K.N.TOOSI University of Technology

دینامیک خاک

جداسازی از کف

Hasan Ghasemzadeh

http://sahand.kntu.ac.ir/~ghasemzadeh/indexfa.html

K.N. Toosi University of Technology

فهرست

مقدمه

طبقه بندی روش های نوین

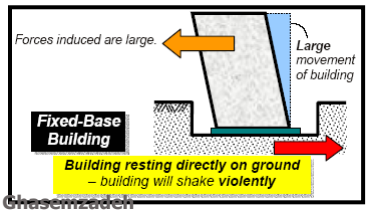
روش طراحی

روش نصب

مقدمه

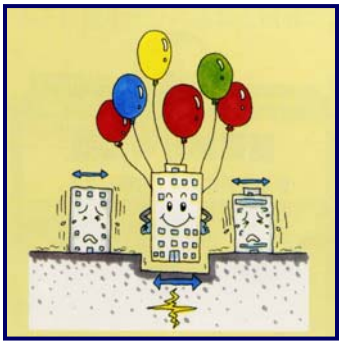
دو مکانیزم عمده خرابی سازه ها بر اثر زمین لرزه:

- رانش بین طبقات ساختمان نسبت به یکدیگر
- شتاب ایجاد شده در طبقات ساختمان



٣ Dr. Hasan Ghasemzadeh

راه کارهای موجود



1. سیاست ایستادگی (ظرفیت بالا، هضم انرژی یا قبول خسارت) ایجاد تعادل میان ظرفیت و طلب
2. سیاست فرار (انحراف انرژی با حذف عوامل درگیری بین سازه و عوامل آسیب رساننده)

٤ Dr. Hasan Ghasemzadeh

روشهای طراحی لرزه ای

- مقاومت و شکل پذیری(روش فعلی کار درآیین نامه ها)
- نرمی سازه و جذب انرژی(جزو روشهای نوین)

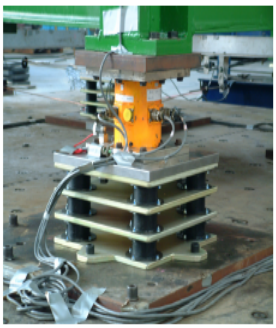
طبقه بندی روش های نوین:

- اتلاف انرژی (Energy Dissipation)
- عایق‌های لرزه‌ای (Isolation)

٥ Dr. Hasan Ghasemzadeh

برخی از سیستم های نوین:

Fig. Base-Isolators for Transformers



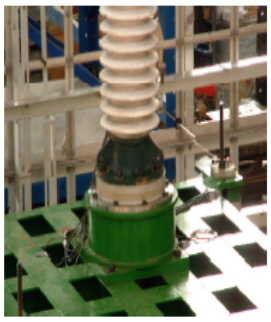
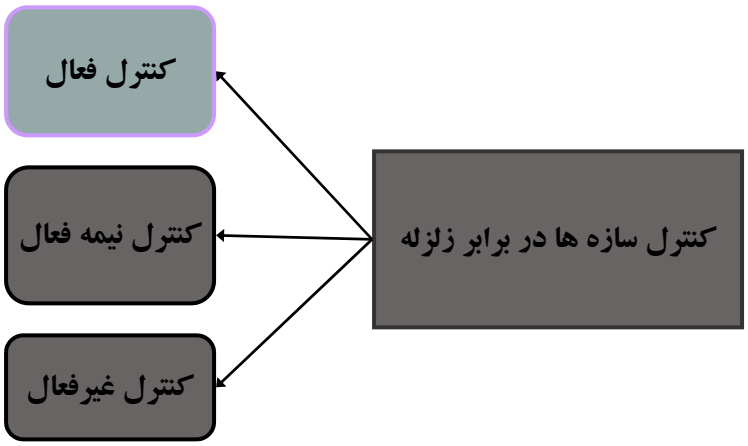


