

استاندارد ۲۸۰۰ و قاب آوری ساختمانها

عبدالرضا سروقدمقدم

پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

با احترام به یاد و خاطره استاد کرامت‌الله دکتر مرتضی زاهدی



و کرامت‌الله یاد و خاطره استاد کرامت‌الله دکتر فرزاد بهنام فر



ویرایش پنجم استاندارد ۲۸۰۰



آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله

استاندارد ۲۸۰۰

(ویرایش ۵)

زیر نظر کمیته دائمی بازنگری آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله

شماره نشر: ض-۱۱۶۶
چاپ اول: فروردین ماه ۱۴۰۵

تاریخ: ۱۴۰۴/۱۲/۲۷
شماره: ۲۰۷۷۸۳/۱۰۰۲۰۲

جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی
وزیر

بسمه تعالی

به استناد ماده ۳۲ قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان - مصوب ۱۳۷۴ - آئین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (ویرایش پنجم) که توسط این وزارتخانه - مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی - بازنگری و تدوین شده و در جلسه مورخ ۱۴۰۴/۱۲/۰۳ کمیته دائمی بازنگری آئین‌نامه مذکور مورد تأیید قرار گرفته است، به شرح متن پیوست ابلاغ می‌شود و تمامی ساخت و سازها در میهن اسلامی باید براساس آن انجام گیرد.

شهرداری‌ها، بخش‌داری‌ها، دهیاری‌ها و سایر مراجع صدور پروانه و کنترل و نظارت بر اجرای ساختمان‌ها و همچنین مالکان، کارفرمایان و مجریان ساختمان‌ها و صاحبان حرفه‌های مهندسی ساختمان می‌بایست این آئین‌نامه را رعایت و اجرا نمایند.

شایان یادآوری است که همزمان، مفاد ویرایش چهارم این آئین‌نامه نیز تا پایان شهریورماه سال ۱۴۰۵ معتبر خواهد بود.

این ابلاغیه جایگزین ابلاغیه شماره ۴۲۳۱۳/۱۱۰/۰۱ مورخ ۱۳۹۳/۰۸/۲۴ می‌شود.

فرزانه صادق

پیوست (۱)	۲۲۱
نقشه‌های شتاب طیفی	۲۲۱
پیوست (۲)	۲۳۳
روشهای تحلیل غیرخطی و ارزیابی عملکرد لرزه‌ای سازه‌ها	۲۳۳
پیوست (۳)	۲۵۱
دیافراگم‌ها	۲۵۱
پیوست (۴)	۲۶۷
اندرکنش خاک و سازه	۲۶۷
پیوست (۵)	۲۸۹
اثر میانقاب در تحلیل و طراحی سازه‌های ساختمانی	۲۸۹
پیوست (۶)	۳۰۱
طراحی لرزه‌ای اجزاء غیرسازه‌ای معماری	۳۰۱
پیوست (۷)	۳۱۷
آثار $P-\Delta$	۳۱۷
پیوست (۸)	۳۲۳
زمان تناوب اصلی نوسان سازه‌های غیرساختمانی	۳۲۳
پیوست (۹)	۳۲۹
الزامات ژئوتکنیکی	۳۲۹
پیوست (۱۰)	۳۵۱
دستورالعمل انجام آزمایش‌های مورد نیاز برای کنترل عملکرد جداسازها و میراگرها	۳۵۱
پیوست (۱۱)	۳۶۵
افزایش تاب‌آوری لرزه‌ای ساختمان	۳۶۵

فصل اول	۱
کلیات	۱
فصل دوم	۷
حرکت زمین	۷
فصل سوم	۲۵
ضوابط طراحی لرزه‌ای سازه‌های ساختمانی	۲۵
فصل چهارم	۹۳
ضوابط طراحی لرزه‌ای اجزاء غیرسازه‌ای	۹۳
فصل پنجم	۱۲۷
ضوابط طراحی لرزه‌ای سازه‌های غیرساختمانی	۱۲۷
فصل ششم	۱۴۷
الزامات ژئوتکنیکی	۱۴۷
فصل هفتم	۱۷۹
ضوابط طراحی لرزه‌ای سازه‌های دارای سامانه جداساز و میراگر	۱۷۹

اهم تغییرات ویرایش پنجم در مقایسه با ویرایش چهارم

۱- تدقیق اهداف طراحی

۸- تدقیق و توسعه الزامات متناظر با طراحی لرزه ای سازه های غیرساختمانی

۲- تدقیق زلزله های مبنای طراحی

۹- تدقیق و توسعه الزامات متناظر با طراحی لرزه ای اجزای غیرسازه ای

۳- تدقیق اطلاعات مربوط به خطرپذیری ساختگاه و ارائه نقشه های شتاب طیفی (به جای نقشه های پهنه بندی خطر لرزه ای)

۱۰- تدقیق و توسعه الزامات متناظر با طیف وسیعی از ملاحظات ژئوتکنیک لرزه ای و ناپایداری های زمین ناشی از زلزله از جمله، روانگرایی، گسترش جانبی، ناپایداری شیروانی ها، فرونشست و گسلش

۴- ارائه تعریف «گروه های طراحی لرزه ای» با هدف ارتقای ضوابط ایمنی ساختمانها با منظور کردن اثر همزمان مشخصات ساختگاه، اهمیت ساختمان و نوع سیستم باربر لرزه ای

۱۱- ارائه ضوابط حائز اهمیت برای ساخت و ساز در پهنه های گسلی

۵- ارتقای اطلاعات مرتبط با طبقه بندی نوع زمین

۱۲- ارجاع ضوابط ساختمان های بنائی به مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان

۶- تدقیق مشخصات لرزه ای سیستم های باربر لرزه ای

۱۳- ارائه ضوابط ساختمانهای مجهز به جداسازهای لرزه ای و میراگرها

۷- به روز رسانی و تدقیق ملاحظات طرح لرزه ای سازه

۱۴- ارائه مبانی افزایش تاب آوری لرزه ای ساختمان ها

۱-۱ هدف

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

- ۱- ساختمان‌های با "اهمیت متوسط" در اثر زلزله طرح، آسیب عمده سازه‌ای و غیر سازه‌ای نبینند و تلفات جانی در آنها حداقل باشد.
- ۲- ساختمان‌های با "اهمیت زیاد" در اثر زلزله طرح، آسیب عمده نبینند، به‌طوری‌که 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، به‌طوری‌که بهره‌برداری از آنها امکان‌پذیر باشد.
- ۴- کلیه ساختمان‌های بلندتر از ۵۰ متر و یا بیش‌تر از ۱۵ طبقه و نیز کلیه ساختمان‌های با اهمیت زیاد و خیلی زیاد در اثر زلزله بهره‌برداری آسیمی نبینند و قابلیت بهره‌برداری خود را حفظ نمایند.

