# دینامیک خاک

## جداسازی از کف

Hasan Ghasemzadeh

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

K.N. Toosi University of Technology

1

فهرست

مقدمه

طبقه بندی روش های نوین

روش طراحی

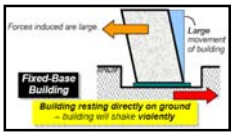
روش نصب

۲

## مقدمه

دو مکانیزم عمده خرابی سازه ها بر اثر زمین لرزه:

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




۳

## 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

## روشهای طراحی لرزه ای

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

٥

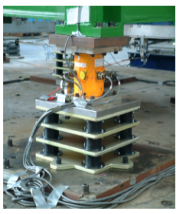
## طبقه بندی روش های نوین:

- اتلاف انرژی (Energy Dissipation)
- عایق های لرزه‌ای (Isolation)

٦

برخی از سیستم های نوین:

Fig. Base-Isolators for Transformers



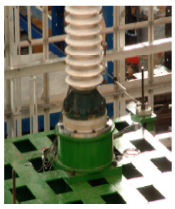
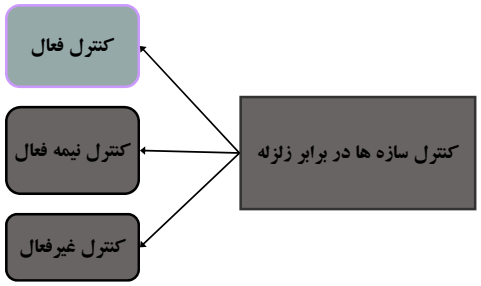


Fig. Energy-Dissipating Connector

۷

روشهای مختلف کنترل سازه ها در برابر زلزله

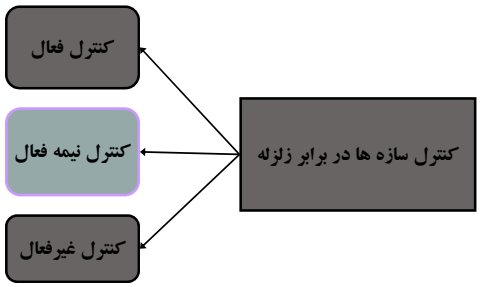



۸

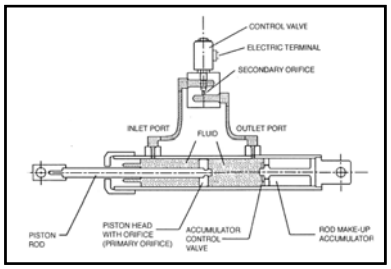
اجزای یک سیستم کنترل فعال

۹

روشهای مختلف کنترل سازه ها در برابر زلزله



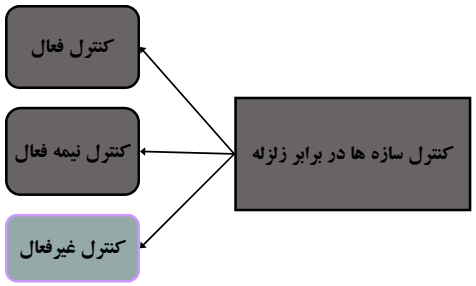

۱۰



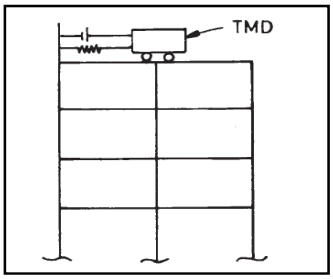

نمونه ای از یک سیستم کنترل نیمه فعال

۱۱

روشهای مختلف کنترل سازه ها در برابر زلزله

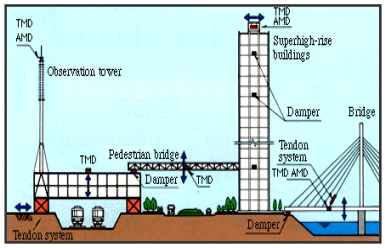



۱۲



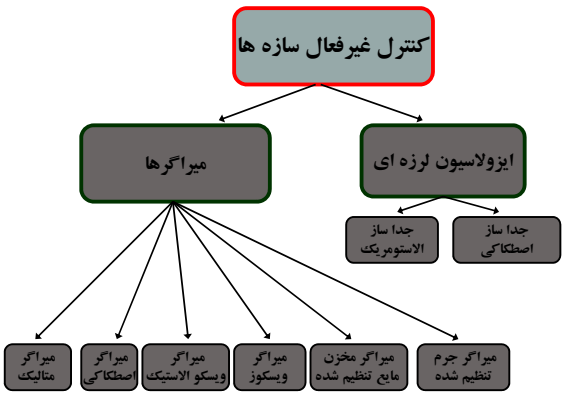

نمونه ای از یک سیستم کنترل غیر فعال

۱۳

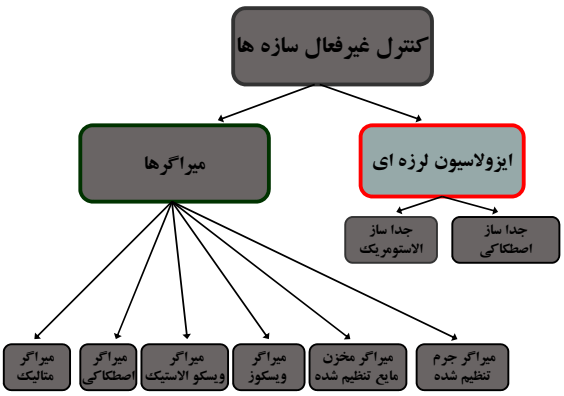



نمونه ای از یک سیستم هیبرید

۱٤




۱۵




۱٦

جداگر در حال نصب



سازه جداسازی شده

۱۷

## 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.

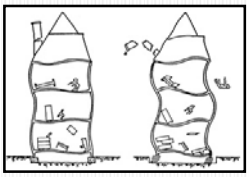
۱۸

## عوامل موثر در روش نرمی و جذب انرژی:

- افزایش پریود طبیعی($T_n$)
- افزایش میرایی($\xi$)
- کاهش اثر مودهای بالاتر

۱۹

## جابجایی ← میرایی

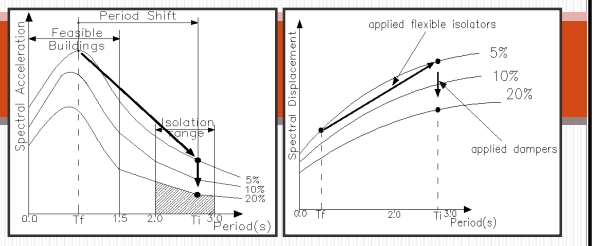


۲۰

## 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.

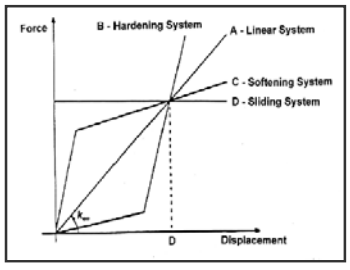
۲۲




طیف پاسخ ایده آل شتاب

طیف پاسخ ایده آل جابجایی

۲۱




نمودار رفتار شماتیک گونه های مختلف جداگر لرزه ای

۲۳

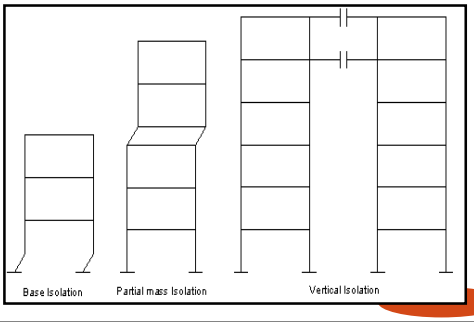
## عایق های الاستومریک:

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.

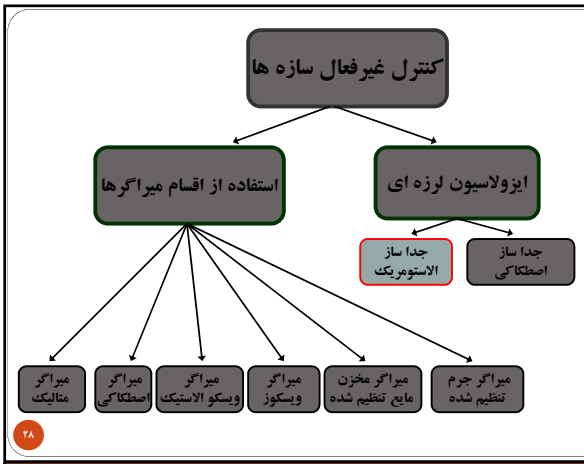
۲۴

## حالت های جایگیری عایق های لرزه ای:

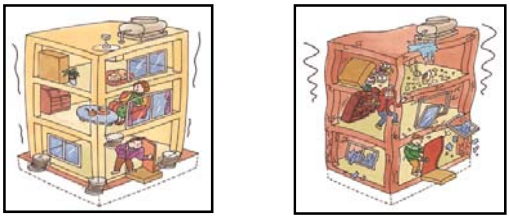



## عوامل موثر بر خصوصیات پاسخ نیرو-تغییر مکان:

- 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




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



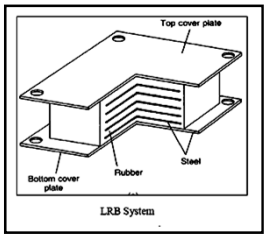
## عایق لاستیکی به عنوان پرکاربردترین عایق لرزه ای؛

- پاسخ سازه را به ۲/۱~۸/۱ 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.

## انواع عایق های الاستومریک:

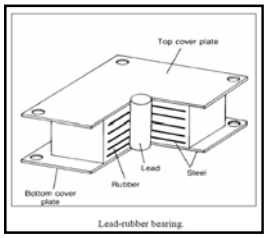
- نشیمن های لاستیکی کند میرا(RB)
- نشیمن های لاستیکی کند میرا با هسته سربی(LRB)
- نشیمن های لاستیکی تند میرا(HDR)

## نشیمن های لاستیکی کند میرا



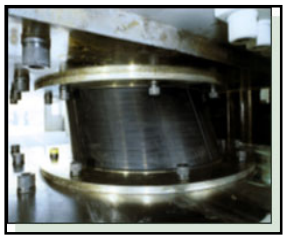

۳۱

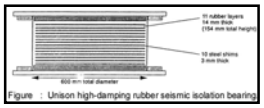
## نشیمن های لاستیکی کند میرا با هسته سربی




۳۲

## نشیمن های لاستیکی تند میرا





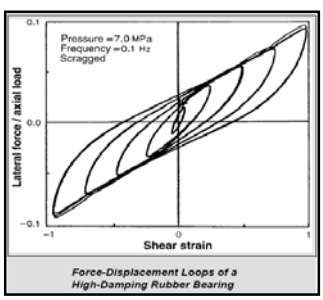

۳۳

## 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.

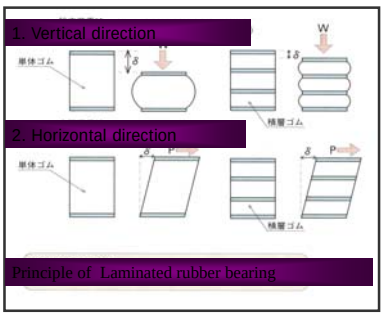
۳٤

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

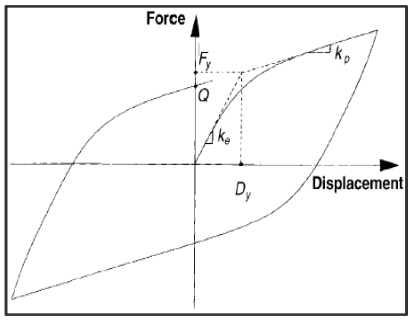



۳۵

**شکل شماتیک جداگر لاستیکی**




۳٦



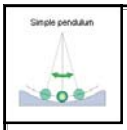

مشخصات پارامتریک جداگر LRB

۳۷

## عایق‌های لغزشی:

نشیمن‌های لغزشی، همانطورکه از نامشان برمی آید، 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.

۳۸




## انواع عایق های لغزشی:

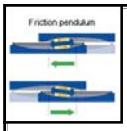
- سطح صاف یاسطح انحنادار، مانند سیستم آونگ مالشی(FPS)
- سیستم های غلتکی(Rolling) به عنوان سیستم های لغزشی دسته بندی می شوند.

۳۹

## 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

۴۰



## انواع عایق های لغزشی:

و چرخه های نیرو-تغییرمکان ایده آل آنها

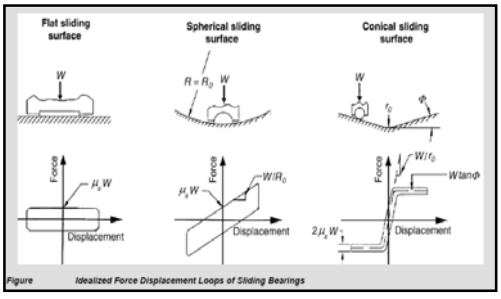



Figure Idealized Force Displacement Loops of Sliding Bearings

۴۱

## چند نمونه دیگر از عایق های لغزشی:

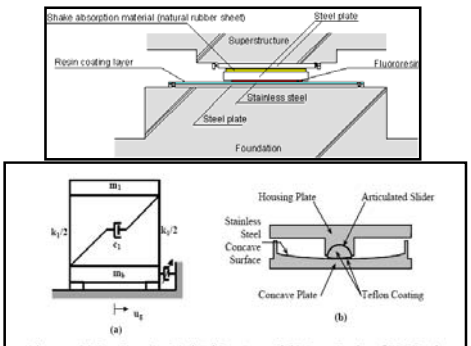
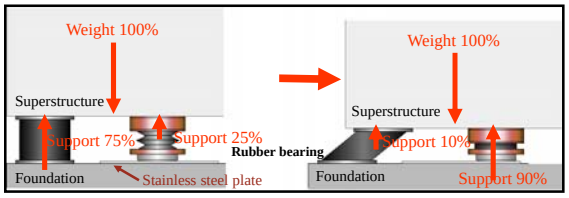



Figure (a) One-Story Base-Isolated Structure and (b) Cross-Section of FPS Bearing.

۴۲

## 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٪)

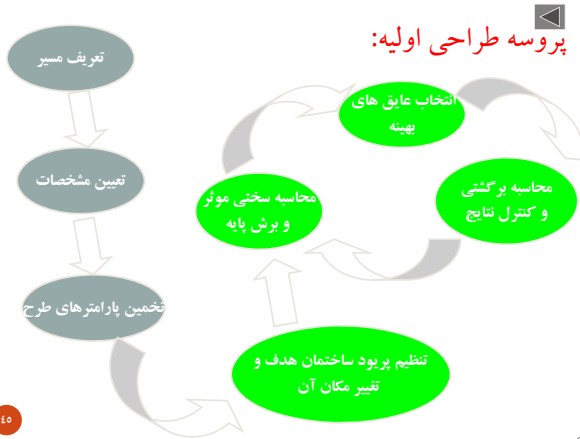
۴۳

## 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 کلاتاریتز 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

۴۴

## پروسه طراحی اولیه:




۴۵

## 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)

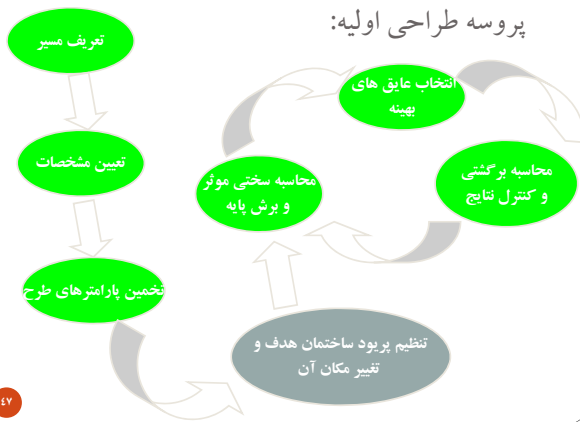
**پارامترهای طراحی:**

وزن ساختمان:۱۸۰۰۰۰۰Kg

تخمین تمام پارامترهای طراحی

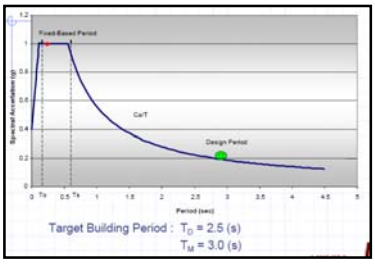
۴۶

## پروسه طراحی اولیه:



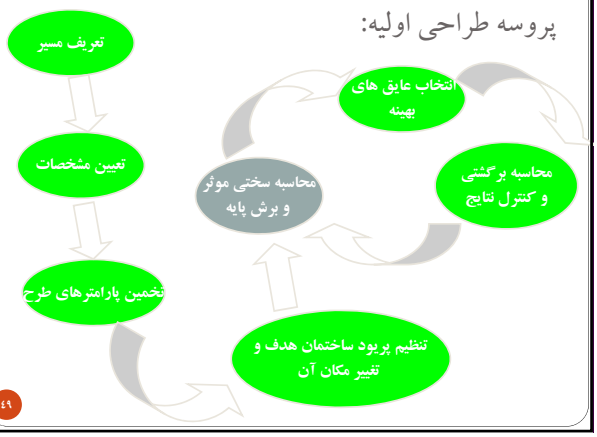

۴۷

## طیف پاسخ طرح:




۴۸

پروسه طراحی اولیه:




٤٩

**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

٥٠

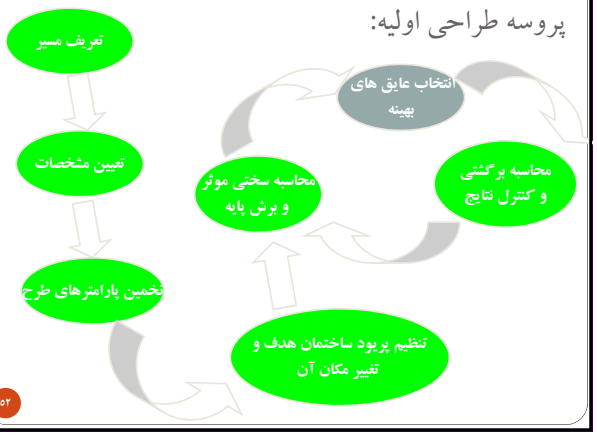
**پارامترهای طرح:**

تغییر مکان بیشینه: ۴۶ سانتی متر

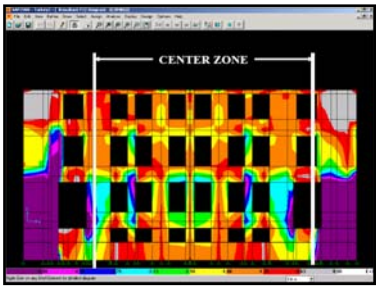
سختی موثر:به طور میانگین ۵۰۰ kN/m برای هر عایق

٥١

پروسه طراحی اولیه:




٥٢

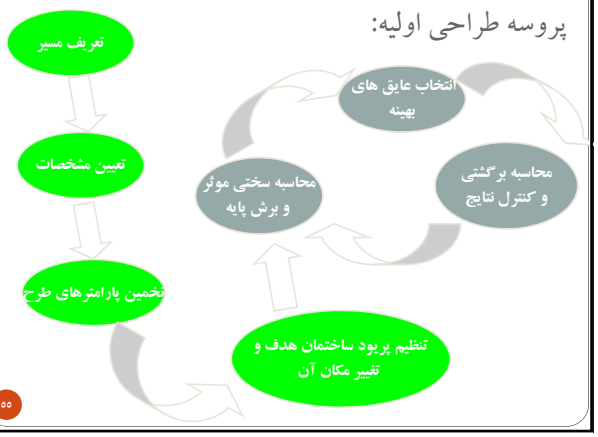



٥٣

| 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 |

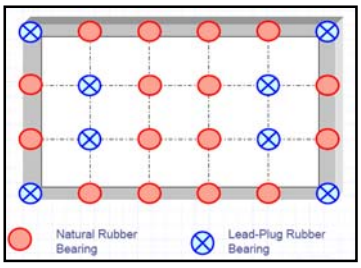
٥٤

پروسه طراحی اولیه:



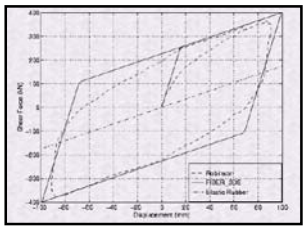

۵۵

وضعیت قرارگیری جداگرها در پلان:




۵۶

چرخه پسماند جداگر:



۵۷

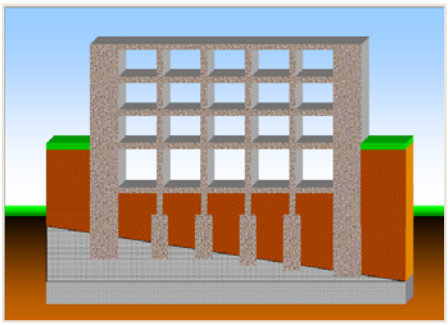
برخی از آیین نامه های موجود:

- 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"

۵۸

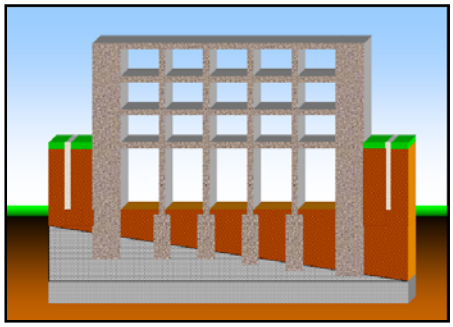
۵۹

نصب جداگرهای لرزه ای



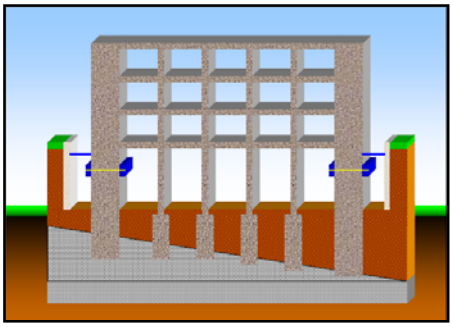
۶۰

نصب جداگرهای لرزه ای



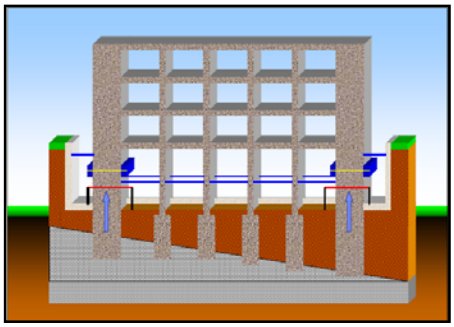
٦١

نصب جداگرهای لرزه ای



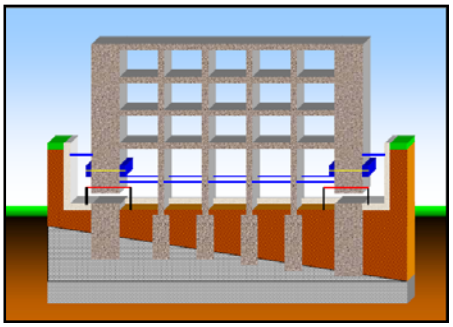
٦٢

نصب جداگرهای لرزه ای



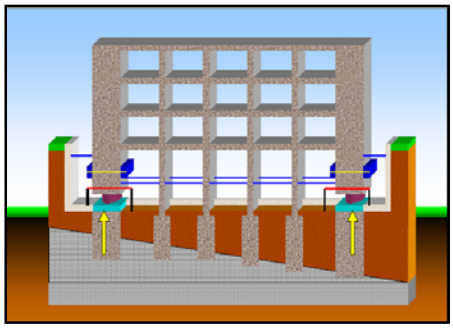
٦٣

نصب جداگرهای لرزه ای



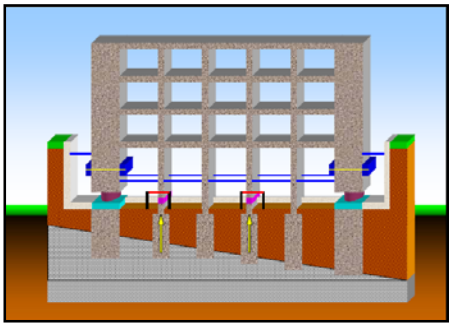
٦٤

نصب جداگرهای لرزه ای



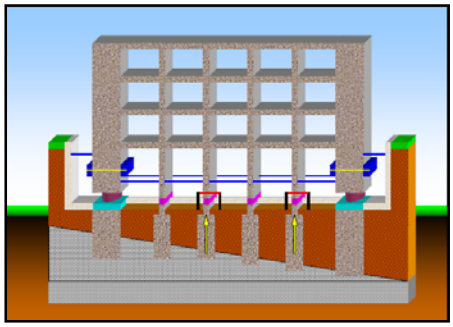
٦٥

نصب جداگرهای لرزه ای



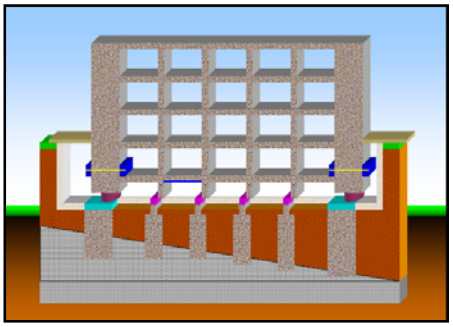
٦٦

نصب جداگرهای لرزه ای



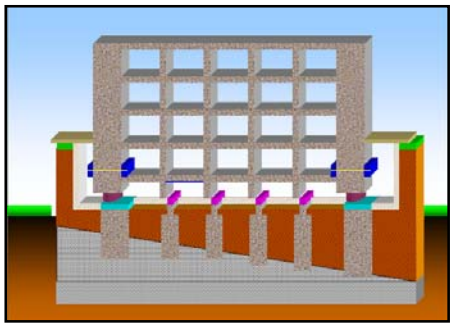
٦٧

نصب جداگرهای لرزه ای



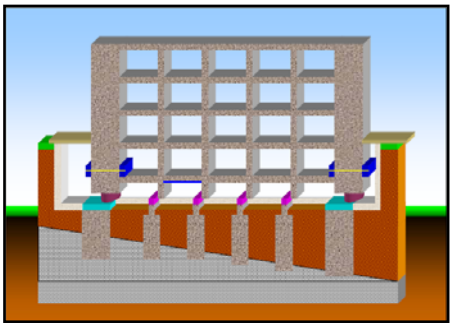
٦٨

نصب جداگرهای لرزه ای



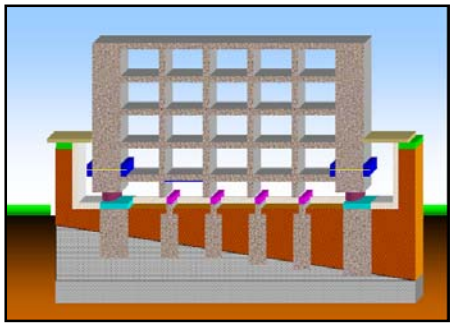
٦٩

نصب جداگرهای لرزه ای



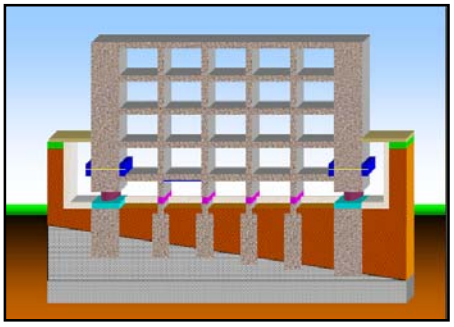
٧٠

نصب جداگرهای لرزه ای



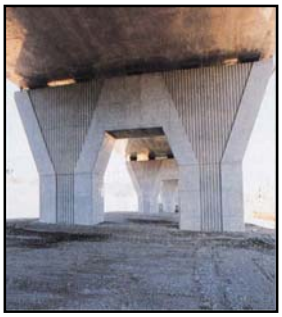
٧١

نصب جداگرهای لرزه ای



٧٢

## برخی ازمحسنات اجرای عایق های لرزه ای در پل:



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

۷۳

## پل با عایق لرزه ای کف

- Ohito viaduct on the Izu Jukan Expressway

۷٤