Fig. Energy-Dissipating Connector

٦ Dr. Hasan Ghasemzadeh

روشهای مختلف کنترل سازه ها در برابر زلزله

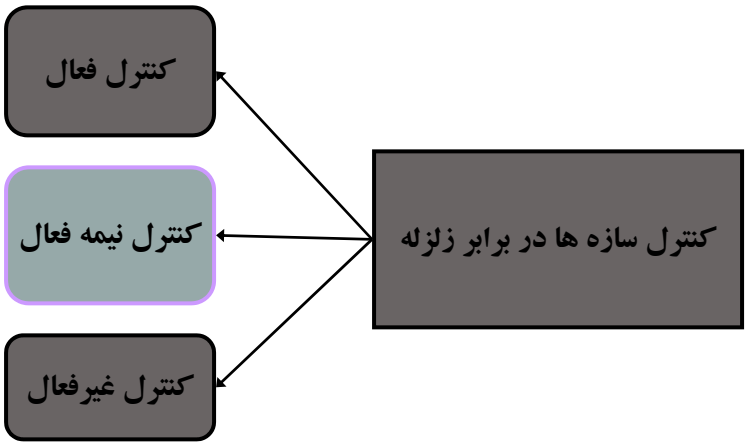


۷ Dr. Hasan Ghasemzadeh

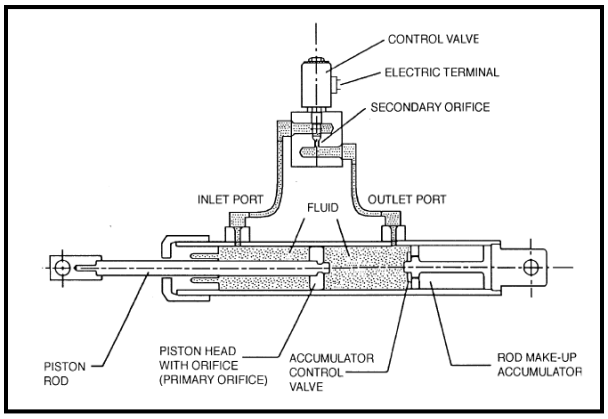
اجزای یک سیستم کنترل فعال

۸ Dr. Hasan Ghasemzadeh

روشهای مختلف کنترل سازه ها در برابر زلزله



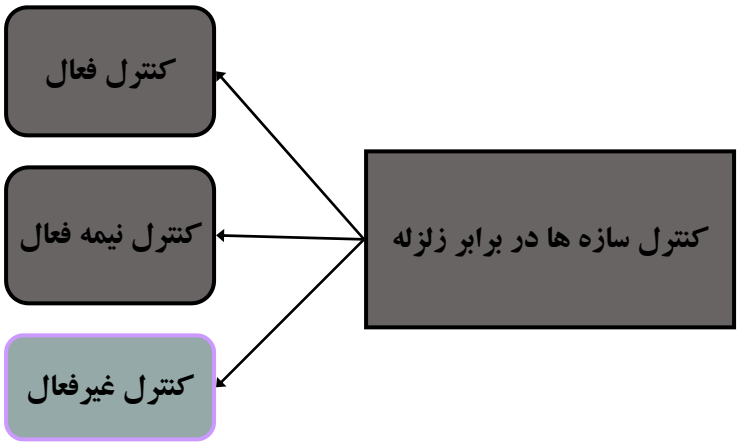
۹ Dr. Hasan Ghasemzadeh



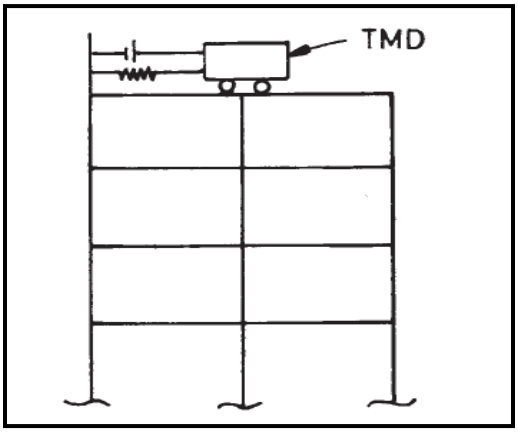
نمونه ای از یک سیستم کنترل نیمه فعال

۱۰ Dr. Hasan Ghasemzadeh

روشهای مختلف کنترل سازه ها در برابر زلزله

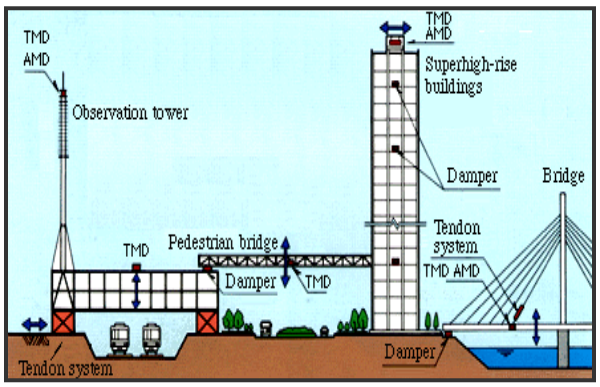


۱۱ Dr. Hasan Ghasemzadeh



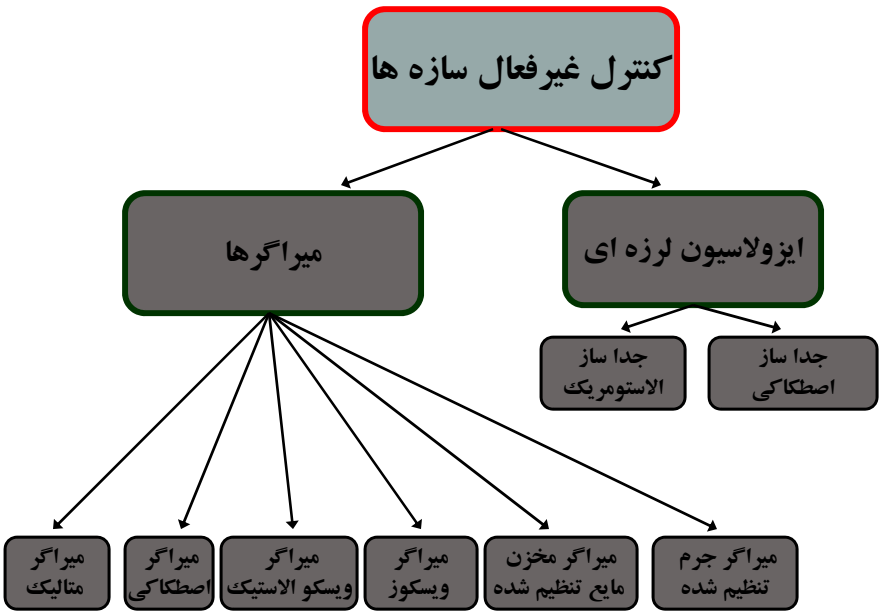
نمونه ای از یک سیستم کنترل غیر فعال

۱۲ Dr. Hasan Ghasemzadeh

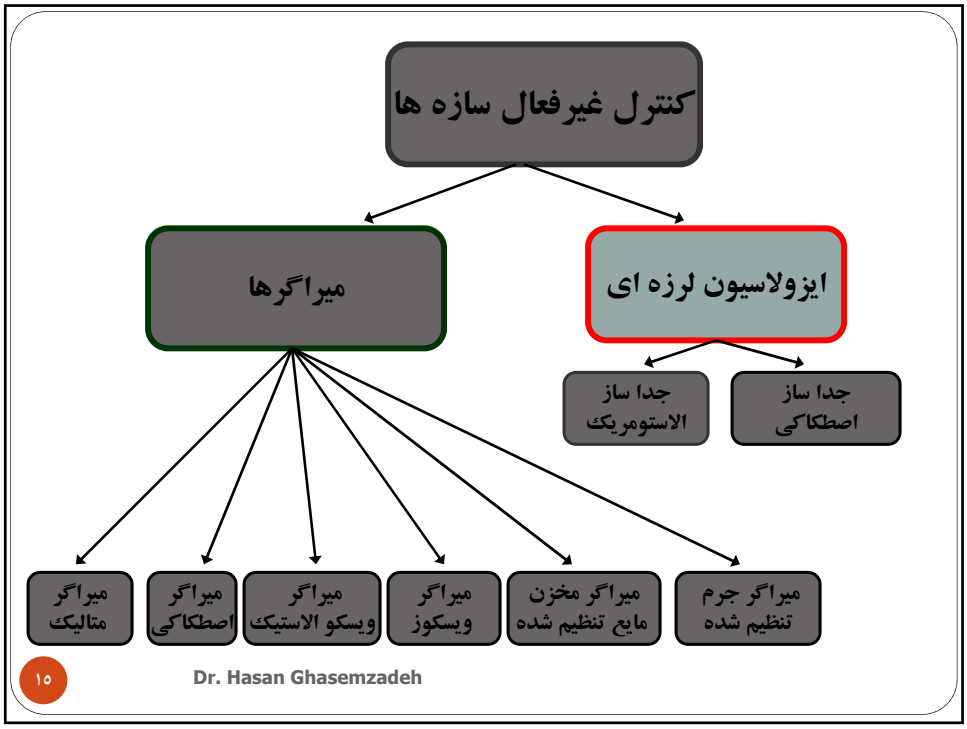


نمونه ای از یک سیستم هیبرید

۱۳ Dr. Hasan Ghasemzadeh



۱٤ Dr. Hasan Ghasemzadeh


کنترل غیرفعال سازه ها
میراگرها
ایزولاسیون لرزه ای
جدا ساز الاستومریک
جدا ساز اصطکاکی
میراگر متالیک
میراگر اصطکاکی
میراگر ویسکو الاستیک
میراگر ویسکوز
میراگر مخزن مایع تنظیم شده
میراگر جرم تنظیم شده
۱۵
Dr. Hasan Ghasemzadeh

جداگر در حال نصب
سازه جداسازی شده
۱۶
Dr. Hasan Ghasemzadeh

سیستم های جداسازی، مزایا و معایب

- **مزایا:**

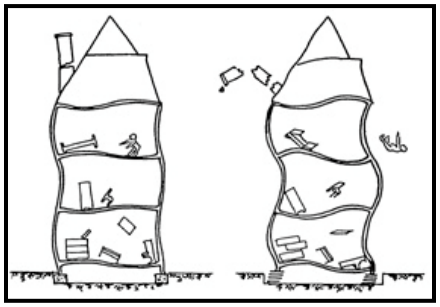
ساختمان را از حرکات زمین ایزوله می کند (حداقل خسارت و نیاز به کمترین تعمیر)؛
طراحی، بیشتر بر اساس بار ثقلی و سبک سازی بنا؛
ساختمان می تواند در هنگام تعمیر قابل استفاده باشد؛
اختلال اساسی در عملکرد روسازه متصور نیست؛
حفاظت از المان های غیرسازه ای و تجهیزات محتوی ساختمان؛
نمود کمتر اثر مدهای بالاتر– خرابی کمتر و نیز حصول رابطه ریاضی ساده تر جهت مدل سازی روسازه.

- **معایب:**

تجهیزات هزینه بر؛
هزینه بالا برای نصب ملحقات مورد نیاز به سازه؛
نیاز جابجایی بالا برای جداگر.

۱۷ Dr. Hasan Ghasemzadeh

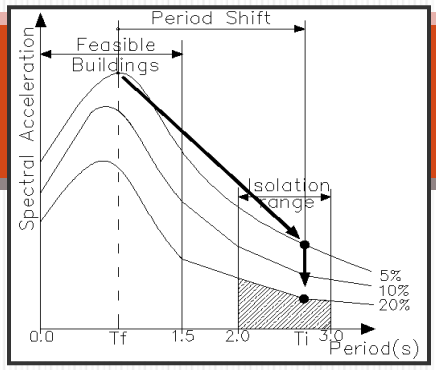
عوامل موثر در روش نرمی و جذب انرژی:



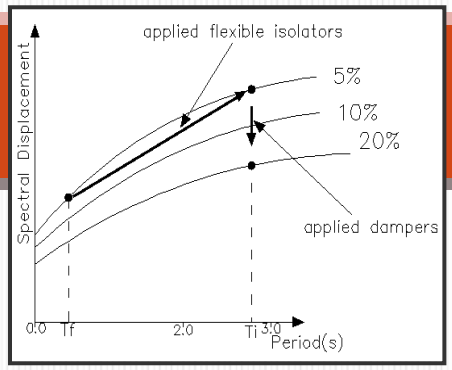
- افزایش پریود طبیعی(T_n)
- افزایش میرایی(ξ)
- کاهش اثر مودهای بالاتر

نرم کردن سازه ← پریود ↑ ← جابجایی ↑ ← میرایی ↑

Dr. Hasan Ghasemzadeh 18



طیف پاسخ ایده آل شتاب

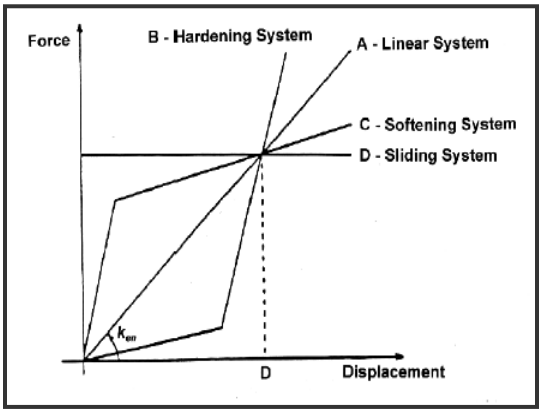


طیف پاسخ ایده آل جابجایی

پیشینه کاربرد جداگر در چند کشور

- استفاده از تکنولوژی جداسازی در نیوزلند برای نخستین بار در سال ۱۹۷۴؛
- استفاده از تکنولوژی جداسازی در ایالات متحده برای نخستین بار در سال ۱۹۸۴؛
- استفاده از تکنولوژی جداسازی در ژاپن برای نخستین بار در سال ۱۹۸۵
- استفاده از تکنولوژی جداسازی در ایران برای نخستین بار در سال ۱۹۶۸
- بیش از ۸۰ ساختمان و ۱۵۰ پل- در ایالات متحده؛
- و بیش از ۱۰۰۰ ساختمان و ۵۰۰ پل- در ژاپن.