۱-۱ هدف

ساختمان‌ها و ابنیه مشمول این آیین‌نامه بر حسب نوع کاربری به چهار گروه اهمیت تقسیم می‌شوند. هدف این آیین‌نامه تعیین حداقل ضوابط و مقررات برای طرح و اجرای آنها، در برابر نیروها و تغییر مکان‌های ناشی از زلزله است، به‌طوری‌که با رعایت آن انتظار می‌رود:

- ۱- ساختمان‌های با "اهمیت کم" تحت اثر زلزله طرح فرو نریزند.
- ۲- ساختمان‌های با "اهمیت متوسط" تحت اثر زلزله طرح، ایمنی جانی ساکنان را تامین نمایند و تحت اثر زلزله بیشینه مورد نظر، احتمال فروریزش آنها کم باشد.
- ۳- ساختمان‌های با "اهمیت زیاد" تحت اثر زلزله طرح، علاوه بر تامین ایمنی جانی ساکنان، آسیب عمده سازه‌ای و غیرسازه‌ای نبینند و تحت اثر زلزله بیشینه مورد نظر، احتمال فروریزش آنها بسیار کم باشد.
- ۴- ساختمان‌های با "اهمیت خیلی زیاد"، تحت اثر زلزله طرح، قابلیت بهره‌برداری خود را حفظ نمایند و تحت اثر زلزله بیشینه مورد نظر، ایمنی جانی ساکنان را تامین نموده و احتمال فروریزش آنها ناچیز باشد.
- ۵- ساختمان‌های با اهمیت زیاد و خیلی زیاد و نیز کلیه ساختمان‌های بلندتر از ۵۰ متر و یا بیش‌تر از ۱۵ طبقه تحت اثر زلزله بهره‌برداری، قابلیت بهره‌برداری خود را حفظ نمایند.

Addition of Quantitative Reliability Targets for Individual Members and Essential Facilities

- Section 1.1.1 of 2020 *NEHRP Provisions* adds individual member/connection reliability targets to previously available building collapse reliability targets.
- Section 2.1.5 of 2020 *NEHRP Provisions* states:
“A desired target reliability for Risk Category IV buildings and nonbuilding structures is for there to be a 10% probability of loss of essential function given the Design Earthquake ground motion.”

Risk Category ¹	Probability of Collapse	
	Given MCE_R Shaking	In 50 years*
I	**	**
II	10%	1%
III	5%	less than 1%
IV	2.5%	less than 1%

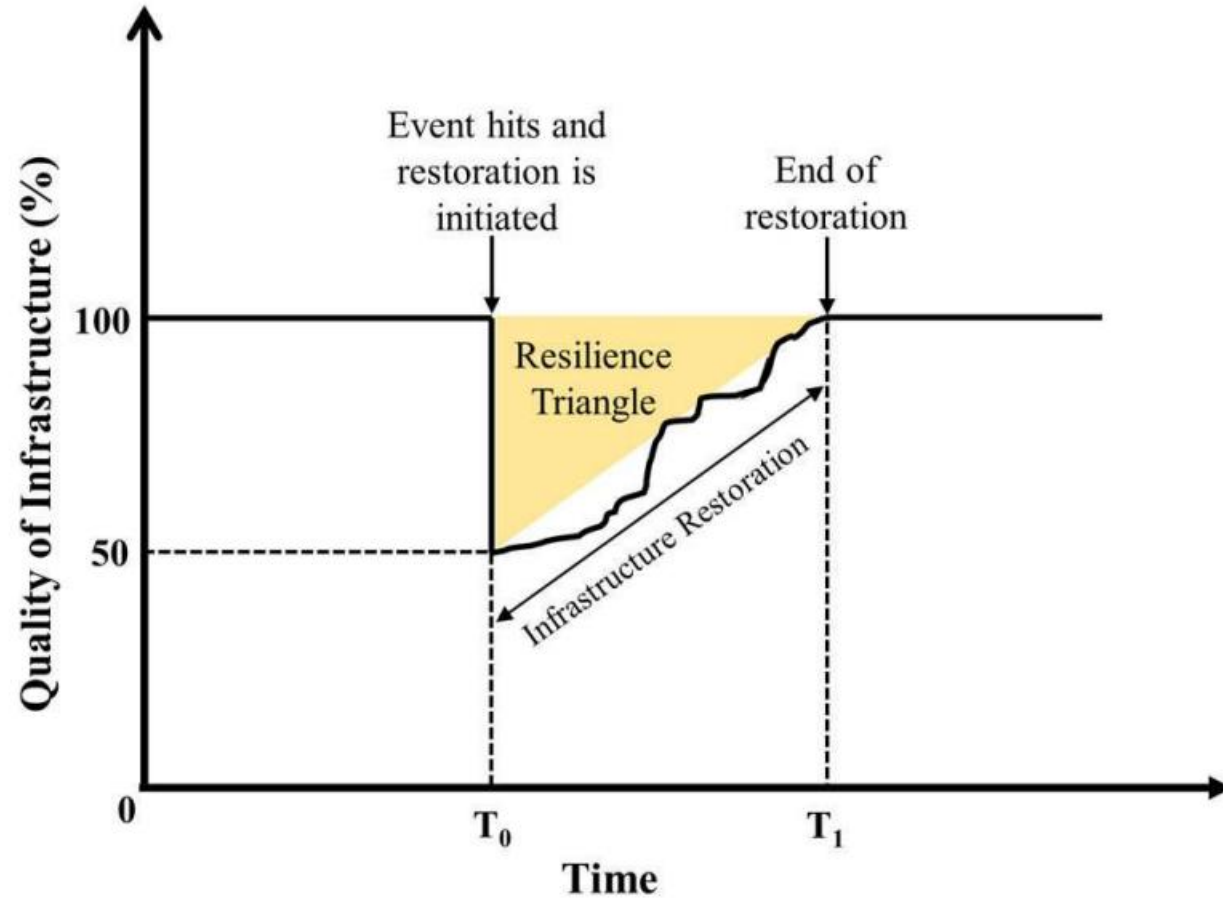
Risk Category ¹	Conditional Probability of Failure for Member or Connection	
	Given DE Shaking	Given MCE_R Shaking
I	**	**
II	10%	25%
III	5%	15%
IV	2.5%	9%

From FEMA P-2082-1

پ ۲-۵ اهداف عملکردی

اهداف عملکردی سازه ساختمان‌ها تحت اثر زلزله در این پیوست به شرح زیر در نظر گرفته می‌شوند.

