بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

بررسی تاثیر هندسه و شکل مهاربند زانویی بر رفتار لرزه ای قابهای خمشی

استاد راهنما:

آقای دکتر اردشیر دیلمی

استاد مشاور:

آقای دکتر افشین مصلحی تبار

دانشجو:

سید حسن دشتی

۱۳۸۹

تقدیر و تشکر

از آقای دکتر دیلمی به خاطر کمکهای مداومشان در امر پروژه و همچنین از اینکه فرصت مطالعه حول این موضوع را در اختیار اینجانب قرار دادند, همچنین از تمام دوستانی که مرا در جهت انجام هر چه بهتر این پایان نامه کمک کرده اند تشکر می کنم.

چکیده

بسیاری از ساختمان های فولادی موجود در کشور به دلایلی همچون عدم کفایت طراحی و یا اجرا در مقابل زلزله بسیار آسیب پذیر بوده و نیاز به بهسازی لرزه ای دارند. یکی از عواملی که در ارائه روش مناسب بهسازی این نوع ساختمان ها باید مدنظر قرار گیرد استفاده بیشینه، از ظرفیت موجود اعضا می باشد، در غیر اینصورت حجم عملیات بهسازی و هزینه های مربوط، بسیار گزاف شده و به لحاظ اقتصادی توجیه ناپذیر خواهد گردید. از جمله روشهای موثر بهسازی لرزه ای جهت استفاده بهینه از ظرفیت باربری اعضای موجود، استفاده از روشهای کنترل غیر فعال می باشد. این روشها با کاهش نیاز لرزه ای و افزایش شکل پذیری میزان آسیب پذیری سازه را در برابر زلزله کاهش می دهند. عمده روش های کنترل هزینه بر بوده و اجرای آن نیاز به فناوری پیشرفته دارد. یکی از روشهایی که علی رغم بازدهی زیاد در بهبود عملکرد لرزه ای، اجرای آن آسان بوده و به لحاظ اقتصادی نیز مناسب می باشد، استفاده از سیستم مهاربندی زانویی [1] می باشد . این سیستم تحت زمین لرزه های شدید جذب انرژی را در طی تسلیم خمشی المان زانویی تامین میکند و به این ترتیب انرژی زلزله را مستهلك می نمایند و سایر عناصر سازه الاستیک باقی می مانند. سختی جانبی نیز توسط مهاربند قطری بدست می آید. در این پروژه رفتار لرزه ای سیستم بادبندی زانویی در قابهای خمشی با ارتفاع و دهانه های مختلف بهسازی شده توسط این سیستم بر اساس دستورالعمل بهسازی لرزه ای مورد بررسی و مقایسه قرار میگیرد.

در این مطالعه آنالیز استاتیکی غیر خطی برای قابهایی با تعداد طبقات ۳ , ۵ , ۸ با دهانه های ۴ , ۵ , ۶ , متر انجام میشود و در پایان با استفاده از نتایج تحلیل استاتیکی غیر خطی رفتار لرزه ای مدلهای مختلف مورد مقایسه قرار می گیرد.

1-Knee Bracing System

فهرست مطالب

عنوان

چکیده ب

فصل اول :

پیشگفتار

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- شرح مسئله ۲

۱-۳- هدف مسئله ۳

۱-۴- ساختار پایان نامه ۴

فصل دوم : ارزیابی و تقویت لرزه ای سازه های موجود

۲-۱- تعیین سطوح عملکرد براساس دستورالعمل بهسازی و FEMA-356 ۵

۲-۱-۱- مقدمه ۵

۲-۱-۲- سطوح عملکرد اجزای سازه ای و غیر سازه ای ۶

۲-۱-۲-۱- سطوح عملکرد اجزای سازه ای ۶

۲-۱-۲-۲- سطوح عملکرد اجزای غیر سازه ای ۷

۲-۱-۳- سطوح هدف عملکرد ساختمان ۷

۲-۱-۴- احتمال رویداد سطوح مختلف زلزله ۱۰

۲-۱-۵- سطوح بهسازی براساس «دستورالعمل و تفسیر دستورالعمل بهسازی» و FEMA-356 ۱۱

۲-۱-۵-۱- سطوح بهسازی براساس «دستورالعمل و تفسیر دستورالعمل بهسازی» ۱۱

۲-۲- روش به دست آوردن تغییر مکان هدف براساس دستورالعمل بهسازی و FEMA-356 ۱۳

۲-۲-۱- مقدمه ۱۳

۲-۲-۲- روش بدست آوردن تغییر مکان هدف ۱۴

۲-۳-روش تحلیل استاتیکی غیر خطی ۱۹

۲-۳-۱- کلیات ۱۹

۲-۳-۲- نقطه کنترل ۱۹

۲-۳-۳- توزیع بار جانبی ۱۹

۲-۳-۴- مدل رفتار دو خطی نیرو- تغییر مکان سازه ۲۰

۲-۴- ارزیابی ۲۱

۲-۴-۱- سطح بهسازی ۲۱

۲-۴-۲- کنترل عملکرد ۲۱

۲-۴-۳- عملکرد اعضا ۲۲

۲-۴-۴- ارزیابی بر اساس سطح عملکرد ۲۲

فصل سوم : معرفی و انتخاب سیستم بادبندی زانویی

۳-۱- مقدمه ۲۳

۳-۲- تحقیقات صورت گرفته بر روی سیستم بادبندی زانویی در قابهای فولادی ۲۳

۳-۲-۱- نتایج حاصل از طرح سیستم بادبندی زانویی کمانش پذیر (اوچوآ) ۲۳
۳-۲-۱-۱- مقایسه رفتار بادبندی زانویی کمانش پذیر بار رفتار سیستم بادبندی واگرا ۲۴
۳-۲-۱-۲- بررسی اثر نوع اتصال تیر به ستون بر رفتار غیر خطی قاب ۲۴
۳-۲-۱-۳- بررسی رفتار سیستم بادبندی زانویی کمانش پذیر در سازه های چند طبقه ۲۵
۳-۲-۱-۴- بررسی اثر اندازه مقطع عضو بادبند قطری بر رفتار غیرخطی ۲۵
۳-۲-۲- نتایج طرح سیستم بادبندی زانویی تعویض پذیر در قاب فولادی (اوچوآ) ۲۶
۳-۲-۲-۱- بررسی های صورت گرفته برروی قاب اول (یک طبقه) ۲۸
۳-۲-۲-۱-۱- هندسه و مشخصات اعضاء قاب اول و سیستم بادبندی ۲۸
۳-۲-۲-۱-۲- سختی و ظرفیت لنگر پلاستیک عضو زانویی نسبت به تیر و ستون ۲۹
۳-۲-۲-۱-۳- مقطع و اندازه بادبند قطری ۳۰
۳-۲-۲-۱-۴- سختی و ظرفیت لنگر پلاستیک تیر ۳۱
۳-۲-۲-۱-۵- اثر نوع اتصال تیر به ستون و تکیه گاه ۳۲
۳-۲-۲-۲- بررسی های صورت گرفته بروی قاب دوم (سه طبقه) ۳۳
۳-۲-۲-۲-۱-هندسه و مشخصات اعضاء قاب دوم و سیستم بادبندی ۳۳
۳-۲-۲-۲-۲-تاثیرات تغییر در اندازه مقطع المان قطری ۳۳
۳-۲-۲-۲-۳- تاثیرات تغییر در اندازه مقطع تیر ۳۴
۳-۲-۲-۲-۴-اثر اتصالات و تکیه گاه ها ۳۴
۳-۲-۳- نتایج آزمایشات بروی سیستم بادبندی زانویی کمانش ناپذیر (بلندرا) ۳۵
۳-۲-۳-۱- اثر پارامترهای مختلف بروی سختی اولیه سیستم ۳۵
۳-۲-۳-۳- تحلیل دینامیکی غیر خطی قاب با سیستم KBF ۳۸
۳-۲-۳-۴- مقایسه پاسخهای دینامیکی قابهای هفت طبقه با سه سیستم مختلف با استفاده از برنامه DRAIN-2D ۳۹
۳-۲-۴- نتایج تحلیل غیر خطی بادبند زانویی تعویض پذیر (مفید- خسروی) ۴۳
۳-۲-۴-۱- انتخاب شکل بهینه المان زانویی ۴۳
۳-۲-۴-۲- انتخاب شکل بهینه المان قطری و زانویی ۴۴
۳-۲-۴-۳- تخمین پاسخ غیر خطی سیستم DKB به روش نوین ۴۵
۳-۲-۴-۴- تکنیکی جدید برای طراحی المان زانویی ۴۸
۳-۲-۵- بررسی ترکیب سیستم KBF با میراگر اصطکاکی SBC (بلندرا) ۴۹
۳-۲-۵-۱- کلیات ۴۹
۳-۲-۵-۲- هدف از این بررسی ۵۰
۳-۲-۵-۳- مشخصات عمومی قاب بادبندی شده زانویی ۵۰
۳-۲-۵-۴- معرفی میراگر اصطکاکی SBC ۵۱
۳-۲-۵-۵- طراحی قاب مورد آزمایش ۵۲
۳-۲-۵-۵-۱- تیر، ستون و بادبند قطری ۵۲
۳-۲-۵-۵-۲- المان زانو ۵۲
۳-۲-۵-۵-۳- میراگر SBC ۵۳
۳-۲-۵-۷- نتایج آزمایشگاهی ۵۴
۳-۲-۵-۷-۱- پاسخ خطی ۵۵

۳-۲-۵-۷-۲- پاسخ غیر خطی ۵۶
۳-۲-۵-۸- نتایج عددی و مقایسه آن با نتایج آزمایشگاهی ۵۹
فصل چهارم : مدلسازی و ارزیابی
۴-۱- طراحی ساختمانهای فولادی مورد مطالعه توسط نرم افزار Etabs ۶۳
۴-۱-۱- معرفی ساختمان های نمونه ۶۳
۴-۱-۲- مشخصات ۶۴
۴-۱-۳- بارگذاری ۶۴
۴-۱-۳-۱- بارگذاری ثقلی ۶۴
۴-۱-۳-۲- بارگذاررری لرزه ای ۶۴
۴-۱-۴- آیین نامه طراحی ۶۶
۴-۱-۵- نتایج طراحی ۶۷
۴-۲- مدلسازی و فرضیات انجام شده برای تحلیل استاتیکی غیر خطی با استفاده از نرم افزار Perform 3D ۶۷
۴-۲-۱- معرفی نرم افزار ۶۷
۴-۲-۲- مقایسه منحنی نیرو – تغییر شکل در دستورالعمل بهسازی و پیش فرض Perform ۶۷
۴-۲-۳- نحوه مدلسازی المانها در نرم افزار Perform ۶۸
۴-۲-۳-۱- مدلسازی المان تیر ۶۸
۴-۲-۳-۲- مدلسازی المان ستون ۷۰
۴-۲-۴- وابسته کردن درجات آزادی ۷۱
۴-۲-۵- روش تحلیل ۷۲
۴-۲-۶- بارگذاری ۷۲
۴-۲-۶-۱- بارگذاری ثقلی ۷۲
۴-۲-۶-۲- توزیع بار جانبی ۷۲
۴-۲-۶-۳- ترکیب بارگذاری ثقلی و جانبی ۷۳
۴-۲-۷- پارامترهای ارزیابی اعضا ۷۳
۴-۳- ارزیابی عملکرد مدلهای قاب خمشی ۷۴
۴-۳-۱- سطح بهسازی ۷۴
۴-۳-۲- ارزیابی قابهای سه طبقه ۷۵
۴-۳-۳- ارزیابی قابهای پنج طبقه ۷۷
۴-۳-۴- ارزیابی قابهای هشت طبقه ۸۰
۴-۴- جمع بندی ۸۲
فصل پنجم : بهسازی لرزه ای قاب های خمشی
۵-۱- انتخاب مهاربند زانویی برای بهسازی مدل های مورد مطالعه ۸۳
۵-۱-۱- مشخصات اعضا ۸۴
۵-۱-۲- انتخاب مقاطع ۸۵
۵-۱-۳- انتخاب هندسه مهاربند زانویی برای بهسازی ۸۵
۵-۱-۴- کنترل های مربوط به پایداری عضو زانویی ۸۵
۵-۱-۴-۱- کمانش موضعی ۸۶
۵-۱-۴-۲- کمانش جانبی ۸۷

۵-۲- مدل سازی مهاربند زانویی در Perform ۸۷
۵-۲-۱- المان زانویی ۸۷
۵-۲-۲- المان قطری ۸۸
۵-۳- پارامترهای ارزیابی اعضا ۸۹
۵-۴- نتایج طرح های بهسازی ۸۹
۵-۵- بهسازی لرزه ای ۸۹
۵-۵-۱- بهسازی قابهای سه طبقه ۹۰
۵-۵-۲- بهسازی قابهای پنج طبقه ۹۴
۵-۵-۳- بهسازی قابهای هشت طبقه ۱۰۰
۵-۶- جمع بندی ۱۰۵
فصل ششم : مقایسه نتایج
۶-۱- قابهای سه طبقه ۱۰۷
۶-۱-۱- جابجایی نسبی هدف ۱۰۷
۶-۱-۲- برش پایه در جابجایی نسبی هدف ۱۰۹
۶-۲- قابهای پنج طبقه ۱۱۰
۶-۲-۱- جابجایی نسبی هدف ۱۱۰
۶-۲-۲- برش پایه در جابجایی نسبی هدف ۱۱۱
۶-۳- قابهای هشت طبقه ۱۱۲
۶-۳-۱- جابجایی نسبی هدف ۱۱۲
۶-۳-۲- برش پایه در جابجایی نسبی هدف ۱۱۳
۶-۴- تاثیر تغییرات ارتفاع بر روی میانگین افزایش جابجایی نسبی هدف ۱۱۴
۶-۵- تاثیر تغییرات دهانه قابها بر روی میانگین افزایش جابجایی نسبی هدف ۱۱۵
فصل هفتم : نتایج و پیشنهادات
۷-۱- خلاصه و نتیجه گیری ۱۱۷
۷-۲- پیشنهادات ۱۱۸
پیوست ۱ ۱۱۹
پیوست ۲ ۱۲۹
فهرست مراجع و ماخذ ۱۳۲