۲۰ Dr. Hasan Ghasemzadeh



نمودار رفتار شماتیک گونه های مختلف جداگر لرزه ای

۲۱ Dr. Hasan Ghasemzadeh

عایق های الاستومریک:

نشیمن های الاستومریک ابزاری هستند معمولی برای اعمال انعطاف پذیری به سازه .

این ادوات از لایه های نازک لاستیک طبیعی حاصل از آتشفشان حاصل شده اند و با ورق های فولادی نازکی مقید و محصور گردیده اند.

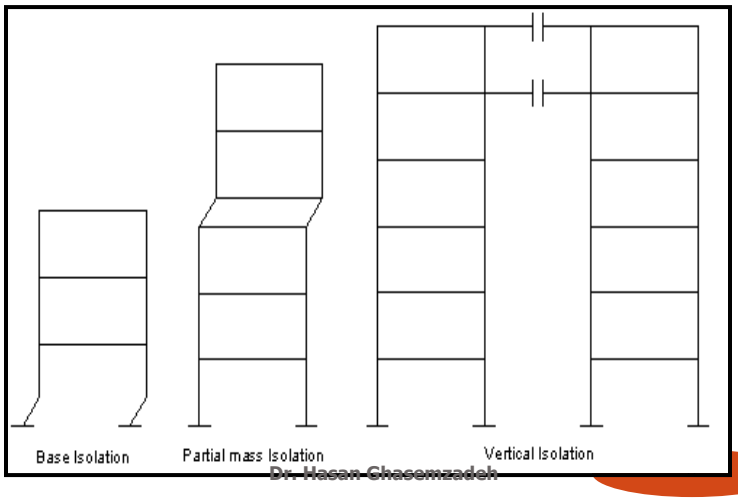
عوامل موثر بر خصوصیات پاسخ نیرو-تغییر مکان:

- اندرکنش محوری-برش
- تغییر مکان دو جانبه(دو محوری)
- تاریخچه بار، شامل اثرات Scragging عایق های الاستومریک خالص
- حرارت
- دیگر بارهای محیطی(پیرامونی)
- نسبت سن به عمر مفید

Scragging :کاهش سختی و میرایی عایق الاستومری

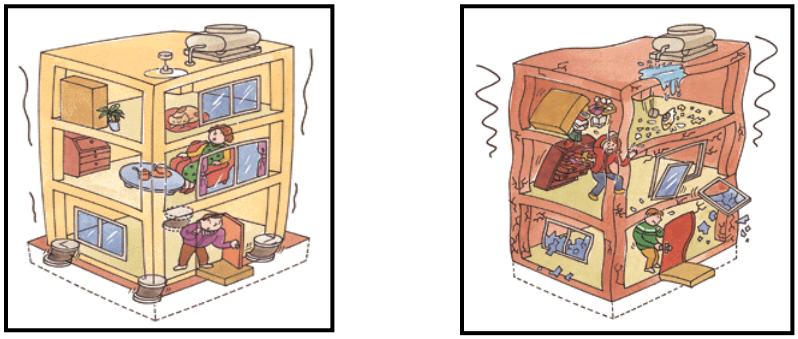
۲۳ Dr. Hasan Ghasemzadeh

حالت های جایگیری عایق های لرزه ای:

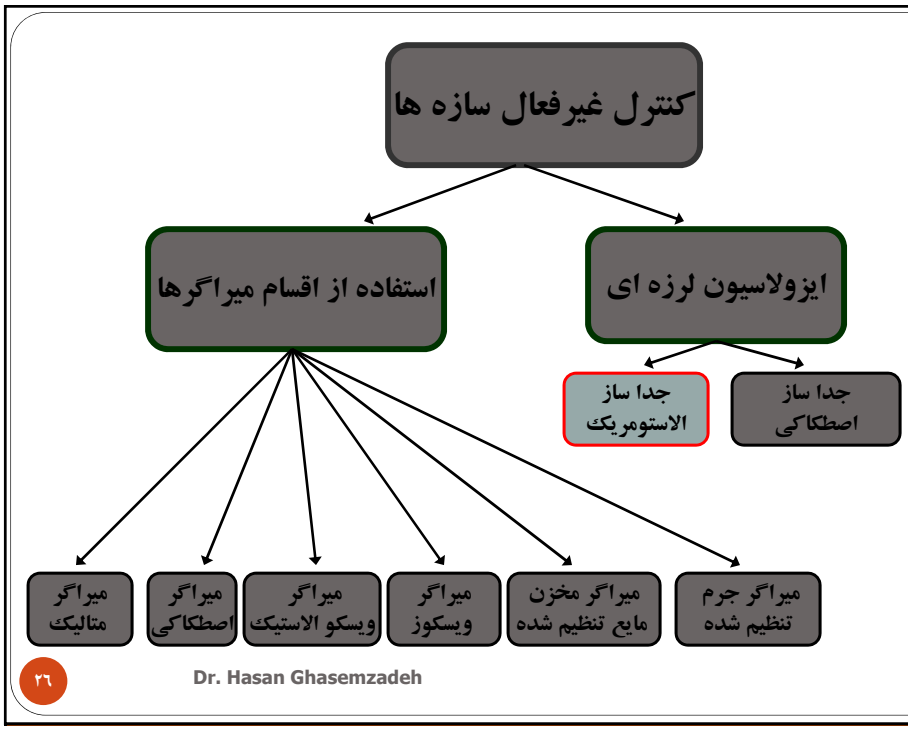


Dr. Hasan Ghasemzadeh

مقایسه شماتیک عملکرد یک ساختمان با و بدون عایق لرزه ای در حین زلزله



Dr. Hasan Ghasemzadeh ۲۵



انواع عایق های الاستومریک:

- نشیمن های لاستیکی کند میرا(RB)
- نشیمن های لاستیکی کند میرا با هسته سربی(LRB)
- نشیمن های لاستیکی تند میرا(HDR)

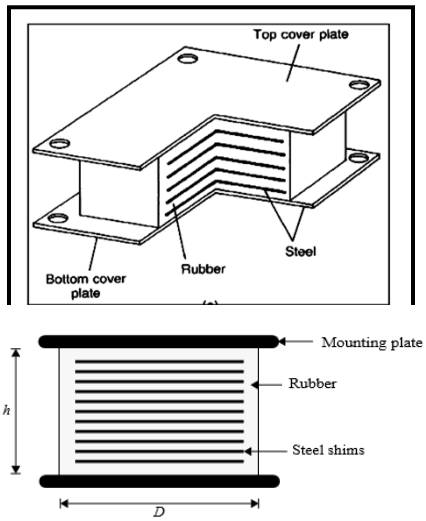
۲۷ Dr. Hasan Ghasemzadeh

عایق لاستیکی به عنوان پرکاربردترین عایق لرزه ای؛

- پاسخ سازه را به کمتر از نصف پاسخ سازه سنتی کاهش خواهد داد.
- بدون نگهداری خاصی می تواند بالغ بر ۱۰۰ سال عمر کند.
- تغییر مکان حادث توسط زلزله را بطور کامل می پوشاند.
- حرکت قائم ساختمان را در طول زلزله می تواند تحمل کند.
- کاهش تنش های حرارتی در سازه به توسط تغییر مکان افقی آزاد نشیمن در طول تغییرات شدید حرارت پیرامون سازه.
- تنظیم نیروهای ایجاد شده در سازه به علت نشست پی ساختمان قبل یا بعداز زلزله به وسیله پذیرش تغییر شکل در لاستیک.

۲۸ Dr. Hasan Ghasemzadeh

نشیمن های لاستیکی کند میرا

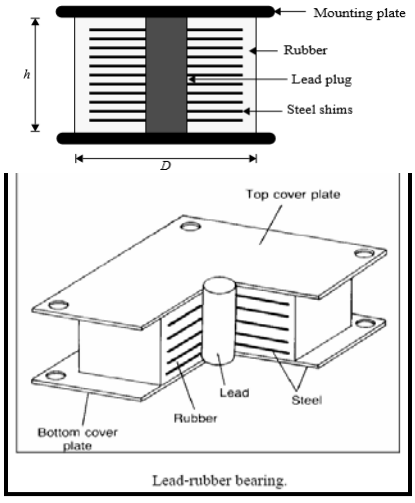


این نشیمن در برابر جابجایی های زیاد بویژه در مناطق نزدیک به گسل تغییر شکل های زیادی می دهد زیرا در برابر بار جانبی عامل بازدارنده قوی ندارد

۲۹

Dr. Hasan Ghasemzadeh

نشیمن های لاستیکی کند میرا با هسته سربی



این نشیمن نسبت به نشیمن NRB در برابر بارهای جانبی و جابجایی های زیاد تغییر شکل کمتری نشان می دهد.

۳۰

Dr. Hasan Ghasemzadeh

نشیمن های لاستیکی تند میرا

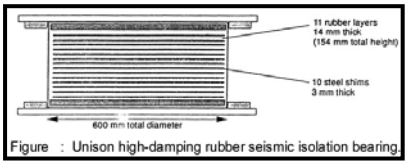


Figure : Unison high-damping rubber seismic isolation bearing.

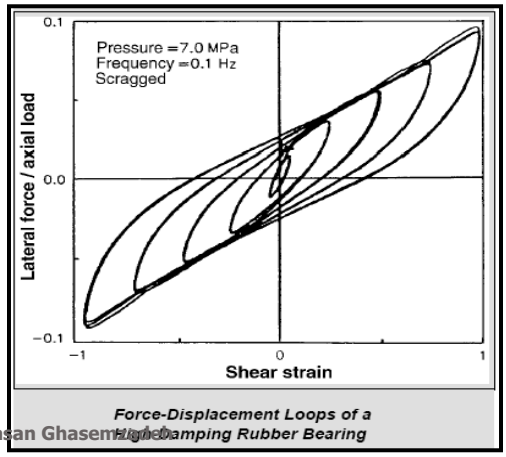
۳۱ Dr. Hasan Ghasemzadeh

نشیمن های لاستیکی تند میرا

نشیمن های لاستیکی تند میرا از لاستیک ترکیبی ویژه ای ساخته شده اند که میرایی موثر آنها بین ۱/۰ تا ۲/۰ میرایی بحرانی می باشد. با افزودن برخی ترکیبات شیمیایی می توان میرایی موثر لاستیک تند میرا را افزایش داد ولی این افزودنی ها همچنین می تواند دیگر خواص مکانیکی لاستیک را نیز تحت تاثیر قرار دهد.

۳۲ Dr. Hasan Ghasemzadeh

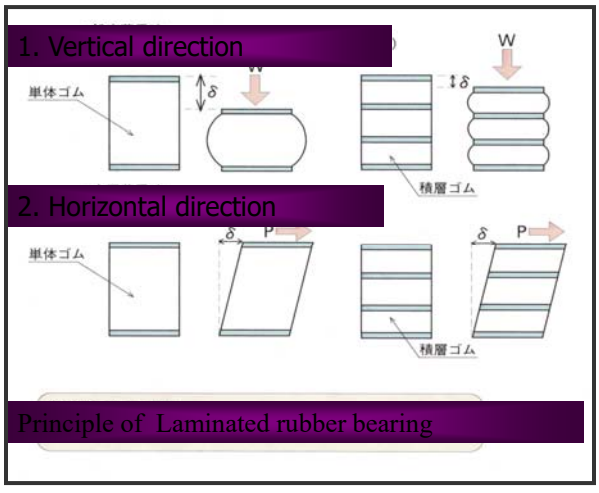
چرخه های نیرو-تغییرمکان نشیمن لاستیکی تند میرا(تحت Scragging)



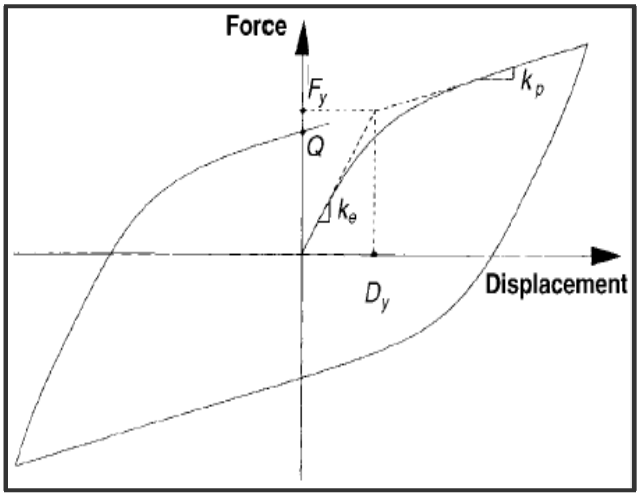
Force-Displacement Loops of a High-Damping Rubber Bearing

٣٣ Dr. Hasan Ghasemzadeh

شکل شماتیک جداگر لاستیکی



٣٤ Dr. Hasan Ghasemzadeh



مشخصات پارامتریک جداگر LRB

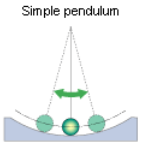
Dr. Hasan Ghasemzadeh

عایق‌های لغزشی:

نشیمن‌های لغزشی، همانطورکه از نامشان برمی‌آید، طی لغزش و اصطکاک سبب مهار نیروهای جانبی پیرامون شده و انتقال نیرو را به سازه عایق شده به سطح (تراز) مطلوب و از پیش تعیین شده محدود می سازد.

این نشیمن در برابر بارهای جانبی شدید و همچنین حرکات بزرگ زمین رفتار بهتری نسبت به نشیمن‌های محوری دارد. همچنین این نشیمن برای تحمل بارهای سنگین تر با آسیاژهای متقاوت وجود دارد تا ابعاد آن بیش از حد بزرگ نشود.

Dr. Hasan Ghasemzadeh



انواع عایق های لغزشی:

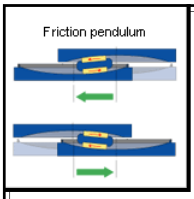
- سطح صاف یاسطح انحنادار، مانند سیستم آونگ مالشی(FPS)
- سیستم های غلتکی(Rolling) به عنوان سیستم های لغزشی دسته بندی می شوند.

۳۷ Dr. Hasan Ghasemzadeh

عوامل موثر بر خصوصیات پاسخ نیرو-تغییر مکان:

- فشار تماسی
- نرخ بارگذاری(سرعت)
- تغییر مکان دو جانبه(دو محوری)
- حرارت
- آلودگی
- دیگر بارهای محیطی(پیرامونی)
- نسبت سن به عمر مفید

۳۸ Dr. Hasan Ghasemzadeh



انواع عایق های لغزشی:

و چرخه های نیرو-تغییرمکان ایده آل آنها

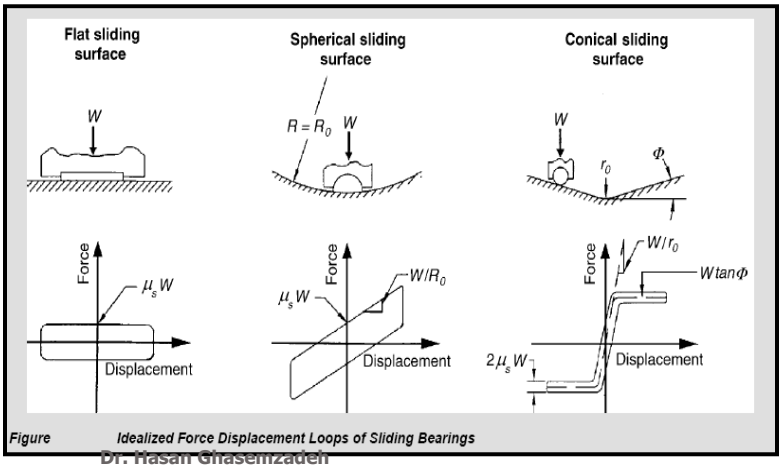
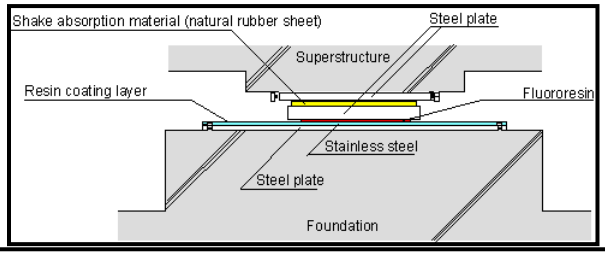


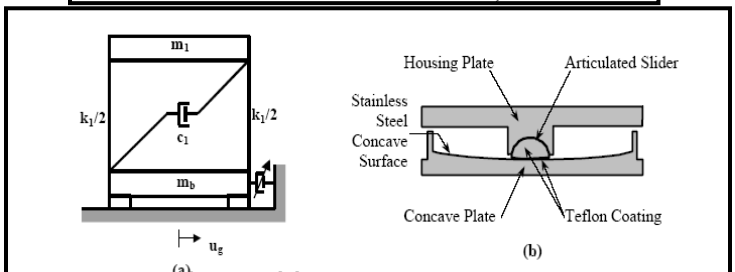
Figure Idealized Force Displacement Loops of Sliding Bearings

Dr. Hasan Ghasemzadeh

٣٩

چند نمونه دیگر از عایق های لغزشی:



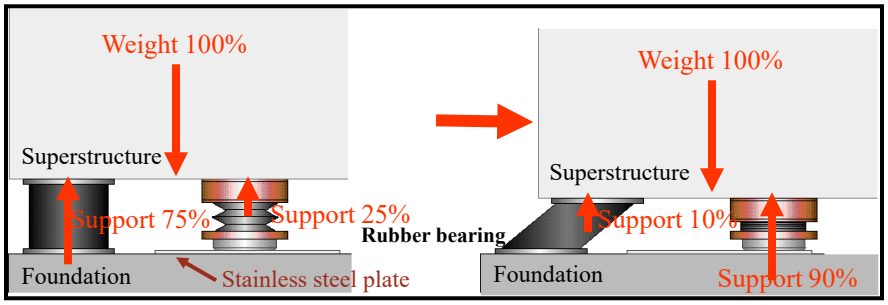


Dr. Hasan Ghasemzadeh

Figure (a) One-Story Base-Isolated Structure and (b) Cross-Section of FPS Bearing.