- (۱) سازه ساختمان‌های با اهمیت متوسط، در زلزله سطح خطر ۱، سطح عملکرد ایمنی جانی و در سطح خطر ۲، سطح عملکرد آستانه فروریزش را تأمین نمایند.
- (۲) سازه ساختمان‌های با اهمیت زیاد، در زلزله سطح خطر ۱، سطح عملکرد خرابی محدود و در سطح خطر ۲، سطح عملکرد ایمنی جانی محدود را تأمین نمایند.
- (۳) سازه ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد، در زلزله سطح خطر ۱، سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه و در سطح خطر ۲، سطح عملکرد ایمنی جانی را تأمین نمایند.



Resilience features by NIAC	
Robustness	- Continue to work or stand up to natural disasters - Withstand low-probability but high-consequence events
Resourcefulness	- Effective disaster management when emerging - Identify options, prioritize what needs to be done to control and reduce damage
Rapid recovery	- Get everything back to normal after a disaster - Possible plans and emergency operations
Adaptability	- Learn new lessons from a disaster - Introduce new tools and technologies to increase robustness, resourcefulness and recovery capabilities before the next crisis

State-of-the-art review on power system resilience and assessment techniques

ISSN 1751-8687
 Received on 21st March 2020
 Revised 27th September 2020
 Accepted on 27th October 2021
 E-First on 12th January 2021
 doi: 10.1049/iet-gtd.2020.0531
 www.ietdl.org

تاریخ: ۱۴۰۴/۰۵/۰۴
شماره: ۶۶۶۸۸/۴۰۰ صادره
پیوست: دارد

(پ)
جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی

معاونت مسکن و ساختمان

۱۳-ارائه ضرائب کاهش سختی اجزای بتن آرمه

۱۴-ارائه معیارهای پذیرش فونداسیون‌ها

۱۵-ارائه یک پیوست اختیاری برای ضوابط طراحی ساختمان‌های تعمیرپذیر

لذا با عنایت به اهمیت موضوع و جلوگیری از خطرات و خسارات شدید و جبران ناپذیر جانی و مالی ناشی از وقوع زلزله که نمونه آن در زلزله ویرانگر سال ۲۰۲۳ ترکیه مشاهده شد، ضروری است نسبت به بررسی و لزوم اصلاح متن این پیش نویس که مبنای طراحی، محاسبه و اجرای ساختمان‌ها خواهد بود، دستور اقدام لازم را صادر و نتیجه را به این معاونت گزارش نمایید.

حسب‌الظاهر خانی

معاون مسکن و ساختمان

کامنت ۱۵: ارائه پیوست مستقل با موضوع "ضوابط طراحی ساختمان‌های تعمیرپذیر" (پیوست اختیاری)

طرح موضوع:

اسناد پشتیبان برای کامنت ۱۵ در بخش‌های ۱۵ الی ۲۲ از گزارش فنی ارائه شده است.

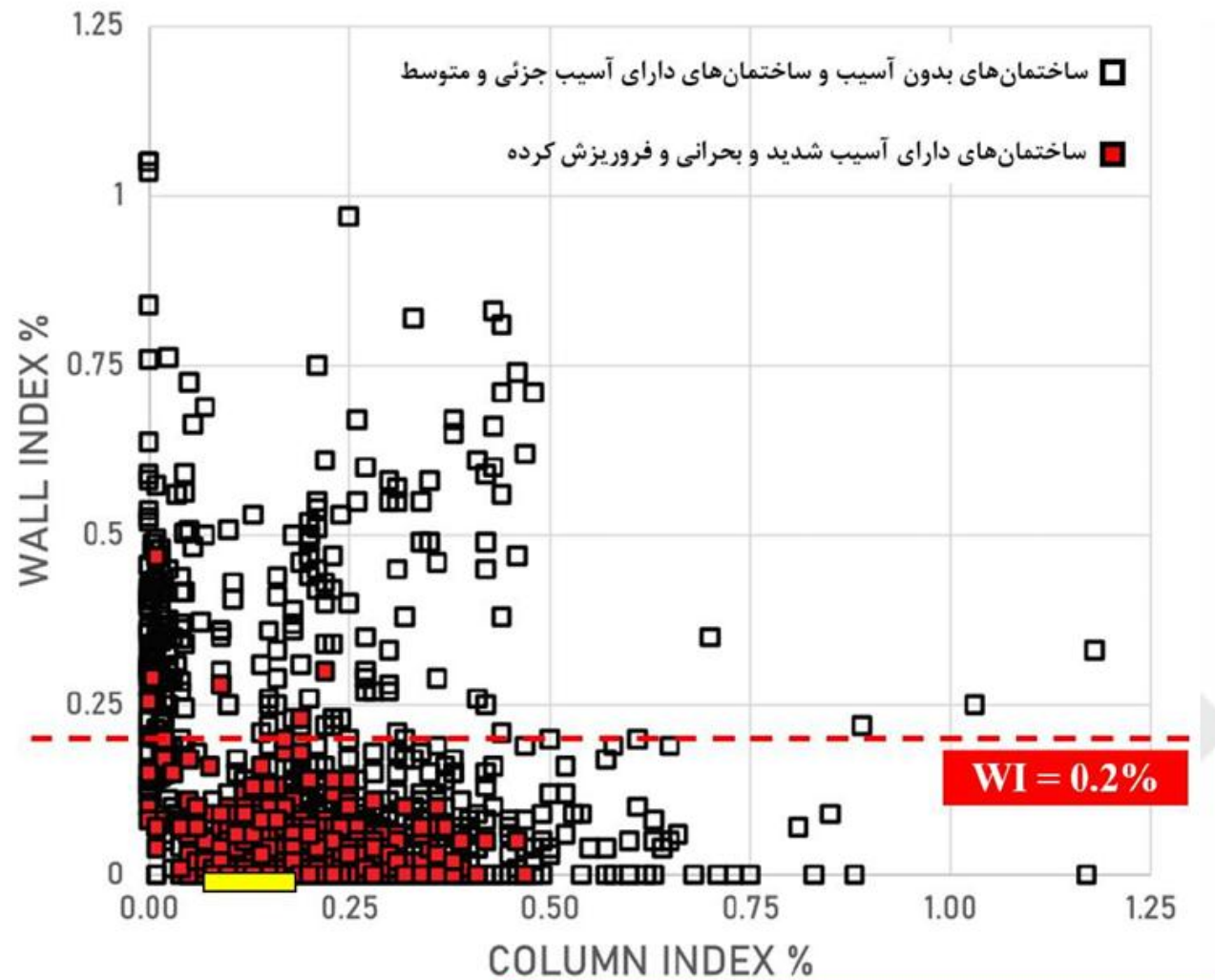
پیشنهاد اعمال ضوابط اصلاح‌شده ترکیه در قالب پیوست مستقل "ضوابط طراحی ساختمان‌های تعمیرپذیر"

در استاندارد ۲۸۰۰، اقدامی حیاتی برای ارتقاء سطح تاب‌آوری لرزه‌ای کشور است که می‌تواند ایران را پیش از وقوع فاجعه، در مسیر بازنگری بنیادین طراحی سازه‌ها قرار دهد.