فصل اول

پیشگفتار

۱-۱- مقدمه

در سازه های فولادی، دو سیستم مقاوم در برابر زلزله، پیشینه زیادی دارند و در سطح وسیعی مورد استفاده قرار می گیرند. که عبارتند از: سیستم قاب خمشی [1] و سیستم قاب با مهاربندی همگرا [2]. قاب های خمشی که دارای ظرفیت استهلاک انرژی بالایی به واسطه تشکیل مفاصل پلاستیک در انتهای تیرها هستند، اغلب بسیار انعطاف پذیر می باشند و محدود کردن تغییر مکان جانبی در این سیستم، به خصوص در مورد سازه های بلند مرتبه، معضل اصلی طراحان می باشد. از آن جا که اتصالات گیردار تیر به ستون نقش اصلی را در رفتار لرزه ای قاب های خمشی به عهده دارند، کسب اطمینان از کیفیت و توانایی آن ها بسیار حایز اهمیت است. در کشور ما متاسفانه نحوه اجرا و کنترل کیفیت اتصالات گیردار چندان مطلوب نیست. به عنوان مثال، به کرات مشاهده می شود که جوش اتصال تیر به ستون (مستقیما و یا به وسیله ورق های تحتانی و فوقانی) به صورت جوش گوشه اجرا می شود. این در حالی است که استفاده از جوش گوشه به جای جوش نفوذی کامل در بخش هایی از سازه که متاثر از بارگذاری دینامیکی می باشند، صریحا نفی شده است . به عنوان نمونه دیگری از بی توجهی به نحوه اجرای اتصالات گیردار، می توان به عدم دقت در انتخاب نوع الکترود اشاره کرد. در ساخت و سازه های رایج در سطح کشور، استفاده از الکترود E60 مرسوم می باشد. این نوع الکترود دارای چقرمگی پایینی می باشد و در مقابل تحریکات لرزه ای شکل پذیری مناسبی از خود نشان نمی دهد. به علاوه، در پی تجربه زلزله نورتریج مشخص شده است که اتصالات متداول تا قبل از این زلزله، حتی اگر با کیفیت خوبی اجرا شده باشند، قادر به استهلاک انرژی مناسبی نیستند. بنابراین در دهه اخیر، مطالعات بسیار وسیع و سازمان یافته ای در مورد علت ناکارآمد بودن اتصالات گیردار مرسوم و نحوه ارتقای عملکرد لرزه ای این گونه اتصالات صورت گرفته است. این تحقیقات منجر به تغییرات اساسی در آیین نامه های لرزه ای و نیز ابداع اتصالات جدید از جمله اتصالات RBS و Cover Plate شده است.

در مقابل قاب های خمشی، قاب های با مهاربندی همگرا معمولا دارای سختی و مقاومت بالایی هستند. ولیکن میزان استهلاک انرژی لرزه ای آنها به علت امکان وقوع کمانش در اعضای قطری فشاری و عدم شکل پذیری، پایین است .

1-Moment Resisting Frame
2-Concentrically Braced Frame

بعلاوه، همانند قاب های خمشی، نواقص و مشکلات قابل تاملی در نحوه اجرای این سیستم مقاوم جانبی در سطح کشور وجود دارد، مثل:

- اجرای ورق کوتاه اتصال بادبند به تیر و ستون به صورت خارج از مرکز .
- عدم اتصال ورق بادبند به تیر و بعضا فاصله زیاد آن از تیر.
- اشکالات در اجرای جوش های قائم و بالاسری.
- عدم برقراری اتصال کافی بین زوج پروفیل های بادبند.
- استفاده از اعضای لاغر مهاربندی .

۱-۲- شرح مسئله

همان طور که در بخش پیش گفتار اشاره شد، هر یک از دو سیستم قاب خمشی و قاب با مهاربندی همگرا دچار محدودیتهایی می باشند. برای غلبه بر کاستی های موجود در هر یک از دو سیستم یاد شده، بیش از دو دهه قبل، سیستم مناسبی تحت عنوان قاب با مهاربندی واگرا [1] پیشنهاد شده است . امتداد راستای یک بادبند در این سیستم تعمدا دارای خروج از مرکزیت نسبت به محل تقاطع تیر و ستون یا محل مقاطع تیر و بادبند دیگر می باشد. با انتخاب مناسب مقدار خروج از مرکزیت، قاب تا حد قابل توجهی سختی خود را حفظ خواهد کرد، ضمن این که به سبب تسلیم برشی در قسمت کوتاهی از تیر (موسوم به تیر رابط یا تیر پیوند)، شکل پذیری لازم احراز خواهد شد.

تفکر اولیه در ابداع بادبندی های واگرا، ایجاد تیر رابط کوتاه جهت وقوع تسلیم برشی بوده است. لیکن گاهی اوقات برای ایجاد فضاهای معماری باز، چاره ای جز استفاده از تیرهای رابط بلند وجود ندارد. در این حالتها، انرژی به سبب تشکیل مفاصل پلاستیک خمشی در دو انتهای تیر رابط مستهلک خواهد شد. عملکرد ضعیف تر تیرهای رابط بلند نسبت به رابط های کوتاه با آزمایشهای متعدد به اثبات رسیده است .

علی رغم عملکرد مطلوب قاب های با مهاربندی های واگرا در مقابل بارهای لرزه ای نقاط ضعف مهمی نیز در این نوع سیستم مقاوم در برابر زلزله، وجود دارد. از جمله این که بر اثر وقوع تغییر شکل های غیر الاستیک قابل توجه در تیر رابط پس از یک زلزله شدید، تراز طبقات ساختمان دچار تابیدگی قابل توجه خواهند شد. در این صورت، بهره وری ساختمان پس از زلزله، میسر نخواهد بود، ضمن این که بازسازی تیرهای رابط نیز که بخشی از تیر اصلی هستند، هزینه بر می باشد. جهت سهولت در امر بازسازی ساختمان های مهاربندی شده با سیستم واگرا، در دو دهه اخیر، تفکر جدیدتری در طراحی سازه های فولادی شکل گرفته است. بدین ترتیب که، به جای به تسلیم کشاندن بخشی از تیر که به عنوان یک عضو اصلی و درجه یک در سازه محسوب می شود، عضوی فرعی در سازه تعبیه شده تا استهلاک انرژی در این عضو فرعی رخ دهد. در سال ۱۹۸۶ مهندس طراحی بنام آریستیزابال اوچوآ [2] سیستمی را تحت عنوان بادبند زانویی تعویض پذیر معرفی کرد.