٤٠

نمونه ای از کارکرد عایق لاستیکی با میراگر اصطکاکی



در حالت تحت زلزله؛ نشیمن لاستیکی تغییر مکان افقی بزرگی خواهد داشت فلذا قادر به تحمل وزن روسازه نیست پس میراگر اصطکاکی آن را تحمل می کند.

در حالت عادی بیشتر وزن روسازه ها توسط نشیمن لاستیکی تحمل می شود.(حدود ۷۵٪)

٤١ Dr. Hasan Ghasemzadeh

پیشینه مطالعات

- ایده استفاده از قطعات کروی سخت در زیر صفحه زیر ستون
  توسط جاکوب بچتلد در سال ۱۹۰۶
- ایده استفاده از لایه های تالک در زیر ساختمان
  توسط کلانتارینتز در سال ۱۹۰۹
- ایده طبقه اول نرم
  توسط مارتل در سال ۱۹۲۹
- نخستین ساختمان جداسازی شده توسط لاستیک
  مدرسه ای واقع در اسکوپیه در یوگسلاوی در سال ۱۹۶۹
- ایده سیستم شمع های غلاف دار
  توسط بردمن در سال ۱۹۸۳
- بهبود و گسترش سیستم های جداسازی لاستیکی و اصطکاکی

٤٢ Dr. Hasan Ghasemzadeh

نمونه ای از طراحی مقدماتی:

- **منابع:**

آیین نامه ساختمانیUBC(ویرایش ۱۹۹۷)

طراحی ساختمان های عایق لرزه ای

- **دو زلزله خطر:**

زلزله مبنای طرح(DBE)

بیشینه زلزله قابل انتظار(MCE)

- **پارامترهای طراحی:**

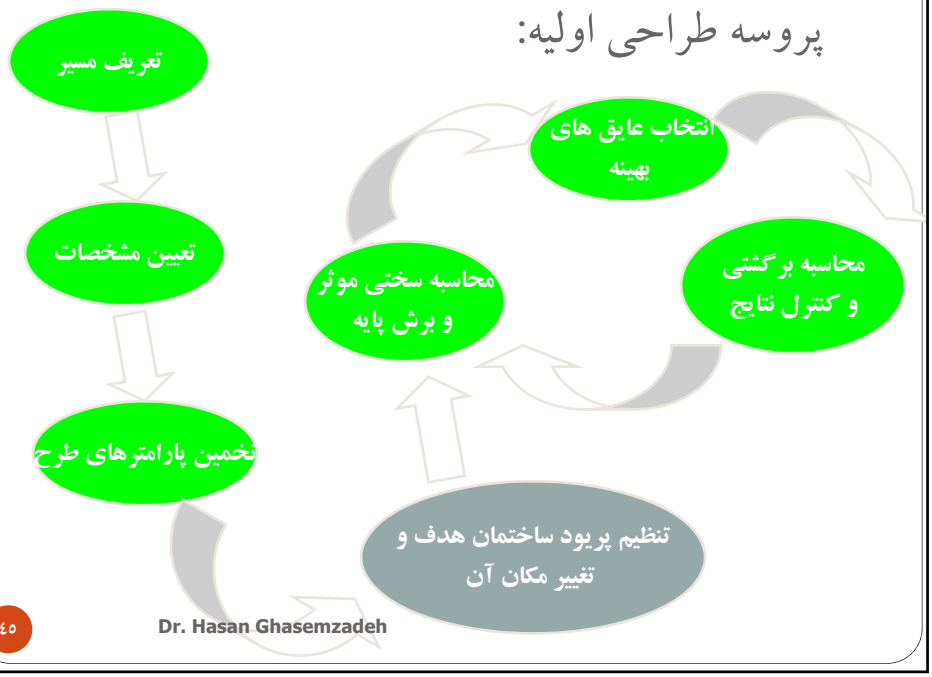
وزن ساختمان:۱۸۰۰۰۰۰Kg

تخمین تمام پارامترهای طراحی

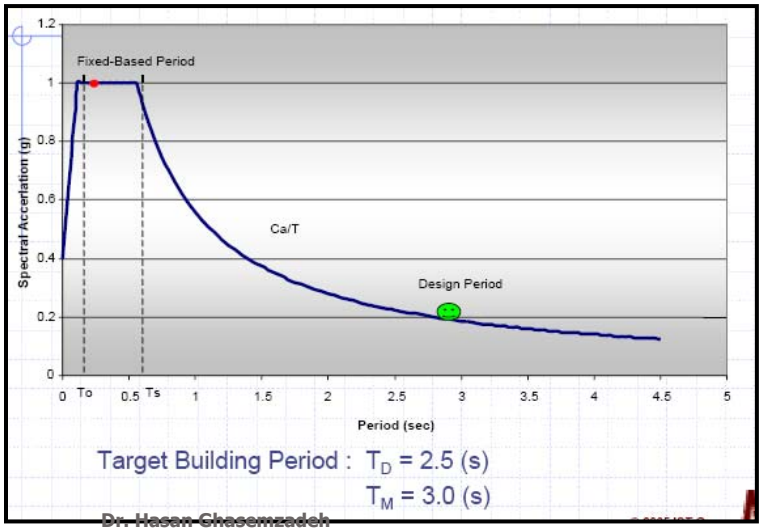
Dr. Hasan Ghasemzadeh

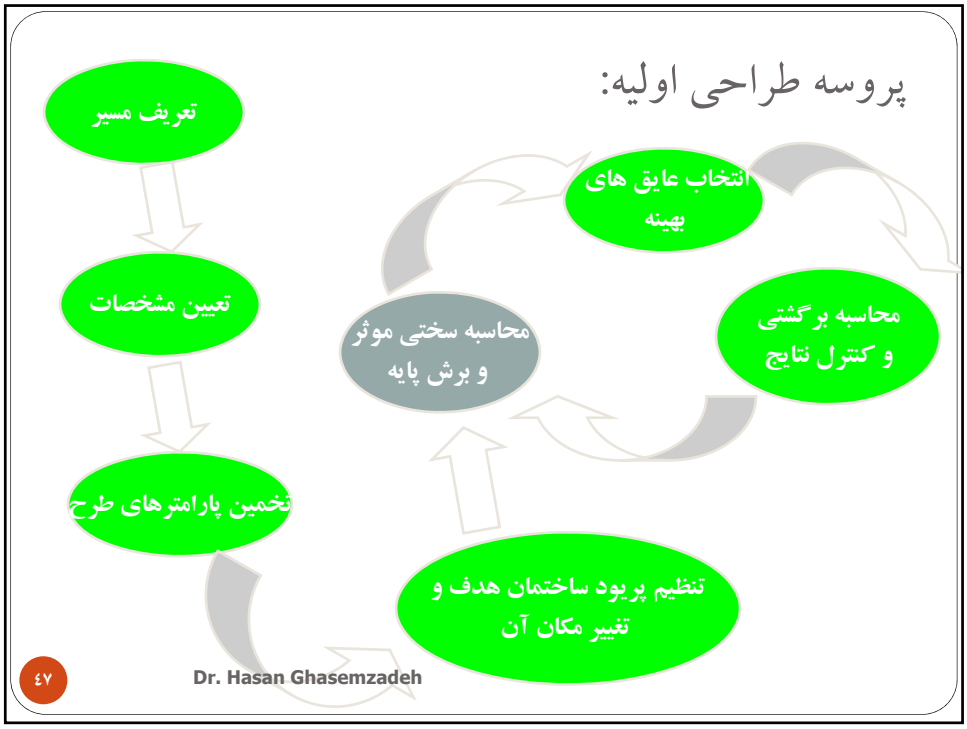
٤٤

پروسه طراحی اولیه:



طیف پاسخ طرح:





برش پایه و سختی موثر:

$K_{eff} = 12{,}000\ kN/m$

Base Shear Below Interface = 4200kN

Above Isolation Interface = 2100kN

شرایط بارگذاری:

تحمل ۸۰٪وزن توسط دیوارهای خارجی

تحمل ۲۰٪ وزن توسط ستون های داخلی

٤٨ Dr. Hasan Ghasemzadeh

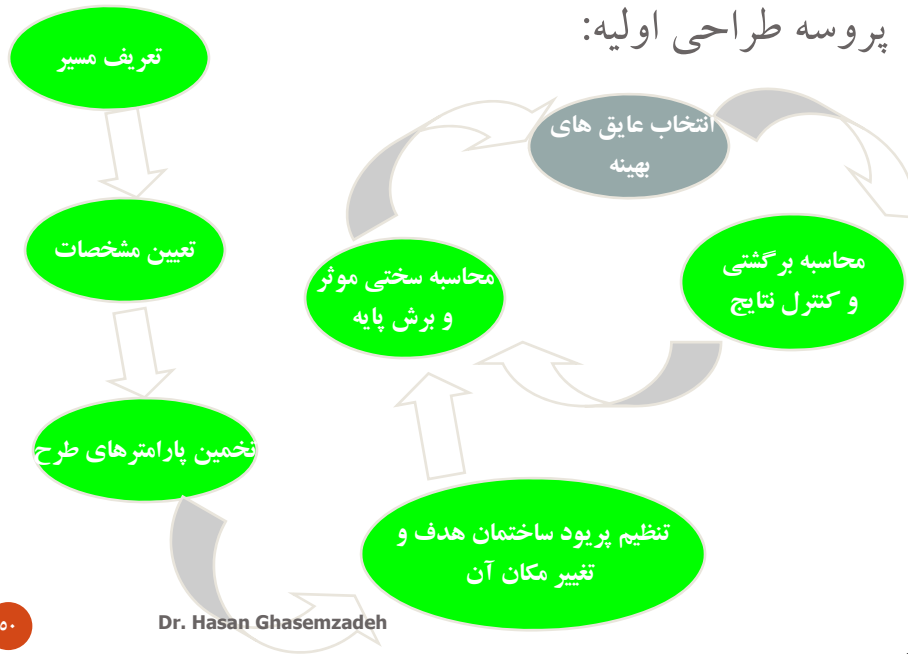
پارامترهای طرح:

تغییر مکان بیشینه: ۴۶ سانتی متر

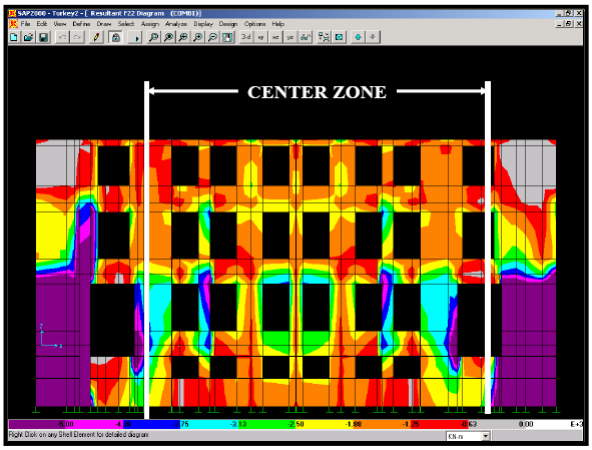
سختی موثر:به طور میانگین ۵۰۰ kN/m برای هر عایق

۴۹ Dr. Hasan Ghasemzadeh

پروسه طراحی اولیه:



۵۰ Dr. Hasan Ghasemzadeh

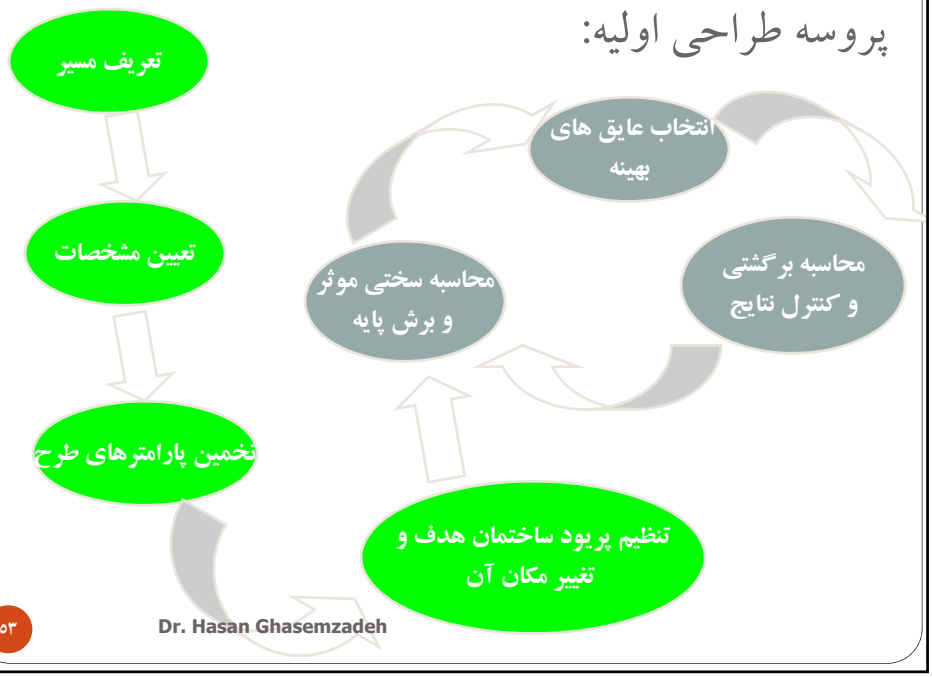


51 Dr. Hasan Ghasemzadeh

مشخصات جداگر	C29.5-18-L0-S	C29.5-18-L1-S
تغییر مکان(in)	۲۰	۲۰
سختی موثر(kips/in)	۲/۲	۵/۳
اتلاف انرژی به ازای هرسیکل(kips-in)	۰	۱۵۲۰
نسبت میرایی β	۰۲/۰	۲۳/۰
ظرفیت بار(kips)	۲۳۰	۲۲۳
تعداد	۱۶	۸

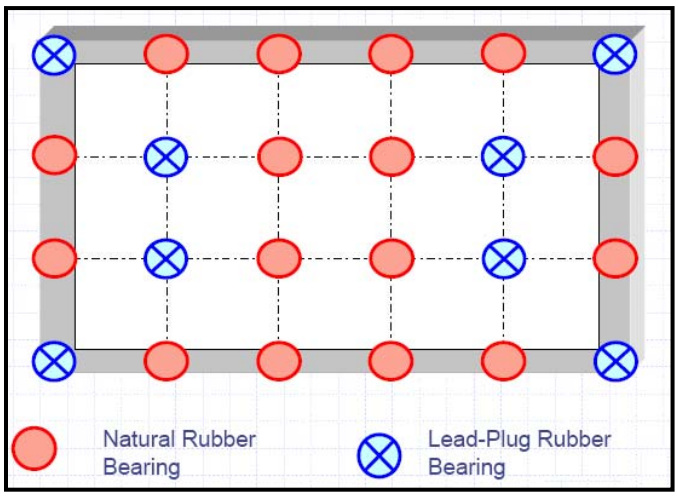
52 Dr. Hasan Ghasemzadeh

پروسه طراحی اولیه:



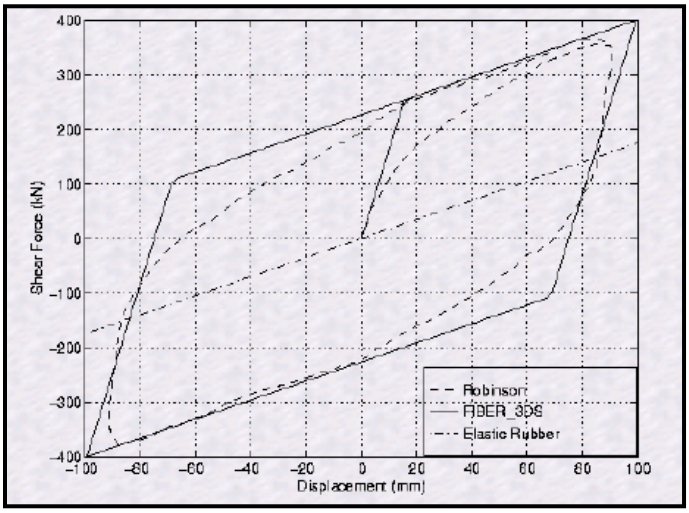
٥٣ Dr. Hasan Ghasemzadeh

وضعیت قرارگیری جداگرها در پلان:



٥٤ Dr. Hasan Ghasemzadeh

چرخه پسماند جداگر:



٥٥ Dr. Hasan Ghasemzadeh

برخی از آیین نامه های موجود:

- وزارت کار و توسعه نیوزلند(MWD)

"طراحی ساختمان های عمومی جداسازی شده ارتعاشی"

- دستورالعمل اداره برنامه ریزی و توسعه بهداشت ایالتی آمریکا(۱۹۸۹)

"روش قابل قبول برای طرح و مرور ساختمان های بیمارستانی کالیفرنیا با جداسازی ارتعاشی"

- آیین نامه ساختمانی ایالات متحده(UBC-۱۹۹۱)

"ضوابط لرزه ای برای سازه های جداسازی شده ارتعاشی"

- آیین نامه پل سازی ایالات متحده(AASHTO-۱۹۹۱)

"ضوابط راهنما برای طراحی لرزه ای پل های بزرگراه ها"

٥٦ Dr. Hasan Ghasemzadeh

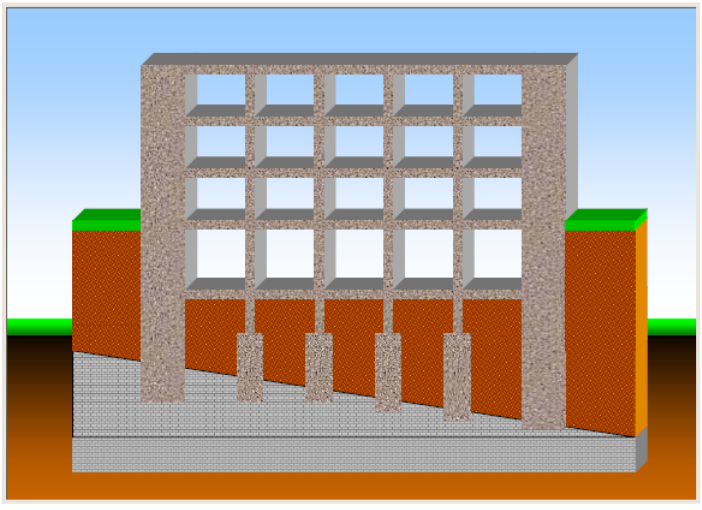
نصب جداگرهای لرزه ای

نمایش شماتیک مراحل آزاد سازی و نصب جداگرهای لرزه ای در یک سازه

57

Dr. Hasan Ghasemzadeh

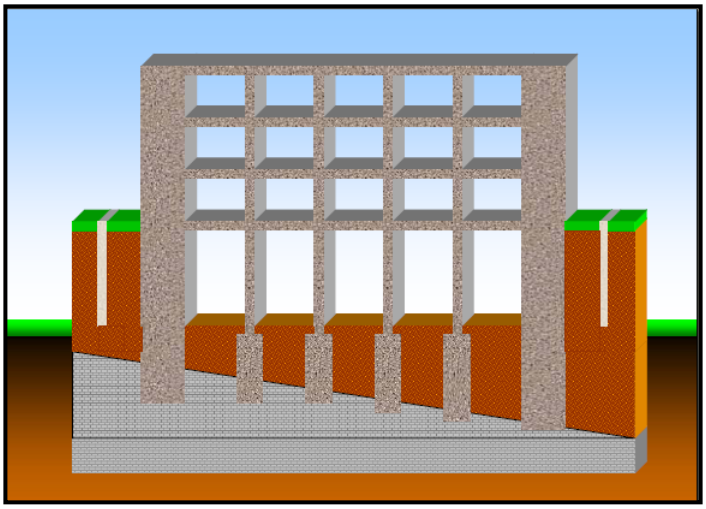
نصب جداگرهای لرزه ای



58

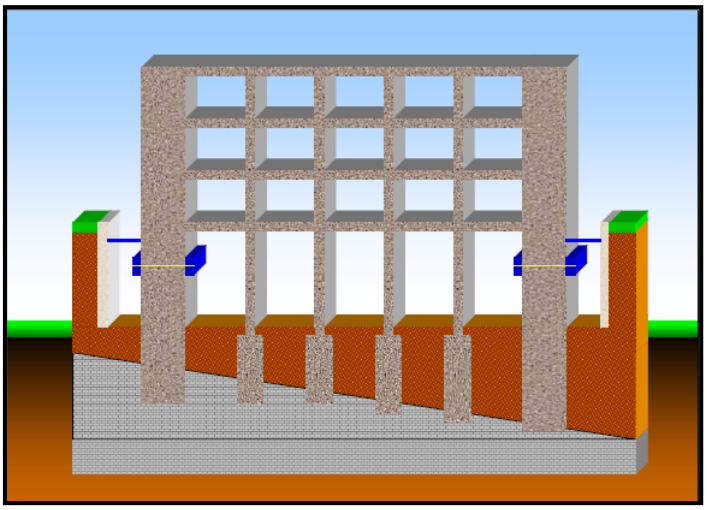
Dr. Hasan Ghasemzadeh

نصب جداگرهای لرزه ای



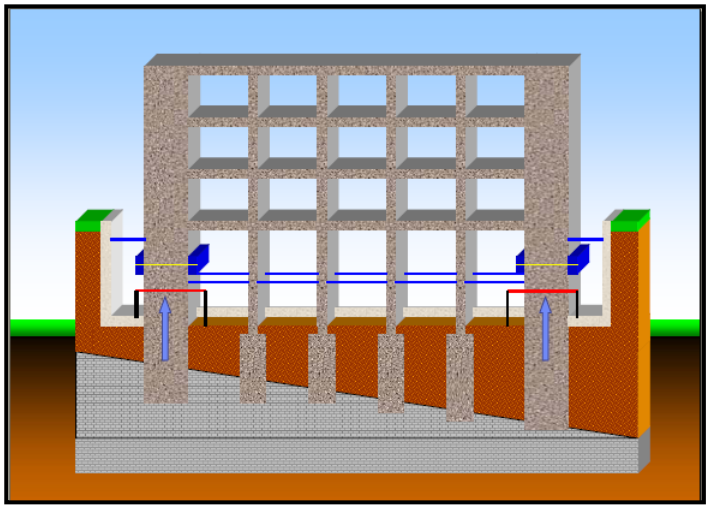
59 Dr. Hasan Ghasemzadeh

نصب جداگرهای لرزه ای



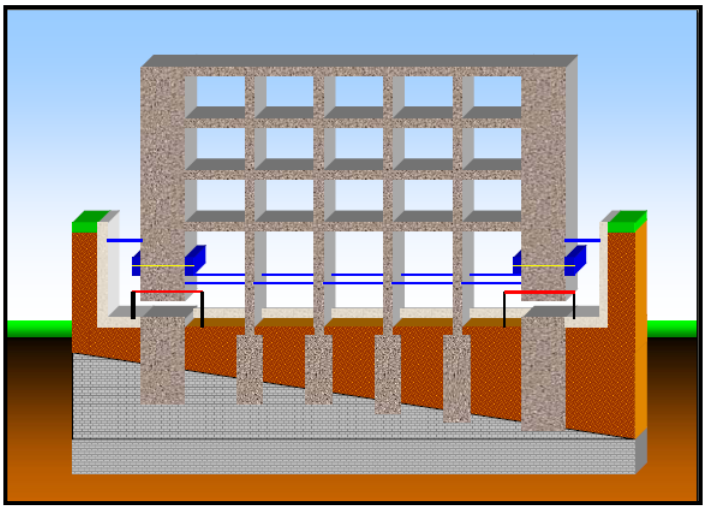
60 Dr. Hasan Ghasemzadeh

نصب جداگرهای لرزه ای



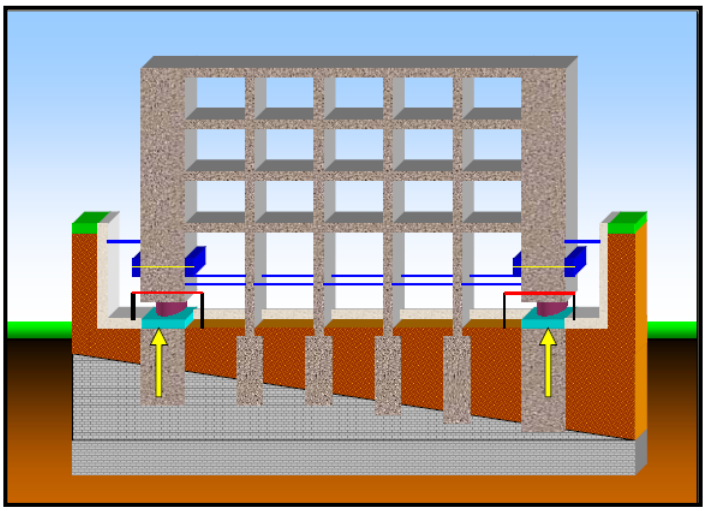
61 Dr. Hasan Ghasemzadeh

نصب جداگرهای لرزه ای



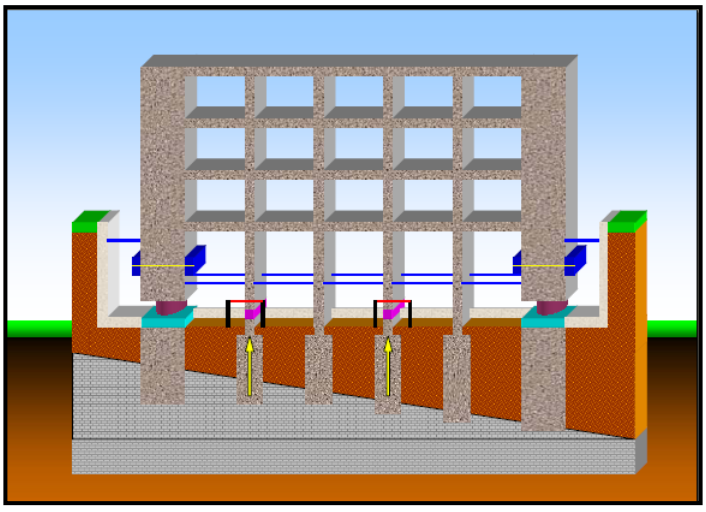
62 Dr. Hasan Ghasemzadeh

نصب جداگرهای لرزه ای



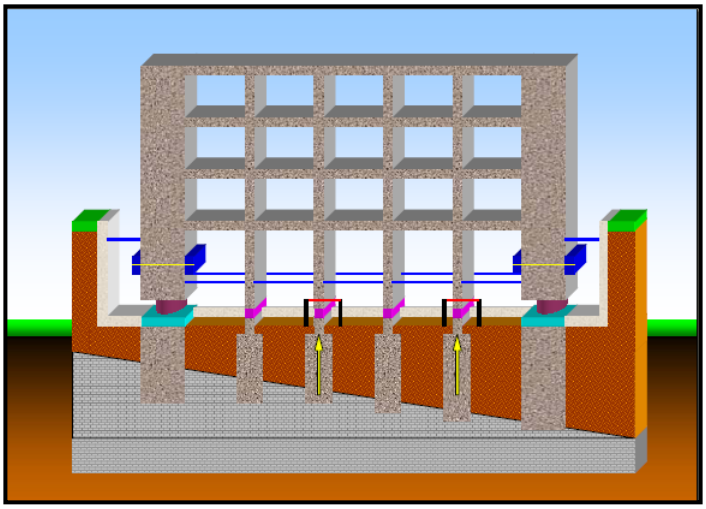
63 Dr. Hasan Ghasemzadeh

نصب جداگرهای لرزه ای



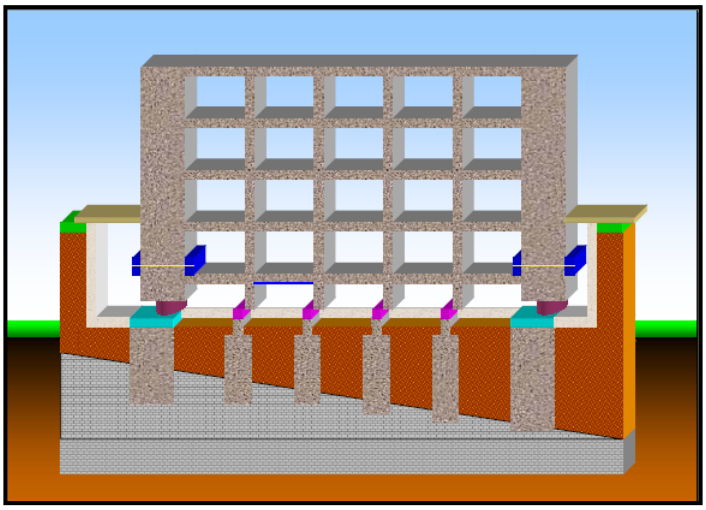
64 Dr. Hasan Ghasemzadeh

نصب جداگرهای لرزه ای



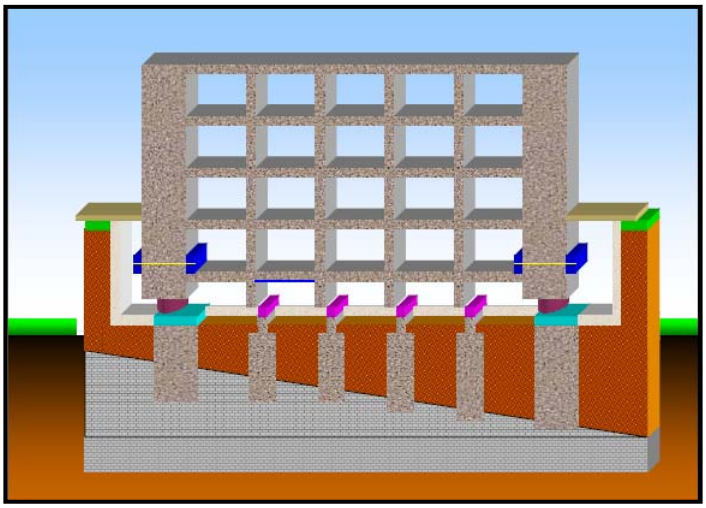
65 Dr. Hasan Ghasemzadeh

نصب جداگرهای لرزه ای



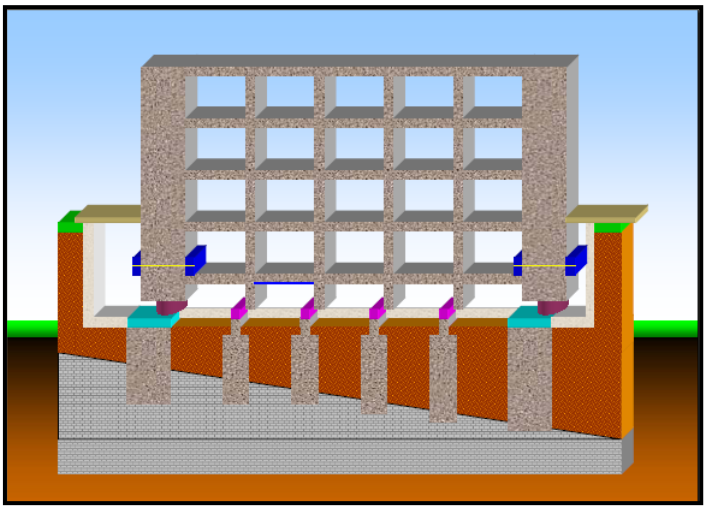
66 Dr. Hasan Ghasemzadeh

نصب جداگرهای لرزه ای



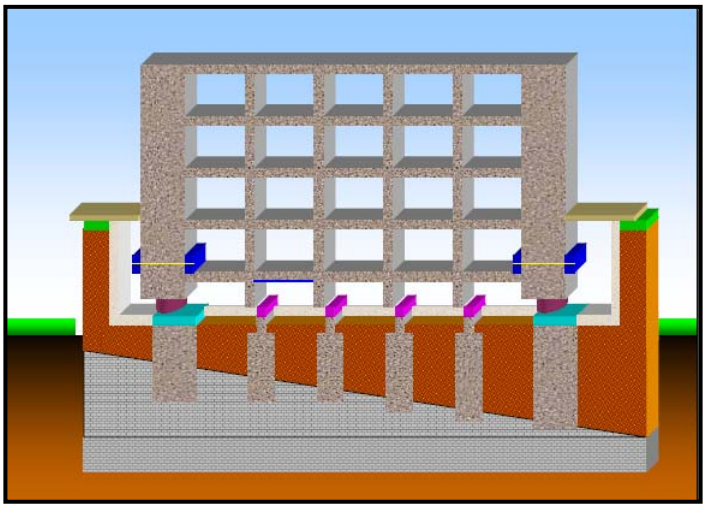
67 Dr. Hasan Ghasemzadeh

نصب جداگرهای لرزه ای



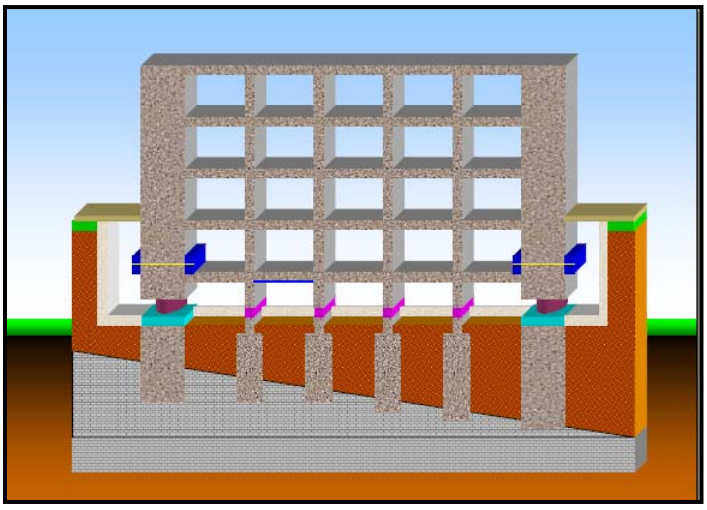
68 Dr. Hasan Ghasemzadeh

نصب جداگرهای لرزه ای



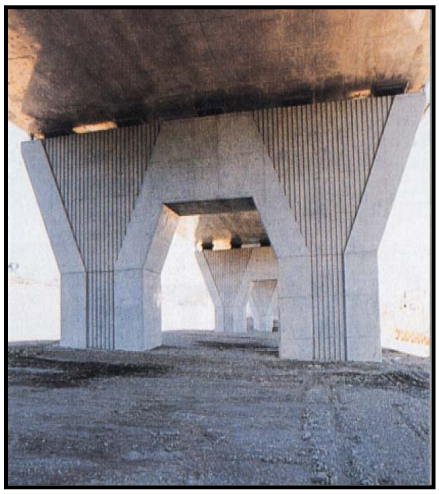
69 Dr. Hasan Ghasemzadeh

نصب جداگرهای لرزه ای



70 Dr. Hasan Ghasemzadeh

برخی ازمحسنات اجرای عایق های لرزه ای در پل:



- دهانه بزرگ با عرض پهن
- سازه سبک
- قابلیت طرح پل چند قوسی به سهولت

Dr. Hasan Ghasemzadeh ۷۱

پل با عایق لرزه ای کف

- Ohito viaduct on the Izu Jukan Expressway

Dr. Hasan Ghasemzadeh ۷۲