دوره آموزشی چهارم
طراحی و اجرای عناصر غیرسازه ای بیمارستان ها و
مراکز درمانی با توجه به ملاحظات لرزه ا ی

موضوع:

ملاحظات لرزه ای در طراحی و اجرای تاسیسات مکانیکی بیمارستان ها

ارائه: حسین رضائی

UN HABITAT
FOR A BETTER URBAN FUTURE
وزارت راه و شهرسازی
وزارت راه و شهرسازی
سازمان مجری ساختمان‌ها و تأسیسات دولتی و عمومی
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

➢ سرفصل ها:

- ✓ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته
- ✓ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی
- ✓ برآورد تقاضای لرزه ای در اجزاء تاسیساتی مکانیکی
- ✓ مثال عددی از طراحی لرزه ای تکیه گاه های اجزا تاسیساتی مکانیکی

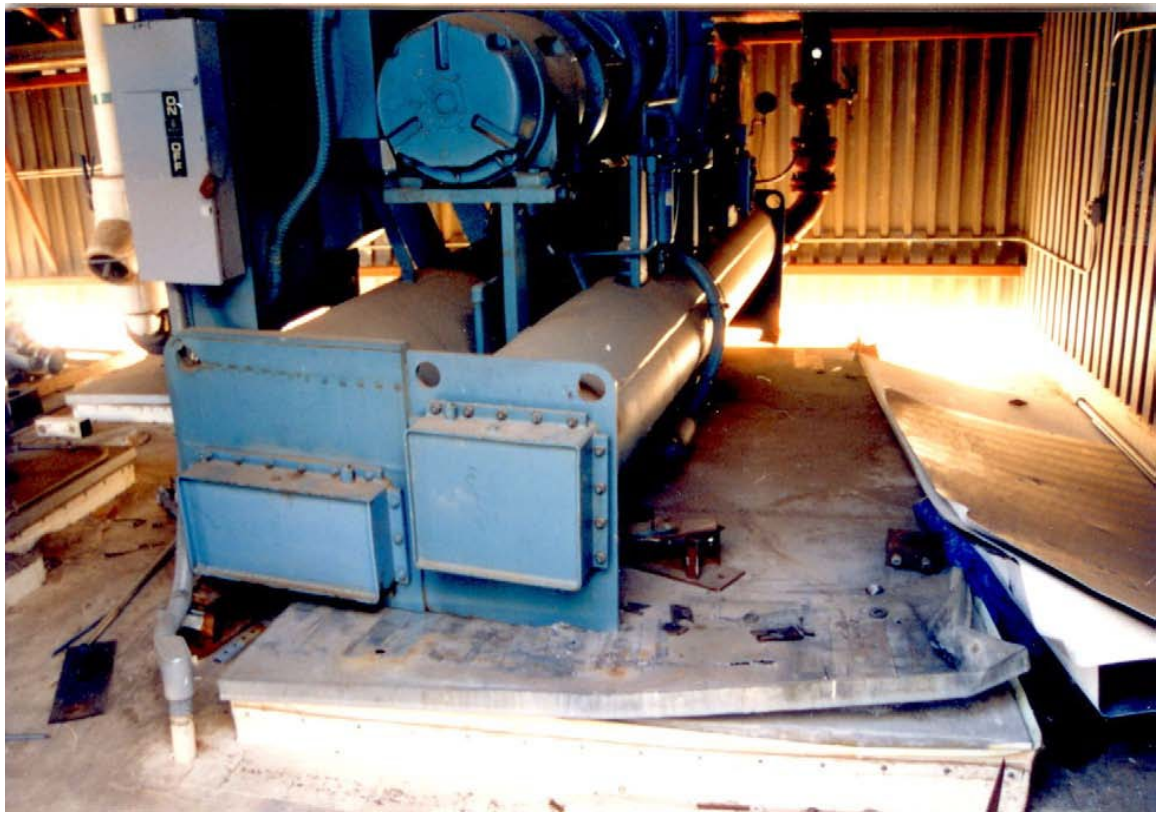
➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

❖ بویلرها، کوره ها، پمپ ها و چیلرها

- لغزش، کج شدن یا واژگون شدن تجهیزات
- اتصال تجهیزات سنگین به یک تکیه گاه ضعیف می تواند منجر به جابجا و یا شکستگی اتصال شود.
- جابجایی تجهیزات می تواند منجر به از بین رفتن اتصالات آن تجهیز به خطوط سوخت، دریچه های تخلیه، خطوط برق، لوله کشی یا کانال کشی شود. ممکن است مایعاتی مانند سوخت یا خنک کننده نشت کند.
- عملکرد و قابلیت بهره برداری تجهیزات ممکن است به خطر بیفتد. این امر به ویژه برای بیمارستان ها و سایر تأسیسات ضروری که باید عملیات پس از زلزله را حفظ کنند بسیار مهم است.

➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

❖ بویلرها، کوره ها، پمپ ها و چیلرها



خرابی پایه‌های چیلر به دلیل مقاومت ناکافی در برابر آپلیفت در زلزله ۶.۷ ریشتری سال ۱۹۹۴ نورتریج

➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

❖ بویلرها، کوره ها، پمپ ها و چیلرها

پمپ‌هایی با اتصال صلب به بالشتک در زلزله ۸.۸ ریشتری ۲۰۱۰ شیلی. بالشتک به دال پایه متصل نبوده و به صورت افقی چندین سانتی متر لغزیده است.

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ بویلرها، کوره ها، پمپ ها و چیلرها

افزودن ظرفیت جانبی برای جلوگیری از لغزش تجهیزات از روی بالشتک که پس از زلزله سال ۲۰۰۱ پرو نصب شده است.

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ بویلرها، کوره ها، پمپ ها و چیلرها

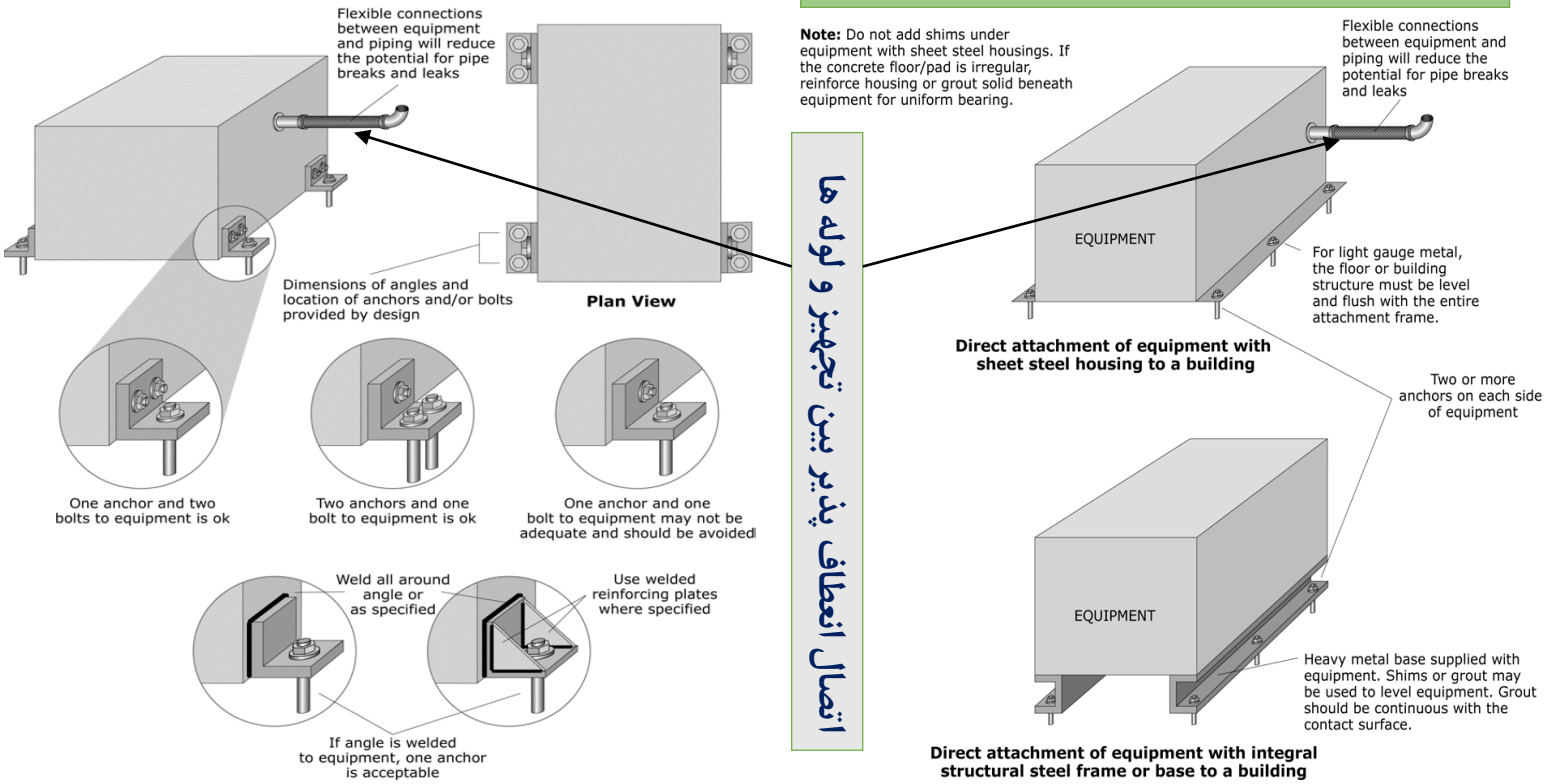
اتصال پیچ و مهره ای به لغزشگیر فولادی دارای گیره های برشی

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ بویلرها، کوره ها، پمپ ها و چیلرها

اتصال از طریق نبشی به ساختمان

اتصال مستقیم و یکپارچه تجهیز با ورق فولادی و یا فریم فولادی به ساختمان



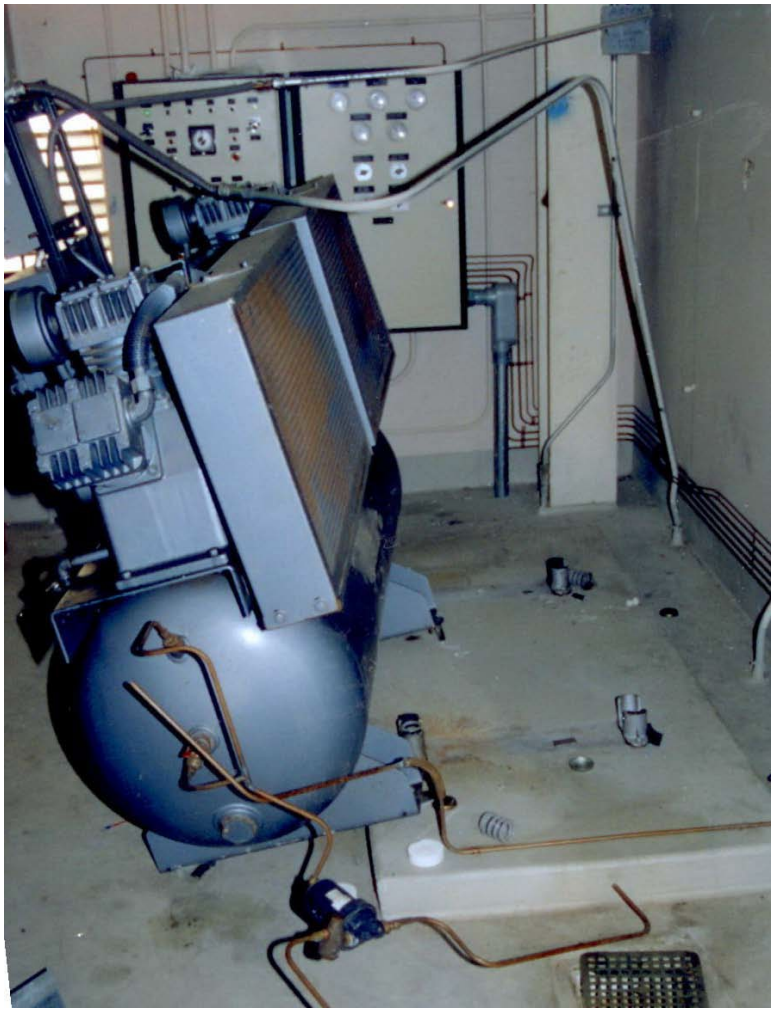
➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

❖ HVAC دارای جداساز ارتعاشی

- تجهیزات جدا ساز ارتعاشی به ویژه در برابر آسیب زلزله آسیب پذیر هستند و ظرفیت کافی برای مقاومت در برابر برش و آپلیفت را ندارند. مگر اینکه توسط نوعی از گیره، ضربه گیر یا مهارهای عرضی مقید شده باشند.
- تجهیزات می توانند سر بخورند، کج شوند، واژگون شوند یا سقوط کنند.
- ممکن است اجزای داخلی در اثر تکان خوردن آسیب ببینند.
- اتصالات خطوط سوخت، خطوط برق یا کانال ممکن است آسیب ببینند.
- ممکن است این تجهیزات به دلیل ناهماهنگی، خرابی جداکننده ها یا آسیب های داخلی از کار بیفتند.

➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

❖ HVAC دارای جداساز ارتعاشی



خرابی کمپرسور نصب شده بر روی جداساز ارتعاشی در زلزله ۱۹۹۴ نورتریج

➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

❖ HVAC دارای جداساز ارتعاشی

خرابی پمپ نصب شده بر روی سه جداساز ارتعاشی و آسیب در محل عبور از دیوار

➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

❖ HVAC دارای جداساز ارتعاشی

خرابی کل مجموعه تکیـــه گـــاهی از جملـــه جداســـاز ارتعاشی

➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

❖ HVAC دارای جداساز ارتعاشی

تخریب تجهیزات پشت بام روی جداساز به علت لغزش

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ HVACدارای جداساز ارتعاشی

- ✓ دو روش برای مقید کردن تجهیزات نصب شده بر روی جداسازهای ارتعاشی استفاده می شود:

۱. برای فنرهای باز از اسنابر یا ضربه گیر استفاده شود.

۲. فنرهای مقید شده با ظرفیت مقاومتی در برابر برش و آپلیفت لرزه ای پیش بینی شده.

- ✓ اتصالات انعطاف پذیر باید برای خطوط سوخت و لوله کشی فراهم شود
- ✓ تجهیزات HVAC یا سایر موارد مورد نیاز برای استفاده در یک بیمارستان یا تأسیسات ضروری به عنوان سیستم های لرزه ای طبقه بندی می شوند و به محاسبات مهندسی، گواهی تجهیزات و بازرسی های ویژه نیاز داشته باشند.

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ HVACدارای جداساز ارتعاشی

فنرهای مقید شده برای تکیـــه گـــاه تجهیـــزات سنگین

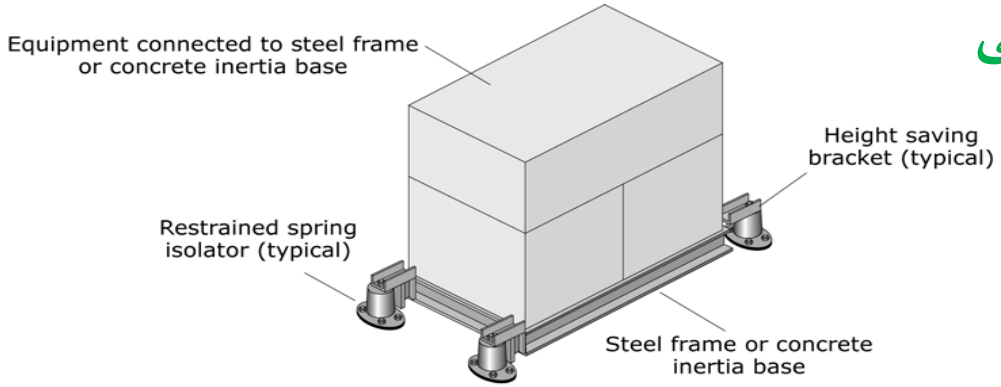
➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ HVACدارای جداساز ارتعاشی

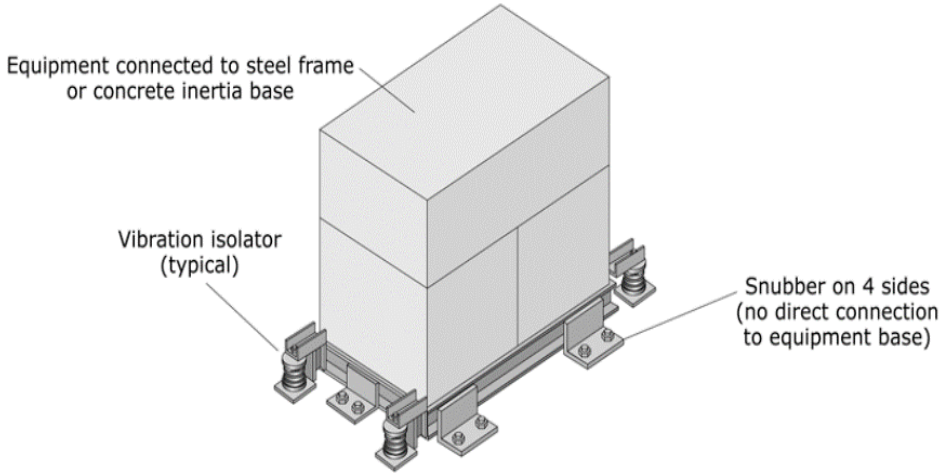
اســـتفاده از اســـنابر در کنار فنرهای باز بعنـــوان تکیه گاه تجهیزات

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

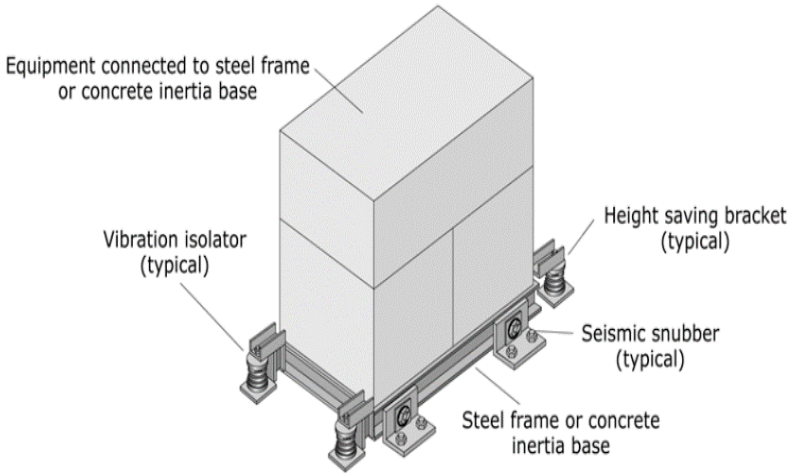
❖ HVACدارای جداساز ارتعاشی



Supplemental base with restrained spring isolators



Supplemental base with open springs and one-directional snubbers



Supplemental base with open springs and all-directional snubbers

➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

❖ HVAC بدون جداساز ارتعاشی

- تجهیزات بدون قید یا قید ناکافی می توانند سر بخورند، کج شوند، واژگون شوند یا سقوط کنند.
- اتصالات خطوط سوخت، خطوط برق یا کانال ممکن است آسیب ببینند.
- ممکن است ماشین آلات به دلیل ناهماهنگی از کار بیفتند.

➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

❖ HVAC بدون جداساز ارتعاشی

در زلزله ۸.۸ ریشتری ۲۰۱۰ در شـــــــیلی، کمپرسـور بـا اتصـال پیچی ضـعیف از روی تکیه گاه پریده است.

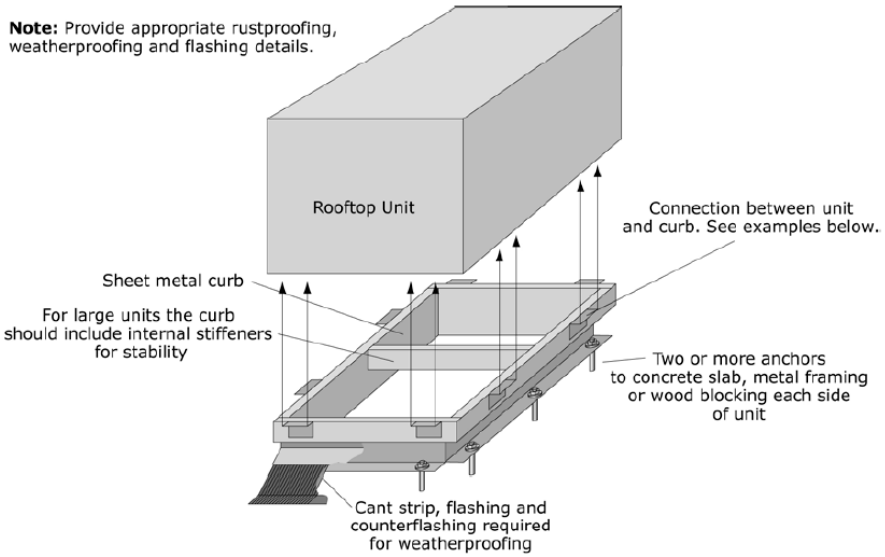
➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

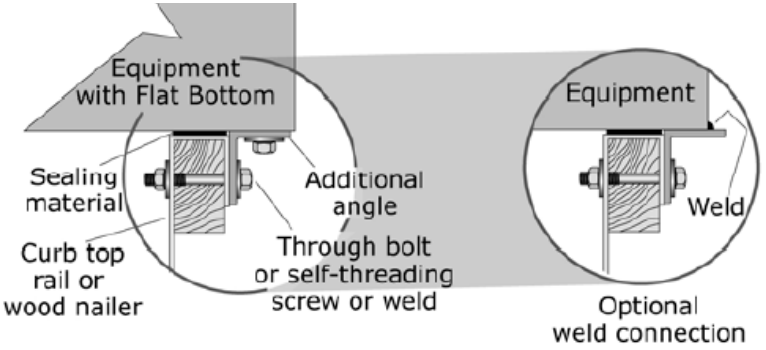
❖ HVAC بدون جداساز ارتعاشی

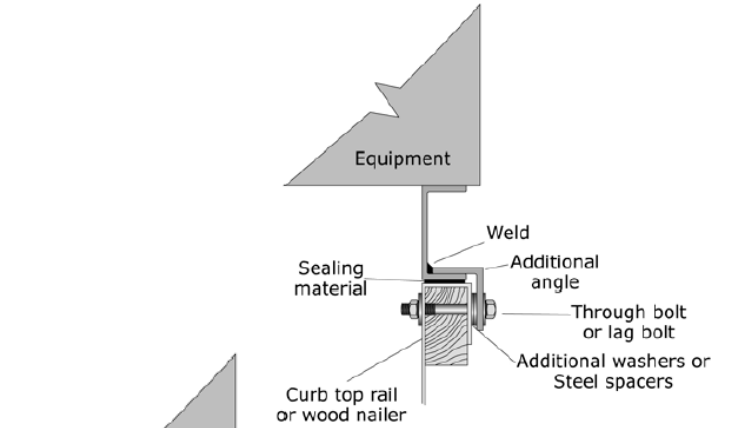
در زلزله ۲۰۱۰ شیلی، تعداد زیادی از واحدها در پشت بام به علت ضعف در اتصال واژگون شده اند.

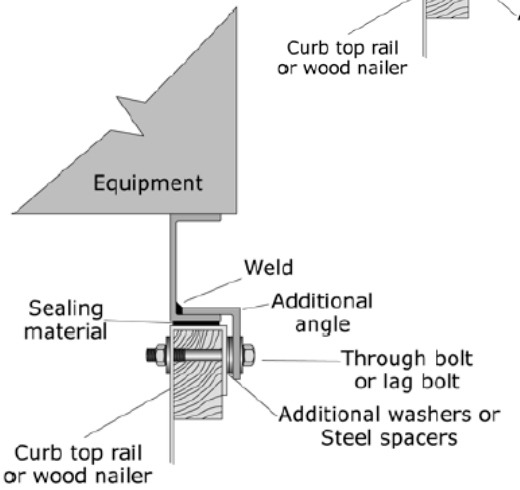
➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ HVAC بدون جداساز ارتعاشی









➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

❖ مخازن با پایه سازه ای

مخزن افقی دارای پایه سازه ای روی سقف بیمارستان در زلزله ۱۹۹۴ نورتریج، یکی از تسمه های فولادی جداشده و مخزن ۱۵ سانتی متر لغزیده است

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ مخازن با پایه سازه ای

- ✓ تانک ها باید دارای تکیه گاه عمودی و افقی کافی باشند. ایجاد قید و مهاربند برای پایه های تانک یا سازه تکیه گاهی
- ✓ برای جلوگیری از واژگونی مخزن، پد بتنی باید به اندازه کافی بزرگ باشد.
- ✓ اتصالات انعطاف پذیر برای خطوط سوخت و لوله کشی فراهم شود.
- ✓ برای برخی از تأسیسات که مخازن دارای نسبت ابعاد پایینی هستند (مخزن نسبت به ارتفاع نسبتاً پهن است) و احتمال واژگونی آن کم است، می توان اجازه لغزش مخزن به ایجاد قید محکم ترجیح داده شود.

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ مخازن با پایه سازه ای

مهاربندهایی به چهار طرف سازه پایه مخزن اضافه شده است.

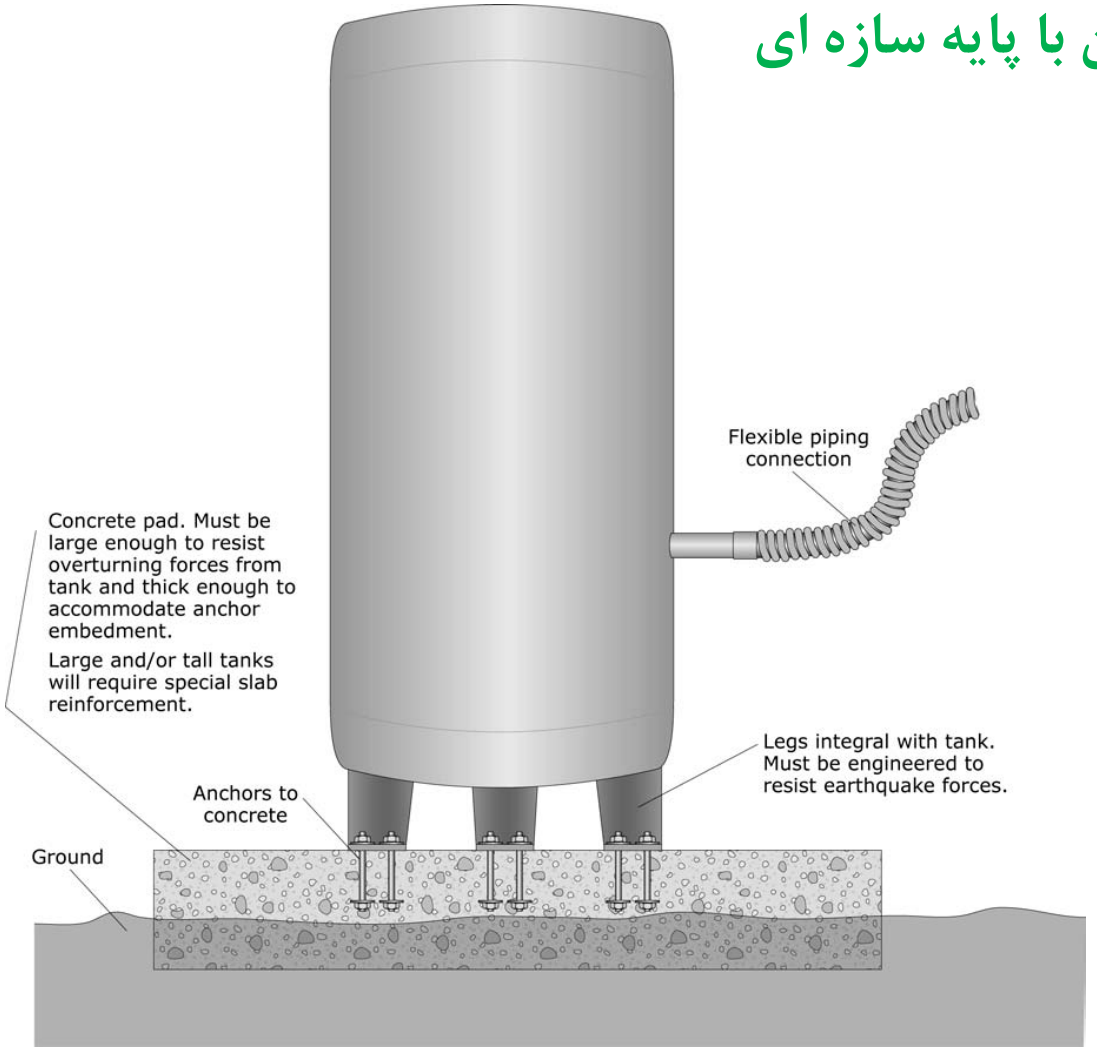
➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ مخازن با پایه سازه ای

پس از زلزله ۸.۴ ریشتری پرو در سال ۲۰۰۱، گاست پلیت و مهاربندی متقاطع در پایه مخزن عمودی روی چهار پایه اضافه شده است.

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ مخازن با پایه سازه ای



➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

❖ سیلندرهای گاز فشرده

واژگونی سیلندرهای بدون قید در زلزله ۶.۷ ریشتری ۱۹۹۴ نورتریج

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ سیلندرهای گاز فشرده

محفظه مخازن گـاز هـوا در یـک بیمارسـتان؛

زنجیر متصل شده با قلاب های سریع

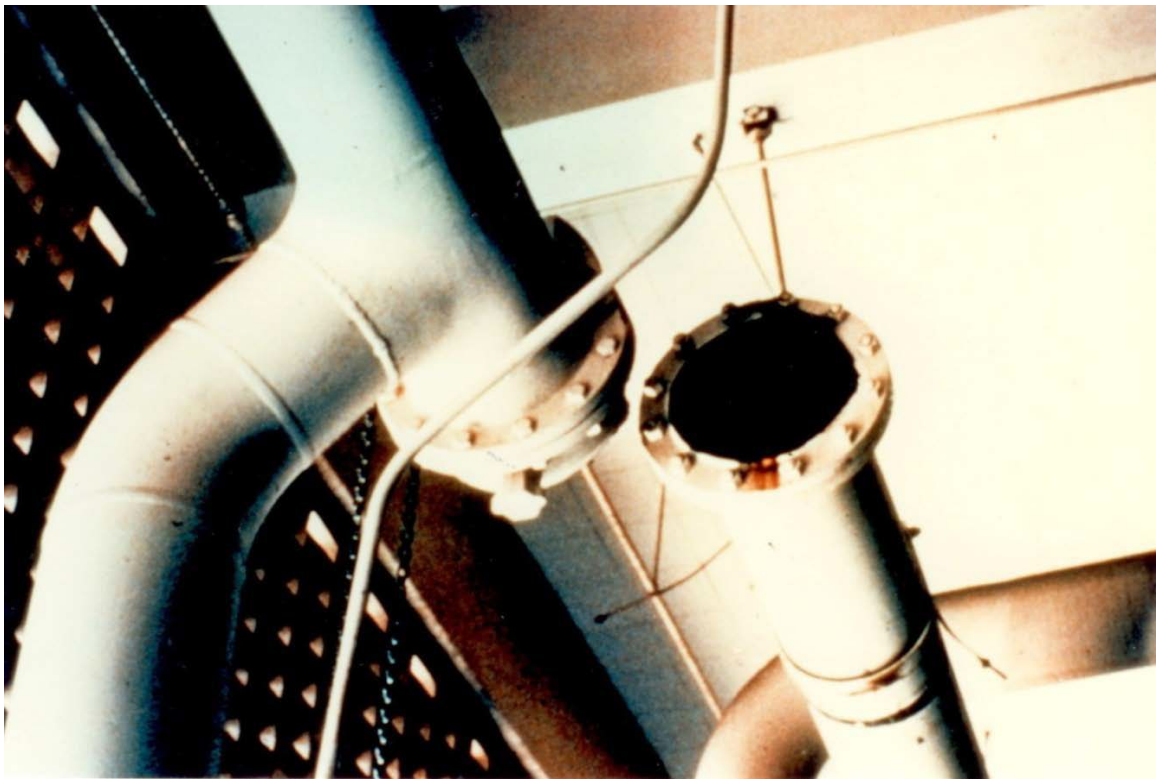
➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

❖ لوله های فشار (انواع لوله ها برای انتقال مایعات و گازها بجز اطفاء حریق)

- لوله هایی که دارای ساپورت مناسب نباشند ممکن است از جای خود جدا شده و سقوط کنند.
- لوله ها به ویژه در محل اتصالات، خم ها، عبور از طریق دیوارها یا اعضای سازه ای و اتصالات به تجهیزات آسیب پذیر هستند.
- لوله های بدون مهار می توانند تجهیزات مجاور را دچار آسیب کنند و بر آنها تاثیر گذارند.
- لوله ها ممکن است در نتیجه حرکت نسبی بین نقاط اتصال آسیب ببینند (مثلا در درز انقطاع)
- ممکن است مایعات و گاز از اتصالات آسیب دیده یا لوله شکسته نشت کند.

➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

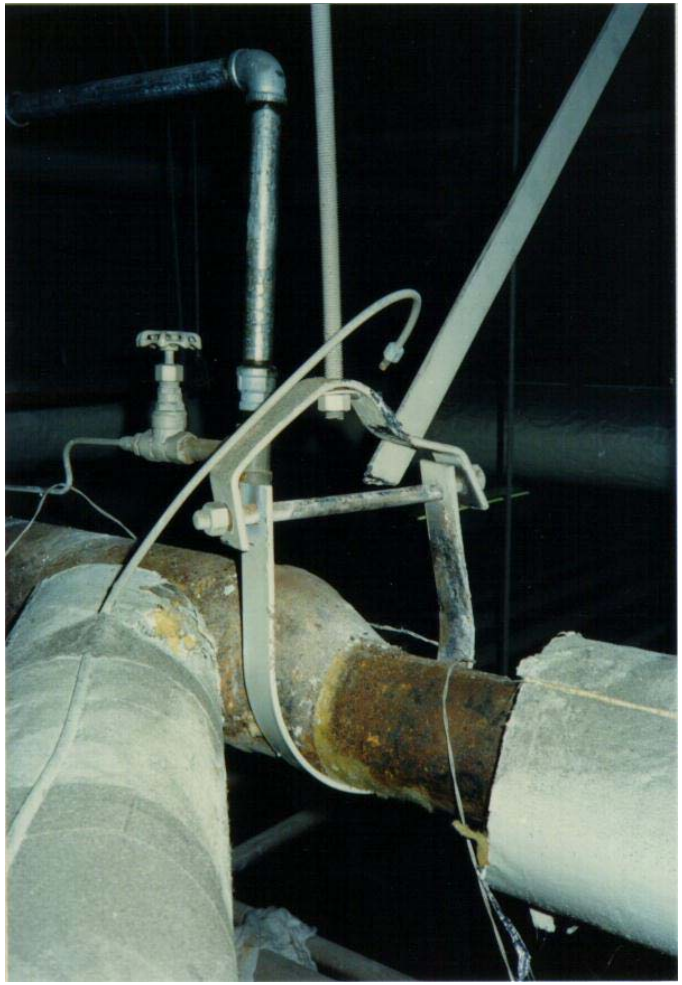
❖ لوله های فشار (انواع لوله ها برای انتقال مایعات و گازها بجز اطفاء حریق)



شکست اتصال لوله در زلزلـــه ۶.۶ ریشـــتری ۱۹۷۱ سن فرناندو

➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

❖ لوله های فشار



شکست مهاربند لولـه در محل اتصـال طـی زلزله ۱۹۹۴ نورتریج

➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

❖ لوله های فشار عبور از سقف و دیوار

در زلزلـــه ۶.۷ ریشـــتری ۱۹۹۴ نـــورتریج، حرکت رایزرهای بدون مهار باعث آســـیب به پوشش و عایق سقف شده است.

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ لوله های فشار

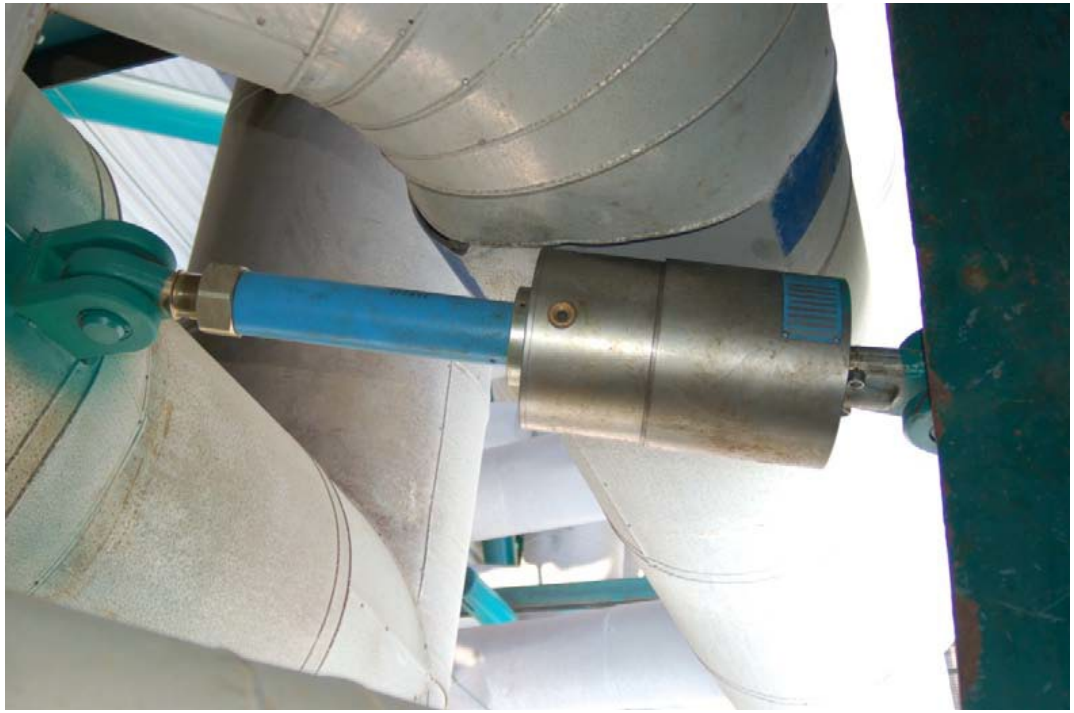
- ✓ جزئیات مناسب برای اتصالات هوایی لوله های معلق
- ✓ جزئیات لرزه ای مناسب مهاربندهای عرضی و طولی برای لوله ها (فاصله مهاربندی لوله ها به سطح لرزه خیزی، محل قرارگیری در ساختمان، اندازه لوله، نوع لوله و استحکام اتصالات به سازه بستگی دارد.)
- ✓ مهاربندی لوله های طولی مستلزم استفاده از گیره لوله، گیره رایزر، اتصال جوشی یا وسیله ای که اتصال مناسب به لوله را فراهم می کند و در طول لوله نمی لغزد، می باشد.
- ✓ تکیه گاه های طولی لوله نباید به اتصالات اصطکاکی مانند U-بولت ها متکی باشد زیرا این اتصالات در هنگام زلزله محدودیت طولی قابل اعتمادی را ایجاد نمی کنند و احتمال لغزش وجود دارد. حتما از اقلامی با نام هایی مانند "گیره لوله لرزه ای" یا "دستگاه مهار طولی" استفاده شود.
- ✓ اتصالات انعطاف پذیر برای خطوط سوخت و لوله کشی فراهم شود.

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ لوله های فشار

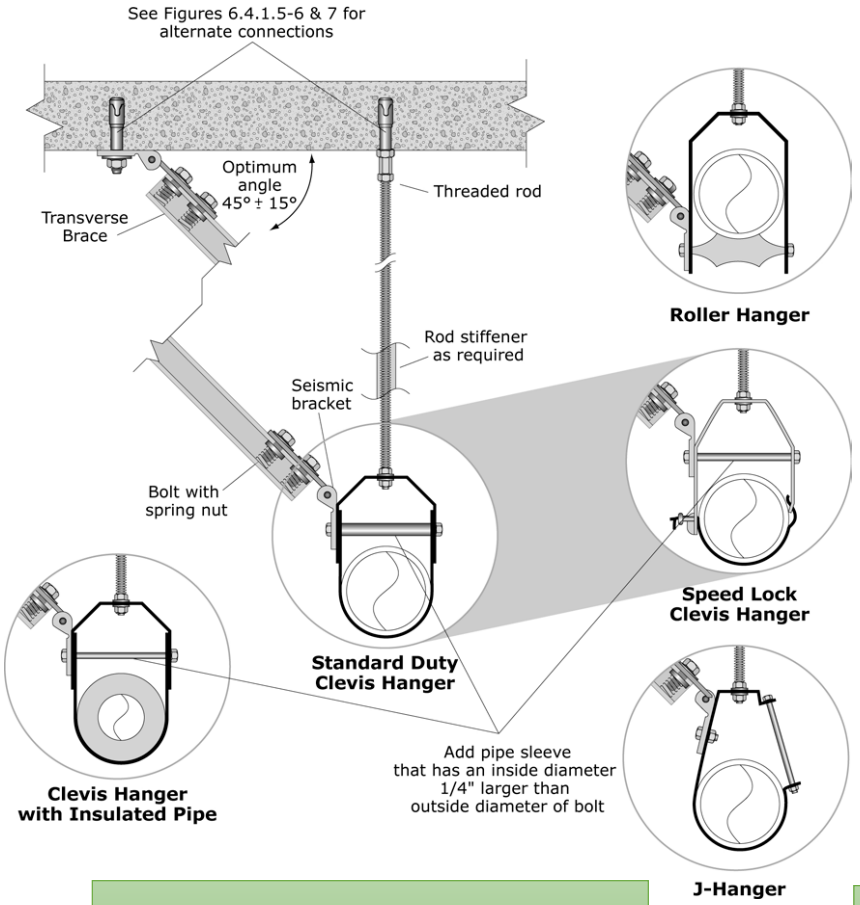
➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ لوله های فشار

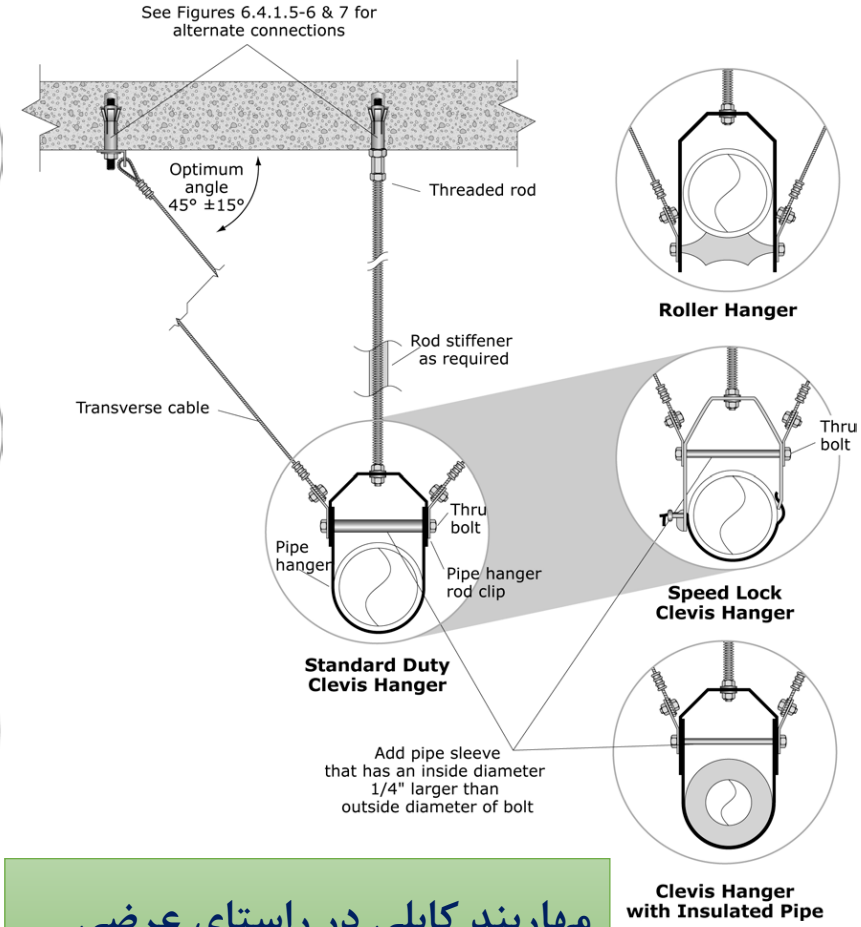


➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ لوله های فشار



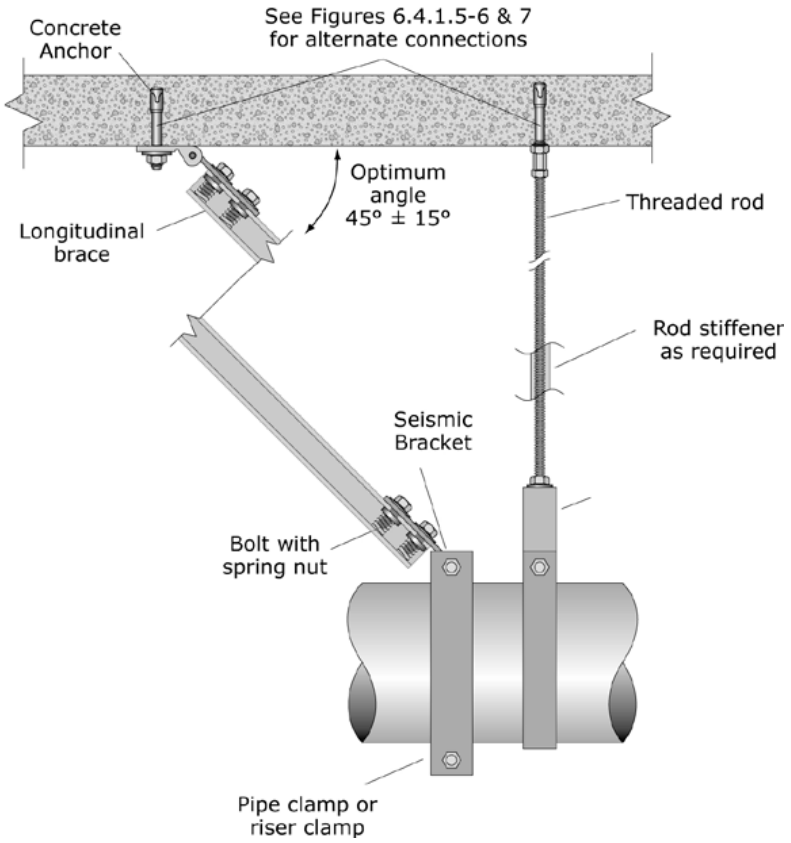
مهاربند صلب در راستای عرضی



مهاربند کابلی در راستای عرضی

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

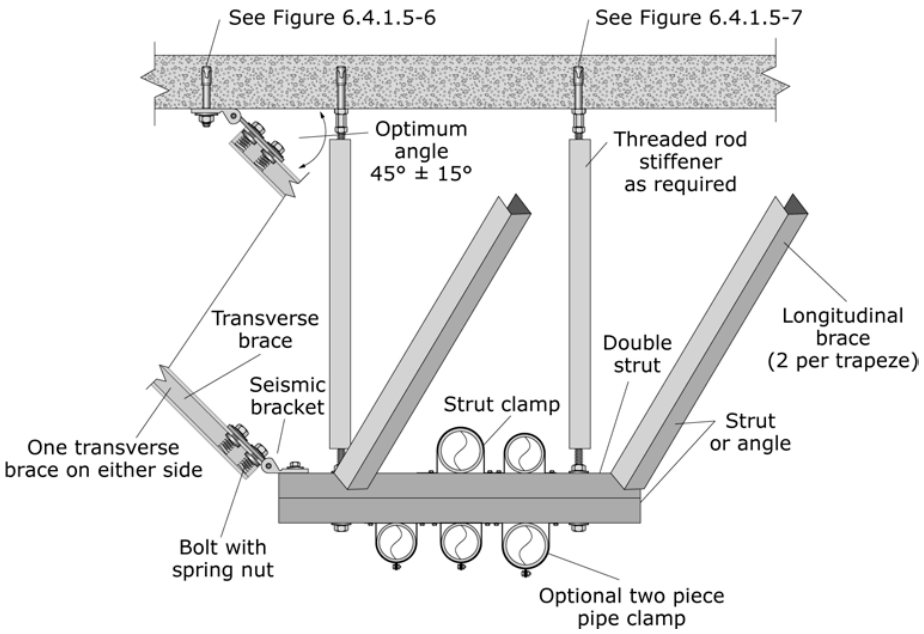
❖ لوله های فشار

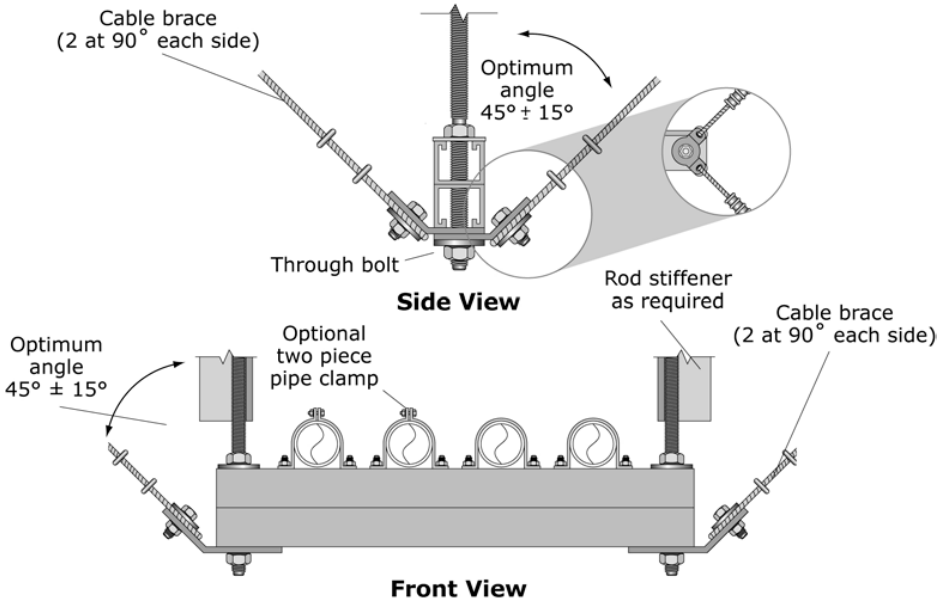


مهاربند صلب در راستای طولی

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ لوله های فشار



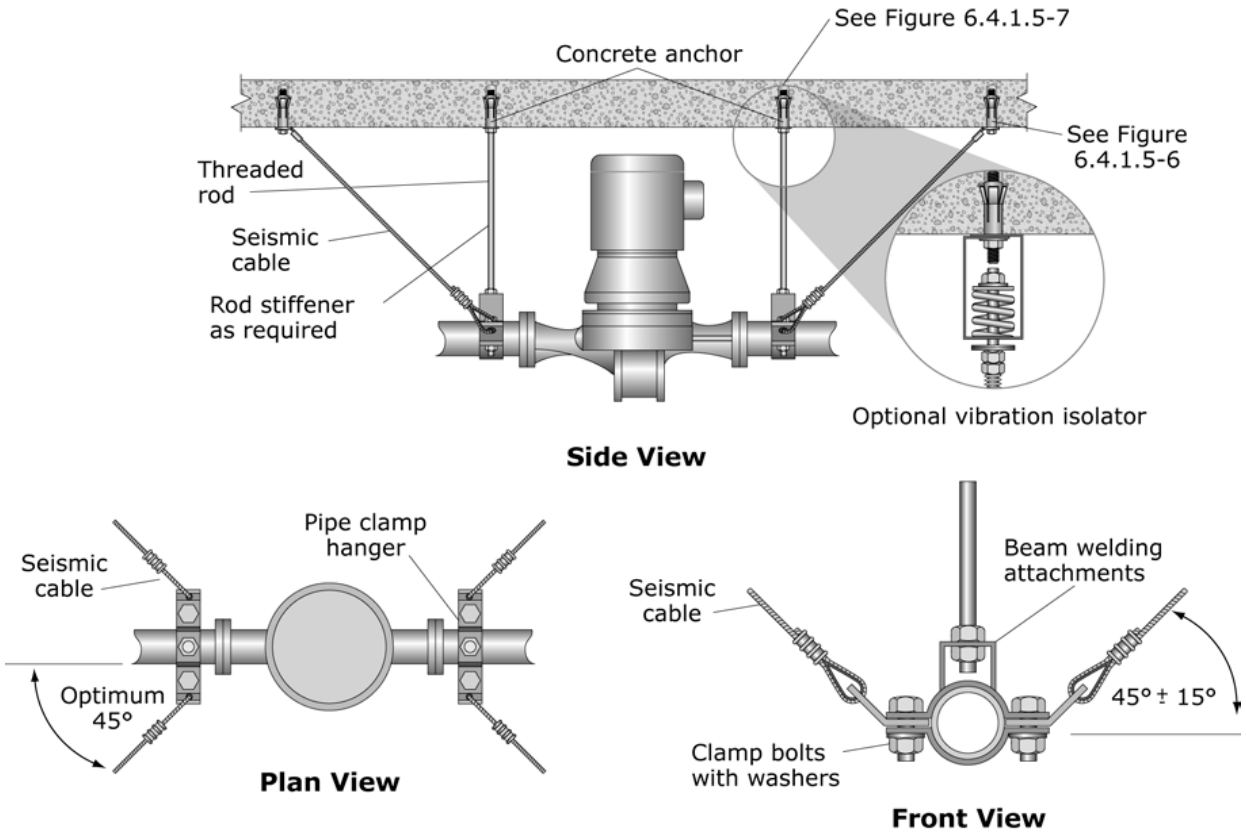


مهاربند صلب بصورت ذوزنقه ای

مهاربند کابلی بصورت ذوزنقه ای

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ لوله های فشار

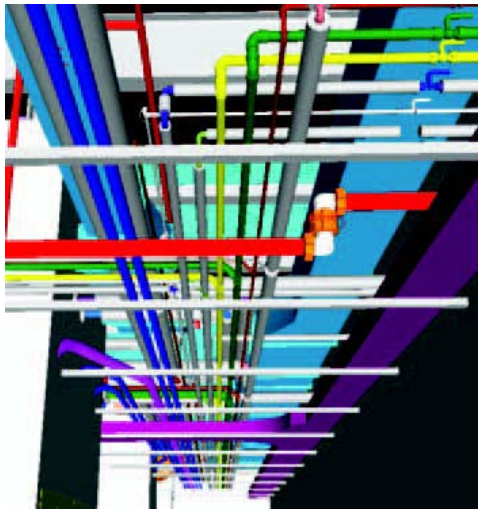


پمپ یا شیرهای در مسیر

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

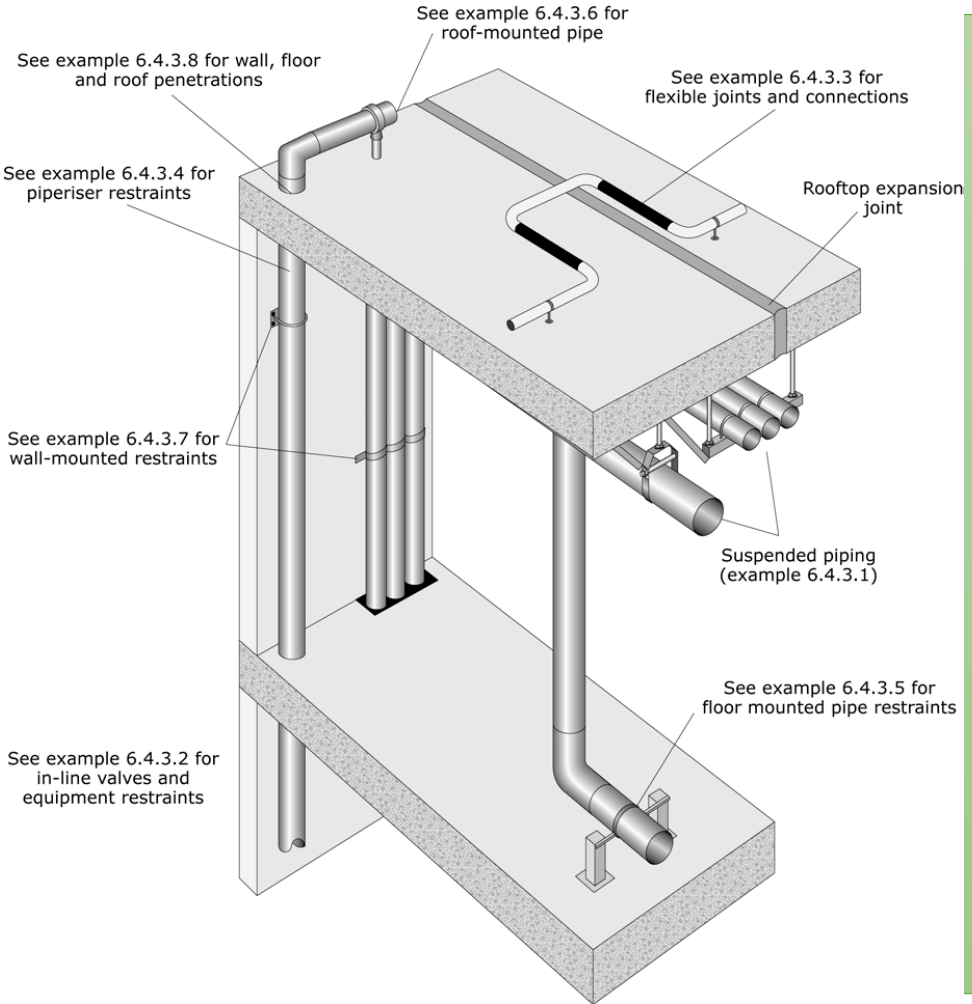
❖ لوله های فشار

✓ طراحی و ساخت مجازی (VDC) و مدل‌های اطلاعات ساختمان (BIM) شامل توسعه مدل‌های کامپیوتری سه بعدی که تمام اجزای سازه و اجزای غیرسازه‌ای ساختمان‌ها را به تصویر می‌کشد. BIM طراحی و هماهنگی این اجزا با سیستم سازه‌ای و سایر اجزای غیرسازه‌ای را تسهیل می‌کند.



➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

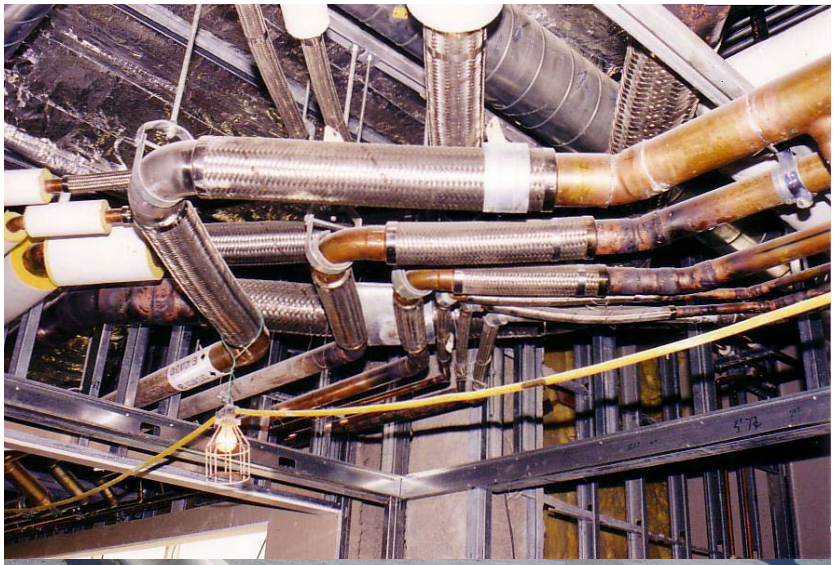
❖ لوله های فشار

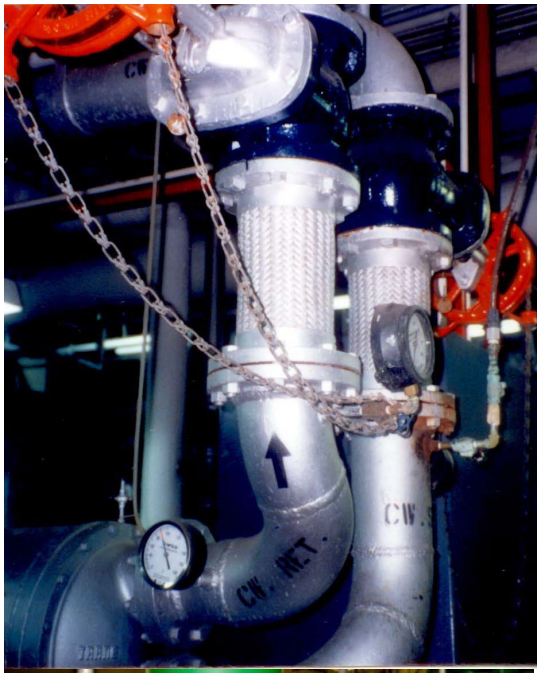


- ✓ سیستم های لوله کشی معمولاً ترکیبی از مسیرهای افقی و عمودی لوله هستند. حرکت های عمودی اغلب رایزر نامیده می شوند. لوله ها ممکن است در بالای سر معلق باشند یا روی زمین، سقف یا دیوار نصب شوند. در نتیجه اتصالات انعطاف پذیر اغلب در تجهیزات ثابت یا جایی که لوله ها از درز انبساط یا جداسازی لرزه ای عبور می کنند مورد نیاز است. لوله‌ها معمولاً شامل نفوذ از دال‌های کف، دال‌های سقف و دیوارها یا قاب‌های سازه‌ای هستند.

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

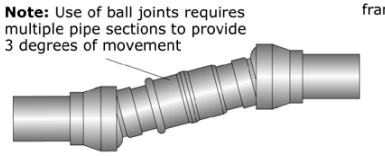
❖ اتصالات انعطاف پذیر



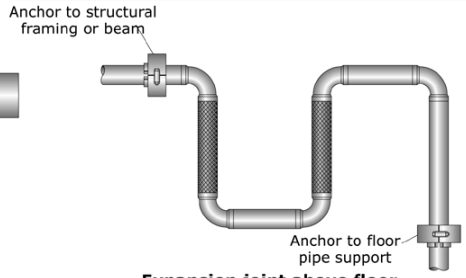


➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

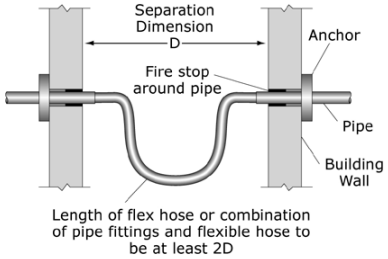
❖ اتصالات انعطاف پذیر لوله های فشار



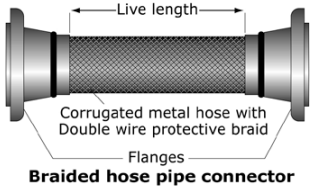
Double-socket expansion joint



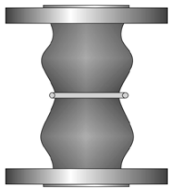
Expansion joint above floor



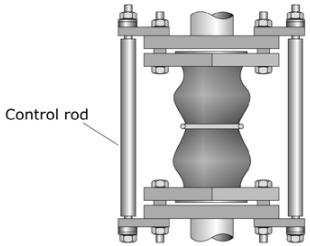
Double-socket expansion joint



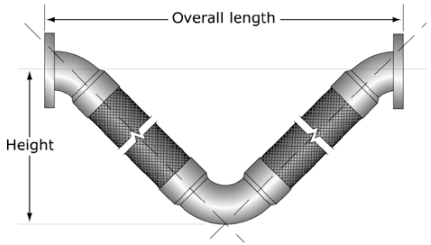
Braided hose pipe connector



Rubber hose pipe connector



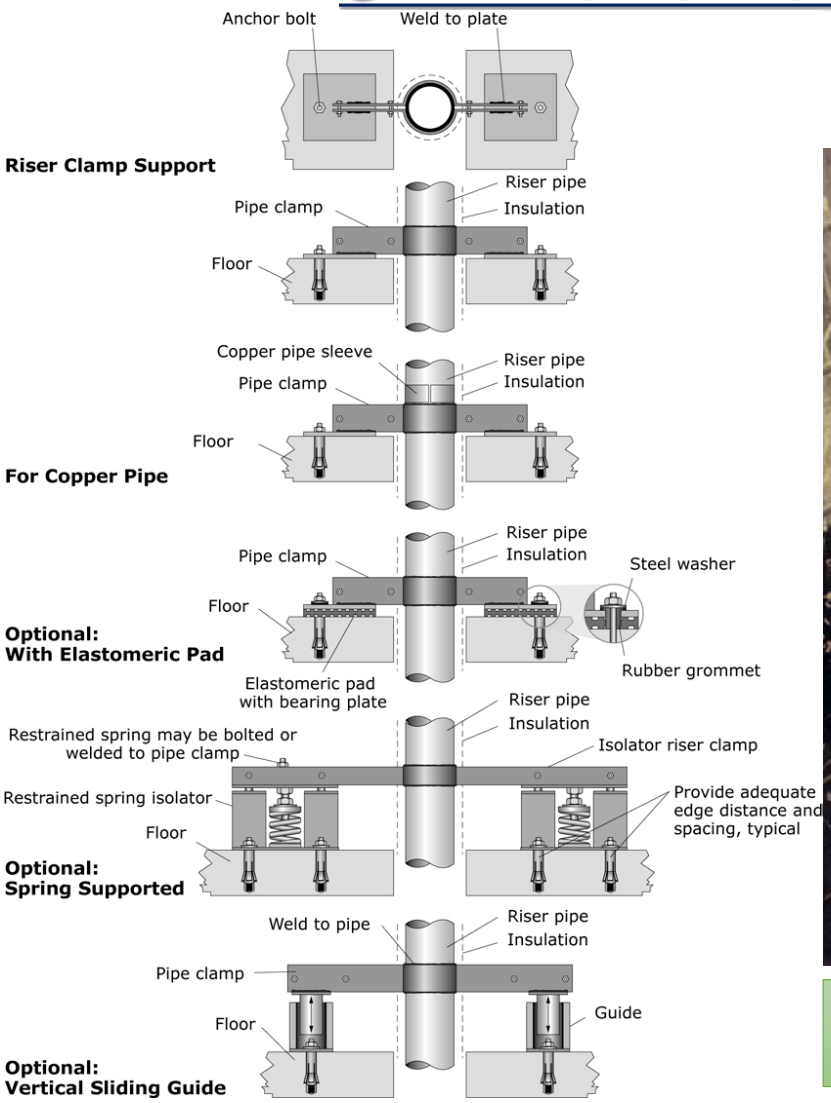
Rubber hose pipe connector with control rods



Braided hose expansion joint

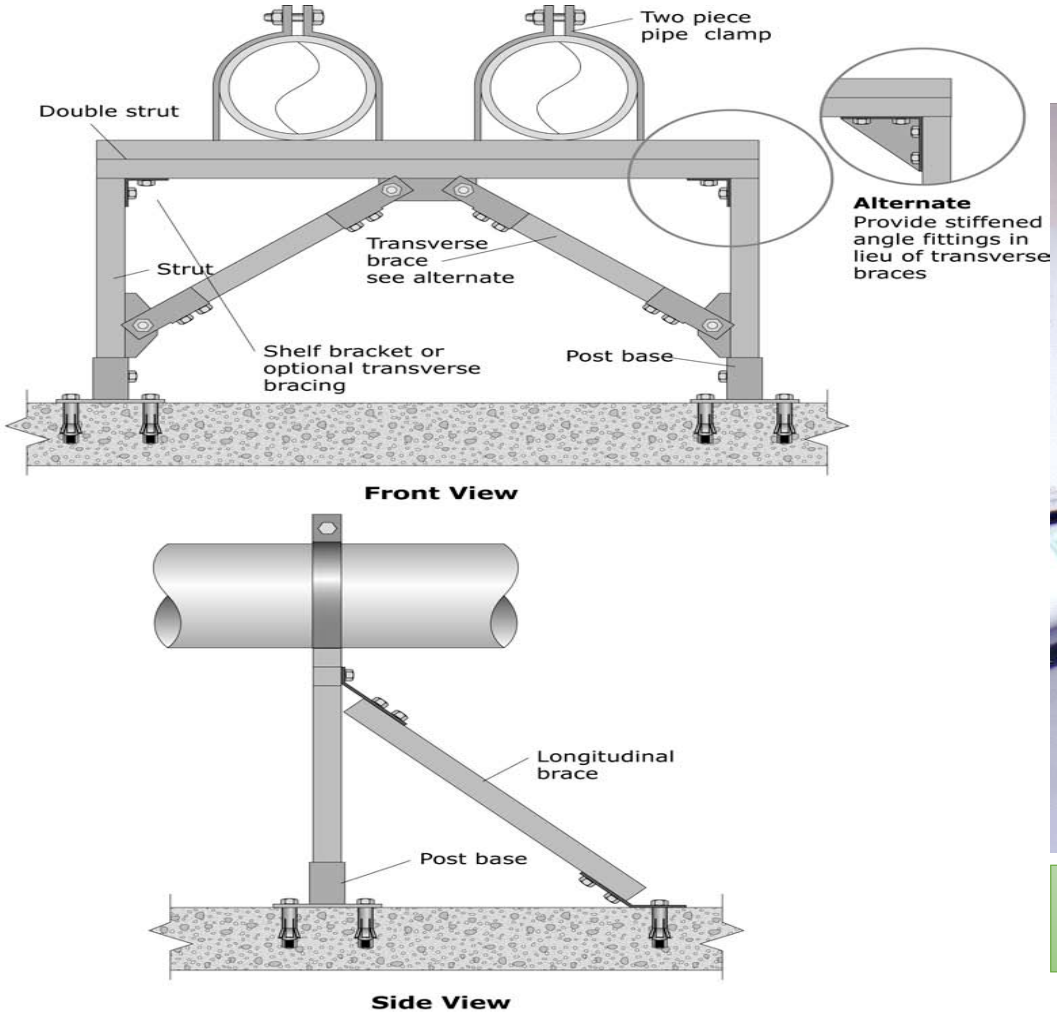
➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ لوله های فشار



مهار و تکیه گاه رایزر در عبور از سقف

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

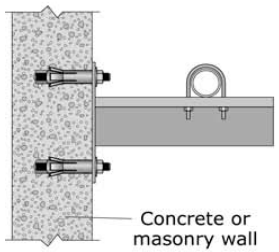


❖ لوله های فشار

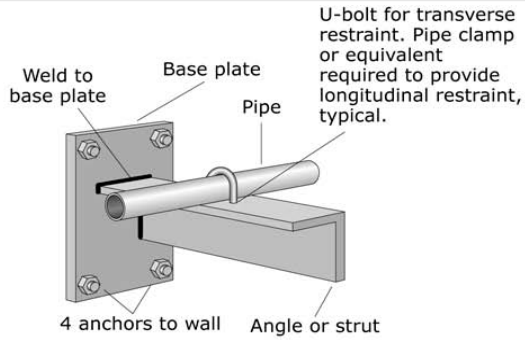
مهار و تکیه گاه لوله ها در عبور از کف

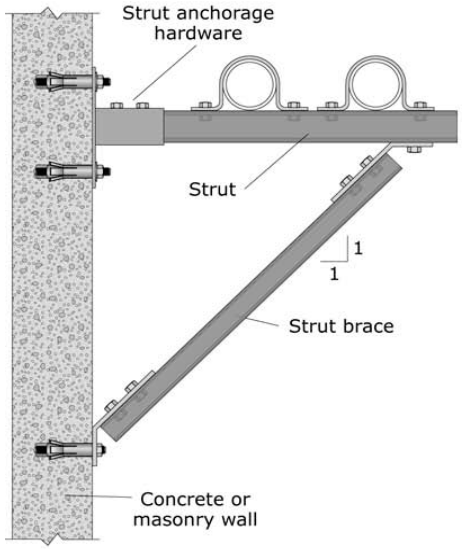
➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

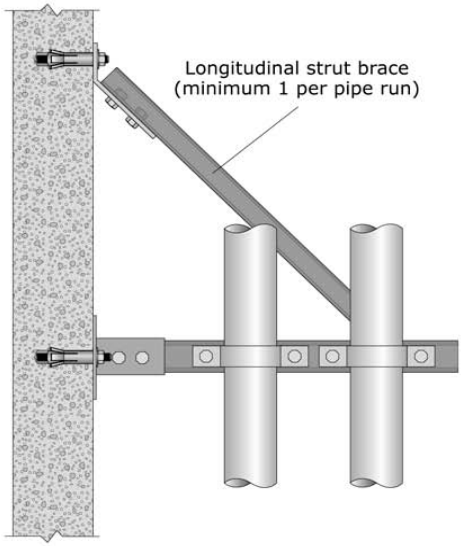
❖ لوله های فشار



Side View





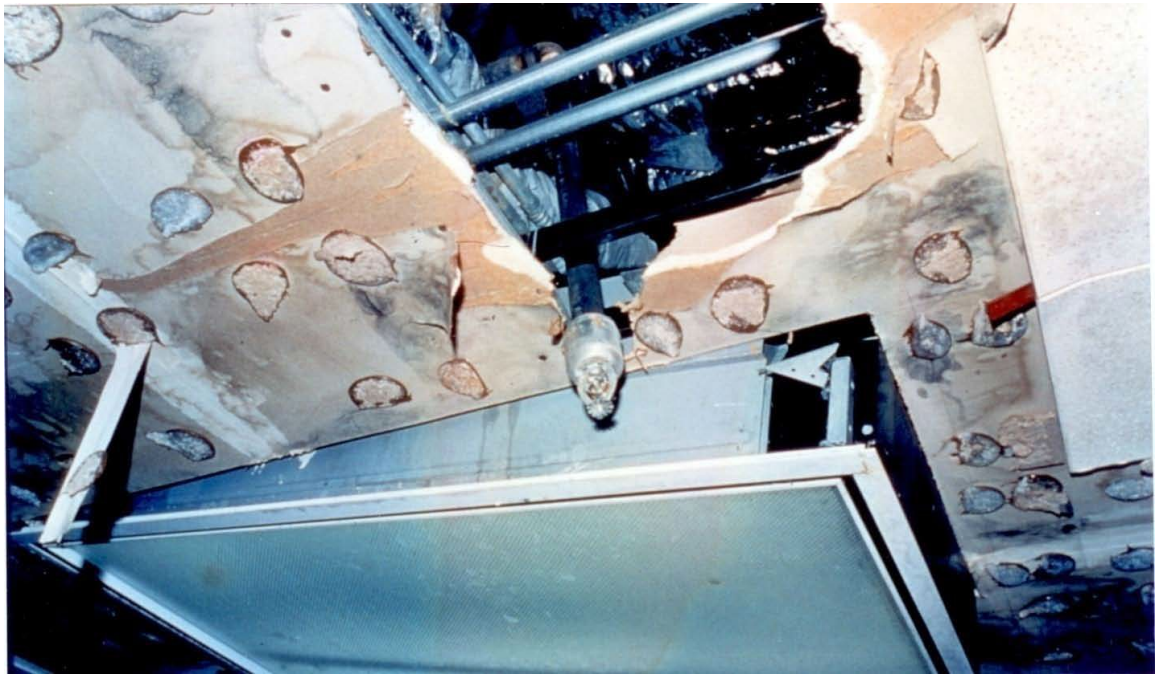


Plan View

مهار و تکیه گاه لوله ها در عبور از دیوار

➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

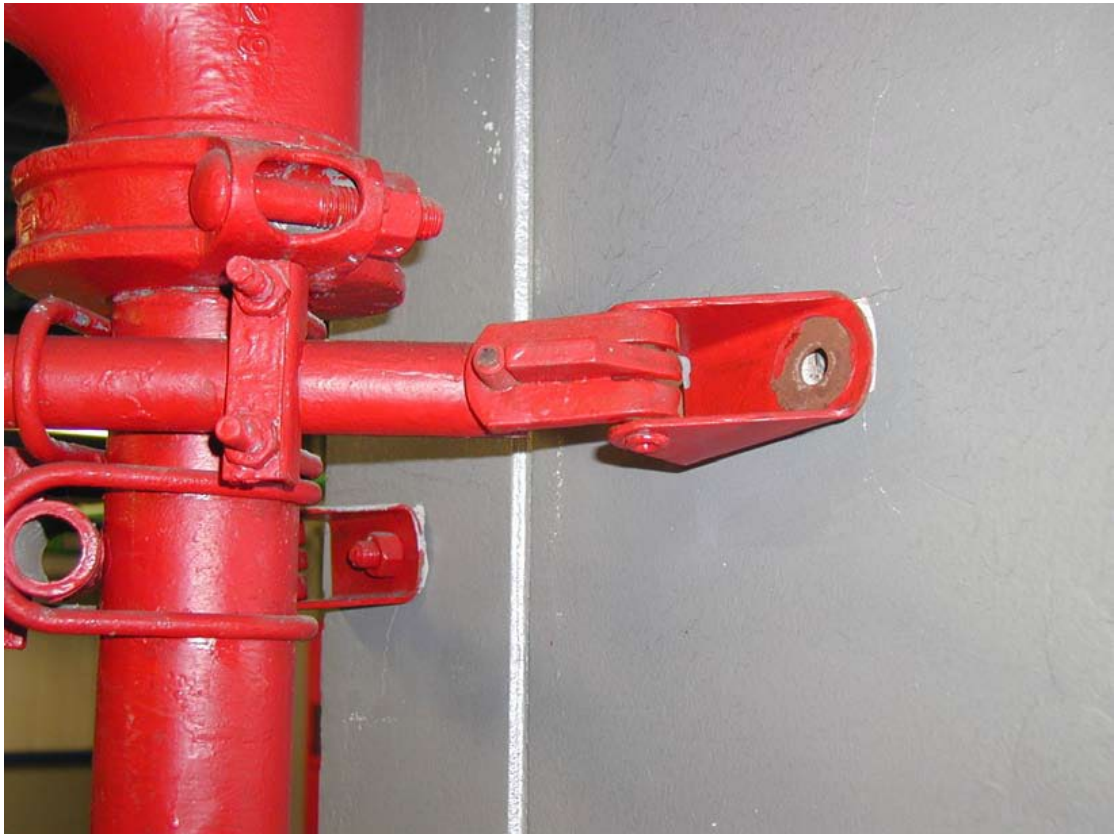
❖ سیستم اطفاء حریق



لوله آبپاش پاره شده است و نشت آب از خرابی آبپاش های آتش نشانی و خطوط آب باعث شد که این بیمارستان به مدت چند روز پس از زلزله ۶.۷ ریشتری نورتریج در سال ۱۹۹۴ تعطیل شود.

➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

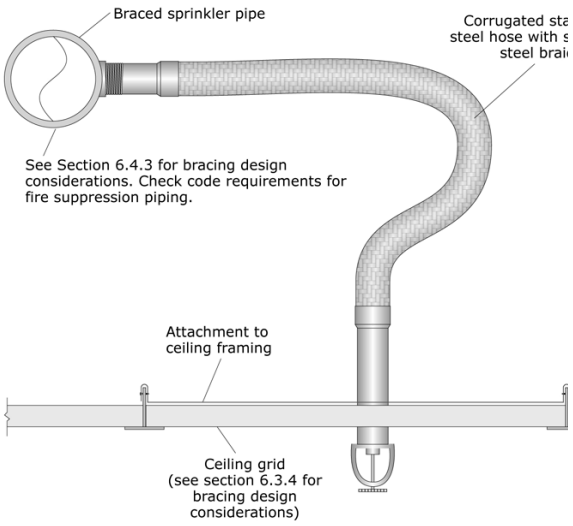
❖ سیستم اطفاء حریق



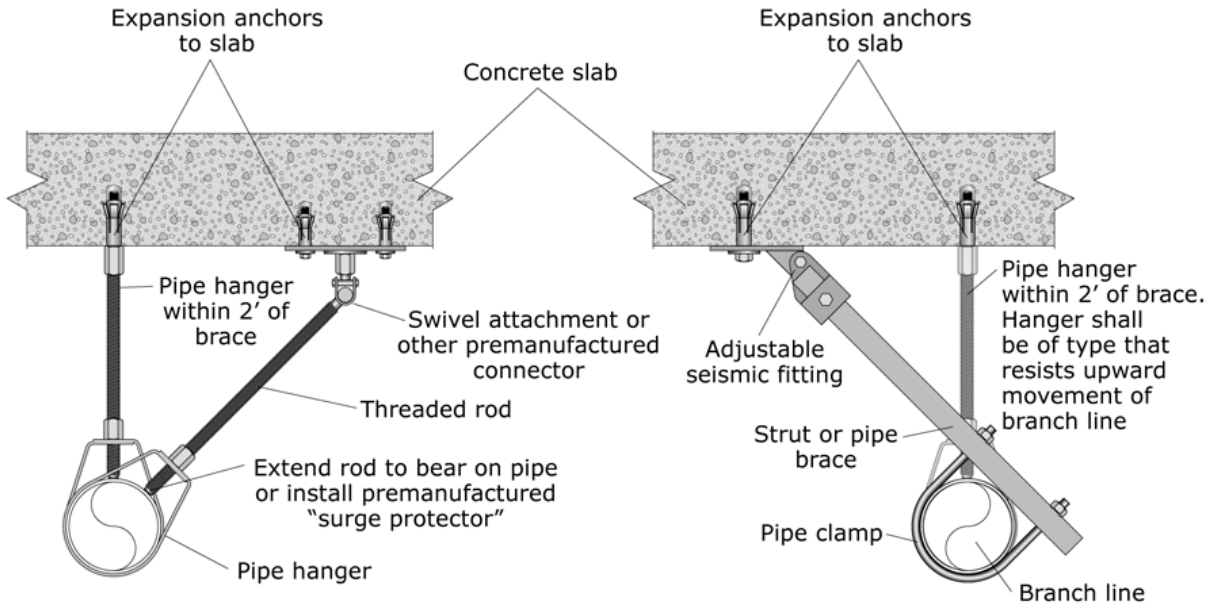
مهار لوله دیـواری بـه دلیل اتصال ناکافی به قاب سـازه در زلزلـه ۸.۴ ریشتری پـرو در سـال ۲۰۰۱ دچـار شکست شده است.

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ سیستم اطفاء حریق

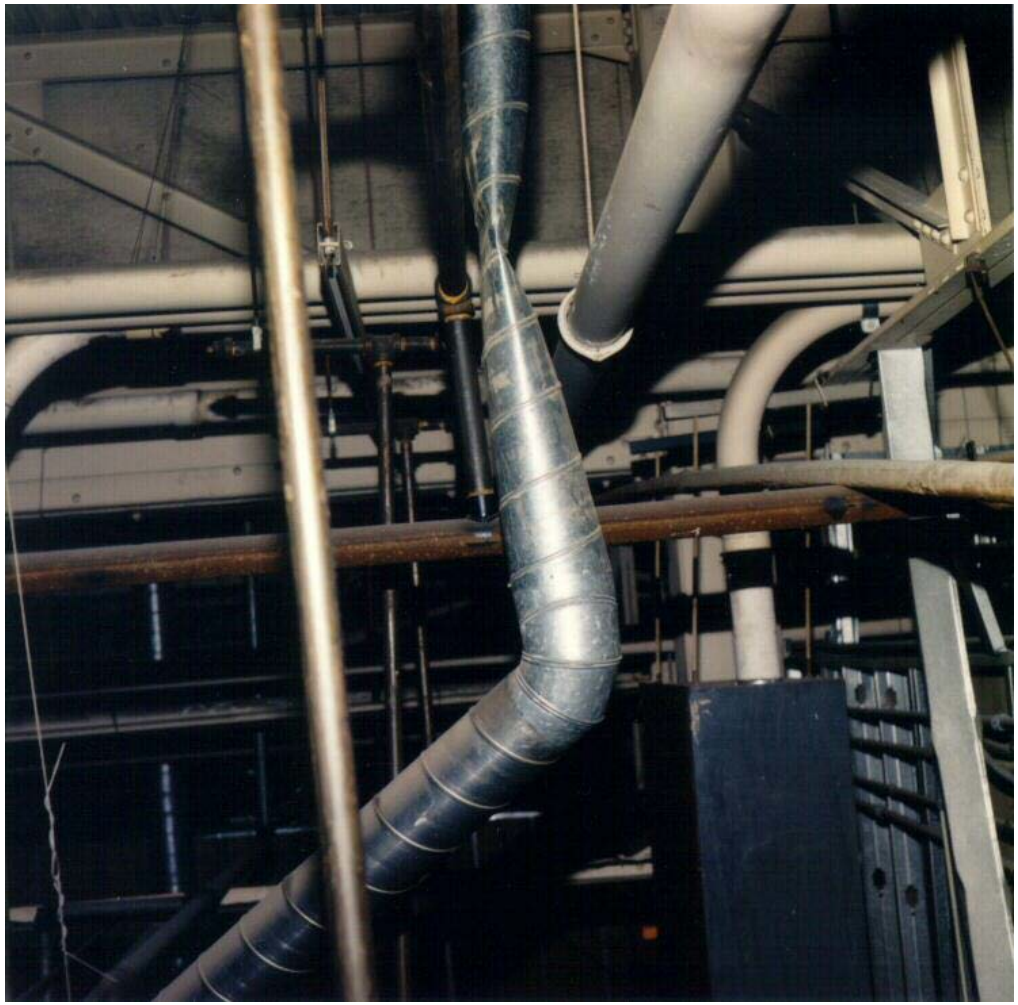


Note: for seismic design category D, E & F, the flexible sprinkler hose fitting must accommodate at least 1" of ceiling movement without use of an oversized opening. Alternatively, the sprinkler head must have a 2" oversize ring or adapter that allows 1" movement in all directions.



➢ آسیب پذیری اجزاء تاسیسات مکانیکی در زلزله های گذشته

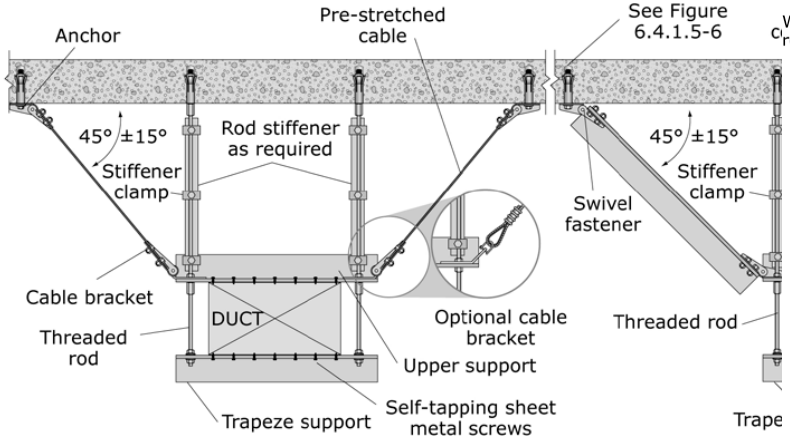
❖ کانال ها

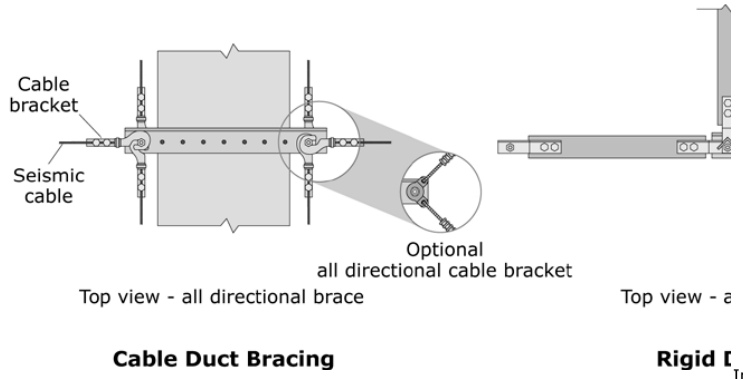


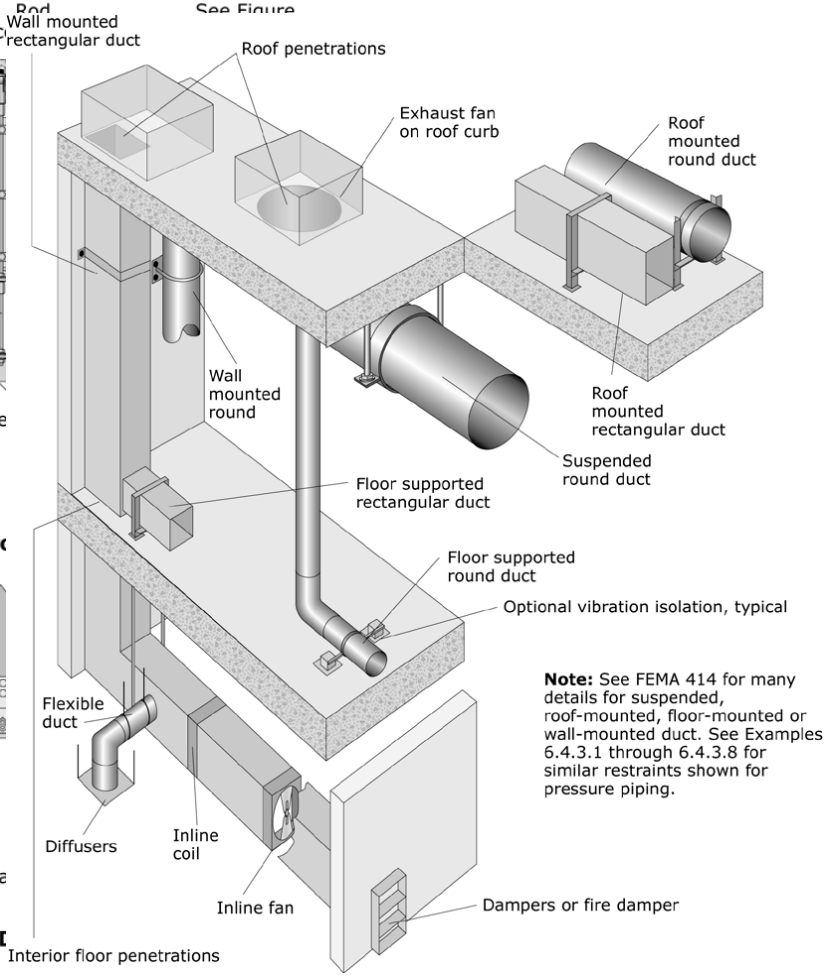
کانال بـدون مهـار در اثر برخورد با لولـه در زلزله نـورتریج ۱۹۹۴ آسیب دیده است.

➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ کانال ها

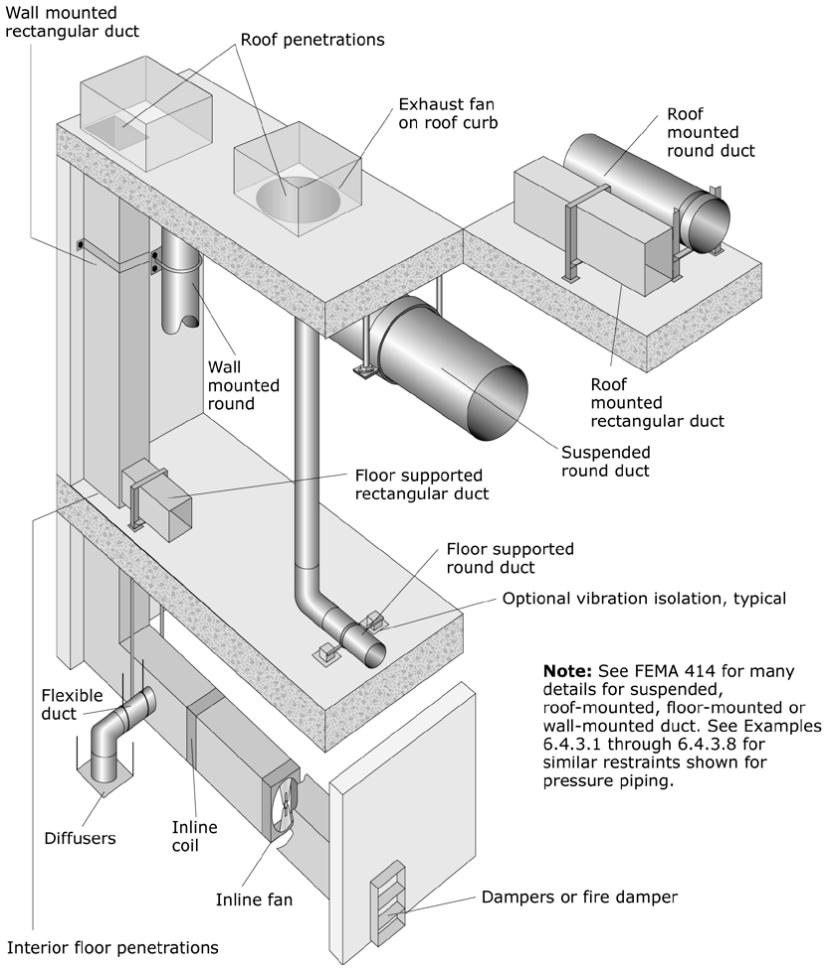


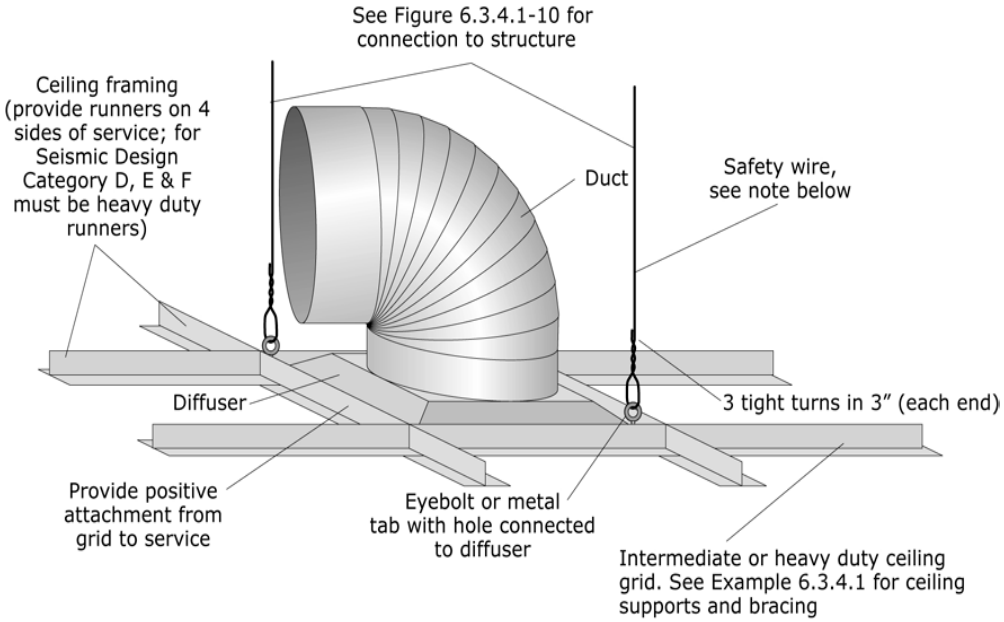




➢ راهکارهای اجرایی جلوگیری از آسیب لرزه ای اجزاء مکانیکی

❖ کانال ها





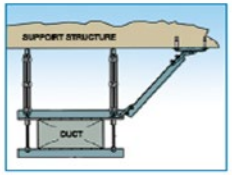
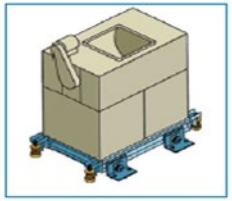
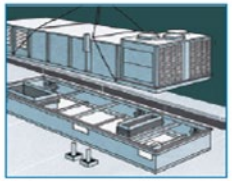
UN-HABITAT FOR A BETTER URBAN FUTURE

وزارت راه و شهرسازی

سازمان مجری ساختمان‌ها و تأسیسات دولتی و عمومی

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

➢ برآورد تقاضای لرزه ای در اجزاء تاسیساتی مکانیکی

System ID	Site and Building Characteristics	Examples of Site and Building Characteristics	THE HAZARDS				
			Seismic	Flood	Wind	Fire	Explanation of Interaction
6	MECHANICAL						
	6-1 Anchorage/ bracing of system components		✔	✔	✔	o	Essential for earthquake and wind (exterior-mounted), beneficial for flood.
	6-2 Vibration-isolated equipment designed for seismic and wind forces: snubbers prevent equipment from falling off isolators	 Isolators with "snubbers" and provisions for wind uplift	✔	o	o	o	Very beneficial for earthquake, not significant for flood or fire. If not designed to resist uplift inadequate for wind.
	6-3 Anchorage of rooftop equipment		✔	o	✔	o	Very beneficial for wind and earthquake (with seismic designed isolators where necessary), not significant for floods and fire.
7	PLUMBING						
	7-1 Anchorage/ bracing of system components	Pipe Support	✔	o	✔	✔	Essential for earthquake and wind (for exterior-mounted systems), beneficial for fire.

➢ برآورد تقاضای لرزه ای در اجزاء تاسیساتی مکانیکی

نیروی افقی طراحی لرزه‌ای جزء، F_p، باید به نسبت جرم جزء توزیع شود. ضریب افزونگی، ρ، را می‌توان برابر با ۱ درنظر گرفت. جهت نیروی F_p باید به گونه‌ای باشد که بیشترین اثر را بر جزء، تکیه‌گاه‌های جزء و اتصالات آن وارد نماید. در صورتی که امتدادهای اصلی مشخصی برای جزء معین باشد، به عنوان جایگزین می‌توان ۱۰۰درصد نیروی F_p را در یک امتداد اصلی و ۳۰ درصد آن را در امتداد متعامد وارد نمود به نحوی که بیشترین نیاز لرزه‌ای در جزء ایجاد گردد.

$$0.3S_{DS}I_PW_P \le F_P = \frac{0.4a_pS_{DS}W_PI_P}{R_P}\left(1+2\left(\frac{Z}{H}\right)\right) \le 1.6S_{DS}I_PW_P$$

R_p: ضریب مقاومت جزء غیرسازه ای

a_p: ضریب بازتاب جزء

I_p: ضریب اهمیت جزء

W_p : وزن بهره برداری جزء که بیشینه وزن دوره بهره برداری است.

S_{DS} : پارامتر شتاب طیف طراحی در دوره تناوب کوتاه

➢ برآورد تقاضای لرزه ای در اجزاء تاسیساتی مکانیکی

۴-۱-۳ ضریب اهمیت جزء

اجزای غیرسازه‌ای برحسب میزان آسیب‌رسانی ناشی از خرابی آنها به دو گروه تقسیم و در تعیین نیروی جانبی زلزله برای هر یک"ضریب اهمیت جزء I_p" خاص در نظر گرفته می‌شود.این ضریب برای اجزاء زیر برابر با ۱/۴ و برای سایر اجزا برابر ۱/۰ می‌باشد:

الف- جزء در داخل و یا متکی به سازه با اهمیت خیلی زیاد بوده و حفظ آن برای خدمت‌رسانی بی‌وقفه سازه لازم باشد.

ب- محتوای جزء مواد خطرزا با امکان ایجاد مسمومیت زیاد و یا انفجار باشد.

پ- خدمت‌رسانی جزء برای تأمین عملکرد ایمنی جانی پس از زلزله لازم باشد، مانند سیستم اطفای حریق و پلکان فرار

➢ برآورد تقاضای لرزه ای در اجزاء تاسیساتی مکانیکی

جدول ۴-۲ ضرایب لرزه‌ای برای تجهیزات مکانیکی و برقی

نام تجهیزات	a_p	R_{pu}
الف- تجهیزات برقی و مکانیکی هواکش، واحدهای تهویه مطبوع، گرم‌کننده‌ها و جعبه‌های تقسیم هوا، سایر تجهیزات مکانیکی ساخته‌شده از ورق‌های فلزی	۲/۵	۶
واحدهای تهویه مطبوع آبی، دیگ بخار، کوره، تانکر و مخزن فشار آتمسفری، چیلر، سیستم گرم‌کننده آب، مبدل حرارتی و تجهیزاتی که از مواد با قابلیت تغییرشکل زیاد ساخته شده‌اند	۱	۲/۵
موتور، توربین، پمپ و کمپورسور و مخزن تحت فشار که فاقد پایه‌های پیرامونی بوده و مستقیماً توسط شاسی به کف متصل شود.	۱	۲/۵
مخزن تحت فشاری که برروی پایه‌های پیرامونی نصب شده باشد.	۲/۵	۲/۵
آسانسور و پله برقی	۱	۲/۵
ژنراتور، باتری، موتور، مبدل و سایر تجهیزات برقی که از مواد با قابلیت تغییر شکل زیاد ساخته شده باشد.	۱	۲/۵
تابلو برق، مراکز کنترل موتور، و سایر تجهیزات برقی که از ورق‌های فلزی ساخته شده باشد.	۲/۵	۶
تجهیزات مخابراتی، رایانه و سیستم‌های کنترل و ابزار دقیق	۱	۲/۵

➢ برآورد تقاضای لرزه ای در اجزاء تاسیساتی مکانیکی

جدول ۴-۲ ضرایب لرزه‌ای برای تجهیزات مکانیکی و برقی

نام تجهیزات	a_p	R_{pu}
دودکش، برج خنک‌کننده و دکل نصب شده بر روی بام که در ترازی پایین‌تر از مرکز ثقل به‌طور جانبی مهار شده باشد.	۲/۵	۳
تجهیزات ذکر شده در ردیف فوق در حالتی که در ترازی بالاتر از مرکز ثقل خود به‌طور جانبی مهار شده باشد.	۱	۲/۵
سایر تجهیزات مکانیکی و برقی	۱	۱/۵
ب- سیستم و اجزای متکی بر انواع جداساز لرزه‌ای	۲/۵	۲
ج- سیستم‌های توزیع		
سیستم لوله‌کشی از مواد با قابلیت تغییرشکل زیاد که دارای اتصالات جوشی و یا لحیم‌کاری باشد.	۲/۵	۶
سیستم لوله‌کشی که با استفاده از مواد دارای قابلیت تغییر شکل متوسط یا زیاد و با استفاده از اتصالات رزوه‌ای، چسبی، کوپلینگ فشاری یا شیاری یا نظایر آن ساخته شده باشد.	۲/۵	۴/۵
سیستم لوله‌کشی که از مواد با قابلیت تغییرشکل کم نظیر چدن یا شیشه یا مواد پلاستیکی شکننده ساخته شده باشد	۲/۵	۳
کانال‌هایی که با استفاده از مواد با قابلیت تغییر شکل زیاد و اتصالات جوشی یا لحیم‌کاری ساخته شده باشد	۲/۵	۶
کانال‌هایی که با استفاده از مواد با قابلیت تغییر شکل زیاد یا متوسط و اتصالاتی غیر از جوشی یا لحیم ساخته شده باشد	۲/۵	۴
کانال‌هایی که از مواد با قابلیت تغییرشکل کم نظیر چدن یا شیشه یا مواد پلاستیکی شکننده ساخته شده باشند	۲/۵	۳
لوله‌کشی سیستم برقی، سینی کابل	۲/۵	۶
باس داکت	۱	۲/۵
لوله‌کشی فاضلاب	۱	۲/۵
نقاله‌های خط تولید غیر آدم‌رو	۲/۵	۳

➢ برآورد تقاضای لرزه ای در اجزاء تاسیساتی مکانیکی

توزیع نیروی جانبی

$$F_{pi} = \frac{w_{pi}h_i}{\sum w_{pi}h_i} V_p$$

۴-۲-۲ مؤلفه قائم نیروی زلزله

مؤلفه قائم نیروی زلزله از رابطه (۴-۵) تعیین می‌شود.این مؤلفه باید همزمان با نیروی جانبی به جزء اثر داده شده و در ترکیب‌های بارگذاری‌های مختلف به‌کار برده شود.

$$F_{\mathrm{pu}} = 0.2\mathrm{A}(1+\mathrm{S})I_p W_p \qquad (۴-۵)$$

➢ برآورد تقاضای لرزه ای در اجزاء تاسیساتی مکانیکی

۴-۳ تغییر مکان جانبی

اجزای غیرسازه‌ای که در دو یا چند نقطه به سازه متکی هستند، باید قادر به پذیرش تغییر مکان‌های نسبی بین این نقاط باشند. تغییر مکان نسبی، D_p، بین دو نقطه A وB با استفاده از ضوابط زیر تعیین می‌شود:

الف- دونقطه بر روی یک سازه قرار دارند:

$$D_p = \delta_{XA} - \delta_{YA} \qquad (۶-۴)$$

ب- دو نقطه بر روی دو سازه قرار دارند:

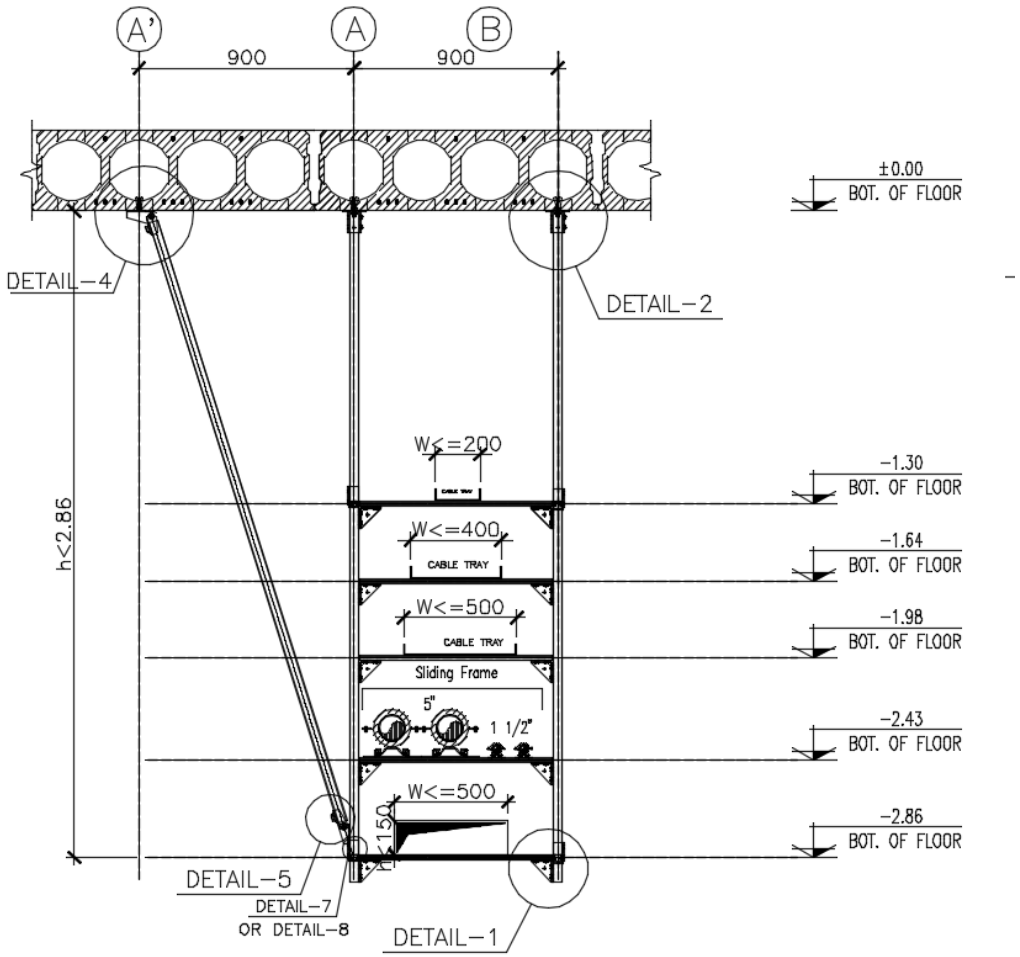
$$D_p = |\delta_{XA}| + |\delta_{XB}| \qquad (۸-۴)$$

δ_{XA} = تغییر مکان جانبی غیرخطی ساختمان در تراز X سازه A

δ_{YA} = تغییرمکان جانبی غیرخطی ساختمان در تراز Y سازه A

δ_{XB} = تغییرمکان جانبی غیرخطی ساختمان در تراز X سازه B

➢ مثال عددی از طراحی لرزه ای تکیه گاه های اجزا تاسیساتی مکانیکی



FRAMING, AXIS 1 & 2

SCALE 1:50

➢ مثال عددی از طراحی لرزه ای تکیه گاه های اجزا تاسیساتی مکانیکی

✓ بارگذاری

#	Load Case Type	Name in Model
1	Dead Load	DEAD
2	Live Load	LIVE
3	Earthquake Load (X)	EX
4	Earthquake Load (Y)	EY
5	Earthquake Load (Z)	EZ

✓ ترکیب بار

#	Load Combination
1	1.4 DEAD
2	1.2 DEAD + 1.6 LIVE
3	1.2 DEAD + 1.0 LIVE + 1.0 EX + 1.0 EZ
4	1.2 DEAD + 1.0 LIVE + 1.0 EX - 1.0 EZ
5	1.2 DEAD + 1.0 LIVE - 1.0 EX + 1.0 EZ
6	1.2 DEAD + 1.0 LIVE - 1.0 EX - 1.0 EZ
7	1.2 DEAD + 1.0 LIVE + 1.0 EY + 1.0 EZ
8	1.2 DEAD + 1.0 LIVE + 1.0 EY - 1.0 EZ
9	1.2 DEAD + 1.0 LIVE - 1.0 EY + 1.0 EZ
10	1.2 DEAD + 1.0 LIVE - 1.0 EY -1.0 EZ
11	0.9 DEAD + 1.0 EX + 1.0 EZ
12	0.9 DEAD + 1.0 EX - 1.0 EZ
13	0.9 DEAD - 1.0 EX + 1.0 EZ
14	0.9 DEAD - 1.0 EX - 1.0 EZ
15	0.9 DEAD + 1.0 EY + 1.0 EZ
16	0.9 DEAD + 1.0 EY - 1.0 EZ
17	0.9 DEAD - 1.0 EY + 1.0 EZ
18	0.9 DEAD - 1.0 EY - 1.0 EZ
19	1.2 DEAD + 1.0 LIVE + 0.3 EX + 1.0 EY
20	1.2 DEAD + 1.0 LIVE + 0.3 EX - 1.0 EY
21	1.2 DEAD + 1.0 LIVE - 0.3 EX + 1.0 EY
22	1.2 DEAD + 1.0 LIVE - 0.3 EX - 1.0 EY
23	1.2 DEAD + 1.0 LIVE + 1.0 EX + 0.3 EY
24	1.2 DEAD + 1.0 LIVE + 1.0 EX - 0.3 EY
25	1.2 DEAD + 1.0 LIVE - 1.0 EX + 0.3 EY
26	1.2 DEAD + 1.0 LIVE - 1.0 EX - 0.3 EY
27	1.0 DEAD
28	1.0 DEAD + 1.0 LIVE

➢ مثال عددی از طراحی لرزه ای تکیه گاه های اجزا تاسیساتی مکانیکی

Elevations: -1.30, -1.64 and -1.98

✓ بارگذاری ثقلی

Elevation	-1.3	-1.64	-1.98
Type	Tray	Tray	Tray
SPECIFICATION			
Name	CT-200	CT-400	CT-500
Width (cm)	20	40	50
DEAD LOAD			
Unit Weight (kg/m)	30.0	60.0	75.0
Frame Spacing (m)	1.0	1.0	1.0
Loading Width (cm)	20	40	50
Weight (kg)	30.0	60.0	75.0
Distributed Dead Load (kg/m)	150	150	150
Point Dead Load (kg)	-	-	-
LIVE LOAD			
Point Live Load (kg)	0.0	30.0	30.0

➢ مثال عددی از طراحی لرزه ای تکیه گاه های اجزا تاسیساتی مکانیکی

Elevations: -2.43

✓ بارگذاری ثقلی

Equipment	1			
Type	HVAC	HVAC	HVAC	HVAC
SPECIFICATION				
Name	5"	5"	1.25"	1.25"
Pipe Filled or UnFilled	Filled	Filled	Filled	Filled
Pipe Diameter (mm)	125	125	32	32
Insulation Thickness (cm)	3	3	3	3
DEAD LOAD				
Unit Weight of Pipe (kg/m)	34.6	34.6	4.3	4.3
Unit Weight (kg/m)	36.0	36.0	5.0	5.0
Frame Spacing (m)	1.0	1.0	1.0	1.0
Weight (kg)	45.0	45.0	6.5	6.5
Distributed Dead Load (kg/m)	-	-	-	-
Point Dead Load (kg)	45.0	45.0	6.5	6.5
LIVE LOAD				
Point Live Load (kg)	4.5	4.5	0.65	0.65

➢ مثال عددی از طراحی لرزه ای تکیه گاه های اجزا تاسیساتی مکانیکی

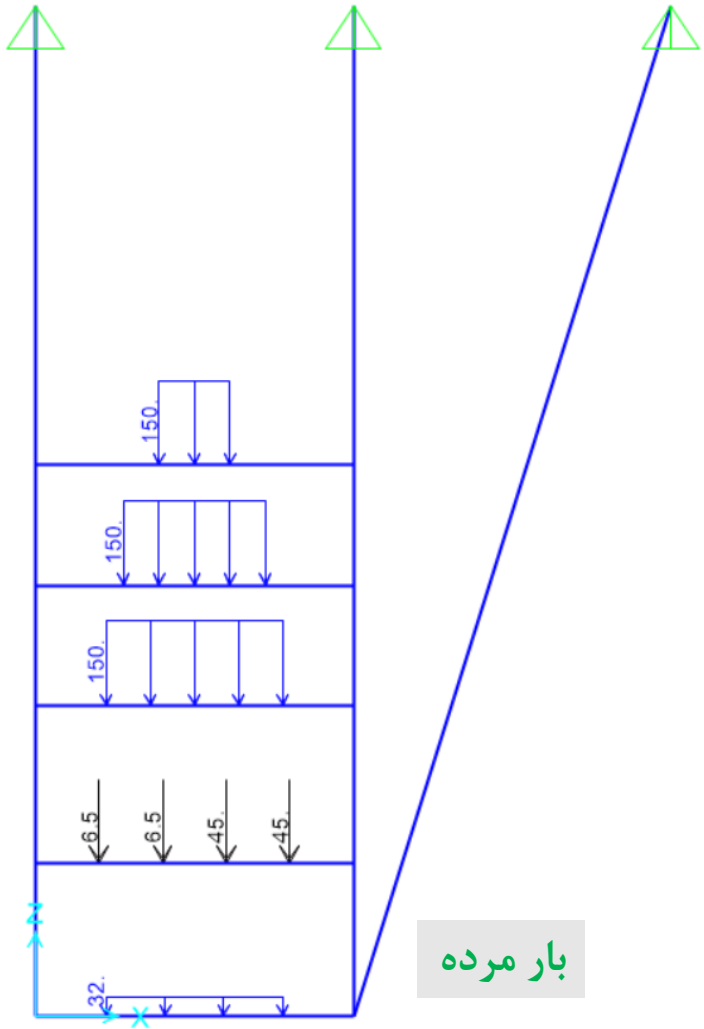
Elevations: -2.86

Equipment	1
Type	Duct
SPECIFICATION	
Name	50x15
Width (cm)	50
Height (cm)	20
Thickness (mm)	0.88
Insulation Thickness (cm)	5
DEAD LOAD	
Unit Weight of Pipe (kg/m)	-
Unit Weight (kg/m)	16
Frame Spacing (m)	1.0
Loading Width (cm)	50
Weight (kg)	16
Distributed Dead Load (kg/m)	32
Point Dead Load (kg)	-
LIVE LOAD	
Point Live Load (kg)	-

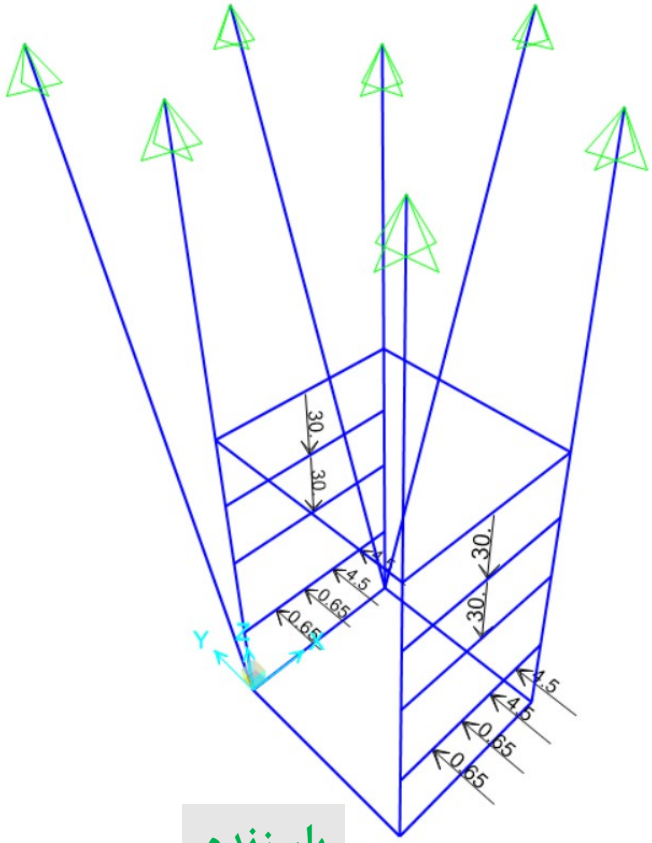
✓ بارگذاری ثقلی

➢ مثال عددی از طراحی لرزه ای تکیه گاه های اجزا تاسیساتی مکانیکی

✓ بارگذاری ثقلی



بار مرده



بار زنده

➢ مثال عددی از طراحی لرزه ای تکیه گاه های اجزا تاسیساتی مکانیکی

✓ بارگذاری لرزه ای

$$Seismic\ Loads:\ 0.3S_{DS}I_PW_P \le F_P = \frac{0.4a_pS_{DS}W_PI_P}{R_P}\left(1+2\left(\frac{Z}{H}\right)\right) \le 1.6S_{DS}I_PW_P$$

Equipment	0	1
Type	Str	Tray
Total Weight	35	290
SEISMIC LOADS		
Z (m)	2.86	2.86
H (m)	6.3	6.3
I_p	1	1
a_p	2.5	2.5
S_{DS}	0.875	0.875
R_p	6	6
C_{min}	0.2625	0.2625
C_{max}	1.4	1.4
C_{calc}	0.2782	0.2782
$C_x=C_y$	0.2782	0.2782
C_z	0.1855	0.1855
$V_x=V_y=C_{x/y}W$	10	81
$F_z=C_zW$	6	54

➢ مثال عددی از طراحی لرزه ای تکیه گاه های اجزا تاسیساتی مکانیکی

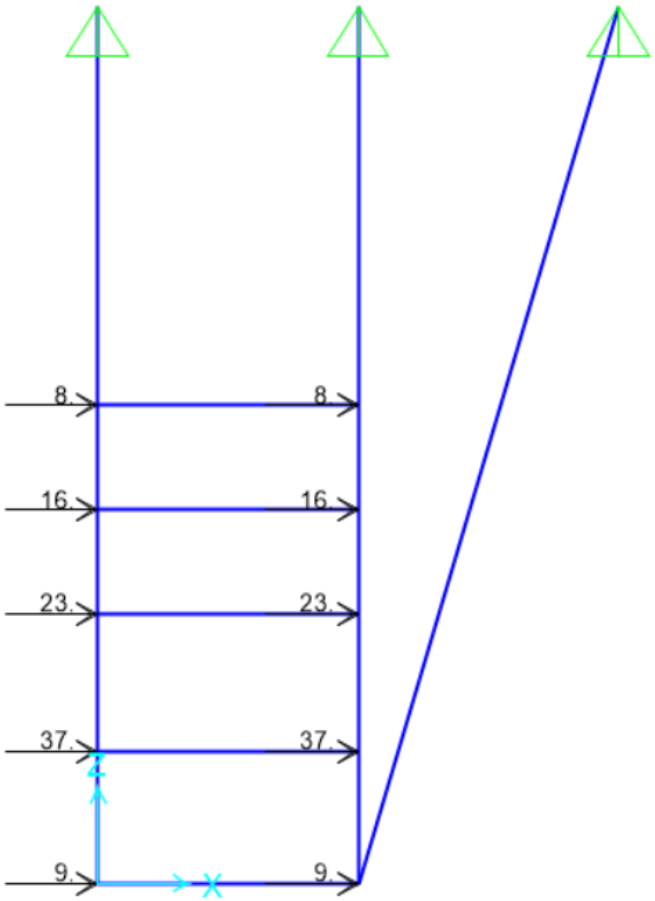
✓ توزیع بار لرزه ای

$$F_{pi} = \frac{w_{pi} h_i}{\sum w_{pi} h_i} V_p$$

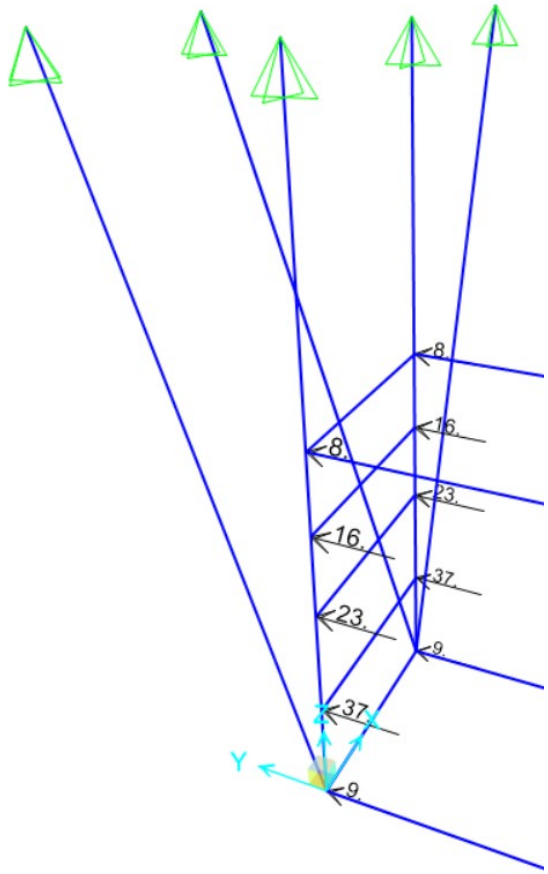
Story	Z (m)	Str Weight + Equipment		
		F_x	F_y	F_z
1	1.30	8	8	3.5
2	1.64	16	16	6.5
3	1.98	23	23	7.5
4	2.43	37	37	10.5
5	2.86	9	9	2.0

➢ مثال عددی از طراحی لرزه ای تکیه گاه های اجزا تاسیساتی مکانیکی

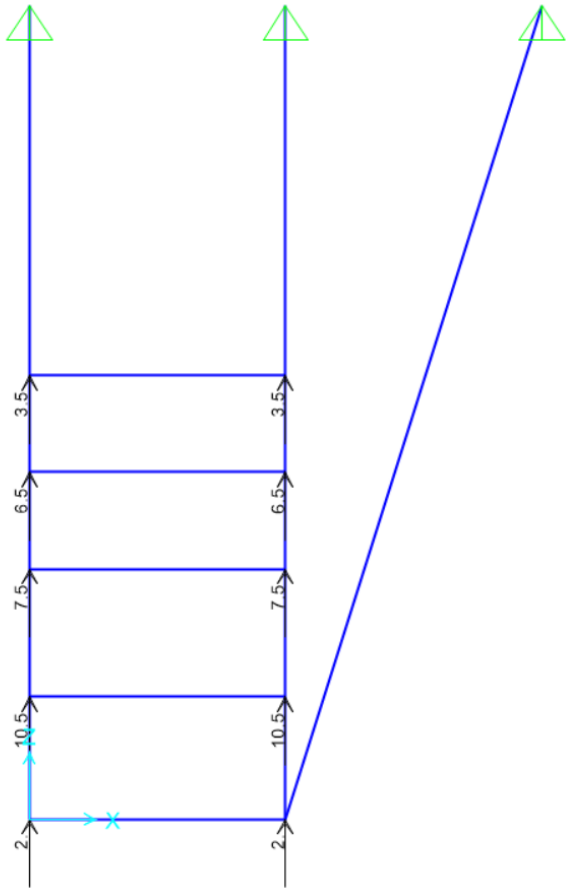
✓ توزیع بار لرزه ای



بار زلزله راستای X



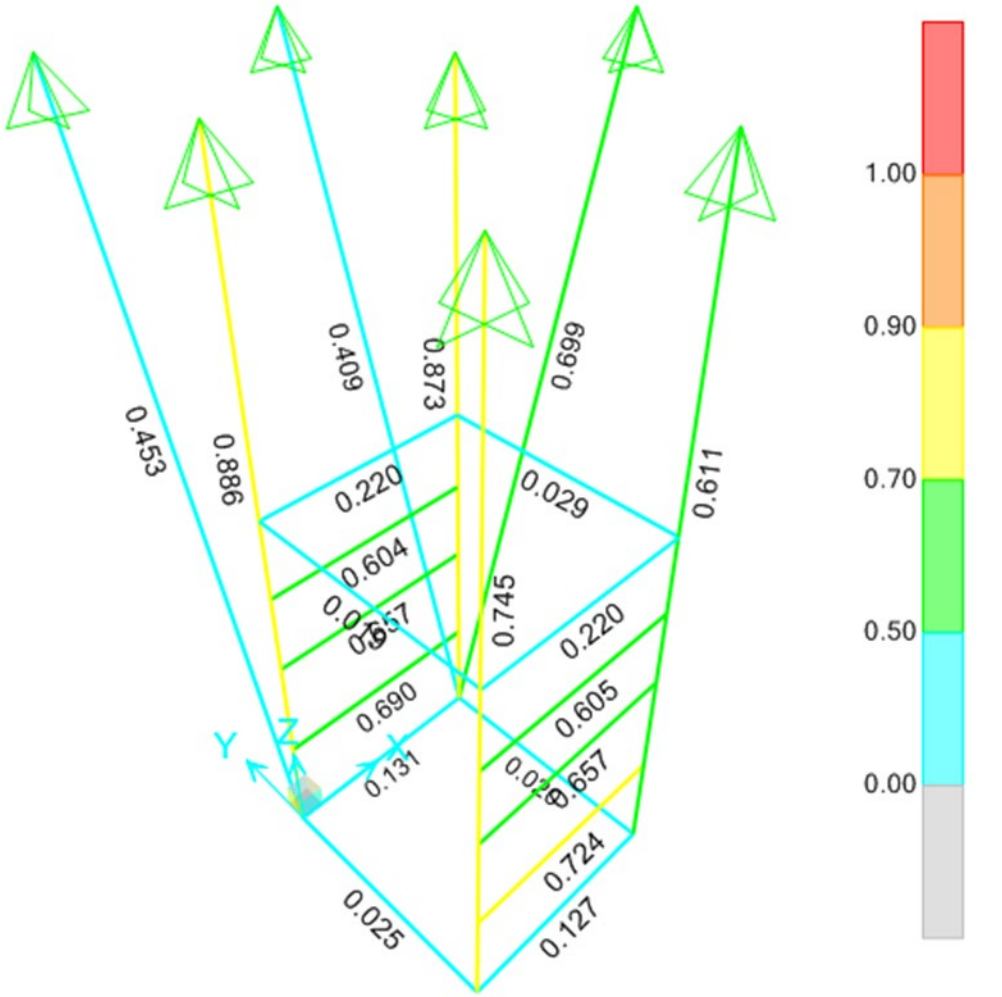
بار زلزله راستای Y



بار زلزله راستای Z

➢ مثال عددی از طراحی لرزه ای تکیه گاه های اجزا تاسیساتی مکانیکی

DCR ✓



➢ مثال عددی از طراحی لرزه ای تکیه گاه های اجزا تاسیساتی مکانیکی

✓ طراحی اتصالات

Anchors

$$Use:\ M10\ FHY\ Anchor\ for\ Hollow-Core\ Floor$$

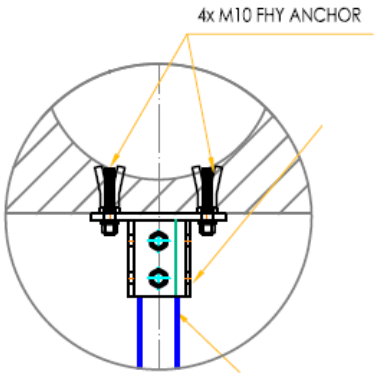
$$Design\ Tension\ Resistance:\ T_n = 3\ KN$$

$$Design\ Shear\ Resistance:\ V_n = 3\ KN$$

$$\emptyset_t T_n = 0.82 \times 0.55 \times 3 = 1.35\ kN$$

$$\emptyset_v V_n = 0.82 \times 0.75 \times 3 = 1.85\ kN$$

$$\frac{T_u/n}{\emptyset_t T_n} + \frac{V_u/n}{\emptyset_v V_n} < 1.2 \rightarrow n \geq \frac{\frac{T_u}{\emptyset_t T_n} + \frac{V_u}{\emptyset_v V_n}}{1.2}$$



حداکثر تعداد پیچ براساس بحرانی ترین ترکیب بار برای نقاط اتصال به سقف

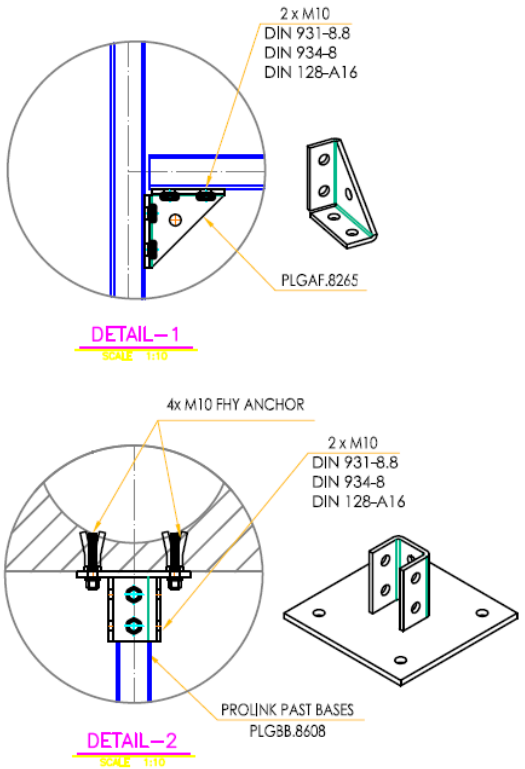
Joint No.	Member Type	Anchor Type	Calculated Anchor No.	Rounded Anchor No.
1	COL	FHY-M10	3.11	4
3	COL	FHY-M10	4.94	5
87	COL	FHY-M10	1.38	2
88	COL	FHY-M10	1.46	2
13	BR-X	FHY-M10	3.29	4
14	BR-Y	FHY-M10	1.66	2
15	BR-Y	FHY-M10	1.95	2

➢ مثال عددی از طراحی لرزه ای تکیه گاه های اجزا تاسیساتی مکانیکی

✓ طراحی اتصالات

طراحی اتصال المان به المان

Connection Point (Profile to Profile) Loads (Worst Case)		
Surface Lock Strength		
Slipping Load	7.5	KN
Bolt Type	M10	-
Bolt No.	2	-
Slipping Load on Single Surface Lock	3.77	KN
Recommended Slip Resistance	7	KN
Safety Factor	2	OK
Corner Fitting Strength		
Load on Single Corner Fitting	1.4	KN
Recommended Resistance	8.9	KN
Safety Factor	6.56	OK
Bolt Strength (Profile to Profile) Loads (Worst Case)		
Shear Load	7.546	KN
Bolt Type	M10	-
Bolt No.	2	-
Shear Load on Single Bolt	3.773	KN
Recommended Load	12.81	KN
Safety Factor	3	OK
Tension Load on Single Bolt	1.357	KN
Recommended Load	17.59	KN
Safety Factor	13.0	OK

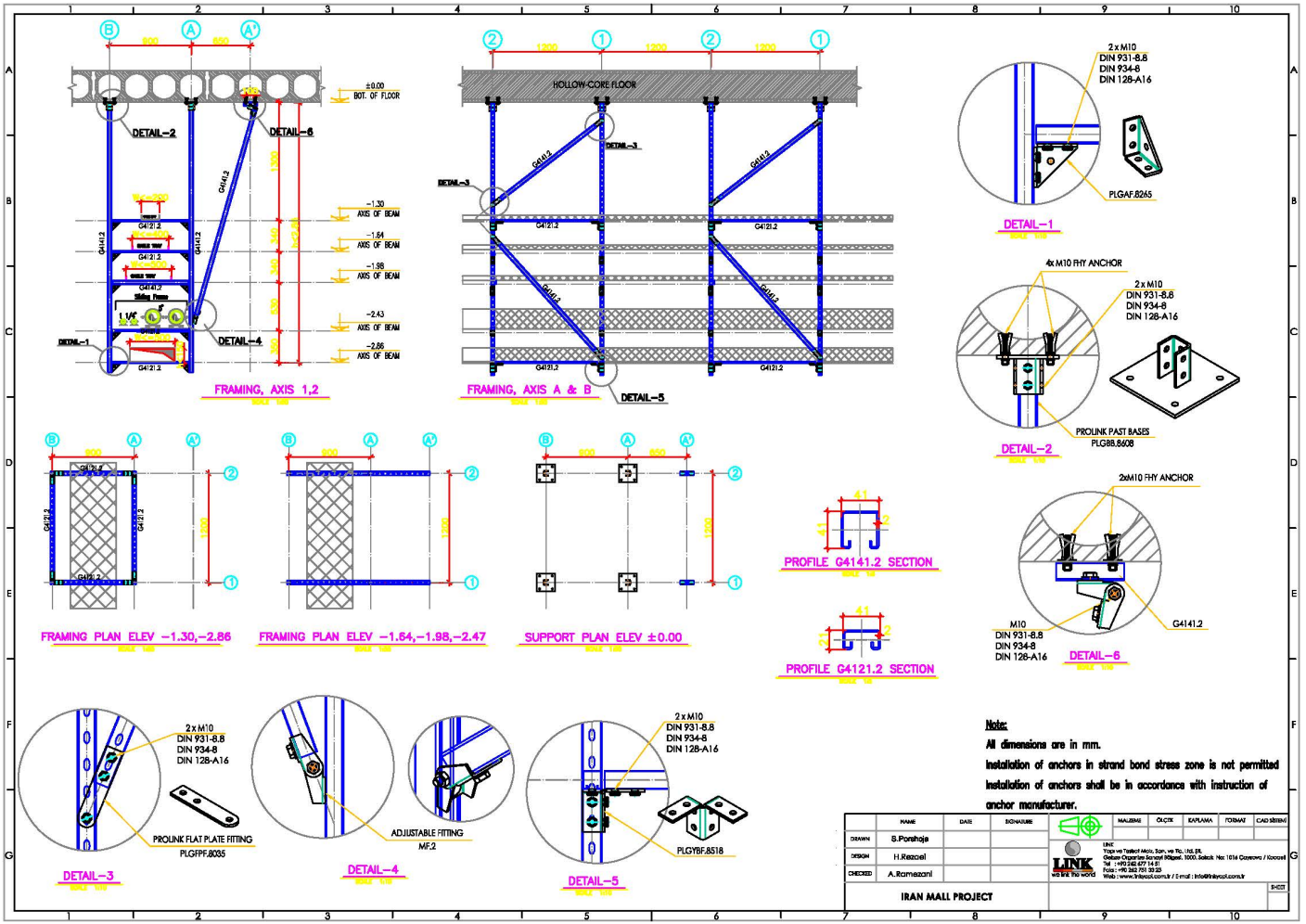


طراحی اتصال المان به المان

Connection Point (Profile to Mount) Loads (Worst Case)		
Surface Lock Strength		
Slipping Load	8.602	KN
Bolt Type	M10	-
Bolt No.	2	-
Slipping Load on Single Surface Lock	4.301	KN
Recommended Slip Resistance	7	KN
Safety Factor	1.628	OK
Base Connection Fitting Strength		
Tension Load on Base Connection Fitting	1.356	KN
Recommended Resistance	8	KN
Safety Factor	5.90	OK
Bolt Strength (Profile to Mount) Loads (Worst Case)		
Shear Load	8.602	KN
Bolt Type	M10	-
Bolt No.	2	-
Shear Load on Single Bolt	4.301	KN
Recommended Load	12.81	KN
Safety Factor	2.98	OK

➢ مثال عددی از طراحی لرزه ای تکیه گاه های اجزا تاسیساتی مکانیکی

✓ نقشه ها



دوره آموزشی چهارم

طراحی و اجرای عناصر غیرسازه ای بیمارستان ها و مراکز درمانی با توجه به ملاحظات لرزه ا ی

موضوع:

ملاحظات لرزه ای در طراحی و اجرای تاسیسات مکانیکی بیمارستان ها

ارائه: حسین رضائی

با سپاس از شکیبایی و توجه شما

UN HABITAT FOR A BETTER URBAN FUTURE
وزارت راه و شهرسازی
وزارت راه و شهرسازی
سازمان مجری ساختمان‌ها و تأسیسات دولتی و عمومی
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی