

مقاوم سازی اجزای غیر زلزله در برابر زلزله

ایمان الیاسیان، دانشجوی دکترای عمران سازه

اجزای معماری

- سفت کاری دیوارهای خارجی
- سفت کاری دیوارهای داخلی
- نمای خارجی
- نمای داخلی
- جزییات تزئینی
- سقفهای کاذب
- جان پناه ها و سایبانها
- دودکشهای ساختمانی
- راه پله ها

اجزای مکانیکی

- تجهیزات گرمایش-سرمایش و تهویه مطبوع (HVAC)
- مخازن مایعات و آبگرمکن ها
- لوله ها

اجزای برقی و مخابراتی

- تجهیزات برقی و مخابراتی
- سیم کشی ها و کابل کشی ها
- تجهیزات روشنایی

تجهیزات داخلی

- قفسه ها
- کفهای کاذب
- آسانبرها
- بالابر ها و نقاله ها

ویژگیهای اجزای غیرسازه ای و تاثیر آنها در رفتار لرزه ای ساختمانها

- آسیب پذیرتر بودن اجزای غیر سازه ای از خود سازه
- آسیب رسان بودن حتی در صورت سالم ماندن سازه
- توان ایجاد تلفات انسانی قابل توجه
- توان ایجاد آسیبهای ثانویه جدی به سازه و محتویات آن
- توان کاستن از ظرفیت بهره برداری سازه و یا حتی متوقف نمودن آن
- بی اعتبار ساختن تحلیل و طراحی لرزه ای

ویژگیهای اجزای غیرسازه ای

- سختی اولیه فراوان و مقاومت نهایی ناچیز
- کم دقت و یا حتی بی اعتبار نمودن تحلیل
- ایجاد خرابی زودرس در سازه

رده بندی رفتاری اجزا

- اجزای حساس به تغییرشکل یا تغییر مکان
- اجزای حساس به شتاب

1- روش تحلیلی 2- روش تجویزی

- تعیین رده رفتاری جز
- تعیین سطح عملکرد
- محاسبه نیروهای لرزه ای افقی و عمودی (در صورت لزوم)
- محاسبه تغییرمکانها و یا تغییرشکلهای لرزه ای (در صورت لزوم)
- کنترل معیاری تنش یا تغییرمکان و یا هردو بسته به نوع جز غیرسازه ای

راههای بهسازی اجزای غیر سازه ای

- تعمیر و یا تقویت خود جزء
- تقویت و یا افزودن مهارها یا اتصالات جزء به سازه
- جداسازی لرزه ای جزء (در صورت لزوم و امکان)
- جایگزین نمودن جزء غیر قابل بهسازی با جزء مناسب

ویژگیهای اجزای غیرسازه ای در ایران

- وزن نسبتاً زیاد (دیوارها)
- عدم یکپارچگی (دیوارها و نماهای آجری و سنگی)
- شکنندگی (نماهای آجری، سنگی و شیشه ای)
- عدم اتصال مناسب به سازه اصلی
- تنوع اجزای مکانیکی و برقی و مخابراتی
- اجرای ضعیف

نقاط قوت

- مرحله بندی مناسب کار
- سادگی گامها
- سادگی معیارهای پذیرش

نقاط ضعف

- نبود سطح عملکرد خدمت رسانی بی وقفه
- خالی بودن جای نماسازی های داخلی و خارجی ویژه ایران
- ابهام در بخش مربوط به راه پله ها
- عدم تطابق با برخی تاسیسات مکانیکی و برقی رایج در کشور
- اتصال مهارها به دیوارها
- استفاده از اتصالات غلتکی

اجزای غیرسازه ای

ضعف در تیغه ها و دودکش و جان پناه و نمای ساختمان و تأسیسات مکانیکی در بسیاری از زلزله ها باعث تلفات جانی و مالی شده است وجود نداشتن مهار جانبی مناسب در جان پناه و دودکش ها و اتصال ضعیف قطعات نمای ساختمان با دیوارهای سازه ای و وزن زیاد و ضخامت کم تیغه ها از جمله معایب عمده این اجزاء است.

سیستم کلاف

نبود یا ضعف در سیستم کلاف ساختمان از عوامل مهم در تخریب ساختمان های بنایی است. از عمده ضعف های سیستم کلاف بندی ساختمان محل قرارگیری و پخش نامناسب کلافها در پلان، ضعف مصالح و ضعف میلگردها می باشد. نسبت های اختلاط نامناسب و عمل آوردن ناقص بتن و استفاده از نخاله های ساختمانی در بتن کلافها، عدم طول مهاری کافی میلگردها و همپوشانی نامناسب آنها با یکدیگر و بسیاری از موارد دیگر که در بخش اجزای ساختمانی مصالح بنایی ذکر شد، از اشکالات سیستم کلاف ساختمان است که وجود این موارد باعث ناپایداری و فروریختن کلی ساختمان در بسیاری از زمین لرزه ها خواهد شد.

خاک محل

گاهی نامناسب بودن خاک و گسیختگی زمین از عوامل تخریب ساختمان های بنایی است. روانگرایی که می تواند موجب نشست پی ها و کج شدن ساختمان و در نهایت فروریختن آن شود و لغزش زمین های شیب دار که می تواند باعث نشست ناهمگون یا حرکت پی ها شود از نمونه هایی که در زلزله های گذشته بیشتر دیده شده است.

انواع مدهای شکست در دیوارهای مصالح بنایی

دیوارهای باربر در ساختمان های مصالح بنایی نقش انتقال نیروهای قائم یا ثقلی را بر عهده دارند ولی در صورت ایجاد نیروهای جانبی ناشی از زلزله همین دیوارها به کمک سقفهای صلب و کلاف ها باید این نیروها را در جهت افقی تحمل کنند. یعنی دیوارها باید قادر باشند تا خمش و برش اضافی ناشی از ارتعاش افقی ساختمان را تحمل کند. اگر سقفهای صلب به صورت نامناسب در دیوارها مهار شده باشد؛ عامل اصلی انتقال نیروی ناشی از زلزله از پی ها به ساختمان، همین دیوارهای باربر می باشند و چون سقفها بر دیوارها تکیه دارند با تخریب دیوارها احتمال فروریختن کل ساختمان وجود دارد. در نتیجه اهمیت دیوارهای باربر بیش از پیش نمایان می شود.

در اثر مؤلفه های نیروی زلزله و با توجه به نحوه و جهت اعمال بار دو نوع نیرو بر دیوارهای باربر اعمال می شود:

- بارهای صفحه ای: بارهایی که در راستای سطح دیوار اعمال می شوند.
- بارهای بر صفحه ای: بارهایی که عمود بر صفحه دیوار به آن اعمال می شوند

از نظر این نوع توزیع بارها دیوارهای ساختمان بنایی نیز به دو دسته برشی و عرضی تقسیم می شوند. دیوارهای برشی که تحت تأثیر بارهای صفحه ای هستند و دیوارهای عرضی که تحت تأثیر بارهای بارهایی بر صفحه ای هستند.

دیوارهایی که بدون مهار جانبی هستند چنانچه تحت تأثیر نیروهای عمود بر صفحه خود قرار بگیرند (دیوارهای عرضی) مقاومت چندانی از خود نشان نمی دهند. در این دیوارها مقاومت جانبی دیوار به وزن و مقاومت کششی ملات بستگی دارد. در صورت مسلح شدن قائم دیوار در صورت ایجاد ترک افقی در تراز پی همچنان مقاومت خواهند کرد. در صورتی که دیوارهای عرضی در طرفین خود به وسیله دیداری متعامد مهار شوند در مورد این دیوارها که عمود بر جهت زمین لرزه هستند گسیختگی به صورت شکست خمشی خارج از صفحه صورت می گیرد و رفتار خمشی آنها مانند دال تخت دو طرفه (اگر فاصله دیوارهای متعامد با این دیوارها کم باشد) و مانند دال یک

طرفه (چنانچه فاصله دیوارهای عمودی طرفین زیاد باشد) عمل می کنند. دیوار های عرضی تحت تأثیر نیرو های اینرسی ناشی از وزن خود هستند.

در صورت اعمال نیروها به صورت صفحه ای و در ابعاد طول، به دلیل اینرسی زیاد دیوار در جهت نیرو، مقاومت جانبی قابل توجهی از خود نشان می دهد. در اینصورت گسیختگی دیوارهای برشی غیرمسلح به مشخصات هندسی دیوار (نسبت ارتفاع به طول) و مشخصات مصالح بستگی دارد. در این دیوارها که تمام بار جانبی زلزله را تحمل می کند تسلیح و تقویت آنها اهمیت زیادی دارد و دو نوع حالت شکست محتمل است. شکست خمشی یا شکست برشی. در دیوار باریک بیشتر حالت شکست خمشی غالب است. یک ویژگی مشترک دیوار های آجری غیرمسلح این است که تحت شتاب دیواری که نسبت بعدی (ارتفاع به طول) کوچکی دارد بقدر کافی پهن بوده و امکان شکست خمشی در آن کم است. به عکس پی در هنگام وارد آمدن نیروی زلزله به صورت لحظه ای مادام که به حد آستانه نرسیده است آثار تخریب چندانی در آنها ظاهر نمیشود اما به محض عبور از حد آستانه دیوار تحت این نیروهای جانبی متناوباً برروی پاشنه و پنجه تلو می خورد.

در اثر این نیروی رفت و برگشتی، دیوار تا چندین سانتیمتر از پی جدا و مجدداً با یک ضربه محکم به پی، در جهت دیگر حرکت می کند. این ضربات باعث خرد شدن پنجه و پاشنه دیوار می شود و از عرض مؤثر پایه می کاهد و دیوار ضعیف می شود. در نتیجه این حرکت دیوار نیروهای افقی بزرگی ایجاد می شود که ممکن است سبب گسیختگی برشی شود. بنابراین در نتیجه شکست خمشی دیوار، شکست برشی به صورت ایجاد ترکهای مورب در دیوار بوجود می آید و به دلیل عوض شدن جهت نیروی زلزله، به صورت ضربدردی و دو طرفه در دیوار ظاهر می شود. در دیوارهای مصالح بنایی با کاهش نسبت ارتفاع به طول احتمال وقوع شکست برشی بیشتر می شود.

حالت‌های شکست در دیوارهای برشی

نیروهای اینرسی در سازه در نتیجه شتاب حاصل از حرکات زمین که قابل به تغییر شکل دادن ساختمان دارند بوجود می آیند. در یک ساختمان بنایی پایه های بین دو باز شو در یک دیوار انعطاف پذیرتر از قسمت بالا و پایین باز شو هستند. بنابراین تقریباً تمامی تغییر شکل دیوار در پایه ها صورت می گیرد. در مقاطع پایین و بالای باز شوها، پایه ها بیشترین تنشهای فشاری یا کششی را متحمل می شوند. همچنین در مقطع وسط باز شو، پایه ها بیشترین تنش برشی را دارا می باشند. این تنش ها همگی بستگی به مقدار نیروی اینرسی افقی دارد.

در بسیاری از مناطق زلزله خیز جهان از جمله ایران تعداد زیادی از ساختمان های بنایی وجود دارند که بسیاری از آن ها برای بار های لرزه ای طراحی نشده اند. **زلزله های اخیر** نشان داده است که این ساختمان ها در برابر بارهای لرزه ای آسیب پذیر بوده و نیاز به **مقاوم سازی** دارند. بر پایه تحقیقات به عمل آمده بیش از 70 درصد از سازه های موجود در سرتاسر جهان ساختمان های بنایی هستند. زلزله های قوی و متوسط می توانند صدمات و خسارت جبران ناپذیری را بر این گونه سازه ها وارد نمایند که بخش عمده ی این خسارات برای سازه های بنایی است. بنابراین بررسی آسیب پذیری و **مقاوم سازی** **ساختمان** این نوع بنا ها تحت اثر زلزله دارای اهمیت خاصی می باشد. همچنین اغلب سازه هایی که دارای اهمیت تاریخی می باشند، با استفاده از مصالح بنایی ساخته شده اند.



تخریب

ساختمان بنایی تحت اثر زلزله

از طرفی با توجه به اینکه خرابی و جایگزینی این ساختمان ها به دلایل بسیاری امکان پذیری نیست احتیاج به روش های **مقاوم سازی ساختمان** های غیر مسلح بیشتر احساس می شود. **روش های متعارف مقاوم سازی** متفاوتی موجود است که هر کدام از این روش ها بر پایه افزایش مقاومت و یا شکل پذیری دیوارهای غیر مسلح بنایی استوار است. به منظور بهسازی سازه های بنایی در استاندارد **ACI 440.7R-10** پیشنهادهایی ارائه شده است.

وزن زیاد، ضعف مقاومتی ملات، کمبود نسبی دیوارهای بنایی (تراکم کم) و وجود باز شوهای بزرگ باعث ضعف مقاومتی ساختمان شده و ساختمان با وجود انسجام کافی ممکن است قابلیت عملکردی مورد نظر را نداشته باشد. سازه های بنایی به دو دسته بنایی مسلح و بنایی غیر مسلح تقسیم می شوند. سازه های بنایی مسلح سازه هایی هستند که محاسبات سازه ای برای آن ها به طور کامل انجام شده است و سازه های بنایی غیر مسلح سازه هایی هستند که محاسبات سازه ای برای آنها در نظر گرفته نشده اما المان ها و اجزایی برای مهار بار جانبی در آن تعبیه شده است.

ساختمان های بنایی از مصالح آجر و ملات ساخته شده اند که درز ملات این بناها به عنوان یک نقطه ضعف اصلی در بار جانبی زلزله می باشد. به این دلیل مودهای شکست ، لغزش درز ملات و کشش قطری در رفتار درون صفحه ای و کمانش خارج از صفحه دیوارها در زلزله های گذشته بیشترین عامل تخریب ساختمان را داشته است.

روش های مقاوم سازی سازه های بنایی

مطابق با اصل ضروری در **مقاوم سازی** سازه های بنایی در برابر **زلزله** برای داشتن استحکام و مقاومت در برابر بارهای لرزه ای به هم پیوسته بودن سقف، دیوار و فونداسیون به یکدیگر است. در اصطلاح به این عملکرد سازه، عملکرد جعبه ای می گویند. علاوه بر این که سازه باید عملکرد جعبه ای خوبی داشته باشد میزان باز شو های آن نیز باید محدود و به خوبی مهار شوند.

مودهای شکست دیوار آجری

مود های شکست یک دیوار آجری مجزا به دو گروه عمده شکست **درون صفحه ای** و شکست **برون صفحه ای** تقسیم می شوند.

در حالت شکست **درون صفحه ای** معمولا یکی از مودهای زیر رخ می دهد:

1. در صورتی که دیوار تحت بار قائم زیاد بوده و نسبت ارتفاع به طول دیوار کمتر از واحد باشد، مود شکست برشی رخ می دهد.
 2. همچنین اگر نسبت ارتفاع به طول بزرگتر از واحد باشد (تقریبا برابر 2) و مقدار بار قائم بسیار زیاد باشد، باز هم امکان شکست برشی وجود دارد.
 3. در صورتی که مقاومت برشی دیوار، اندک بوده و بار جانبی در مقایسه با بار قائم، بزرگ باشد، شکست برشی – لغزشی رخ خواهد داد. در این حالت معمولا نسبت ارتفاع به طول دیوار در حدود 1.5 به 1 می باشد.
- در صورتی که مقاومت برشی دیوار به اندازه کافی باشد و نسبت ارتفاع به طول ستون در حدود 2 به 1 باشد، آنگاه شکست خمشی رخ می دهد. در حالت شکست **برون صفحه ای** معمولا یکی از مودهای زیر رخ می دهد:
1. اگر تنش کششی منجر به شکست، موازی درزهای افقی آجرها باشد، ترک قائم در ارتفاع دیوار به وجود می آید. این شکست معمولا هنگامی رخ می دهد که طول دیوار بزرگ باشد.
 2. اگر تنش کششی منجر به شکست، عمود بر درزهای افقی آجرها باشد، ترک افقی در میانه دیوار به وجود می آید. این شکست معمولا هنگامی رخ می دهد که ارتفاع دیوار بزرگ باشد.



شکست دیوار

آجری تحت اثر زلزله

تعمیر سطوح

تعمیر سطوح از روش های متداول مقاوم سازی می باشد. تکنیک های متفاوتی برای تعمیر سطوح وجود دارد که مهم ترین آن ها ملات با تور سیمی و بتن پاشی است. این روش ها به طور طبیعی با پوشش خارجی سطوح بر روی ظاهر معماری و تاریخی بنا تاثیر گذار بوده و از جمله نقاط ضعف این نوع مقاوم سازی می باشد.

ملات با تور سیمی

ملات با تور سیمی شامل چندین لایه از شبکه میلگرد با قطر کم و با چشمه های بسیار ریز است که در شکل زیر نمایش داده شده است. ملات سیمان با مقاومت بالا با ضخامتی در حدود 10 الی 55 میلی متر بر روی مش مذکور ریخته می شود.

بتن پاشی

یکی دیگر از روش های موجود برای مقاوم سازی ساختمان های بنایی غیر مسلح پوشش دادن دیوار و یا پایه ها با شاتکریت می باشد. روش کار بدین صورت است که پوشش بتن بر روی شبکه آرماتورهای موجود پاشیده می شود. در این روش اگر طراحی به درستی صورت پذیرد، فولادهای استفاده شده برای مسلح سازی ظرفیت بالایی از جذب انرژی را به ساختمان های بنایی غیرمسلح اضافه می نمایند. باید توجه نمود که حداقل آرماتورهای شبکه همان میزان آرماتور افت و حرارت جهت کنترل ترک باشد. برای این که دیوار و بتن پاشیده شده مانند یک جسم مرکب عمل کنند باید اتصالات برشی میان آن دو تعبیه شود. برای پر نمودن سوراخ هایی که برای ثابت نگه داشتن اتصالات برشی به کار می روند نیز می توان از اپوکسی و یا گروت سیمانی استفاده نمود. ضخامت پوشش بتن پاشیده نیز با توجه به میزان لرزه خیزی منطقه متفاوت است که حداقل 60 میلی متر می باشد. جهت ایجاد چسبندگی لازم میان آجر و پوشش شاتکریت باید ابتدا آجر را به حالت اشباع در آورد تا آب موجود در شاتکریت را جذب نکرده و سبب ایجاد ترک در بتن پاشیده شده نشود و سپس لایه ای مانند اپوکسی را بر روی آجر پاشیده و بعد از آن بتن پاشیده شده را بر روی اپوکسی شوت نماییم. اگر بتن پاشی به طریقه بالا صورت پذیرد می توان مقدار بار نهایی ساختمان های بنایی غیر مسلح را افزایش دهد.

در این روش، شبکه میلگردهای افقی و قائم به دیوار نصب شده و لایه هایی از بتن به روی شبکه میلگردها پاشیده می شود. این روش شامل مراحل ذیل می باشد:

- تعبیه شبکه میله گردهای افقی و قائم و اتصال آن بوسیله آرماتورهای دوخت به دیوار موجود
- عملیات پاشیدن بتن به ضخامت معین به سطح شبکه آرماتور (شاتکریت)
- اتصال شبکه آرماتور به فونداسیون

روش اصلاح نقاط ترک خورده

این روش به منظور ایجاد عملکردی یکنواخت و یکپارچه در دیوار بنایی استفاده می شود. مراحل اجرای آن به صورت خلاصه به شرح زیر است:

(الف) مقاوم سازی سازه بنایی با استفاده از دوخت قطعات بنایی در محل ترک با استفاده از میله فولادی

(ب) مقاوم سازی سازه بنایی با استفاده از دوخت قطعات بنایی در محل ترک با استفاده از شبکه فولادی (مش فولادی)

افزودن دیوارهای داخلی یا پشت بند جهت بهبود عملکرد لرزه ای ساختمان بنایی

این روش یک روش **مقاوم سازی** ارزان برای سازه های بنایی محسوب می شود. این روش با مصالح مرسوم و ارزان قابل اجرا است. برای اجرای این روش نیروی متخصص لازم نیست و حتی معمارهای محلی در روستاها نیز قادر به اجرای آن هستند.

پر کردن باز شوها

یک روش ساده برای مقاوم سازی در صفحه یک دیوار برشی پر کردن بخش و یا تمام پنجره ها یا درهای غیر ضروری میباشد. این عمل از تمرکز تنش که در گوشه های باز شوها تولید می شود و سبب ایجاد ترک است جلوگیری می نماید و همچنین باعث افزایش سختی جانبی دیوار می شود. نکته مهم در پر کردن باز شوها این است که قسمت های پر شده با قسمت های موجود به شکل در هم تنیده اجرا شود و یا نوعی از اتصالات برشی بین آن دو تعبیه شود. این عمل باعث ایجاد عملکرد واحد دیوارهای موجود با باز شوهای پر شده می گردد.

بزرگ کردن باز شوها

متناوباً بزرگ کردن باز شوها به وسیله حذف کردن بخشی از مصالح بنایی نیز یکی از راه حل های پیشنهادی می باشد. در این روش چون شکست برشی دیوار باعث آسیب بیشتر خواهد شد، در بعضی حالات با افزایش نسبت ارتفاع به طول دیوار میتوان شکست برشی را تبدیل به شکست خمشی نمود. این تکنیک برای افزایش نسبت طول به عرض پایه ها به کار برده می شود و باعث می شود تا رفتار آن از حالت برشی به حالت خمشی تبدیل شود. این عمل شکل گسیختگی را از حالت شکننده به شکل پذیر تغییر می دهد.

افزایش بارهای قائم

افزودن بارهای قائم به ساختمانهای بنایی غیرمسلح معمولاً عملکرد دیوار را تحت بارهای داخل و خارج از صفحه بهبود می بخشد. بارهای قائم در کنار هم نگره داشتن ماتریس بنایی کمک میکند و همچنین بعد از وقوع ترک سبب تولید نیروهای اصطکاکی بیشتری می شود. در این روش، **مقاوم سازی** میتواند به سادگی و با افزودن وزن سازه انجام شود و با اجرای میله و یا کابل های پس تنیده تنش قائم بر روی اجزا دیوار اعمال کرد. البته این روش باید به دقت انجام گیرد زیرا به مانند نیروهای قائم تنشها روی ساختمان های بنایی غیرمسلح افزایش می یابد و می تواند به گسیختگی شکننده ناشی از خرد شدگی منجر شود. همچنین طراح باید افت کشش ناشی از خزش و انقباض مصالح بنایی را در محاسبات وارد نماید.

تقویت اتصالات دیوار دیافراگم

یک مشکل عمده در رابطه با ساختمانهای بنایی غیرمسلح ناکافی بودن و یا کاهش یافتن پیوستگی میان دیوار و دیافراگم است. این ارتباط از آنجا که سبب مهار بندی دیوار می شود و در مورد دیافراگم های صلب دیوارهای موازی را مجبور می نماید تا با یکدیگر عمل کنند، معیار مهمی در رفتار کلی ساختمان می باشد.

تعبیه شبکه میله گردها و اتصال آن به دیوار موجود

1. کلیه اندودهای دیوار آجری (پلاستر گچ و گچ خاک) با هر ضخامتی که دارند برداشته شوند. در حین انجام این کار باید توجه شود که به سطح دیوار آجری آسیبی نرسد، همچنین بعد از برداشتن پلاسترها باید سطح دیوار با برس فلزی تمیز شود.

2. سوراخ هایی به فاصله افقی 25 سانتی متر و عمودی 50 سانتی متر از هم به عمق 20 سانتی متر روی دیوار آجری به منظور قرار دادن آرماتور های دوخت ایجاد شود. آرماتورهای برشگیر (دوخت)، با طول حداقل 30 سانتی متر که قسمت

انتهایی آنها به صورت قلاب 180 درجه با طول خم 4 سانتی متر می باشد، در سوراخ ها قرار داده می شوند و در نهایت سوراخها با چسب اپوکسی پر شده تا آرماتورها در جای خود محکم شوند (انجام این مرحله با روش خاص شرکت مجری تخصصی کاشت پلامانگ است).

3. در مرحله بعد باید شبکه هایی از آرماتورهای افقی و قائم روی سطح دیوار قرار داده شوند. به همین منظور آرماتورهای $\phi 6$ با فواصل افقی و عمودی 6 سانتی متر روی دیوار قرار داده شده و برای اینکه آرماتورها در روی دیوار آجری محکم شوند تا در هنگام بتن پاشی از آن جدا نگردند، لازم است در محل تقاطع با آرماتورهای برشگیر با مفتول به آنها وصل شوند.

4. در این مرحله باید عملیات شاتکریت، تا جایی که شبکه های آرماتور درون بتن مدفون گردند، انجام شود. به همین منظور باید ضخامت بتن پاشیده شده بر سطح دیوار حداقل 8 سانتیمتر باشد. مقاومت بتن شاتکریت حدود 100 کیلو گرم بر سانتی متر مربع می باشد. پاشش شاتکریت به دیوار به دو صورت پاشش « تر » و « خشک » قابل انجام است. در روش پاشش تر بتن تازه با هوای فشرده مخلوط شده و با پمپ به دیوار بنایی پاشیده می شود. در روش پاشش خشک بتن خشک با هوا مخلوط شده و پس از هدایت به محل، با آب پرفشار نیز مخلوط و سپس به دیوار پاشیده می شود. در روش پاشش خشک، فشار هوا در پمپ برای

طول لوله 30 متر باید حداقل 0.3 مگا پاسکال باشد و برای طولهای بیشتر به ازای هر 05 متر، 0.033 مگا پاسکال به فشار اضافه می شود. همچنین فشار آبی که در روش خشک به مخلوط تزریق می شود حداقل 0.1 مگا پاسکال بیشتر از فشار هوای مخلوط است.

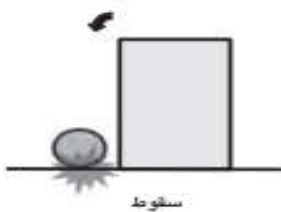
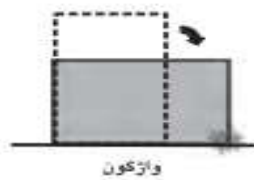
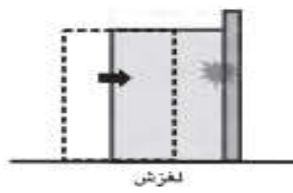
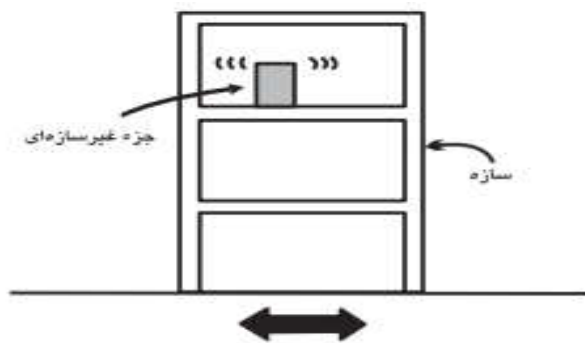
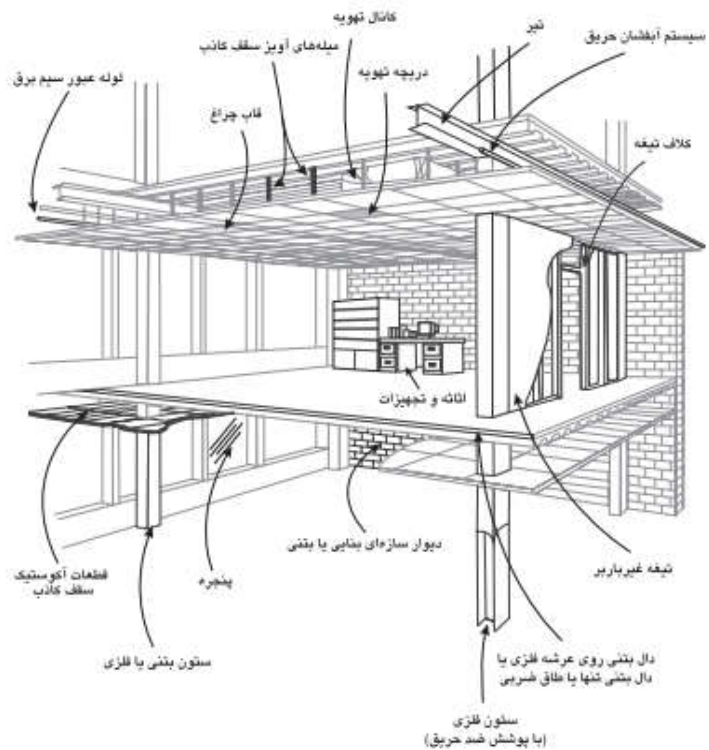
تزریق اپوکسی و گروت

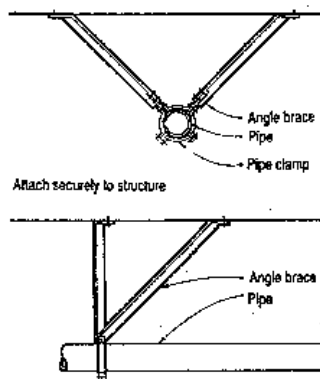
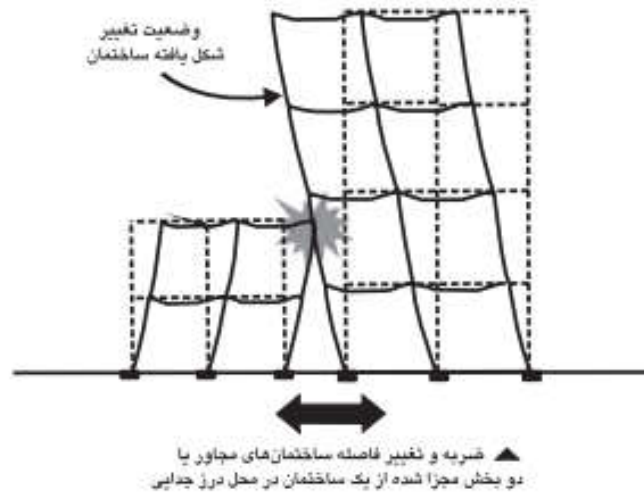
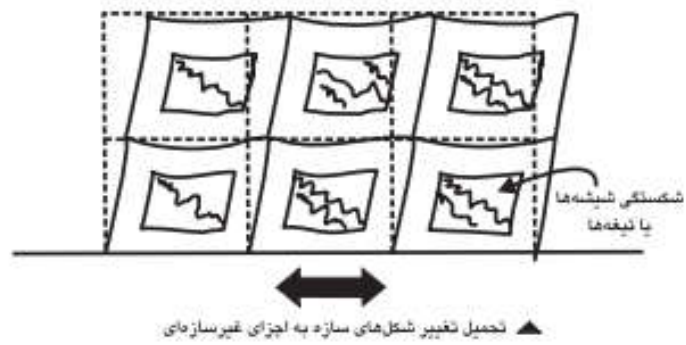
برای اجرای این روش بایستی تجهیزات تزریق **رزین** خریداری شود؛ ولی این روش میزان مصرف رزین را به سبب اینکه تنها نیاز به پر کردن ترک ها وجود دارد، بهینه می کند. برای اجرای این روش نیز حداقل یک نیروی متخصص لازم است. از جمله راههای **متداول مقاوم سازی** بوده که در این روش برای برگرداندن مقاومت ساختمان های بنایی غیر مسلح، ترکها و حفره های توخالی که به علت تخریب شیمیایی و فیزیکی سطح یا فعالیتهای مکانیکی به وجود آمده است توسط گروت یا اپوکسی پر می شود. برتری این روش نسبت به روش تعمیر سطوح عدم تخریب سطح و به تبع آن حفظ زیبایی معماری و بافت تاریخی ساختمان های بنایی غیر مسلح است. موفقیت این روش به تکنیک تزریق و یکسان بودن مقاومت، مدول الاستیسیته و مشخصات حرارتی گروت با مصالح بنایی موجود بستگی دارد.

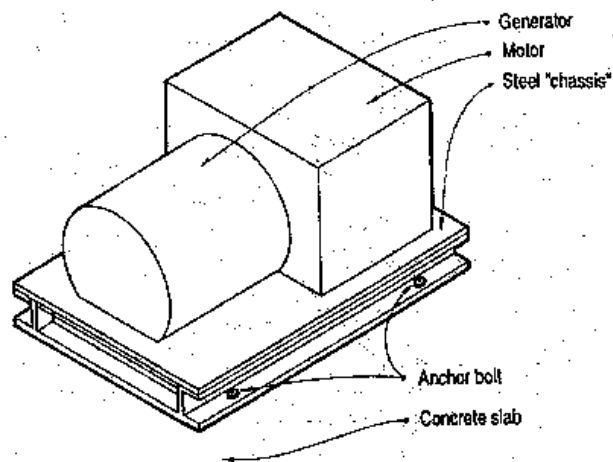
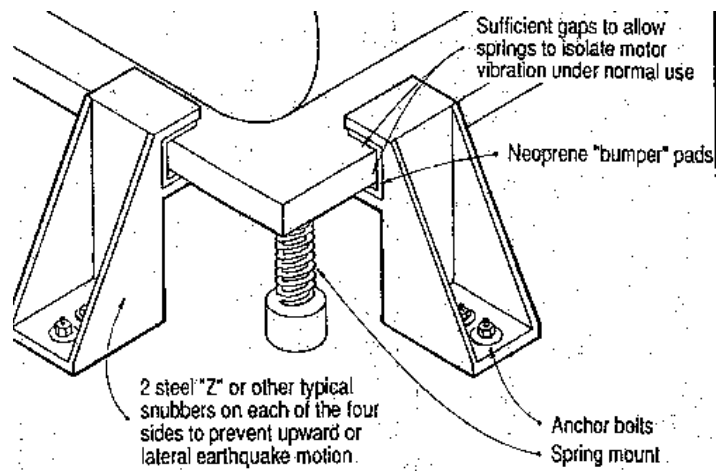
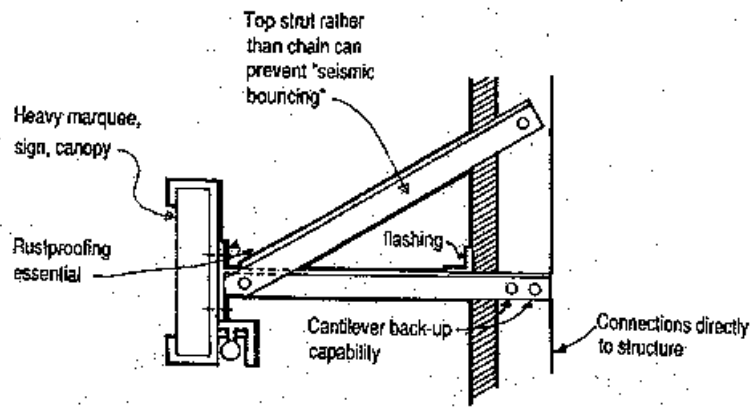
برای ترکهای کوچکتر از 5 میلیمتر از رزین اپوکسی و برای ترکهای بزرگتر و حفره ها میتوان از گروت های 8 میلیمتر پیشنهاد شده که از گروت سیمانی همراه با ماسه استفاده نمود. برای سوراخهای بزرگتر از 8 میلی متر پیشنهاد شده که از گروت سیمانی که دارای سیمان پرتلند تیپ 3 همراه با مواد منبسط کننده و نسبت آب به سیمان 75 استفاده شود.

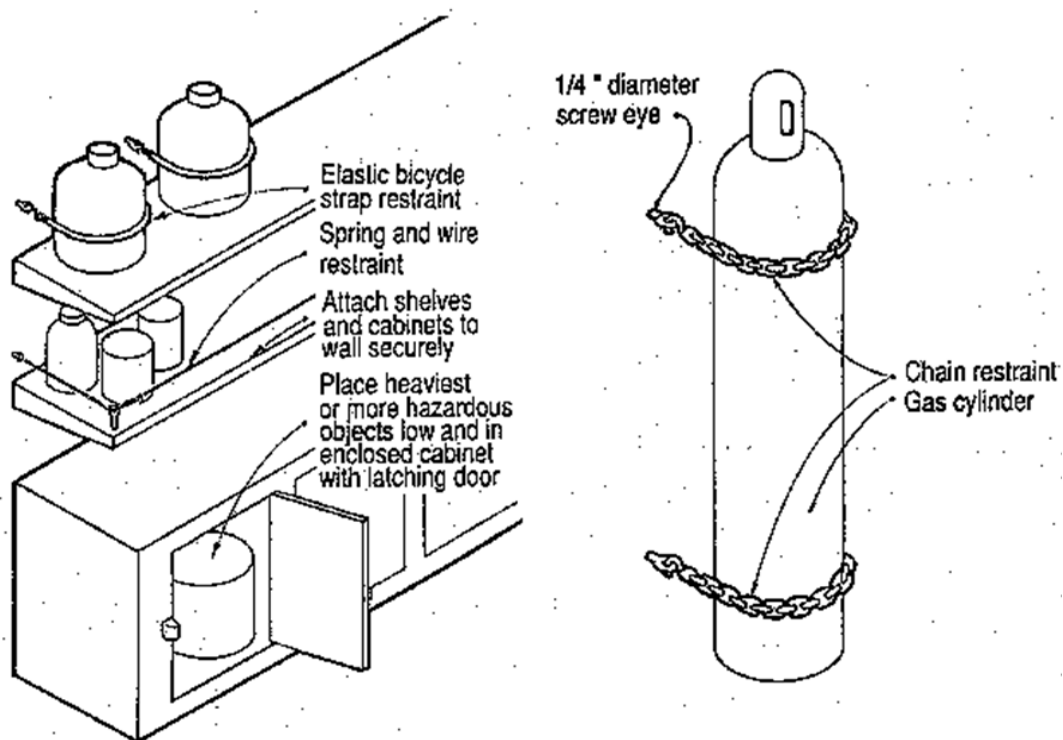
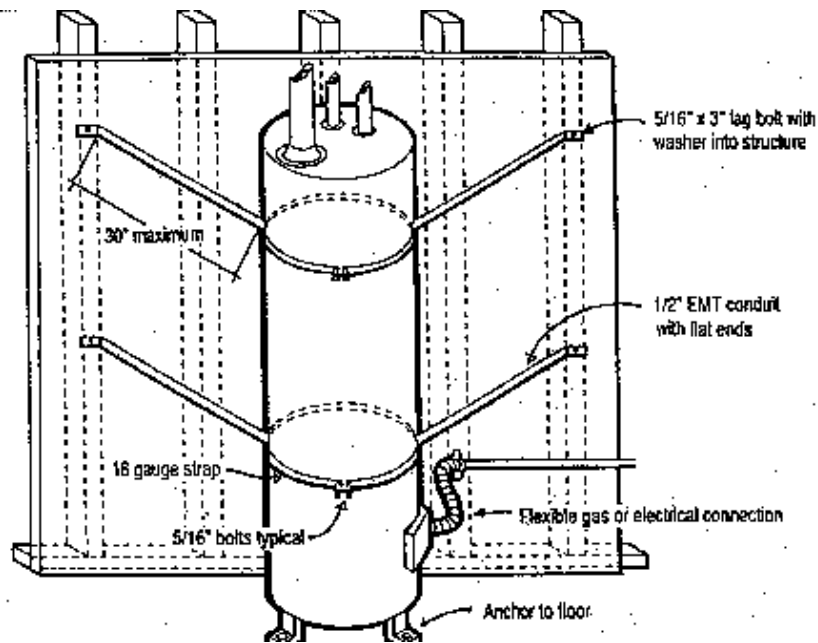
دوخت فونداسیون

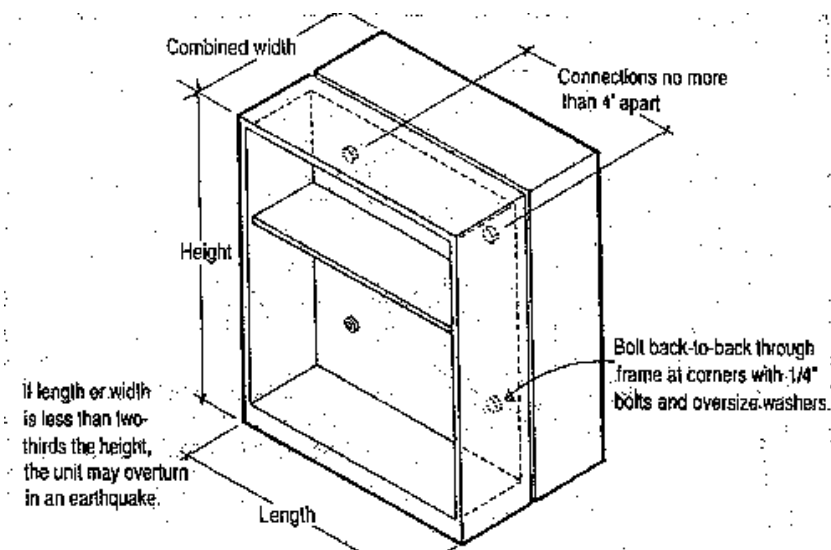
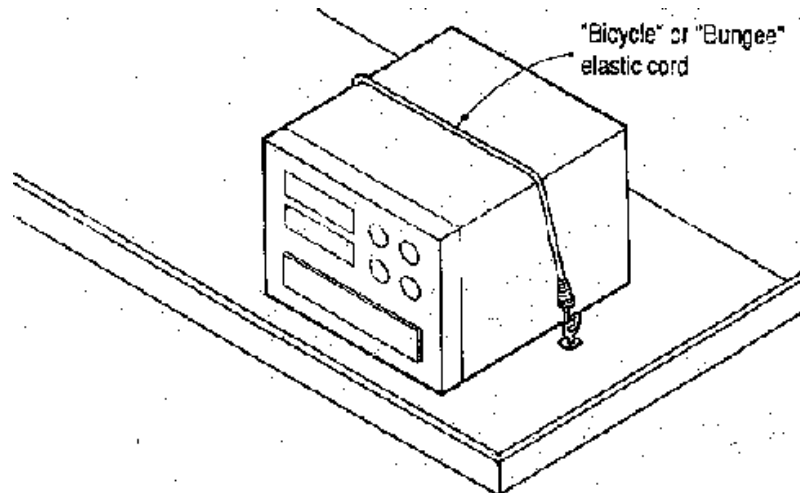
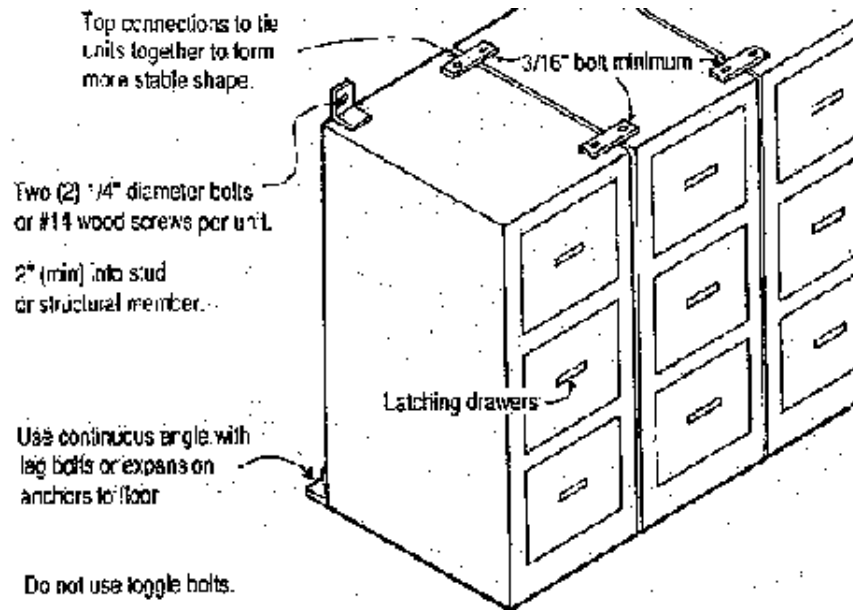
برای مقاوم سازی کامل ساختمان باید **مقاوم سازی فونداسیون** آن نیز در صورت نیاز به نحو مطلوبی انجام گردد تا بتواند نیروهای ناشی از زلزله را به خاک منتقل نماید. در صورت عدم مقاومت کافی فونداسیون تحت لنگرهای خمشی و نیروهای برشی وارده از طرف سازه دچار گسیختگی می گردد. همچنین در صورت عدم کفایت سطح تماس فونداسیون با خاک زیر آن احتمال تسلیم شدن خاک و در نتیجه ایجاد نشست ماندگار خاک زیر پی افزایش می یابد. برای تقویت فونداسیون موجود می توان شبکه هایی از آرماتور در اطراف پی موجود در نواحی ضعیف قرار داد و بتن ریزی نمود. اتصال فونداسیون الحاقی به فونداسیون جدید توسط آرماتورهای دوخت صورت می گیرد. از آن جایکه مصالح لازم برای اجرای این روش به آسانی پیدا می شود و اجرای آن نیز بسیار راحت است، هزینه این روش بسیار پایین است. برای اجرای این روش نیروی متخصص لازم نیست و حتی معمارهای محلی در روستاها نیز قادر به اجرای آن هستند و این مسائل این روش را به عنوان روشی آسان برای مقاوم سازی دیوارهای بنایی ترک خورده مبدل کرده است.

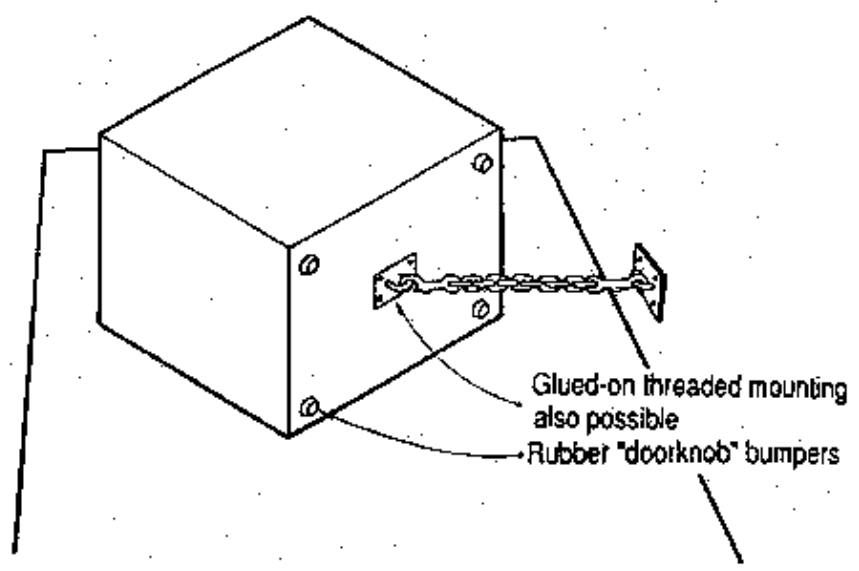
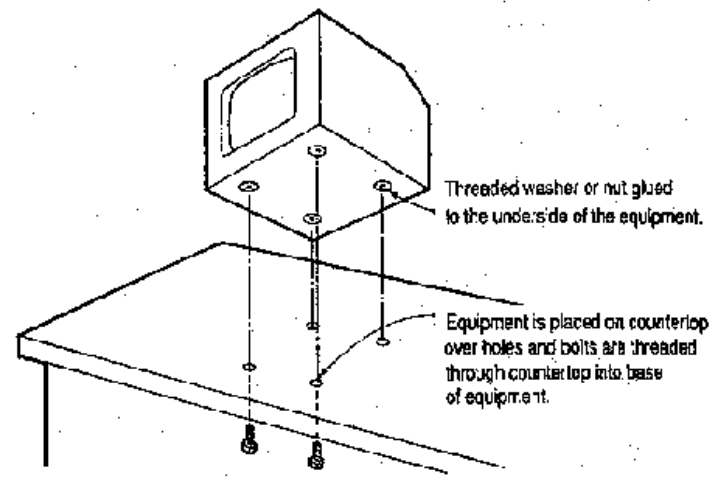
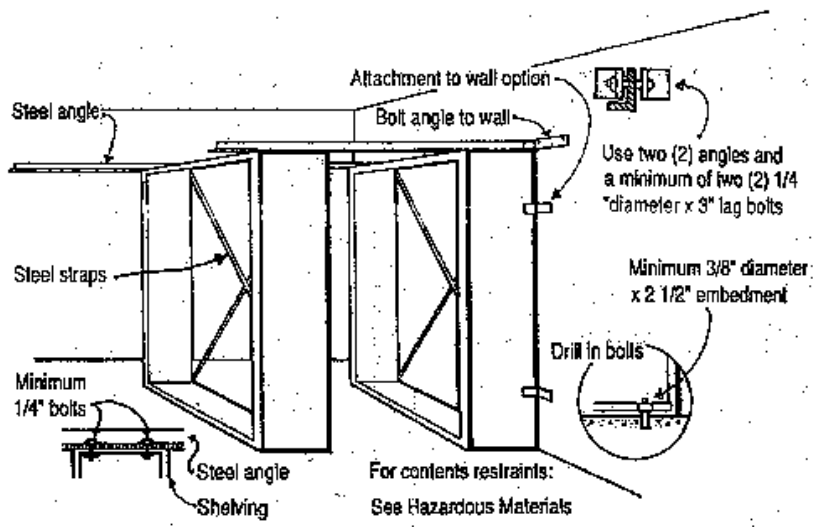






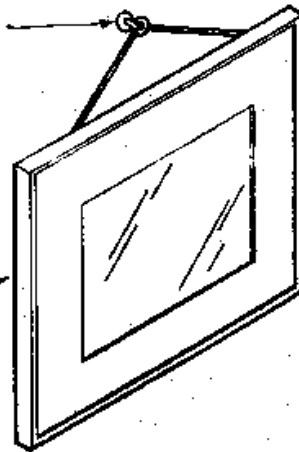




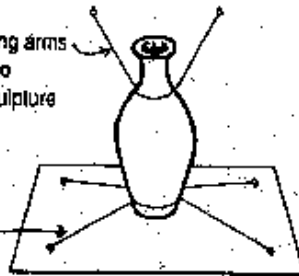


Hook connected to wall stud. Close hook with pliers after hanging object.

Hanging object.



Bent wire supporting arms can be fashioned to hold onto small sculpture

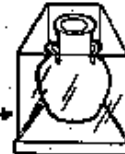


Monofilament fishing line guy lines

Supporting pedestal and cabinet must also be anchored



"Bean bag" containing sand or shot to lower the center of gravity.

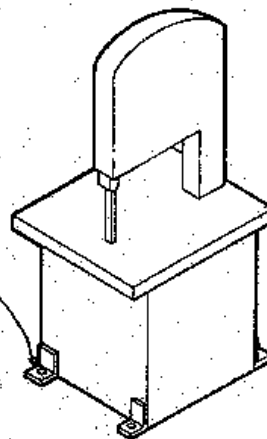


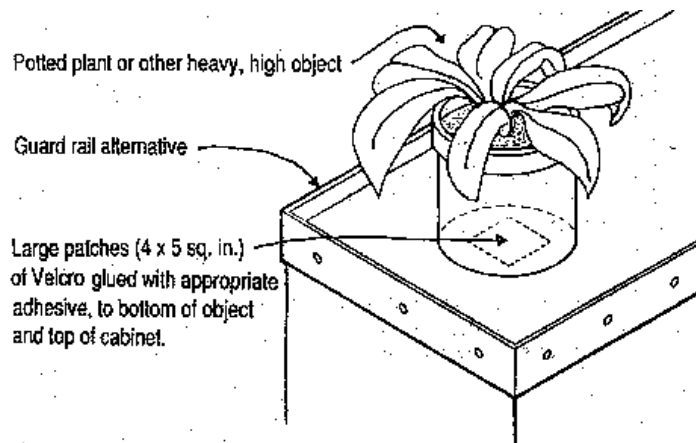
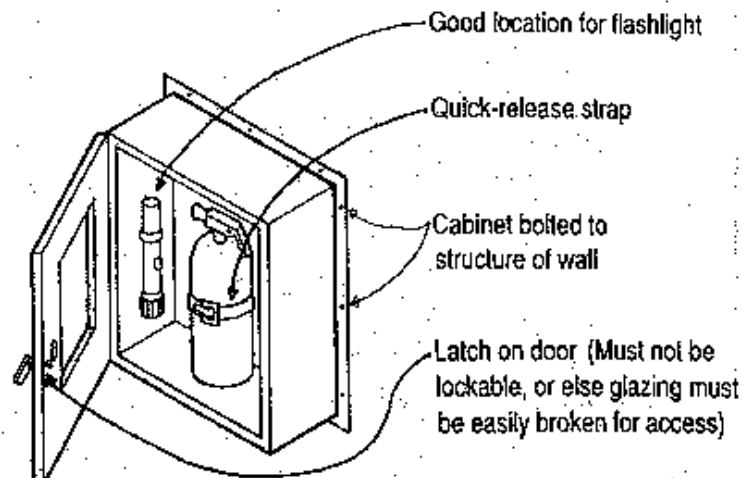
Glass case close fitting at top or sides

For objects under 1000 lbs.

For heavier equipment, seek an architect's or engineer's advice.

Minimum 1/2" wide x 3" embedment expansion anchors at each corner. Torque test to 30 foot-pounds.





See separate chart for tall file cabinets

روش های ارزیابی برای مقاوم سازی اجزای غیر سازه ای

پس از بازرسی اولیه، اطلاعات دیگری باید در فرم فهرست برداری اجزای غیر سازه ای اضافه شود.

تعیین شدت تکان های زلزله

خطر لرزه ای یا شدت تکان های زلزله را برای استفاده در فرم های بازرسی، می توان از نقشه های لرزه خیزی تعیین کرد که در آن بخش های مختلف کشور با شدت های لرزه خیزی زیاد و "متوسط" مشخص شده اند. خطر زلزله تعیین شده از نقشه فوق الذکر برای تعیین ریسک اجزای غیرسازه ای واقع در سطح زمین در ساختمان های ساده و غیر مهم مناسب است. در موارد دیگر بهتر است یا لرزه خیزی را شدیدتر در نظر بگیرند و یا این که به مشاوران حرفه ای مراجعه شود.

برآورد نیروی زلزله وارد بر یک جزء غیر سازه ای خاص در یک ساختمان خاص مسئله فنی دشواری است. مهندسان محاسب برای انجام محاسبات مربوط باید موارد زیر را در نظر بگیرند:

نزدیکی محل ساختمان به گسل های فعال، شرایط خاک در محل، انعطاف پذیری (سختی) سازه ساختمان، موقعیت جزء غیر سازه ای در ساختمان، انعطاف پذیری سیستم سقف یا دیوار های مجاور جزء، انعطاف پذیری جزء، وزن و هندسه جزء،

مشخصات اتصالات موجود بین جزء و سازه، تغییر مکان نسبی قابل انتظار بین دو نقطه اتصال در طبقات مجاور یا در دو طرف محل درز لرزه ای، کارکرد جزء و کارکرد ساختمان.

یکی از دلایل توصیه استفاده از مشاوران حرفه ای در ساختمان های پیچیده آن است که در نقشه های خطر لرزه ای هیچ یک از موارد فوق لحاظ نشده است. روشن است که پیچیدگی و تفصیل محاسبات مهندسی باید متناسب با پیچیدگی و اهمیت ساختمان و جزء غیر سازه ای مورد نظر باشد. به علاوه در بعضی ساختمان های مهم، بیش از یک سناریوی زلزله برای طراحی در نظر گرفته می شود. به این ترتیب که برای بعضی از اجزای مهم تر، زلزله شدیدتری مبنای طراحی قرار می گیرد و اجزای کم اهمیت برای زلزله ای کوچک تر اما با دوره بازگشت کمتر طراحی می شود.

برآورد ریسک لرزه ای اجزای غیرسازه ای

اجزای غیرسازه ای از نظر مخاطره ای که در زلزله به وجود می آورند، رتبه بندی شده اند. رتبه بندی براساس تجارب زلزله های قبلی و قضاوت کارشناسی انجام شده است. باید توجه شود که هرگونه برآورد خسارت در زلزله های آینده جنبه تقریبی دارد و باید با احتیاط مورد استفاده قرار گیرد. روش برآورد تقریبی ارائه شده در این مقاله برای تعیین مقدماتی ریسک لرزه ای اجزای غیر سازه ای در ساختمان های معمولی مناسب است و در مواردی که ریسک احتمالی زیاد باشد یا ساختمان معمولی نباشد، نیاز به انجام تحلیل های مفصل تر وجود دارد. در روش برآورد ارائه شده، ریسک لرزه ای برای ایمنی جانی، زیان های مالی و یا کاهش کارایی ساختمان در شدت های مختلف خطر زلزله به دو صورت متوسط و شدید ارزیابی می شود. منظور از ریسک جانی، ریسک جراحت مستقیم ناشی از جزء غیر سازه ای مورد نظر است. ریسک زیان های مالی مربوط به هزینه تعمیر یا تعویض ناشی از خسارت وارده به جزء غیرسازه ای مورد نظر است و ریسک کاهش کارایی نیز مربوط به از خدمت خارج شدن جزء غیرسازه ای مورد نظر در اثر خسارت وارد شده است. ریسک های لرزه ای اجزای غیرسازه ای با این فرض تعیین شده اند که جزء مورد نظر حایل بندی و مهاربندی نشده است و در ساختمانی با استفاده معمولی (نه با کارکرد ضروری) قرار دارد. هدف اصلی از اطلاعات ارائه شده کمک در تعیین اولویت ها و شناسایی مهم ترین خطرات است.

برآورد هزینه های بهسازی

غالباً برای اجرای جزئیات **مقاوم سازی** اجزای غیر سازه ای نیاز به برآورد هزینه آنها است. از این برآورد ها به همراه فرم های فهرست برداری اجزای غیر سازه ای تهیه شده برای ساختمان، می توان در برآورد کلی هزینه مقاوم سازی لرزه ای اجزای غیرسازه ای ساختمان مورد نظر استفاده کرد. در ساختمان های بزرگ، در صورتی که تعداد بعضی از اقلام زیاد باشد، معمولاً هزینه ها کمتر می شود.

بدیهی است برآورد قیمت ها تابع عواملی نظیر شرایط ساخت در هر ساختمان، قیمت های مقاطعه کاری در بازار، تفاوت قیمت در نقاط مختلف کشور نیز نحوه انجام کار به صورت امانی یا پیمانی هستند. معمولاً برآوردها فقط مربوط به هزینه خرید مصالح و اجرای کار هستند و هر گونه هزینه های طراحی مهندسی یا معماری احتمالی باید به آنها اضافه شود. برای برآورد دقیق تر هزینه ها باید هزینه های مربوط به وقفه یا تعطیلی احتمالی در کار عادی ساختمان و یا اضافه هزینه های مربوط به اجرای کار در ساعات تعطیلی نیز در نظر گرفته شود. در بعضی اجزای قابل جابه جایی، هر بار جابه جایی جزء مستلزم باز و بسته کردن اجزای نگهدارنده نصب شده برای مقاوم سازی لرزه ای خواهد بود که در این صورت مقداری بر هزینه های کلی خواهد افزود.

اولویت بندی

با در نظر گرفتن آسیب پذیری لرزه ای اجزای مختلف غیرسازه ای و یا اهمیت پیامد های خرابی آنها می توان به هر جزء غیرسازه ای یکی از اولویت های زیاد، متوسط یا کم را نسبت داد. بیشترین اولویت مربوط به اجزایی است که هر سه ریسک لرزه ای (خسارات جانی، مالی و وقفه کار ساختمان) را داشته باشند. اگر وقفه در کار ساختمان مهم نباشد، بیشترین اولویت باید به اجزایی داده شود که تهدید جانی بیشتری دارند و هزینه بهسازی آنها کمتر است.

البته چگونگی اولویت بندی در ساختمان های مختلف متفاوت است و مطالب ارائه شده در این کتاب در خصوص اولویت بندی، فقط جنبه راهنمایی کلی دارد.

گزینه های مختلف اجرای بهسازی اجزای غیرسازه ای ساختمان

برای انجام مقاوم سازی اجزای غیر سازه ای یک ساختمان گزینه های مختلفی قابل بررسی است. یکی از گزینه ها آن است که فهرستی کامل از کلیه اجزای غیرسازه ای که در بازرسی های انجام شده آسیب پذیر شناخته شده اند تهیه و همه آنها در قالب یک پروژه بهسازی شوند. گزینه دیگر آن است که به حداقل اکتفا شود و با هزینه ای محدود، مقاوم سازی لرزه ای فقط برای اجزای بحرانی تر انجام شود. همچنین می توان برای شدت های مختلف زلزله فهرست های متفاوتی از اجزای غیرسازه ای نیازمند مقاوم سازی لرزه ای تهیه و هزینه های مربوط به درجات حفاظت مختلف را مقایسه کرد. به وسیله نرم افزارهای رایانه ای می توان فرم فهرست اجزای غیر سازه ای ارائه شده در این کتاب را برای برآورد هزینه، اولویت بندی و مقایسه هزینه ها در شدت های مختلف زلزله مورد استفاده قرار داد.

برای ایجاد تعادل مابین کامل بودن اقدامات و کیفیت آنها از یک سو و هزینه های مربوط به آن از سوی دیگر، به راحتی نمی توان توصیه ای ارائه کرد. اما در مجموع بهتر است به جای در نظر گرفتن پروژه ای که کامل و در عین حال بسیار گران باشد، پروژه ای را مد نظر قرار داد که به مهم ترین موارد می پردازد. بنابراین، معمولاً روش دو مرحله ای مناسب تر است؛ به این ترتیب که ابتدا فهرست مختصری از بحرانی ترین اجزای غیرسازه ای تهیه کرد و به مقاوم سازی آنها پرداخت. بعد از ارزیابی موفقیت مرحله اول، در مرحله دوم می توان اجزای غیرسازه ای دیگر را مورد توجه قرار داد. باید توجه کرد که انجام بهسازی لرزه ای اجزای غیرسازه ای از آن چه که در ابتدای امر به نظر می آید، ساده تر است و مهم این است که اولین گام به نحو صحیح برداشته شود.

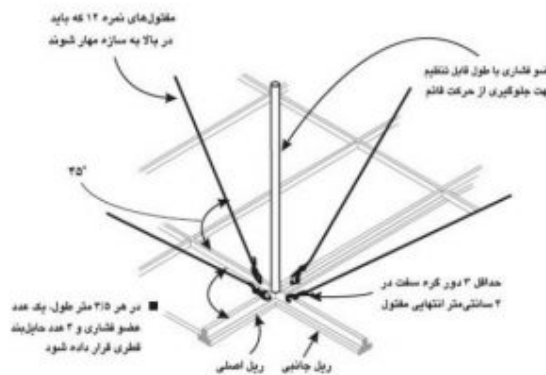
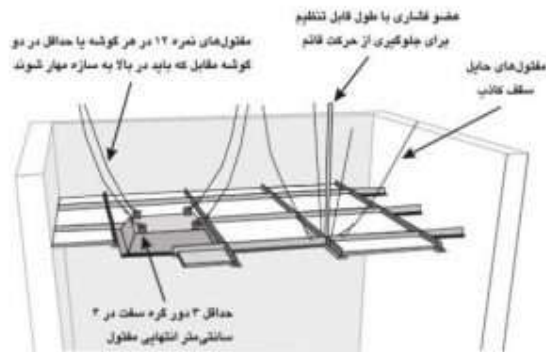
راهکارهای پیشگیری از تخریب اجزای غیر سازه ای ساختمان در زیر به مختصر توضیح داده شده است.

راهکارهای پیشگیری از تخریب اجزای غیر سازه ای معماری ساختمان

در حین زلزله:

- **فرو ریزش سنگ نما**
جهت جلوگیری از فروریزش اجزای غیر سازی ساختمان (سنگ نما)، می بایست سنگ نما را قبل از نصب اسکوپ کرده و یا بعد از نصب با استفاده پیچ و رول پلاک آنها را به ملات پشت سنگ متصل نماییم.
- **جدا شدن سنگ و سرامیک**
استفاده از توری مرغی و یا رابیتس جهت اتصال ملات با بتن در مواقعی که سرامیک یا سنگ بر روی بتن نصب میگردد و عدم ریختن ماسه سیمان (خشه) در هنگام دوغاب ریزی زمان نصب سنگ سرامیک بر روی دیوارها انجام می شود.
- **جلو گیری از تخریب میان قاب ها**
در زمان اجرای دیوار چینی باید سعی شود از مصالح سبک همچون دیوار های هیلکس، D3 وال، یا DRY وال ها استفاده شود سپس در موقع اجرا باید گپی بین دیوار و ستون اجرا شده و گپ را با پلاستوفوم پر کرده، جهت درگیری دیوار با سقف و ستون می توان از نبشی کشی استفاده کرد (با رعایت دتایل ذکر شده می توان از وقوع پدیده ستون کوتاه نیز جلوگیری کرد). لازم به ذکر است با اجرای وال پست (نبشی کشی) میتوان از فرو ریختن جانپناه، دیوار های پیرامونی، پارتیشن ها و ... جلوگیری کرد.

- **فرو ریختن سقف کاذب**
جهت جلوگیری از فروریزش سقف کاذب و یا چراغ های سقف که در سقف کاذب نصب می شوند باید دتایل زیر رعایت شود

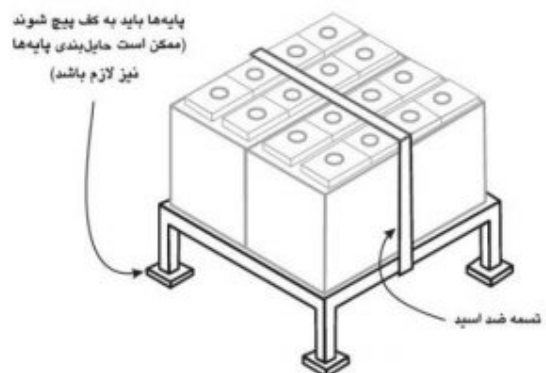


دیتایل های جلوگیری از فرو ریزش سقف کاذب

راهکارهای پیشگیری از تخریب اجزای غیر سازه ای تاسیساتی

ساختمان در حین زلزله:

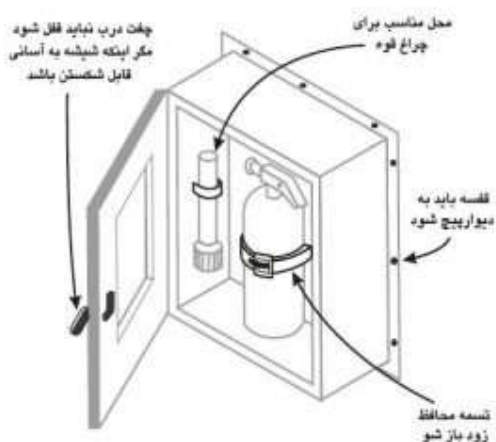
- سقوط کولر های، باتری ه



نحوه استفاده از تسمه مخصوص برای تاسیسات

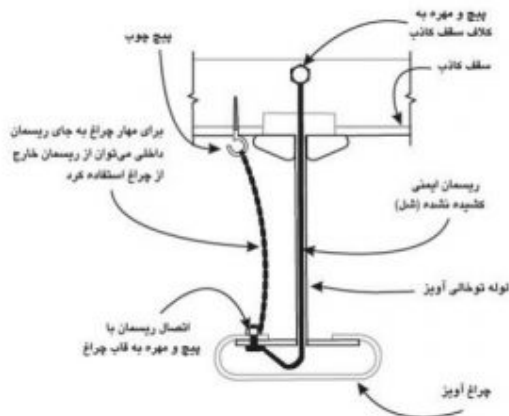
این وسایل به علت نصب در ارتفاع از اهمیت خاصی برخوردارند زیرا با وقوع زمین لرزه امکان سقوط آنها می باشد، جهت جلوگیری از سقوط این وسایل آنها را باید بر روی پایه های پیچ شده در سقف قرار داده و توسط تسمه های مخصوص به پایه ها متصل کرد

- پیشگیری از مفقود شدن کپسول های آتش نشانی و تجهیزات امداد رسانی



جعبه مخصوص محافظت از تجهیزات

- استفاده از جعبه های مخصوص و نصب تجهیزات بر روی الامان های سازه ای مطمئن مانند ستون ها و دیوار برشی ها
- جلوگیری از سقوط روشنایی های سقفی



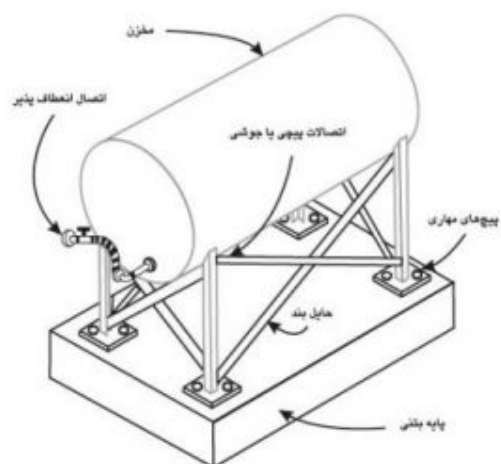
نحوه استفاده از زنجیر مخصوص اتصال تجهیزات سقفی

جهت جلوگیری از سقوط تمام تجهیزات سقفی اعم از لوستر، مهتابی های سقفی و... نیاز است از زنجیر های مخصوص برای متصل کردن تجهیزات ذکر شده به سقف استفاده کرد(برای نصب زنجیر ها می بایست از پیچ و رول پلاک و یا پیچ های قلاب دار به همراه رول پلاک استفاده کرد)

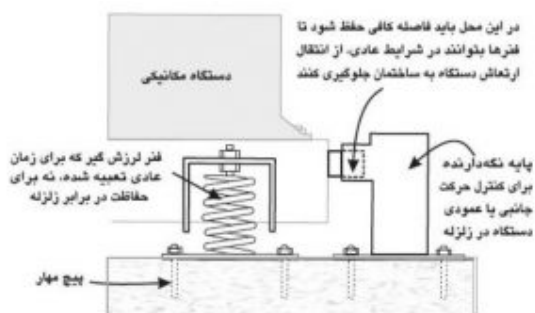
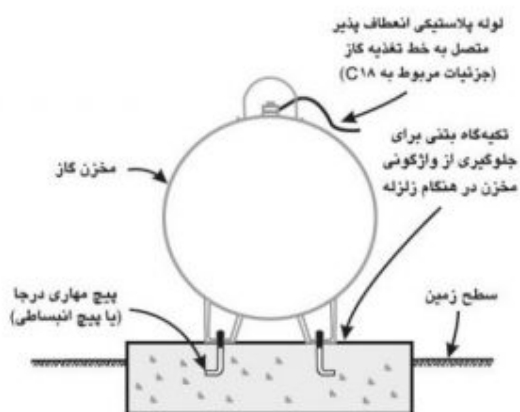
- جلوگیری از سقوط مخازن و دستگاه های مکانیکی

مخازن و دستگاه های مکانیکی به دلیل وزن زیاد، در حین زلزله نیروی بسیار زیادی را متحمل می شوند و زلزله های اخیر نشان داده اند که این تجهیزات دچار آسیب های شدیدی همچون واژگونی و تخریب می شوند به شکلی که بعد از زلزله قادر

به سرویس دهی نمی باشند، جهت جلوگیری از آسیب های اجزای غیر سازه ای تاسیسات در ساختمان در حین زلزله باید

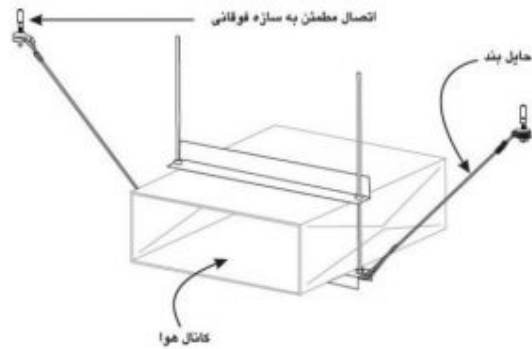


جزئیات زیر را رعایت نمایید.



نحوه بکار گیری پیچ مهاری بر روی پایه بتنی در مخازن

- کانال های تاسیساتی



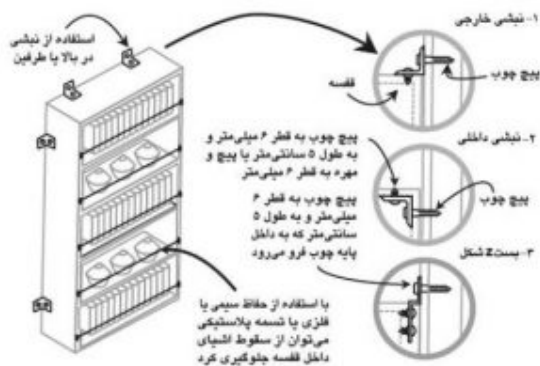
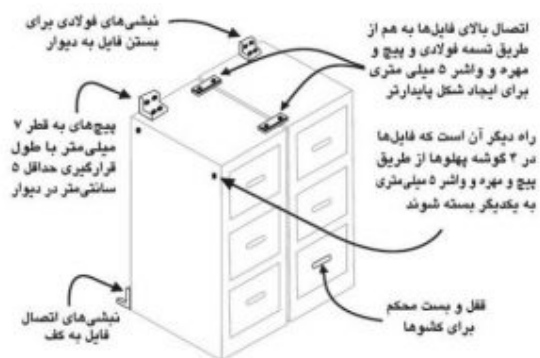
حائل بند

بدون آسیب بودن کانال های تاسیساتی با توجه به اینکه این کانال ها برای خروج دود (دی اکسید کربن) نیز استفاده می شوند، در حین زلزله و قابل استفاده بودن آنها بعد از زلزله، بسیار حائز اهمیت می باشند. جهت مهار کردن کانال های تاسیساتی و جلوگیری از سقوط آنها نیاز به استفاده حائل بند ها می باشد.

راهکارهای پیشگیری از تخریب اجزای غیر سازه ای مبلمان ساختمان در حین زلزله:

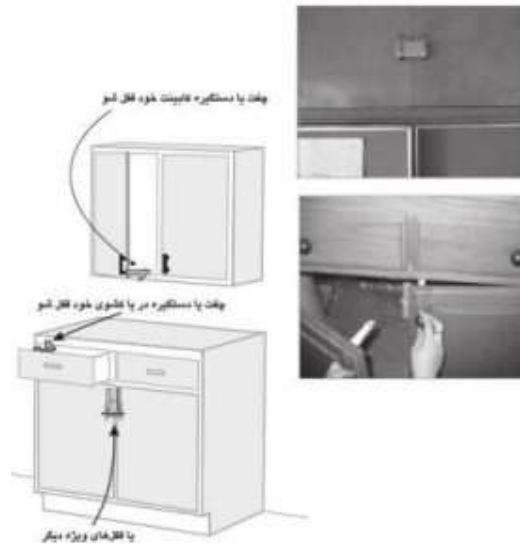
• کمد ها

کمد ها و بوفه ها در زلزله ها بسیار خطر افزین است و باعث افزایش آسیب دیدگی می شود. جهت مهار کمد ها می توان از نبشی های موجود در بازار و یا تسمه های مخصوص استفاده کرد.



نبشی و یا تسمه های مخصوص

- کشو ها و کابینت ها



قفل مخصوص کابینت و کشو ها

در هنگام زلزله کشو ها و در کابینت ها باز شده و محتویات داخل کشو ها به بیرون ریخته و باعث جراحت افراد مستقر در محل می شوند، جهت جلوگیری از این نوع آسیب ها نیاز است قفل های مخصوص کابینت ها و کشو ها استفاده شود.

- قفسه ها در انبار

این قفسه ها با توجه به ارتفاع و سنگین بود آنها در زلزله بسیار خطر آفرین می باشند و جهت جلوگیری از آسیب های ناشی از فروریزش، نیاز است آنها را به زمین متصل کرد.

- محتویات داخل قفسه ها و کتاب خانه ها

برای جلوگیری از سقوط وسایل داخل کتابخانه ها و قفسه ها می بایست از تسمه ها مخصوص استفاده کرد اجزا و سیستم های معماری شامل تیغه های غیر باربر داخلی، پانلهای دیوار خارجی، سقف های کاذب و موارد مشابه است. زلزله های اخیر مثال های متعددی از آسیب های وارد شده به چنین سیستم هایی را نشان می دهند. بسیاری از این اجزا هنگام وقوع زلزله دچار آسیب های شدیدی شده اند که با صرف هزینه های زیادی ترمیم می شوند. در ادامه به انواع متداول آسیب های وارد بر این اجزا و راهکار های بهسازی لرزه ای آن ها پرداخته شده است.

راهکارهای مقاوم سازی اجزای غیر سازه ای:

بطور کلی میتوان از دو راهبرد برای طراحی لرزه ای اجزای معماری استفاده کرد:

1. روش جدا سازی، که در آن اجزا از فاصله کافی نسبت به سازه برخوردارند بطوری که تغییر شکل سازه، تنش چشمگیری بر اجزا اعمال نمی کند.

2. روش تغییرشکل، که در آن اجزا با این هدف طراحی می شوند که بتوانند تغییر شکل لازم در برابر زلزله را تحمل کنند. مقدار نیروی زلزله به وزن سیستم، ضریب زلزله مربوط به جزء و مشخصات عملکردی آن بستگی دارد.

نیروی زلزله در اعضای مختلف سازه ای، پاسخ های متفاوتی را بوجود می آورد و اجزای غیرسازه ای متصل به این اعضا باید تغییرشکل ناشی از این اعضا سازه ای را نیز تحمل کنند. برای مثال، تمامی اجزای غیرسازه ای موجود در ساختمان باید طوری طراحی شوند که با میزان تغییرمکان جانبی پیش بینی شده برای سازه مطابقت داشته باشند. با استفاده از تغییرمکان های جانبی پیش بینی شده طبقه، می توان درجه جداسازی لازم را تعیین کرد تا از آسیب دیدگی برخی از اجزای معماری جلوگیری یا از میزان آن کاست. اجزای غیرسازه ای باید برای نیروهای ناشی از وزن خودشان نیز مهار شوند. به عنوان مثال این نیروها از پاسخ دینامیکی دیوار بنایی یا سقف کاذب ناشی می شوند.

اجزای غیر سازه ای در بهره برداری و خدمات رسانی بعد از زلزله بسیار حائز اهمیت می باشند، و حتی تخریب و یا فروریزش اجزا غیر سازه ای می تواند باعث تلفات جانی، تخریب سازه، آتش سوزی در حین زلزله شود. به عنوان مثال سقف کاذب یک بیمارستان، که با فروریزش سقف سبب می شود که بیمارستان از حالت خدمت رسانی بی وقفه خارج شود، یا واژگونی تانکر آب، که سبب می شود در زمان بعد از زلزله ذخایر آب هدر رفته، یا واژگونی مخازن نفتی و گازی که سبب آتش سوزی بعد از زلزله می شود و یا فرو ریختن دیوارهای پیرامونی، که باعث مسدود شدن خیابان های دسترسی می شود که روند امداد رسانی را مختل کند.

اجزا غیر سازه ای را می تواند با استفاده از چند دیتایل خاص **مقاوم سازی** و تقویت کرد.

- **جلوگیری از ریزش سنگ نما**

در زلزله های اخیر مشاهده شده است بسیاری از نما های ساختمان از ملات پستی خود به دلیل عدم اجرای اسکوپ، جدا شده است که خطر آفرین می باشد.

جهت تقویت و مقاوم سازی سنگ های نما می توان از افراد ذی صلاح جهت اجرای پیچ و رول پلاک سنگ نما استفاده کرد.

- **فروریزش سقف کاذب و چراغ سقفی**

سقف های کاذب به دلیل سرعت در اجرا بسیار پر طرف دار می باشد اما در بسیار از مواقع به دلیل عدم رعایت جزئیات دقیق، باعث شده است سقف ها جدا شده و فرو بریزند. می توان با اصلاح اتصال اجرا شده از فرو ریزش سقف های کاذب و چراغ های سقفی جلوگیری کرد و عملکرد سقف های کاذب را در زلزله بهبود بخشید.

- **واژگون شدن پارتیشن های چوبی دفاتر**

اجرای پارتیشن ها به صورت زیگزاگ می تواند تا حدی زیادی به پایداری پارتیشن ها در زلزله کمک کند و از واژگونی آنها جلوگیری کند.

- **فروریزش دیوارهای اطراف محوطه**

جهت مقاوم سازی و تقویت دیوار های اطراف محوطه در برابر نیرو وارده در حین زلزله میتوان با اجرای پشت بندهای به فواصل مشخص اقدام به تقویت این نوع از اجزای غیر سازه ای نمود.

- **فرو ریزش جان پناه ها:**

در جان پناه های که به دلیل عدم اجرای وال پست گیر داری لازم را دارا نیستند و در برابر نیرو زلزله مقاومت لازم را ندارند، برای جلوگیری از فرو ریزش جان پناه ها در حین زلزله و جلوگیری از وارد شدن خسارات جانی و مالی می توان از پشت بند های فولادی که توسط کاشت به سقف و به جان پناه انکراژ شده است، استفاده کرد.

- **واژگونی قفسه ها آهنی در انبار ها و مغازه ها**

در مغازه ها و انبار ها با توجه به وجود مواد و وسایل مختلف در قفسه ها و سنگینی قفسه ها و عدم مهار، سبب می شود در هنگام وقوع زلزله دچار واژگونی می شوند و یا وسایل داخل قفسه ها به اطراف پرت شده و باعث آسیب و خسارت می شوند. جهت جلوگیری از پرت شدن وسایل داخل قفسه ها باید از تسمه های مخصوص استفاده کرد که به قفسه ها بسته می شود و از پرت شدن وسایل جلوگیری می کند. یکی از راه های جلوگیری واژگونی قفسه ها این می باشد که تمام پایه های قفسه ها به زمین مهار شده تا در صورت وقوع زلزله از واژگونی قفسه ها جلوگیری شود.

- **واژگونی کتاب خانه ها و کمد ها**

برای جلوگیری از واژگونی کمد ها و کتابخانه ها در حین زلزله و جلوگیری از خسارت ها جانی و مالی می توان کمد ها را با استفاده از نبشی ها موجود در بازار به دیوار اطراف، پیچ و رول پلاک کرد (استفاده از میخ به دلیل عدم استحکام کافی موجود نمی باشد)

- **مهار تابلوها و قاب های متصل به دیوار**

جهت مهار تابلو ها به دیوار ها و جلوگیری از پرت شدن و یا افتادن تابلو ها باید از پیچ های قلاب دار استفاده کرد آویز تابلو را به قلاب متصل نمایید.

- **کپسول های آتش نشانی و تجهیزات امداد رسانی**

در بسیاری از زلزله ها مشاهده شده است که تجهیزات امداد رسانی به دلیل عدم مهار مناسب در زیر آوار مدفون شده و غیر قابل استفاده می باشد. جهت جلوگیری از این موضوع، میتوان تجهیزات امداد رسانی را به ستون ها مهار کرده (به دلیل کم بودن احتمال فروریختن ستون ها)

- **آویز های روشنایی سقفی**

برای جلوگیری از فروریزش آویز های سقفی می توان آویز ها را با استفاده از زنجیر های متصل کننده به سقف توسط پیچ و رول پلاک متصل نمود.

- **کشو ها**

باز شود کشو های کمد، کابینت و ... خطر آفرین می باشند، جهت جلوگیری از وارد شدن خسارت در حین زلزله باید از دست گیره ها و قفل های خود قفل شو استفاده کرد.

مقاوم سازی اجزای مکانیکی و الکتریکی

تجهیزات مکانیکی و الکتریکی همانند اجزای معماری که در بخش قبلی در مورد آنها بحث شد، در معرض آسیب های ناشی از زلزله قرار دارند. از آنجا که روشهای نصب این گونه سیستمها محدود است، امکان بروز آسیب در این اجزا زیاد میباشد. از طرف دیگر اغلب تجهیزات مکانیکی و الکتریکی مخصوص پ روزه ساخته نمی شوند و اغلب بصورت پیش ساخته می باشند و مشخصات آنها را سازندگان تعیین می کنند. آشنا نبودن این سازندگان به مباحث طراحی و ایمن سازی لرزه ای، موجب بروز آسیب های متعددی به این سیستمها در خلال زلزله های گذشته شده است.

بررسی آسیب های وارد شده به سیستم های مکانیکی و برقی در زلزله های اخیر

تجهیزات مکانیکی و الکتریکی معمولاً به دو صورت زیر نصب میشوند:

1. تجهیزاتی که به صورت صلب به سازه ساختمان یا زمین مهاربندی می شوند.

2. تجهیزاتی که بر روی جداساز های لرزه ای نصب می شوند.

گسیختگی تجهیزاتی که به صورت صلب به زمین یا سازه متصل شده اند، عموماً ناشی از کمبود استحکام مهارها یا عدم توانایی اجزای متصل به این تجهیزات به علت جابجایی های نسبی و نیروی زلزله ناشی از وزن تجهیزات می باشد. تجهیزاتی که بر روی جداساز های ارتعاشی نصب می شوند نیز می توانند دچار آسیب های متعددی شوند. هر یک از این جداسازها و پایه های ارتجاعی آنها باید بتواند در برابر نیروهای وارد شده مقاومت کنند. اغلب گسیختگی ها در این نوع از سیستم ها مربوط به عدم مهار کافی پایه های ارتجاعی و جداسازها می باشد.

مهار تجهیزات تاسیساتی (مانند باتری ها و کولرها و ...)

این تجهیزات باید بر روی پایه قرار گیرند و با استفاده از تسمه های مخصوص مهار شوند.

- **تانکر ها و مخازن موتورخانه ها**

تانکر ها و مخازن در موتورخانه ها در دسته اجزای غیر سازه ای تاسیساتی در ساختمان محسوب می شوند که اگر به صورت اصولی مهار نشوند باعث خسارات می شوند. مهار نمودن مخازن در موتور خانه ها به صورت زیر باید انجام پذیرد.

- **مهار مخازن**

مخازن به دلیل داشتن وزن زیاد در حین زلزله نیروی بسیار زیادی متحمل می شوند که باعث واژگونی مخازن می شود.

- **دستگاه های مکانیکی**

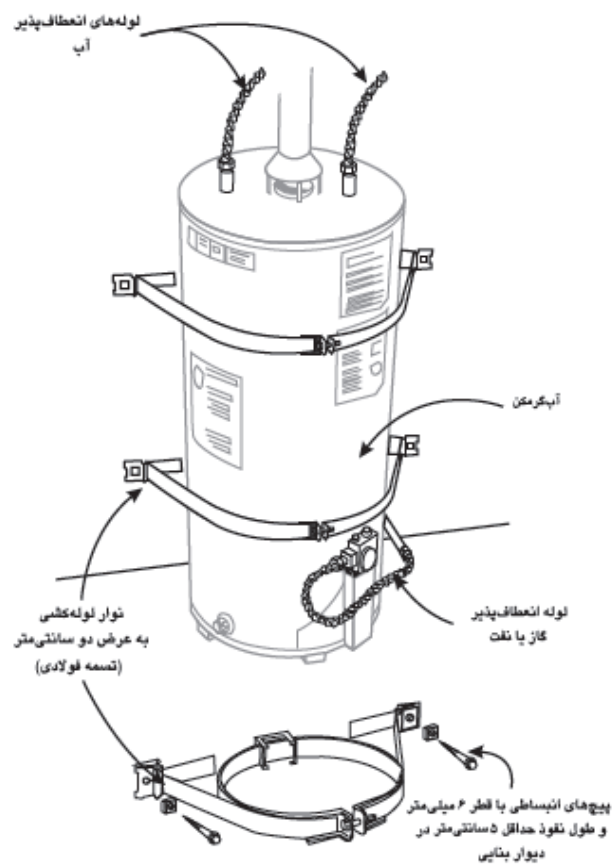
دستگاه های مکانیکی مانند مخازن در زلزله نیروی بسیار زیاد به آن ها وارد می شود و سبب وارد شدن خسارت شدید به دستگاه می شود. جهت کاهش خسارات وارده به دستگاه ها باید از فتر های لرزش گیر استفاده کرد.

- **کانال های تاسیساتی**

در زلزله ها مشاهده شده است که کانال های تاسیساتی دچار آسیب شده و از مکان خود جدا شده است و باعث ایجاد آسیب شده است. جهت جلوگیری کردن از به وجود آمدن خسارات و تلفات می بایست از حائل بند ها استفاده کرد.

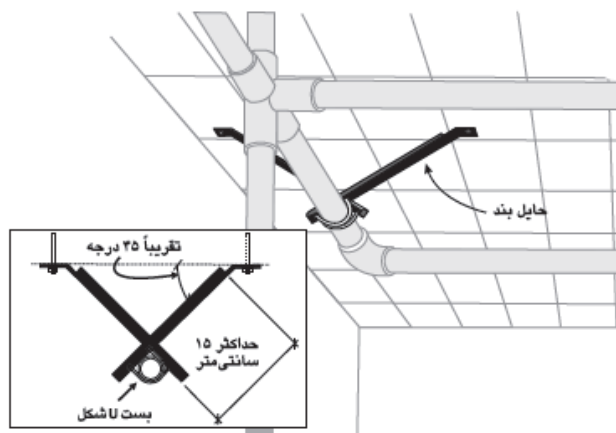
- **دریچه های هوا**

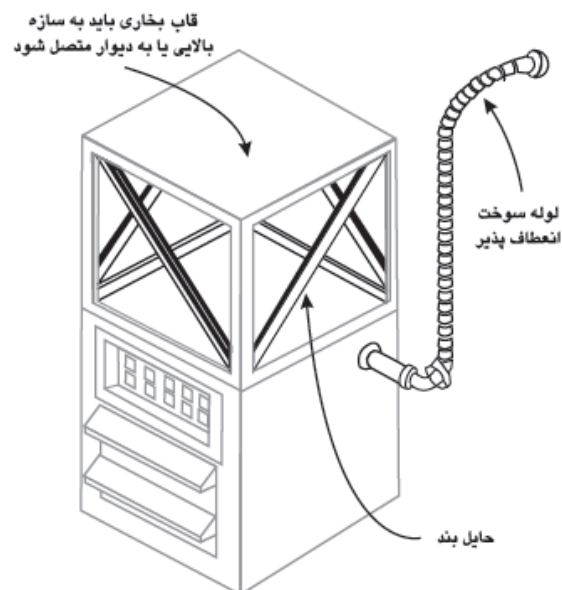
برای جلوگیری از به وجود آمدن آسیب و خسارت ناشی از تخریب اجزا غیر سازه ای می بایست جزئیات زیر را رعایت کرد.



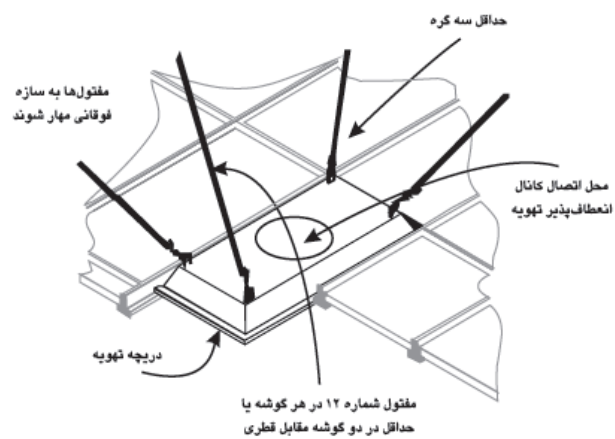
جزئیات مقاوم سازی مربوط به آب گرمکن ها

جزئیات مقاوم سازی مربوط به لوله های آب و فاضلاب

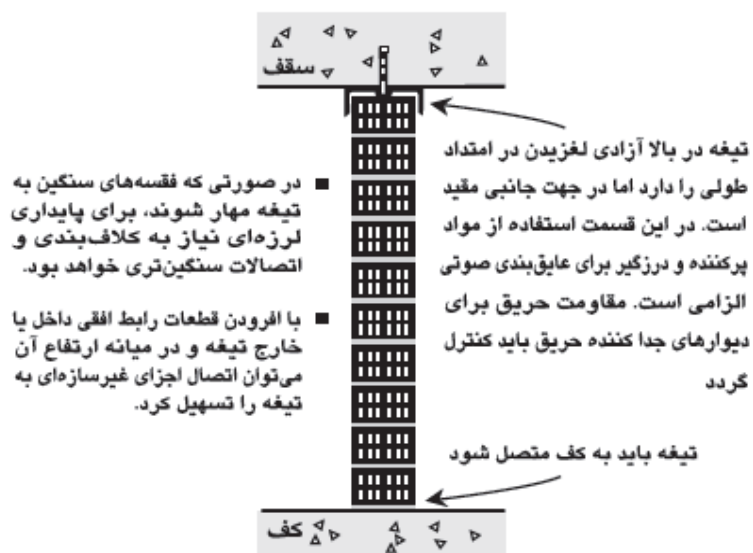
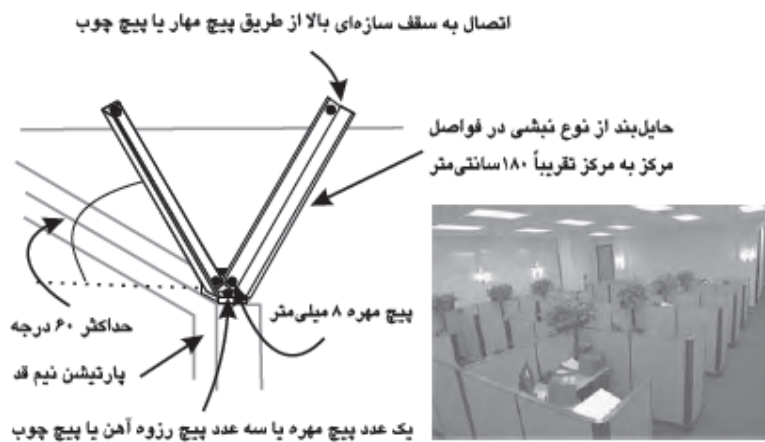
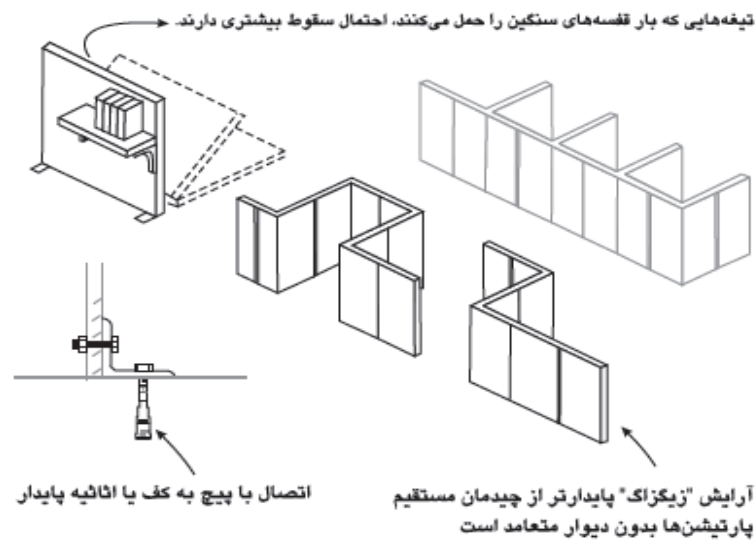




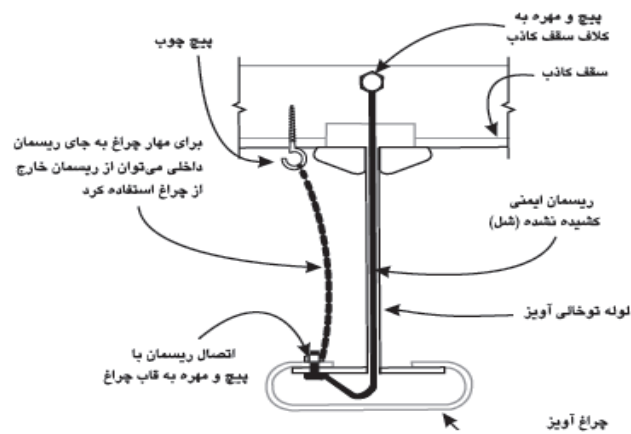
جزئیات مقاوم سازی مربوط به بخاری های سقفی آویز



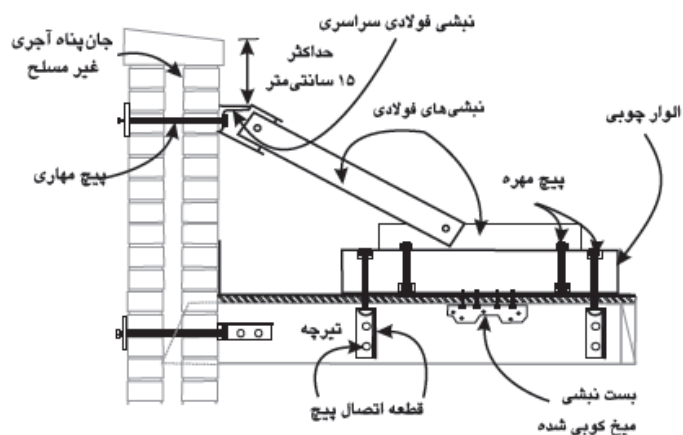
جزئیات مقاوم سازی مربوط به دریچه های پخش هوا



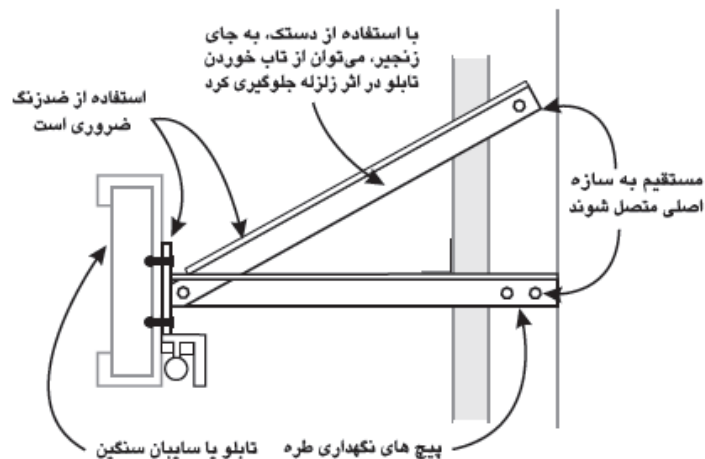
جزئیات مقاوم‌سازی مربوط به تیغه‌های بنایی



جزئیات مقاوم‌سازی مربوط به چراغ‌های ثابت

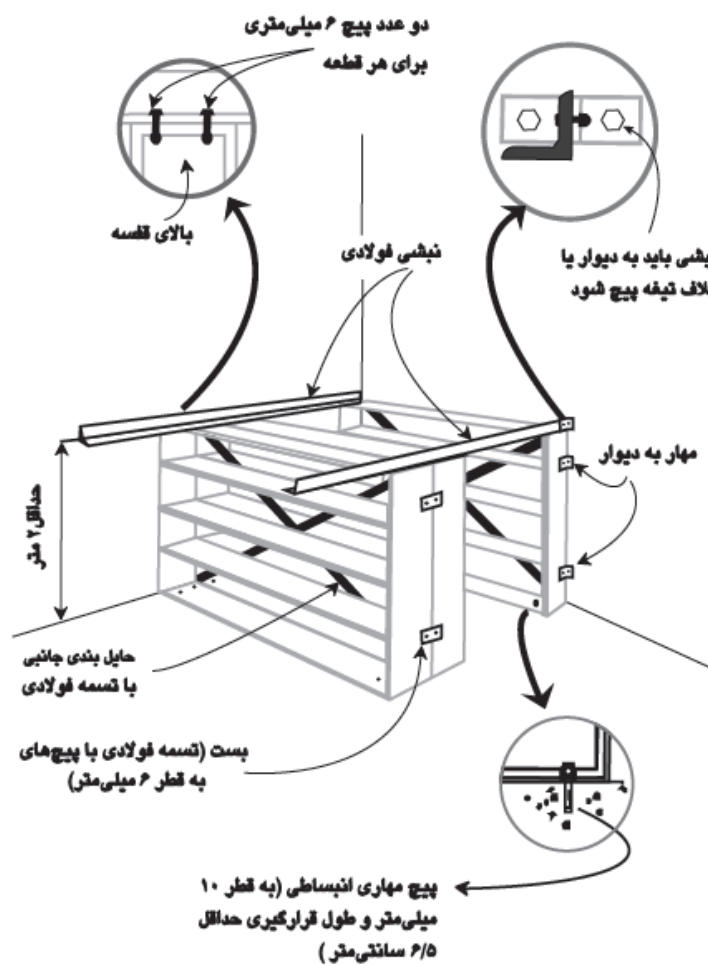
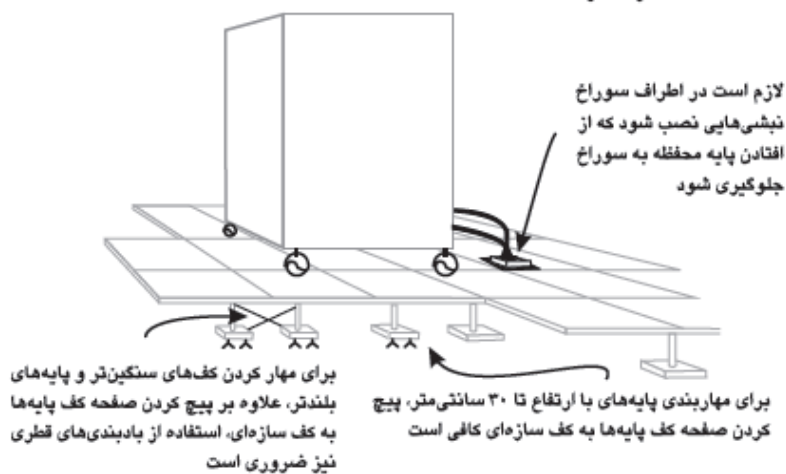


جزئیات مقاوم‌سازی مربوط به جان پناه

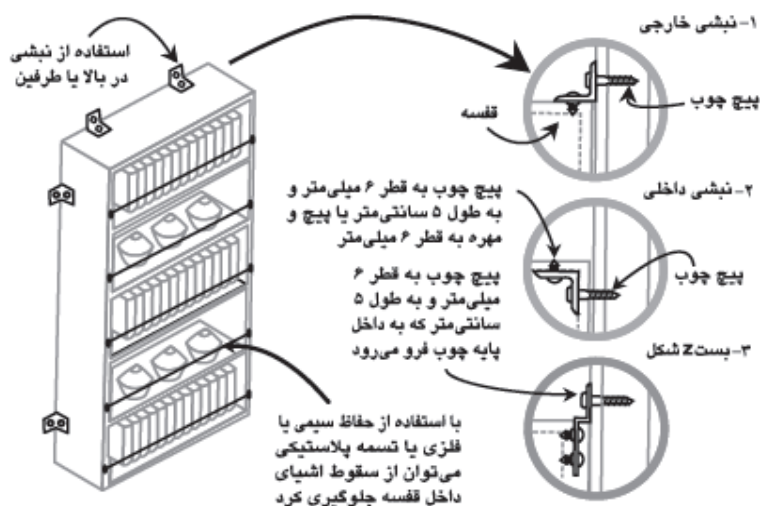


روشهای مختلف مهار کردن محفظه رایانه:

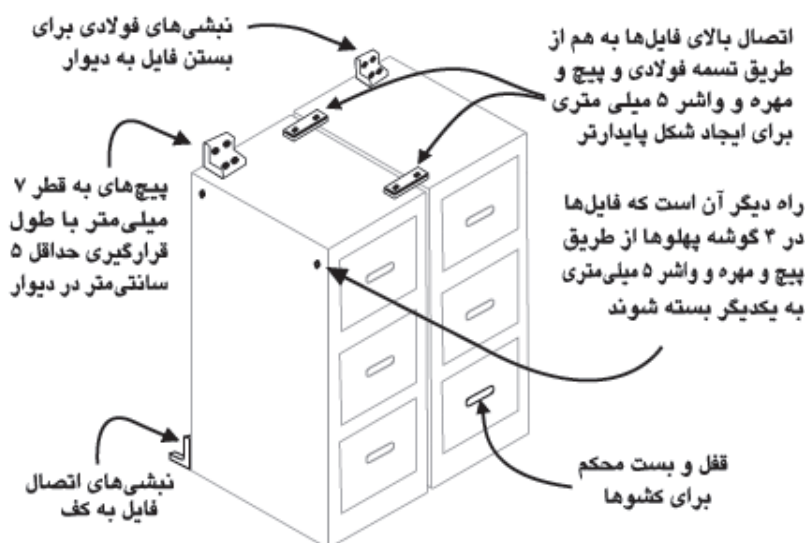
- استفاده از چرخ به منظور جدا سازی رایانه از حرکات کف
- استفاده از میله رابط پیش تنیده بین کف محفظه و کف اصلی ساختمان
- استفاده از افسار



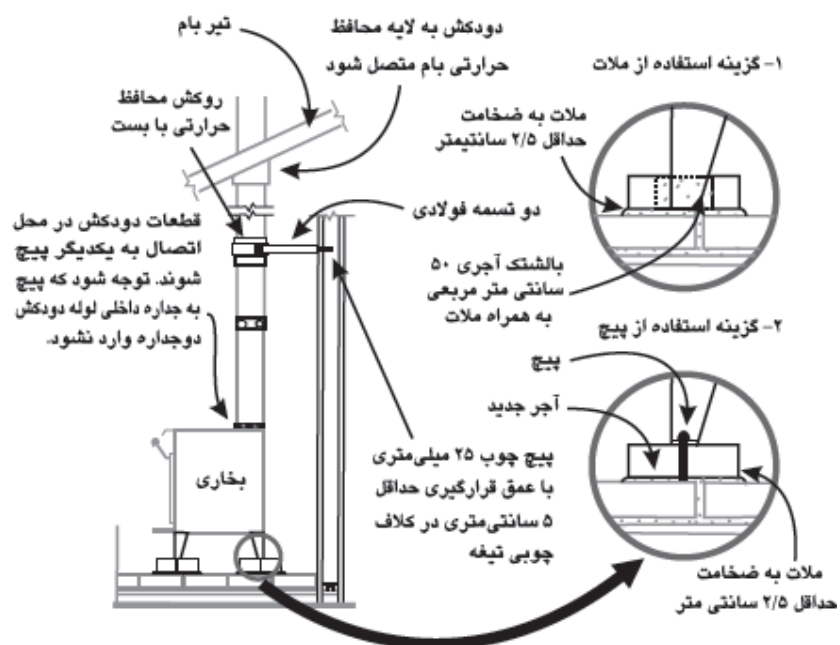
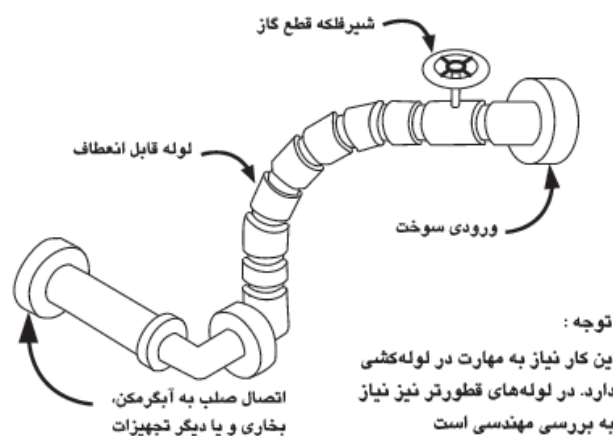
جزئیات مقاوم سازی مربوط به قفسه های متکی به دیوار



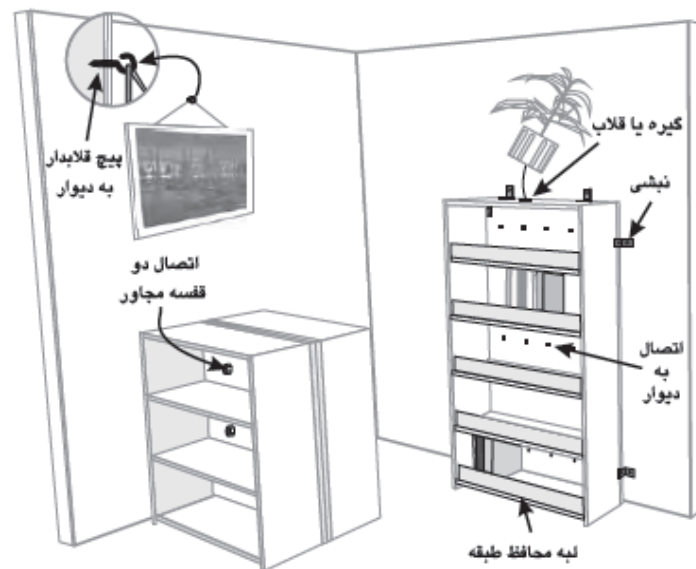
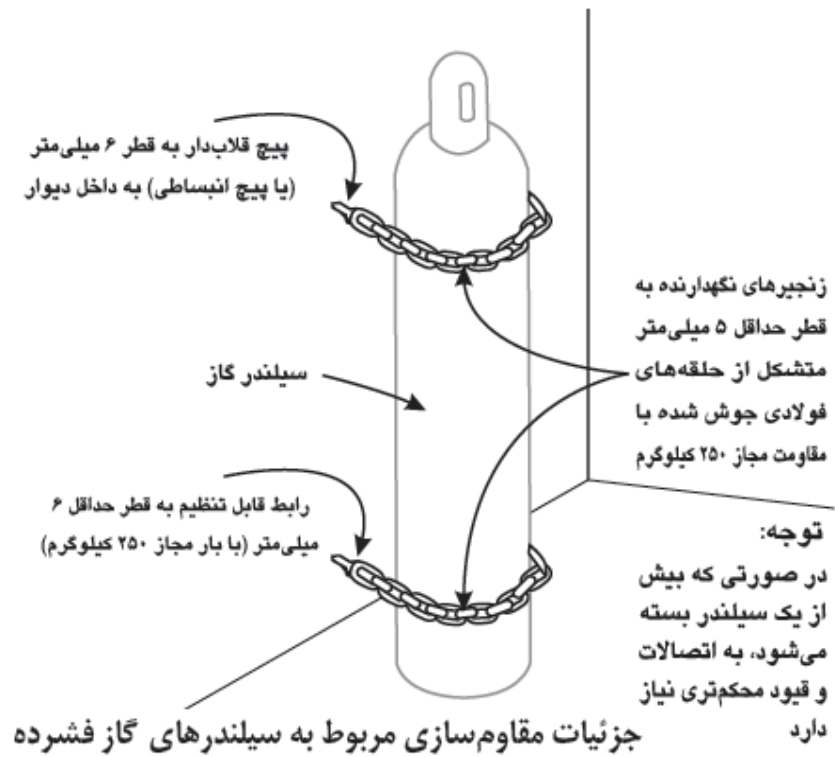
جزئیات مقاوم سازی مربوط به فایل های بایگانی

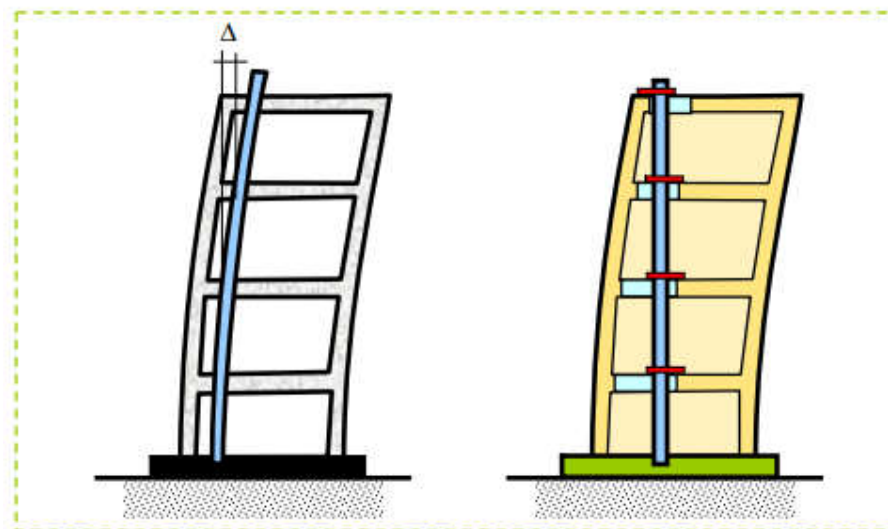
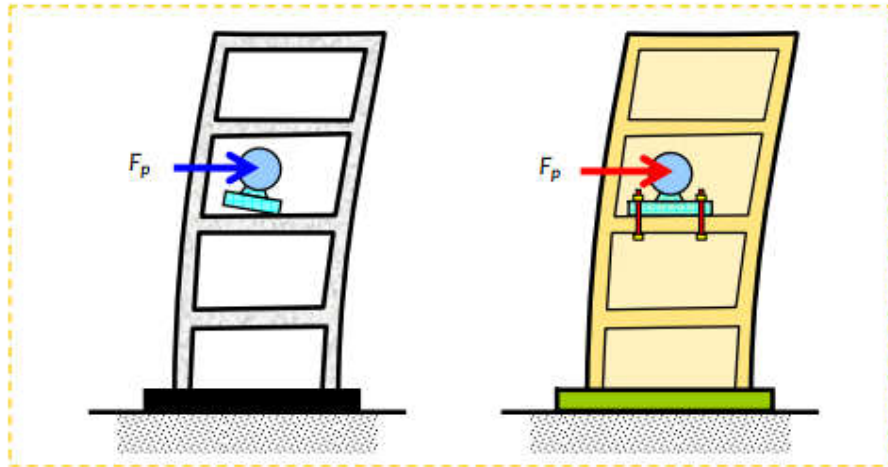


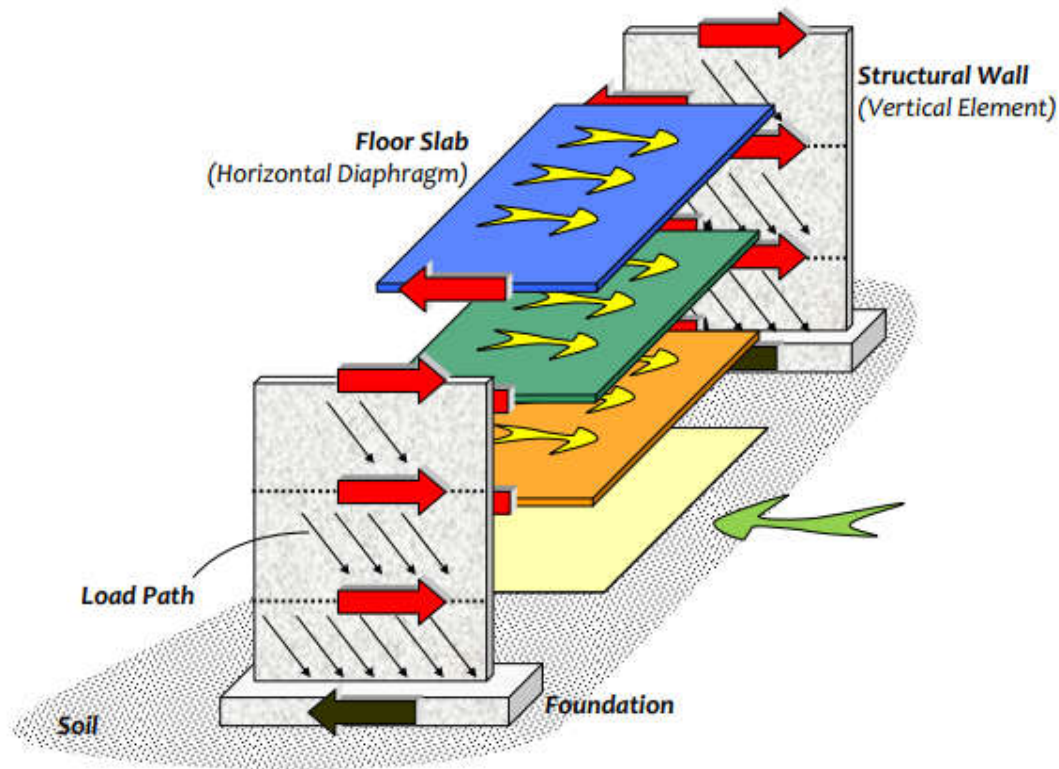
جزئیات مقاوم سازی مربوط به اتصالات لوله های سوخت رسانی



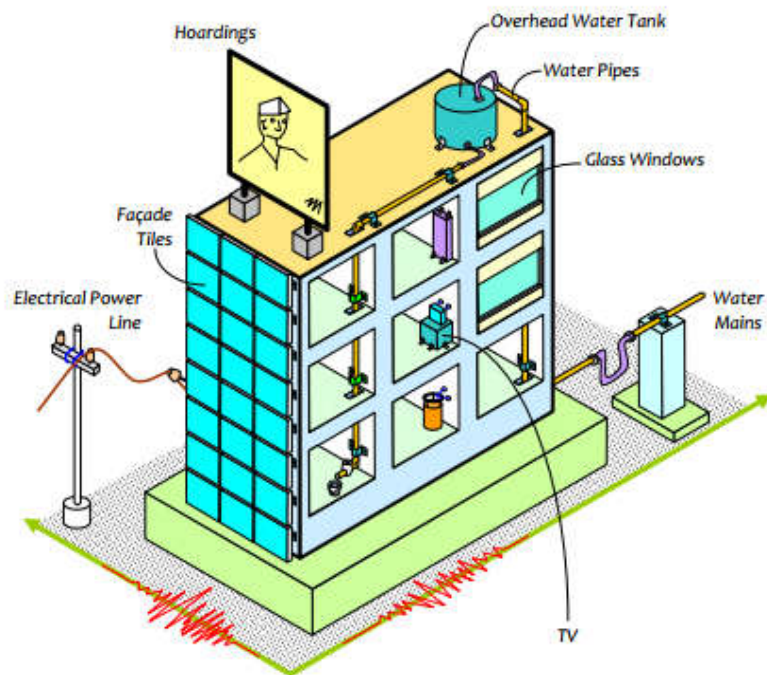
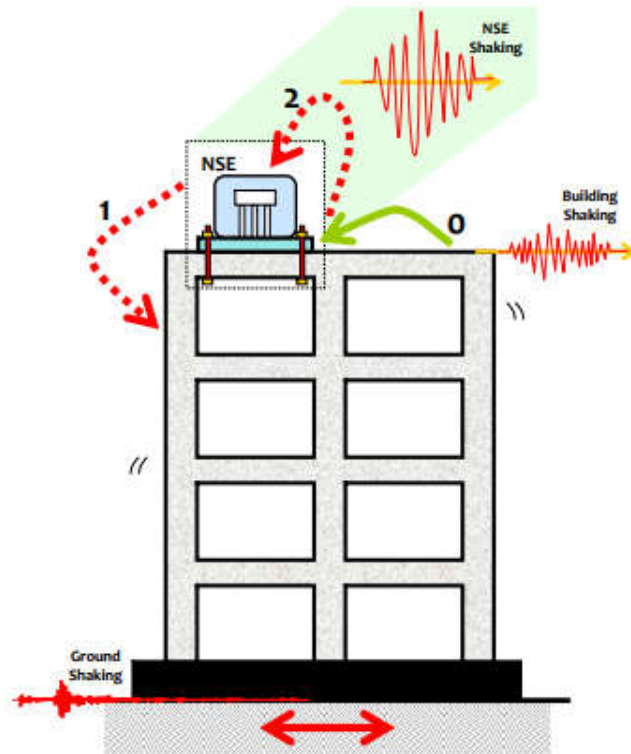
جزئیات مقاوم سازی مربوط به شومینه ها و بخاری ها

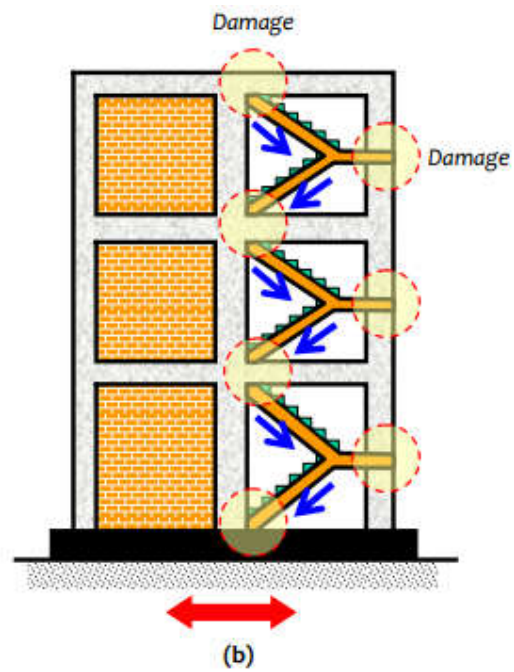
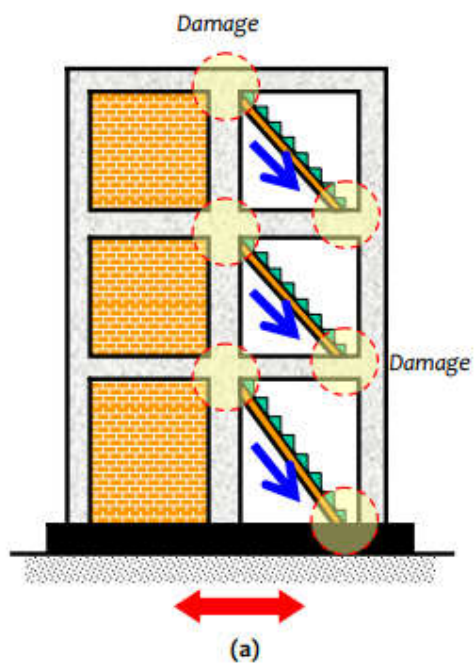
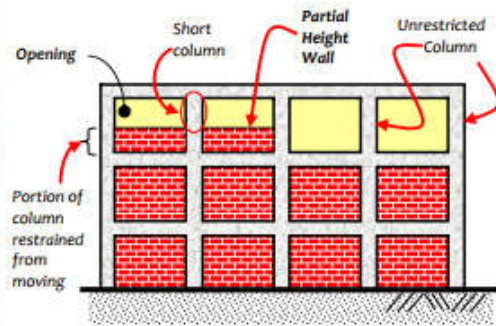
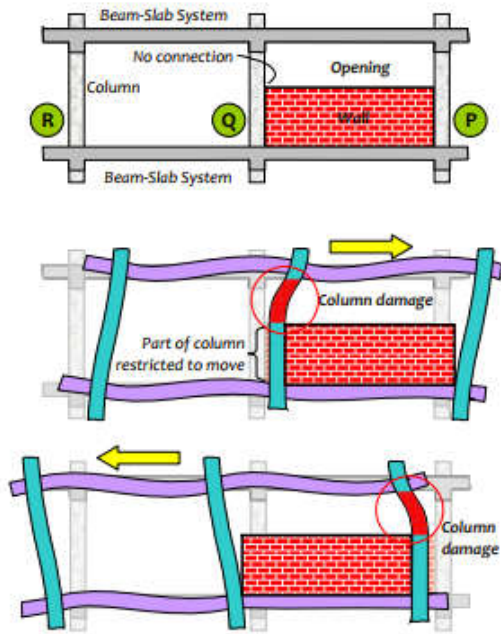


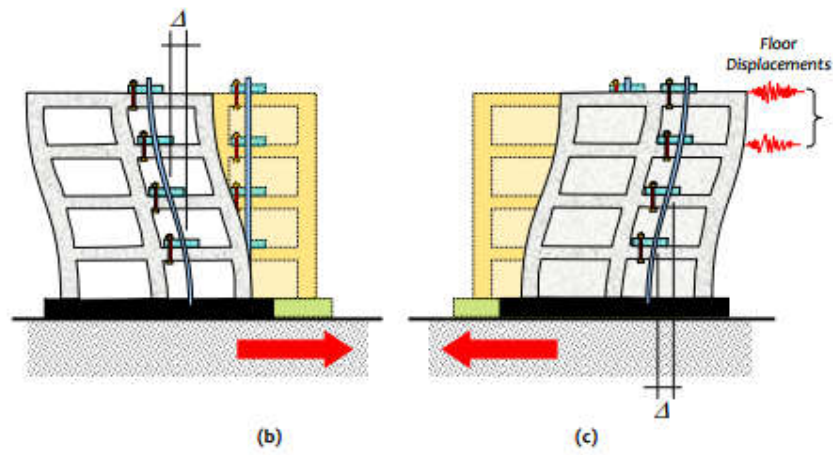
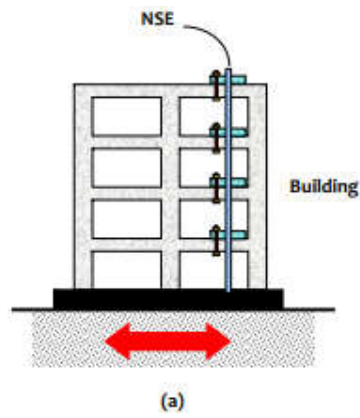
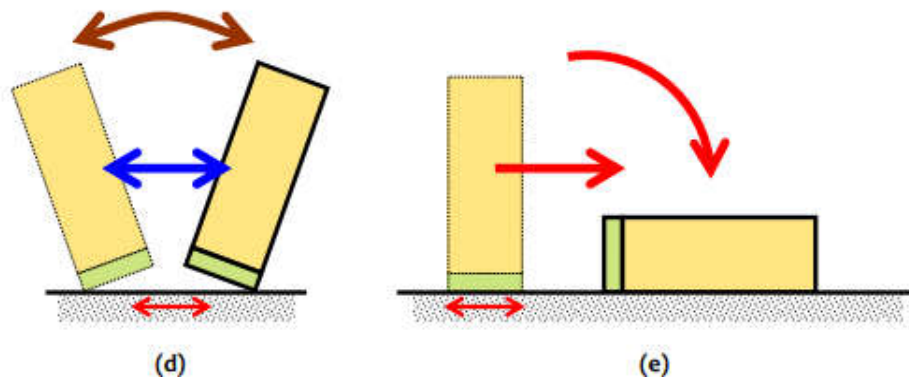
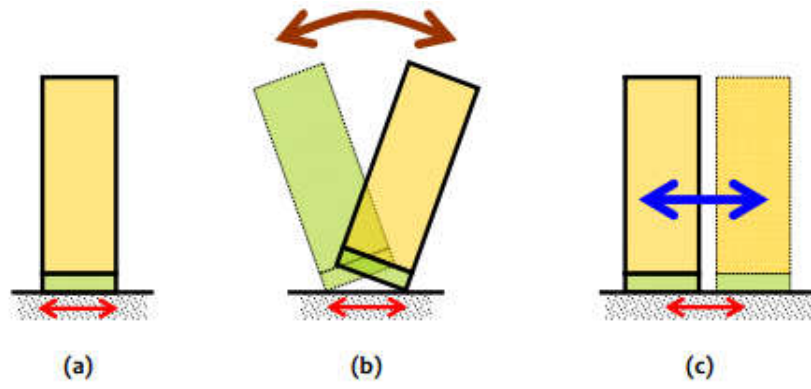


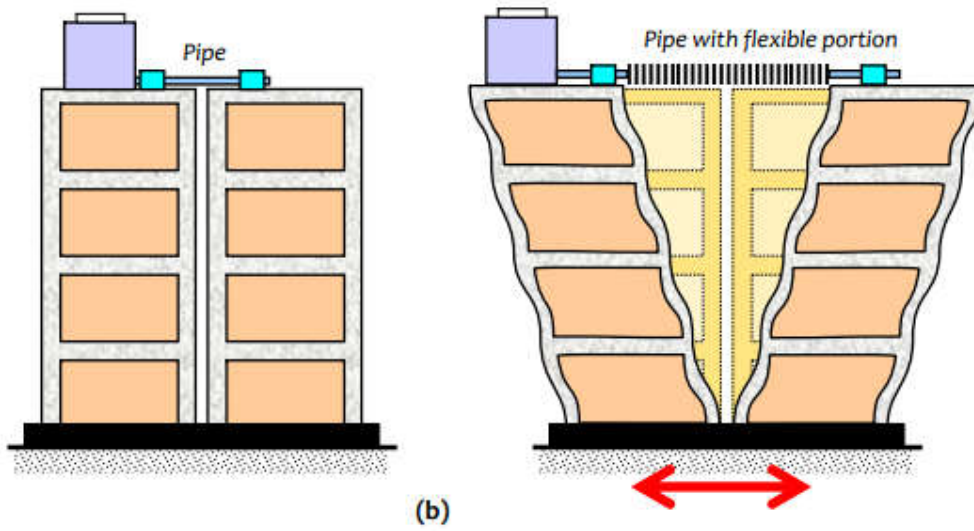
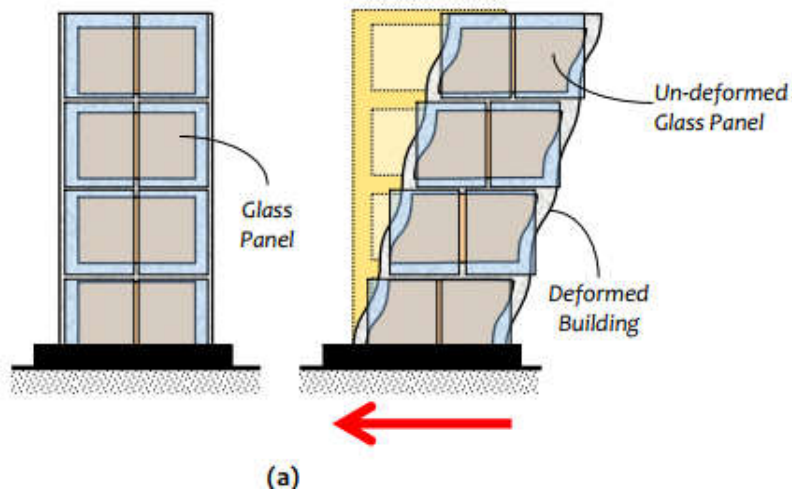
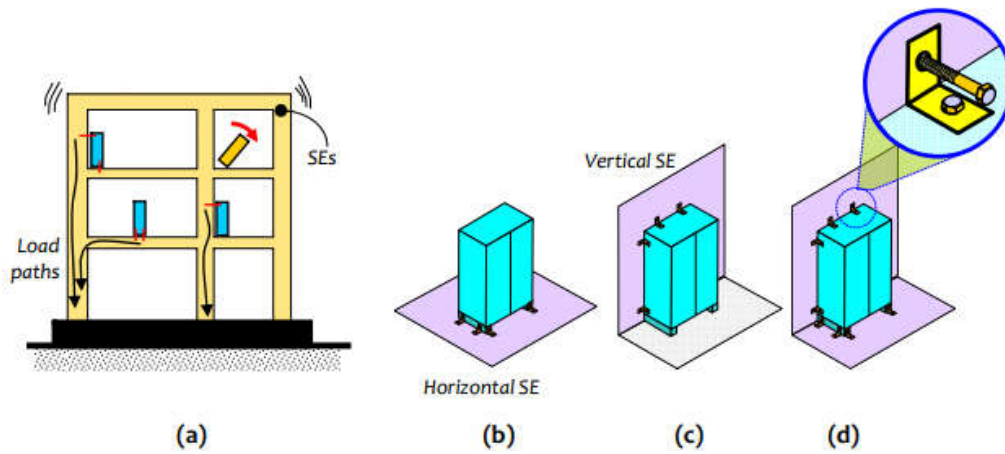


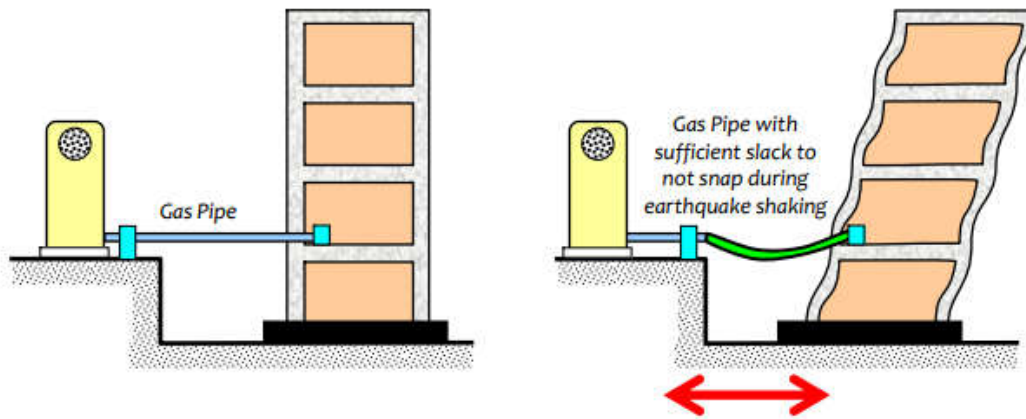
Item	SEs	NSEs
Shaking at the base	(1) Random, high frequency (2) Non-uniform in long buildings	(1) Predominantly cyclic, low frequency (2) Non-uniform in NSEs with multiple-supports
Damping	(1) High, increases with damage (2) Classical damping gives good approximation	(1) Low (2) Non-classical
Response to shaking at the base	(1) Depends on characteristics of earthquake ground motion (2) Low response amplification	Depends on characteristics of both earthquake ground motion and building High response amplification
Interaction between SEs and NSEs	(1) Seismic responses of SEs affect that of NSEs	Seismic response of NSEs may affect that of SEs and building, depending on mass of NSE and on stiffness and strength of connection between NSEs and SEs. In such cases, responses of NSEs and building should be estimated considering combined building-NSE system
Seismic Demand	Depends on (1) Seismic zone (in which building is located), and (2) Building characteristics (e.g., mass, structural system, ductility)	Depends on location of NSEs within the building, in addition to seismic zone (in which building is located), and building characteristics (e.g., mass, structural system, ductility), and NSE characteristics and connection of NSE to SEs in the building



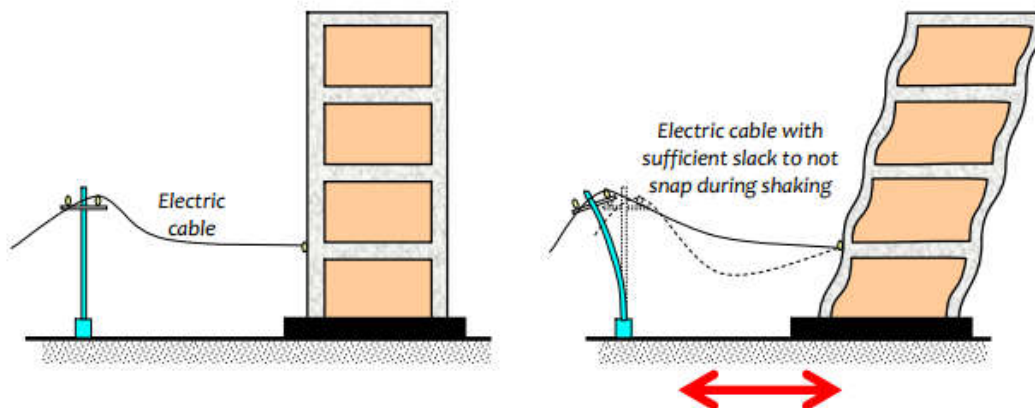
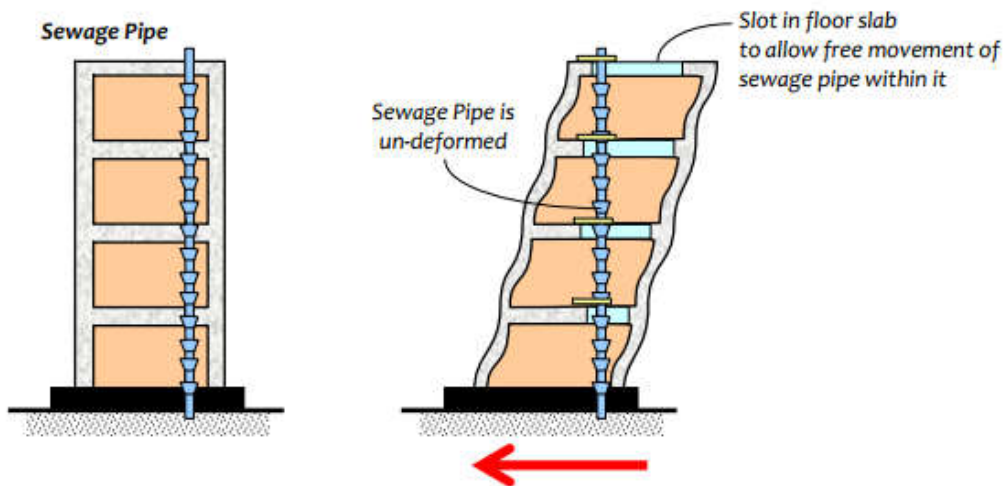


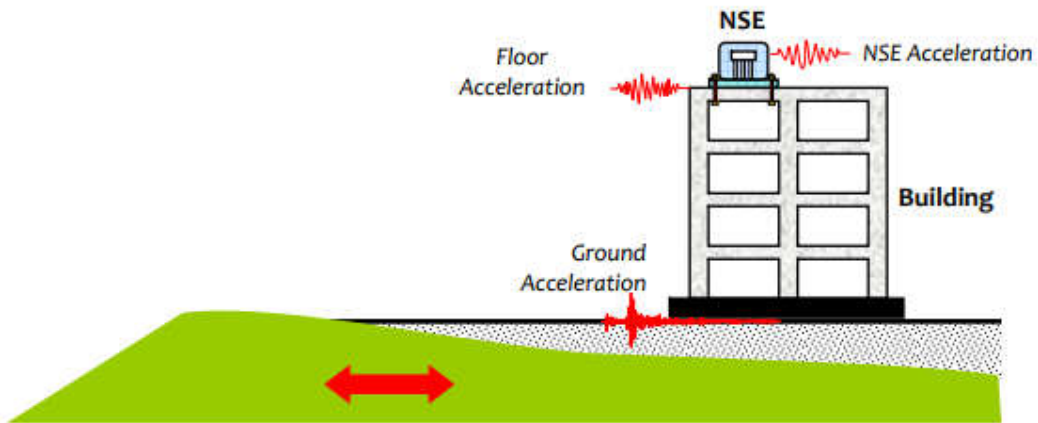
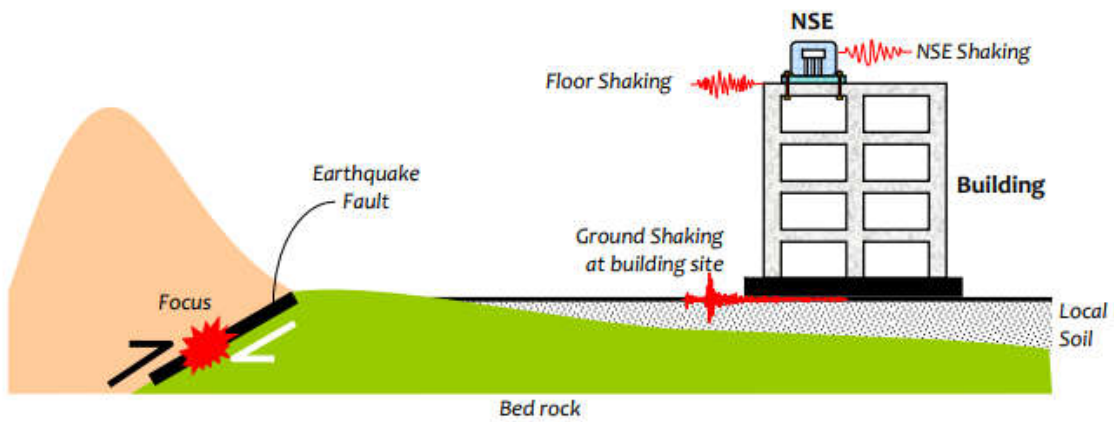
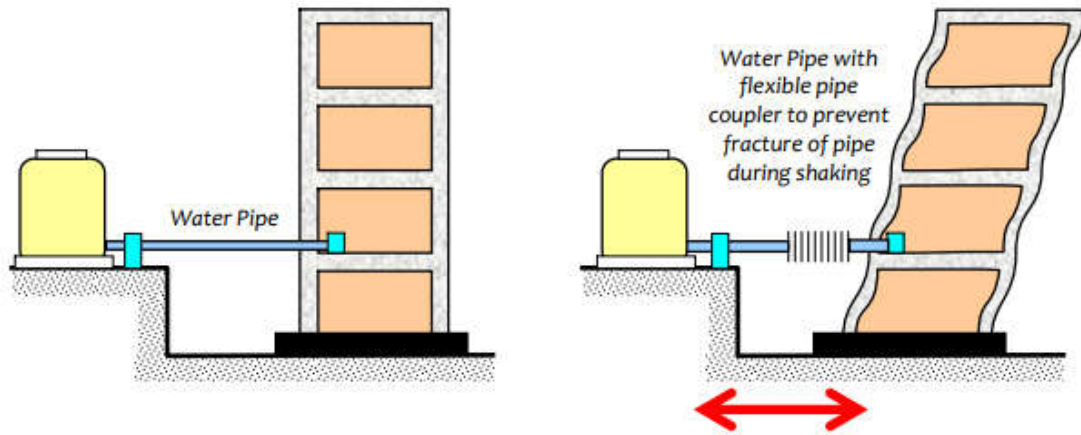




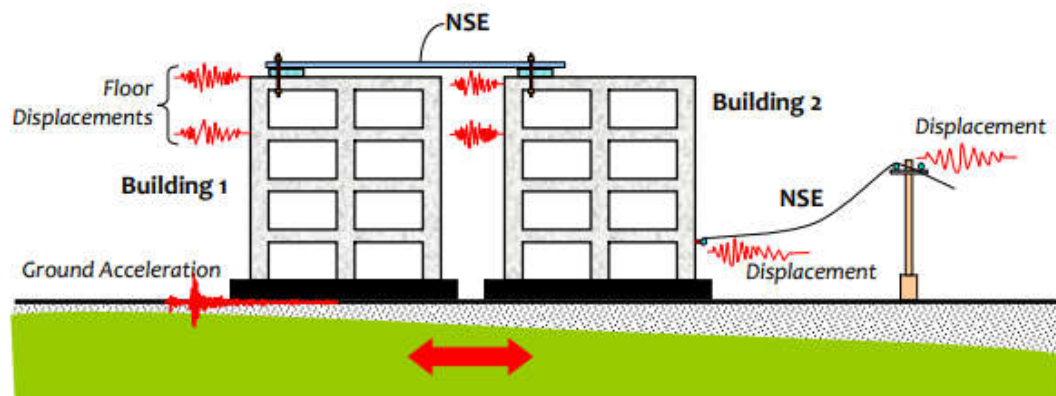
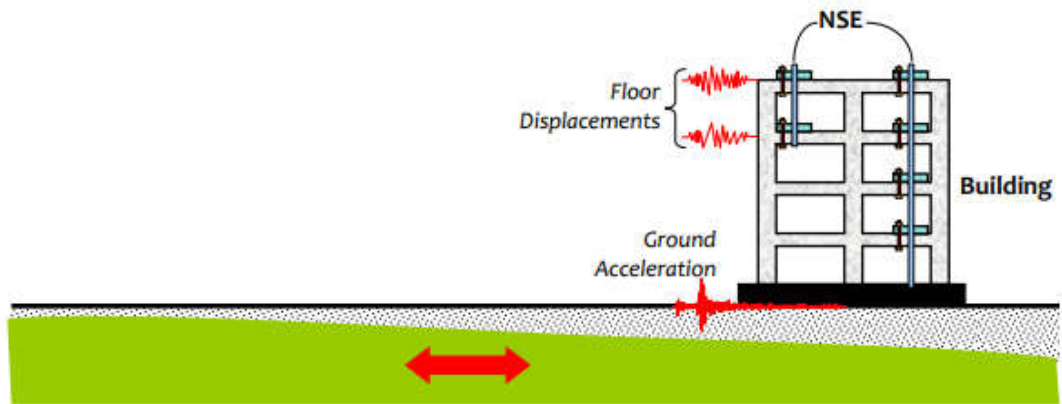


(c)

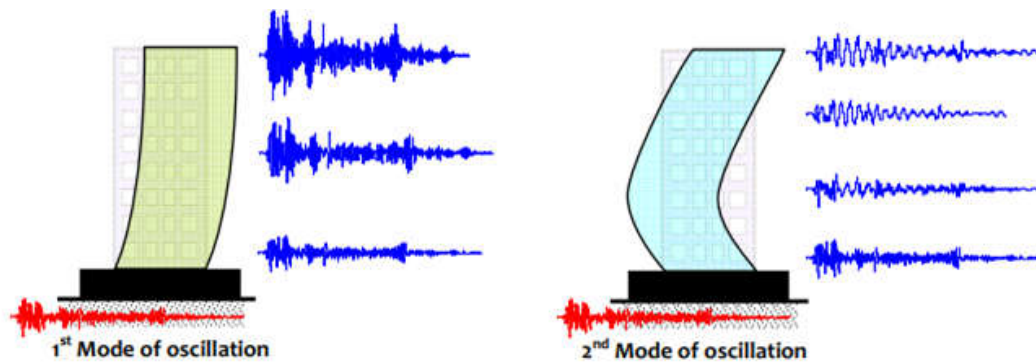


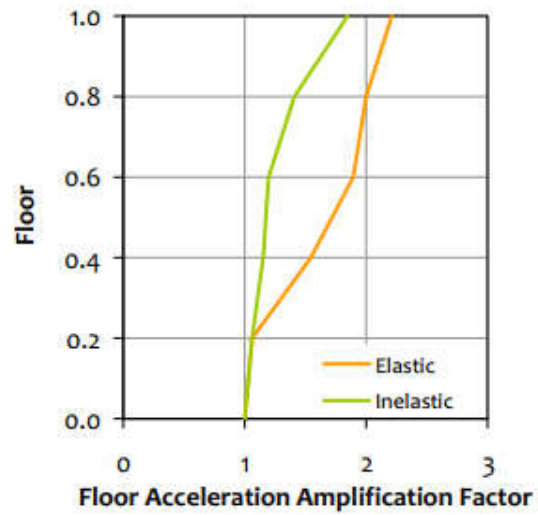
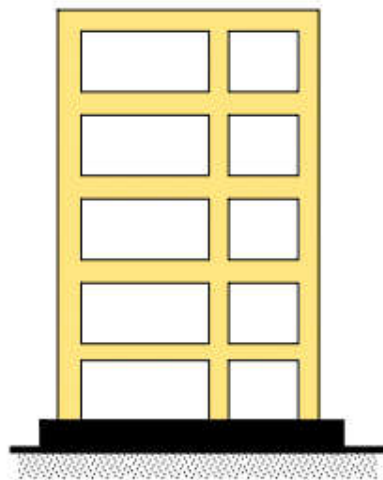
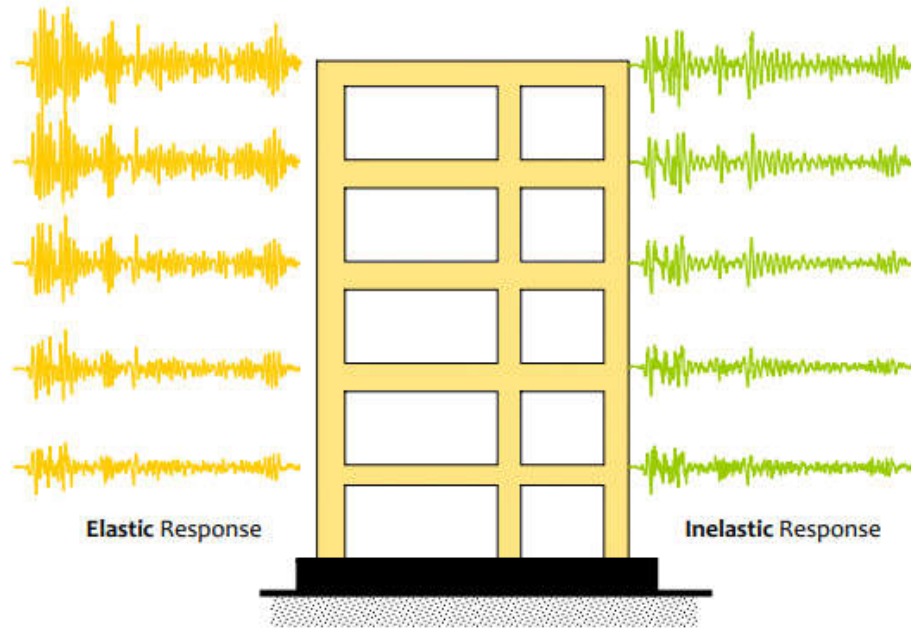


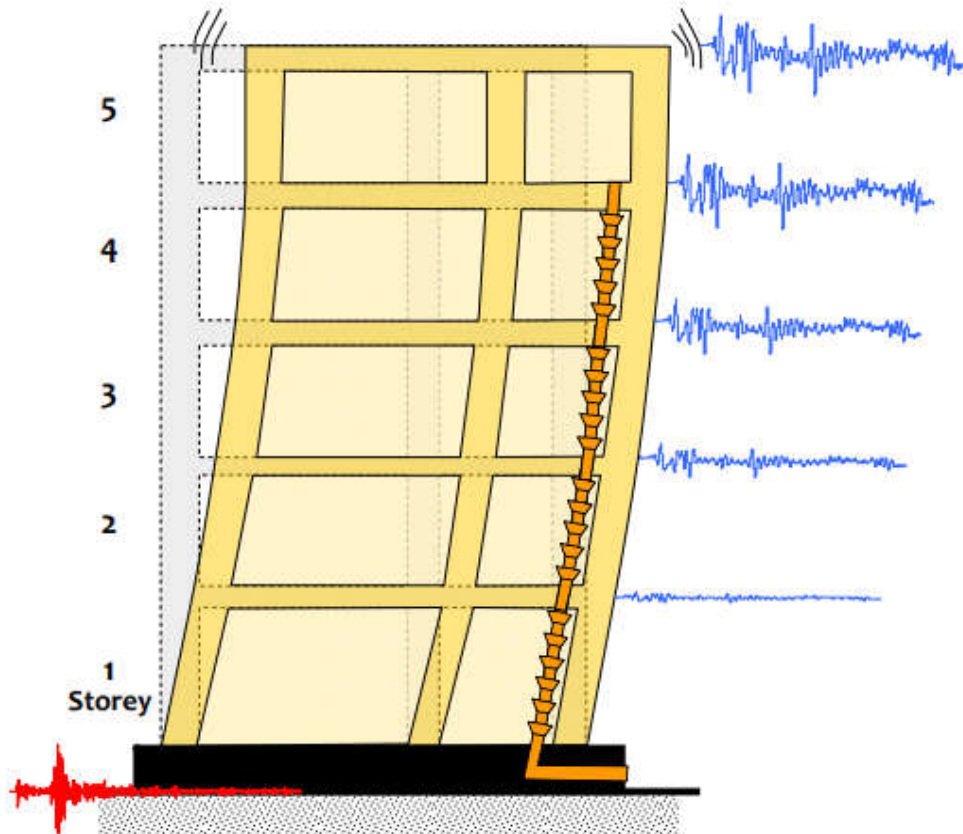
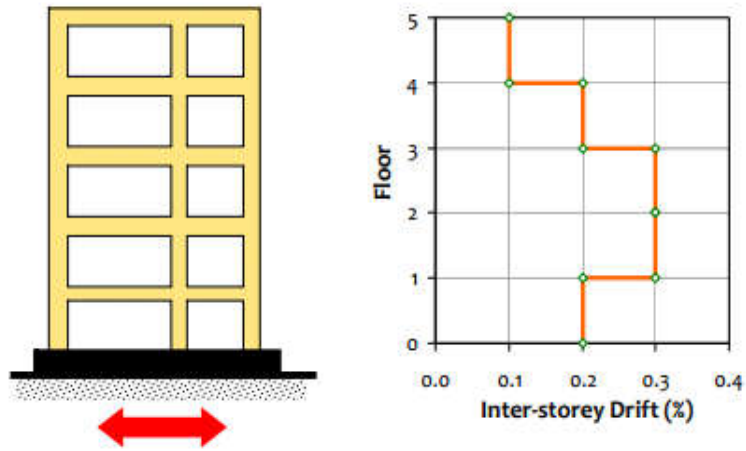
(a)

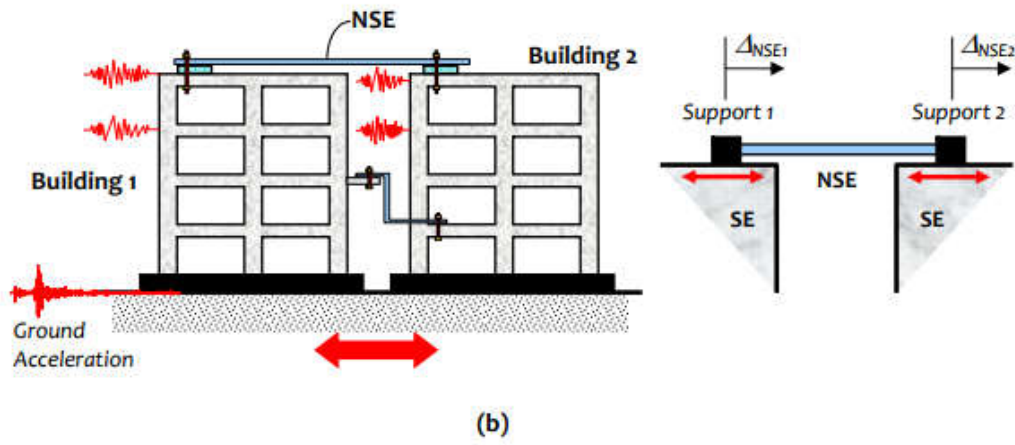
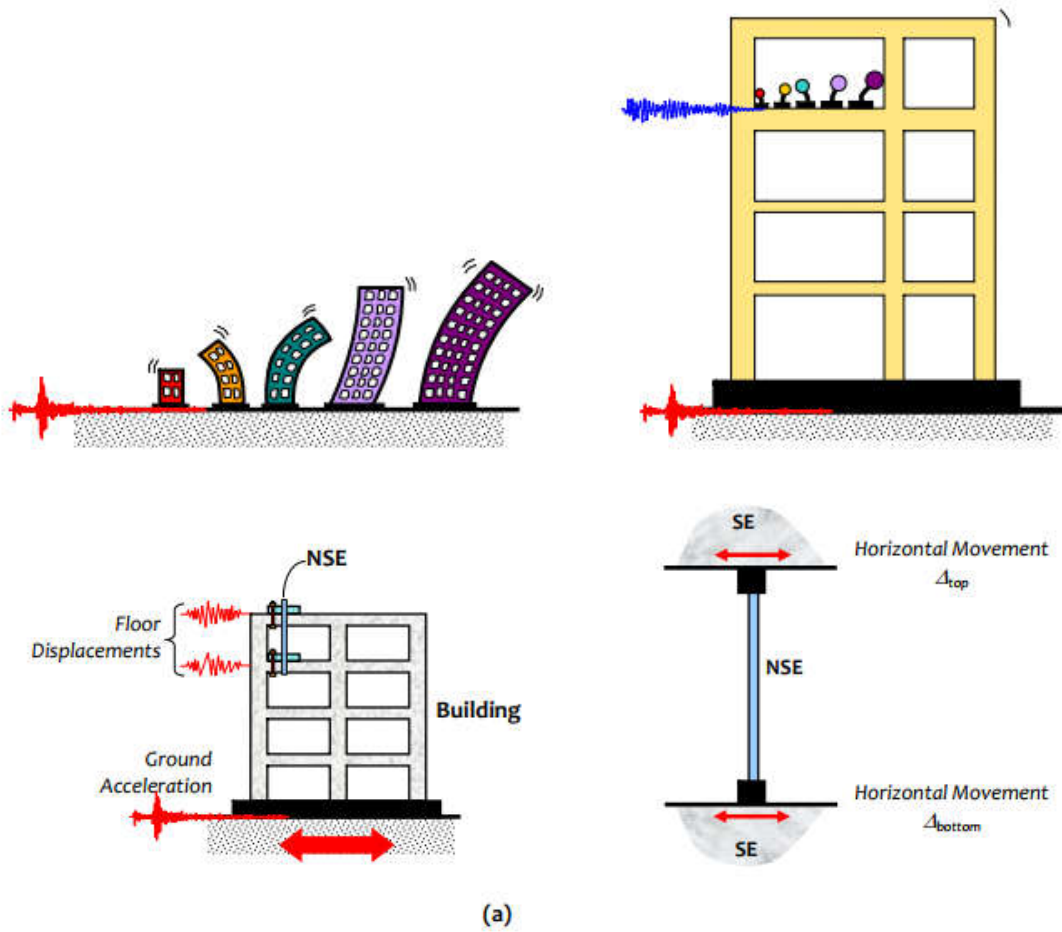


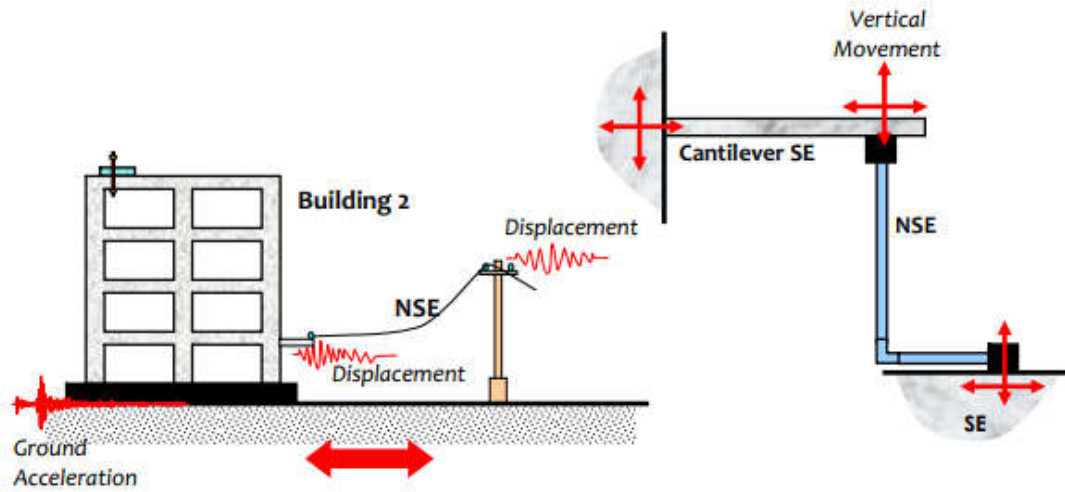
(b)



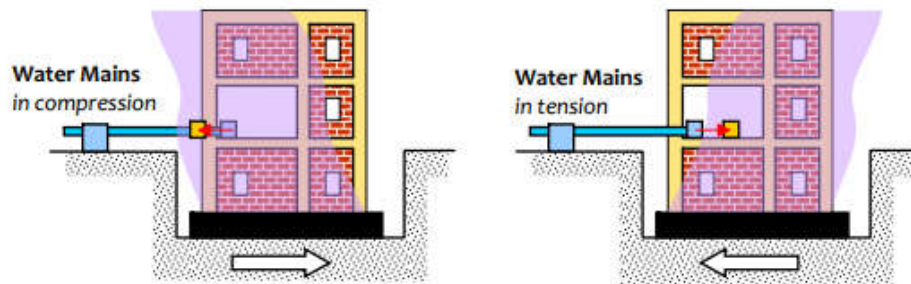




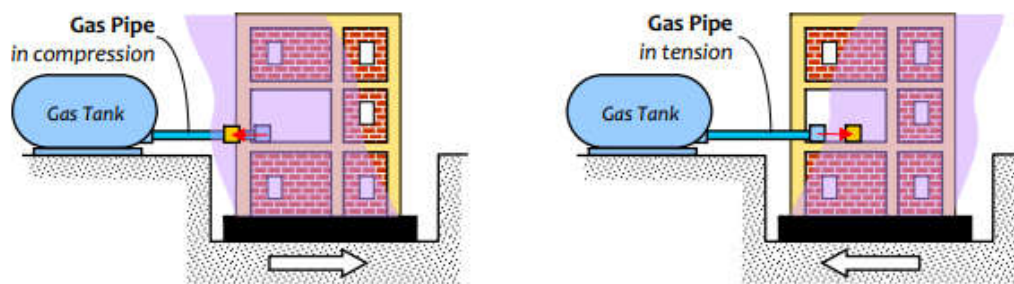




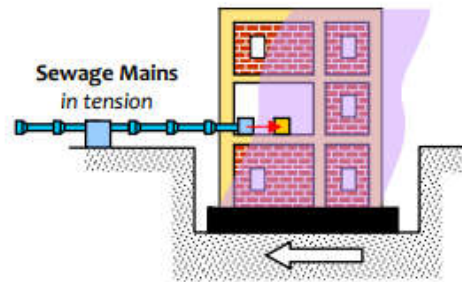
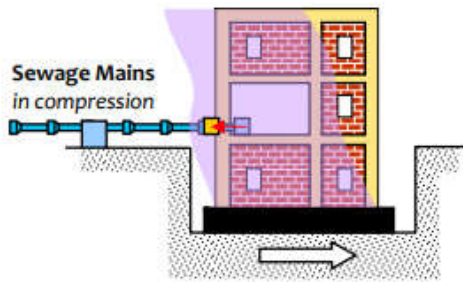
(c)



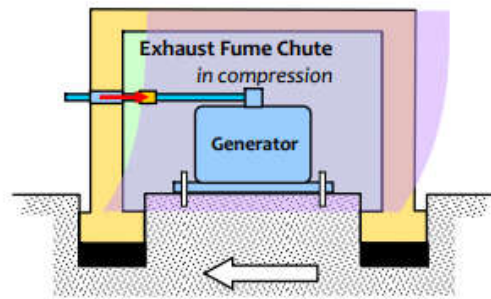
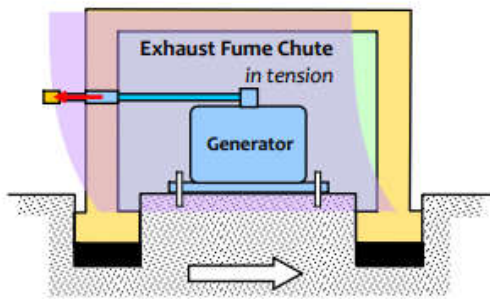
(a)



(b)

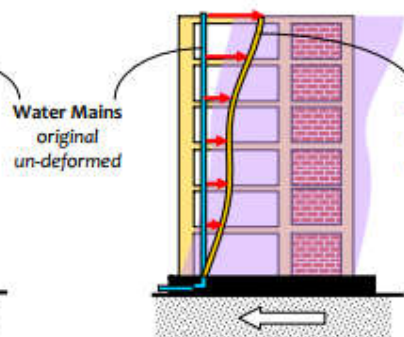
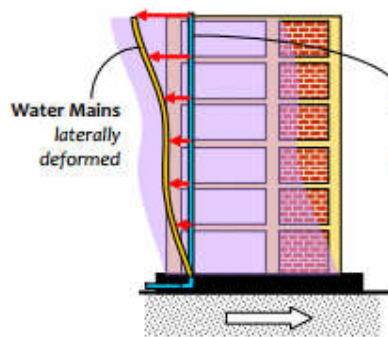


(c)

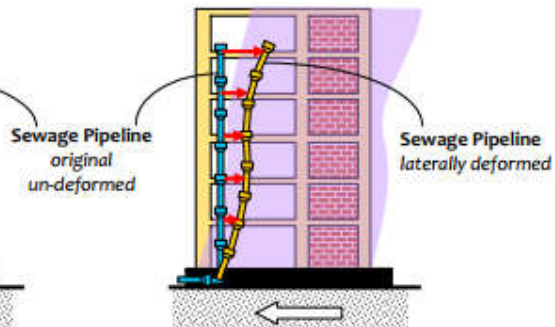
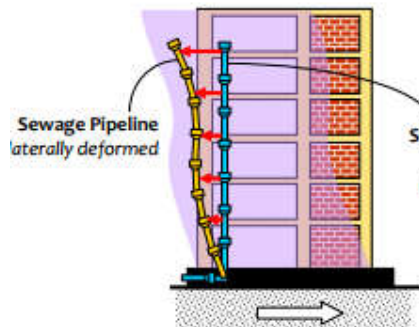


(a)

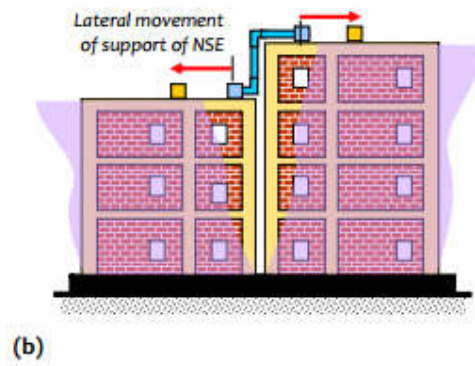
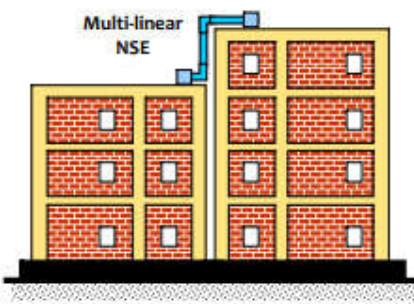
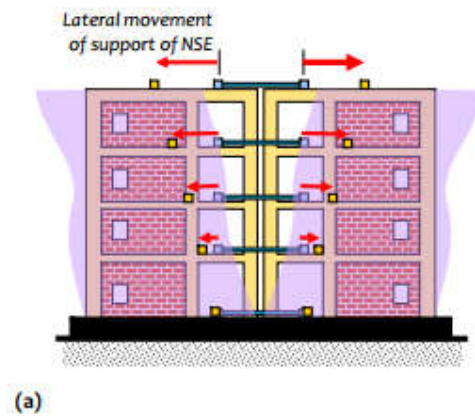
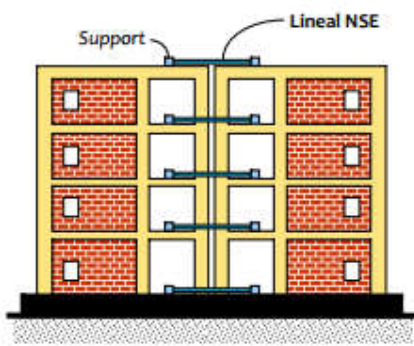
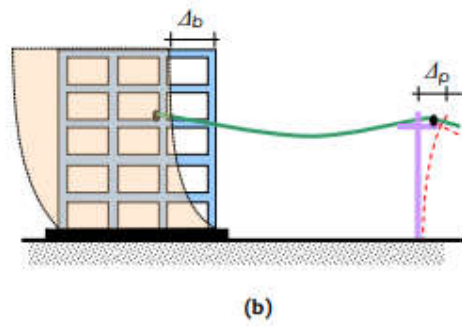
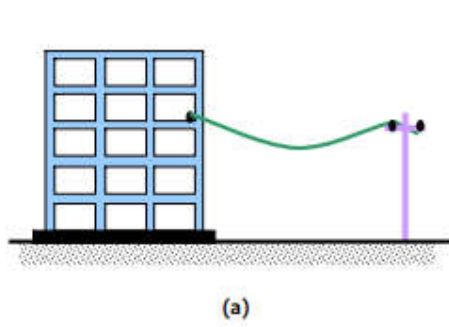
(b)

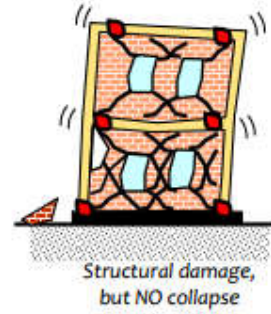
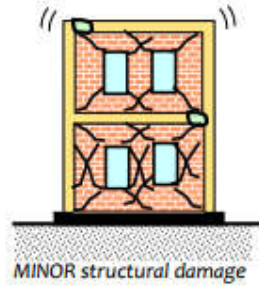


(a)

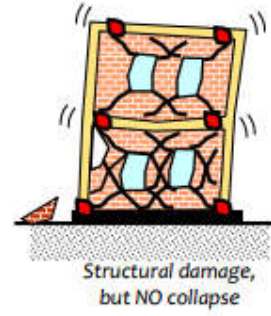
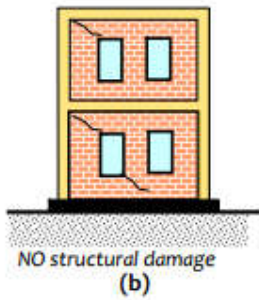
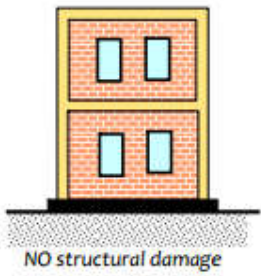


(b)



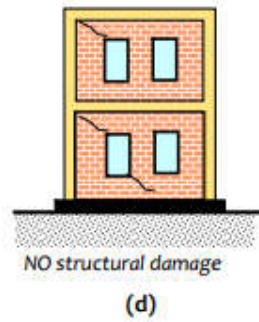
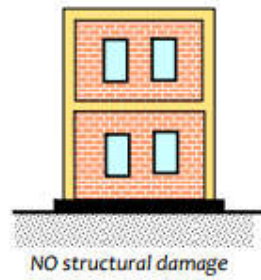


(a)



(b)

(c)



(d)



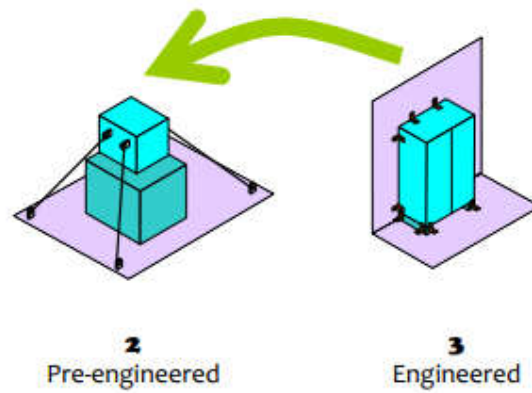
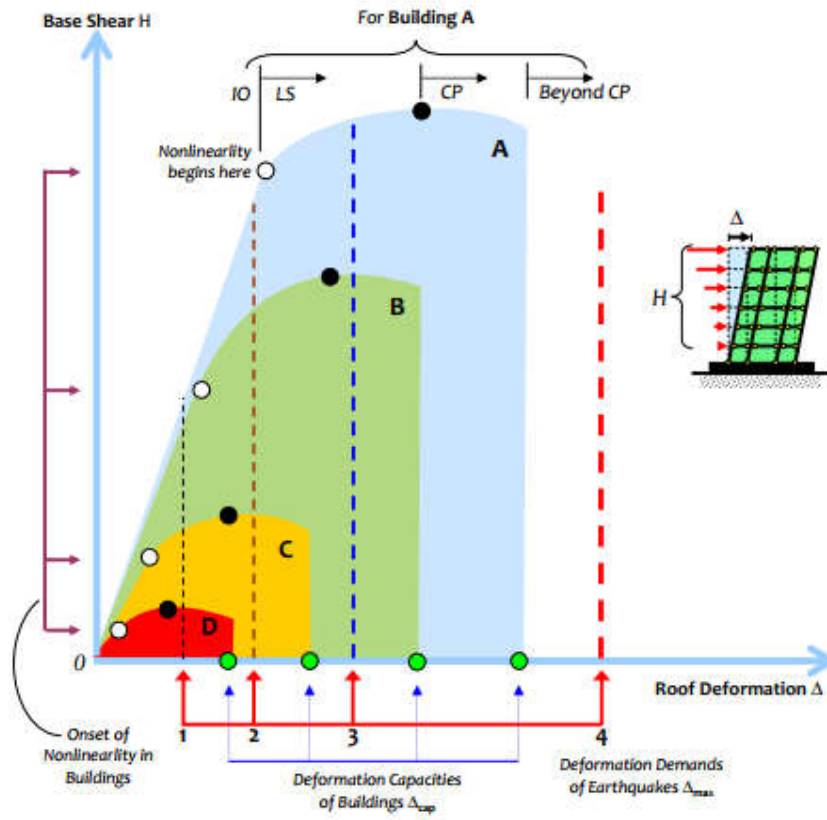
Minor Shaking

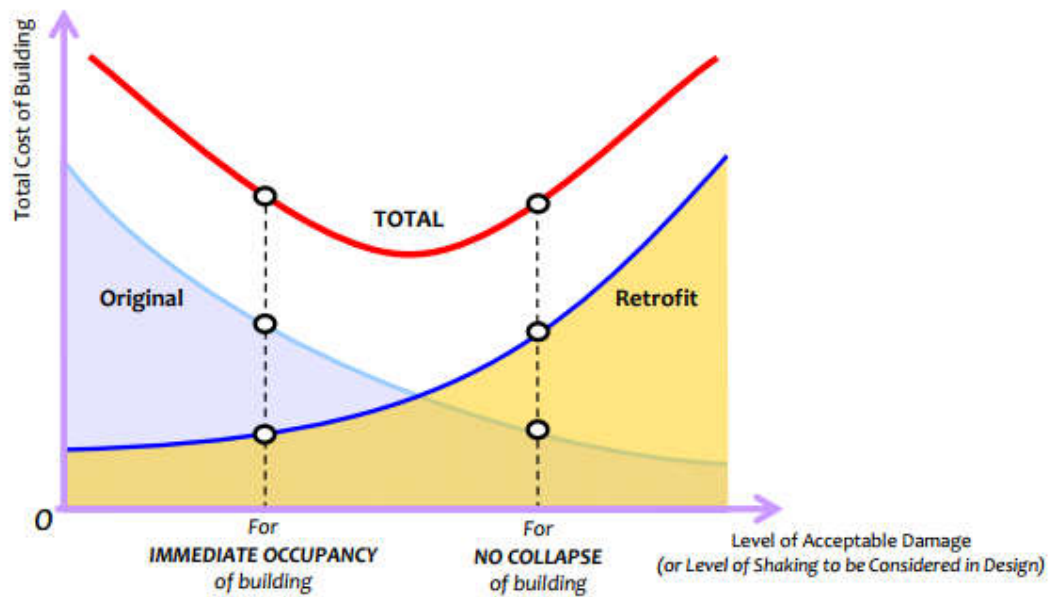
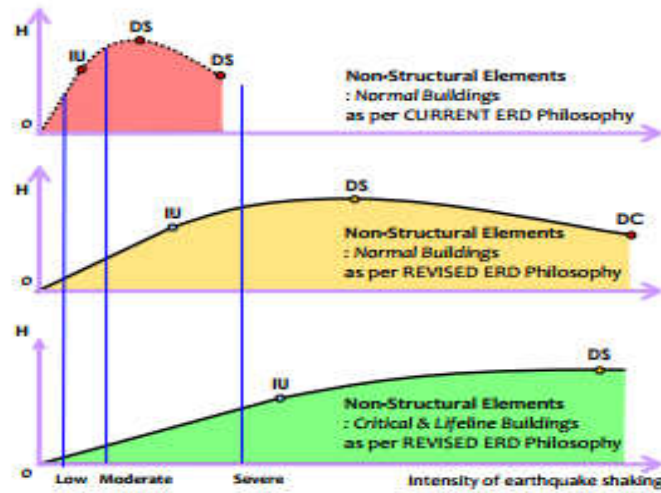
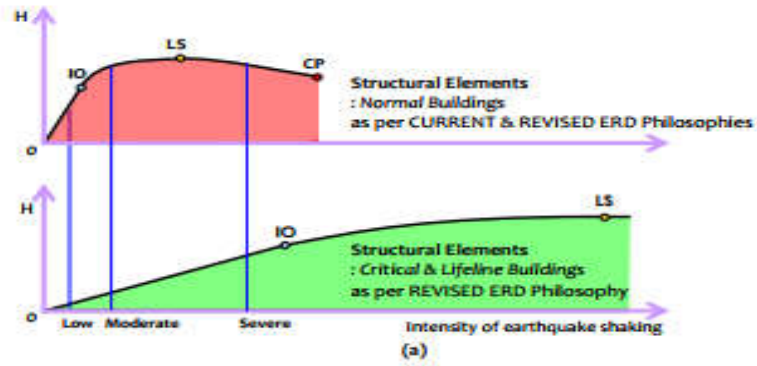


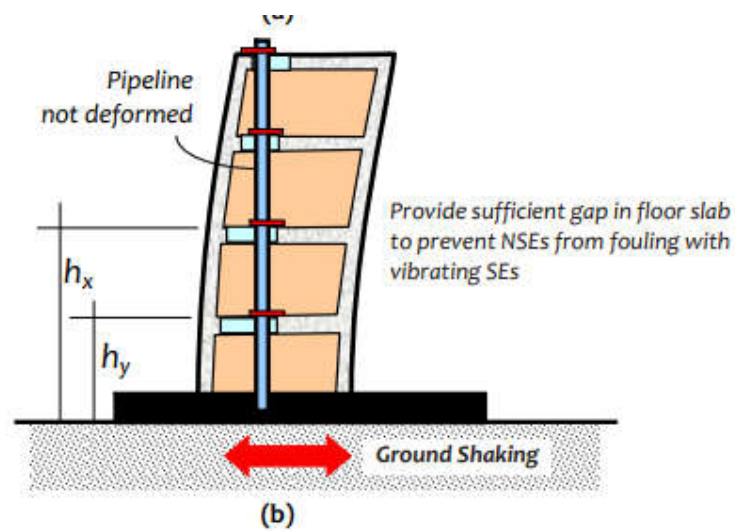
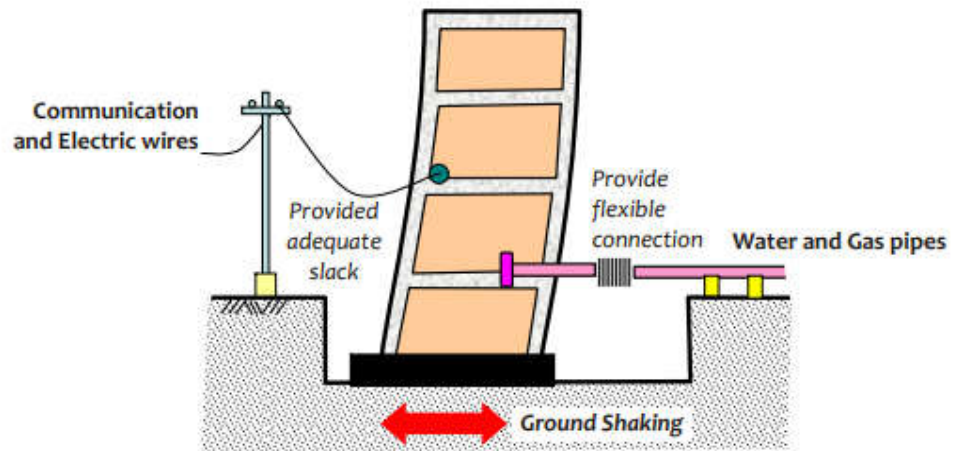
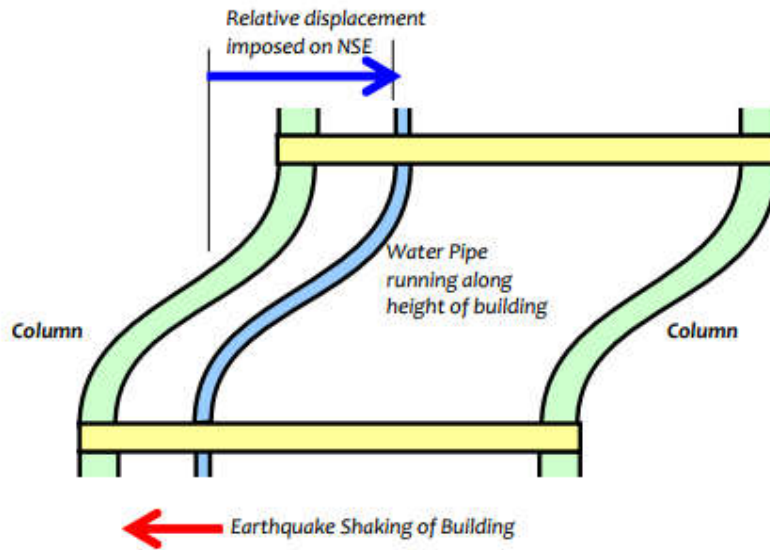
Moderate Shaking

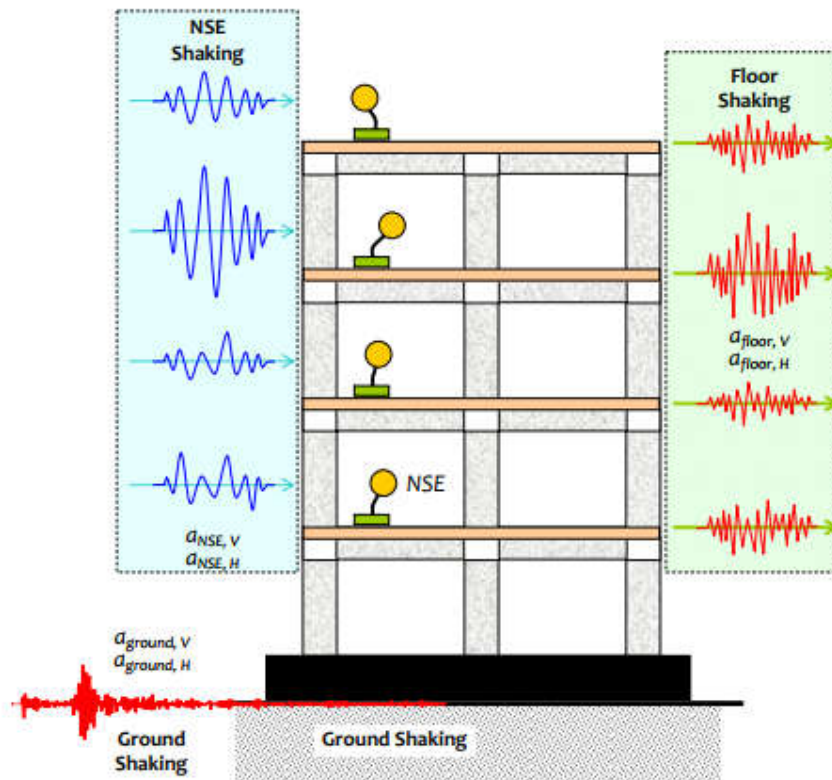
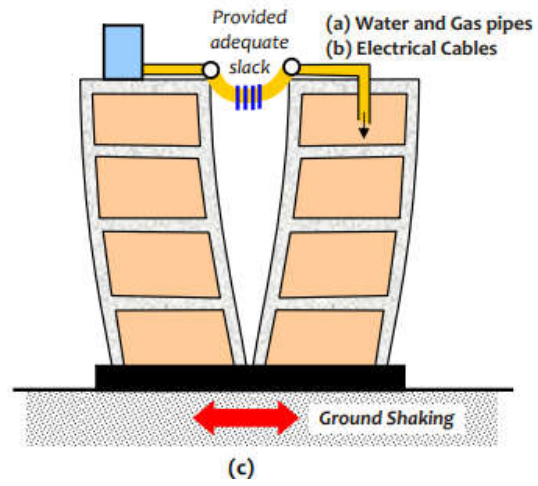


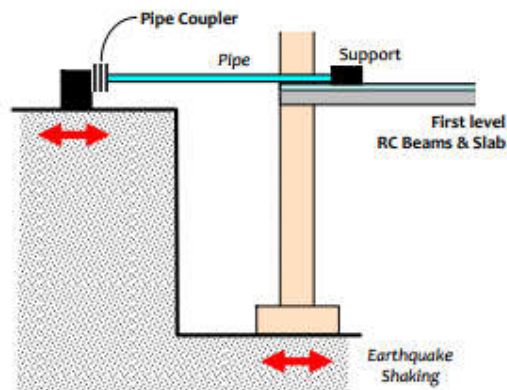
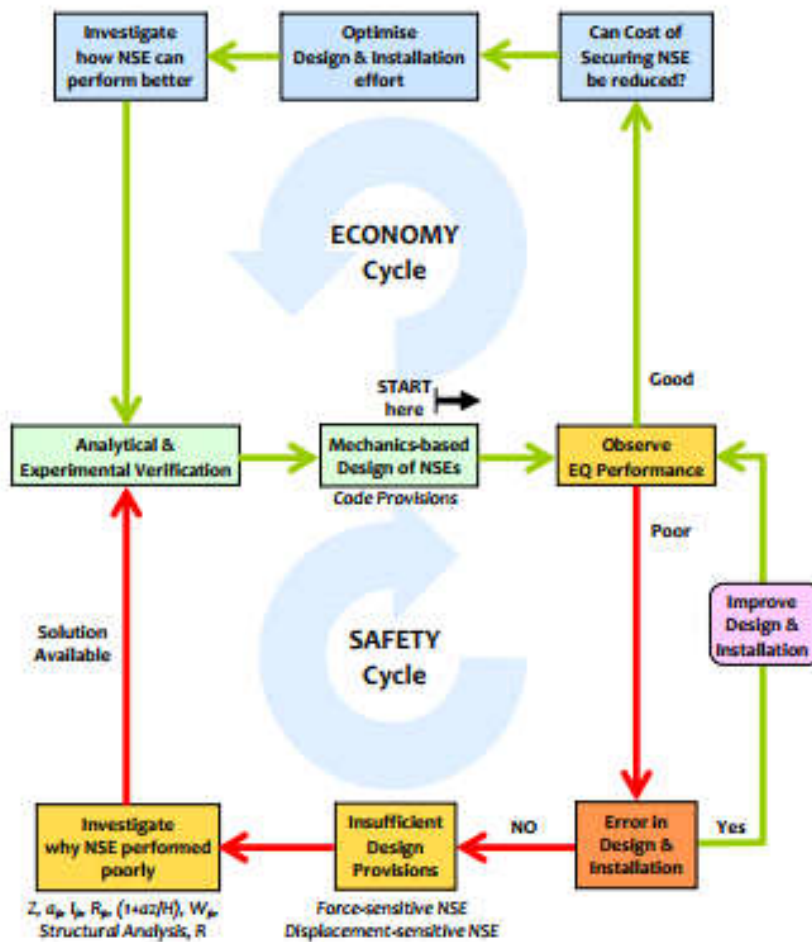
Severe Shaking











NSEs

Force-sensitive NSEs

Floor Acceleration Response Spectrum

Unanchored

Sliding, Rocking; Combined Sliding-&-Rocking; Toppling



Anchored

No damage to NSE & anchors; Damage to anchors; Damage to NSE



Partially Anchored

No damage to NSE & anchors; Damage to anchors; Damage to NSE



Displacement-sensitive NSEs

Maximum Relative Displacement between multiple supports of NSE

Relative Displacement Not Accommodated

Pulling; Pushing; Shearing, Bending, Twisting



Relative Displacement Accommodated

Displacement accommodated in connector; in NSE



Relative Displacement Partially Accommodated

Pulling; Pushing; Shearing, Bending, Twisting



Force-cum-Displacement-sensitive NSEs

Floor Acceleration Response Spectrum

Maximum Relative Displacement between ends of NSE