1-Eccentrically Braced Frame (EBF)
2-Aristizabal Ochoa

در این سیستم انتهای المان قطری به جای اتصال به تقاطع تیر و ستون به نقطه ای از المان زانویی متصل شده که این عضو زانویی خود بین تیر و ستون یا تیر و تکیه گاه قرار گرفته است. رفتار این سیستم بدین طریق است که در زلزله های کوچک و متوسط، سختی و مقاومت جانبی از طریق عضو بادبند قطری حاصل می گردد. در زلزله های شدید سازه از طریق تسلیم شدن (تنها) المان زانویی وارد مرحله غیر خطی شده و استهلاک انرژی ناشی از زلزله توسط تغییر شکلهای غیر ارتجاعی عضو زانویی تامین می گردد. طراحی این سیستم بادبندی به گونه ای صورت می گیرد که تغییر شکل های غیر ارتجاعی فقط محدود به المان زانویی می گردد و سایر اعضا اصلی سازه در حالت ارتجاعی و سرویس دهی خود باقی بمانند. تعویض آسان قطعه آسیب دیده در زلزله باعث ساده نمودن تعمیر و کاهش هزینه بازسازی می شود.

در طرح اوچوآ فرض بر این بود که بادبند فشاری کمانش کند و تنها بادبندهای کششی بدون اینکه دچار تسلیم شوند، وظیفه تامین شکل پذیری و اتلاف انرژی را از طریق تسلیم عضو زانویی به عهده داشته باشند. این فرض با اینکه می توانست شکل پذیری زیادی را نسبت به بادبندی ضربدری ایجاد کند و از تجمع تغییر شکلها در سیکلهای متعدد جلوگیری کند یعنی تغییر شکل غیرارتجاعی ایجاد شده در مرحله رفت عضو زانویی می توانست در مرحله برگشت جبران شده و آماده جذب انرژی در سیکل بعدی باشد ولی با این حال به خاطر کمانش عضو فشاری با مشکل کاهش ناگهانی سختی و پدیده لاغر شدگی در حلقه های هیسترزیس روبه رو بوده. در نتیجه رفتار چرخه ای این سیستم با پدیده لاغر شدگی در حلقه های هیسترزیس روبرو است که عملکرد جذب انرژی مناسبی نداشته است. پس از آن محقق دیگری بنام بلندرا[1] پیشنهاد داد به منظور بهبود رفتار لرزه ای این سیستم فقط از یک مهاربند قطری استفاده شود و آن بادبند به گونه ای طرح شود که در اثر فشار کمانش نکند. که در این پایان نامه از سیستم ارائه شده توسط آقای بلندرا استفاده شده است.

در این پایان نامه :

قابهای خمشی فولادی با تعداد طبقات و طول دهانه های متفاوت که بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم طراحی شده اند، با استفاده از سیستم مهاربند زانویی به نحوی بهسازی شده اند که معیارهای دستورالعمل بهسازی لرزه ای ایران و آیین نامه FEMA[2] – 356 را برآورده سازند. سپس به بررسی نتایج بین مدلهای مختلف می پردازیم.

1-Balendra

2-Federal Emergency Management Agency (FEMA)

۱-۳- هدف مسئله

با توجه به اینکه بسیاری از ساختمانهای فولادی موجود در کشور به دلایلی همچون عدم کفایت طراحی و یا اجرا در مقابل زلزله بسیار آسیب پذیر بوده از اینرو در این پایان نامه عملکرد لرزه ای قابهای خمشی مورد تحقیق قرار گرفته اند. بر این اساس، سه هدف عمده در این پروژ دنبال می گردد.

۱- بررسی عملکرد لرزه ای ساختمانهای فولادی موجود با قاب خمشی، طراحی شده بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم تحت سطح عملکرد تعریف شده طبق دستورالعمل بهسازی لرزه ای ایران و FEMA – 356

۲- بهسازی لرزه ای قابهای دو بعدی مدل شده توسط سیستم مهاربند زانویی در دو حالت $(\frac{h}{H}=0.25)$ و $(\frac{h}{H}=0.3)$ و بررسی رفتار لرزه ای قابهای بهسازی شده با این دو روش بر اساس معیارهای پذیرش .

۳- مقایسه دو طرح تقویت مذکور از نظر عملکرد لرزه ای و انتخاب طرح ارجح .

۱-۴- ساختار پایان نامه

مطالب موجود در این پایان نامه به صورت زیر سازماندهی شده اند :

در فصل اول کلیات , شرح مسئله , هدف مسئله و سازماندهی مطالب مندرج در پایان نامه آورده شده است .

در فصل دوم روشهای ارزیابی لرزه ای سازه های مورد بررسی قرار می گیرد .

در فصل سوم معرفی سیستم بادبندی زانویی به صورت کامل بر اساس تحقیقات قبلی آورده شده است .

در فصل چهارم عملکرد لرزه ای سازه های فولادی با قابهای خمشی مورد بررسی قرار گرفته است .

در فصل پنجم به مطالعه بهسازی لرزه ای بر روی مدلهای ساخته شده می پردازیم .

در فصل ششم به مقایسه نتایج حاصل از مدلهای ساخته شده می پردازیم .

در فصل هفتم نتایج کلی و پیشنهادات در خصوص طرح بهسازی لرزه ای ارائه شده است .

فصل دوم

ارزیابی و تقویت لرزه ای سازه های موجود

۲-۱- تعیین سطوح عملکرد براساس دستورالعمل بهسازی و FEMA-356

۲-۱-۱- مقدمه

به زبان ساده هدف از بهسازی لرزه ای ساختمان این است که اعضای سازه ای و ملحقات غیر سازه ای به گونه ای تقویت شوند که در صورت وقوع زلزله، آسیب های کمتری به این اجزاء وارد شود. نویسندگان آیین نامه های FEMA-356 و ATC-40 با توجه به اهمیت ساختمان و کارایی آن بعد از وقوع زمین لرزه، آسیب های احتمالی را تقسیم بندی و سطوح بهسازی را بر این اساس تعریف کرده اند. این آیین نامه ها کل ساختمان را به دو گروه اجزای سازه ای و اجزای غیر سازه ای تقسیم بندی کرده و برای هر کدام از اجزای سازه ای و غیر سازه ای یک سری معیارها از سطح کارکرد کامل تا خرابی های زیاد برای یک زلزله با دوره بازگشت معین در نظر گرفته اند. به عنوان مثال برای ساختمان هایی که بعد از زلزله باید سرویس دهی خود را کاملاً حفظ کنند بالاترین سطح بهسازی و برای ساختمان هایی که بعد از زلزله تنها سازه ساختمان نباید دچار فرو ریزش شود پایین ترین سطح بهسازی را تعریف کرده اند. در بالاترین سطح بهسازی، اجزای سازه ای و غیر سازه ای نباید دچار خسارت و خرابی شوند یا اگر احتمالاً خرابی در این اجزا به وجود آید، بتوان آن ها را سریعاً به قابلیت سرویس دهی کامل رساند. در پایین ترین سطح بهسازی، اجزای سازه ای می توانند به حد گسیختگی برسند و تغییر شکل های ماندگار در سازه به وجود آید و اجزای غیر سازه ای نیز دیگر کارایی نداشته باشند ولی اسکلت ساختمان باید حفظ شود، به گونه ای که افراد بتوانند از ساختمان خارج شوند و خسارات جانی به بار نیاید. بقیه سطوح معرفی شده در این آیین نامه ها در بین این دو سطح قرار دارند. [۱]

با توجه به نظر کارفرما و انتظاراتی که از عملکرد ساختمان بعد از زلزله می رود، برای مهندس بهساز مشخص می شود که به عنوان مثال اجزای سازه ای و غیر سازه ای باید تا چه حد دچار خرابی شوند و تا چه حد کارایی خود را حفظ کنند. طراحی و بهسازی در FEMA-356 و دستورالعمل بهسازی بر مبنای سطوح عملکرد است. به همین دلیل لازم است برای انتخاب مناسب هدف بهسازی، طراح آشنایی کامل با سطوح مختلف عملکرد [1] ساختمان داشته باشد و کارفرما را نیز با این مبانی آشنا کند و در هماهنگی با صاحب ساختمان سطح عملکرد مورد نظر را انتخاب کند. در ادامه در این فصل بعضی از مفاهیم اصلی رایج در تعیین سطوح عملکرد ساختمان را توضیح می دهیم و سپس سطوح مختلف عملکرد را براساس FEMA-356 و دستورالعمل بهسازی تشریح می کنیم. [۱]

1-Performance Level

۲-۱-۲- سطوح عملکرد اجزای سازه ای[۱] و غیر سازه ای[۲]

سطوح عملکرد ساختمان بر مبنای عملکرد اجزای سازه ای و غیر سازه ای تعریف می شود. این سطوح عملکرد براساس میزان ترک خوردگی یا خرابی اجزای سازه ای و غیر سازه ای تعریف می شود، تا انتخاب سطح عملکرد مناسب توسط طراح یا صاحب ساختمان بیش تر قابل درک باشد. [۱]

۲-۱-۲-۱- سطوح عملکرد اجزای سازه ای

منظور از اجزای سازه ای ستون ها، تیرها، بادبندها، دیوارهای بتنی، دیوارهای پر کننده با مصالح بنایی غیر مسلح، پی ها، دیافراگم ها و... است. معیارهای سطح عملکرد اجزای سازه ای با توجه به نوع سیستم سازه ای و اصلی یا غیر اصلی بودن عضو و همچنین تغییر مکان جانبی گذرا و ماندگار تقسیم بندی می شوند. منظور از تغییر مکان جانبی گذرا حداکثر تغییر مکان نسبی جانبی طبقات است که پیش بینی می شود در طول وقوع زلزله طرح در ساختمان ایجاد شود همچنین منظور از تعیین مکان جانبی ماندگار حداکثر تغییر مکان نسبی جانبی طبقات است که پس از وقوع زلزله به دلیل رفتار خمیری یا ترک خوردگی در سازه باقی می ماند. عملکرد اجزای سازه ای به اختصار با یک شماره نشان داده می شود، همچنین حرف S مخفف Structural است. این سطوح مطابق جدول ۱-۱ طبقه بندی شده اند. [۱]

جدول ۲-۱- اصطلاحات بکار رفته در دستورالعمل بهسازی و FEMA-356 برای سطوح عملکرد اجزای سازه ای[۱]

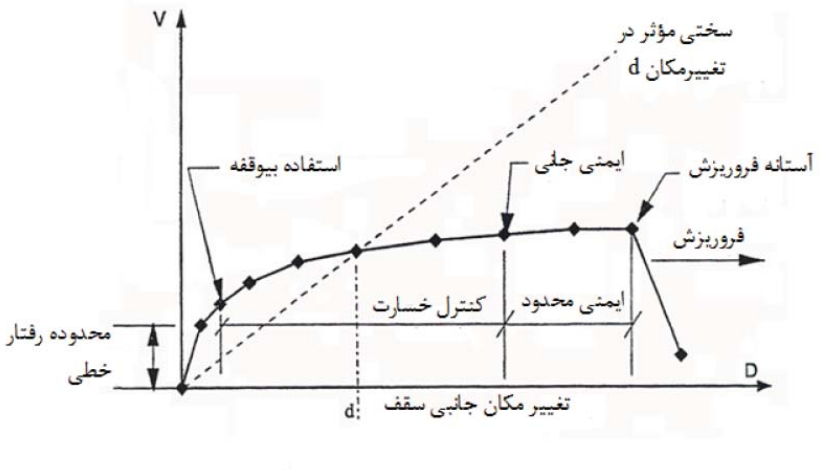
اصطلاح معادل FEMA در دستور العمل بهسازی	اصطلاح به کار رفته در FEMA
قابلیت استفاده بی وقفه	Immediate Occupancy Level (S-1)
ایمنی جانی	Life Safety Level (S-3)
آستانه فرو ریزش	Collapse Prevention Level (S-5)

در سطح عملکردی قابلیت استفاده بی وقفه [۳] خرابی های ایجاد شده در سازه محدود است و سختی سازه زیاد تغییر نمی کند.

در سطح عملکردی ایمنی جانی [۴] ساختمان دچار خرابی های قابل توجهی می شود و سختی سازه به مقدار چشم گیری کاهش می یابد، ولی به هر حال در این حالت حاشیه ایمنی قابل توجهی برای جلوگیری از فرو ریزش سازه وجود دارد.

در سطح عملکردی آستانه فروریزش [۵] ساختمان دچار خرابی های گسترده و فراوانی می شود. اگر سازه دچار تغییر مکان های بیش از این حد شود، سازه ناپایدار می گردد و فرو می ریزد. در شکل (۲-۱) سطوح عملکردی متفاوت سازه با توجه به منحنی نیرو- تغییر مکان جانبی در سازه شکل پذیر نشان داده شده است . [۱]

1-Structural
2-Nonstructural
3-Immediate Occupancy Level
4-Life safety Level
5-Collapse Prevention Level



شکل ۲-۱- منحنی ظرفیت تیپ[۲]

۲-۱-۲-۲- سطوح عملکرد اجزای غیر سازه ای

منظور از اجـزای غیـر سـازه ای اجـزای معمـاری، اجـزای تأسیسـات مکـانیکی و برقـی سـاختمان اسـت. معیارهـای سـطح عملکرد اجزای غیـر سـازه ای مربـوط بـه معمـاری سـاختمان شـامل نماسـازی، دیوارهـای داخلـی و تیغـه بنـدی، سـقف هـا، دیـوار دسـت انـداز، دودکـش، پلـه هـا و درهاسـت. معیارهـای سـطح عملکـرد اجـزای غیـر سـازه ای مربـوط بـه تأسیسـات مکـانیکی و برقـی شـامل آسانسـورها، تأسیسـات تجهیـزات سـاخت، کانـال، لولـه هـا، سیسـتم آب پـاش از سـقف بـرای اطفـای حریـق و سیسـتم تشـخیص و اعـلام حریـق، درهـا، روشـنایی اضـطراری، سیسـتم توزیـع بـرق و اتصـالات چـراغ هاست.

عملکرد اجزای غیـر سـازه ای بـه اختصـار بـا حـرف N نشـان داده مـی شـود ، ایـن سـطوح مطـابق جـدول (۲-۲) طبقـه بندی شده اند. [۱]

جدول ۲-۲- اصطلاحات به کار رفته در دستورالعمل بهسازی و FEMA-356 برای عملکرد اجزای غیر سازه ای[۱]

اصطلاح معادل در دستورالعمل بهسازی	اصطلاح به کار رفته در FEMA
خدمت رسانی بی وقفه	Operational Nonstructural Performance Level (N-A)
قابلیت استفاده بی وقفه	Immediate Occupancy Nonstructural Performance Level (N-B)
ایمنی جانی	Life Safety Nonstructural Peformance Level (N-C)
لحاظ نشده	Nonstructural Performance Not Considered (N-E)

۲-۱-۳- سطوح هدف عملکرد ساختمان

بـا توجـه بـه ایـن کـه از سـطوح عملکـرد اجـزای سـازه ای و غیـر سـازه ای در جـدول معرفـی شـده توسـط FEMA-356و دستورالعمل بهسـازی بـرای تعیـین سـطوح بهسـازی اسـتفاده شـده اسـت، بنـابراین ایـن سـطوح عملکـردی در ادامـه به صورت کامل توضیح داده می شود.

- **سطح عملکرد «خدمت رسانی بی وقفه»**

ساختمانی دارای سطح عملکرد «خدمت رسانی بی وقفه» است که اجزای سازه ای آن دارای سطح عملکرد ۱ (قابلیت استفاده بی وقفه) و اجزای غیر سازه ای آن دارای سطح عملکرد A (خدمت رسانی بی وقفه) باشند. در مجموع می توان گفت در سطح عملکردی A-1 خسارت کلی ساختمان بسیار کم است. سطح عملکرد ۱ در اجزای سازه ای (S-1) و سطح عملکرد A در اجزای غیر سازه ای (N-A) به طور کامل در زیر توضیح داده شده است.

- **سطح عملکرد ۱ برای اجزای سازه ای – قابلیت استفاده بی وقفه**

سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه به سطح عملکردی اطلاق می گردد که پیش بینی شود بر اثر وقوع زلزله مقاومت و سختی اجزای سازه تغییر قابل توجهی پیدا نکند و استفاده بی وقفه از آن ممکن باشد. بنابراین در اعضای سازه ای سختی و مقاومت اعضا تقریباً تغییری نمی کند و تغییر شکل ماندگار و ترک خوردگی در اعضا ایجاد نمی شود.

- **سطح عملکرد A برای اجزای غیر سازه ای – خدمت رسانی بی وقفه**

سطح عملکرد خدمت رسانی بی وقفه به سطح عملکردی اطلاق می گردد که پیش بینی شود اجزای غیر سازه ای بر اثر زلزله دچار خرابی بسیار جزئی شوند، به گونه ای که خدمت رسانی ساختمان پیوسته انجام شود. بنابراین در اعضای غیر سازه ای تمام سیستم های لازم برای عملکرد ساختمان فعال باقی می مانند و دیوارهای داخلی و نما و سقف ها ترک نمی خورند. خرابی های ناچیز ایجاد می شود و سیستم تأسیسات و برق رسانی فعال باقی می مانند.

- **سطح عملکرد «قابلیت استفاده بی وقفه»**

ساختمانی دارای سطح عملکرد «قابلیت استفاده بی وقفه» است که اجزای سازه ای آن دارای سطح عملکرد ۱ (قابلیت استفاده بی وقفه) و اجزای غیر سازه ای آن دارای سطح عملکرد B (قابلیت استفاده بی وقفه) باشند. در مجموع می توان گفت در سطح عملکردی B-1 خسارت کلی ساختمان کم است. سطح عملکرد ۱ در اجزای سازه ای (S-1) و سطح عملکرد B در اجزای غیر سازه ای (N-B) به طور کامل در زیر توضیح داده شده است.

- **سطح عملکرد ۱ برای اجزای سازه ای – قابلیت استفاده بی وقفه**

سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه به سطح عملکردی اطلاق می گردد که پیش بینی شود بر اثر وقوع زلزله مقاومت و سختی اجزای سازه تغییر قابل توجهی نکند و استفاده بی وقفه از آن ممکن باشد. بنابراین در اعضای سازه ای سختی و مقاومت اعضا تقریباً تغییری نمی کند و تغییر شکل ماندگار و ترک خوردگی در اعضا ایجاد نمی شود.

- **سطح عملکرد B برای اجزای غیر سازه ای – قابلیت استفاده بی وقفه**

سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه به سطح عملکردی اطلاق می گردد که پیش بینی شود اجزای غیر سازه ای بر اثر زلزله دچار خرابی جزئی شوند، به گونه ای که پس از زلزله راه های دسترسی و فرار مانند درا، راهروها، پله ها، آسانسورها، و روشنایی آن ها مختل نشود و استفاده از ساختمان بی وقفه میسر باشد. بنابراین اعضای غیر سازه ای همانند آسانسورها قابل استفاده مجدد باقی می مانند و تجهیزات اطفای حریق قابل استفاده اند. تأسیسات ساختمان دچار خرابی ناچیز می شوند ولی با تعمیرات جزئی قابل استفاده خواهند بود.

- **سطح عملکرد «ایمنی جانی»**

ساختمانی دارای سطح عملکرد «ایمنی جانی» است که اجزای سازه ای آن دارای سطح عملکرد ۳ (ایمنی جانی) و اجزای غیر سازه ای آن دارای سطح عملکرد C (ایمنی جانی) باشند. در مجموع می توان گفت در سطح عملکردی C-3 خسارت کلی ساختمان متوسط میباشد . سطح عملکرد ۳ در اجزای سازه ای (S-3) و سطح عملکرد C در اجزای غیر سازه ای (N-C) به طور کامل در زیر توضیح داده شده است.

- **سطح عملکرد ۳ برای اجزای سازه ای – ایمنی جانی**

سطح عملکرد ایمنی جانی به سطح عملکردی اطلاق می گردد که پیش بینی شود بر اثر وقوع زلزله خرابی در سازه ایجاد شود، اما خرابی ها به اندازه ای نباشد که منجر به خسارت جانی گردد. بنابراین در اعضای سازه ای سختی و مقاومت باقی مانده در تمام طبقات وجود خواهد داشت. سیستم باربر ثقلی عمل می کند و گسیختگی دیوارها در خارج از صفحه آن ها رخ نمی دهد. همچنین تغییر شکل های ماندگار در سازه به وجود خواهد آمد.

- **سطح عملکرد C برای اجزای غیر سازه ای – ایمنی جانی**

سطح عملکرد ایمنی جانی به سطح عملکردی اطلاق می گردد که پیش بینی خرابی اجزای غیر سازه ای بر اثر زلزله خطر جدی برای جان ساکنان به وجود نیاورد. بنابراین در اعضای غیر سازه ای از خطرات فرو ریزش اشیا جلوگیری می شود، اما بسیاری از تأسیسات ساختمان و عناصر معماری صدمه خواهند دید.

- **سطح عملکرد «آستانه فرو ریزش»**

ساختمانی دارای سطح عملکرد «آستانه فرو ریزش» است که اجزای سازه ای آن دارای سطح عملکرد ۵ (آستانه فرو ریزش) باشند. در این حالت محدودیتی برای سطح عملکرد اجزای غیر سازه ای وجود ندارد (سطح عملکرد لحاظ نشده E). در مجموع می توان گفت در سطح عملکردی 5-E خسارت کلی ساختمان شدید است. سطح عملکرد ۵ در اجزای سازه ای (S-5) و سطح عملکرد E در اجزای غیر سازه ای (N-E) به طور کامل در زیر توضیح داده شده است.

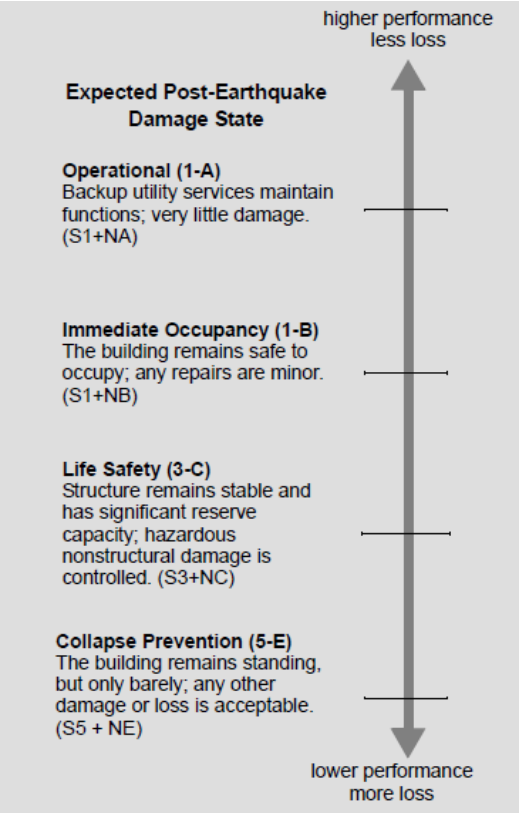
- **سطح عملکرد ۵ برای اجزای سازه ای – آستانه فرو ریزش**

سطح عملکرد آستانه فرو ریزش به سطح عملکردی اطلاق می گردد که پیش بینی شود بر اثر وقوع زلزله خرابی گسترده در سازه ایجاد گردد، اما ساختمان فرو نریزد و تلفات جانی به حداقل برسد. بنابراین در اعضای سازه ای سختی و مقاومت باقی مانده ناچیز است، ولی ستون ها و دیوارها عمل می کنند. همچنین تغییر شکل های ماندگار زیاد است و دیوارها و دست اندازهای مهار نشده گسیخته می شوند. با توجه به شرایط به وجود آمده ساختمان در آستانه فرو ریزش است.

- **سطح عملکرد E برای اجزای غیر سازه ای – لحاظ نشده**

چنان چه برای عملکرد اجزای غیر سازه ای سطح عملکرد خاصی انتخاب نشده باشد، سطح عملکرد اجزای غیر سازه ای لحاظ نشده نامیده می شود. بنابراین در اعضای غیر سازه ای خرابی های گسترده ایجاد می شود.

در شکل (۲-۳) سطوح عملکردی با کمترین خرابی (S1+NA) تا سطوح عملکردی با بیشترین خرابی (S5+NE) به صورت شماتیک نشان داده شده است. [۱]



شکل۲-۲- سطح عملکردی اجزای سازه ای و غیر سازه[۳]

۲-۱-۴- احتمال رویداد سطوح مختلف زلزله

احتمال رویداد سطوح مختلف در نظر گرفته شده در FEMA-356 و دستورالعمل بهسازی براساس جدول (۲-۳) است.

جدول ۲-۳- احتمال رویداد سطوح مختلف در نظر گرفته شده در FEMA-356 و دستور العمل بهسازی[۱]

Earthquake Having Probability of Exceedance	Mean Return Period (years)
50% / 50 year	72
20% / 50year	225
10% / 50year	474
2% / 50year	2475

میانگین پریود بازگشت زلزله های بالا عموماً به اعداد ۷۵، ۲۲۵، ۵۰۰ و ۲۵۰۰ گرد می شود. [۱]

- **سطح خطر-۱**

این سطح خطر براساس ۱۰٪ احتمال رویداد در ۵۰ سال که معادل ۴۷۵ سال است، تعیین می شود. سطح خطر -۱ در استاندارد ۲۸۰۰ ایران «زلزله طرح» (DBE) نامیده می شود. این سطح خطر زلزله در FEMA-356 (BSE-1)[1] نامیده می شود.

- **سطح خطر-۲**

این سطح خطر براساس ۲٪ احتمال رویداد در ۵۰ سال که معادل ۲۴۷۵ سال است، تعیین می شود. سطح خطر -۲ به عنوان بیشینه زلزله محتمل (MPE) نامیده می شود. این سطح خطر زلزله در FEMA-356, (BSE-2)[2] نامیده می شود. جنبش های زمین در زلزله MPE تقریباً ۱/۲۵ تا ۱/۵ برابر زلزله DBE است.

- **سطح خطر انتخابی**

(زلزله با هر احتمال رویداد در ۵۰ سال): این سطح خطر برای موارد خاص و با ملاحظات ویژه، مناسب است.

۲-۱-۵- سطوح بهسازی براساس «دستورالعمل و تفسیر دستورالعمل بهسازی» و FEMA-356

در FEMA-356 سطوح بهسازی نسبت به دستورالعمل و تفسیر دستورالعمل بهسازی به صورت واضحتری تشریح شده است , همچنین سطوح بهسازی این دو در بعضی موارد مقداری با یکدیگر متفاوت اند به همین دلیل برای درک بهتر به تشریح و مقایسه آنها با یکدیگر می پردازیم .

۲-۱-۵-۱- سطوح بهسازی براساس «دستورالعمل و تفسیر دستورالعمل بهسازی»

سطوح بهسازی براساس دستورالعمل بهسازی و تفسیر دستورالعمل بهسازی به طور خلاصه در جدول زیر آورده شده است. براساس دستورالعمل بهسازی سطح بهسازی انتخابی باید ضوابط جدول (۲-۴) را تأمین کند.

جدول ۲-۴- سطوح بهسازی مطابق دستورالعمل و تفسیر دستورالعمل بهسازی[۴]

	سطح عملکرد ساختمان			
سطح خطر زلزله	آستانه فروریزش (E-۵)	ایمنی جانی (C-۳)	قابلیت استفاده بی وقفه (B-۱)	خدمت رسانی بی وقفه (A-۱)
۵۰ درصد در ۵۰ سال	d	c	b	a
۲۰ درصد در ۵۰ سال	h	g	f	e
۱۰درصدر در ۵۰ سال(سطح خطر ۱)	l	k	j	i
۲ درصد در ۵۰ سال (سطح خطر ۲)	p	o	n	m

در بهسازی مبنا باید سطح عملکرد k و در بهسازی مطلوب باید سطوح عملکرد p,k هر دو با هم تأمین گردد. در بهسازی ویژه باید سطوح عملکرد k , p هر دو با هم به علاوه یکی از سطوح n و j و f و b و i و e و a تأمین گردد. (تأمین یکی از سطوح m , n , o به تنهایی نیز بهسازی ویژه محسوب می شود.) در بهسازی محدود می تواند سطح عملکرد p به طور جداگانه تأمین گردد. (تأمین سطوح عملکرد l , h , d , g , c متناظر با بهسازی محدود است.) [۱]

1- Basic Safety Earthquake 1
2- Basic Safety Earthquake 2

بهسازی مبنا

براساس دستورالعمل بهسازی، در بهسازی مبنا انتظار می رود که تحت زلزله «سطح خطر-۱» ایمنی جانی ساکنان تأمین گردد. براساس تفسیر دستورالعمل بهسازی، در بهسازی مبنا هدف ارتقای عملکرد ساختمان به حداقل مورد قبول براساس آیین نامه های طرح ساختمان ها در برابر زلزله است. انتظار می رود میزان خرابی و خسارت جانی در ساختمان های بهسازی شده براساس این بند قدری بیش از ساختمان های جدیدی باشد که براساس آیین نامه های زلزله و با کیفیت خوب اجرا می شوند.

بهسازی مطلوب

براساس دستورالعمل بهسازی، در بهسازی مطلوب انتظار می رود که هدف بهسازی مبنا تأمین شده و علاوه بر آن تحت زلزله «سطح خطر-۲» ساختمان فرو نریزد. براساس تفسیر دستورالعمل بهسازی، در بهسازی مطلوب دو سطح عملکرد برای ساختمان در نظر گرفته می شود، در زلزله «سطح خطر-۱» ایمنی جانی ساکنین تأمین گردد و در زلزله شدید «سطح خطر-۲» ساختمان فرو نریزد. در این حالت عملکرد ساختمان تحت زلزله شدید نیز باید بررسی شود.

بهسازی ویژه

براساس دستورالعمل بهسازی، در بهسازی ویژه، نسبت به بهسازی مطلوب عملکرد بالاتری برای ساختمان مدنظر قرار می گیرد. بدین منظور سطح عملکرد بالاتری برای ساختمان تحت همان سطوح خطر زلزله مورد استفاده در بهسازی مطلوب در نظر گرفته یا با حفظ سطح عملکرد مشابه بهسازی مطلوب، سطوح خطر زلزله بالاتری در ظنر گرفته می شود. براساس تفسیر دستورالعمل بهسازی، برای ساختمان های مهم مانند بیمارستان ها، نیروگاه ها و غیره هنگام زلزله عملکرد بهتری نسبت به ساختمان های عادی در نظر گرفته می شود، زیرا در این گونه ساختمان ها لازم است خدمت رسانی پس از زلزله بدون وقفه انجام شود. برای رسیدن به این هدف باید سطوح عملکرد بالاتری برای ساختمان در نظر گرفت.

بهسازی محدود

براساس دستورالعمل بهسازی، در بهسازی محدود عملکرد پایین تری از بهسازی مبنا در نظر گرفته می شود، به گونه ای که حداقل یکی از اهداف زیر برآورده شود:

- تحت زلزله خفیف تر از زلزله «سطح خطر-۱» ایمنی جانی ساکنان تأمین گردد (سطح عملکرد C-3).
- تحت زلزله ای برابر یا خفیف تر از «سطح خطر -۱» سطوح عملکردی C-4, D-4, E-4, C-5, D-5 E-5 تأمین گردد.

براساس تفسیر دستورالعمل بهسازی، در صورتی که به دلیل محدودیت های مالی یا اجرایی، بهسازی مبنا میسر نباشد، ممکن است بهسازی در سطح عملکرد پایین تری در نظر گرفته شود یا به ازای سطح عملکرد مورد نظر زلزله ضعیف تری انتخاب شود.

بهسازی موضعی

براساس دستورالعمل بهسازی، بهسازی موضعی بخشی از یک طرح بهسازی کلی است که به دلایلی در شرایط موجود فقط بخشی از آن اجرا می شود. در این حالت، بهسازی باید به گونه ای پیش بینی و اجرا شود که هدف بهسازی بخش های دیگر در مراحل بعدی برآورده شود. بهسازی موضعی باید با توجه به موارد زیر انجام شود:

- بهسازی موضعی ساختمان نباید منجر به پایین آمدن سطح عملکرد قبلی ساختمان موجود شود و باعث افزایش نیروهای نشای از زلزله در اعضایی که وضعیت بحرانی دارند، نشود.
- بهسازی موضعی نباید منجر به نامنظم شدن یا افزایش نامنظمی ساختمان شود.

براساس تفسیر دستورالعمل بهسازی، در صورتی که به دلیل محدودیت های مالی یا اجرایی، بهسازی تمام ساختمان میسر نباشد، عملیات بهسازی ممکن است در چند مرحله انجام شود. در آن صورت بهسازی در هر مرحله