

مقاوم سازی لرزه ای اجزای غیرسازه ای بیمارستان ها

دکتر امیرحسین خلوتی

عضو هیات علمی دانشگاه

عضو کارگروه تدوین ویرایش پنجم استاندارد ۲۸۰۰

۱۷ بهمن ماه ۱۴۰۱

سالن جلسات سازمان مجری ساختمان ها و تاسیسات عمومی و دولتی

UN HABITAT
FOR A BETTER URBAN FUTURE



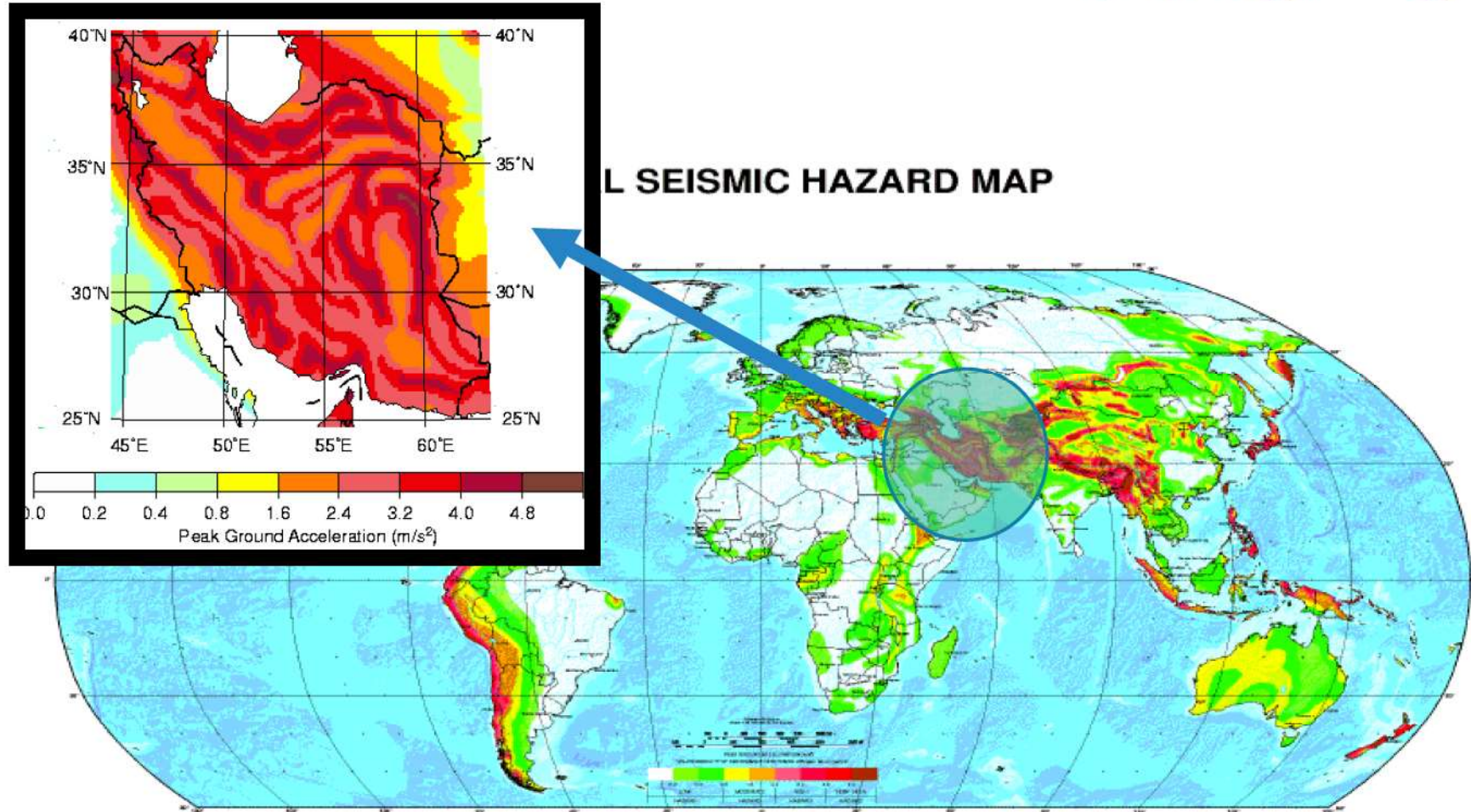
وزارت راه و شهرسازی



وزارت راه و شهرسازی

سازمان مجری ساختمان ها
و تاسیسات دولتی و عمومی

لرزه خیزی جهان:



تقریباً هر ده سال یک زلزله مرگبار داشته ایم

زلزله‌های مرگبار ایران





۱-۲. زلزله‌های مبنای استاندارد ۲۸۰۰ زلزله‌های مبنای آیین‌نامه به شرح زیر می‌باشند:

الف) «زلزله طرح» زلزله‌ای است که احتمال فراگذشت آن در ۵۰ سال، ده درصد باشد.
دوره بازگشت این زلزله، ۴۷۵ سال است.

ب) «زلزله بهره‌برداری» زلزله‌ای است که احتمال فراگذشت آن در ۵۰ سال، ۹۹/۵ درصد باشد.
دوره بازگشت این زلزله حدود ۱۰ سال است.

$$T = \frac{1}{1 - (1 - Q)^{1/N}}$$

فصل اول کلیات

۱-۱ هدف

هدف این آیین‌نامه تعیین حداقل ضوابط و مقررات برای طرح و اجرای ساختمان‌ها در برابر اثرهای ناشی از زلزله است، به طوری که با رعایت آن **انتظار می‌رود:**

۱. ساختمان‌های با «اهمیت متوسط» در اثر زلزله طرح، آسیب عمده‌سازه‌ای و **غیرسازه‌ای** نبینند و تلفات جانی در آنها حداقل باشد.

۲. ساختمان‌های با «اهمیت زیاد» در اثر زلزله طرح، آسیب عمده نبینند، به طوری که در زمان کوتاهی قابل مرمت باشند.

۳. ساختمان‌های با «اهمیت خیلی زیاد»، در اثر زلزله طرح، تغییر مقاومت و سختی در اجزای سازه‌ای و **غیرسازه‌ای** نداشته باشند، به طوری که بهره‌برداری از آنها امکان‌پذیر باشد.



Manjil Earthquake – Northern Iran,
June 21, 1990



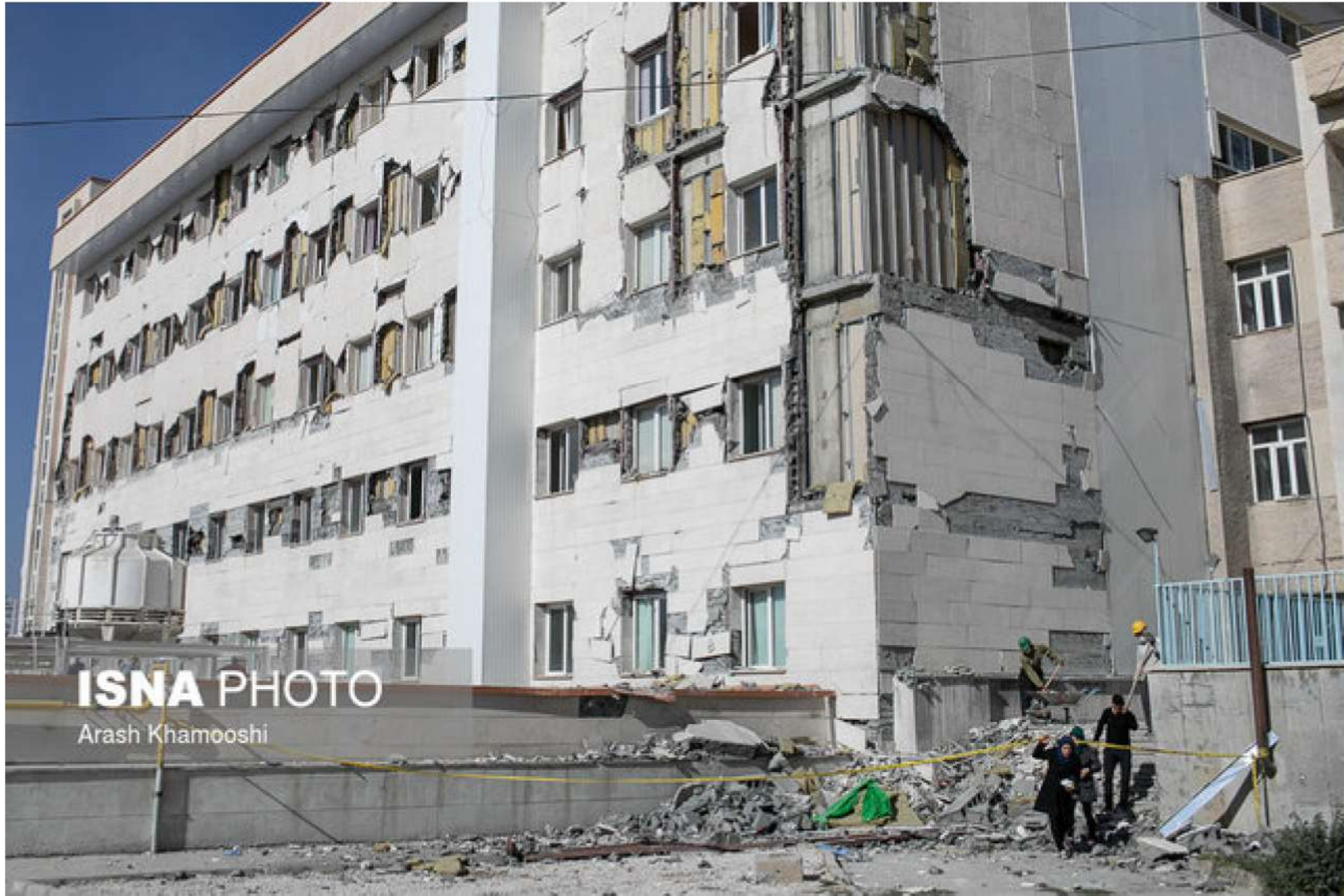
وظیفه من است که اجازه ندهم این نگاه حسرت بار به
تمام سرمایه یک خانواده تکرار شود











ISNA PHOTO

Arash Khamooshi



زلزله حدبهره برداری	زلزله طرح	اهمیت سازه
بدون آسیب با حفظ قابلیت بهره برداری	عدم تغییر در سختی و مقاومت اجزای سازه ای و غیرسازه ای و حفظ قابلیت بهره برداری	خیلی زیاد
بدون آسیب با حفظ قابلیت بهره برداری	بدون آسیب عمده و قابل مرمت در زمان کوتاه	زیاد
بدون آسیب با حفظ قابلیت بهره برداری (فقط در ۱۵ طبقه و یا ۵۰ متر)	بدون آسیب عمده سازه ای و غیرسازه ای و حداقل تلفات جانی	متوسط



سطوح عملکرد سازه در نشریه - ۳۶۰ (دستورالعمل بهسازی لرزه ای)

۱-۵-۱-۱- سطح عملکرد ۱- قابلیت استفاده‌ی بی‌وقفه

سطح عملکرد قابلیت استفاده‌ی بی‌وقفه به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که پیش‌بینی شود در اثر وقوع زلزله محتمل، مقاومت و سختی اجزای سازه تغییر قابل توجهی پیدا نکرده و استفاده‌ی بی‌وقفه از آن ممکن باشد.

۱-۵-۱-۲- سطح عملکرد ۲- خرابی محدود

سطح عملکرد خرابی محدود به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که پیش‌بینی شود در اثر وقوع زلزله محتمل، خرابی در سازه به میزان محدود ایجاد شود، به‌گونه‌ای که پس از زلزله با انجام تعمیر بخش‌های آسیب‌دیده ادامه‌ی بهره‌برداری از ساختمان به‌سادگی میسر باشد.

۱-۵-۱-۳- سطح عملکرد ۳- ایمنی جانی

سطح عملکرد ایمنی جانی به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که پیش‌بینی شود در اثر وقوع زلزله محتمل، خرابی در سازه ایجاد شود، اما میزان خرابی‌ها به اندازه‌ای نباشد که منجر به خسارت جانی شود.

۱-۵-۱-۴- سطح عملکرد ۴- ایمنی جانی محدود

سطح عملکرد ایمنی جانی محدود به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که پیش‌بینی شود در اثر وقوع زلزله محتمل، خرابی در سازه ایجاد شود، اما میزان خرابی‌ها به اندازه‌ای باشد که منجر به خسارت جانی حداقل شود.

۱-۵-۱-۵- سطح عملکرد ۵- آستانه‌ی فروریزش

سطح عملکرد آستانه‌ی فروریزش به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که پیش‌بینی شود در اثر وقوع زلزله محتمل، خرابی گسترده در سازه ایجاد شود، اما ساختمان فرونریزد و تلفات جانی به حداقل برسد.

۱-۵-۱-۶- سطح عملکرد ۶- لحاظ‌نشده

چنانچه برای عملکرد اجزای سازه‌ای سطح عملکرد خاصی انتخاب نشده باشد، سطح عملکرد اجزای سازه‌ای لحاظ‌نشده نامیده می‌شود.



سطوح عملکرد اجزای غیرسازه ای در نشریه -۳۶۰

۱-۲-۵-۱- سطح عملکرد A- خدمت‌رسانی بی‌وقفه

سطح عملکرد خدمت‌رسانی بی‌وقفه به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که پیش‌بینی شود اجزای غیرسازه‌ای در اثر زلزله محتمل، دچار خرابی بسیار جزئی شوند، به‌گونه‌ای که خدمت‌رسانی ساختمان به طور پیوسته انجام شود.

۱-۲-۵-۲- سطح عملکرد B- قابلیت استفاده‌ی بی‌وقفه

سطح عملکرد قابلیت استفاده‌ی بی‌وقفه به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که پیش‌بینی شود اجزای غیرسازه‌ای در اثر زلزله محتمل، دچار خرابی جزئی شوند، به‌گونه‌ای که پس از زلزله راه‌های دسترسی و فرار مانند درها، راهروها، پله‌ها، آسانسورها و روشنایی آن‌ها مختل نشده و استفاده از ساختمان بی‌وقفه میسر باشد.

۱-۲-۵-۳- سطح عملکرد C- ایمنی جانی

سطح عملکرد ایمنی جانی به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که پیش‌بینی شود خرابی اجزای غیرسازه‌ای در اثر زلزله محتمل، خطر جدی برای جان ساکنین به وجود نیاورد.

۱-۲-۵-۴- سطح عملکرد D- ایمنی جانی محدود

سطح عملکرد ایمنی جانی محدود به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که پیش‌بینی شود خرابی اجزای غیرسازه‌ای در اثر زلزله محتمل، به اندازه‌ای باشد که خسارت جانی حداقل شود.

۱-۲-۵-۵- سطح عملکرد E- لحاظ نشده

چنانچه برای عملکرد اجزای غیرسازه‌ای سطح عملکرد خاصی انتخاب نشده باشد سطح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای لحاظ‌نشده نامیده می‌شود.



۱-۳-۵-۱ - سطح عملکرد خدمت‌رسانی بی‌وقفه (A-۱) (OP)^۱

ساختمانی دارای سطح عملکرد خدمت‌رسانی بی‌وقفه است که اجزای سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد ۱ (قابلیت استفاده‌ی بی‌وقفه) و اجزای غیرسازه‌ای آن دارای سطح عملکرد A (خدمت‌رسانی بی‌وقفه) باشند.

۱-۳-۵-۲ - سطح عملکرد قابلیت استفاده‌ی بی‌وقفه (B-۱) (IO)^۲

ساختمانی دارای سطح عملکرد قابلیت استفاده‌ی بی‌وقفه است که اجزای سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد ۱ (قابلیت استفاده‌ی بی‌وقفه) و اجزای غیرسازه‌ای آن دارای سطح عملکرد B (قابلیت استفاده‌ی بی‌وقفه) باشند.

۱-۳-۵-۳ - سطح عملکرد ایمنی جانی (C-۳) (LS)^۳

ساختمانی دارای سطح عملکرد ایمنی جانی است که اجزای سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد ۳ (ایمنی جانی) و اجزای غیرسازه‌ای آن دارای سطح عملکرد C (ایمنی جانی) باشند.

۱-۳-۵-۴ - سطح عملکرد آستانه‌ی فروریزش (E-۵) (CP)^۴

ساختمانی دارای سطح عملکرد آستانه‌ی فروریزش است که اجزای سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد ۵ (آستانه‌ی فروریزش) باشند. در این حالت محدودیتی برای سطح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای وجود ندارد (سطح عملکرد لحاظ‌نشده E).



جدول (۱-۱): سطوح عملکرد ساختمان

سطوح عملکرد سازه						سطوح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای
لحاظ نشده S-6	آستانه فروریزش S-5	ایمنی جانی محدود S-4	ایمنی جانی S-3	خرابی محدود S-2	قابلیت استفاده بی‌وقفه S-1	
*	*	*	*	A-2	خدمت‌رسانی بی‌وقفه A-1	خدمت‌رسانی بی‌وقفه N-A
*	*	*	B-3	B-2	قابلیت استفاده بی‌وقفه B-1	قابلیت استفاده بی‌وقفه N-B
C-6	C-5	C-4	ایمنی جانی C-3	C-2	C-1	ایمنی جانی N-C
D-6	D-5	D-4	D-3	D-2	*	ایمنی جانی محدود N-D
ارزش بهسازی ندارد	آستانه فروریزش E-5	E-4	*	*	*	لحاظ نشده N-E

* این سطوح عملکرد به دلیل اختلاف زیاد بین سطح عملکرد اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای، توصیه نمی‌شود.



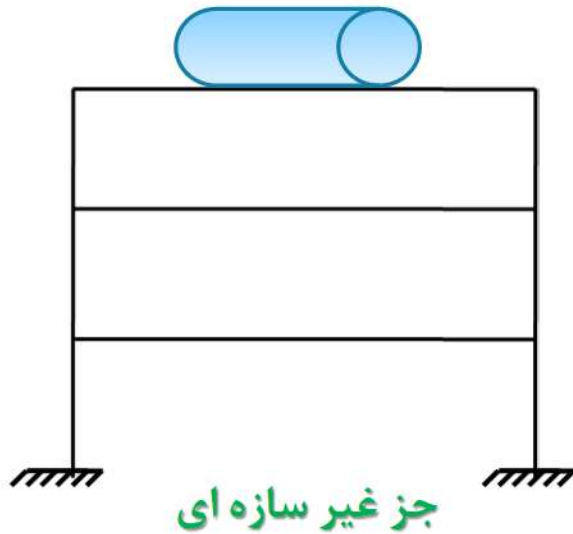
طراحی لرزه ای اجزای غیرسازه ای

۴-۱ . کلیات

۴-۱-۱ . تعریف

اجزای غیرسازه ای در ساختمانها به اجزایی اطلاق می شود که **به سازه اصلی متکی اند** ولی در تحمل بار جانبی زلزله به آن کمک نمی کنند. اجزای **معماری** مانند دیوارها، نماها و سقفهای کاذب و نیز **تأسیسات مکانیکی و برقی** همراه با نگهدارنده ها و ادوات اتصال آنها جزو این گروه محسوب می شوند.

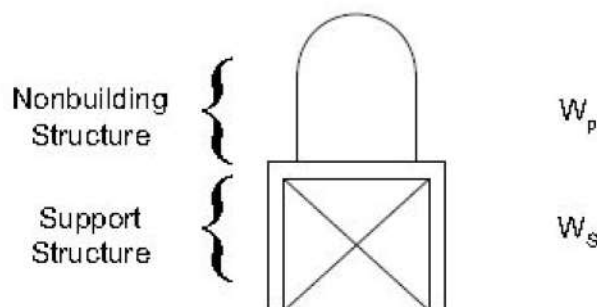
سازه غیر ساختمانی یا جز غیر سازه ای!



اجزای غیرسازه‌ای با وزن بیشتر از ۲۵ درصد وزن مؤثر لرزه‌ای کل سازه (وزن اجزای غیرسازه‌ای و سازه نگهدارنده) در گروه سازه‌های غیرساختمانی قرار می‌گیرند و مشمول ضوابط فصل پنجم استاندارد ۲۸۰۰ می‌گردند.

NONBUILDING STRUCTURES SUPPORTED ABOVE GRADE

$$W_p \leq 0.25 (W_s + W_p)$$



$$W_p \text{ less than } 0.25 (W_s + W_p)$$

(Rigid or Flexible)



دسته بندی و مولفه های اجزای غیرسازه ای

اجزای معماری

دیوارهای خارجی و داخلی
نمای خارجی و داخلی
سقفها و کفهای کاذب
جان پناه ها
راه پله ها
خرپشته

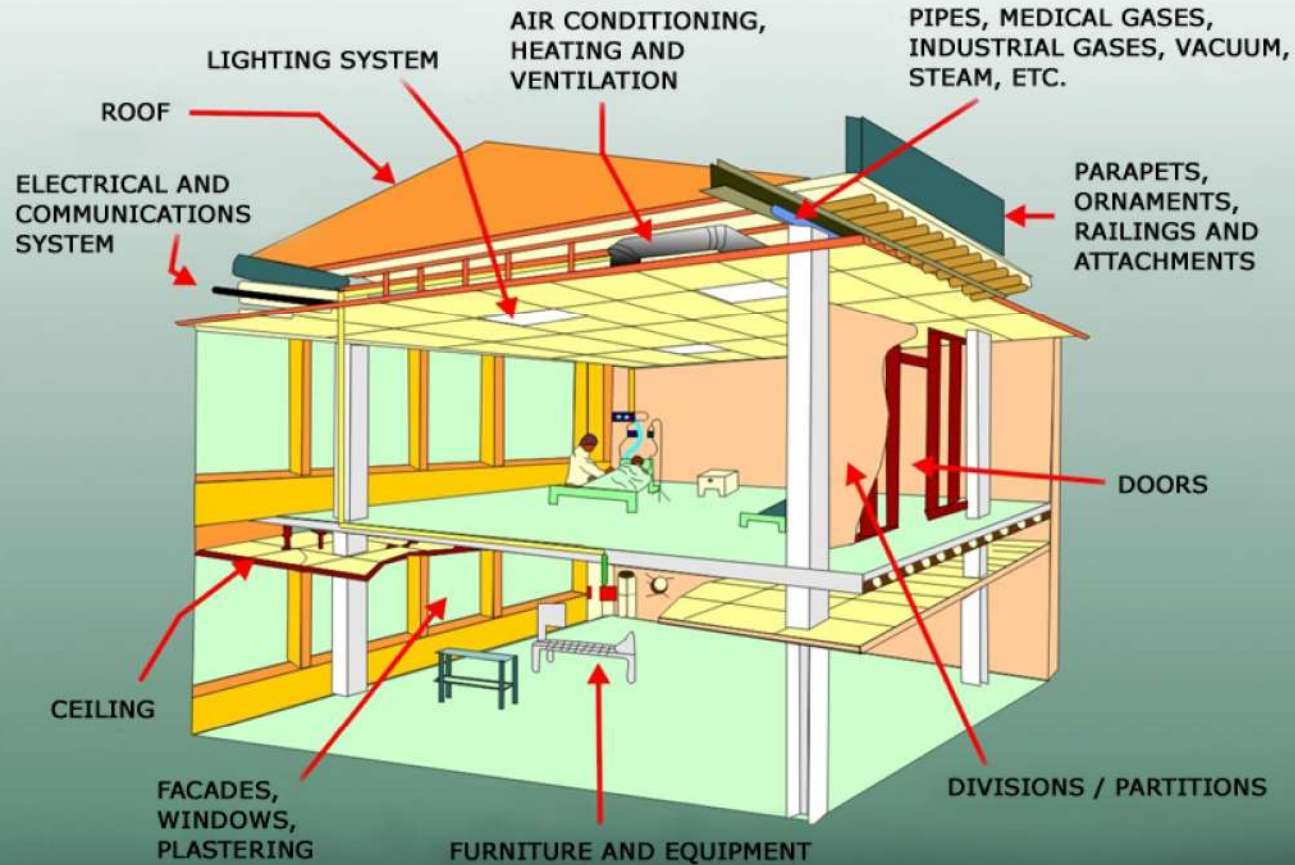
اجزای مکانیکی

تجهیزات گرمایش-سرمایش
تهویه مطبوع (HVAC)
مخازن مایعات و آبگرمکن ها
لوله ها و ساپورتها
آسانسور
بالابرها و نقاله ها

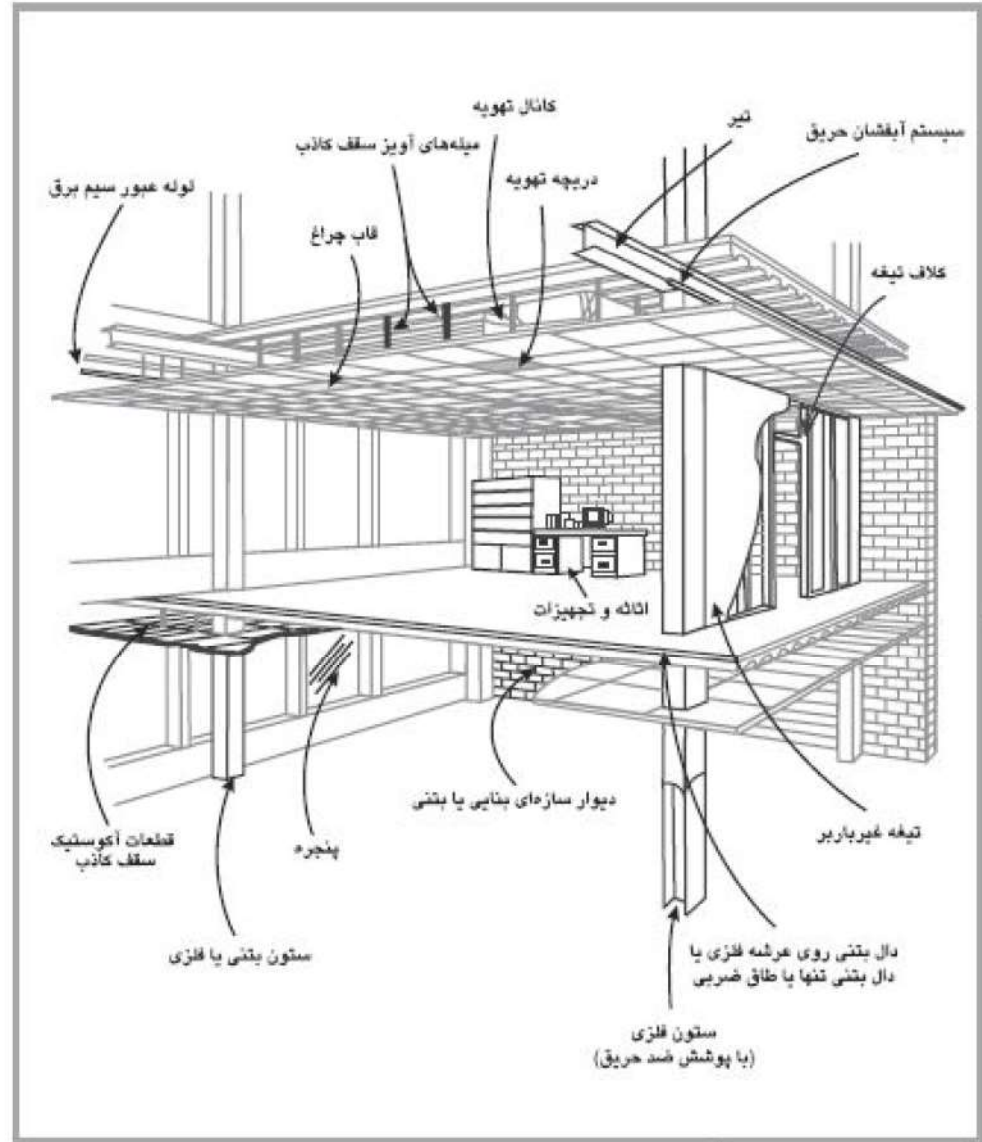
اجزای برقی و مخابراتی

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

Nonstructural Components



PAHO/WHO - Disaster Mitigation in Health Facilities: Nonstructural Issues



شکل ۱-۲

نمونه‌هایی از اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای در يك ساختمان



رده بندی رفتاری اجزای غیرسازه ای :

۹-۶- رده بندی رفتاری اجزا

اجزای غیرسازه ای باید براساس نوع حساسیت پاسخشان طبق جدول های (۹-۱) و (۹-۲) رده بندی شوند.

۹-۶-۱- اجزای حساس به شتاب

این رده شامل اجزایی است که به تغییر شکل حساس نبوده اما به نیروهای اینرسی حساس هستند و خسارات وارد بر آنها نیز ناشی از این نیروها می باشد. این اجزا باید برای نیروهای طراحی لرزه ای طبق بند (۹-۷-۲-۱) یا (۹-۷-۲-۲) کنترل شوند.

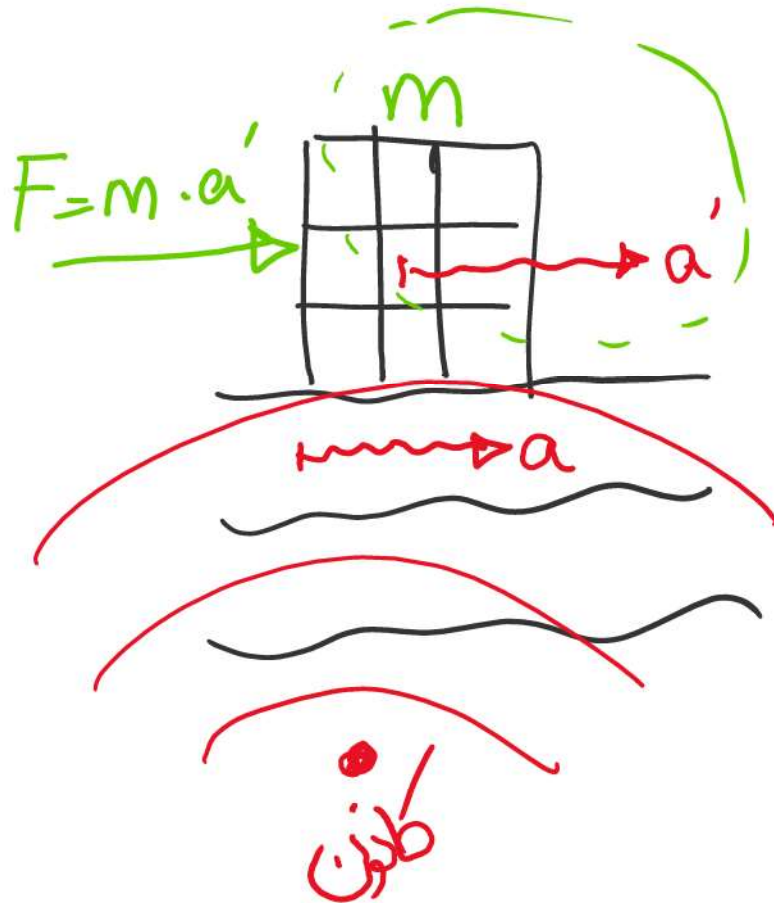
۹-۶-۲- اجزای حساس به تغییر شکل

این رده شامل اجزایی است که به تغییر شکل ناشی از تغییر مکان نسبی سازه نیز حساس هستند و خسارت وارد بر آنها ناشی از این تغییر شکل می باشد. این اجزاء باید برای تغییر شکل طبق بند (۹-۷-۲-۳) کنترل شوند.

۹-۶-۳- اجزای حساس به شتاب و تغییر شکل

این رده شامل اجزایی است که به نیروهای اینرسی و به تغییر شکل ناشی از تغییر مکان نسبی سازه حساس هستند و خسارت وارد بر آنها ناشی از نیروها و تغییر شکل می باشد. این اجزاء باید برای نیروهای طراحی لرزه ای طبق بند (۹-۷-۲-۱) یا (۹-۷-۲-۲)، و برای تغییر شکل طبق بند (۹-۷-۲-۳) کنترل شوند.

منشا نیروی زلزله :



نیروی زلزله از نوع نیروهای اینرسی است ، پس طبق قانون دوم نیوتون به جرم و شتاب وارده بستگی دارد. طبیعتاً هرچقدر آن قطعه سنگین تر باشد نیروی زلزله وارده بر آن نیز بیشتر خواهد بود. پس بهتر است به سمت سبک سازی حرکت کنیم.



مخزن حایل بندی نشده

حساس به شتاب و تغییر شکل

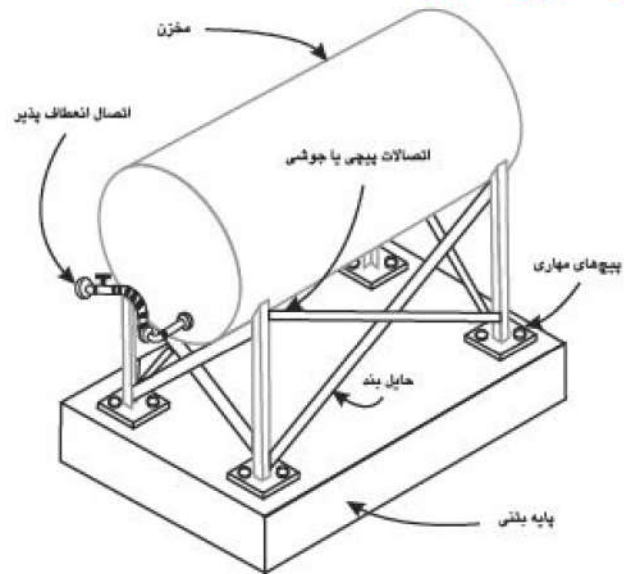
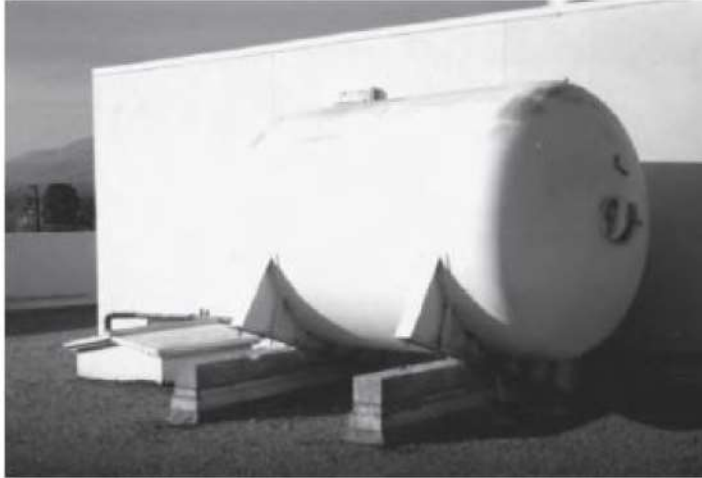


Figure 6.4.2.1-1 Tank shifted off support curb, Granada Hills Hospital in the 1994 magnitude-6.7 Northridge Earthquake (Photo courtesy of OSHPD).

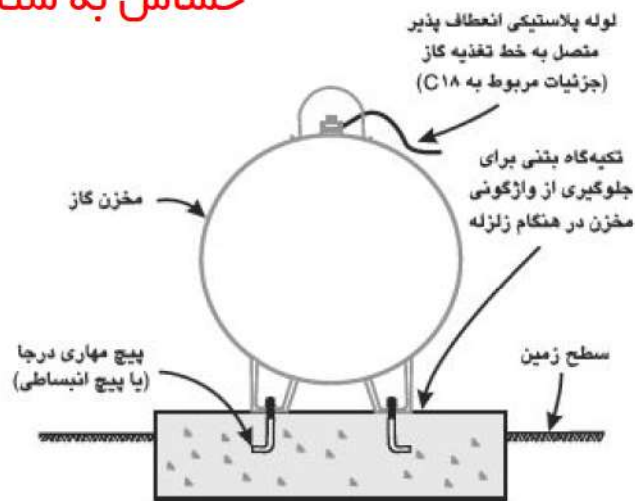


نمونه‌ای از خسارات وارد شده به مخازن گاز در اثر زلزله ۱۹۹۴ نورتریج

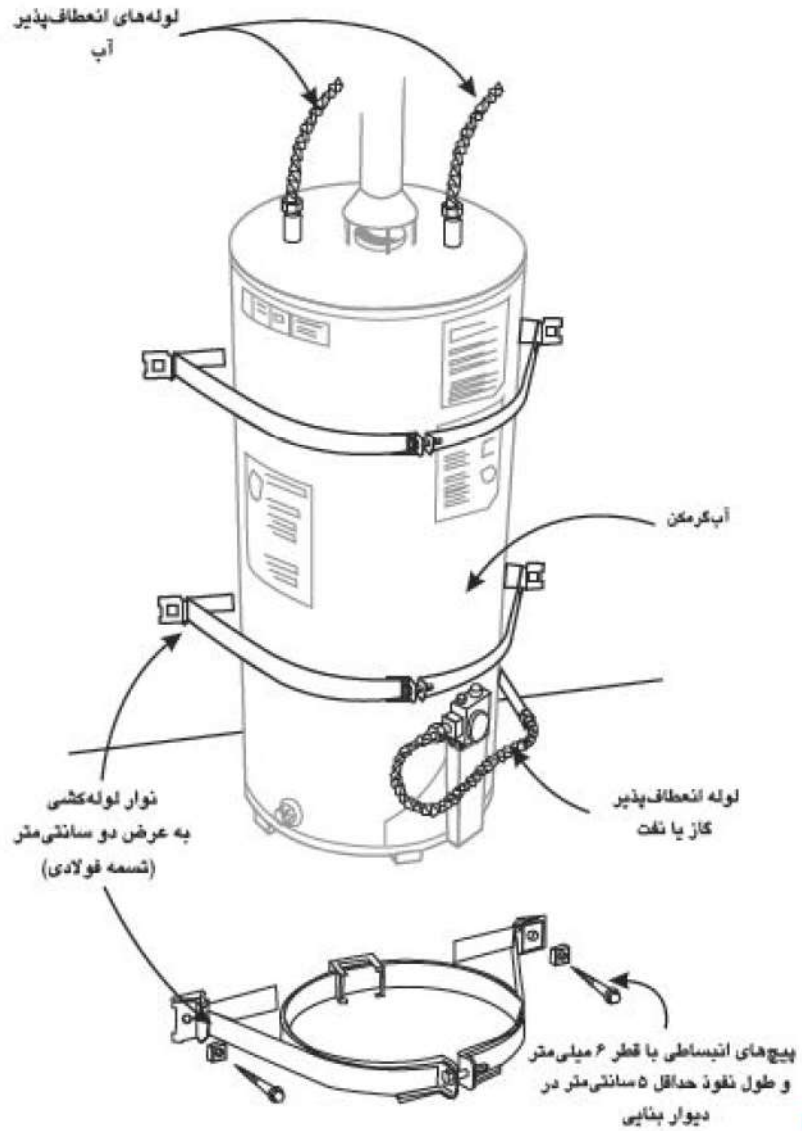


حساس به شتاب و تغییر شکل

حساس به شتاب

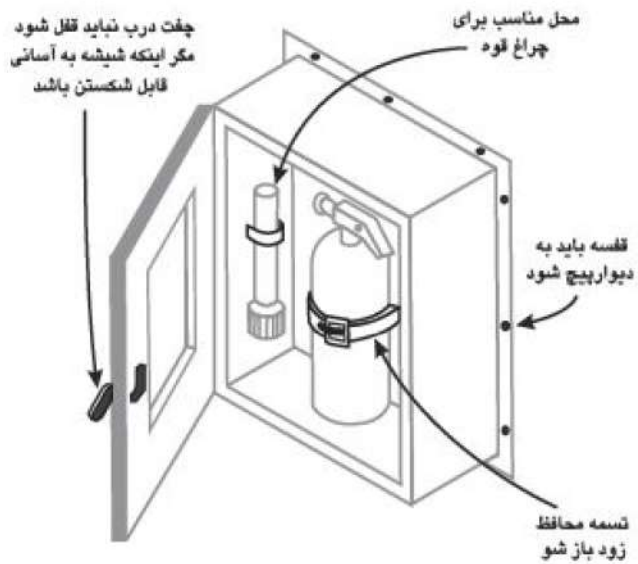


حساس به شتاب و تغییر شکل

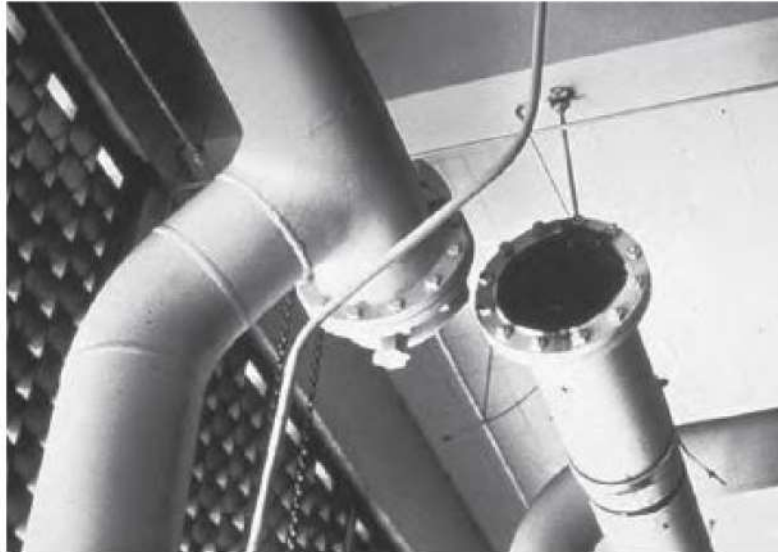




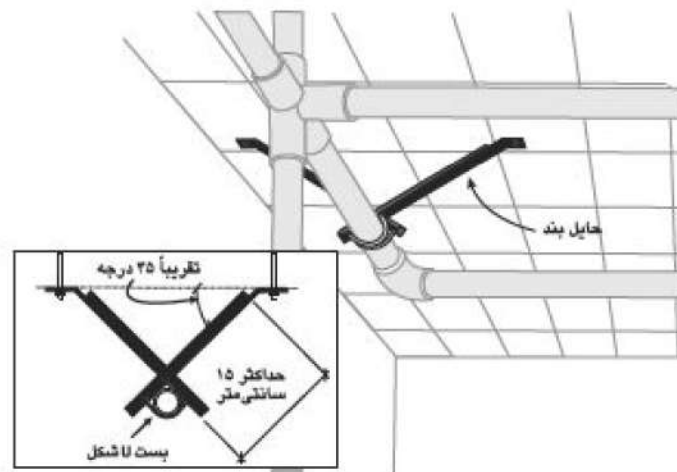
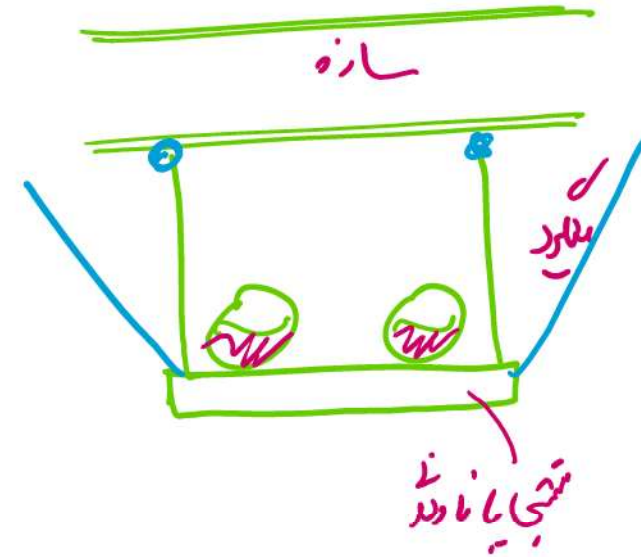
کپسول اطفای حریق مهار شده



حساس به شتاب



نمونه خسارات وارد شده به لوله‌ها در زلزله ۱۹۷۱ سن فرناندو کالیفرنیا



حساس به تغییر شکل

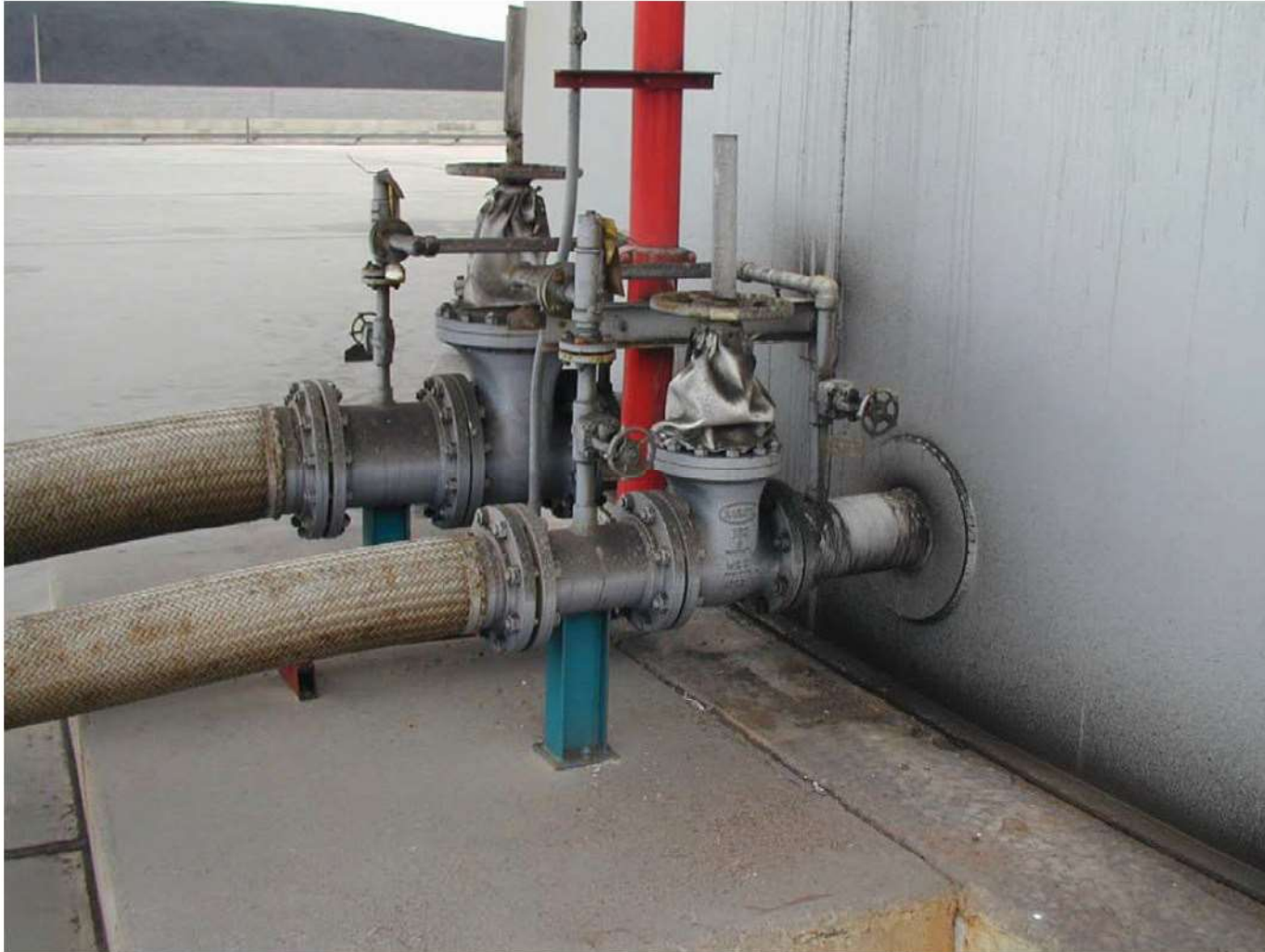
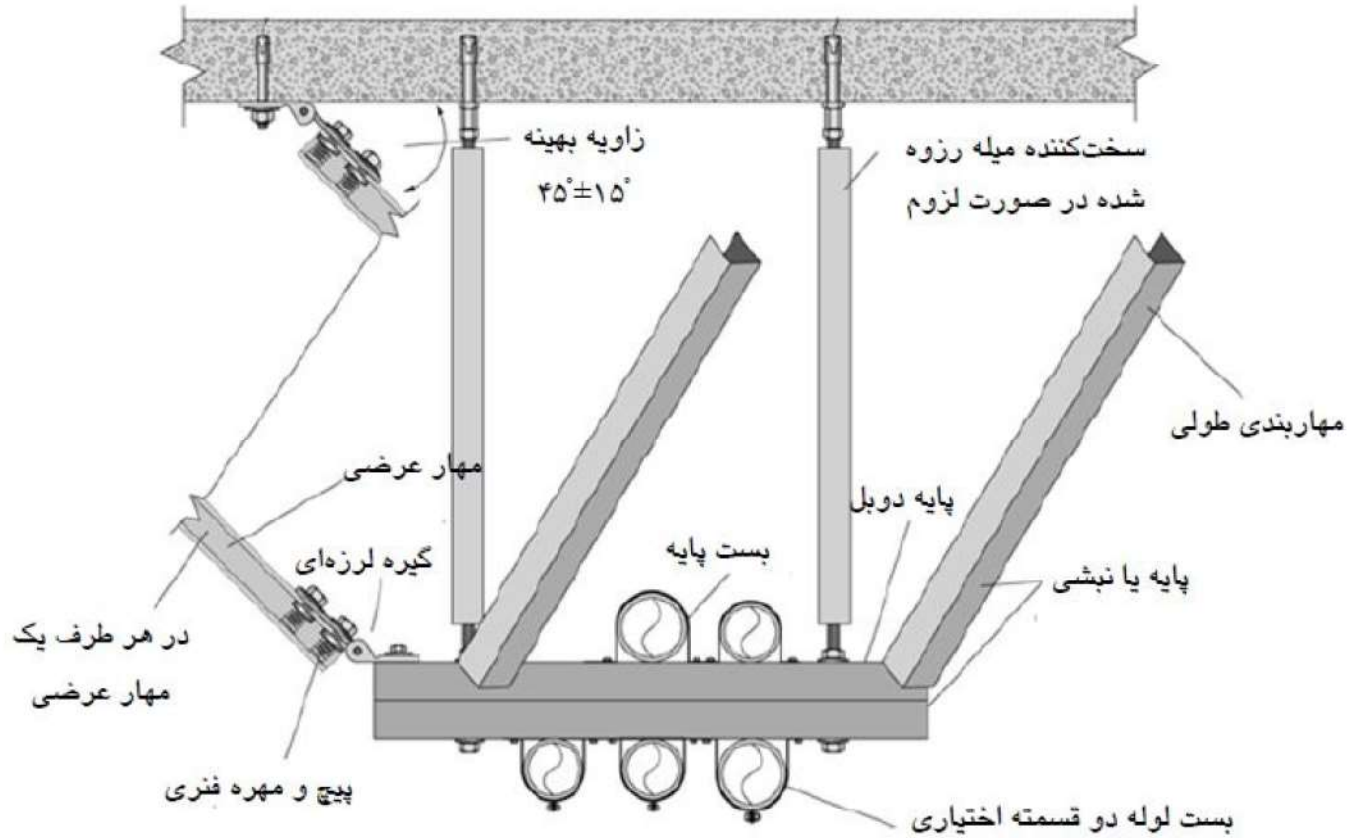


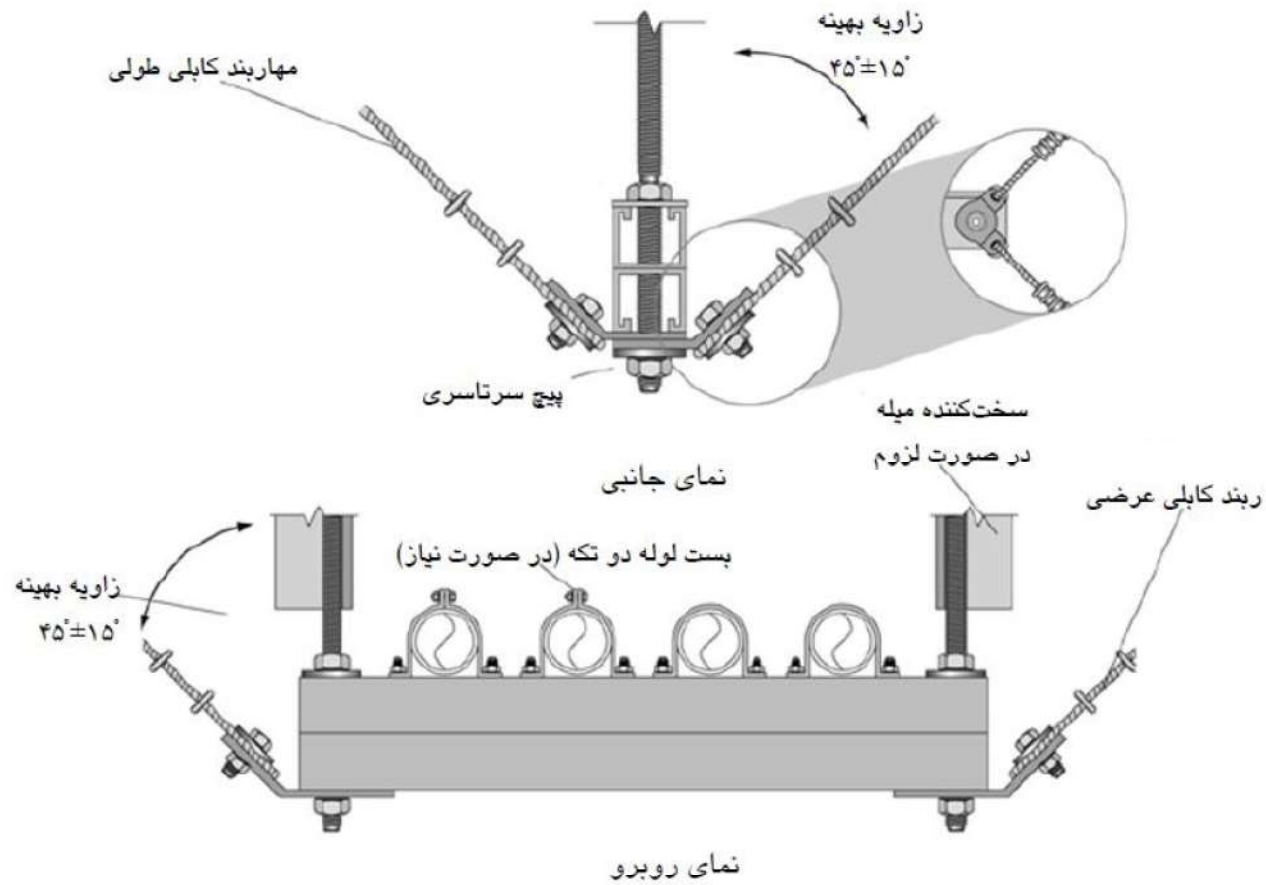
Figure 6.4.2.2-5

Flexible connections prevented piping damage in 2001 Peru Earthquake (Photo courtesy of Eduardo Fierro, BFP Engineers).



شکل ۵-۱۱۱- سیستم نگهدارنده دوزنقه‌ای با پایه و نبشی به عنوان مهار جانبی

منبع: نشریه ۷۴۳



شکل ۵-۱۱۲- سیستم نگهدارنده دوزنقه‌ای با مهاربند کابلی جانبی