minimum stiffness used so as to produce largest period and thus most conservative design displacement.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

Isolation System Displacement (Translation and Rotation)

Total Design Displacement

Eccentricity (actual + accidental) Between CM of Superstructure and CR of Isolation System

$$D_{TD} = D_D \left[1 + y \left(\frac{12\, e}{b^2 + d^2} \right) \right]$$

Use only if isolation system has uniform spatial distribution of lateral stiffness

Distance Between CR of Isolation System and Element of Interest

Shortest and Longest Plan Dimensions of Building

Note: A smaller total design displacement may be used (but not less than $1.1D_D$) provided that the isolation system can be shown to resist torsion accordingly.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

Base Shear Force

Isolation System and Elements Below Isolation System

$$V_b = k_{D\,max}\, D_D$$

No Force Reduction; Therefore Elastic Response Below Isolation System

Maximum Effective Isolation System Stiffness

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

Shear Force Above Isolation System

Structural Elements Above Isolation System

$$V_S = \frac{k_{D\,max}\, D_D}{R_I}$$

Response Modification Factor for Isolated Superstructure

$$R_I = \frac{3}{8} R = \frac{R}{2.67} \le 2$$

Ensures essentially elastic superstructure response

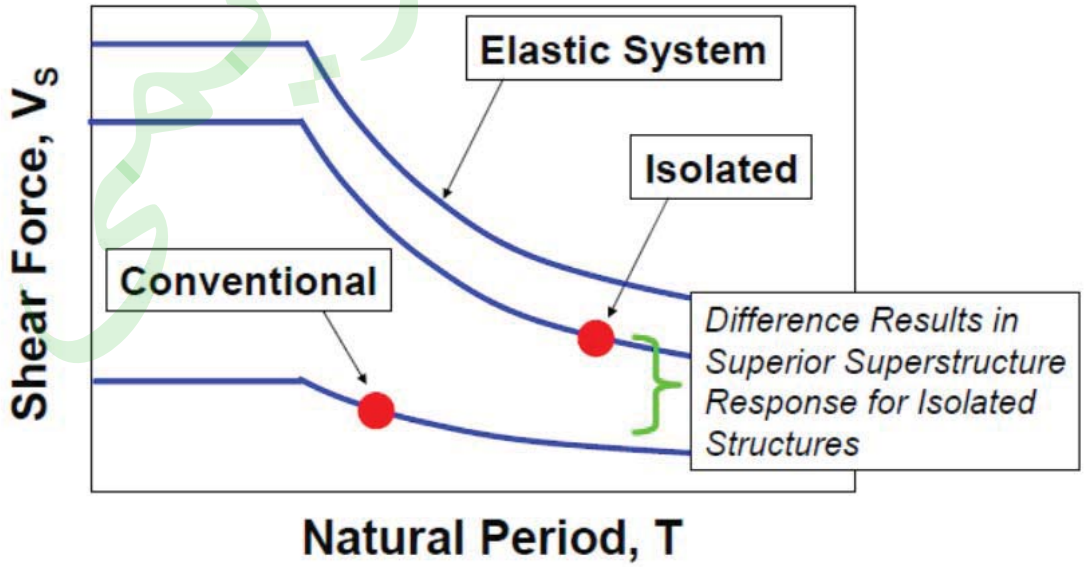
R_I = براساس دستورالعمل(نشریه ۵۵۰) ضریب رفتار برای سازه بالاتر از تراز سامانه جداساز، برای قاب ساختمانی فولادی با مهاربندی هم محور برابر۱/۶ وبرای سایر سامانه های باربر جانبی برابر ۲ می باشد.

Minimum Values of V_S:

- Base shear force for design of conventional structure of fixed-base period T_D
- Shear force for wind design.
- 1.5 times shear force that activates isolation system.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

Design Shear Force for Conventional and Isolated Structures



ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

Example: Evaluation of Design Shear Force

Base Shear Coefficient

$$BSC_I = \frac{V_S}{W} = \frac{k_{Dmax} D_D}{W R_I} = \frac{S_{D1}}{B_D R_I T_D}$$ *Isolated Structure*

$$BSC_C = \frac{V_S}{W} = C_S = \frac{S_{D1}}{T(R/I)}$$ *Conventional Structure Having Period of One-Second or More*

$$\frac{BSC_I}{BSC_C} = \frac{T(R/I)}{B_D R_I T_D}$$

Example:

- Fire Station (I = 1.5)
- Conventional: Special steel moment frame (R = 8.5) and T = 1.0 sec
- Isolated: T_D = 2.0 sec, damping ratio = 10% (B_D = 1.2), R_I = 2

Result: $\frac{BSC_I}{BSC_C} = 1.18$

Isolating structure results in 18% *increase* in shear force for design of superstructure

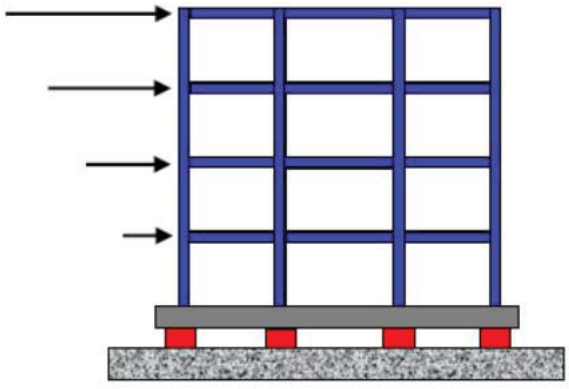
توجه: نیروی برشی طراحی روسازه از برش پایه طراحی یک ساختمان معمولی، ۱۸ درصد بیشتر بدست می آید.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

Distribution of Shear Force

$$F_x = \frac{V_S w_x h_x}{\sum_{i=1}^{n} w_i h_i}$$ *Standard Inverted Triangular Distribution of Base Shear*

Lateral Force at Level x of the Superstructure



ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

Interstory Drift Limit

Displacement at Level x of Superstructure

Deflection Amplification Factor

Displacement at Level x of Superstructure Based on Elastic Analysis

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I}$$

Occupancy Importance Factor

براساس دستورالعمل(نشریه ۵۵۰) I ضریب اهمیت ساختمان، برای تمامی سازه های جداسازی شده از پی بدون توجه به گروه بندی ساختمان ها بر حسب اهمیت، برابر ۱ فرض می شود.

Note: For Isolated Structures, C_d is replaced by R_I.

Interstory Drift of Story x

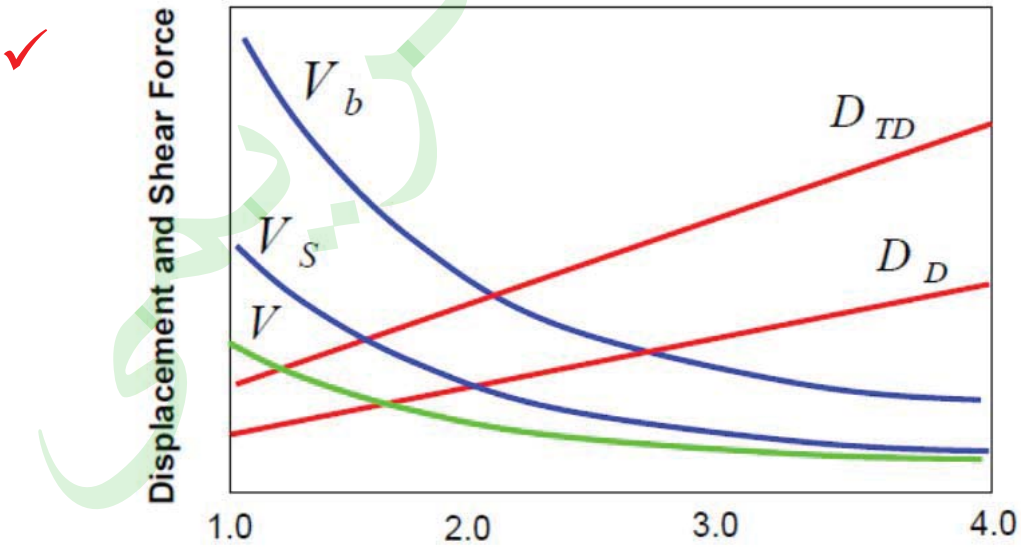
$$\Delta_x \le 0.015\ h_{sx}$$

Height of Story x

- براساس دستورالعمل،حداکثرنسبت تغییر مکان نسبی طبقه در سازه بالای تراز جداسازی تحت تاثیر نیروی Vs نباید از $\frac{0.01}{R_I}$ تجاوز کند.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

Displacement and Shear Force Design Spectrum



$$V_b = k_{D\,max} D_D$$

$$V_S = \frac{k_{D\,max} D_D}{R_I}$$

$$V = C_S W$$

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

Required Tests of Isolation System

Prototype Tests on Two Full-Size Specimens of Each Predominant Type of Isolation Bearing ✓

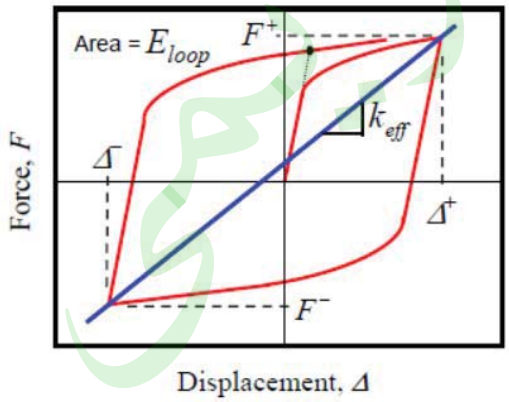
- **Check Wind Effects**
  - 20 fully reversed cycles at force corresponding to wind design force ✓
- **Establish Displacement-Dependent Effective Stiffness and Damping**
  - 3 fully reversed cycles at $0.25D_D$ در دستورالعمل(نشریه ۵۵۰) $0.20D_D$ ذکر شده است.
  - 3 fully reversed cycles at $0.5D_D$ ✓
  - 3 fully reversed cycles at $1.0D_D$ ✓
  - 3 fully reversed cycles at $1.0D_M$ ✓
  - 3 fully reversed cycles at $1.0\ D_{TM}$ ✓
- **Check Stability**
  - Maximum and minimum vertical load at $1.0\ D_{TM}$
- **Check Durability**
  - $30S_{D1}B_D/S_{DS}$, but not less than 10, fully reversed cycles at $1.0\ D_{TD}$

در دستورالعمل: به تعداد حاصل از رابطه $15B_D\ T_S^{\frac{2}{3}}$(حداقل ۱۰) چرخه کامل بارگذاری وباربرداری در حد تغییر مکان کل طرح(D_{TD}).

For cyclic tests, bearings must carry specified vertical (dead and live) loads

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

Effective Linear Properties of Isolation Bearing from Cyclic Testing ✓



$$k_{eff} = \frac{|F^+| + |F^-|}{|\Delta^+| + |\Delta^-|}$$

Effective Stiffness of Isolation Bearing

$$\beta_{eff} = \frac{2}{\pi} \frac{E_{loop}}{k_{eff}\left(|\Delta^+| + |\Delta^-|\right)^2}$$

Equivalent Viscous Damping Ratio of Isolation Bearing

Effective properties determined for each cycle of loading

در رابطهٔ فوق انرژی جذب شده در هرچرخهٔ بارگذاری، E_{Loop}، و سختی موثر K_{eff} باید به ازای تغییر مکان‌های Δ^+ و Δ^- محاسبه شوند.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

Effective Linear Properties of Isolation System from Cyclic Testing

Absolute Maximum Force at Positive D_D over 3 Cycles of Motion at $1.0D_D$

$$k_{D\,max} = \frac{\sum \left|F_D^+\right|_{max} + \sum \left|F_D^-\right|_{max}}{2D_D}$$

Maximum Effective Stiffness of Isolation System

$$k_{D\,min} = \frac{\sum \left|F_D^+\right|_{min} + \sum \left|F_D^-\right|_{min}}{2D_D}$$

Minimum Effective Stiffness of Isolation System

Use smallest value from cyclic tests

$$\beta_D = \frac{1}{2\pi} \frac{\sum E_D}{k_{D\,max} D_D^2}$$

Equivalent Viscous Damping Ratio of Isolation System

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

Additional Issues to Consider

- Buckling and stability of elastomeric bearings
- High-strain stiffening of elastomeric bearings
- Longevity (time-dependence) of bearing materials
  (Property Modification Factors to appear in 2003 NEHRP Provisions)
- Displacement capacity of non-structural components that cross isolation plane
- Displacement capacity of building moat
- Second-order (P-Δ) effects on framing above and below isolation system

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

Example Design of Seismic Isolation System Using 2000 NEHRP Provisions

Seismically Isolated Structures by Charles A. Kircher
Chapter 11 of *Guide to the Application of the 2000 NEHRP Provisions;* *Note: The Guide is in final editing. Chapter 11 is in the handouts.*

Structure and Isolation System

- "Hypothetical" Emergency Operations Center, San Fran., CA
- Three-Story Steel Braced-Frame with Penthouse
- High-Damping Elastomeric Bearings

Design Topics Presented:

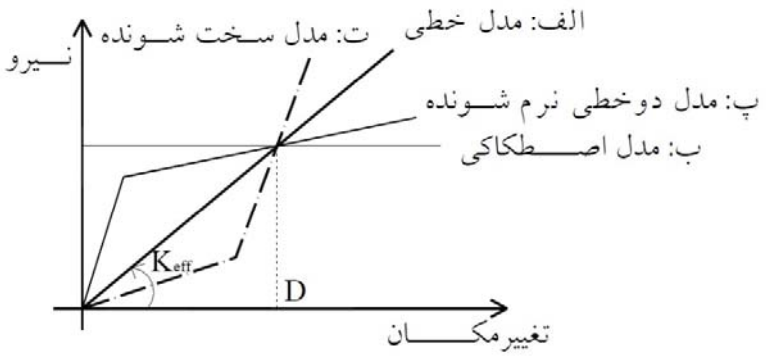
- Determination of seismic design parameters
- Preliminary design of superstructure and isolation system
- Dynamic analysis of isolated structure
- Specification of isolation system design and testing criteria

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

۳-۲-۳- مدل‌سازی دینامیکی سامانه‌ی جداسازی

لازم است پاسخ تغییر مکان و نیروی جداسازها در سامانه‌ی جداسازی و پاسخ کلی سازه در تراز جداسازی با استفاده از یک مدل از سازه‌ی جداسازی شده که امکان وارد کردن رفتار غیرخطی نیرو- تغییرمکان تجهیزات جداسازی و سامانه‌ی مقاوم در برابر نیروهای جانبی را دارد محاسبه گردند. در این زمینه لازم است مفاد بند ۶-۵ دستورالعمل رعایت گردد.

چهارگونه رفتار برای پاسخ نیرو- تغییرمکان سامانه‌های جداسازی تعریف می‌شود. شکل زیر این رفتارها را به طور ایده‌آل با تغییرمکان طراحی مشابه (D) برای زلزله‌ی طراحی نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱- مدل‌های رفتاری جداسازها در زمان تحریک

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

نمودار "الف" رفتاری خطی با سختی موثر و دوره‌ی تناوب طبیعی یکسان را برای تمام سطوح بارگذاری زلزله نشان می‌دهد. نیروی منتقل شده به روسازه همواره متناسب با تغییرمکان تراز جداسازی است.

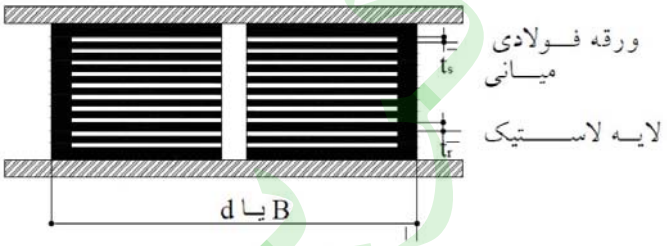
در نمودار "ب"، رفتار یک سامانه‌ی جداسازی اصطکاکی ایده‌آل نمایش داده شده است. پاسخ در این سامانه با ضریب اصطکاک و در نتیجه نیروی اصطکاک موجود بر روی تکیه‌گاه‌ها کنترل می‌گردد. با افزایش نیروی زلزله دوره‌ی تناوب موثر افزایش می‌یابد در حالی که حداکثر نیروی منتقل شده به سازه به مقدار ثابتی محدود است. با توجه به عدم وجود نیروی بازگرداننده به مبدا این سامانه‌ها اغلب در ترکیب با سامانه‌ای که این قابلیت را تامین نماید مانند جداسازهای لاستیکی با ورقه‌های فولادی استفاده می‌شوند.

نمودار "پ" رفتار دوخطی نرم شونده را نشان می‌دهد. این سامانه در ابتدا سخت (با دوره‌ی تناوب موثر کوتاه) بوده و با افزایش نیروی زلزله نرم‌تر می‌شود (افزایش دوره‌ی تناوب موثر). معمولا جداسازهای لاستیکی با میرایی زیاد (HDRB)، جداسازهای لاستیکی با هسته‌ی سربی (LRB) یا جداسازهای اصطکاکی با نیروی برگرداننده این گونه رفتار را از خود نشان می‌دهند.

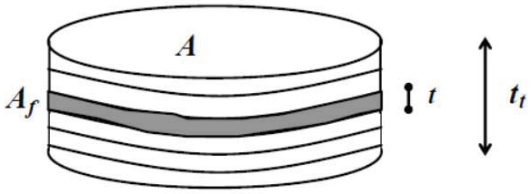
نمودار "ت" رفتار یک سامانه‌ی سخت شونده را نشان می‌دهد. این گونه سامانه‌ها سختی اولیه‌ی کمی دارند. با افزایش میزان پاسخ تغییر شکل آن‌ها، سختی آن‌ها افزایش می یابد.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

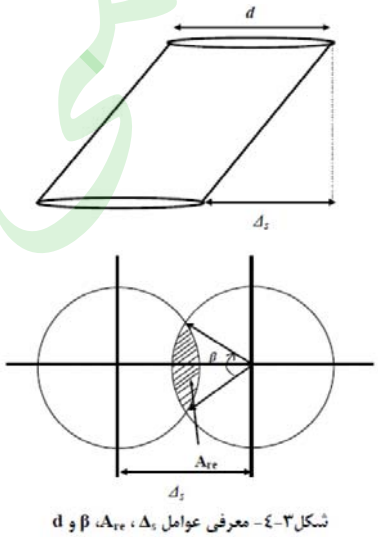
طراحی جداساز های لاستیکی با میرایی زیاد و جداساز های لاستیکی با ورقه های فولادی



شکل ۳-۲- مقطع جداساز لاستیکی با ورقه‌های فولادی

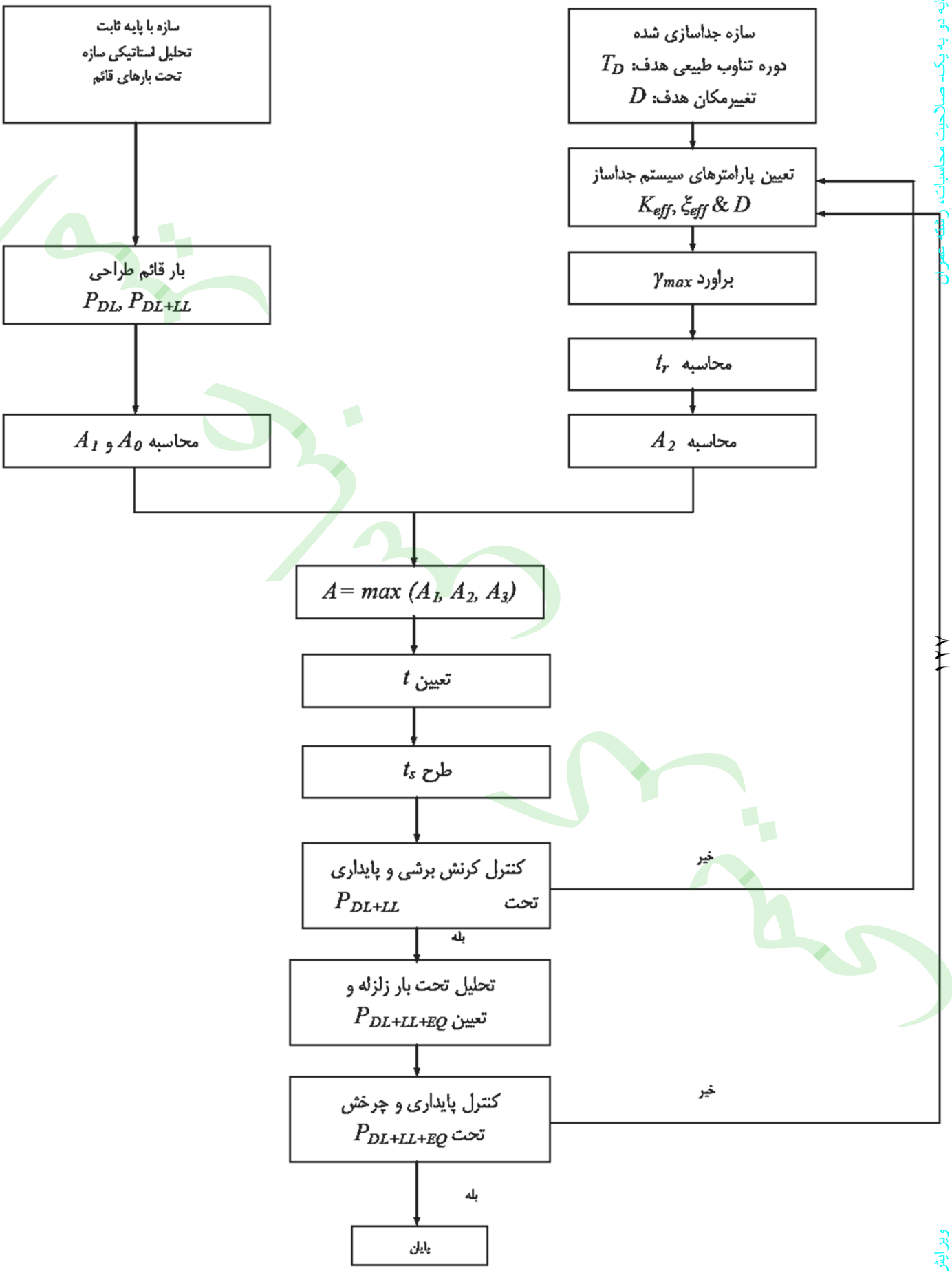


شکل ۳-۳- توصیف عامل‌های A و A_f



شکل۳-٤- معرفی عوامل Δ_s ، A_{re} ، β و d

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان کرمانشاه
سیستم های ویژه جذب انرژی در سازه های فولادی
گردآورنده: امیر عباس کریمی
دوره ارتقاء پایه دو به یک- صلاحیت محاسبات، رشته عمران
ویرایش دوم: دی ماه ۹۶



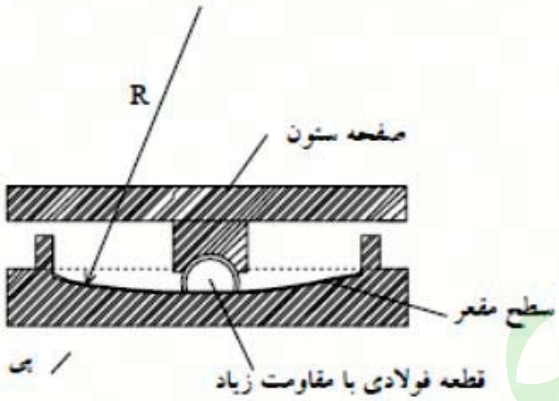
شکل ۳-۶- نمودار طراحی جداساز لاستیکی با میرایی زیاد و جداساز لاستیکی با ورقه‌های فولادی

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

۳-۳-۳- طراحی جداسازهای اصطکاکی- پاندولی

عوامل مورد نظر طراحی در جداسازهای اصطکاکی- پاندولی عبارتند از:

شعاع انحنای سطح جداساز (R_{FPS})، ضریب اصطکاک سطح جداساز (μ) و ابعاد جداساز.



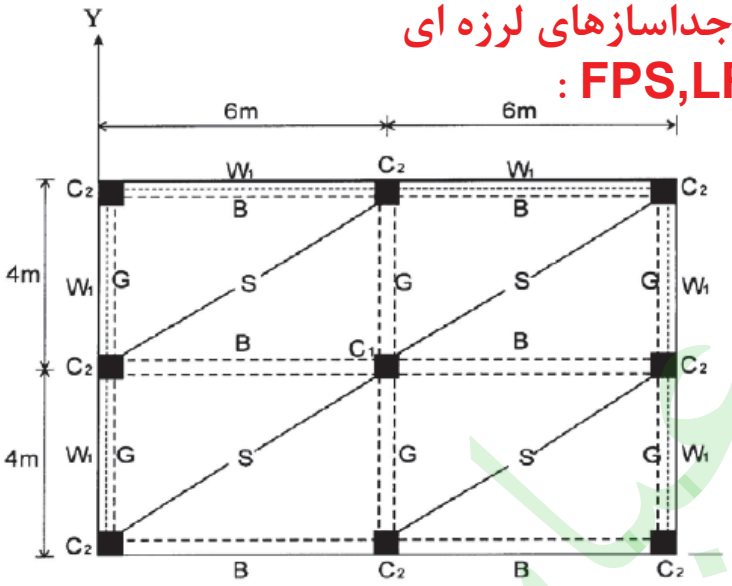
شکل ۳-۱۰- توصیف بخش‌های مختلف یک جداساز اصطکاکی پاندولی

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

یک ساختمان بتنی سه طبقه با پلان نمایش داده شده در شکل زیر در نظر است. سامانه‌ی باربر جانبی در هر دو جهت دیوار برشی در نظر گرفته شده است.

محل احداث، دارای خاک سخت، در زمین نوع B و دور از گسل‌های فعال قرار دارد. با فرض اینکه ساختمان دارای شرایطی است که ضریب رفتار ساختمان با پایه‌ی ثابت برابر با $R = 6$ در نظر گرفته شده پس از جداسازی لرزه‌ای، این ضریب برابر خواهد بود با $R_I = 2$ (مطابق دستورالعمل).

مثال طراحی جداسازهای لرزه ای : FPS,LRB,HDNR



شکل پ۳-۱- پلان ساختمان موردنظر و گروه‌بندی مقطع ستون‌ها در مثال

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

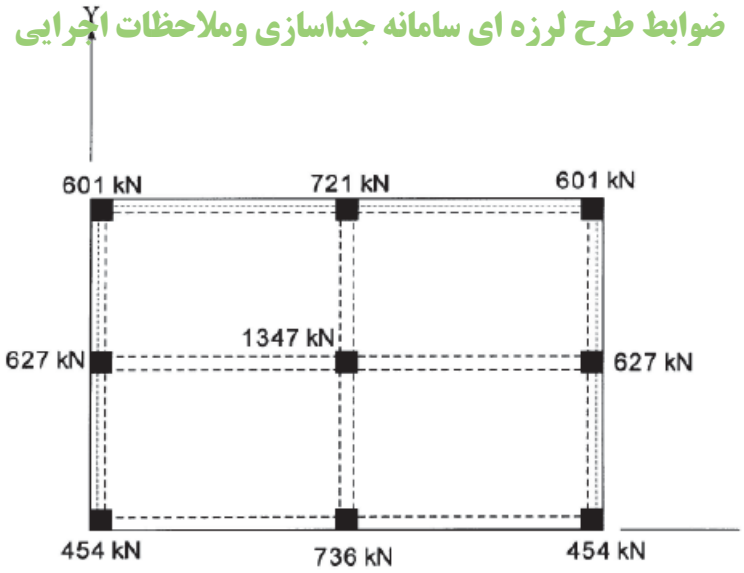
ارتفاع طبقه‌ی اول ۵ متر و طبقه‌ی دوم وسوم ۴ متر است. ابعاد ستون‌ها ، تیرها ،دیوارها و دال‌های کف در زیر ارایه شده‌اند:

- ستون‌های داخلی C_1: ۰٫۳×۰٫۳ متر
- ستون‌های خارجی C_2: ۰٫۲۵×۰٫۲۵ متر
- تیرهای B و G: ۰٫۲۵×۰٫۴ متر
- ضخامت معادل دیوارW_1: ۰٫۰۸ متر
- ضخامت دال S: ۰٫۱۵ متر

بارهای روی ساختمان برابرند با $10\ \frac{kN}{m^2}$ و $2.5\ \frac{kN}{m^2}$ به ترتیب برای بار مرده و بار زنده.

ساختمان دارای پلان منظم با سه ستون با فواصل ۶ متر در جهت x و سه ستون با فواصل ۴ متر در امتداد y است. کل وزن ساختمان W_T برابر است با 5209 kN. مقدار نیروی قائم ناشی از بار مرده و زنده در پای هر ستون در شکل زیر نمایش داده شده‌اند.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی



شکل پ-۳-۲- مقدار نیروی قائم ناشی از بار مرده و زنده در پای هر ستون

به دلیل محدودیت در طرفین زمین محل احداث، حداکثر تغییر مکان افقی مجاز ساختمان ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است. نیروهای قائم موجود در پای ستون‌ها (محل نصب تکیه‌گاه‌ها) به کمک تحلیل استاتیکی در نرم‌افزار مناسب محاسبه می‌شوند. دوره‌ی تناوب طبیعی سازه با پایه‌ی ثابت در جهت x و y به ترتیب برابر با ۰٫۲۴ و ۰٫۱۶ ثانیه گزارش شده است.

در ادامه نحوه‌ی طراحی یک تکیه‌گاه که در زیر یکی از ستون‌های داخلی که حداکثر نیروی قائم در آن $P_{DL+LL}=1347kN$ است مطابق با نکات پیشنهادی در این راهنما و ضوابط مندرج در دستورالعمل و استاندارد ۲۸۰۰ ارایه خواهد شد.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

تکیه‌گاه‌های لاستیکی با میرایی زیاد

۱) مشخصات مقدماتی مساله

در این مثال دوره‌ی تناوب طبیعی طراحی هدف برای ساختمان جداسازی شده، T_D، بیش از سه برابر پریود سازه با پایه‌ی ثابت در نظر گرفته می‌شود. فرضیات مساله به شرح زیر خواهد بود :

۱-۱) دوره‌ی تناوب طبیعی هدف $T_D=2.5s$ در نظر گرفته می‌شود.

۱-۲) تکیه‌گاه لاستیکی دارای حداکثر تغییر شکل نسبی برشی $\gamma_{max}=150\%$ است.

۱-۳) نسبت میرایی موثر $\xi_{eff}=20\%$ است.

۱-۴) ضریب میرایی B_D برای سامانه‌ی جداسازی با $\xi_{eff}=20\%$ بر اساس مفاد دستورالعمل برابر است با ۱٫۵.

۱-۵) منطقه‌ی محل احداث سازه با خطر نسبی خیلی زیاد ارزیابی شده و نوع زمین I است. از این رو مطابق استاندارد ۲۸۰۰، نسبت شتاب مبنای طرح $A=0.35$، $T_0=0.1s$، $T_s=0.4s$ و $S=1.5$ خواهند بود.

نتایج طراحی ابعاد تکیه‌گاه لاستیکی HDRB

قطر تکیه‌گاه: $d=0.7m$

ارتفاع کل تکیه‌گاه: $h=0.212m$

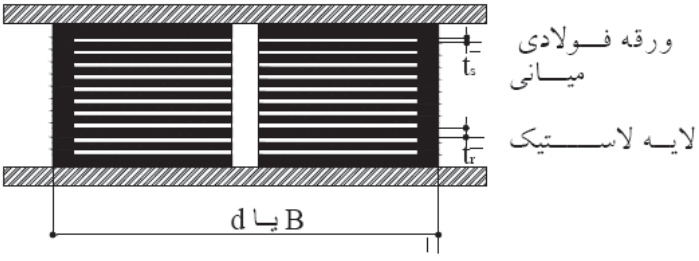
تعداد لایه‌های لاستیک: $N=12$

ضخامت هر لایه: $t=1cm$

تعداد ورق‌های فولادی: $N_S=11$

ضخامت ورق: $t_S=2mm$

ضخامت ورق‌های بالا و پایین تکیه‌گاه: $2.5cm$



ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

تکیه‌گاه‌های لاستیکی با هسته‌ی سربی

۱) مشخصات مقدماتی مساله

مشخصات زیر برای سامانه‌ی جداسازی با جداساز لاستیکی دارای هسته‌ی سربی فرض می‌شوند:

۱-۱) دوره‌ی تناوب طبیعی هدف $T_D = 2.5s$ در نظر گرفته می‌شود.

۱-۲) تکیه‌گاه لاستیکی دارای حداکثر تغییر شکل نسبی برشی $\gamma_{max} = 150\%$ است.

۱-۳) نسبت میرایی موثر $\xi_{eff} = 10\%$ است.

۱-۴) ضریب میرایی B_D برای سامانه‌ی جداسازی با $\xi_{eff} = 10\%$ بر اساس مفاد دستورالعمل برابر است با ۱٫۲ .

۱-۵) منطقه‌ی محل احداث سازه با خطر نسبی خیلی زیاد ارزیابی شده و نوع زمین I است. از این رو مطابق استاندارد ۲۸۰۰ نسبت شتاب مبنای طرح $A = 0.35$ ، $T_0 = 0.1s$ ، $T_s = 0.4s$ و $S = 1.5$ خواهند بود.

ا نتایج طراحی:

قطر تکیه‌گاه: $d = 70cm$

ارتفاع کل تکیه‌گاه: $h = 55.2cm$

تعداد لایه‌های لاستیک: $N = 42$

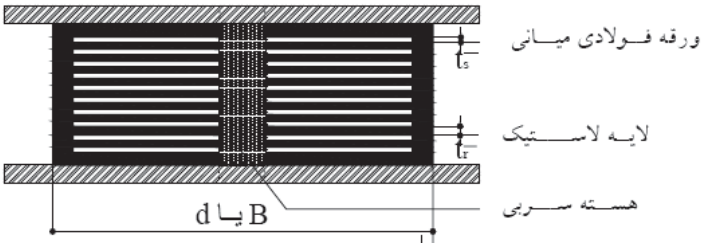
ضخامت هر لایه: $t = 1cm$

تعداد ورق‌های فولادی: $N_S = 41$

ضخامت ورق: $t_S = 2mm$

ضخامت ورق‌های بالا و پایین تکیه‌گاه: $2.5cm$

قطر هسته‌ی سربی: $d_p = 13cm$



ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

تکیه‌گاه‌های پاندولی اصطکاکی

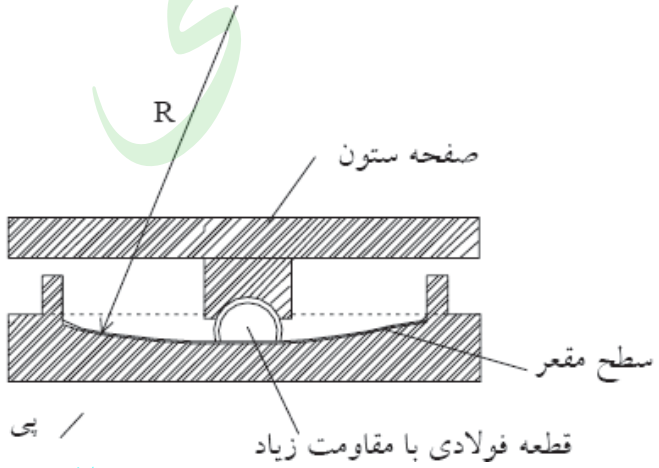
برای این سامانه هم مشابه حالت‌های قبلی دوره‌ی تناوب طبیعی $T_D = 2.5s$ انتخاب می‌شود. ضریب اصطکاک سطح کروی تکیه‌گاه ۰٫۰۶ و فرض اولیه برای تغییر مکان افقی طرح $D = 20cm$ در نظر گرفته می‌شود. این مقدار در ادامه طرح کنترل خواهد شد.

۷- ابعاد تکیه‌گاه FPS:

شعاع انحنای سطح کروی: $R_{FPS} = 1.5m$

عمق صفحه: $\delta = 1.7cm$

شعاع صفحه: $d = 45cm$



ضوابط طرح لرزه ای سامانه جدا

Design Period of DBE	T_D	=	2.5(s)
Design Period of MCE	T_M	=	3.0(s)
Effective Stiffness of the Isolation System	$K_D$min	=	**65.38868**(kips/in)
	$K_M$min	=	**45.40881**(kips/in)
Add 10% Variation	$K_D$max	=	71.92755(kips/in)
	$K_M$max	=	49.94969(kips/in)
Minimun Design Displacement	D_D	=	**13.06348**(in)
	D_M	=	**19.59523**(in)
Multiplier			1.1
Total Design Displacement (Inclding Torsion)	D_{TD}	=	14.36983(in)
	D_{TM}	=	21.55475(in)
Minimum Base Shear			
Below the Isolation Interface	Vb	=	939.6244(kips)
Above the Isolation Interface	Vs	=	469.8122(kips)

Table 4.1 – Summary of Calculated Values in Mitchell Hall example

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

-طراحی سیستم های جداسازی لرزه ای

-ملاحظات اجرایی در طراحی سازه های جداسازی شده

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

۵-۲- ملاحظات عمومی در زمان طراحی

سامانه‌ی جداسازی طراحی شده باید دارای قابلیت‌های مندرج در جدول شماره‌ی (۵-۱) بوده و تامین این قابلیت‌ها باید در مرحله‌ی طراحی در نظر گرفته شده و توسط آزمایش‌های معینی تایید گردند:

جدول ۵-۱- قابلیت‌های مورد نیاز برای سامانه‌های جداسازی لرزه‌ای

قابلیت	هدف
مقاوم در برابر وزن سازه	جلوگیری از تاب خوردن سازه در زمان زلزله توزیع نامناسب بارهای قائم بر روی جداسازها
سختی افقی کم	تامین دوره‌ی تناوب طبیعی مورد نیاز
سختی قائم زیاد	جلوگیری از تاب خوردن سازه Rocking
جذب و از بین بردن انرژی کافی	کنترل تغییر مکان جانبی
سختی اولیه‌ی کافی	جلوگیری از تغییرمکان‌های ناخواسته در زمان وزش باد و لرزه‌های خفیف

تعیین مشخصات فنی سامانه‌ی جداسازی در تراز جداسازی (تعداد و موقعیت جداسازها و میراگرهای مورد نیاز، دوره‌ی تناوب سازه‌ی جداسازی شده، رواداری‌ها و ...) و اجزای سامانه، با توجه به عملکرد مورد انتظار از سازه‌ی جداسازی شده در زمان زلزله صورت می‌گیرد. در این زمینه طراح باید مبنای عملکرد مورد انتظار خود را با توجه به رفتار اجزای سازه‌ای، تجهیزات و اجزای غیرسازه‌ای (مثل سامانه‌های رایانه‌ای یا تجهیزات حساس به لرزه یا دارای اهمیت) یا آرامش ساکنان یا کاربران ساختمان تعیین نماید و با توجه به یک یا همه‌ی این معیارها، برای مشخصات اصلی مانند سختی و میرایی سامانه‌ی جداسازی تصمیم‌گیری کند.

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

در ضمن طراحی باید به ایمنی سازه و سامانه‌ی جداسازی به عنوان یکی از حدود و سطوح عملکرد توجه کرد. با توجه به تاثیر سامانه‌ی جداسازی لرزه‌ای بر روی پاسخ روسازه، عملکرد لرزه‌ای سازه‌ی جداسازی شده با نحوه‌ی طراحی و عملکرد اجزای سامانه‌ی جداسازی (جداسازها و میراگرها) تعیین می‌شود.

از این رو برای شناخت عملکرد سازه‌ی جداسازی شده، طراح باید در حد امکان در زمینه‌ی مواد اولیه و مشخصات فنی اجزای سامانه‌ی جداساز و رفتار آن‌ها در زمان ارتعاش شناخت داشته باشد.

طراح باید پاسخ اجزای سامانه همچون پاسخ نیرو- تغییرشکل قائم و افقی ایجاد شده در آن را در برابر بار لرزه‌ای مبنای طرح، محاسبه و این اجزا را به گونه‌ای طراحی نماید تا امکان ارایه عملکرد در محدوده‌ی پاسخ مورد تقاضای برآورد شده برای آن‌ها وجود داشته باشد.

عدم قطعیت در بار لرزه‌ای طرح ساختگاه باعث می‌شود تا بسته به شرایط بستر و ساختگاه، پاسخ نهایی به طور قطعی و کامل مشخص نباشد. با توجه به این عوامل طراح باید در مورد جداسازها که تمام پاسخ روسازه به آن‌ها منتقل خواهد شد، حدود عملکردی نهایی مانند حد شکست و خرابی جداسازها یا کمانش در آن‌ها را در حد امکان مشخص و بررسی نموده و در طراحی منظور کند. همچنین پیش‌بینی قابلیت حمل بار قائم روسازه را نیز تحت این شرایط در طراحی سامانه مدنظر داشته باشد.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

۵-۶- اثر مولفه‌ی قائم زمین‌لرزه

اثر مولفه‌ی قائم زمین‌لرزه در طراحی سازه‌های با پایه‌های ثابت در حالت عادی به جز بندهای محدود آیین‌نامه‌ای در نظر گرفته نشده است. در سازه‌های جداسازی شده با توجه به احتمال وجود تجهیزات و دستگاه‌های حساس به شتاب در داخل سازه مانند دستگاه‌های ابزار دقیق و رایانه‌ها باید اثر شتاب قائم زلزله به طور خاص مورد توجه قرار گیرد. همچنین در زمان استفاده از سامانه‌های اصطکاکی در جداسازی لرزه‌ای سازه‌ها توجه به تاثیر مولفه‌ی قائم شتاب زلزله بر روی عملکرد جداسازهای اصطکاکی ضروری است.

۵-۷- توجه به تاثیر مودهای بالاتر

برای عملکرد مناسب‌تر سامانه‌ی جداسازی لرزه‌ای لازم است سهم عمده‌ی پاسخ سازه در مود اول حرکت آن قرار گیرد. افزایش سهم مودهای بالاتر باعث کاهش تاثیر جداسازی لرزه‌ای در عملکرد لرزه‌ای سازه می‌شود. با به‌اصطلاح "لاغرتر شدن ساختمان" که به مفهوم افزایش دوره‌ی تناوب طبیعی آن است، یا "افزایش میرایی در سامانه‌ی جداسازی" یا "افزایش رفتار غیرخطی در سامانه‌ی جداسازی" سهم مودهای بالاتر ارتعاشی سازه افزایش می‌یابد.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

۵-۸- ارتفاع ساختمان

افزایش ارتفاع ساختمان در حالت کلی متناظر با افزایش دوره‌ی تناوب طبیعی آن است. باید توجه نمود که در جداسازی لرزه‌ای ساختمان‌ها با نزدیک شدن دوره‌ی تناوب مودهای ارتعاشی در سازه بدون جداسازی لرزه‌ای به مود ارتعاشی سازه‌ی جداسازی شده، تاثیر روش جداسازی لرزه‌ای کاهش می‌یابد.

۵-۹- رفتار روسازه

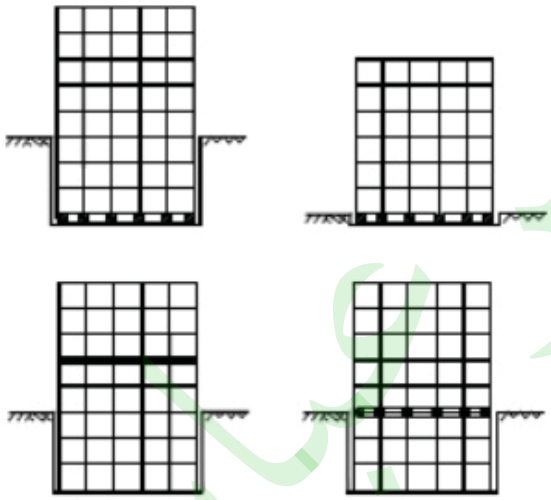
دوره‌ی تناوب طبیعی روسازه تابعی از "ارتفاع سازه"، "جنس سازه"، "سامانه‌ی سازه‌ای" و "شکل سازه" است. از نظر مفهومی، در حالت ایده‌آل، سازه‌ی جداسازی شده یک سامانه‌ی یک درجه‌ی آزادی با یک جرم صلب بر روی یک فنر نرم در نظر گرفته می شود. هر چه سختی جانبی روسازه بیش‌تر باشد، شتاب طبقات، نیروی اعمالی به سازه در زمان زلزله و تغییرشکل نسبی در طبقات کاهش خواهد یافت.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

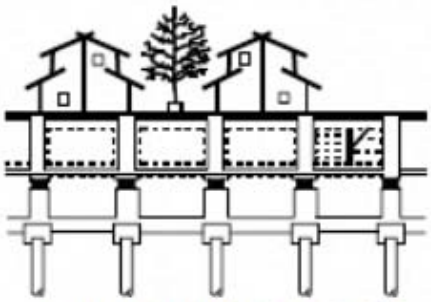
۵-۱۰- انتخاب موقعیت تجهیزات جداسازی در ارتفاع

تجهیزات جداسازی را می‌توان در سازه‌های مختلف و با توجه به عوامل گوناگون، در ترازهای مختلفی از سازه قرار داد. شکل‌های (۵-۲) و (۵-۳) نشان‌دهنده‌ی موقعیت‌های مختلف سامانه‌ی جداسازی در ارتفاع یک ساختمان است.

تجهیزات جداسازی را می‌توان در بستر سازه و یا در طبقات میانی سازه نصب کرد. انتخاب موقعیت این تجهیزات با توجه به عواملی همچون کاربری سازه، عملکرد سازه‌ای، هزینه‌ی اجرای سازه و امکان اجرا صورت می گیرد.



شکل ۵-۲- جداسازی در ارتفاع



شکل۵-۳- جداسازی لرزه‌ای سازه‌ی زیرزمینی

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

۵-۱۱- طراحی بر اساس شرایط محیطی

اجزای سامانه‌ی جداسازی باید برای عوامل محیطی مانند تغییرات ناشی از گذشت زمان، خزش، خستگی، دما، رطوبت یا مواد خارجی مخرب، احتمال خوردگی و زنگ‌زدگی، اتصال بین لایه‌های جداسازهای اصطکاکی و مانند این موارد طراحی شوند. مقاومت این اجزا در برابر آتش به ویژه در زمانی که این اجزا در تراز میانی ساختمان و در معرض مواد اشتعال‌زا قرار دارند باید توسط طراح مدنظر قرار گیرد.

نتایج تحلیل و طراحی سازه‌های جداسازی شده شامل زیرسازه، سامانه‌ی جداسازی و روسازه باید با توجه به تغییر مشخصات مواد جداسازها در طول عمر سازه و با در نظر گرفتن عوامل محیطی کنترل گردد.

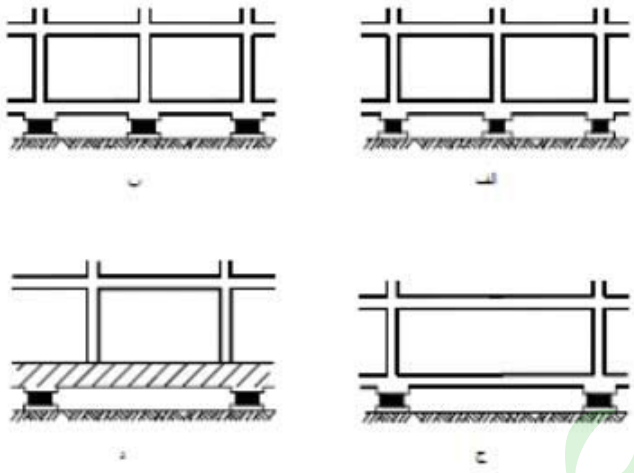
۵-۱۲- مقاومت در برابر آتش

این قطعات باید با رعایت ضوابطی مشابه آنچه برای تیرها و ستون ها تدوین شده در مقابل آتش محافظت شوند.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

۵-۱۳- سختی جانبی جداسازها

برای افزایش تاثیر جداسازی لرزه‌ای باید به اندازه‌ی کافی سختی جانبی جداسازها را کاهش داده و دوره‌ی تناوب طبیعی سازه را افزایش داد. شکل (۵-۴) حالت های مختلفی از چیدمان جداسازها و ابعاد آن‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۵-٤- چیدمان (تعداد و ابعاد جداسازها، موقعیت آن‌ها و فواصل آن‌ها از هم) در نتایج طراحی تاثیر گذار است.

تحت این شرایط، نکاتی در هر حالت قابل توجه خواهد بود:

در شکل (۵-۴- الف) با کاهش قطر جداسازها سختی جانبی سامانه‌ی جداسازی کاهش داده شده است. اما کاهش قطر جداسازهای لاستیکی با کاهش حداکثر تغییرمکان جداساز توام بوده و آن را محدود می سازد.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

در شکل (۵-۴- ب)، قطر تکیه‌گاه‌ها افزایش یافته و تغییرشکل ممکن برای سامانه‌ی جداسازی افزایش یافته است. از سوی دیگر این افزایش قطر ممکن است به افزایش سختی جانبی و در نهایت کاهش تاثیر سامانه‌ی جداسازی در کنترل نیروی ناشی از زلزله منجر گردد.

به منظور افزایش تاثیر جداسازی لرزه‌ای ، همانند شکل ۵-۴-ج، بهتر است مساحت مقطع یک جداساز را در حد ممکن افزوده و تعداد کل جداسازها را کاهش داد.

در مقایسه با حالت (۵-۴-ج)، مطابق شکل (۵-۴-د) می‌توان جداسازها را با اجرای تیر صلب در زیر سازه و روی تراز جداسازی، بدون توجه به موقعیت ستون‌ها توزیع نمود. این امر تاثیر قابل توجهی بر روی هزینه‌ی اجرای شالوده داشته و به علاوه نیازمند مطالعه و محاسبه‌ی دقیق و اطمینان از عملکرد آن است.

عملکرد تکیه‌گاه‌های لاستیکی تحت کشش و برش در مقایسه با فشار و برش نسبتا ناشناخته‌تر است. آزمایش‌های کم‌تری در این زمینه صورت گرفته و نتایج تجربی کم‌تری در دسترس است. در عین حال همانطور که در بخش‌های دیگر نیز ذکر گردیده اتصال بین لاستیک و ورقه‌های فولادی با چسب مخصوص انجام می‌شود این اتصال تحت نیروی کششی دارای ضعف است. با افزایش تعداد دفعات بارگذاری کششی حفره‌هایی بین ورقه‌ی فولادی و لاستیک پدید می‌آید. این حفره‌ها با تکرار بارگذاری توسعه پیدا می‌کنند. از این

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

رو لازم است تا طراح و سازنده در زمان طراحی و ساخت تجهیزات و همچنین طراحی سازه تمهیداتی را برای اجتناب از اعمال بارهای کششی به جداسازها در نظر بگیرند. پیشنهاد می‌شود در ضمن طراحی سازه بارهای قائم را در دو انتهای قاب ها متمرکز نموده و با انتقال بار قشاری وزن سازه بر روی بخش‌هایی از پی که در زمان نوسان سازه احتمال به وجود آمدن تنش‌های کششی در آن‌ها وجود دارد، شدت بار کششی را در این نقاط کم‌تر کرد. در این حال باید توجه نمود که این امر بر روی سختی جانبی سازه اثر گذاشته و ممکن است دوره‌ی تناوب طبیعی آن را طولانی‌تر نماید. از این رو با توجه به این امر باید محدودیت‌های لازم در حین طراحی در نظر گرفته شود.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

۵-۱۴- قراردهی جداسازها در پلان

در ساختمان‌های جداسازی شده مبنای قراردهی جداسازهای لرزه‌ای، جلوگیری از بروز پیچش در سازه است. برای این منظور و برای احتراز از بروز پیچش در سازه، این جداسازها به گونه‌ای قرار داده می‌شوند تا مرکز سختی مجموعه‌ی جداسازها با مرکز جرم سازه دارای مختصات یکسان در صفحه باشد. از سوی دیگر در مواردی مانند ساختمان‌های غیر متقارن امکان عدم تامین این شرط به وجود می‌آید. در این حال می‌توان با استفاده از میراگرها در سازه اثر پیچش را کاهش داد. با نصب میراگرها در محیط سازه می‌توان تغییرشکل‌های ناشی از پیچش را به نحو موثری کاهش داد.

۵-۱۵- تعویض تجهیزات جداسازی

جداسازها در سازه‌ی جدا شده وظیفه‌ی تامین تغییر شکل لازم و جذب انرژی را به عهده دارند. یکی از نکات قابل توجه در زمان طراحی و اجرای این نوع سازه‌ها پیش‌بینی تمهیدات لازم برای تعویض تجهیزات جداسازی است. در مواردی پس از بروز زلزله جداسازها و یا میراگرها از کارآیی افتاده و نیاز به تعویض آن‌ها بوجود می‌آید. از این رو باید امکاناتی برای تعویض این تجهیزات در شرایط خاص پیش‌بینی شود.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

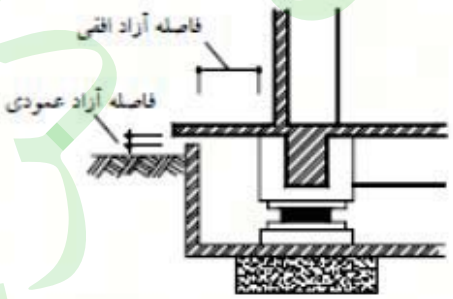
۵-۱۶- فاصله‌ی آزاد جانبی و قائم

عملکرد مناسب جداسازی لرزه‌ای ناشی از "امکان تغییر شکل قابل توجه و جذب انرژی" در سامانه‌ی جداسازی است. ایمنی تجهیزات جداسازی در زمان ارتعاش زلزله با کنترل‌های لازم در زمان ساخت و نصب این تجهیزات تامین خواهد شد. در مورد سازه، کنترل‌های لازم به منظور اطمینان از رفتار سازه در زمان بروز زلزله‌های شدید الزامی است. در سازه‌های جداسازی شده، تغییر شکل زیاد تجهیزات جداسازی در زمان زلزله‌های شدید مانع از انتقال نیروی ناشی از زلزله به سازه خواهد شد. از این رو سازه باید مطابق شکل (۵-۵) امکان حرکت در فضای اطراف خود در حد مورد نیاز را داشته باشد. معمولا فاصله‌ی افقی بین ۱٫۵ تا ۲ برابر تغییر مکان محاسبه شده برای سازه‌ی جداسازی شده در زمان رخداد زلزله‌های شدید برای این منظور در نظر گرفته می‌شود. در تعیین فاصله‌ی آزاد افقی لازم، باید به تغییر مکان افقی ناشی از پیچش سازه نیز توجه گردد.

- فاصله‌ی قائم فراهم شده برای تغییر مکان‌های موجود در تراز جداسازی برای جداسازهای لاستیکی باید با توجه به عوامل زیر تعیین شود:
  - تغییرشکل‌های ناشی از خزش در جداساز؛
  - تغییرشکل‌های ناشی از تغییرات دما؛
  - تغییرشکل‌های قائم ناشی از تاب خوردن سازه در زمان ارتعاش‌های جانبی؛
  - ملاحظات اجرایی نصب و دسترسی به جداساز.

در عمل معمولا مقادیر حاصل از ملاحظات اجرایی در تعیین این عامل حاکم خواهد بود.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی



شکل ۵-۵- رواداری در بخش‌های مختلف

با توجه به شرایط خاص سازه‌های جداسازی شده در این مورد، طراح با در نظر گرفتن شرایط مالک، کاربر و مسوول نگهداری سازه باید اقدامات لازم را برای تهیه‌ی مدارک راهنما انجام دهد. این مدارک راهنما برای ساختمان‌ها می‌تواند شامل موضوعات زیر باشد:

- اقدامات مورد نیاز از سوی مسوول نگهداری سازه، تهیه‌ی دفترچه‌ی راهنمای نگهداری؛
- تهیه‌ی دفترچه‌ی اصول معماری سازه برای کاربرد توسط کاربر سازه؛
- تهیه و نصب تابلوی نشان‌دهنده‌ی "سازه‌ی قابل حرکت در زمان زلزله" در اطراف بخش جداسازی شده.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

۵-۱۷- طرح اعضای سازه‌ای مجاور واحدهای جداساز

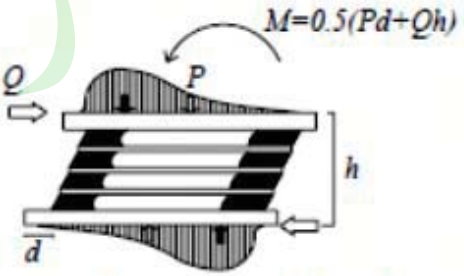
در زمان زلزله‌های شدید، تغییر مکان تراز جداسازی و تغییرشکل‌های جداسازها تا چند ده سانتی‌متر هم می رسد. در این حالت در اطراف جداسازها تنش‌های اضافی نیز ایجاد می‌گردد. از این رو لازم است تا اتصالات و جزییات سازه‌ای و معماری در اطراف این تجهیزات با دقت طراحی و ایمن سازی گردند.

همچنین در صورت وجود تجهیزات و محتویات داخلی مانند مخازن آب و به‌طور کلی مایعات داخل ساختمان‌ها که به دلیل تلاطم مایع به تغییرمکان‌های زیاد و ارتعاشات با دوره‌ی تناوب نسبتا بلند حساس هستند توجه کافی به تاثیر رفتار سازه‌ی جداسازی شده بر رفتار آن‌ها ضروری است.

در جداسازهایی که وزن سازه را بر روی خود دارند، در زمان وقوع تغییر مکان‌های افقی، موقعیت نیروی موثر ناشی از تنش توزیع شده در جداساز جابه‌جا می‌گردد. بر اساس فاصله‌ی محل اثر این نیرو با مرکز جداساز، لنگر خمشی M در روسازه و سازه‌ی شالوده به وجود می‌آید. در اغلب موارد این لنگر توسط تیر (و ستون) روی جداساز تحمل می شود. ایجاد یک کف کاملا صلب در بالای تراز جداسازی در افزایش تاثیر جداسازی و کاهش ارتفاع مورد نیاز برای سامانه‌ی جداسازی نقش چشم‌گیری دارد.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

به طور کلی سازه‌ی پی در مقایسه با جداساز دارای سطح وسیع‌تری است اما توزیع تنشی شبیه توزیع تنش اعمال شده بر جداساز که در شکل (۵-۶) نشان داده در محل سازه‌ی شالوده به وجود می‌آید. به بیان دیگر با جابه‌جایی محل اثر نیروی عکس العمل، نیروی مقاوم در برابر لنگر خمشی به وجود می‌آید.



شکل ۵-۶- توزیع تنش بر روی جداساز

در مواردی که میرایی مورد نیاز در سامانه‌ی جداسازی از طریق نصب میراگرهای مجزایی صورت می‌گیرد، همانند جداسازها، در زمان به وجود آمدن تغییرمکان‌های افقی، نیروها و تنش‌های متمرکز در اطراف این تجهیزات ایجاد می‌گردد. در این شرایط در نظر گرفتن تمهیدات لازم برای تامین مقاومت و سختی مورد نیاز متناسب با نیروهای به وجود آمده در اعضای متصل شونده در محل اتصال در شالوده و روسازه ضروری است. نیروی متمرکز در اطراف میراگر متناسب با نیروی میرایی اعمالی از سوی میراگر (در حدود چند تن تا چند ده تن) است که باید در حین تحلیل و طراحی معین شده و طراحی بر اساس آن صورت پذیرد.

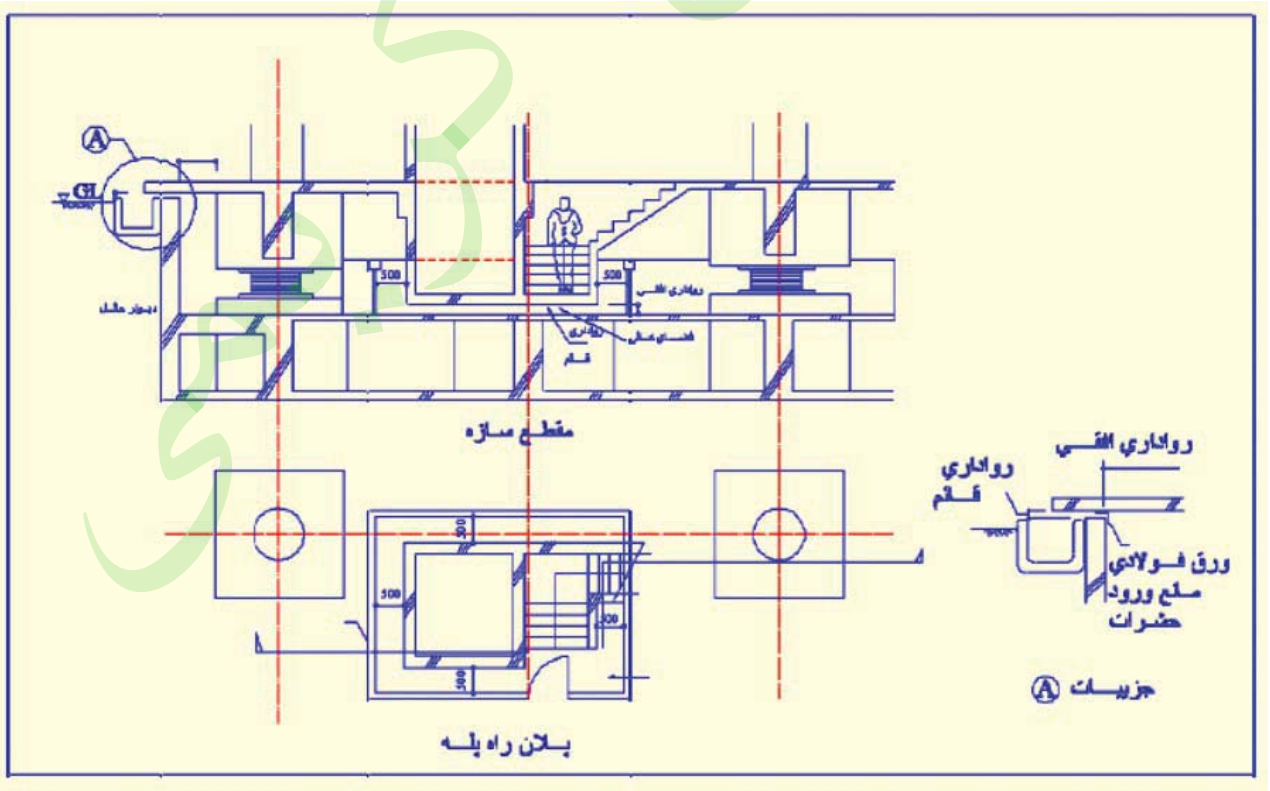
ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

۵-۱۸- جزییات اجرایی معماری

الف) جزییات اجرایی در سازه‌های جداسازی شده که سامانه‌ی جداسازی در پای سازه قرار دارد (شکل ۵-۷):

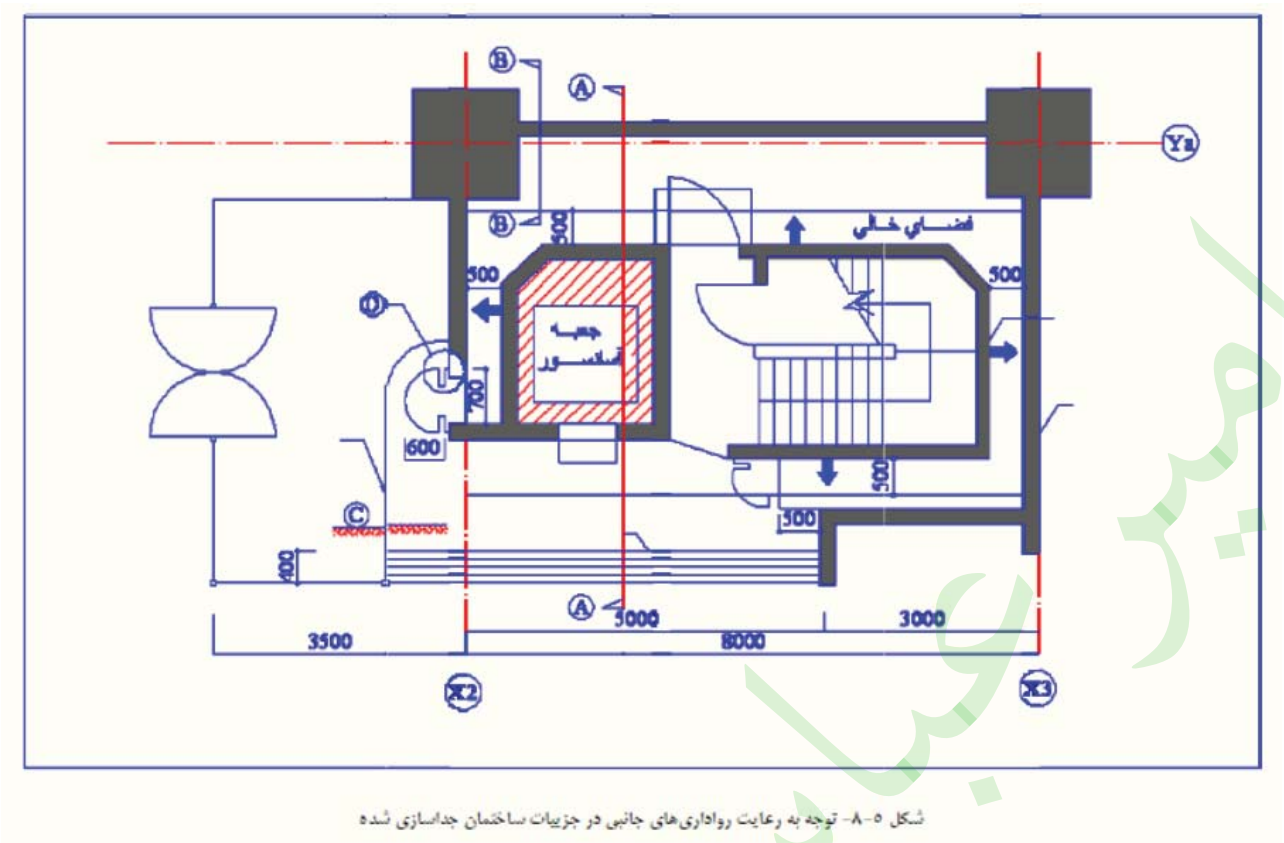
- راه پله‌ی منتهی به طبقه‌ی جداسازی (طبقه‌ای که در آن تجهیزات جداسازی نصب شده است) به سادگی یک پله بالاتر از طبقه‌ی پایان یافته و به دیوار باربر خود متصل شده و یا بر روی تیر باربر می نشیند و از کف متصل به تجهیزات جداسازی جدا می شود.
- در مواردی که آسانسور به طبقه‌ی جداسازی ختم می‌شود، جعبه‌ی آسانسور در طبقه‌ی بالای آن به تیر اصلی متصل شده و دیوار و دال کف جعبه به طور یکپارچه با هم به گونه‌ای که به کف طبقه‌ی جداسازی متصل نیستند اجرا می‌شوند.
- در اطراف پله و جعبه‌ی آسانسور فاصله‌ای در حدود چند ده سانتی‌متر به عنوان فاصله‌ی آزاد باقی گذاشته و از اجرا یا نصب هر چیزی که مانع حرکت سازه گردد خودداری شود.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی



شکل ۵-۷- نمایش جزییات اجرایی توصیه شده در برش یک ساختمان

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی



شکل ۵-۸- توجه به رعایت رواداری‌های جانبی در جزییات ساختمان جداسازی شده

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

تصویر ۵-۱-الف- فراهم نمودن امکان جابجایی جانبی و قائم در کناره‌های ساختمان جداسازی شده

تصویر ۵-۱-ب- ایجاد قابلیت جابجایی جانبی و قائم در محل پل دسترسی با ایجاد شیار

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

در اطراف بخش جداسازی شده، در محل دیوار حائل یا آبروی دور سازه‌ی جداسازی شده مطابق تصاویر (۴-۲-الف) و (۴-۱-ب)، فاصله‌ی آزاد افقی و قائم (حدود ۱٫۵ برابر میزان تغییر مکان سازه پیشنهاد می‌شود) تامین شده و برای جلوگیری از ورود حیوانات کوچک این فاصله به طور مناسب پوشانده شود.

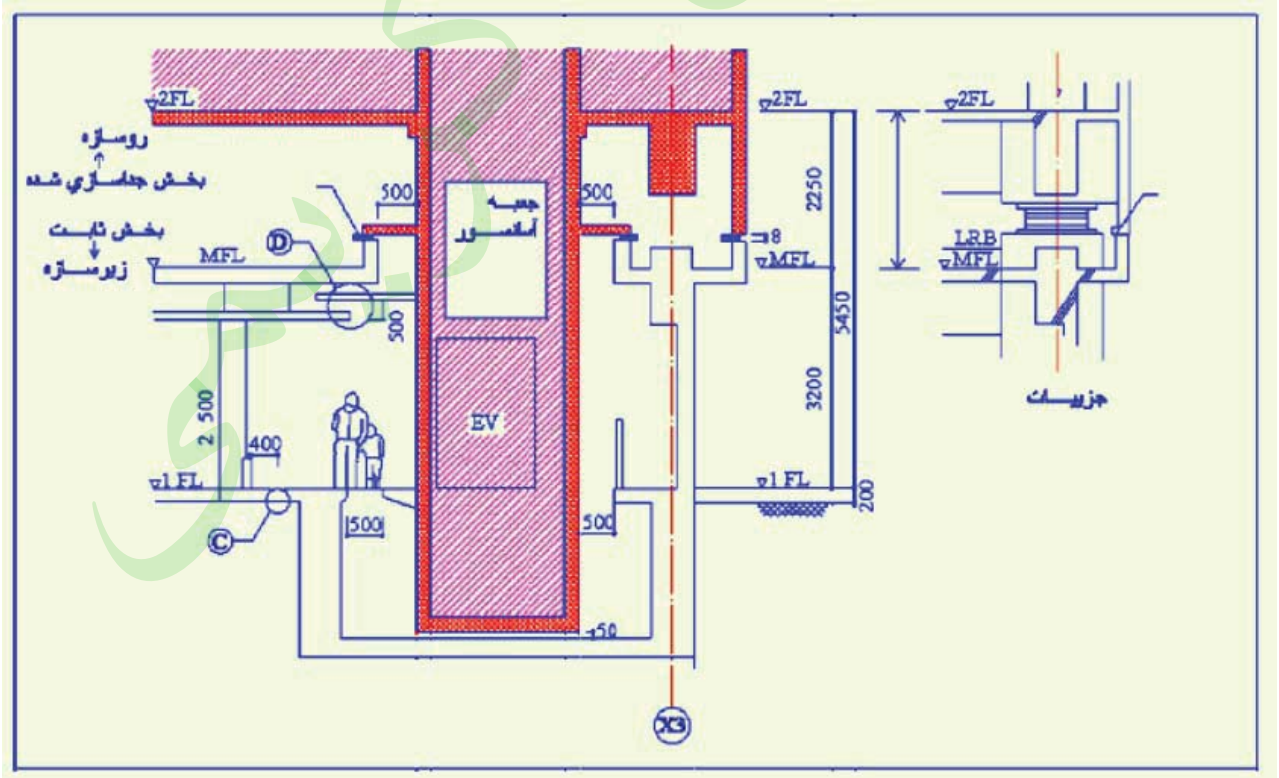
ب) جزییات اجرایی در سازه‌های جداسازی شده که طبقه‌ی جداسازی در طبقات میانی سازه قرار دارد (شکل ۵-۹):

- جعبه پله یا آسانسور را که از طبقه‌ی جداسازی شده عبور می دهند باید از روسازه آویخته و آن‌ها را به سازه‌ی زیر طبقه‌ی جداسازی متصل ننمود. در این حال در اطراف این فضاها باید فاصله‌ی آزاد متناسب با تغییر مکان‌های نسبی طراحی سازه پیش‌بینی گردد.

- موارد ایمنی و نگهداری در برابر آتش‌سوزی باید در اطراف تجهیزات جداسازی پیش‌بینی گردد. در این حالت می‌توان از فضای طبقه‌ی جداسازی به عنوان پارکینگ یا انبار هم استفاده نمود.

تصویر ۵-۲- فراهم کردن امکان تغییرمکان جانبی در محل‌های تماس ساختمان با اطراف

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی



شکل ۵-۹- توجه به رعایت رواداری‌های جانبی در جزییات ساختمان

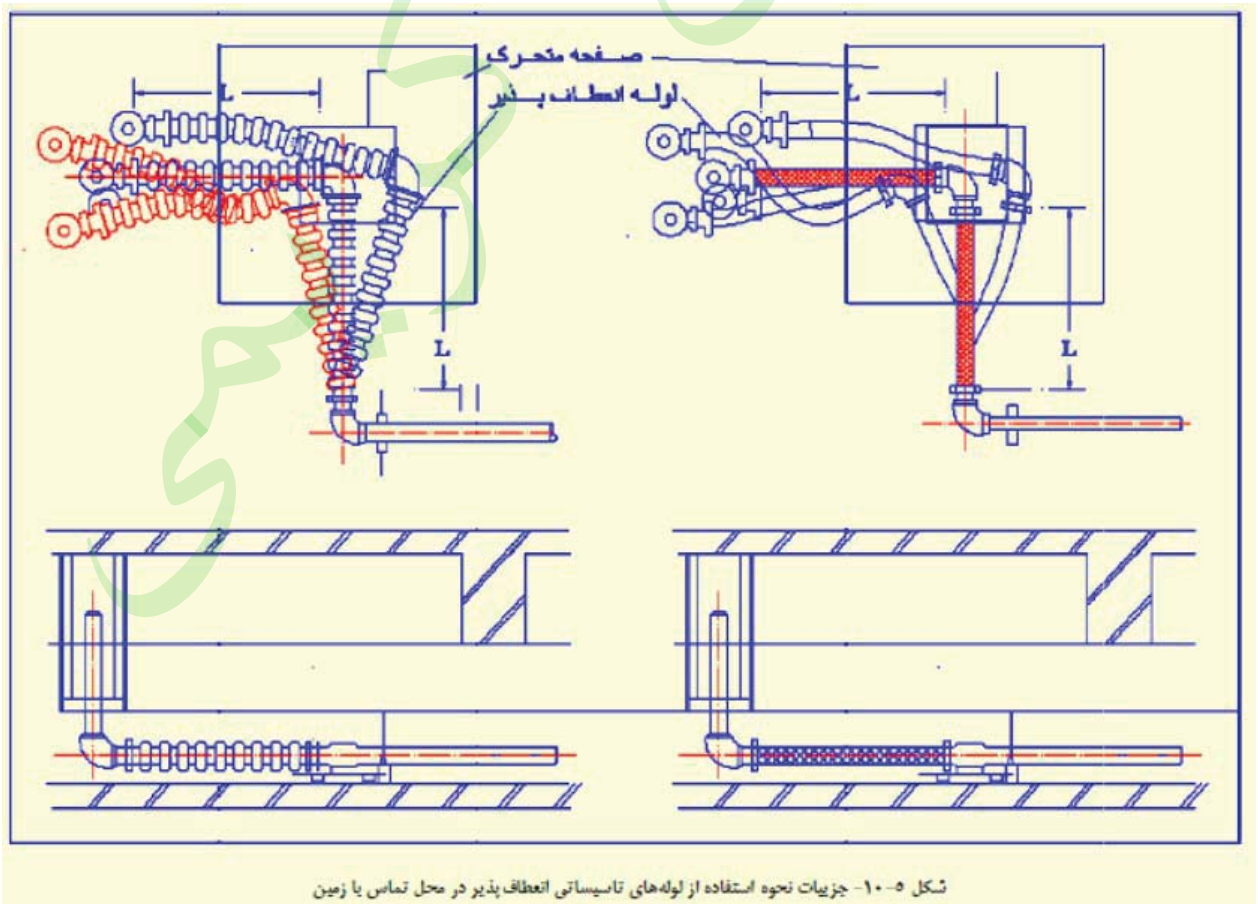
ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

۵-۱۹- جزییات اجرایی تجهیزات مکانیکی

در مواردی که لوله های آب سرد و گرم و فاضلاب، لوله‌های گاز، خطوط برق و تلفن و سیم‌کشی و خطوط ارتباطی برق و مخابرات در ساختمان از طبقه‌ی بالای محل نصب سامانه‌ی جداسازی به طبقه‌ی زیر این سامانه عبور می‌کنند باید قابلیت تحمل تغییرمکان‌های نسبی درمحل جداسازی را در خود داشته باشند. در لوله‌های آب و گاز و خطوط با اهمیت کم‌تر مانند لوله‌های دفع آب باران و غیره هم باید با روش‌های ساده‌ای تمهیدات لازم به این منظور پیش‌بینی گردد. شکل (۵-۱۰)و تصاویر (۴-۳ الف) و (۴-۳ ب) نمونه‌هایی از تجهیزات مکانیکی را به همراه اتصالات انعطاف‌پذیر نشان می‌دهند که این قابلیت در آن‌ها پیش‌بینی شده است. در زمان طراحی باید فضای مورد نیاز قرارگیری این اتصالات پیش‌بینی گردد.

پس از اجرای طرح، یک کارشناس باید محل‌های جدا شده سازه و اجزایی که تراز جداسازی را قطع می‌کنند (مانند لوله‌ها و ...) را پیش از صدور مجوز استفاده از سازه، مورد بازدید چشمی قرار دهد. این بازدید باید تایید نماید که سازه اجازه‌ی تغییرمکان بدون مانع تا حداکثر میزان تغییر مکان طراحی را داراست و همه‌ی اجزایی که طبقه‌ی جداسازی را قطع می‌کنند قادر به تامین این تغییر شکل بوده و در کارکرد آن‌ها تاثیر منفی به وجود نخواهد آمد.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی



شکل ۵-۱۰- جزییات نحوه استفاده از لوله‌های تاسیساتی انعطاف‌پذیر در محل تماس با زمین

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

۵-۳-الف- استفاده از اتصالات انعطاف‌پذیر در محل عبور لوله‌های تاسیسات از طبقه‌ی جداسازی

۵-۳-ب- استفاده از تکیه‌گاه متحرک در محل عبور لوله‌های تاسیسات انعطاف‌پذیر از طبقه‌ی جداسازی

از سوی دیگر در بعضی از روش‌های جداسازی، این امکان وجود دارد تا سازه از نظر الکتریکی نیز از زمین زیر خود جدا شود. این نکته در زمان بروز رعد و برق اهمیت پیدا کرده و ایمنی سازه را به خطر می‌اندازد. در این موارد باید نسبت به نصب خطوط اتصال به زمین برای سازه توجه لازم صورت گیرد.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

۵-۲۰- آزمایش‌های مورد نیاز برای جداسازهای لرزه‌ای

جداسازها قطعاتی هستند که طی یک فرایند صنعتی با استفاده از مواد اولیه‌ی مختلفی ساخته می‌شوند. با توجه به اهمیت و لزوم عملکرد مناسب و از پیش تعریف شده‌ی این تکیه‌گاه‌ها باید پیش از هر چیز از کیفیت و نوع رفتار آن‌ها اطلاع دقیقی داشت. به این منظور کارشناس طراح سامانه‌ی جداسازی موظف است تا طی فرایند طراحی مطابق مفاد بخش "آزمایش‌های لازم برای سامانه‌ی جداسازی" مندرج در "دستورالعمل"، برنامه‌ای را برای انجام آزمایش‌های لازم بر روی این قطعات تنظیم نماید.

به طور کلی سه دسته آزمایش به شرح زیر برای تعیین ویژگی‌های جداسازهای لرزه‌ای صورت می‌گیرد:

- آزمایش‌های با هدف ارزیابی اولیه‌ی جداسازها: این آزمایش‌ها که توسط کارخانه‌ی سازنده‌ی تجهیزات و برای معرفی اولیه‌ی محصول انجام می‌شوند برای پروژه‌ی معینی طراحی نشده‌اند. بلکه در طی آن‌ها مشخصات اصلی جداسازها تعیین می‌شوند. همچنین توسط این آزمایش‌ها، میزان وابستگی مشخصات فنی جداساز به عواملی همچون تغییرات بار و تغییرات در شرایط محیطی مشخص می‌شود.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

– آزمایش‌های لازم برای نمونه‌های جداساز مورد استفاده: این آزمایش‌ها مطابق مفاد مندرج در دستورالعمل برای یک پروژه‌ی خاص طراحی می‌شوند و خصوصیات در نظر گرفته شده در زمان طراحی سامانه را پیش از اجرا کنترل و تایید می‌نمایند.

– آزمایش‌های کنترل کیفیت: جداسازها هم همچون هر محصول دیگری باید فرایند کنترل کیفیت را پشت سر گذارند. این آزمایش‌ها که برای پروژه‌ی معین تعریف می‌شوند، کیفیت و مشخصات قطعات ساخته شده را پیش از نصب تایید یا رد می‌کنند.

از مهمترین عواملی که باید در نتایج آزمایش گزارش شوند می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

– تغییر مکان لرزه‌ای طرح؛

– تغییر مکان حرارتی طرح؛

– سختی افقی موثر در تغییر مکان طرح؛

– میزان استهلاک انرژی مستهلک شده در هر چرخه در زمان وقوع تغییر مکان طرح.

فرایند اجرای سامانه‌های جداساز مجموعه‌ای است که هر سه بخش طراح، سازنده‌ی قطعات و پیمانکار طرح را در حوزه‌ی کاری خود به موضوع مرتبط می‌نماید. از این‌رو لازم است تا طی برنامه‌ای دقیق گام‌های لازم در اجرا و انجام آزمایش‌های لازم در هر مرحله روشن شده و نقش هر یک از اعضای گروه در این امور تعریف گردد.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

۵-۲۱- مطالعه‌ی اقتصادی طرح‌های دارای جداسازی لرزه‌ای

کنترل لرزه‌ای سازه‌ها به روش غیرفعال یا جداسازی لرزه‌ای روشی موثر برای کاهش خطرپذیری است. اما به عنوان یک روش مقاوم در برابر خطر زلزله، ممکن است برای کارفرمای پروژه در نگاه اول در مواردی بسیار گران قیمت تلقی شود. از این رو لازم است تا این موضوع در چارچوب مفهوم طول عمر سازه و با در نظر گرفتن میزان احتمال فراگذشت زلزله از حدود معین و مقدار خسارت محتمل ناشی از آن‌ها به سازه تحت مطالعه در مرحله‌ی مطالعات توجیهی طرح ارزیابی گردیده و نتیجه‌گیری شود.

هزینه‌های مورد نظر در محاسبات را می‌توان" هزینه‌های اولیه و دوران ساخت"، "هزینه‌های دوران خدمت و نگهداری" و "هزینه‌های ناشی از خسارت" در نظر گرفت.

بدیهی است که طراح باید هزینه‌های اولیه‌ی اضافی ناشی از کاربرد سامانه‌های جداساز لرزه‌ای را در گام‌های محاسباتی خود دیده و از سوی دیگر قادر به ارزیابی کاهش خسارت محتمل به کمک کاربرد این سامانه‌ها یا به طور کلی‌تر کاهش خطرپذیری به کمک کاربرد این سامانه‌ها باشد. تغییر در هزینه‌ها به دلیل استفاده از جداسازی لرزه‌ای را می‌توان در بخش‌های زیر دید:

– تغییر هزینه‌های طراحی و مستندسازی طرح؛

– قیمت سامانه‌ی جداسازی (جداساز و میراگرها)؛

– هزینه‌ی ناشی از تغییرات در سازه؛

– هزینه‌ی ناشی از تغییرات در معماری و موارد غیرسازه‌ای؛

– کاهش هزینه‌ی احتمالی در سازه؛

– کاهش هزینه‌ی ناشی از کاهش احتمالی خسارت.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

شکل (۵-۱۱) به صورتی نمادین، مقایسه‌ی وضعیت هزینه‌ی پروژه‌ی بهسازی لرزه‌ای یک ساختمان در سه حالت: حفظ وضعیت موجود، تقویت ستون‌ها و بهسازی با روش جداسازی لرزه‌ای را نمایش می‌دهد. نکته‌ی مهم در این جا در نظر گرفتن زمان و طول عمر پروژه است. با حرکت در محور زمان میزان شدت زلزله محتمل در ساختگاه افزایش یافته و مترادف با افزایش خسارت ناشی از زلزله خواهد شد.

لازم است تا زمان قطع منحنی‌ها در نمودار تعیین و با موازنه‌ی هزینه‌ها به روشی که از نظر اقتصادی مناسب‌تر است رسید.

شکل ۵-۱۱- هزینه‌ی اجرا و خطرپذیری زلزله برای یک ساختمان

بدیهی است وضعیت لرزه‌خیزی ساختگاه در مقادیر محاسبه شده هزینه‌ها تاثیر قابل توجهی داشته و منحنی‌های نمودار بالا را به شکلی چشمگیر جا به جا می‌نماید. از این رو اطلاعات هر چه دقیق‌تر از میزان خطر لرزه‌ای ساختگاه بر روی دقت نتایج این مطالعه تاثیر خواهد داشت.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

۵-۲۲- کنترل نتایج طراحی

نتایج طراحی سامانه‌ی جداسازی و برنامه‌ی آزمایش‌های مرتبط باید توسط کارشناس یا کارشناسان مستقلی که دارای تجربه‌ی کافی در طراحی این تجهیزات بوده و افراد مجرب در زمینه‌ی روش‌های تحلیل دینامیکی سازه‌ها و نظریه و کاربرد جداسازی لرزه‌ای صورت پذیرد. این کنترل باید شامل موارد زیر باشد اما محدود به این موارد نمی‌گردد:

- بررسی ضوابط مربوط به مشخصات ساختگاه و نتایج آن، فرایند تهیه‌ی طیف پاسخ و تاریخچه‌ی زمانی و سایر ضوابط و مشخصات تدوین شده مخصوص ساختگاه؛
- بررسی نتایج طرح اولیه شامل تغییر مکان‌های کل سامانه‌ی جداسازی و نیروهای جانبی؛
- بررسی و مشاهده‌ی نتایج تست نمونه‌ها که بر اساس ضوابط مندرج در بخش "آزمایش‌های لازم برای سامانه‌ی جداسازی" در دستورالعمل اجرا می شوند؛
- بررسی نتایج نهایی کل سازه و تحلیل‌های انجام شده برای آن؛
- بررسی برنامه‌ی آزمایش کنترل کیفیت سامانه‌ی جداسازی منطبق با ضوابط بخش "آزمایش‌های لازم برای سامانه‌ی جداسازی"

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

۵-۲۳- مدارک فنی طرح

طراح سامانه‌ی جداسازی باید برای اجرای صحیح پروژه اطلاعات دقیق و شفافی در زمینه‌ی مشخصات طراحی، ساخت قطعات، آزمایش قطعات و نحوه‌ی اجرای سامانه را در قالب مدارک فنی طرح تدوین نماید.

به این منظور لازم است ضوابط و مقررات ارزیابی و تایید صلاحیت سازندگان و کنترل کیفیت محصولات ایشان نیز تدوین گردد. در این زمینه اقدامات زیر پیشنهاد می‌شود.

طراح در انتهای مرحله‌ی مقدماتی طراحی، اسناد مربوط به منظور اخذ مدارک صلاحیت سازندگان را در دو بخش "اطلاعات سامانه‌ی جداسازی در نظر گرفته شده برای پروژه" و "اطلاعات واحدهای جداساز در نظر گرفته شده برای پروژه" تهیه می‌کند (مستندات احراز صلاحیت). در گام بعد طراح طی استعلامی از سازندگان دارای قابلیت ساخت این تجهیزات مدارک موید صلاحیت سازنده و تجربیات پیشین در ساخت قطعات و واحدهای جداساز مورد نیاز پروژه را دریافت نموده و به کمک آن‌ها فهرست کوتاه شده‌ای از سازندگان دارای صلاحیت بیش‌تر تهیه می‌نماید.

در این مرحله امکان ارایه‌ی پیشنهادهای جایگزین به طراح از سوی سازندگانی که مدارک بالا را تهیه و ارایه نموده‌اند وجود خواهد داشت.

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

در مرحله‌ی بعد پس از نهایی شدن طراحی و مشخصات فنی سامانه‌ی جداسازی مورد نظر، مستندات زیر توسط طراح تهیه می‌گردد:

- جزییات مواد اولیه‌ی مورد قبول؛
- محدودیت‌های ابعادی؛
- ویژگی‌های رفتاری؛
- فرآیند ساخت قطعات؛
- روند و نحوه‌ی انجام آزمایش‌ها؛
- معیارها یا نحوه‌ی ضمانت کیفیت قطعات و واحدها؛
- برنامه‌ی دوره‌ای بازرسی، پایش و نگهداری سامانه‌ی جداسازی.

این مدارک به عنوان «مشخصات فنی طرح و ساخت قطعات جداساز» به همراه "مستندات احراز صلاحیت" برای برگزاری مناقصه بین سازندگان تایید شده ارسال شود.

این مدارک از این مقطع به بعد مرجع بررسی هر مورد در زمینه‌ی طراحی، ساخت و اجرای پروژه خواهند بود. طراح باید دقت لازم را در تدوین هماهنگ این مدارک نماید به گونه‌ای که هم مشخصات فنی و نحوه‌ی اجرا و ساخت در آن‌ها تبیین گردیده و هم مسوولیت هر یک از بخش‌های درگیر در پروژه اعم از مشاور، سازنده‌ی قطعات، پیمانکار و ناظر پروژه با شفافیت عنوان گردد.

فهرست مطالب

آشنایی با مفاهیم طرح لرزه ای

آشنایی باانواع کنترل در سازه ها

آشنایی باجداسازی لرزه ای، کاربردوانواع آن ها

ضوابط طرح لرزه ای سامانه جداسازی وملاحظات اجرایی

آشنایی بامیراگرها، کاربرد وانواع آن ها

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

- میراگرها وتاثیر آنهابرطیف پاسخ وطیفADRS
- میراگرهای اصطکاکی(پال، چرخشی)
- میراگرهای تسلیمی (LED,UNBONDED BRACE DAMPER,ADAS)
- میراگرهای ویسکوز
- میراگرهای ویسکوالاستیک
- میراگرهای آلیاژی(SMA)
- میراگرهای جرمیTMD,AMD
- کاربرد و رفتار انواع میراگرها
- اشکال مختلف نصب میراگرها
- مدل سازی میراگرها در نرم افزارهای کامپیوتری

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

– میراگرها وتاثیر آنهابرطیف پاسخ وطیفADRS

- میراگرهای اصطکاکی(پال، چرخشی)
- میراگرهای تسلیمی(LED,UNBONDED BRACE DAMPER,ADAS)
- میراگرهای ویسکوز
- میراگرهای ویسکوالاستیک
- میراگرهای آلیاژی(SMA)
- میراگرهای جرمیTMD,AMD
- کاربرد و رفتار انواع میراگرها
- اشکال مختلف نصب میراگرها
- مدل سازی میراگرها در نرم افزارهای کامپیوتری

امیرعباس کریمی

میراگرها(Dampers)

- میرایی خاصیتی است که باعث کاهش دامنه نوسان(درسیستم های نوسانی) ازطریق اتلاف انرژی می شود.

درواقع میرایی به هروسیله یا اثری که تمایل به کاهش دامنه نوسانات یک نوسانگر دارد، گفته می شود. اصطکاک یکی ازاین موارد است.

- سازه ها عموما دارای میرایی ذاتی ۵درصد می باشند.

درمواقعی که میرایی ذاتی سازه کافی نمی باشد با استفاده ازسیستم های کنترل غیرفعال مانند میراگروجداسازهای لرزه ای برمیرایی سازه می افزاییم.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

انواع میراگرها(طبقه بندی سیستم های استهلاک انرژی انفعالی)

از دیدگاه تحلیلی میراگرها به دو نوع وابسته به تغییرمکان (هیسترزیس)و میراگرهای وابسته به سرعت(ویسکوز) تقسیم می شوند .

❖ **سیستم های وابسته به تغییرمکان (هیسترزیس):**

مانند میراگرهای تسلیمی فلزی یا میراگرهای اصطکاکی.

- این میراگرها همیشه باعث افزایش سختی سازه می شوند.
- دراین میراگرها استهلاک انرژی به کمک رفتارهیسترزیس نیرو-تغییرمکان درآنها ایجاد می گردد.
- این میراگرها انرژی زلزله را از طریق تسلیم فلز و یا اصطکاک سطوح تماسی مستهلک می کنند.
- استهلاک انرژی در میراگرهای تسلیمی واصطکاکی به نیرو و تغییرمکان نسبی داخلی آنها بستگی دارد. بنابراین، هر دو با روابط هیسترزیس نیرو - تغییرشکل مدل می شوند.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

انواع میراگرها(طبقه بندی سیستم های استهلاک انرژی انفعالی)

❖ **سیستم های وابسته به سرعت:**

مانند میراگرهای مایع ویسکوز (مایع لزج)

این میراگرها ممکن است باعث افزایش سختی سازه شوند(ویا نشوند).

- دراین میراگرها لزجت موجود درسیال به کارگرفته شده درمیراگر که تابعی ازسرعت حرکت درآن است انرژی رامستهلک می کند.

❖ **سایر میراگرها:** میراگرهای آلیاژی، جذب کننده های لرزش وارتعاش(میراگرهای جرمی تنظیم شده) ...

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

از دیدگاه رفتاری وعملکردی انواع میراگرها عبارتند ا ز :

۱. اصطکاکی (اصطکاکی چرخشی، پال)
۲. تسلیمی(LED,ADAS)
۳. آلیاژی
۴. ویسکوز
۵. ویسکوالاستیک (ترکیب ویسکوز و تسلیمی)
۶. جرمی

از مزایای استفاده از میراگرها می توان به جذب انرژی زیاد، سادگی در نصب و تعویض آنها و همچنین هماهنگی با سایراعضای سازه اشاره نمود.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

کاربرد میراگرها در سامانه جداساز لرزه ای:

- **برای کاهش تغییرمکان سامانه ی جداسازی در زمان ارتعاش و محدود کردن آن به مقادیر حاصل از دستورالعمل، باید از تجهیزاتی با قابلیت مناسب در جذب انرژی استفاده نمود.مقدار مناسب جذب انرژی در زمان بروز زمین لرزه به شدت لرزه ی ورودی بستگی دارد.**
- **در سیستم های جداسازی لرزه ای، استفاده از سیستم های مستهلک کننده انرژی، جایگاه ویژه ای را به خود اختصاص داده است .**
- **افزایش میرائی با استفاده از روشهای مختلفی نظیر تسلیم واسطه فلزی 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.**

- **میراگرهای به کار رفته در سیستم های جداساز لرزه ای را نیز می توان به دو دسته کلی تقسیم بندی نمود:**

– میراگرهای هیسترزیس یا فلزی مانند: میراگرهای سربی، میراگرهای فولادی، میراگرهای اصطکاکی.
– میراگرهای روغنی یا میراگرهای ویسکوز مانند: میراگرهای روغنی.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

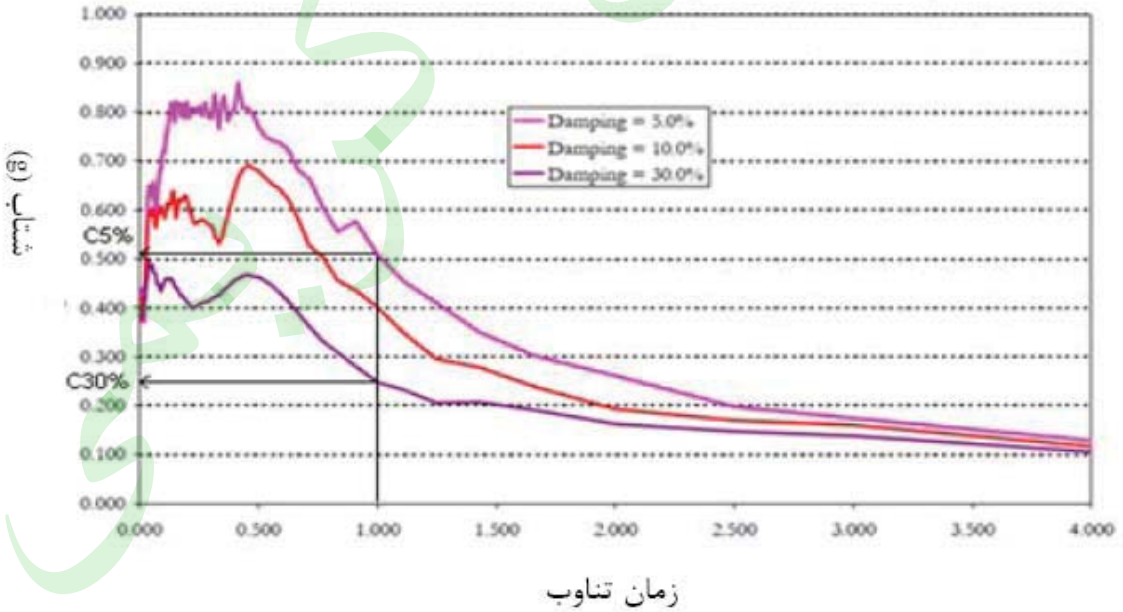
کاربرد میراگرها در سامانه جداساز لرزه ای:

- یکی از عواملی که لازم است طراح در حین بررسی، انتخاب میراگر و مدلسازی آن مورد توجه قرار دهد، نیروی ایجاد شده درآنها است. نیروی ایجاد شده در میراگرهای هیسترزیس بستگی به مشخصات ماده ی مصرفی در آنها دارد. فلزاتی مانند فولاد یاسرب به عنوان میراگر قابلیت مناسب داشته و دوام خوبی را در طول زمان از خود نشان داده اند. از این رو هزینه ی نگهداری آن ها نیزکم تر است.

- **طراح در طراحی میراگرها علاوه بر ضوابط و معیارهای طراحی مندرج در دستورالعمل باید از قابلیتهای زیر در میراگر اطمینان حاصل نماید:**

– قابلیت استهلاک انرژی؛
– امکان تغییرمکان کافی؛
– امکان عمل در کلی هی جهات احتمالی حرکت؛
– دوام میراگر؛
– موارد مربوط به کنترل کیفیت.

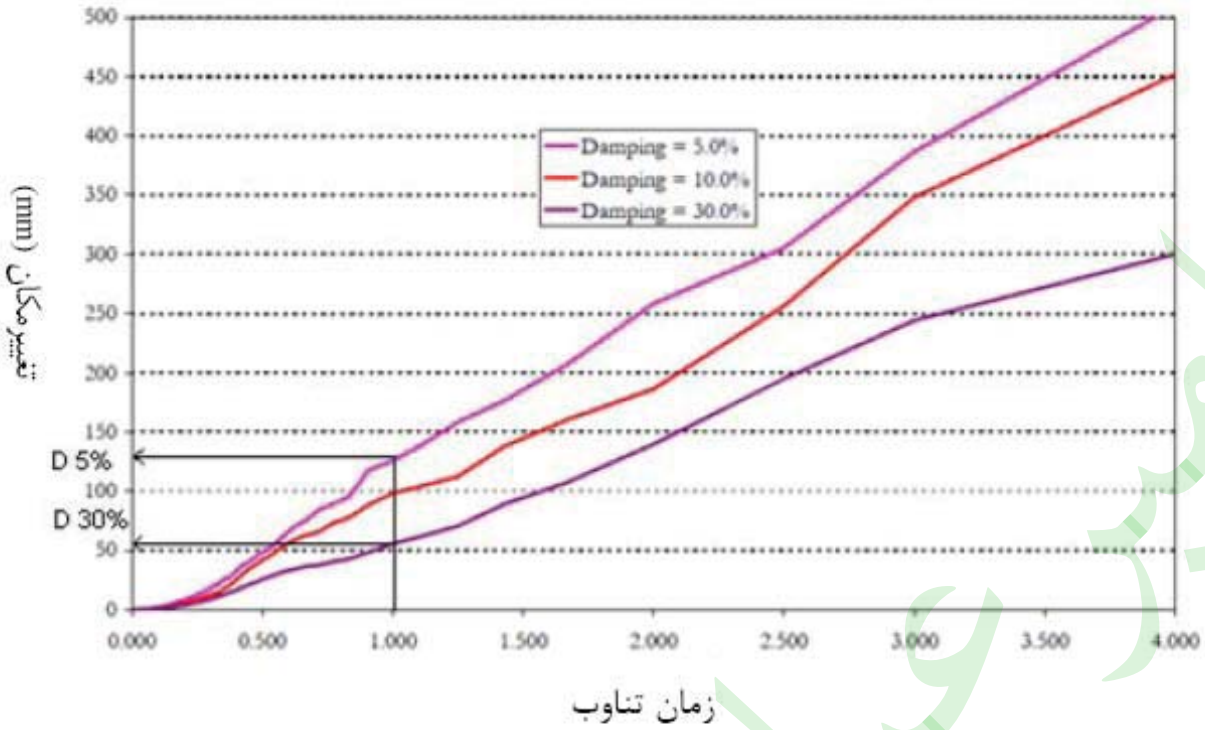
آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها



شکل ۷-۱- اثر میرائی بر طیف پاسخ شتاب

افزایش میرایی باعث کاهش پاسخ سازه (شتاب و تغییرمکان) می‌شود. افزایش میرایی در زمان تناوب‌های پائین (نزدیک به صفر) بر مقدار طیف اثری ندارد و در زمان تناوب‌های بالا نیز اثر کمی بر روی شتاب پاسخ دارد. شکل‌های ۷-۱ و ۷-۲ بیشترین اثر افزایش میرایی را در زمان تناوب‌های ۰/۳ تا ۲/۵ ثانیه نشان می‌دهد.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها



شکل ۷-۲- اثر میرائی بر طیف پاسخ تغییرمکان

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

Objectives of Energy Dissipation and Seismic Isolation Systems

- Enhance performance of structures at all hazard levels by:
  - Minimizing interruption of use of facility *(e.g., Immediate Occupancy Performance Level)*
  - Reducing damaging deformations in structural and nonstructural components
  - Reducing acceleration response to minimize contents-related damage

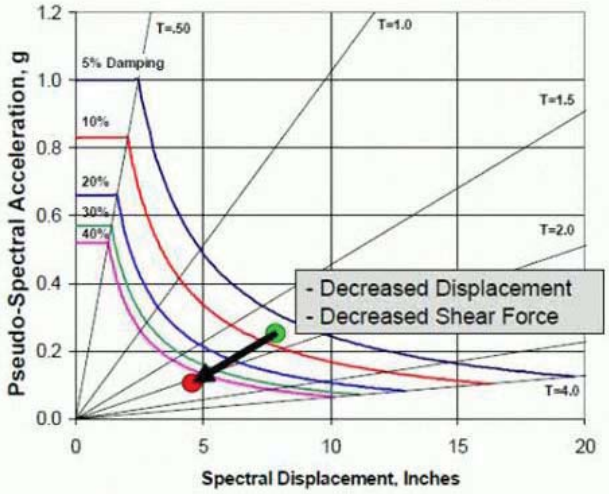
آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

Effect of Added Damping
(Viscous Damper)

تاثیر افزودن میرایی

- شکل نمودار ADRS (شبه شتاب طیفی بر حسب جابجایی طیفی) را برای سطوح مختلف نسبت میرایی نشان می دهد
  - افزودن میرایی لزج تاثیری بر تغییر سختی سازه ندارد و در نتیجه زمان تناوب سازه ثابت است
  - عملکرد سازه با تغییر میرایی در راستای خطوط زمان تناوب یکسان مشهود است
  - افزایش میرایی شبه شتاب (برش) و جابجایی (تغییر شکل) را کاهش می دهد

- در واقعیت افزودن میراگر به سازه در قاب نیاز به اجزایی دارد که دارای سختی می باشند

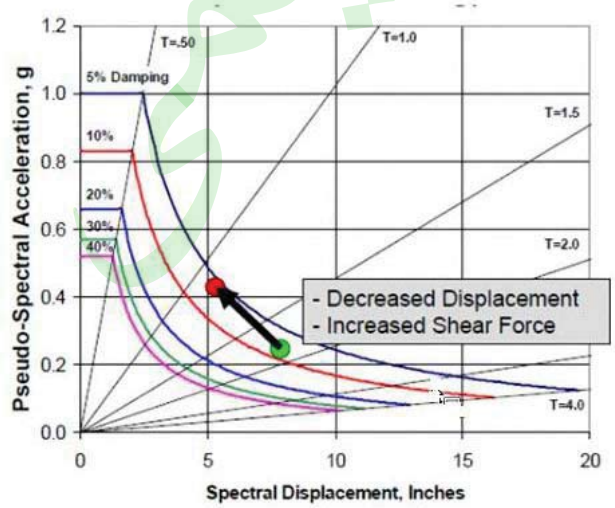


آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

Effect of Added Stiffness
(Added Bracing)

تاثیر افزودن سختی

- طبق نمودار ADRS (شبه شتاب طیفی بر حسب جابجایی طیفی) برای سطوح مختلف نسبت میرایی
  - افزودن سختی (اضافه کردن مهاربند به قاب) زمان تناوب سازه را کاهش می دهد
  - افزایش سختی شبه شتاب (برش) را افزایش می دهد
  - افزایش سختی جابجایی (تغییر شکل) را کاهش می دهد

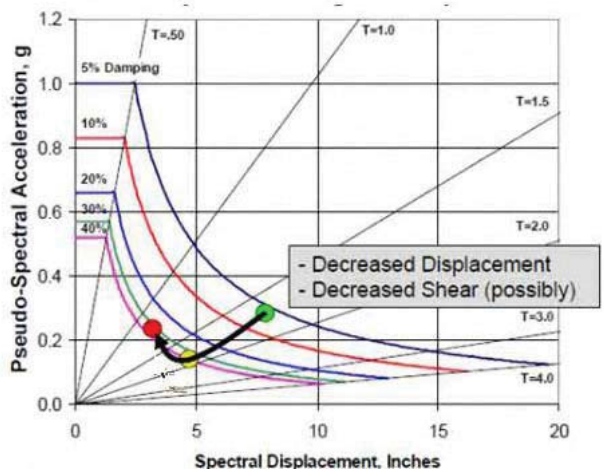


آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

Effect of Added Damping and Stiffness (ADAS System)

تاثیر افزودن میرایی و سختی

- طبق نمودار ADRS (شبه شتاب طیفی بر حسب جابجایی طیفی) برای سطوح مختلف نسبت میرایی
  - افزودن همزمان میرایی و سختی با افزودن میراگر Metallic Yield Damper (مانند سیستم ADAS) به سازه اتفاق می افتد (جایگزینی اتلاف انرژی با میرایی معادل)
  - افزایش سختی و میرایی جابجایی (تغییر شکل) را کاهش می دهد
  - افزایش سختی و میرایی ممکن است باعث افزایش شبه شتاب (برش) گردد

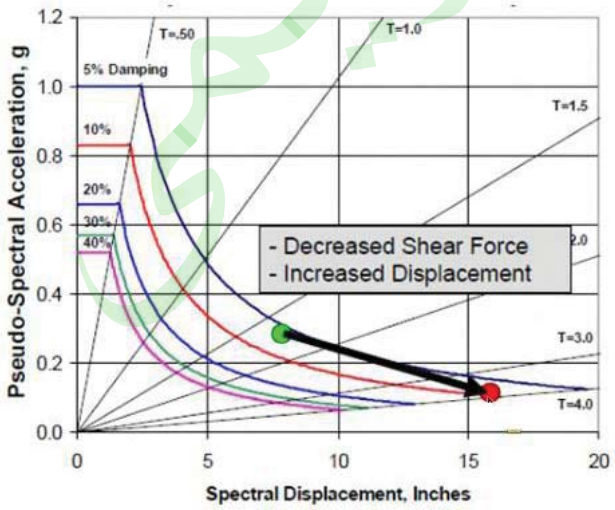


آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

Effect of Reduced Stiffness (Seismic Isolation)

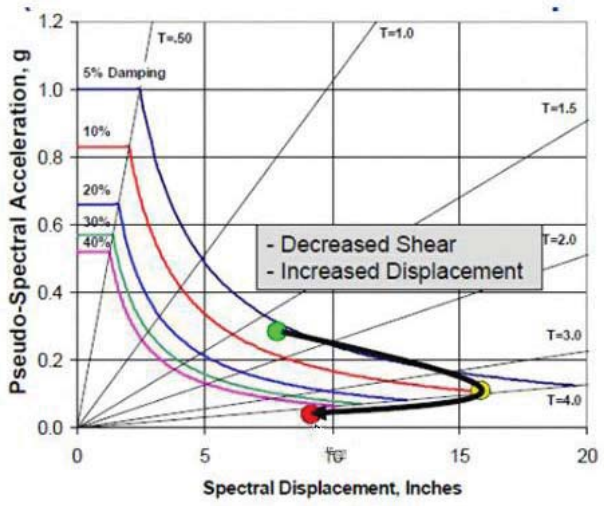
تاثیر کاهش سختی

- طبق نمودار ADRS (شبه شتاب طیفی بر حسب جابجایی طیفی) برای سطوح مختلف نسبت میرایی
  - کاهش سختی و در نتیجه افزایش زمان تناوب سازه در جداسازی لرزه ای استفاده می شود
  - کاهش سختی شبه شتاب (برش) را کاهش می دهد
  - کاهش سختی جابجایی (تغییر شکل) را افزایش می دهد (در تراز جداگر)



آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

Effect of Reduced Stiffness (Seismic Isolation with Dampers)

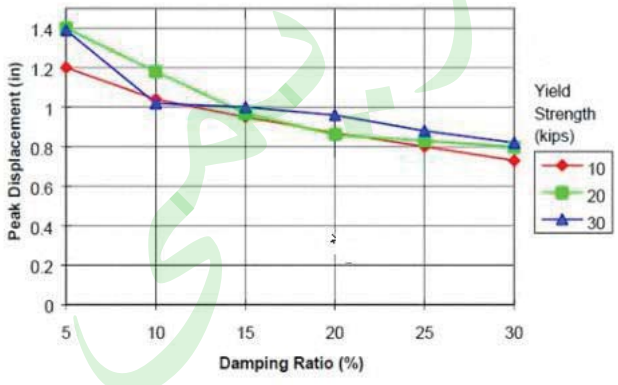


تاثیر کاهش سختی و افزایش میرایی

- طبق نمودار ADRS (شبه شتاب طیفی بر حسب جابجایی طیفی) برای سطوح مختلف نسبت میرایی
  - کاهش سختی با افزایش میرایی در جداسازی لرزه ای همراه با میراگر استفاده می شود
  - کاهش سختی و افزایش میرایی شبه شتاب (برش) را کاهش می دهد
  - افزایش میرایی برکاهش جابجایی (تغییر شکل) موثر است (در تراز جداگر)

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

Effect of Damping and Yield Strength on Deformation Demand



تاثیر میرایی و مقاومت تسلیم

- شکل برای سیستم یک درجه ازادی غیرخطی (دوخطی) اثر نسبت میرایی و مقاومت تسلیم بر جابجایی طیفی
  - در سطوح مختلف نسبت میرایی، مقدار مقاومت تسلیم اثر کمی بر جابجایی دارد
  - برقراری نسبی اصل جابجایی یکسان برای سازه های خطی و غیرخطی با زمان تناوب ارتجاعی متوسط و زیاد
  - افزایش میرایی برای سطوح مختلف مقاومت تسلیم، جابجایی (تغییرشکل) را کاهش می دهد

- می توان نتیجه گرفت افزایش میرایی باعث کاهش قابل ملاحظه پاسخ سیستم خطی و غیر خطی می گردد

میرایی سازه

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

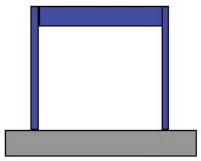
Welded steel frame	ξ = 0.010
Bolted steel frame	ξ = 0.020
Uncracked prestressed concrete	ξ = 0.015
Uncracked reinforced concrete	ξ = 0.020
Cracked reinforced concrete	ξ = 0.035
Glued plywood shear wall	ξ = 0.100
Nailed plywood shear wall	ξ = 0.150
Damaged steel structure	ξ = 0.050
Damaged concrete structure	ξ = 0.075

تفاوت میرایی ذاتی و افزوده

- باید به تفاوت میرایی ذاتی و میرایی افزوده (اضافه شده) در سازه توجه نمود

Distinction Between Natural and Added Damping

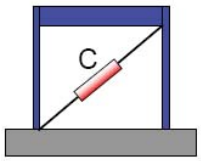
Natural (Inherent) Damping



ξ is a structural property, dependent on system mass, stiffness, and inherent energy dissipation mechanisms

$$\xi_{NATURAL} = 0.5 \text{ to } 7.0\%$$

Added Damping



ξ is a structural property, dependent on system mass, stiffness, and the added damping coefficient C

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

اثر تلاف انرژی بر آسیب سازه

Reduction in Seismic Damage

- انرژی جنبشی و کرنشی مرتبط با وضعیت ارتعاش هر لحظه می باشند
- انرژی میراگر و چرخه ای ماهیت تجمعی دارد و در طول ارتعاش افزایش می یابد و نماینگر اتلاف انرژی سیستم است

تعادل انرژی

- تعادل انرژی سازه متداول در زلزله

Seismic input energy = $E_S + E_K + E_D + E_H$

- E_S انرژی کرنشی ارتجاعی
  Elastic Strain Energy
- E_K انرژی جنبشی
  Kinetic Energy
- E_D انرژی میراگر لزج (ذاتی)
  Viscous Damping Energy
- E_H انرژی چرخه ای (غیرخطی)
  Hysteretic Energy
- در ارتعاش تعادل انرژی برقرار است

- تعادل انرژی سازه ، میراگر در زلزله

$$E_I = E_S + E_K + (E_{DI} + E_{DA}) + E_H$$

E_H: Hysteretic Energy

E_{DI}: Inherent Damping

E_{DA}: Added Damping

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

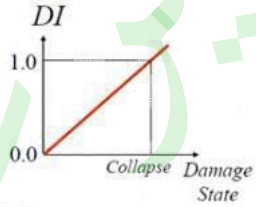
اثر تلاف انرژی بر آسیب سازه

شاخص آسیب

- شـــاخص اســـیب Damage Index برای ارزیابی تغییر زمانی مقدار خرابی سازه در مدت زلزله استفاده می گردد
- رابطه زیر یک نمونه شاخص خرابی را ارایه می نماید

Damage Index:

$$DI(t)=\frac{u_{max}}{u_{ult}}+\rho\frac{E_H(t)}{F_y u_{ult}}$$



- ρ ضریب مقیاس متناسب با نوع سازه و تنظیم برای شاخص یک = خرابی کامل

- DI<0.2 بیانگر سازه بدون اسیب یا اسیب دیدگی کم

$$DI(t)=\frac{u_{max}}{u_{ult}}+\rho\frac{E_H(t)}{F_y u_{ult}}$$

Source: Park and Ang (1985)

u_{max} = maximum displacement

u_{ult} = monotonic ultimate displacement

ρ = calibration factor

E_H = hysteretic energy dissipated

F_y = monotonic yield force

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

اثر تلاف انرژی بر آسیب سازه

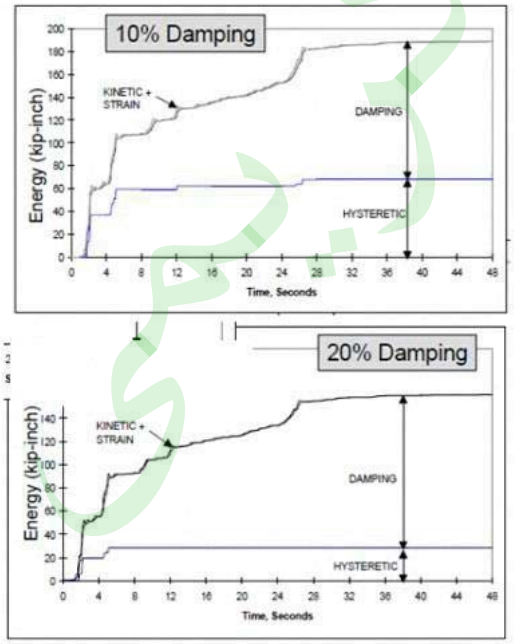
اثر افزایش میرایی افزوده

- بـر اسـاس تعـادل انـرژی، اسـتهلاک انرژی توسـط میرایـی افـزوده مقـدار اتلاف انرژی چرخه ای لازم را کاهش می دهد
- با بیان دیگر افـزایش میرایـی افـزوده مقـدار اسـیب دیـدگی سـازه را کـم می نماید

Damage Index:

$$DI(t)=\frac{u_{max}}{u_{ult}}+\rho\frac{E_H(t)}{F_y u_{ult}}$$

- نمونه عددی - سیسـتم یـک درجـه ازادی دوخطی



- افـزایش نسـبت میرایـی 10٪ - کـاهش انرژی چرخه ای 57٪

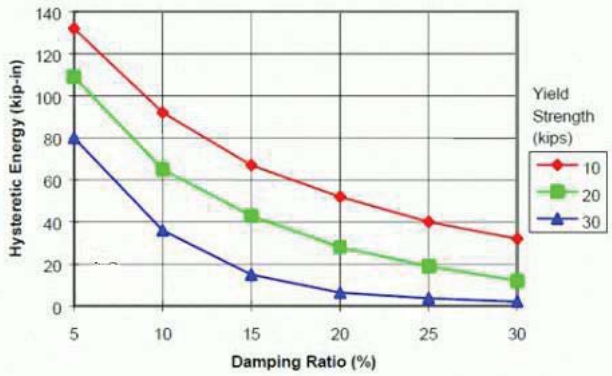
آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

اثر تلاف انرژی بر آسیب سازه

اثر نسبت میرایی و مقاومت تسلیم بر انرژی چرخه ای

- برای سیستم یک درجه ازادی با رفتار دوخطی تغییرات انرژی چرخه ای نشان می دهد
  - برای نسبت میرایی مشخص، افزودن مقاومت تسلیم متناظر با کاهش انرژی چرخه ای لازم است
  - افزایش مقاومت تسلیم به میزان کافی با رفتار خطی سازه انرژی چرخه ای لازم را صفر می کند

- برای مقاومت مشخص، افزایش نسبت میرایی باعث کاهش انرژی چرخه ای لازم می گردد



آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

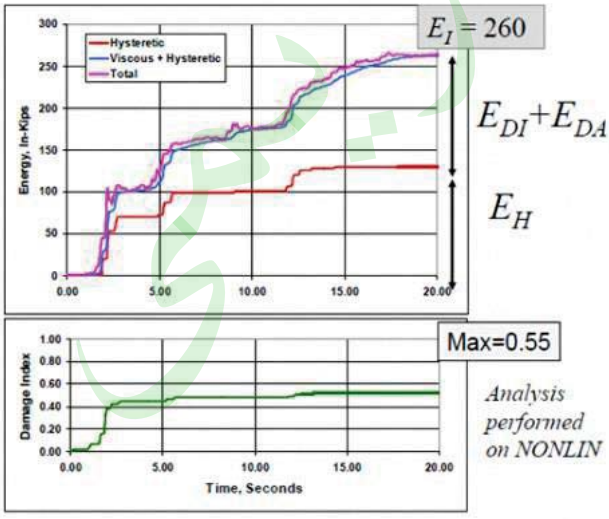
اثر تلاف انرژی بر آسیب سازه

نمونه عددی

- سیستم یک درجه ازادی دوخطی (الاستوپلاستیک) تحت اثر زلزله

1940 Imperial Valley Earthquake

- نسبت میرایی 5٪

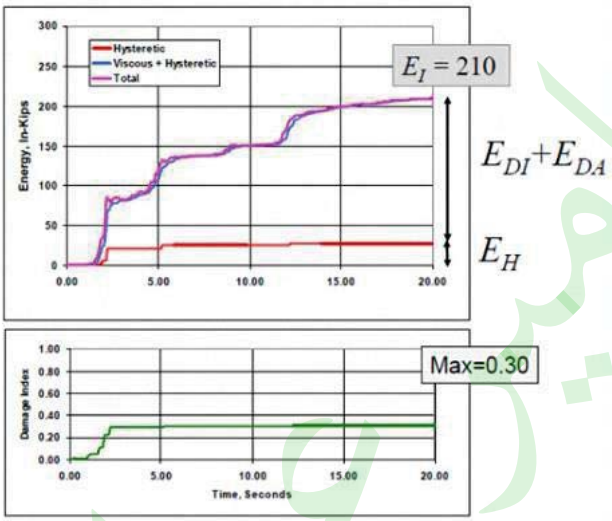


- کل انرژی ورودی 260
- حداکثر شاخص اسیب 0.55

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

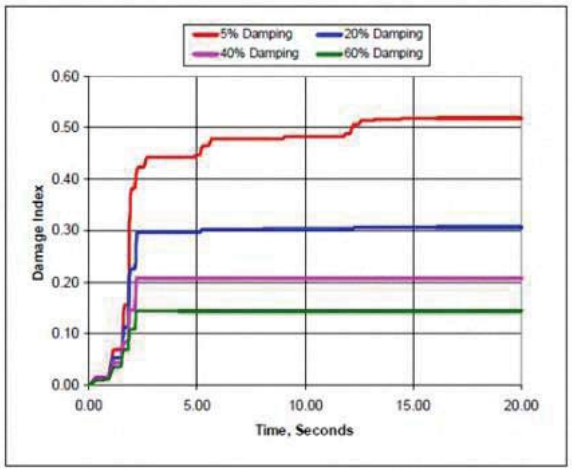
اثر تلاف انرژی بر آسیب سازه

- نسبت میرایی 20٪



- کل انرژی ورودی 210
- حداکثر شاخص اسیب 0.30

- تغییرات شاخص اسیب با افزایش نسبت میرایی



- کاهش شاخص اسیب با افزایش نسبت میرایی (همراه کم شدن نرخ کاهش)

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

- میراگرها وتاثیر آنهابرطیف پاسخ وطیفADRS
- **میراگرهای اصطکاکی(پال، چرخشی)**
- میراگرهای تسلیمی (LED,UNBONDED BRACE DAMPER,ADAS)
- میراگرهای ویسکوز
- میراگرهای ویسکوالاستیک
- میراگرهای آلیاژی(SMA)
- میراگرهای جرمیTMD,AMD
- کاربرد و رفتار انواع میراگرها
- اشکال مختلف نصب میراگرها
- مدل سازی میراگرها در نرم افزارهای کامپیوتری

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگرهای اصطکاکی(Friction Dampers)

- استفاده از پدیده اصطحکاک به عنوان ترمزی برای جذب مطمئن انرژی جنبشی وادوات مکانیکی راه کار رایجی است که مهندسان مکانیک آن را بسیار به کار برده اند.

استفاده ازمیراگرهای اصطکاکی درساختمان هانیز مبتنی برهمین سازوکارمی باشد.

- در این نوع میراگرها که از نظر تحلیلی وابسته به تغییرمکان هستند ، انرژی زلزله صرف غلبه بر اصطکاک موجود در سطح تماس قطعات می شود.

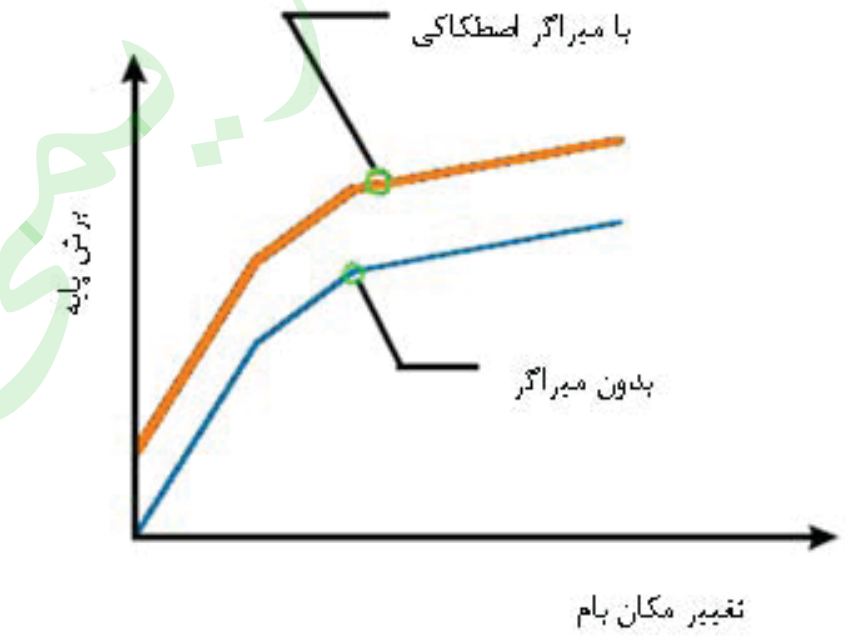
از ویژگی های دیگر این میراگرها می توان به عدم ایجاد خستگی در بارهای خدمت (به دلیل فعال نشدن میراگرها تحت این بارها) و وابسته نبودن عملکرد آنها به سرعت بارگذاری و دمای محیط اشاره نمود .

- انواع مختلفی از این نوع میراگر ها مانند میراگرهای **پال،سومیتومو و چرخشی** وجود دارد.

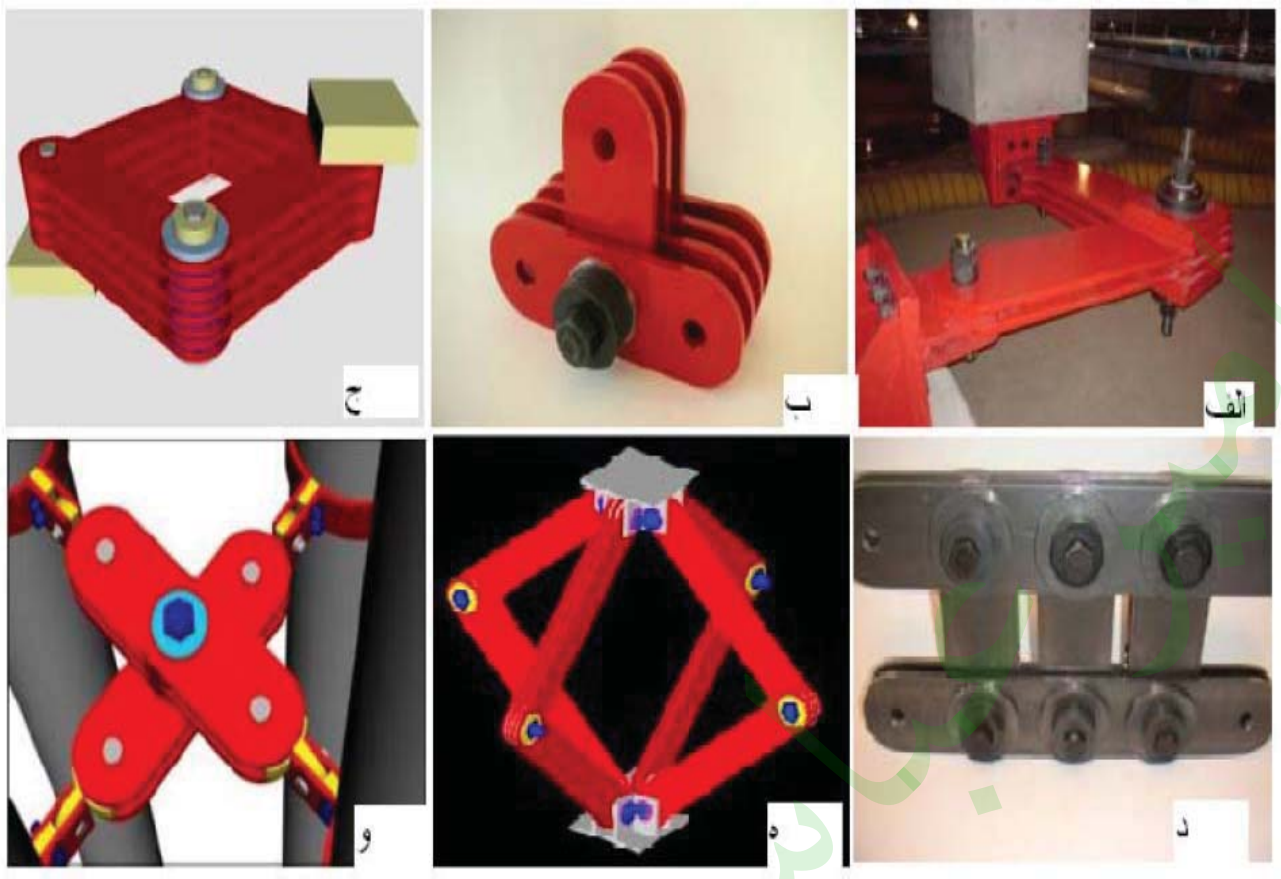
آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگرهای اصطکاکی(Friction Dampers)

تأثیر استفاده از میراگرهای اصطکاکی بر منحنی ظرفیت سازه درمقاوم سازی



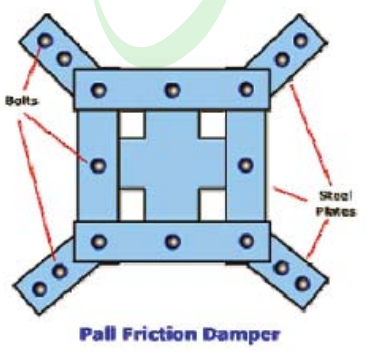
انواع میراگر اصطکاکی آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

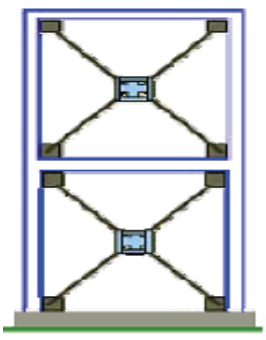


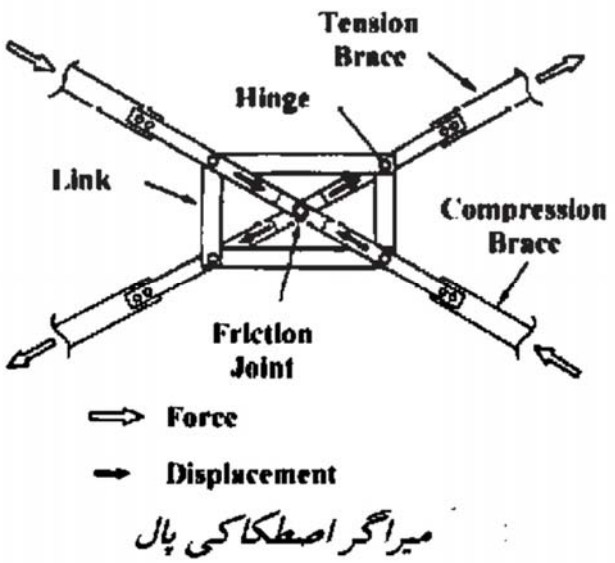
آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگرهای اصطکاکی پال(Pall Friction Dampers)

- 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 یکدیگرمتصل شده که نسبت به یکدیگر تحت نیروی مشخصی لغزش می کنند.
- گسترش کاربرد این نوع میراگر ناشی از سادگی، سهولت وهزینه پایین اجرا، به علاوه عملکرد مناسب مورد انتظار آنها با توجه به آزمون ها ومبانی محاسباتی مربوط است.







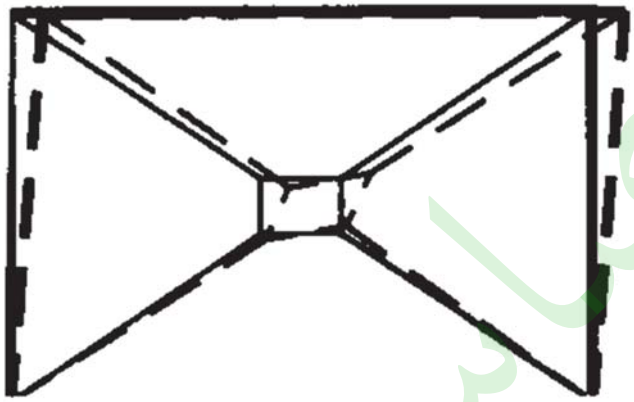
میراگر اصطکاکی پال

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

- این میراگرها متشکل از ورق های فولادی پیش فشرده به یکدیگر به کمک پیچهای پیش تنیده می باشد، که در تغییر شکل های پیچشی موجب تبدیل انرژی جنبشی به گرما می شوند.

استفاده از سازکاری اهرمی در مهاربند اصطکاکی موجب تبدیل تغییرمکان های نسبتاً پایین قاب مهاربندی شده به تغییر شکل های موضعی بالا در محل نصب میراگر می شود، که بر کارایی این سیستم وسازکار جذب انرژی آن می افزاید.

- قابلیت جذب انرژی میراگر اصطکاکی متاثر از ضریب شکل میراگر(نسبت به طول وعرض) ونسبت آن با ضریب شکل قاب مهاربندی شده است، به طوری که بیشینه میزان جذب انرژی در حالتی که ضریب شکل میراگر وقاب با یکدیگر برابر باشند به دست می آید.



آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

استفاده از میراگرهای اصطکاکی پال (Pall) در مقاوم سازی

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

Friction Dampers

عملکرد

- شامل تعدادی مهار قطری است که به میراگر مستطیل شکل میانی با اتصال پیچی متصل می گردد
- در بار جانبی با تغییر طـول مهاربنـد مستطیل به متوازی الاضلاع تبدیل و با لغزش سطوح انرژی تلف می شود

Pall Cross-Bracing Friction Damper

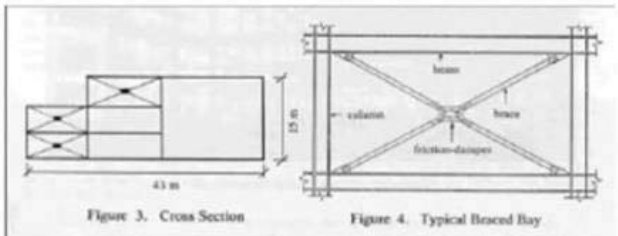
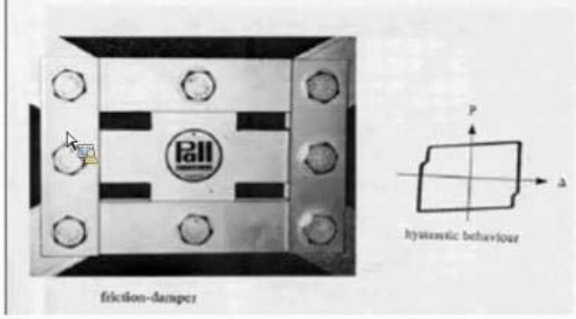


Figure 3. Cross Section

Figure 4. Typical Braced Bay



Interior of Webster Library at Concordia University, Montreal, Canada

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

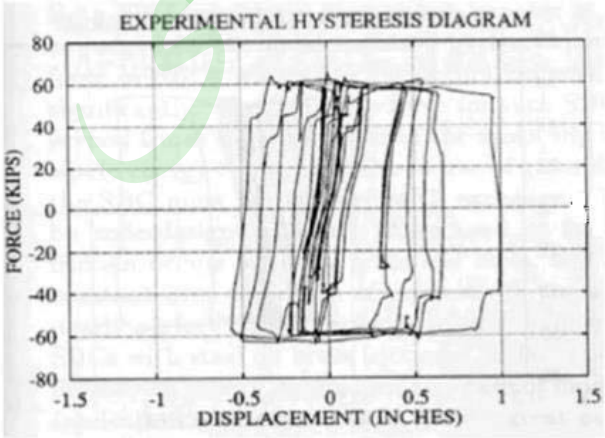
Friction Dampers

نصب در سازه

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

رفتار واقعی میراگر

- نیـروی میراگـر محـدود بـه نیـروی اصطکاک است
- نمودار چرخه ای مستطیل شکل

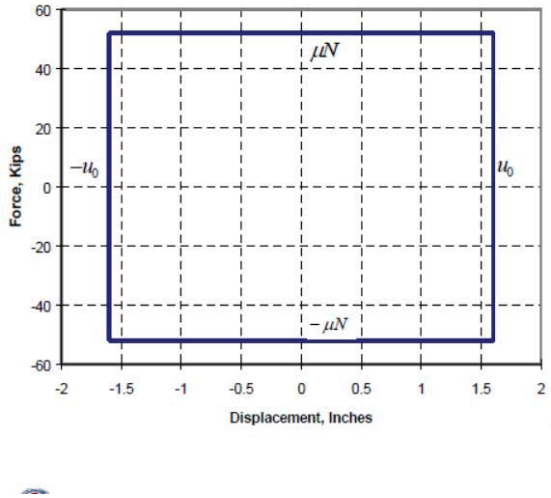


آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

Friction Dampers

Ideal Hysteretic Behavior of Friction Damper

مدلسازی



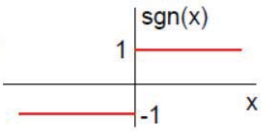
Normal Force

$$F_D = N\mu \frac{\dot{u}(t)}{|\dot{u}(t)|}$$

Coefficient of Friction

Alternatively,

$$F_D = N\mu\, sgn[\dot{u}(t)]$$

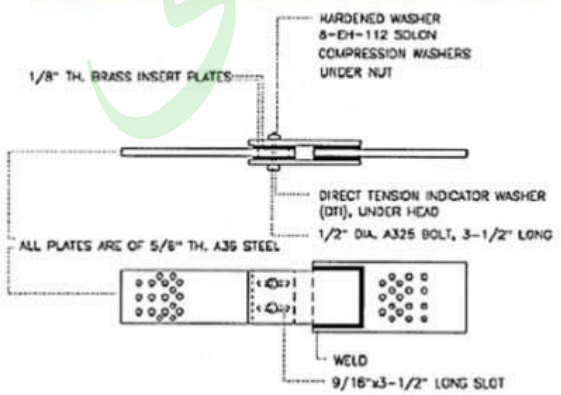


- رفتار ایده ال میراگر مستطیل شکل است با فرض ثابت بودن نیروی عمود بر سطح و ضریب اصطکاک

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

Friction Dampers

Slotted-Bolted Damper



عملکرد

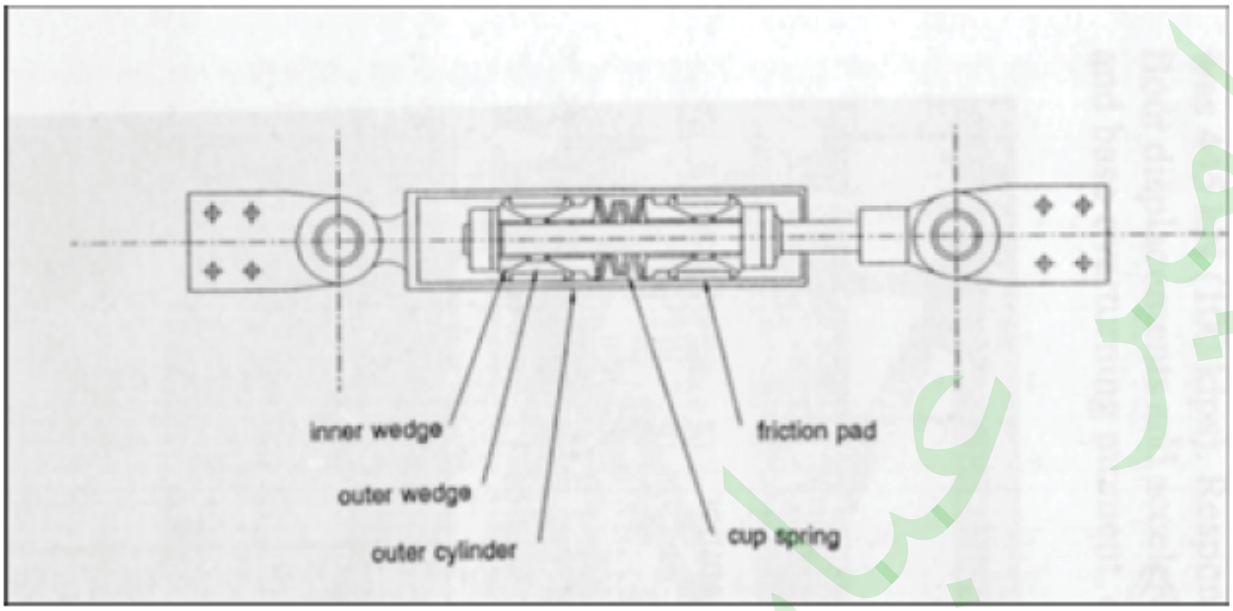
- شامل صفحات فولادی است که با نیروی مناسب به هم بسته شده اند
- نیروی گیرداری به اندازه ای است که صفحات در نیروی اصطکاک لازم لغزش پیدا کنند
- از موادی در سطوح تماس استفاده می شود که ضریب اصطکاک پایداری تامین نماید

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگر سومیتومو

Sumitomo Friction Damper

(Sumitomo Metal Industries, Japan)



آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

Advantages of Friction Dampers

- Force-Limited
- Easy to construct
- Relatively Inexpensive

Disadvantages of Friction Dampers

- May be Difficult to Maintain over Time
- Highly Nonlinear Behavior
- Adds Large Initial Stiffness to System
- Undesirable Residual Deformations Possible

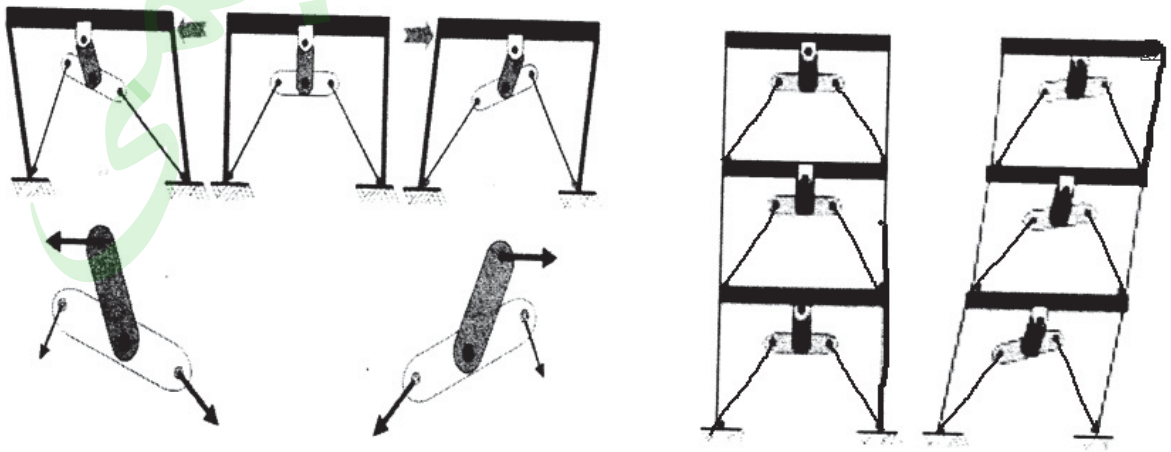
آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگرهای اصطکاکی دورانی جدید(چرخشی)FDD

- درشکل میراگرهای اصطکاکی چرخشی قابل استفاده درمقاوم سازی وهمچنین طراحی ساختمانها نشان داده شده است . به علت رفتار بسیار ساده و سهولت در نصب و ساخت، این نوع میراگر به یکی از متداولترین میراگرهای اصطکاکی تبدیل شده است.این میراگررامی توان درساختمانهای بتنی وبویژه فولادی ودرانواع مختلف سیستمهای مهاری استفاده کرد.
- ازاین میراگرمی توان برای ایجاد شکل پذیری موردنیاز براساس طراحی لرزه ای، وهمچنین برای بهسازی ساختمان های موجود استفاده کرد.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

- هنگامی که یک نیروی خارجی قاب را تحریک می کند، تیر شروع به تغییرمکان افقی ناشی از این نیرو می کند. نیرو در سیستم مهاری و نیروی اصطکاکی بین سطوح اصطکاکی صفحات فولادی افزایش یافته ولایه اصطکاکی در مقابل حرکت از خود نشان می دهند. این روند حرکتی با تغییر جهت ادامه خواهد داشت وانرژی را تلف می کند.



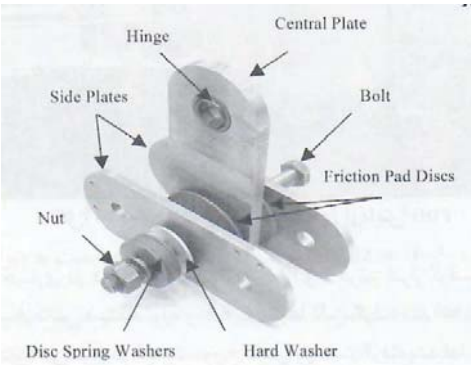
شکل(۱-۶-۲): مکانیزم کار میراگر اصطکاکی جدید

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

اجزای میراگر اصطکاکی دورانی جدید (FDD)

نمایی از جزئیات این میراگر در شکل(۱-۶-۳ دیده می‌شود. اجزای اصلی ایـن میراگـر صـفحه مرکـزی (عمودی)، دو صفحه عرضی (افقی) و دولایه اصطکاکی است که در بین این صفحات قرار می‌گیرد. طـول صفحه مرکزی ha است و به وسط تیر با یک مفصل متصل می‌شود.

این اتصال مفصلی به منظور افزایش مقدار چرخش نسبی صفحات مرکزی و جـانبی اسـت، و بـه منظـور افزایش شکل‌پذیری سازه و افزایش اتلاف انرژی می‌باشد. امتداد دو بادبند متصل به میراگر در وسط تیـر بهم می‌رسند و این نوع رایج آن است، البته نوع برون محور آن نیز می‌باشد که نوع هم محـور همخـوانی بسیار خوبی از نتایج تحلیلی و آزمایشگاهی دارد. انتهای دو بادبند متصل به میراگر اصـطکاکی بـه محـل تقاطع تیر و ستون می‌رسد.



شکل(۱-۶-۳): اجزای میراگر اصطکاکی دورانی جدید

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

آزمایشات انجام شده بر روی این میراگر نشان دهنده، موارد ذیل می باشند:

- اندازه کوچکتر میراگر می تواندماکزیمم استهلاک انرژی را نتیجه بدهد.
- نسبت ارتفاع به عرض میراگر باید مانند نسبت ارتفاع به عرض دهانه باشد.
- سختی میراگر بسیاربه نسبت ارتفاع به عرض میراگر حساس بوده وماکزیمم سختی برای هر میراگر با ارتفاع به عرض مشابه دهانه بدست می آید.
- نیروی مهاری مینیمم متاثر از مساحت مقطع عرضی نیست ، اما بسیار حساس به اندازه میراگر می باشد.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

مزایای میراگرهای اصطکاکی FDD:

- مدل سازی نسبتاً ساده
- افزایش سختی سازه تا زمان لغزش
- اصطکاک منبع اتلاف انرژی ارزانتر نسبت به سایر منابع اتلاف انرژی

معایب میراگرهای اصطکاکی FDD:

- حساسیت به رطوبت(زنگ زدگی) وحرارت
- تغییر ضریب اصطکاک سکون وحرکت به علت تحریکات مختلف سرعت ونیروی نرمال
- ایجاد تغییرشکل اولیه در سازه پس از زلزله

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

- میراگرها وتاثیر آنهابرطیف پاسخ وطیفADRS
- میراگرهای اصطکاکی(پال، چرخشی)
- **میراگرهای تسلیمی** (LED,UNBONDED BRACE DAMPER,ADAS)
- میراگرهای ویسکوز
- میراگرهای ویسکوالاستیک
- میراگرهای آلیاژی(SMA)
- میراگرهای جرمیTMD,AMD
- کاربرد و رفتار انواع میراگرها
- اشکال مختلف نصب میراگرها
- مدل سازی میراگرها در نرم افزارهای کامپیوتری

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگرهای تسلیمی

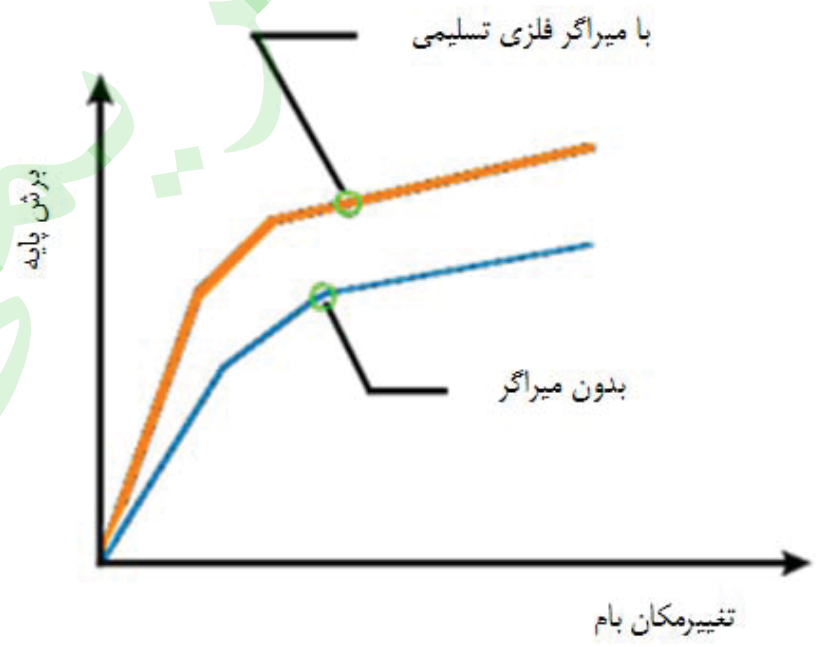
- این میراگر که از لحاظ تحلیلی، وابسته به تغییرمکان است ، انرژی منتقل شده به سازه صرف تسلیم و رفتار غیر خطی درقطعات بکار رفته می شود. در این میراگرها از تغییرشکل غیرالاستیک فلزاتِ شکل پذیری مانند فولاد و سرب به منظور اتلاف انرژی استفاده می شود.

در تمام سازه های معمولی اتلاف انرژی بر شکل پذیریِ اعضای فولادی پس از تسلیم متکی است.

- 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 سیستم بادبندی، نقش جذب و اتلاف انرژی را بر عهده میگیرند. این قسمت از مهاربند به عنوان فیوز در سازه عمل نموده و با تمرکز رفتار غیر خطی در خود، مانع از بروز رفتار غیر خطی و آسیب در سایر اجزا ی اصلی و فرعی سازه می گردد.

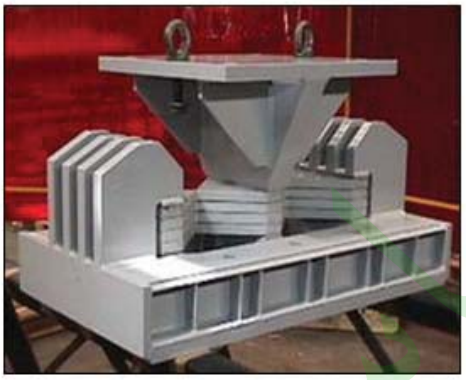
آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

تأثیر استفاده از میراگرهای فلزی تسلیمی بر منحنی ظرفیت سازه



آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

نمونه هایی از انواع میراگرهای فلزی جاری شونده (تسلیمی)

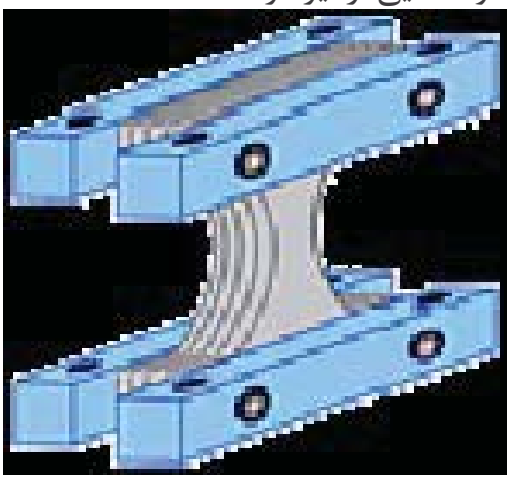
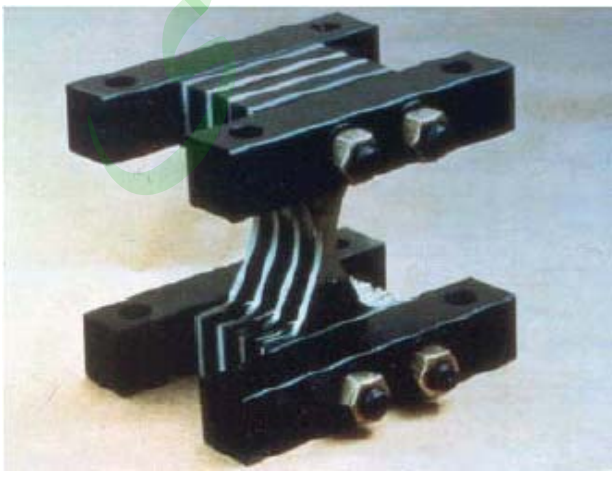


آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگرتسلیمی (ADAS)(Added Damping And Stiffness)

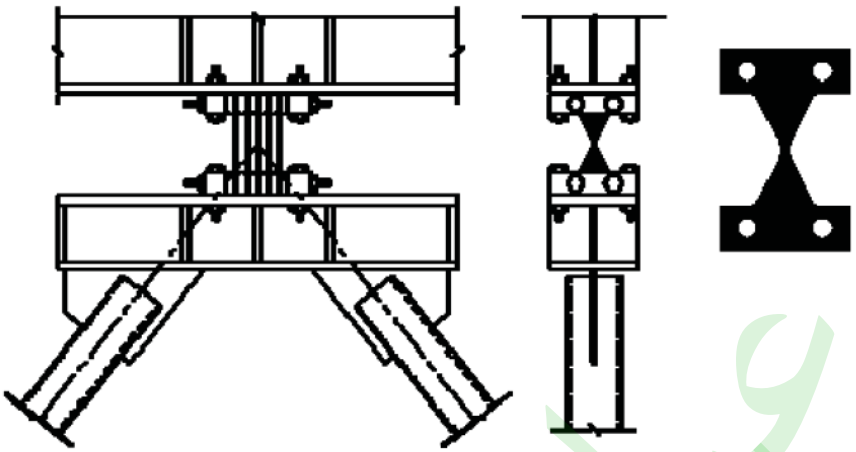
- میراگرهای فلزی Xشکل، از کارایی قابل توجهی برخوردار می باشند. تسلیم گسترده در تمام حجم فولاد ، تأمین میرایی هیسترتیک و اتلاف انرژی فوق العاده از خصوصیات منحصر به فرد این نوع میراگر میباشد.
- این میراگرها ضمن تأمین میرایی از سختی جانبی بالایی برخوردار بوده و به همین جهت با عنوان میرایی و سختی افزوده(ADAS)نامگذاری شده است.

نمونه هایی ازمیراگرX-ADAS:

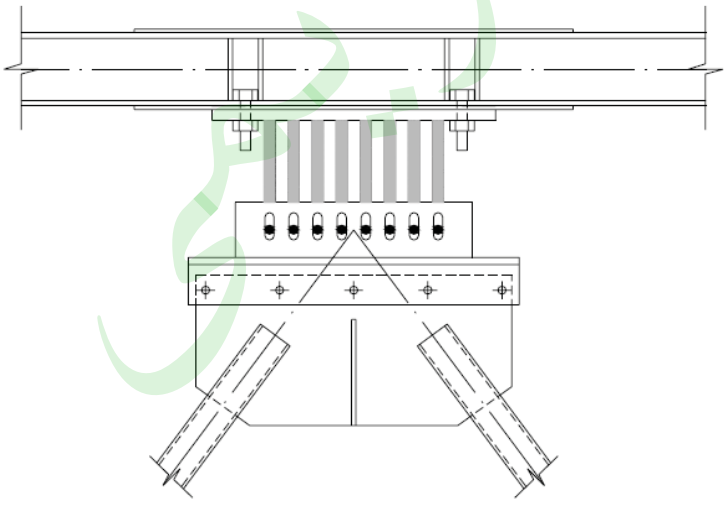
آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

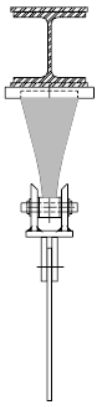
این میراگرها معمولاً بین راس مهاربندهای جناقی و تیر طبقه نصب می شوند. با پیش بینی اتصالات مناسب، این میراگرها درقابهای بتنی نیز قابل نصب می باشند.



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

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها





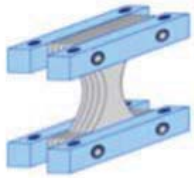
شکل ۷-۱۲- نحوه استقرار میراگر T-ADAS در قاب

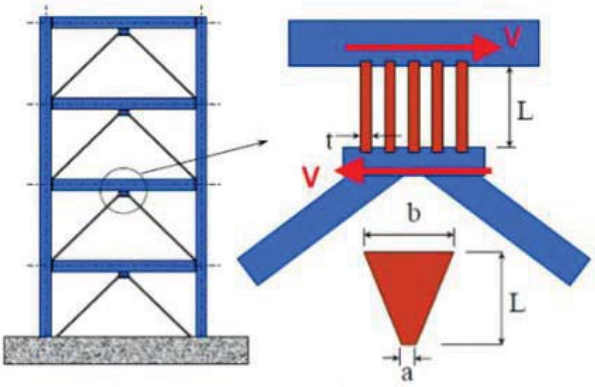
آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

Steel Plate Dampers
(Added Damping and Stiffness System - ADAS)

عملکرد

- شامل صفحات فولاد نرمه است که از پـایین متصـل بـه مهاربنـد و از بـالا متصل به طبقه فوقانی است
- تغییرشکل نسبی طبقـه بـر صـفحات فولادی برش وارد می کند که باعـث خمـش انهـا حـول محـور ضـعیف می گردد
- هندسـه صـفحه تعیـین شـده تـا در ارتفاع ان تنش خمشی ثابت باشد
- سختی مهاربند باید زیاد باشد
- با تغییرشکل صفحات، سختی و اتلاف انرژی تامین می گردد
- در دهه 1980 ابداع شد





آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

نصب میراگرADAS در سازه

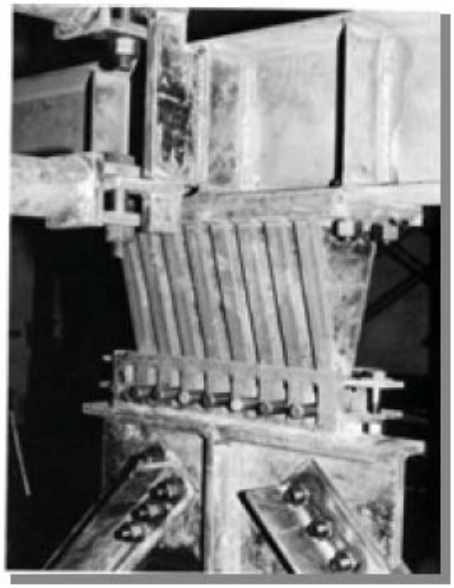
Implementation of ADAS System

Wells Fargo Bank,
San Francisco, CA
- Seismic Retrofit of Two-Story Nonductile Concrete Frame; Constructed in 1967
- 7 Dampers Within Chevron Bracing Installed in 1992
- Yield Force Per Damper: 150 kips

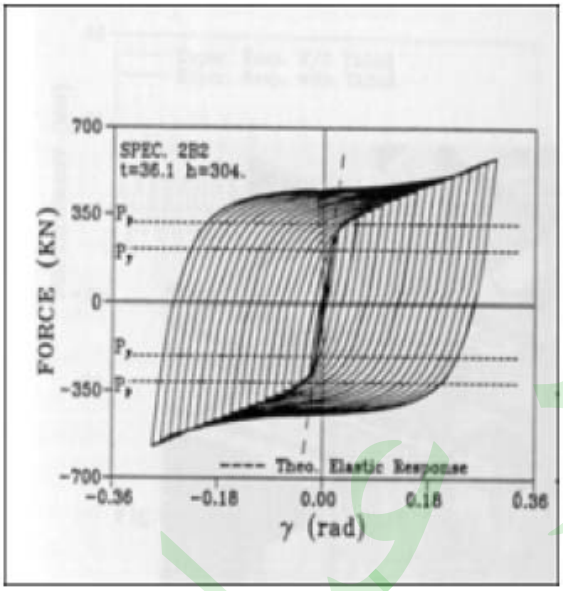
آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

رفتار واقعی میراگرADAS

Hysteretic Behavior of ADAS Device



ADAS Device
(Tsai et al. 1993)



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

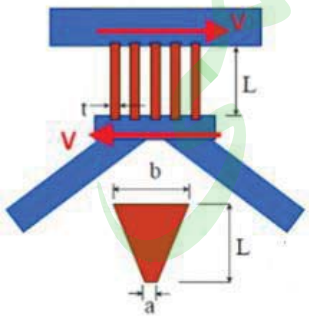
آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

Added Damping and Stiffness System

مدلسازی

- رفتار چرخه ای میراگر با مـدل هـای مختلف ریاضی قابل بیان است
- شکل مدل Wen را نشان می دهد که توانایی افـزایش سـختی در جابجـایی زیاد را دارد

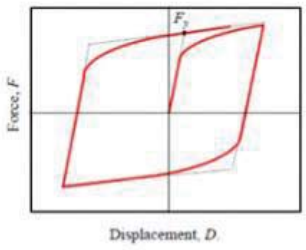
- عوامل موثر بر مدل تحلیلی میراگر



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

$$F_y = \frac{nf_y bt^2}{4L}$$

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)



Initial Stiffness | Secondary Stiffness Ratio

$$F = \beta k D + (1-\beta)F_y Z$$

$$\dot{Z} = \frac{k}{F_y}\left\{\begin{matrix} \dot{D}\left(1-|Z|^{\alpha}\right) & if\ \dot{D}\cdot Z > 0 \\ \dot{D} & otherwise \end{matrix}\right.$$

Yield Sharpness

Z is a Path Dependency Parameter

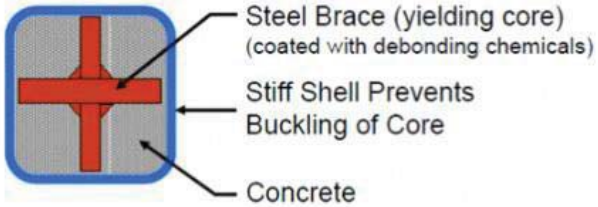
آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگرکمانش تاب(بادبند نچسبیده = بادبند کمانش تاب)

Unbounded Brace Dampers

عملکرد

- در دهه 1980 ابداع شد
- سیستم شامل هسته فولادی صلیبی شکل است (فولاد کم مقاومت) که درون لوله فولادی محصور است
- لوله فولادی با بتن پر می شود و پوشش هسته از پیوستگی با بتن جلوگیری می کند (امکان لغزش)
- محصورشدگی مانع از کمانش فشاری هسته می گردد
- نیروی محوری مهاربند فقط توسط هسته تحمل می شود



آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

نصب بادبندکمانش تاب(بادبند نچسبیده)

Implementation of Unbonded Brace Damper

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.

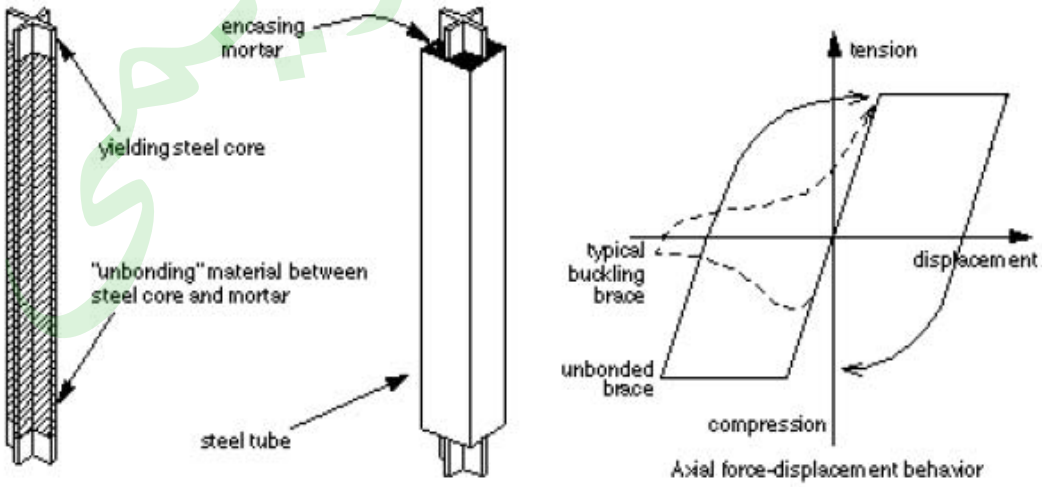
آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

نصب بادبند کمانش تاب(بادبند نچسبیده)

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

رفتار هیسترتیک بادبند کمانش تاب(بادبند نچسبیده)

Hysteretic Behavior of Unbonded Brace Damper

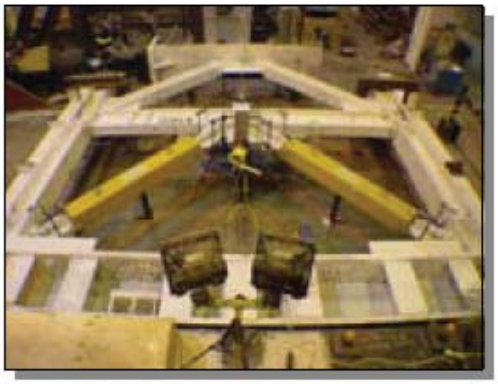


- جلوگیری از کمانش باعث اتلاف انرژی قابل توجهی در رفتار چرخه ای می گردد.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

تست بادبند کمانش تاب

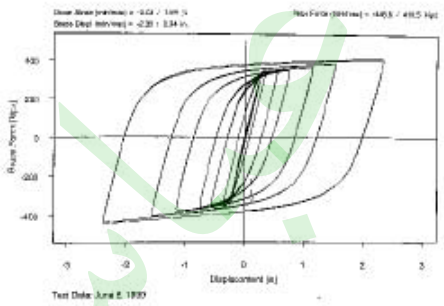
Testing of Unbonded Brace Damper



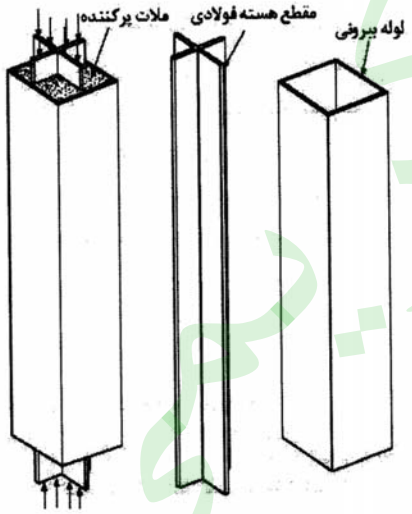
Testing Performed
at UC Berkeley

حلقه های هیسترزیس آزمون چرخه ای

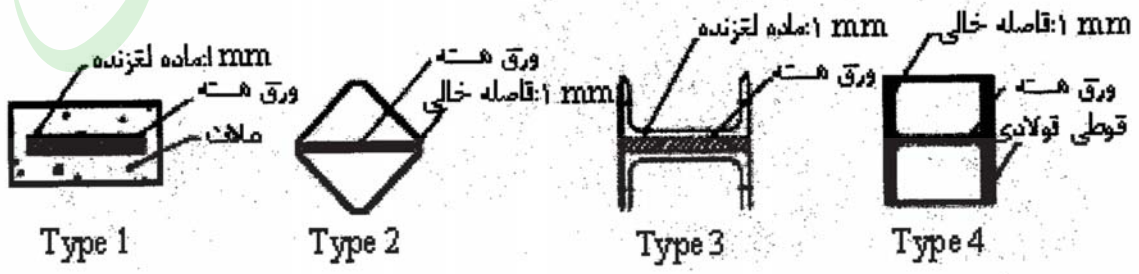
Typical Hysteresis
Loops from
Cyclic Testing



آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها



شکل ۲-۳۷. جزئیات بادبند نچسبیده به همراه نمونه واقعی [۱۴]



شکل ۲-۳۸. مقاطع مختلف بادبندهای نچسبیده [۱۴]

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

Advantages of ADAS System and Unbonded Brace Damper

- Force-Limited
- Easy to construct
- Relatively Inexpensive
- Adds both “Damping” and Stiffness

عیب

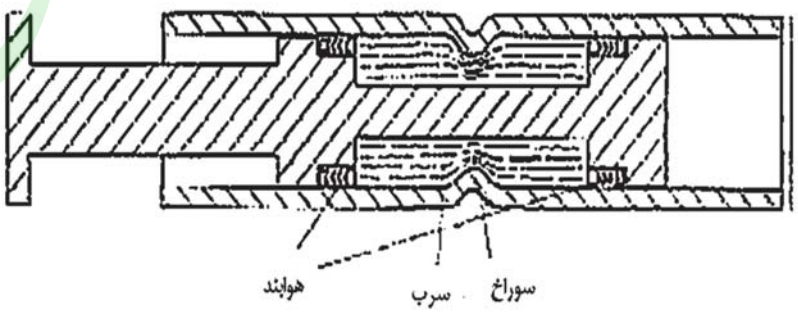
Disadvantages of ADAS System and Unbonded Brace Damper

- Must be Replaced after Major Earthquake
- Highly Nonlinear Behavior
- Adds Stiffness to System
- Undesirable Residual Deformations Possible

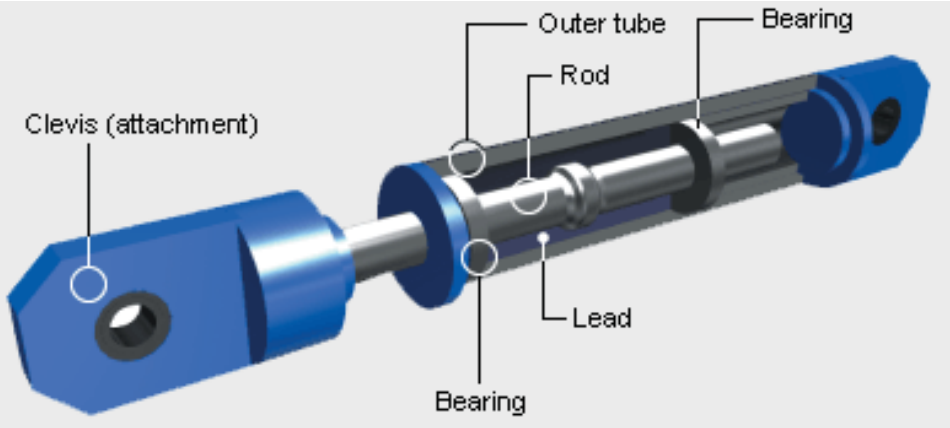
آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگرتسلیمی سربی تزریقی(LED)(Lead Extrusion Damper)

- از انواع دیگر میراگرهای تسلیم شونده(وابسته به تغییرمکان) ، 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 کوچکترحرکت می کند، که با تغییرشکل خمیری ، انرژی جنبشی بصورت حرارتی تلف می شود. درشکل مقطع طولی میراگر سربی تزریقی نشان داده شده است.



آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها



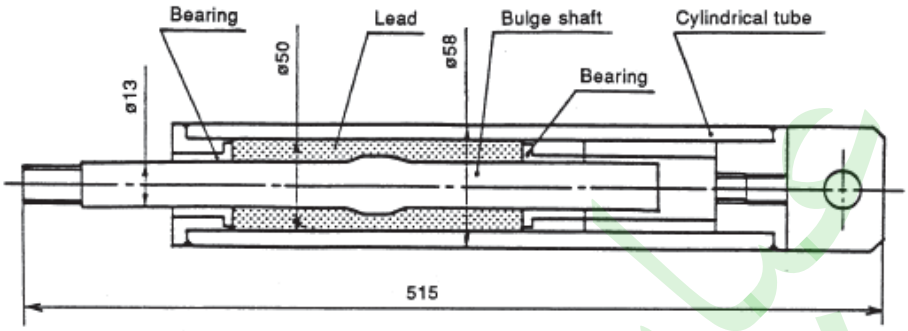
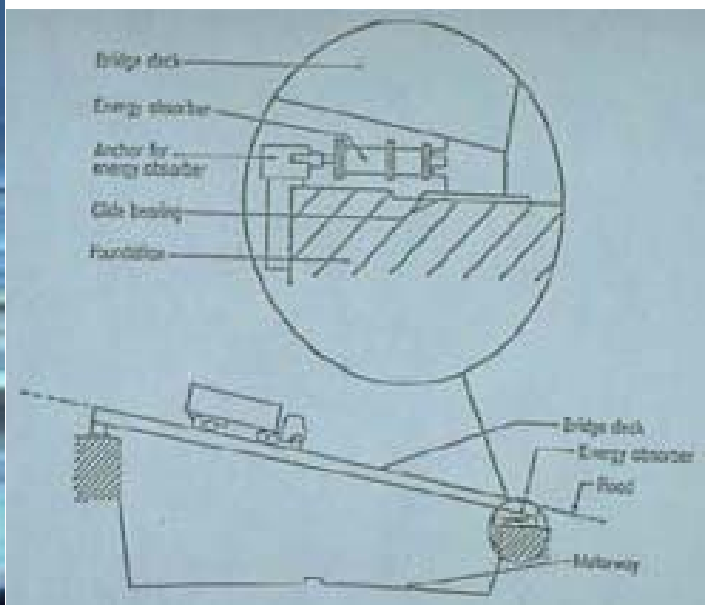


Fig. 1 L.E.D. (Cylinder type)

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

کاربردمیراگرتسلیمی سربی درساختمان ها وپل ها



آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

Use:

LEDs are suitable for very large displacements up to 1m on seismically isolated structures, acting as a Coulomb (or plastic) damper. The LED protects against structural vibration and forces from 1kN to 1MN. The LED can also be used as an inter-storey damper in a building to transfer displacement caused by earthquake or wind.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

- میراگرها وتاثیر آنهابرطیف پاسخ وطیفADRS
- میراگرهای اصطکاکی(پال، چرخشی)
- میراگرهای تسلیمی (LED,UNBONDED BRACE DAMPER,ADAS)
- **میراگرهای ویسکوز**
- میراگرهای ویسکوالاستیک
- میراگرهای آلیاژی(SMA)
- میراگرهای جرمیTMD,AMD
- کاربرد و رفتار انواع میراگرها
- اشکال مختلف نصب میراگرها
- مدل سازی میراگرها در نرم افزارهای کامپیوتری

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگرهای ویسکوز(مایع ویسکوز=مایع لزج)

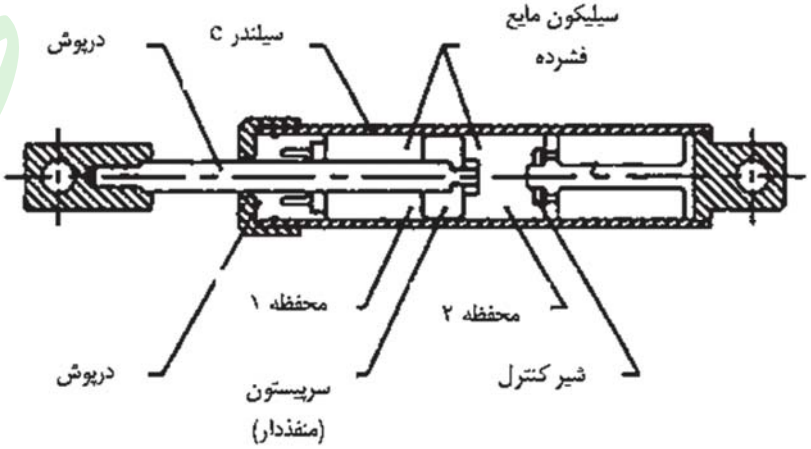
- در این میراگرها با استفاده از حرکت مایع لزج درون سیلندر انرژی مستهلک می شود. میراگرهای ویسکوز به دلیل سادگی درنصب، قابلیت انطباق و هماهنگی با سایر اعضا و همچنین تنوع در ابعاد و اندازه های آنها، کاربرد بسیاری در طراحی و مقاوم سازی پیدا کرده اند. نگهداری این میراگرها در مدت بهره برداری مستلزم توجه بیشتری است. عملکرد این میراگرها وپاسخ آن ها تابع دمای محیط بوده و به مقدار زیادی به سرعت بارگذاری بستگی دارد.
- میراگرهای ویسکوز متنوعی برای کاربردهای ساختمانی توسعه یافته اند. به عنوان مثال میراگرهای ویسکوز دیواری شکل درساختمانهای ژاپن نصب شده اند. این دیوارها از طریق عملکرد برشی، مواد مایع داخل محفظه دیواره ای شکل انرژی را مستهلک می کنند.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگرهای ویسکوز

- نوع دیگری از میراگرهای مایع، براساس عبور مایع از منفذها شکل گرفته اند.

میراگرهای ویسکوز منفذی با مکانیزم شبیه به میل لنگ و پیستون برای مصارف صنعتی و نظامی توسعه یافته اند که در شکل 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 نگهداشتن محتویات داخل آن از درپوش های با مقاومت بالا استفاده شده است.



آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

این نوع میراگرها به۳روش زیر به سازه متصل می گردند:

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

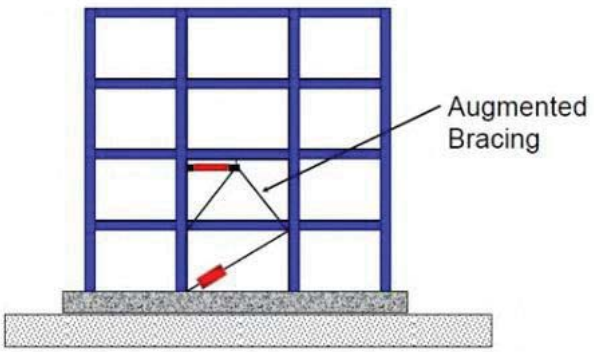
در اتصال میراگرها در کف و یا فونداسیون سازه ها می توان از ترکیب میراگرها با جداسازها استفاده کرد.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

Viscous Fluid Dampers

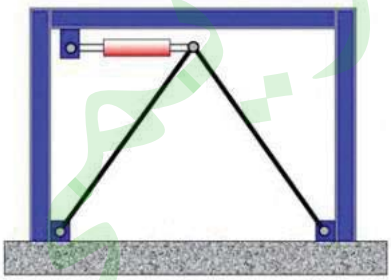
نصب در سازه

- میراگر در مهاربند شورون و قطری نصب می گردد



- مهاربند شورون

Chevron Brace and Viscous Damper



- استفاده از کل ظرفیت میرگر در تحمل حرکت جانبی
- برای کارایی مناسب مهاربند باید سختی محوری بالا داشته باشد
- شورون وارون (نصب نزدیک کف) سهولت نصب و نگهداری را فراهم می کند

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

Viscous Fluid Dampers

نصب در سازه:

- مهاربند شورون معکوس

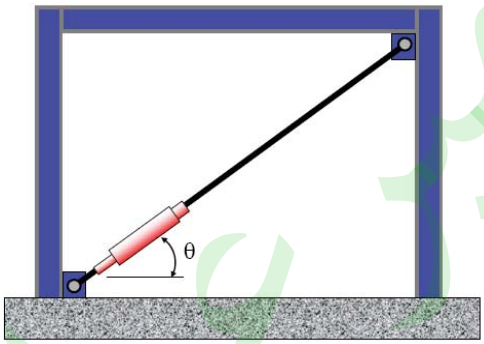
Fluid Dampers within Inverted Chevron Brace

Pacific Bell North Area Operation Center (911 Emergency Center)
Sacramento, California
(3-Story Steel-Framed Building Constructed in 1995)

62 Dampers: 30 Kip Capacity, +/-2 in. Stroke

- مهاربند قطری

Diagonally Braced Damping System



- استفاده از بخشی از ظرفیت میراگر(زاویه با امتدا افقی)
- نصب میراگر در گوشه پایین برای سهولت دسترسی

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

Fluid Damper within Diagonal Brace

Huntington Tower
Boston, MA

San Francisco State
Office Building
San Francisco, CA

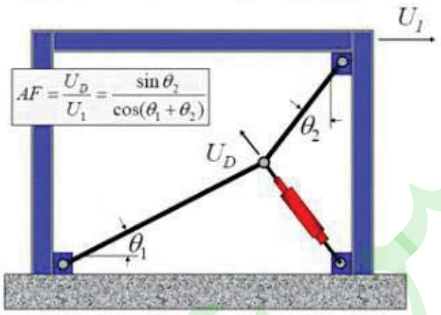
آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

Viscous Fluid Dampers

نصب در سازه

- مهاربند زانویی

Toggle Brace Damping System



- در سازه هـای صـلب، مـی تـوان حرکـت میراگر را با مکانیزم لولایی افزایش داد
- AF ضـــریب بزرگنمـــایی = جابجـــایی محوری میراگر نسبت به جابجایی جانبی

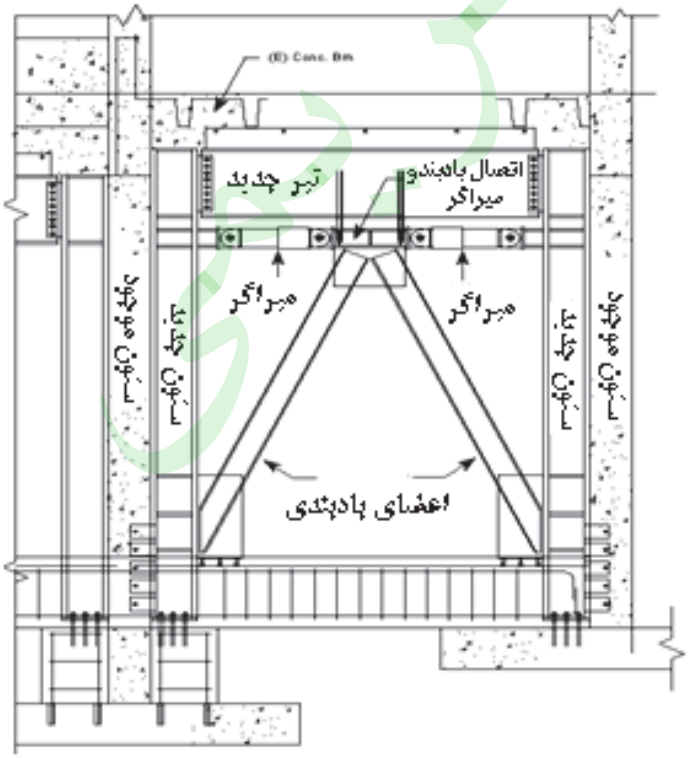
- نمونه نصب

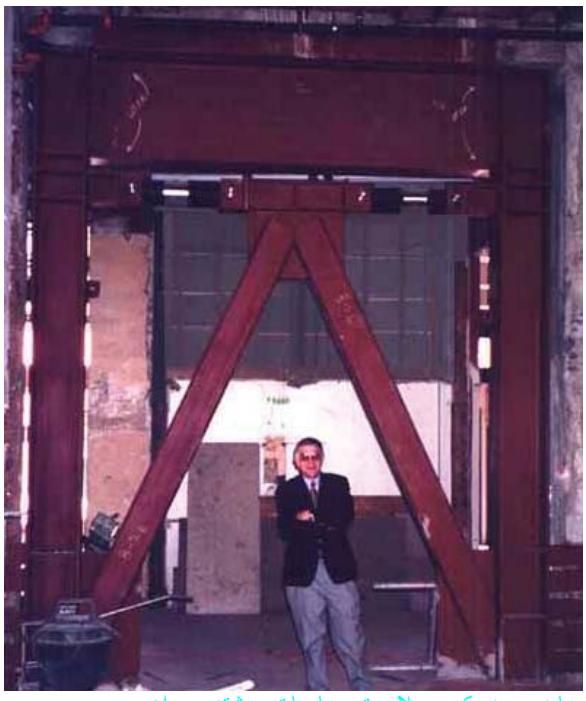
Toggle Brace Deployment

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

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

استفاده از میراگرهای ویسکوز در مقاوم سازی(در بادبندهای جناغی)

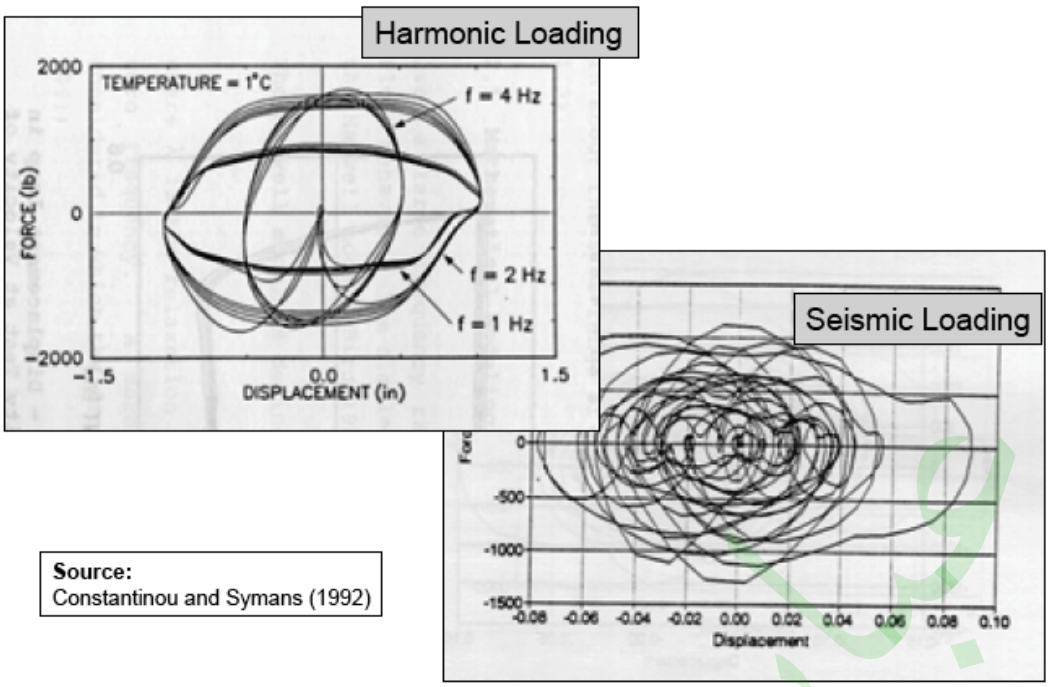




آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

رفتار هیسترتیک واقعی میراگر ویسکوز

Actual Hysteretic Behavior of Fluid Damper



Source:
Constantinou and Symans (1992)

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

مزایا ومعایب میراگرهای ویسکوز

Advantages of Fluid Dampers

- High reliability
- High force and displacement capacity
- Force Limited when velocity exponent < 1.0
- Available through several manufacturers
- No added stiffness at lower frequencies
- Damping force (possibly) out of phase with structure elastic forces
- Moderate temperature dependency
- *May* be able to use linear analysis

Disadvantages of Fluid Dampers

- Somewhat higher cost
- Not force limited (particularly when exponent = 1.0)
- Necessity for nonlinear analysis in most practical cases (as it has been shown that it is generally not possible to add enough damping to eliminate all inelastic response)

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

- میراگرها وتاثیر آنهابرطیف پاسخ وطیفADRS
- میراگرهای اصطکاکی(پال، چرخشی)
- میراگرهای تسلیمی (LED,UNBONDED BRACE DAMPER,ADAS)
- میراگرهای ویسکوز
- **میراگرهای ویسکوالاستیک**
- میراگرهای آلیاژی(SMA)
- میراگرهای جرمیTMD,AMD
- کاربرد و رفتار انواع میراگرها
- اشکال مختلف نصب میراگرها
- مدل سازی میراگرها در نرم افزارهای کامپیوتری

میراگرهای ویسکوالاستیک

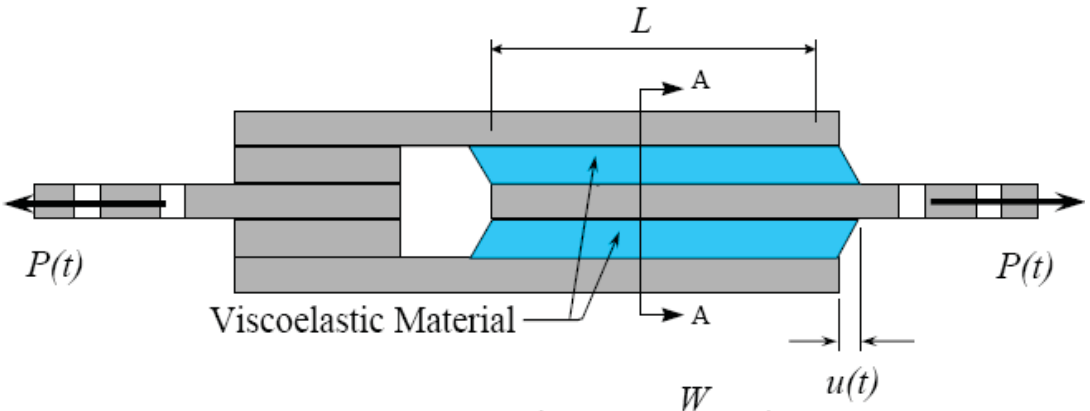
- مصالح ویسکوالاستیک: از مواد با پایه الاستومری و پلیمری باخاصیت الاستیک وویسکوزمی باشند که درهنگام زلزله با انجام تغییرشکل های برشی، انرژی را مستهلک می کنند.تحت اثرتحریکات زلزله قسمتی از انرژی به صورت انرژی پتانسیل درماده ویسکوالاستیک ذخیره می شودوبخش دیگر انرژی مستهلک شده وازبین می رود.
- میراگر ویسکوالاستیک: از یک یا چند لایه از مواد ویسکوالاستیک محصور شده در میان ورق های فولادی تشکیل می شود.
- این میراگرها به نحوی در سازه قرار می گیرند که تغییرمکان نسبی طبقات باعث تغییرشکل 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 بالاترمی رود که این تغییرات حرارت باید در طراحی این نوع میراگر مدنظر قرارگیرد.

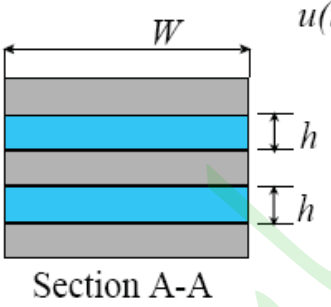
آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگرهای ویسکوالاستیک

Viscoelastic Dampers

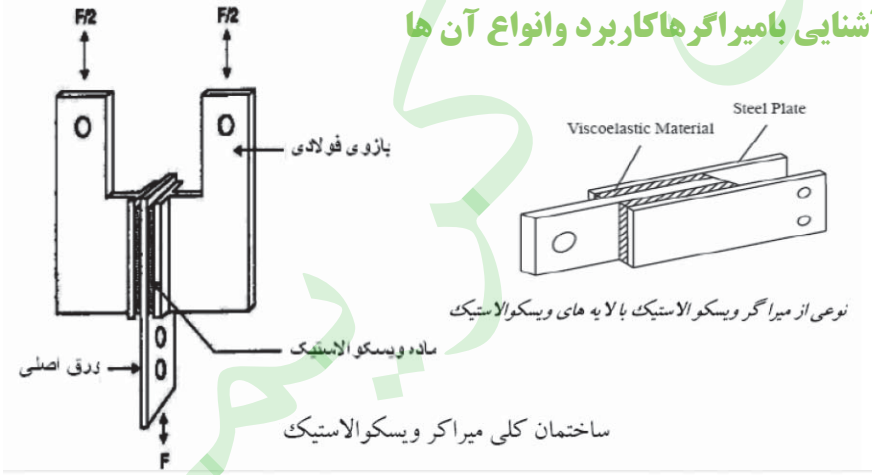


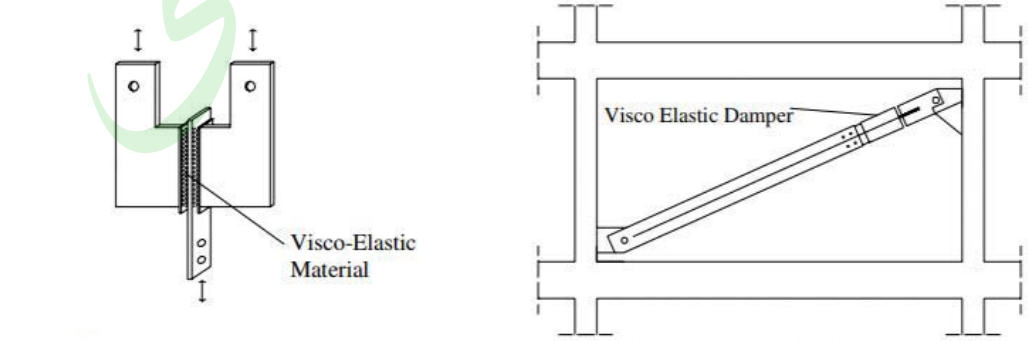
Developed in the 1960's for Wind Applications



آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگر ویسکوالاستیک





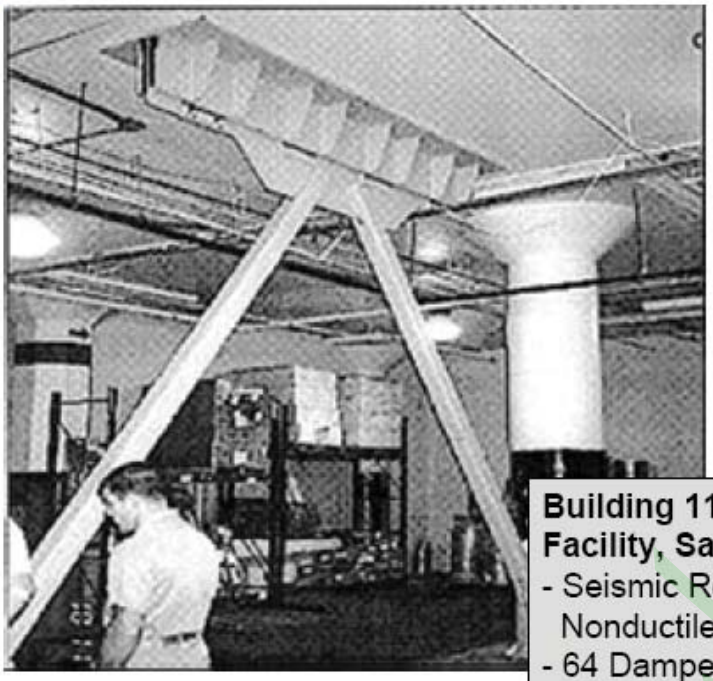
(a) Viscoelastic damper (b) Designate details

Fig.5 Viscoelastic systems

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

نصب میراگر ویسکوالاستیک در سازه

Implementation of Viscoelastic Dampers



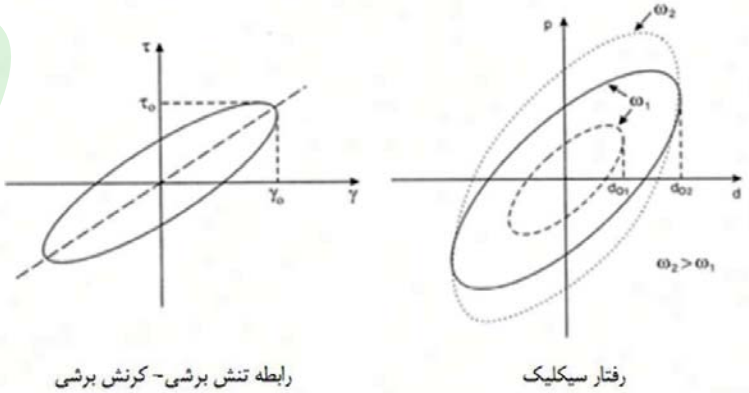
Building 116, US Naval Supply Facility, San Diego, CA
- Seismic Retrofit of 3-Story Nonductile RC Building
- 64 Dampers Within Chevron Bracing Installed in 1996

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

رفتار میراگر ویسکوالاستیک

- خاصیت اصلی در طراحی میراگر ویسکوالاستیک مدول برشی ذخیره'Gو مدول برشی ازدست رفته"Gمی باشد . مدول برشی ذخیره نشان دهنده سختی برشی و مدول برشی از دست رفته نشان دهنده سختی ویسکوز یا سختی وابسته به سرعت می باشد .
- در شکل مشاهده می شود که رابطه تنش- کرنش، بیضی با شیب غیر صفر است.

شیب به پارامتر'G و سطح بیضی به "G بستگی دارد . بنابراین رابطه ای ساده میان انرژی مستهلک شده توسط میراگر ویسکوالاستیک و میراگرهای ویسکوز برقرار می باشد.
شکل وابستگی این میراگر را به سرعت و دامنه ارتعاش نشان می دهد.

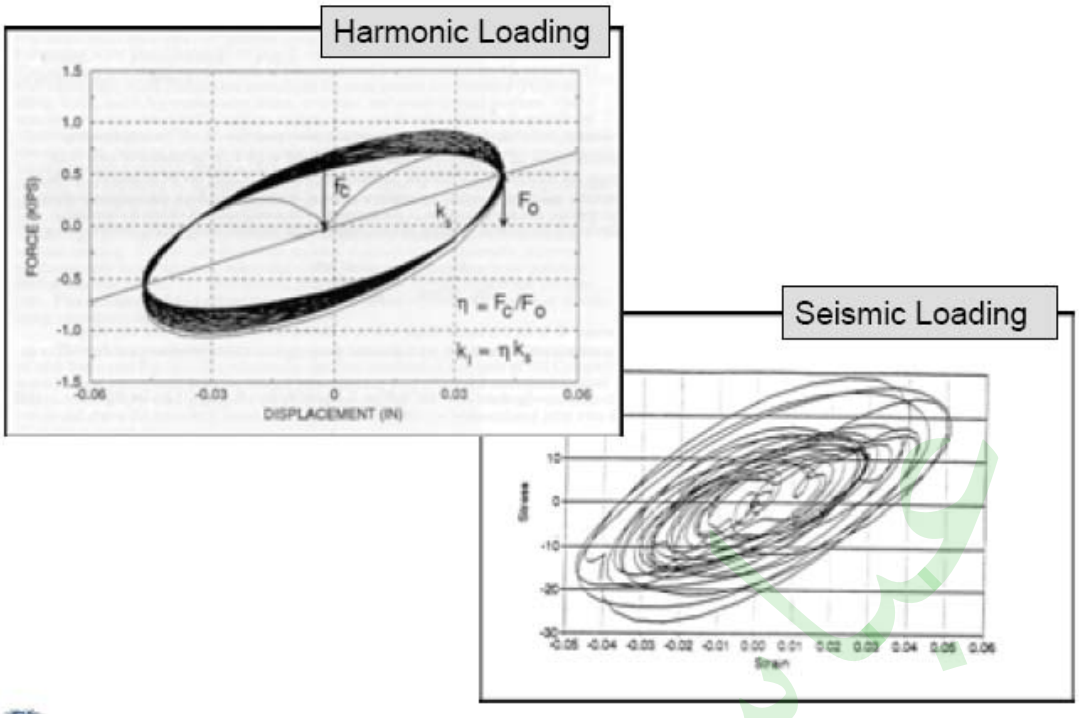


شکل ۷-۲۵-اشکال منحنی هیسترزیس میراگر ویسکوالاستیک جامد

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

رفتار هیسترتیک واقعی میراگر ویسکوالاستیک

Actual Hysteretic Behavior of Viscoelastic Damper



آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

مزایا ومعایب میراگرهای ویسکوالاستیک

Advantages of Viscoelastic Dampers

- High reliability
- *May* be able to use linear analysis
- Somewhat lower cost

Disadvantages of Viscoelastic Dampers

- Strong Temperature Dependence
- Lower Force and Displacement Capacity
- Not Force Limited
- Necessity for nonlinear analysis in most practical cases (as it has been shown that it is generally not possible to add enough damping to eliminate all inelastic response)

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

- میراگرها وتاثیر آنهابرطیف پاسخ وطیفADRS
- میراگرهای اصطکاکی(پال، چرخشی)
- میراگرهای تسلیمی (LED,UNBONDED BRACE DAMPER,ADAS)
- میراگرهای ویسکوز
- میراگرهای ویسکوالاستیک
- **میراگرهای آلیاژی(SMA)**
- میراگرهای جرمیTMD,AMD
- کاربرد و رفتار انواع میراگرها
- اشکال مختلف نصب میراگرها
- مدل سازی میراگرها در نرم افزارهای کامپیوتری

امیرعباس کریمی

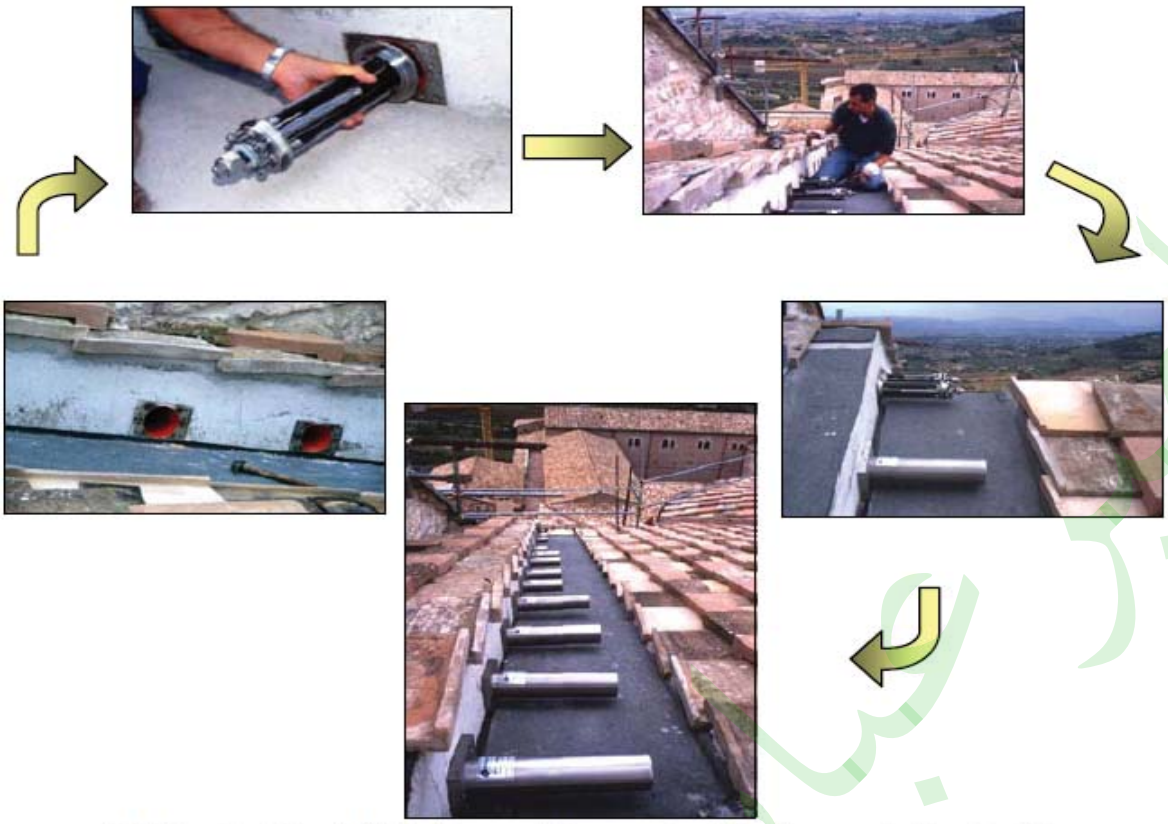
آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگرهای آلیاژی(SMA))(Shape Memory Alloy)

میراگرهای آلیاژی از فلزاتی ساخته می شوند که دو خاصیت زیر را دارا باشند:

۱- انعطا ف پذیری آنها مشابه با انعطاف پذیری قطعه لاستیکی باشد.
۲- پس از اعمال تغییرشکلهای 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.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها



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

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

- میراگرها وتاثیر آنهابرطیف پاسخ وطیفADRS
- میراگرهای اصطکاکی(پال، چرخشی)
- میراگرهای تسلیمی (LED,UNBONDED BRACE DAMPER,ADAS)
- میراگرهای ویسکوز
- میراگرهای ویسکوالاستیک
- میراگرهای آلیاژی(SMA)
- **میراگرهای جرمی**TMD,AMD
- کاربرد و رفتار انواع میراگرها
- اشکال مختلف نصب میراگرها
- مدل سازی میراگرها در نرم افزارهای کامپیوتری

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

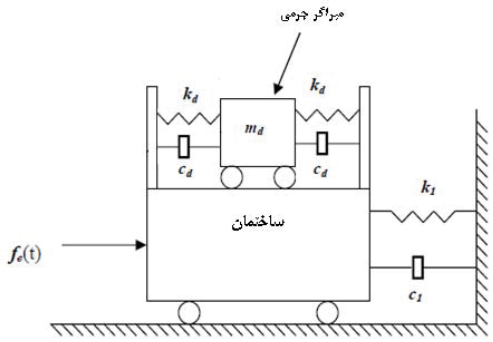
میراگر جرمی تنظیم شده(TMD=Tuned Mass Damper)

یک میراگرجرمی تنظیم شده TMD ابزاری شامل جرم، فنر و یک میراگراست که به سازه ای برای کاهش پاسخ دینامیکی آن متصل می شود.

- فرکانس میراگر با فرکانس خاصی از سازه تنظیم می شود.

زمانی که سازه درآن فرکانس تحریک می گردد، میراگر درفازمخالف شروع به ارتعاش می کند(میراگر با اختلاف فاز نسبت به حرکت سازه، تشدید ایجادمی کند)، و به این نحوانرژی در سازه بوسیله عمل نیروی اینرسی میراگر(که به سازه اعمال می شود) مستهلک می شود.

- در این میراگر، جرم روی تکیه گاهی که به عنوان غلتک عمل می نماید، قرار گرفته و به جرم اجازه حرکت به صورت انتقالی - جانبی نسبت به کف را می دهد. فنرها و میراگرها بین جرم و اعضای تکیه گاهی عمودی قرار گرفته و نیروی جانبی« در فاز مخالف » به سطح کف و سپس به قاب ساز ه ای انتقال می دهند.

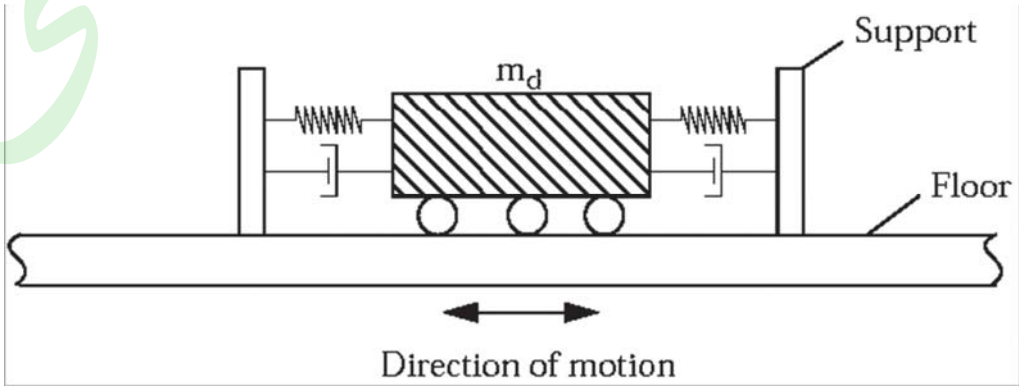


مدل عمومی میراگر جرمی در ساختمان

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

ادامه میراگر جرمی تنظیم شده

- **شکل زیر یک میراگر جرمی تنظیمی انتقالی یک جهته را نشان می دهد. جرم روی تکیه گاه غلتکی قرار دارد و اجازه دارد که حرکت جانبی انتقالی نسبت به تیر کف داشته باشد. فنرها و میراگرها در بین جرم و عضوهای تکیه گاهی عمودی قرار دارند که نیروی جانبی رو به تراز کف و سپس به قاب سازه منتقل می کنند.**
- **میراگرهای انتقالی دوجهته طوری ساخته می شوند، که بتوانند در دو جهت عمود برهم حرکت سازه را کنترل نمایند.**



دیاگرام شماتیک از میراگر جرمی تنظیم شده جابجایی یک جهته

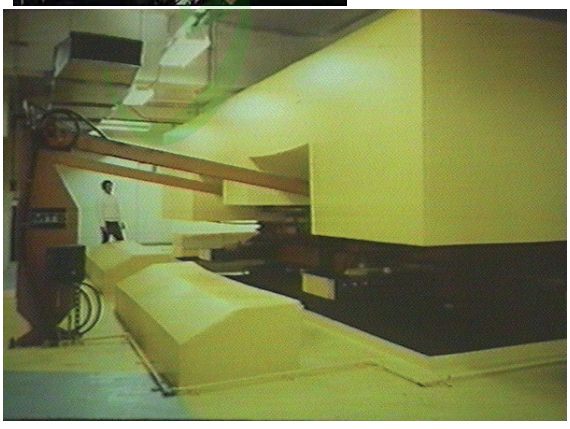
آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگر جرمی تنظیم شده جابجایی،نمونه اجرا شده:

- دو میراگر به برج ۱۰۰طبقه John Hancock Tower در شیکاگو اضافه شده تا پاسخ سازه به اثر تندباد را کاهش دهد.
- میراگرها در دو انتهای طبقه ۵۸ با فاصله ۶۷ متری از هم قرار گرفته اند تا نوسان هایی مانند پیچش ناشی از شکل سازه را خنثی نمایند.
- وزن هر میراگر ۲۷۰۰کیلونیوتن می باشد.
- وقتی که شتاب افقی برای دو سیکل متوالی از 0.003 g تجاوز کند، سیستم بصورت اتوماتیک وارد عمل می شود.
- در حدود ۳میلیون دلار هزینه داشته و انتظار می رود نوسان در ساختمان را در حدود ۴۰ الی ۵۰ درصد کاهش دهد.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگر جرمی تنظیم شده جابجایی،نمونه اجرا شده:



- استفاده شده در برج citicorpمنهتن
- ارتفاع ساختمان ۲۷۹متر، پریود غالب ۵/۶ ثانیه ونسبت میرایی۱٪در طول هرمحور
- نصب میراگر در طبقه ۶۳ در تاج سازه
- جرم میراگر ۳۶۶تن حدود۲٪ جرم مودی موثر در مود اول
- انتظار می رود این میراگر دامنه حرکت سازه را تا۵۰ درصد کاهش دهد. این کاهش دامنه معادل آنست که میرایی سازه را به ۴٪ افزایش دهیم.
- بلوک بتنی ارتفاعی حدود ۲/۶ متر وابعاد ۹/۱ در ۹/۱ متر داردو بروی سری بلبرینگ هایی ۱۲ تایی با قطر ۶ سانتی متر با فشار هیدرولیکی قرار دارد.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگر جرمی تنظیم شده جابجایی،نمونه اجرا شده:

- برج بندر چیبا TMD

نصب TMD برج Ten Bosch در ناکاساکی

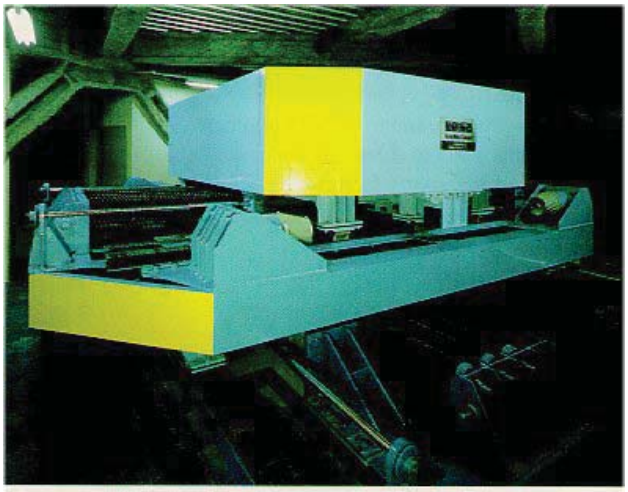


Fig.1 Tuned Mass Damper of Fukuoka Tower

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگر جرمی تنظیم شده فعالAMD

افزایش تاثیر میراگر جرمی تنظیمی را می توان با اتصال یک جرم کمکی و یک actuator (تحریک کننده) به جرم تنظیم شده و جابجایی جرم کمکی به همراه تحریک کننده -بطوریکه پاسخ آن در فاز مخالف با پاسخ جرم تنظیم شده باشد- اعمال کرد.

اثرجابجایی جرم کمکی ایجاد یک نیروی اضافی است که متمم نیروی ایجاد شده توسط جرم تنظیم شده است، وبنابراین میرایی معادل سیستم AMD را افزایش می دهد.

می توان تحریک کننده را مستقیماً به جرم تنظیم شده متصل کرد که در این حالت جرم کمکی حذف می شود.

از آنجایی که تحریک کننده به منبع انرژی خارجی نیاز دارد، به این سیستم "میراگر جرمی تنظیم شده فعال" گفته می شود.

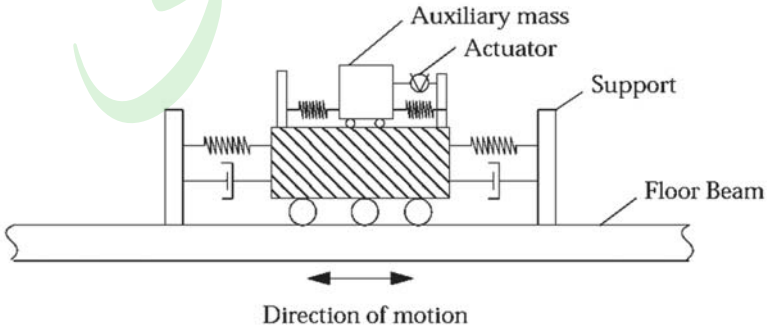


Fig. 4.7: An active tuned mass damper configuration.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگر جرمی تنظیم شده پاندولی

- در میراگرهای جرمی تنظیم شده، مسائل ومشکلات ایجاد شده در ارتباط با غلتک هارا می توان با استفاده از کابل هایی که به جرم متصل شده اند وبه سیستم اجازه اجازه حرکت پاندولی را می دهند، حل کرد.

در شکل a یک پاندول ساده نشان داده شده است که به سقف آویزان شده است. حرکت طبقه ، پاندول را تحریک می کند. جابجایی نسبی پاندول یک نیروی افقی در جهت خلاف حرکت طبقه ایجاد می کند.این عمل را با استفاده از یک سیستم تک درجه آزادی معادل –مانند شکلb- نشان داد.

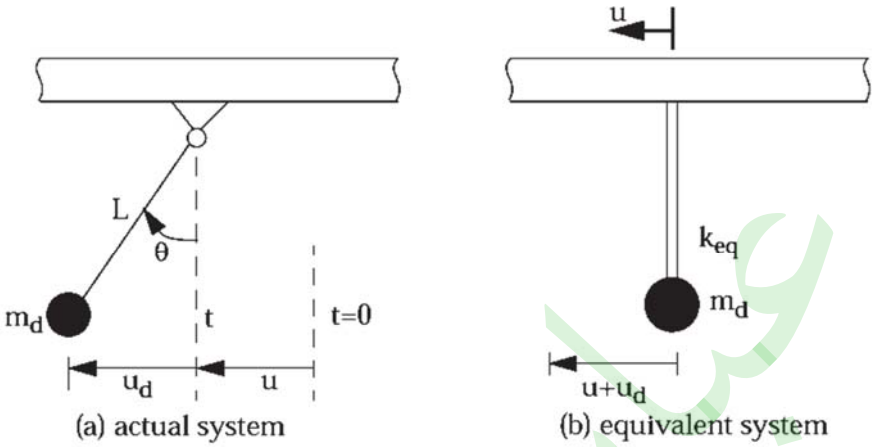


Fig. 4.8: A simple pendulum tuned mass damper.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگر جرمی تنظیم شده پاندولی

- میراگر جرمی تنظیمی پاندولی ساده یک محدودیت مهم دارد. از آنجاییکه دوره تناوب پاندول به طول کابل بستگی دارد، لذا برای ایجاد دوره تناوب بزرگ ممکن است نیاز به طولی بزرگتر از ارتفاع طبقه معمولی داشته باشد. بعنوان مثال طول پاندول موردنیاز برای ایجاد دوره تناوب ۵ ثانیه، ۶/۲ متر می باشد درصورتیکه ارتفاع طبقه بین ۴ تا ۵ متر می باشد.

این مشکل بوسیله طرح نشان داده شده در شکل، توسط یک رابط صلب داخلی که حرکت پاندول را بزرگنمایی می کند قابل رفع می باشد. رابط صلب هم فاز با میراگر حرکت می کند و دامنه تغییرمکان یکسانی دارد.

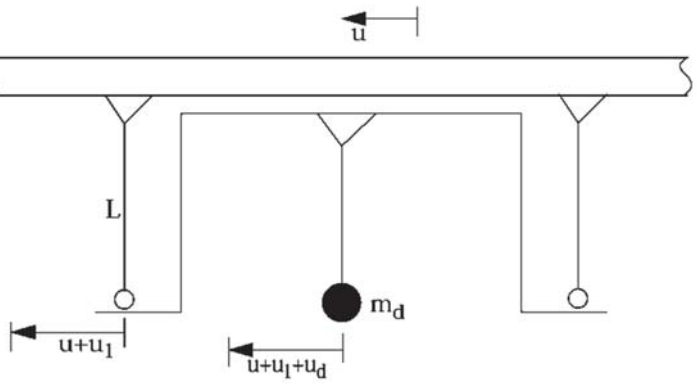


Fig. 4.9: Compound pendulum.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگر جرمی تنظیم شده پاندولی،نمونه اجرا شده در برج کریستال (Crystal Tower &1990):

Fig. 4.11: Ice storage tank - Crystal Tower.

- این برج در اوساکای ژاپن قرار دارد.
- ارتفاع ساختمان۱۵۷متر،ابعادپلان۲۸متردر ۶۷ متر
- دروه تناوب اصلی آن در جهت شمال-جنوب بطور تقریبی ۴ ثانیه و در جهت شرق-غرب بطور تقریبی ۳ ثانیه
- یک میراگر جرمی تنظیمی پاندولی در فاز اولیه طراحی جهت کاهش حرکت القایی باد به سازه تا ۵۰ درصد درنظر گرفته شده بود.
- شش عدد از نه خنک کننده هوا و مخازن ذخیره سرما (هرکدام به وزن ۹۰تن)، از تیرآهن های بالای طبقه آویزان شده و بعنوان جرم پاندولی مورداستفاده قرار می گیرند. چهار مخزن با طول پاندولی ۴ متر در جهت شمال-جنوب و دو مخزن دیگر با طول پاندولی ۳ متر در جهت شرق-غرب عمل می کنند.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

میراگر جرمی تنظیم شده پاندولی،نمونه اجرا شده در برج کریستال (Crystal Tower &1990):

شکل ۴-۱۰ طرح مخازن ذخیره سرما را که بعنوان جرمهای میراگر استفاده شده است را نشان می دهد.

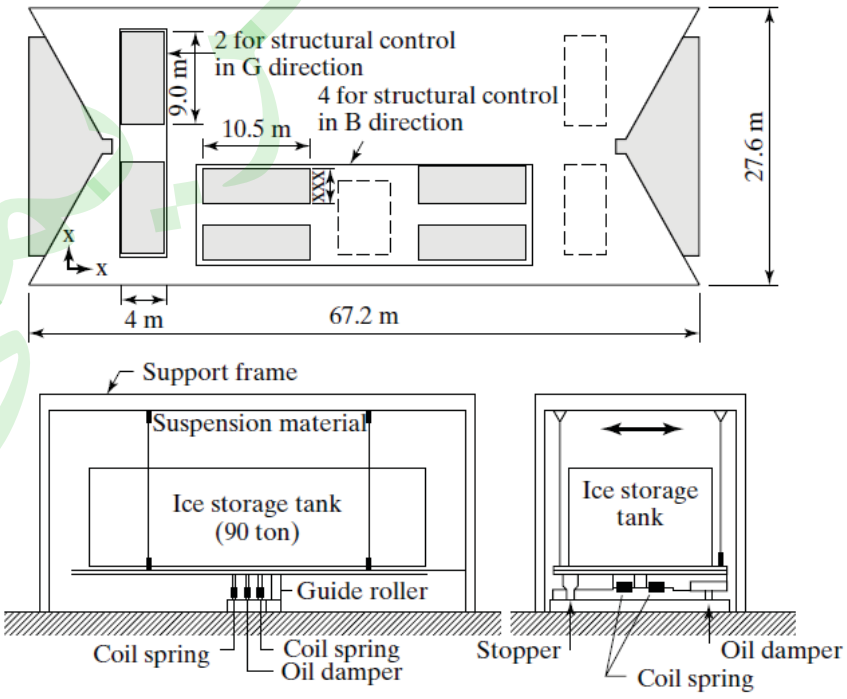


Fig. 4.10: Pendulum damper layout - Crystal Tower.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

پاسخ سیستم تک درجه آزادی در حالت وجود میراگر جرمی تنظیم شده پاندولی

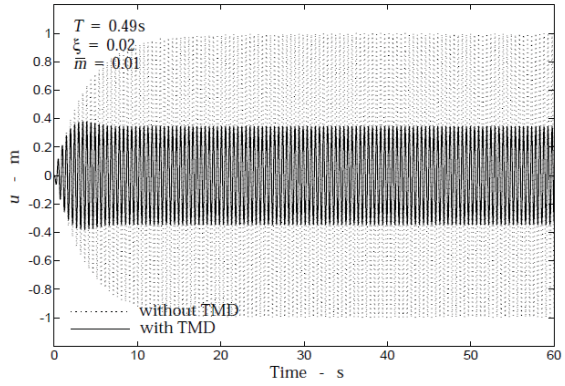


Fig. 4.33: Response of SDOF to harmonic excitation.

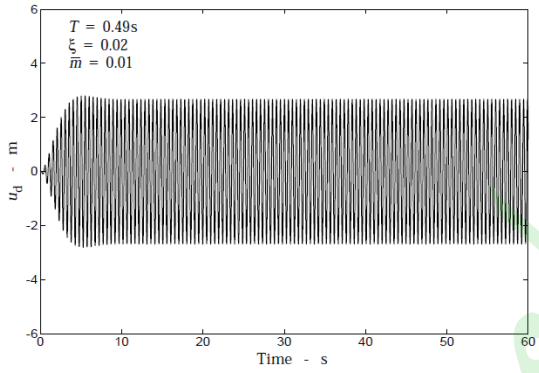


Fig. 4.34: Relative displacement of TMD under harmonic excitation.

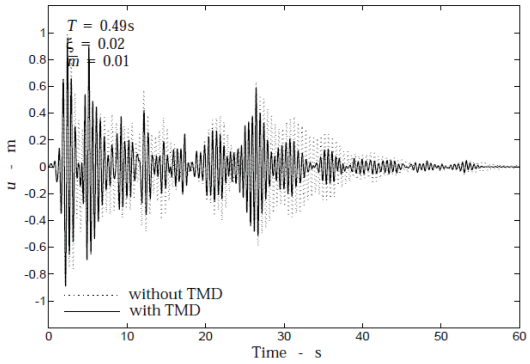


Fig. 4.35: Response of SDOF to El Centro excitation.

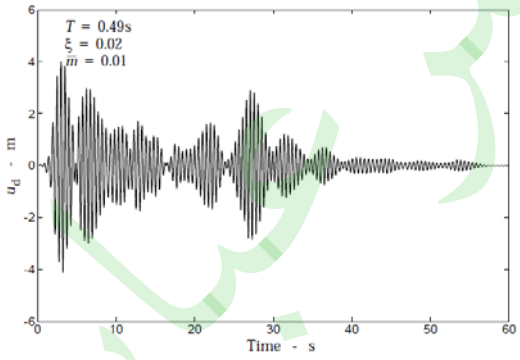


Fig. 4.36: Relative displacement of TMD under El Centro excitation.

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

- میراگرها وتاثیر آنهابرطیف پاسخ وطیفADRS
- میراگرهای اصطکاکی(پال، چرخشی)
- میراگرهای تسلیمی (LED,UNBONDED BRACE DAMPER,ADAS)
- میراگرهای ویسکوز
- میراگرهای ویسکوالاستیک
- میراگرهای آلیاژی(SMA)
- میراگرهای جرمیTMD,AMD
- **کاربرد و رفتار انواع میراگرها**
- اشکال مختلف نصب میراگرها
- مدل سازی میراگرها در نرم افزارهای کامپیوتری

کاربرد و رفتار انواع میراگرها

ردیف	نوع میراگر	مدل رفتاری	کاربرد
۱	تسلیمی	وابسته به تغییرمکان	سازه های کوتاه و متوسط در مقابل زلزله
۲	اصطکاکی	وابسته به تغییرمکان	سازه های کوتاه و متوسط در مقابل زلزله
۳	آلیاژی	سایر وسایل (نه وابسته به سرعت و نه وابسته به تغییرمکان)	کنترل لرزه‌ای موضعی
۴	ویسکوز	وابسته به سرعت	اکثرسازه‌ها در مقابل باد و زلزله
۵	ویسکوالاستیک	وابسته به سرعت و تغییرمکان	سازه های کوتاه و متوسط در مقابل باد و زلزله
۶	جرمی	سایر وسایل (نه وابسته به سرعت و نه وابسته به تغییرمکان)	سازه های بلند در مقابل باد و زلزله

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

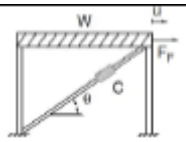
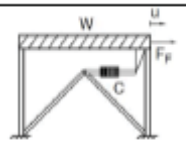
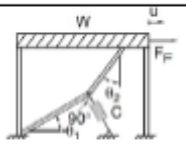
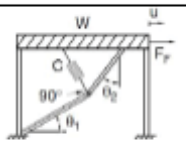
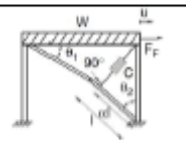
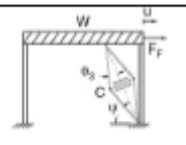
- میراگرها وتاثیر آنهابرطیف پاسخ وطیفADRS
- میراگرهای اصطکاکی(پال، چرخشی)
- میراگرهای تسلیمی (LED,UNBONDED BRACE DAMPER,ADAS)
- میراگرهای ویسکوز
- میراگرهای ویسکوالاستیک
- میراگرهای آلیاژی(SMA)
- میراگرهای جرمیTMD,AMD
- کاربرد و رفتار انواع میراگرها
- **اشکال مختلف نصب میراگرها**
- مدل سازی میراگرها در نرم افزارهای کامپیوتری

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

اشکال مختلف نصب میراگر

- اشکال قرارگیری میراگرها در قاب یک دهانه و یک طبقه نشان داده شده است .
- نسبت های میرایی برای اشکال بادبندی قطری و جناغی کمتر از۵٪می باشد و برای سایر اشکال ترکیبی ، بیش از۲۳٪است.

این اشکال، بکارگیری میراگردر سازه های با سختی زیاد را ممکن می سازد و هزینه کمتری نسبت به اشکال قطری و جناغی دارند. در ایالات متحده سه ساختمان ۳۷ طبقه با این شکل ترکیبی میراگر ساخته شده اند

قطری		$f=\cos\theta$	$\theta=37^\circ$ $f=0.799$ $\beta=0.032$
جناغی		$f=1.00$	$f=1.00$ $\beta=0.05$
اتصال میراگر از پایین به بادبند		$f=\frac{\sin\theta_2}{\cos(\theta_1+\theta_2)}$	$\theta_1=319^\circ,\theta_2=43.2^\circ$ $f=2.662$ $\beta=0.344$
اتصال میراگر از بالا به بادبند		$f=\frac{\sin\theta_2}{\cos(\theta_1+\theta_2)}+\sin\theta_1$	$\theta_1=319^\circ,\theta_2=43.2^\circ$ $f=3.191$ $\beta=0.509$
معکوس 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		$f=\frac{\cos\psi}{\tan(\theta_3)}$	$\theta_3=9^\circ,\psi=70^\circ$ $f=2.159$ $\beta=0.233$

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

در جدول ۷-۳ 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 ایمنی جانی، این گزینه مقاوم‌سازی اقتصادی می‌باشد. تجربه‌های بهسازی نشان می‌دهد که میراگرها به سطح عملکرد بی‌وقفه نیز دست خواهند یافت.

جدول ۷-۳- قابلیت جداگر لرزه‌ای و میراگرها در تامین سطوح عملکرد سازه

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

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

- میراگرها وتاثیر آنهابرطیف پاسخ وطیفADRS
- میراگرهای اصطکاکی(پال، چرخشی)
- میراگرهای تسلیمی (LED,UNBONDED BRACE DAMPER,ADAS)
- میراگرهای ویسکوز
- میراگرهای ویسکوالاستیک
- میراگرهای آلیاژی(SMA)
- میراگرهای جرمیTMD,AMD
- کاربرد و رفتار انواع میراگرها
- اشکال مختلف نصب میراگرها
- مدل سازی میراگرها در نرم افزارهای کامپیوتری

مدلسازی میراگر

نرم افزار تحلیل سازه

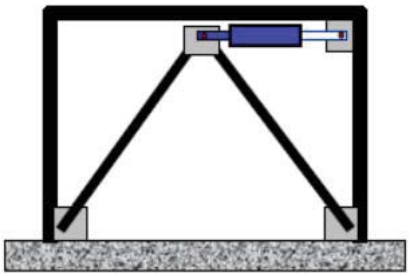
- نرم افزارهای حرفه ای مختلفی جهت تحلیل سازه دارای اتلاف انرژی قابل استفاده می باشد
- برای مدلسازی میراگر غیرخطی، برنامه SAP2000 و OpenSEES کارایی دارد

	SAP2000: ETABS	DRAIN
Linear Viscous Fluid Dampers	Yes	Yes
Nonlinear Viscous Fluid Dampers	Yes	NO
Viscoelastic Dampers	Yes	Yes
ADAS Type Systems	Yes	Yes
Unbonded Brace Systems	Yes	Yes
Friction Systems	Yes	Yes
General System Yielding	Pending	Yes

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

مدلسازی میراگر ویسکوز خطی در نرم افزار DRAIN

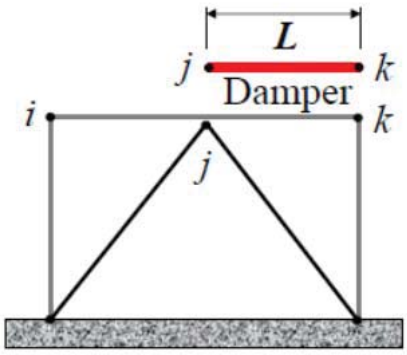
Modeling Linear Viscous Dampers in DRAIN



Use a Type-1 truss bar element with stiffness proportional damping:

$$K = \frac{AE}{L} \qquad C = \beta K$$

For dampers with low stiffness:
Set $A = L$, $E = 0.01$ and
$\beta = C_{Damper}/0.01$



Result:

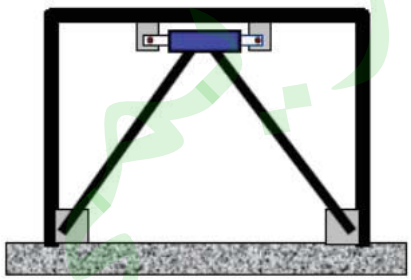
$$K = 0.01 \qquad C = C_{Damper}$$

$$F = C\dot{u} = \beta K\dot{u} = C_{Damper}\dot{u}$$

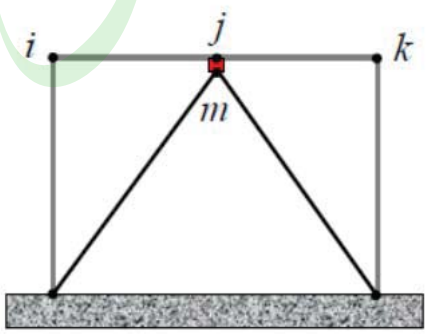
آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

مدلسازی میراگر ویسکوز خطی در نرم افزار DRAIN

Modeling Linear Viscous Dampers in DRAIN



Dampers may be similarly modeled using the zero-length "Type-4" connection element.



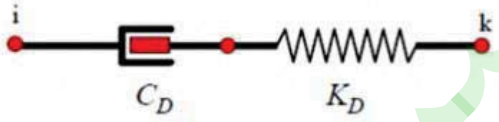
Nodes *j* and *m* have the same coordinates

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

مدلسازی میراگر

SAP2000 NLLINK Element

- مدلسازی Viscous/Viscoelastic Damper
  - میراگر با استفاده از Maxwell Element شامل میراگر خطی یا غیرخطی سری با فنر خطی مدلسازی می شود



  - از عنصر غیرخطی رابط Nonlinear Link برای شبیه سازی رفتار غیرخطی موضعی استفاده می گردد
  - رفتار غیرخطی فقط در تحلیل تاریخچه پاسخ غیرخطی قابل مشاهده است

- مدلسازی انواع میراگرهای با NLLINK
  - Linear Viscous Damper
  - Nonlinear Viscous Damper
  - Viscoelastic Damper
- برای Linear Viscous Damper سختی فنر K_D باید مقدار بزرگی اختیار شود (سختی خیلی زیاد=همگرا نشدن جواب)
- می توان مقدار $\lambda = C_D/K_D$ Relaxation Time را به اندازه ده برابر گام زمانی Δt توصیه کرد
- با انتخاب ضریب نمایی سرعت کوچکتر از 0.4، برنامه مشکلاتی در همگرایی پاسخ از خود نشان می دهد

آشنایی بامیراگرهاکاربرد وانواع آن ها

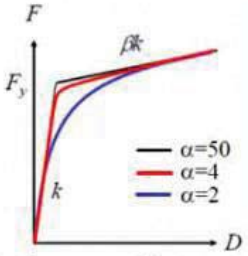
مدلسازی میراگر

SAP2000 NLLINK Element

- مدلسازی ADAS / Unbounded Brace / Friction Damper
  - میراگر با استفاده از Plasticity Model مدلسازی می شود

$$F = \beta k D + (1-\beta) F_y Z$$

$$\dot{Z} = \frac{k}{F_y}\begin{cases} \dot{D}\left(1-|Z|^{\alpha}\right) & if\ \dot{D}Z > 0 \\ \dot{D} & otherwise \end{cases}$$



  - Z متغیر کمکی معادله ریاضی مدل چرخه ای است (مقدار بین 0 تا 1)
  - جاری شدن متناظر با مقدار Z=1 است

- میراگر ADAS / Unbounded Brace در عمل رفتار خمیری دارند و المان رابط غیرخطی Nonlinear Link به طور مستقیم قابل استفاده است
- برای میراگر اصطکاکی، المان فوق با انتخاب ضرایب مناسب قابل استفاده است
- استفاده از ضریب نمایی α نسبتا بزرگ (حداکثر 50) و ضریب سختی ثانویه β برابر 0 در مدل میراگر اصطکاکی کفایت می کند