زلزله ۲۰۲۳ ترکیه، با بیش از ۵۳۰۰۰ کشته و خساراتی معادل ۹٪ تولید ناخالص ملی، بار دیگر ضعف نظام طراحی و کنترل ساخت‌وساز در کشورهای زلزله‌خیز را عیان کرد. هرچند آیین‌نامه ترکیه پیش از آن نیز به‌روز و مدرن محسوب می‌شد، اما آنچه فاجعه را رقم زد، فقدان ضوابط عملیاتی برای کنترل آسیب، بازیابی سریع و تعمیرپذیری سازه‌ها بود. در پاسخ، ترکیه در تاریخ ۲ شهریور ۱۴۰۳ اصلاحیه‌ای منتشر کرد که برای نخستین بار شاخص‌های دیوار و ستون را به‌عنوان معیار طراحی عملکردی و تصمیم‌سازی پس از زلزله وارد آئین‌نامه خود نمود.

این شاخص‌ها، بیشتر تین در کشورها، زلزله‌خیز دیگر به‌کار گرفته شده‌اند. با نمونه، در آیین‌نامه BSL 2016

پیشنهاد می‌شود استاندارد ۲۸۰۰ با افزودن یک پیوست مستقل بر پایه اصلاحات ترکیه، شاخص‌های عملکردی تعمیرپذیری را به‌صورت عددی، شفاف و قابل ارزیابی وارد طراحی لرزه‌ای کشور کند. این پیوست باید حداقل سختی سازه، نسبت مساحت دیوارها و ستون‌ها، کنترل دررفت و معیارهای بازگشت به بهره‌برداری را مشخص و الزام‌آور سازد.



نتایج تمامی ۱۶۳۹ ساختمان از ۱۵ زلزله اخیر در ۱۲ کشور مختلف در فوق نشان داده شده است. با وجود تنوع بسیار

زیاد در ساختمان‌ها، نمودار به صورت واضح نشان می‌دهد که در صورتی که مقدار شاخص دیوار کمتر از 0.2% باشد

ساختمان به احتمال بسیار زیاد محکوم به آسیب شدید یا فروریزش است. بررسی دقیق‌تر این داده‌های ارزشمند نشان داده

است که از هر ۴ ساختمان که دارای شاخص دیوار کمتر از 0.2% است ۳ ساختمان دچار فروریزش یا آسیب شدید شده

است.

حداقل دو راه دیگر

۳-۲۰ افزایش تاب آوری

رعایت ضوابط این فصل و حسب مورد پیوست‌های ارجاعی پیشین، برای طراحی سازه تمامی ساختمان‌های موضوع این آیین‌نامه الزامی است. در نتیجه رعایت این ضوابط، تاب آوری لرزه‌ای مورد نظر آیین‌نامه در خصوص سازه ساختمان تامین می‌شود. لیکن در صورتی که تراز بالاتری از تاب آوری ساختمان مورد نظر باشد، رویکردهای مندرج در پیوست (۱۱) می‌تواند بصورت اختیاری مورد توجه قرار گیرد.

پ ۱۱-۱ کلیات

هدف آیین‌نامه حاضر بر طبق بند ۱-۱ فصل اول، تعیین حداقل ضوابط و مقررات برای طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله است. در صورت رعایت کلیه ضوابط مشروح در این آیین‌نامه و سایر مدارکی که در آن به آنها ارجاع داده شده است، رفتار مورد انتظار ساختمان در مواجهه با سطوح خطر مختلف لرزه‌ای بسته به نوع اهمیت آن، در همان بند بیان شده است. همچنین در فصل ۳ در خصوص برخی از ساختمان‌ها برای حصول اطمینان از عملکرد مورد انتظار به شرح مندرج در بند پ ۲-۵، رعایت ضوابط پیوست (۲) الزامی شده است.

دقت در جزئیات اهداف بیان شده در بندهای فوق‌الذکر نشان می‌دهد علیرغم رعایت ضوابط این آیین‌نامه، ساختمان‌ها در صورت مواجهه با زلزله‌های بزرگ ممکن است دچار درجاتی از آسیب شوند. این آسیب‌ها می‌توانند سازه‌ای، غیرسازه‌ای و یا ترکیبی از آنها باشد و در نتیجه، ساختمان قابلیت بهره‌برداری یا کارکرد خود را از دست بدهد. در این صورت، بهره‌برداری مجدد از ساختمان مستلزم بازرسی‌ها و ارزیابی‌های فنی و در صورت لزوم انجام تعمیرات و در برخی موارد تخریب و بازسازی کامل آن خواهد بود. کاهش آسیب به ساختمان‌ها از طریق اعمال ضوابط سخت‌گیرانه‌تر در طراحی و یا استفاده از برخی سیستم‌های نوین میسر است. در این صورت، هزینه اولیه طراحی و ساخت ممکن است افزایش یابد ولی در عوض، هزینه‌های احتمالی تعمیر یا تخریب و نوسازی و زمان بازیابی کاربری کاهش و تاب‌آوری لرزه‌ای ساختمان افزایش می‌یابد.

در صورتیکه برای یک ساختمان، تاب آوری بیشتری از آنچه با اعمال ضوابط اصلی این آیین نامه تامین می شود نیاز باشد، رویکردهای این پیوست می توانند مورد استفاده قرار گیرند. انتظارات مورد نظر در این زمینه می تواند مواردی نظیر الزامات زمان بازیابی کاربری بعد زلزله، کاهش هزینه تعمیر به میزان معین، کاهش آسیب های جانی، اطمینان از عدم برچسب ناایمن و نیاز به تخلیه طولانی مدت، کاهش تبعات زیست محیطی، تداوم کسب و کار، تداوم کارکرد سیستم های برق، آب، ارتباطات، تهویه، و نظایر آن را شامل باشد. رعایت مفاد این پیوست الزامی نبوده و صرفاً پیشنهادهایی برای حصول اهداف یاد شده است. تحلیل های هزینه-فایده و توافق بین ذی نفعان (کارفرما، طراح، سازنده و بیمه گر) می تواند مبنایی برای اخذ تصمیمات در این زمینه قرار گیرد.

پ ۱۱-۲ تعاریف

ساختمان تاب آور لرزه ای: ساختمانی که پس از زلزله بتواند در کوتاه ترین زمان ممکن و با کمترین پیامدها به کارکرد اصلی خود بازگردد.

سیستم های سازه ای تعمیرپذیر: سیستم هایی که اجزاء آسیب پذیر آنها به روش های نسبتاً ساده قابل تعویض یا تعمیر باشند.

زمان بازیابی کارکرد: مدت زمان لازم برای بازگرداندن ساختمان به سطح کارکرد پیش از زلزله.

هزینه چرخه عمر: مجموع هزینه های ساخت، بهره برداری، نگهداری، و تعمیرات در طول عمر مفید ساختمان.

پ ۱۱-۳ روش های افزایش تاب آوری لرزه ای ساختمان

در این پیوست بطور اجمالی به سه رویکرد افزایش تاب آوری لرزه ای ساختمان اشاره می شود.

پ ۱۱-۳-۱ ضوابط سختگیرانه تر طراحی

اولین روش برای تامین عملکردی فراتر از اهداف متداول این آیین نامه برای یک ساختمان، استفاده از ضوابط سختگیرانه تر در طراحی لرزه ای می باشد. برخی از روش های پیشنهادی در این زمینه عبارتند از:

الف- افزایش مقاومت سازه

طراحی سازه ساختمان برای مقادیر بزرگتری از برش پایه تعیین شده در آیین نامه، موجب کاهش نیاز تغییر شکل های غیر ارتجاعی سازه و به تبع آن کاهش خسارات خواهد شد. از

ب- افزایش سختی سازه

افزایش سختی سازه ساختمان منجر به کاهش تغییر مکان های کلی و نسبی ساختمان می شود. گرچه این امر در مواردی منجر به افزایش تقاضای مقاومت (نیروی طراحی) سازه می شود، لیکن در صورت طراحی درست سازه، نهایتاً کاهش تغییر مکان های نسبی و کاهش نیاز تغییر شکل های غیر ارتجاعی حاصل می شود. استفاده از دیوارهای برشی یا هسته های نسبتاً صلب یکی از روشهای موثر برای نیل به این هدف است. افزایش مقاومت سازه مذکور در بند الف هم، در بسیاری از موارد همزمان منجر به افزایش سختی سازه می شود.

پ- کاهش نامنظمی های سازه

با کنترل نحوه توزیع سختی و مقاومت در سازه، جلوگیری از ایجاد طبقه نرم و ضعیف یا نامنظمی های شدید پیچشی، می توان احتمال ایجاد مودهای نامطلوب تغییر شکل ساختمان و بروز خسارات را کاهش داد.

پ ۱۱-۳-۲ طراحی پیامد-مبنا با مدیریت ریسک و هزینه چرخه عمر

در این رویکرد علاوه بر معیارهای فنی، پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی ناشی از عملکرد ساختمان در مواجهه با زلزله در طول چرخه عمر آن در نظر گرفته می شود. این روش، پلی میان مهندسی سازه سنتی و مدیریت دارایی ها ایجاد می کند و باعث می شود تصمیمات طراحی بر مبنای اهداف بلندمدت و منافع چندجانبه اتخاذ گردد. در این روش، با بهره گیری از نتایج ارزیابی چند سیستم سازه ای و غیرسازه ای، با ترازهای مختلفی از مقاومت و سختی، که همه آنها شرایط حداقلی آیین نامه را تامین می کنند، ترکیبی از راهکارهای سازه ای/غیرسازه ای انتخاب می شود که کمترین هزینه کل چرخه عمر با توجه به زمان بازیابی و پیامدهای موردنظر را فراهم آورد. پیامدهای موردنظر، مواردی نظیر هزینه تعمیرات مورد انتظار، زمان میانگین تا بازگشت به سطح کارکرد تعیین شده، خسارت نهایی غیرسازه ای، تأثیرات زیست محیطی و حتی تأثیرات اجتماعی را شامل می شود.

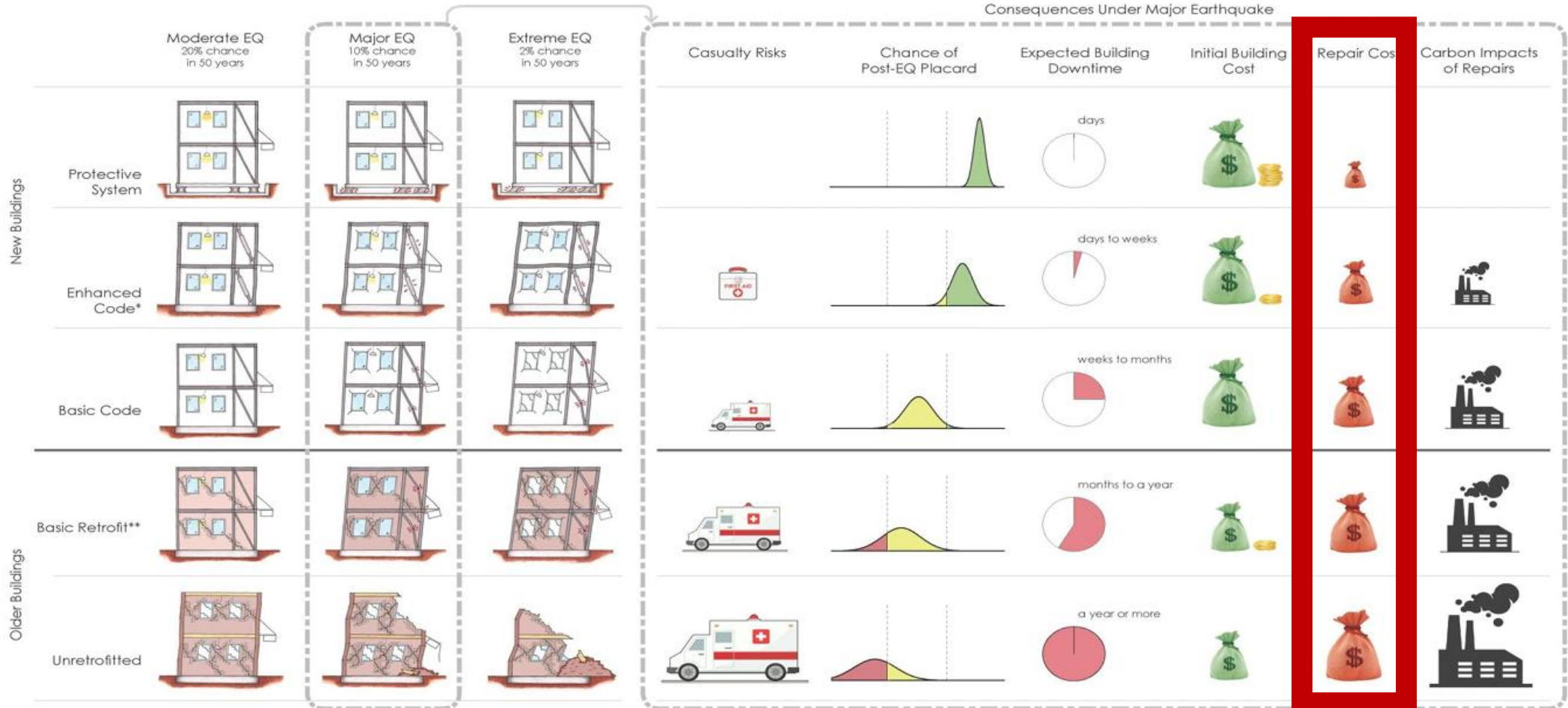
با اتخاذ این راهبرد، این امکان وجود دارد که در مورد ساختمان مورد نظر، زمان بازیابی کارکرد بعد از زلزله به میزان هدف کاهش یابد. این راهبرد باعث ایجاد یک زبان و چارچوب مشترک میان ذی نفعان مختلف صنعت ساختمان (کارفرمایان، طراحان، سازندگان، بیمه گران و مراجع قانونی) برای تعیین و ارزیابی تاب آوری ساختمان ها می گردد.



FEMA

OPTIONS FOR EARTHQUAKE-RESISTANT DESIGN

Design Decisions Have Measurable Consequences



Earthquake damage varies depending on the level of shaking experienced and characteristics of the building's structure and other systems. Design choices affect the amount and types of likely damage.
* Includes Risk Category IV and other buildings with enhanced seismic resistance features.
** Some retrofitted buildings can experience much less damage.

New code-compliant buildings have very low risks of casualties in the US. Some older buildings have high safety risks.

Design choices affect the odds of a green tag (no restrictions), yellow tag (restricted entry), or red tag (unsafe, no entry).

Design choices affect the amount of time required before a building can be occupied after an earthquake.

More resilient buildings typically cost slightly more upfront, but result in lower post-earthquake repair costs and consequences.

Building materials require energy to produce. The amount and types of repairs required affect carbon releases and energy usage.

ارزیابی تبعات هر انتخاب در طراحی

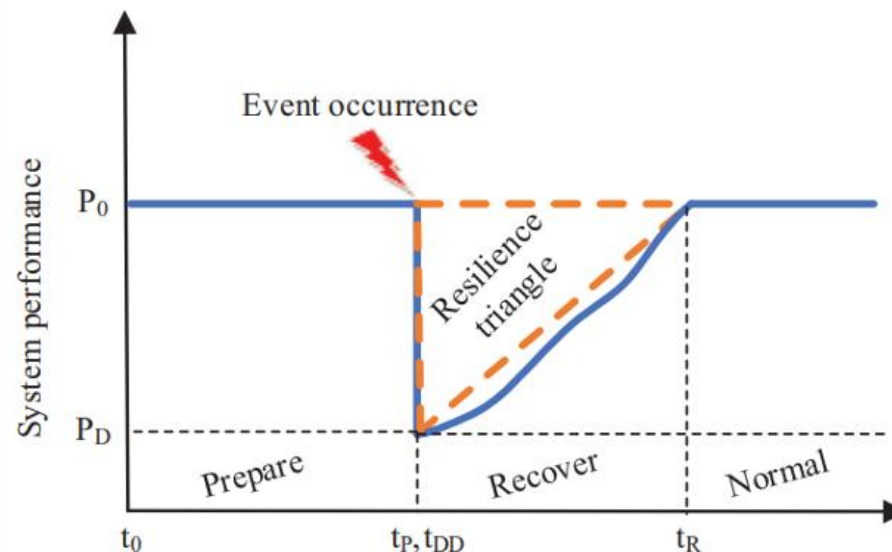
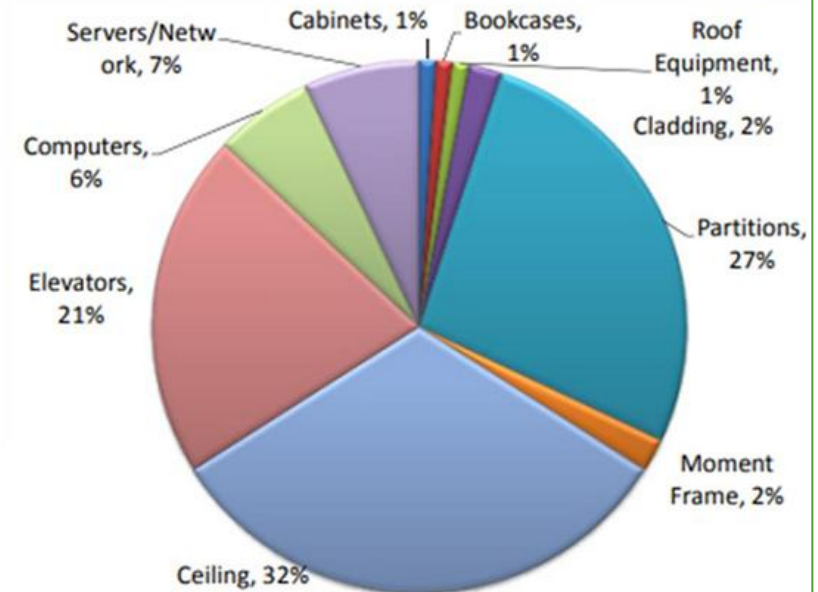
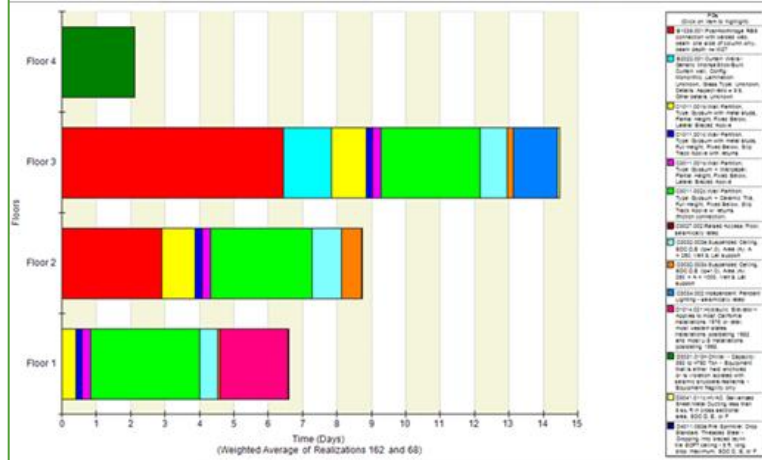



Table 2-1. Examples of Voluntary Design for Functional Recovery

Project	Building Use	Functional Recovery Objective or Expectation	Recovery-based Design Features or Criteria
181 Fremont (Almufti et al., 2016)	Office high-rise	Within weeks after design earthquake. (Also, immediate reoccupancy after design earthquake)	Reinforced concrete core, designed using ARUP's REDI criteria
Beaverton, Oregon schools (SEFT, 2015)	Public schools	Risk Category IV performance to serve as post-earthquake shelter	Risk Category IV criteria, backup generator
UCSF Mission Hall (Bade, 2014)	University offices	Operational performance after 84 th percentile Hayward event	Enhanced Risk Category II criteria, concrete shear walls
Casa Adelante (Mar, 2021)	Senior housing	Within one day after 475-year event, no tenant relocation	Rocking walls, dampers
85 Bluxome (Moore, 2021)	Office mid-rise	Within "days to weeks" after "major earthquake"	Zero lot lines, SidePlate moment-resisting frame
UCSF Center for Vision Neuroscience (Berkowitz, 2021)	University research	Within 60 days after M7 San Andreas event	$I_e = 1.25$, 1.5% maximum drift
Oregon Treasury (Zimmerman, 2021)	Government offices	Within zero days after MCE _R	Base isolation, minimized nonstructural systems
Stanford Biomedical Innovations (Lizundia, 2021)	University research	Within 26 days after 475-year event	Modified Risk Category III criteria, element-specific R values, $I_p = 1.5$
Allenby Building (Westermeyer, 2021)	Government offices	Within zero days after 475-year event	Reduced drift limits, amplified demand, post-earthquake recovery plan

Operational performance after 84th percentile Hayward event

Within one day after 475-year event, no tenant relocation

Within 60 days after M7 San Andreas event

Within 26 days after 475-year event

Within zero days after 475-year event

پ ۱۱-۳-۳ سیستم های سازه ای تعمیرپذیر لرزه ای

سیستم های تعمیرپذیر لرزه ای سیستم هایی هستند که عمده انرژی زلزله را از طریق تمرکز آسیب در المان های قابل تعویض مستهلک می کنند و سازه اصلی مقاوم در برابر بار لرزه ای را از آسیب های گسترده و پرهزینه محفوظ نگه می دارند. این رویکرد برخلاف طراحی لرزه ای سازه های متعارف است که در آن، خسارت در کل ساختمان پخش می شود و منجر به تعمیرات پرهزینه و زمان بر می گردد. سیستم های برگشت پذیر، دارای حرکت گهواره ای، یا سیستم های دارای اجزاء تعویض پذیر از جمله این سیستم ها می باشد. استفاده از اینگونه سیستم ها باعث می شود ساختمان به موقعیت اولیه خود پس از زلزله برگردد، به گونه ای که تغییر مکان پسماند در ساختمان نزدیک صفر باشد. این ویژگی، تعمیرپذیری ساختمان را به شکل چشم گیری بهبود می بخشد و زمان بازیابی کارکرد ساختمان را به حداقل می رساند. استفاده از سامانه های جداساز لرزه ای نیز می تواند برای رسیدن به هدف تعمیرپذیری موثر باشد.

برخی آیین نامه ها و مدارک فنی، نمونه هایی از این سیستم ها را معرفی کرده اند. از آنجا که ویژگی های این سیستم ها در فصول ۳ و ۷ این آیین نامه تعیین نشده اند، برای استفاده از آنها ضروری است روش تحلیل و مشخصات مفروض در طراحی توسط یک مرجع مستقل با صلاحیت بررسی و اعتبار سنجی شده و سپس توسط کمیته اجرایی این آیین نامه تایید شود.

تعمیرپذیر و برگشت پذیر

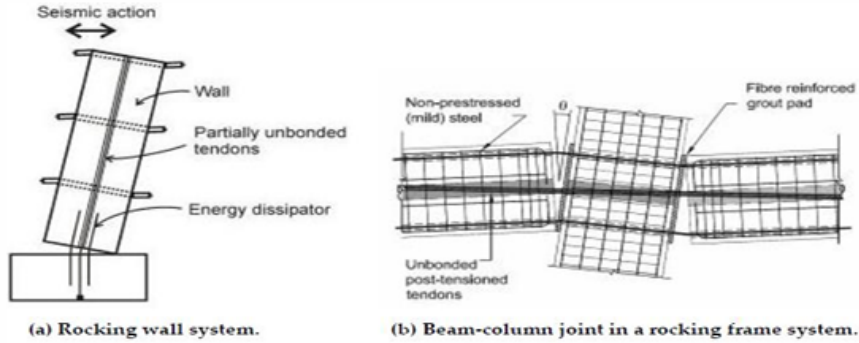
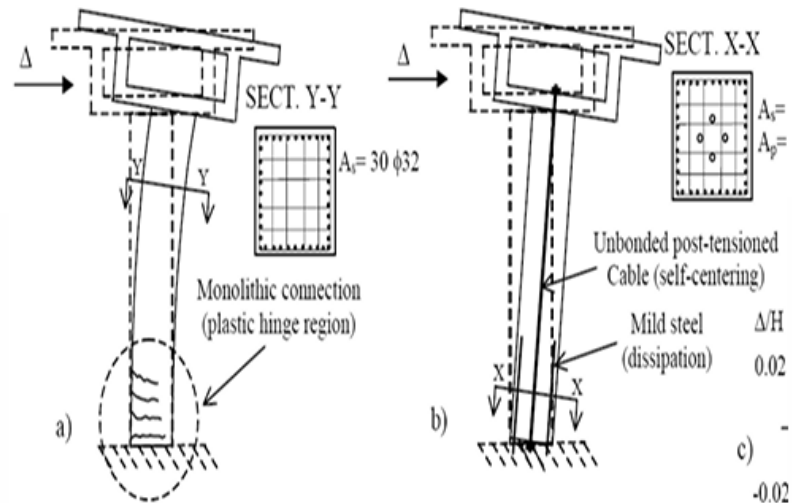
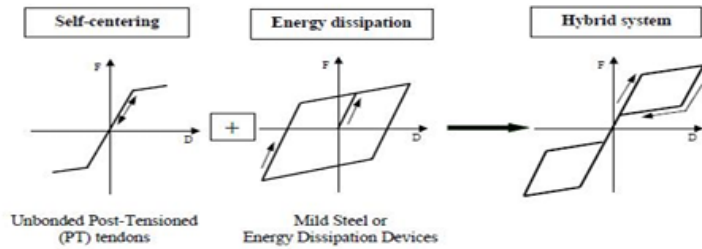
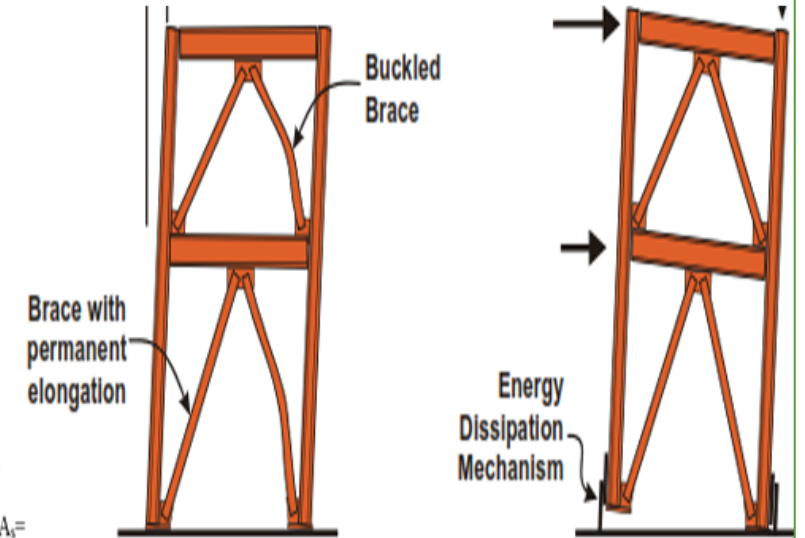


Figure 6.1. Rocking hybrid frame or wall system (after fib, 2003).



MONOLITHIC SYSTEM

HYBRID SYSTEM OR WITH CONTROLLED ROCKING





Islamic Republic of Iran
Ministry of Petroleum



International Institute of Earthquake
Engineering and Seismology

Seismic Design Regulations Oil industry facilities and structures Edition 4

Publication 038
2023

Deputy Minister for Engineering, Research and Technology
The General Administration of the Technical,
Implementation and Project Evaluation System

Building Codes

روشهای تحلیل / ۹۹

گهواره‌ای (SCSR^{*})، مطابق شکل پ-۱ معمولاً علاوه بر وزن سازه تاندون‌های پس کشیده در سیستم تعبیه می‌شوند تا نقش اصلی را در بازگرداندن سازه گهواره‌ای ایفا نمایند.

قسمت اصلی یک سیستم گهواره‌ای کنترل شده، هسته‌ای صلب است که باید به گونه‌ای طراحی شود که ارتجاعی باقی بماند. به منظور کنترل پاسخ لرزه‌ای یک سیستم گهواره‌ای کنترل شده، استفاده از پس کشیدگی و میراگرهایی که با حرکت گهواره‌ای فعال می‌شوند، مجاز است. در حالت استفاده از میراگرها، معیار طراحی باید متناظر با الزامات فصل دهم باشد.

برش پایه و تغییر مکان طراحی در سیستم گهواره‌ای مطابق با روابط زیر تعیین می‌شود:

$$F = \frac{0.45l_w}{H_e} + \frac{0.95l_w - c}{H_e} R_t + \frac{W}{H_e} \Delta \quad \text{پ-۱}$$

$$\Delta_u = 0.45l_w + (0.95l_w - c) + \frac{R_t}{W} \quad \text{پ-۲}$$

در این روابط

l_w : عرض قاب

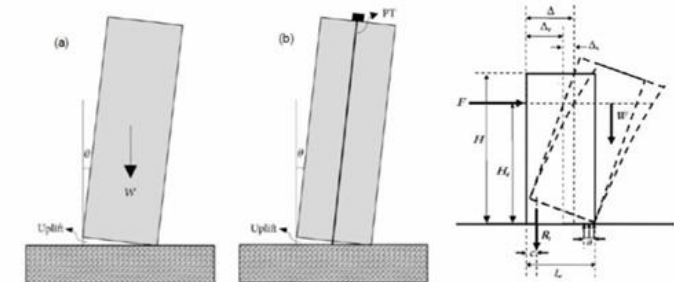
H_e : ارتفاع مرکز ثقل

c : بازوی دوران متناظر با نیروی تاندون پس کشیده

R_t : نیروی تاندون پس کشیده

W : نیروی مقاوم ناشی از وزن

Δ : جابجایی افقی



شکل پ-۱ سیستم‌های سازه‌ای گهواره‌ای

* Self Centering Seismic Resisting System

پ ۱۱-۴ اجزاء غیرسازه ای ساختمان

رفتار اجزاء غیرسازه ای ساختمان شامل اجزاء معماری، تجهیزات مکانیکی، برقی و پزشکی در مواجهه با زلزله، نقش مهمی در عملکرد کلی ساختمان دارد. فصل چهارم این آیین نامه و پیوست مربوطه، حداقل ضوابط و مقررات برای طراحی لرزه ای این اجزاء را ارائه می دهند. برای افزایش تاب آوری لرزه ای ساختمان علاوه بر کاهش آسیب به سازه ساختمان، آسیب به اجزاء غیرسازه ای نیز باید کاهش یابد. در این خصوص باید توجه داشت در برخی از موارد، افزایش سختی سازه منجر به افزایش خسارات برخی از اجزاء غیرسازه ای به دلیل افزایش شتاب های ایجاد شده در ساختمان می شود. لذا، در ساختمان هایی که اجزاء غیرسازه ای حساس به شتاب نقش مهمی در بهره برداری و کارکرد ساختمان دارند، علاوه بر رعایت کلیه ملزومات مربوط به طراحی لرزه ای اجزاء غیرسازه ای، لازم است توجه ویژه ای به طراحی اجزاء یاد شده مبذول گردد.

با تشکر



پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله