

دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود

تفسیر دستورالعمل بهسازی
لرزه ای ساختمانهای موجود

دستورالعمل بهسازی لرزه ای
ساختمانهای موجود

مفاهیم و مقدمات بهسازی لرزه ای

زمستان ۱۳۹۶

بهرخ حسینی هاشمی

پژوهشگاه بین المللی
زلزله شناسی و مهندسی زلزله

دفتر امور فنی و تدوین معیارها
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

پژوهشگاه بین المللی
زلزله شناسی و مهندسی زلزله

دفتر امور فنی و تدوین معیارها
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور



- ضرورت تدوین دستورالعمل
- قلمرو دستورالعمل
- نیاز یا عدم نیاز به بهسازی
- فلسفه مورد استفاده در تدوین دستورالعمل
- هدف بهسازی
- سطوح عملکرد ساختمان
- راهکارهای بهسازی لرزه ای
- مراحل بهسازی لرزه ای



- ضرورت تدوین دستورالعمل
- قلمرو دستورالعمل
- نیاز یا عدم نیاز به بهسازی
- فلسفه مورد استفاده در تدوین دستورالعمل
- هدف بهسازی
- سطوح عملکرد ساختمان
- راهکارهای بهسازی لرزه ای
- مراحل بهسازی لرزه ای

ضرورت تدوین دستورالعمل

- لرزه خیزی کشور
- تحولات در آیین نامه ها
- عدم رعایت ضوابط آیین نامه ها در طراحی
- عدم رعایت ضوابط صحیح اجرایی
- تغییر در کاربری
- زوال مصالح



➤ ضرورت تدوین دستورالعمل

➤ قلمرو دستورالعمل

➤ نیاز یا عدم نیاز به بهسازی

➤ فلسفه مورد استفاده در تدوین دستورالعمل

➤ هدف بهسازی

➤ سطوح عملکرد ساختمان

➤ راهکارهای بهسازی لرزه ای

➤ مراحل بهسازی لرزه ای

قلمرو دستورالعمل

- ارزیابی ساختمانهای موجود و یا بهسازی شده و راهکارهای بهسازی آنها.
- ارزیابی لرزه ای تمام ساختمانها مستقل از میزان اهمیت، نوع بهره برداری و تاریخچه ساختمان.
- استفاده از این دستورالعمل برای ارزیابی بعضی از ساختمان های خاص که خود دارای ضوابط خاص طراحی هستند، نظیر سدها، پل ها، اسکله ها، سازه های دریایی و نیروگاه های هسته ای بطور کامل امتحان نشده است.
- ساختمان های خاص تاسیسات زیربنایی و شریان های حیاتی مشمول این دستورالعمل نمی باشند.
- بناهایی که با گل و یا خشت ساخته می شوند نیز مشمول این دستورالعمل نمی باشند.
- از ضوابط دستورالعمل برای ارزیابی ساختمان هایی که تحت اثر بار ثقلی توام با بار باد قرار دارند نمی توان استفاده نمود.
- از ضوابط دستورالعمل برای مرمت و بازسازی ساختمان های آسیب دیده در اثر زلزله نمی توان استفاده کرد.



- ضرورت تدوین دستورالعمل
- قلمرو دستورالعمل
- نیاز یا عدم نیاز به بهسازی
- فلسفه مورد استفاده در تدوین دستورالعمل
- هدف بهسازی
- سطوح عملکرد ساختمان
- راهکارهای بهسازی لرزه ای
- مراحل بهسازی لرزه ای

نیاز یا عدم نیاز به بهسازی

ساختمان هایی که یکی از شرایط زیر را داشته باشند نیازی به بهسازی لرزه ای ندارند.

۱- ساختمان هایی که مطابق مستندات و اطلاعات وضعیت موجود، با توجه به درجه ای اهمیت آن ها براساس **آخرین ویرایش** استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۰۰ **طراحی و اجرا** شده باشند، نیازی به ارزیابی و بهسازی لرزه ای براساس این دستورالعمل را ندارند، مگر آنکه درجه اهمیت فعلی آن ها بیش از میزان مفروض در طراحی اولیه ای آن ها بوده و یا سطح خطر زلزله موردنظر از سطح خطر موجود در طراحی اولیه مطابق آن استاندارد بیشتر باشد.

۲- ساختمان های موجودی که مطابق این دستورالعمل، معیارهای ارزیابی لرزه ای را برآورده نمایند.



- ضرورت تدوین دستورالعمل
- قلمرو دستورالعمل
- نیاز یا عدم نیاز به بهسازی
- فلسفه مورد استفاده در تدوین دستورالعمل 
- هدف بهسازی
- سطوح عملکرد ساختمان
- راهکارهای بهسازی لرزه ای
- مراحل بهسازی لرزه ای

فلسفه مورد استفاده در تدوین دستورالعمل

طراحی بر اساس عملکرد





روند توسعه آیین نامه های لرزه ای

- نسل اول آیین نامه ها
- نسل دوم آیین نامه ها
- نسل جدید آیین نامه ها



روند توسعه آیین نامه های لرزه ای

نسل اول آیین نامه ها

تعیین حداقل ضوابط و مقررات برای طراحی ساختمانها در برابر زلزله
بطوریکه:

ساختمان ها در برابر زلزله های شدید استقامت نمایند و تلفات
جانی به حداقل برسد.

روند توسعه آیین نامه های لرزه ای

نسل اول آیین نامه ها

اولین آیین نامه های طراحی ساختمان ها در برابر زلزله حدود ۹۰ سال پیش تدوین گشت. در این آیین نامه ها زلزله به صورت نیروی جانبی اضافی منظور گردید که در هنگام طراحی ساختمان باید علاوه بر بارهای ثقلی، بر ساختمان اعمال شود. نیروی فوق به صورت در صدی از وزن ساختمان بود. بیشترین مقدار این ضریب در آیین نامه آمریکا برابر ۸ در صد انتخاب گردید. در اولین روابط ارائه شده طراحی ساختمان ها در برابر زلزله برای کلیه ساختمان ها صرفنظر از نوع کاربری آنها از نیروی زلزله یکسانی استفاده گردید.

روند توسعه آیین نامه های لرزه ای

نسل اول آیین نامه ها

زلزله لانگ بیچ (۱۹۳۳) در ساعت ۵ و ۵۵ دقیقه بعد از ظهر اتفاق افتاد و در اثر آن بسیاری از ساختمان ها و از جمله مدارس ویران گردید. این زلزله زنگ خطری را به صدا در آورد، و این سؤال مطرح شد که اگر زلزله قبل از تعطیلی مدارس یعنی چند ساعت جلوتر اتفاق می افتاد چه حادثه ناگواری می توانست رخ دهد؟ این رخداد سبب شکل گیری ایده انتظار عملکرد متفاوت برای انواع ساختمان ها در هنگام وقوع زلزله در ذهن مهندسين شد. بر همین مبنا در ویرایش بعدی آیین نامه آمریکا UBC 1935 ضریب زلزله برای مدارس افزایش و برابر ۱۰ در صد انتخاب گردید.

روند توسعه آیین نامه های لرزه ای نسل اول آیین نامه ها



دبیرستان فرانکلین قبل و بعد از وقوع زلزله ۱۹۳۳ لانگ بیچ

روند توسعه آیین نامه های لرزه ای

نسل دوم آیین نامه ها

تعیین حداقل ضوابط و مقررات برای طراحی ساختمانها در برابر زلزله بطوریکه:

- (۱) ساختمان های با "اهمیت متوسط" در اثر زلزله طرح آسیب عمده سازه ای و غیر سازه ای نبیند و تلفات جانی به حداقل برسد.
- (۲) ساختمان های با "اهمیت زیاد" در اثر زلزله طرح آسیب عمده نبیند به طوریکه در زمان کوتاهی قابل مرمت باشند.
- (۳) ساختمان های با "اهمیت خیلی زیاد" در اثر زلزله طرح تغییر مقاومت و سختی نداشته باشند، به طوریکه بهره برداری از آنها امکان پذیر باشد.
- (۴) کلیه ساختمان های بلندتر از ۵۰ متر و یا بیشتر از ۱۵ طبقه و نیز کلیه ساختمان های با اهمیت زیاد و خیلی زیاد در اثر زلزله بهره برداری آسیبی نبیند و قابلیت بهره برداری خود را حفظ نمایند.

روند توسعه آیین نامه های لرزه ای

نسل دوم آیین نامه ها

اهمیت عملکرد متفاوت ساختمان ها در برابر زلزله با توجه به نوع کاربری آنها در دهه ۷۰ با معرفی ضریب اهمیت در محاسبه نیروهای زلزله وارد گردید. این ضریب برای دسته های متفاوت از کاربری ساختمان ها و با توجه به نوع اهمیت آنها متغیر بود.

در ایران نیز پس از زلزله بندر عباس در سال ۱۳۵۵ و همچنین زلزله طبس در سال ۱۳۵۷ نیاز شدیدی برای تدوین ضوابط جدید در محاسبه و طراحی ساختمان ها در برابر زلزله احساس گردید. بدین منظور فصل هشتم استاندارد ۵۱۹ برای محاسبه نیروهای حاصل از زلزله اصلاح شد. در این استاندارد نیز با معرفی ضریب اهمیت در محاسبه نیروهای زلزله انتظار می رفت که ساختمان ها با کاربری های متفاوت سطح عملکرد متفاوتی را در مقابل زلزله از خود نشان دهند. بطوریکه ساختمان هایی که پس از وقوع زلزله می بایستی برای خدمات اضطراری دائر باقی بمانند نظیر بیمارستان ها، درمانگاه ها، مراکز آتش نشانی و غیره با ضریب اهمیت ۱.۲۵ منظور شدند. اماکن عمومی مانند مساجد، تکایا و هر ساختمانی که اساساً برای اجتماع سیصد نفر یا بیش تر (در یک سالن) مورد استفاده قرار می گیرند با ضریب اهمیت ۱.۱۵ و در مورد سایر ساختمان ها ضریب اهمیت ۱ انتخاب گردید.

روند توسعه آیین نامه های لرزه ای

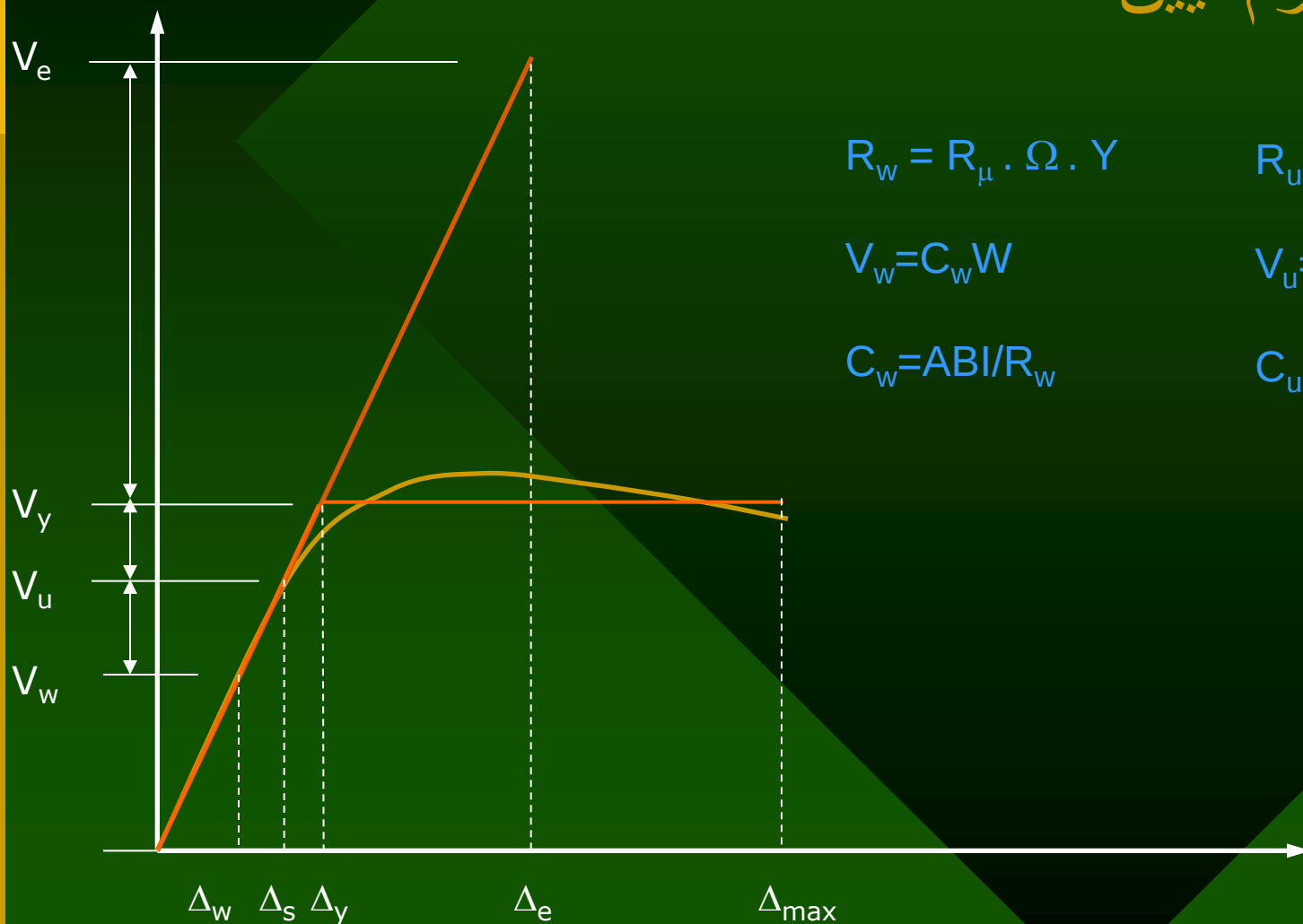
نسل دوم آیین نامه ها

اگر چه ضریب اهمیت با هدف تغییر سطح عملکرد ساختمان ها با کاربری های متفاوت معرفی شده است، اما برای تمام ساختمان ها از ابزار کنترل عملکردی یکسانی استفاده می گردد. به عبارت دیگر ابزار جداگانه ای برای کنترل سطح عملکردی که برای ساختمان های با اهمیت زیاد عنوان شده است تعریف نشده است.

بدین ترتیب ضریب اهمیت، بجای تأمین سطح عملکرد بالاتر در ساختمان، نقش تأمین ضریب اطمینان بالاتر را برای حفظ ایمنی جانی در ساختمان های با اهمیت زیاد بازی می کند.

روند توسعه آیین نامه های لرزه ای

نسل دوم آیین نامه ها



$$R_w = R_\mu \cdot \Omega \cdot \gamma$$

$$R_u = R_\mu \cdot \Omega$$

$$V_w = C_w W$$

$$V_u = C_u W$$

$$C_w = ABI/R_w$$

$$C_u = ABI/R_u$$

روند توسعه آیین نامه های لرزه ای

نسل جدید آیین نامه ها

تعیین حداقل ضوابط و مقررات برای طراحی ساختمانها در برابر زلزله
بطوریکه:

- ساختمان ها در مقابل هر سطح خطری عملکرد مورد انتظار را از خود نشان دهند. به عبارت دیگر ساختمان سختی، مقاومت و شکل پذیری لازم را برای تأمین سطح عملکرد انتخابی داشته باشد.

روند توسعه آیین نامه های لرزه ای

نسل جدید آیین نامه ها

در حال حاضر با توجه به افزایش دانش مهندسی زلزله، تجربیات زلزله های گذشته، آگاهی از رفتار غیر خطی اعضا و در دسترس بودن نرم افزارهایی که بتوانند رفتار غیر خطی سازه ها را مدل نمایند می توان ادعا نمود که ابزار لازم برای کنترل سازه در هر سطح عملکردی فراهم گردیده است.

روند توسعه آیین نامه های لرزه ای

نسل جدید آیین نامه ها

در خلال ۱۰ سال گذشته FEMA-356، FEMA-273، ATC-40، FEMA-351 و ASCE41 فلسفه طراحی بر اساس عملکرد را در بهسازی ساختمان های موجود مورد استفاده قرار دادند و همچنین Vision 2000 و FEMA-350 نیز همین فلسفه را برای طراحی ساختمان های جدید بکار برده است. در ایران نیز دستورالعمل بهسازی ساختمان های موجود از همین فلسفه برای ارزیابی لرزه ای و بهسازی ساختمان های موجود برای هر سطح عملکردی استفاده شده است. در ژاپن نیز از سال ۲۰۰۰ فلسفه طراحی بر اساس عملکرد در قانون استاندارد ساختمان این کشور برای طراحی لرزه ای ساختمان های جدید مورد استفاده قرار گرفت.

چرا نمی توان از ضوابط آئین نامه های موجود برای ارزیابی
آسیب پذیری و طراحی بهسازی استفاده نمود

عدم انطباق شرایط فنی ساختمانهای موجود که نیاز به
بهسازی دارند با ضوابطی که در آئین نامه های موجود
برای طراحی یک ساختمان جدید وجود دارد، مانع از
استفاده فلسفه این آئین نامه ها برای ارزیابی و طراحی
بهسازی ساختمان موجود می گردد.

علاوه بر آن، در آئین نامه های طراحی موجود ابزار لازم
برای ارزیابی ساختمان برای هر سطح عملکرد انتخابی
فراهم نشده است.

- ضرورت تدوین دستورالعمل
- قلمرو دستورالعمل
- نیاز یا عدم نیاز به بهسازی
- فلسفه مورد استفاده در تدوین دستورالعمل



- هدف بهسازی
- سطوح عملکرد ساختمان
- راهکارهای بهسازی لرزه ای
- مراحل بهسازی لرزه ای

هدف بهسازی

- بهسازی مبنا
- بهسازی مطلوب
- بهسازی ویژه
- بهسازی محدود
- بهسازی موضعی

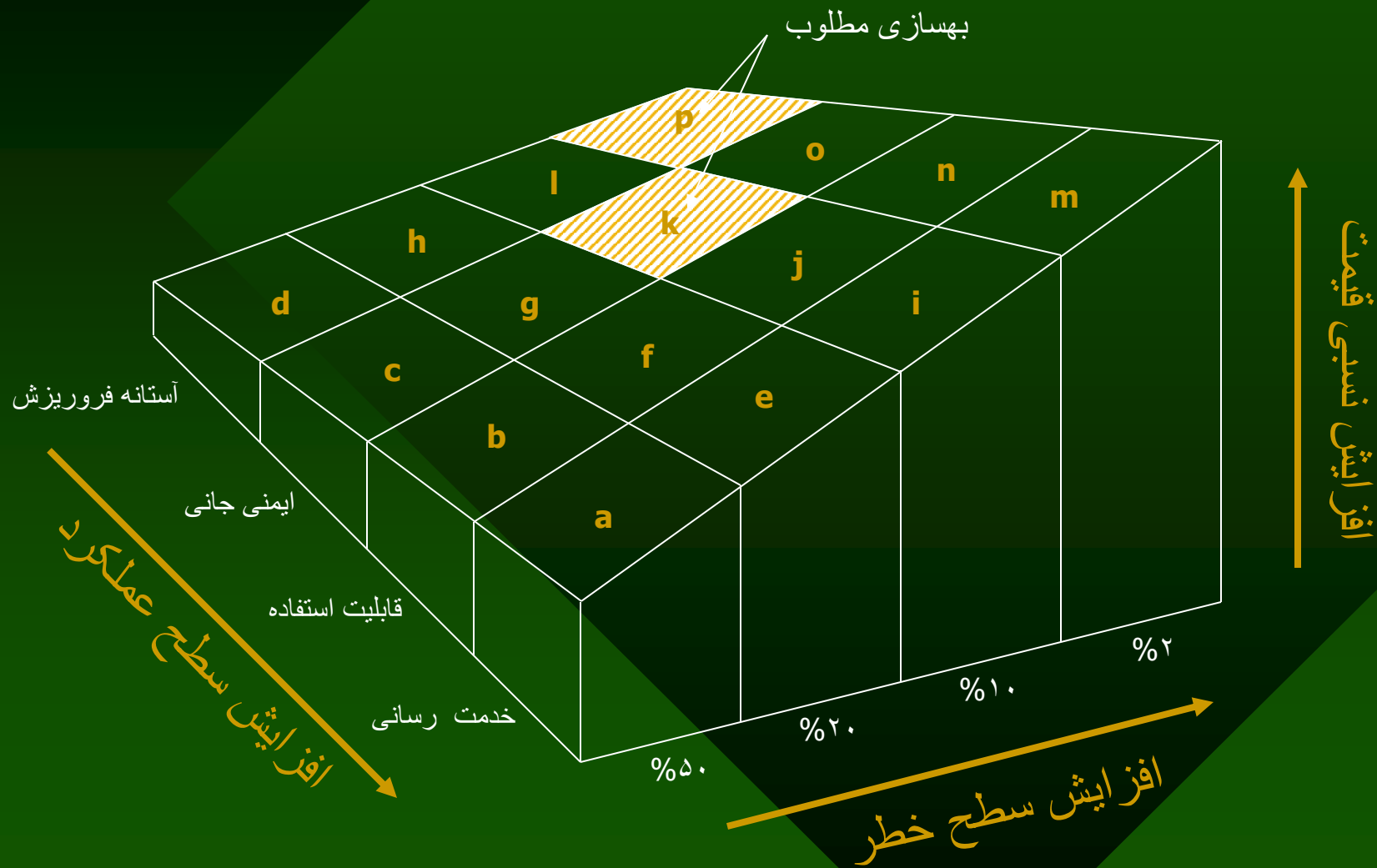
بهسازی موضعی:

بخشی از یک طرح بهسازی کلی است که بدلائلی عملیات بهسازی در چند مرحله اجرا می شود. در اینحالت بهسازی باید به گونه ای پیش بینی و اجرا گردد که هدف بهسازی بخش های دیگر در مراحل بعدی برآورده گردد.

بهسازی موضعی باید با توجه به موارد زیر انجام شود:

- ۱- بهسازی بخشی از ساختمان نباید منجر به پائین آمدن سطح عملکرد قبلی ساختمان موجود شود
- ۲- بهسازی موضعی نباید باعث افزایش نیروهای ناشی از زلزله در اعضای که قادر به تحمل این نیروها نیستند، شود.
- ۳- بهسازی موضعی نباید منجر به نامنظم شدن یا افزایش نامنظمی ساختمان شود

دامنه انتخاب سطوح مختلف عملکرد



- ضرورت تدوین دستورالعمل
- قلمرو دستورالعمل
- نیاز یا عدم نیاز به بهسازی
- فلسفه مورد استفاده در تدوین دستورالعمل
- هدف بهسازی
- سطوح عملکرد ساختمان
- راهکارهای بهسازی لرزه ای
- مراحل بهسازی لرزه ای





سطوح عملکرد ساختمان

۱. سطوح عملکرد اجزای سازه ای

۲. سطوح عملکرد اجزای غیر سازه ای

سطوح عملکرد اجزای سازه ای

i. سطح عملکرد ۱ - قابلیت استفاده بی وقفه

ii. سطح عملکرد ۲ - خرابی محدود

iii. سطح عملکرد ۳ - ایمنی جانی

iv. سطح عملکرد ۴ - ایمنی جانی محدود

v. سطح عملکرد ۵ - آستانه فروریزش

vi. سطح عملکرد ۶ - لحاظ نشده

سطح عملکرد ۱ - قابلیت استفاده بی وقفه

سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه سطح عملکردی است که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله مقاومت و سختی اجزای سازه تغییر قابل توجهی پیدا نکند و استفاده بی وقفه از آن ممکن باشد.

سطح عملکرد ۲ - خرابی محدود

سطح عملکرد خرابی محدود سطح عملکردی است که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله خرابی در سازه به میزان محدود ایجاد گردد، به گونه ای که پس از زلزله با انجام مرمت بخش های آسیب دیده ادامه بهره برداری از ساختمان میسر باشد.

سطح عملکرد ۳ - ایمنی جانی

سطح عملکرد ایمنی جانی سطح عملکردی است که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله خرابی در سازه ایجاد شود، اما میزان خرابی ها در حدی باشد که منجر به خسارت جانی نگردد.

سطح عملکرد ۴ - ایمنی جانی محدود

سطح عملکرد ایمنی جانی محدود سطح عملکردی است که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله خرابی در سازه ایجاد شود، اما میزان خرابی ها در حدی باشد که خسارت جانی حداقل گردد.

سطح عملکرد ۵ - آستانه فروریزش

سطح عملکرد آستانه فروریزش سطح عملکردی است که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله خرابی گسترده در سازه ایجاد گردد، تغییر شکل ماندگار زیاد است. ساختمان در آستانه فروریزش است.

سطح عملکرد ۶ - لحاظ نشده

چنانچه برای عملکرد اجزای سازه ای سطح عملکرد خاصی انتخاب نشده باشد، سطح عملکرد اجزای سازه ای لحاظ نشده نامیده می شود.

سطوح عملکرد اجزای غیر سازه ای

i. سطح عملکرد A - خدمت رسانی بی وقفه

ii. سطح عملکرد B - قابلیت استفاده بی وقفه

iii. سطح عملکرد C - ایمنی جانی

iv. سطح عملکرد D - ایمنی جانی محدود

v. سطح عملکرد E - لحاظ نشده

سطح عملکرد A - خدمت رسانی بی وقفه

سطح عملکرد خدمت رسانی بی وقفه سطح عملکردی است که پیش بینی شود در اثر زلزله اکثریت اجزای غیر سازه ای عملکرد عادی خود را ادامه دهند، به گونه ای که خدمت رسانی ساختمان به طور پیوسته انجام شود.

سطح عملکرد B - قابلیت استفاده بی وقفه

سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه سطح عملکردی است که پیش بینی شود در اثر زلزله در اجزای غیر سازه ای خرابی جزئی باشد، اما استفاده از راههای دسترسی و فرار مانند درها، پله ها، آسانسورها و سیستم برق اضطراری و مختل نشده و ریسک جراحات ناشی از خسارت در اجزای غیر سازه ای بسیار کم شود.

سطح عملکرد C - ایمنی جانی

سطح عملکرد ایمنی جانی سطح عملکردی است که پیش بینی شود در اثر زلزله خرابی اجزای غیر سازه ای خطر جدی برای جان ساکنین بوجود نیارد.

سطح عملکرد D - ایمنی جانی محدود

سطح عملکرد ایمنی جانی محدود سطح عملکردی است که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله خرابی در اجزای غیر سازه ای در حدی باشد که خسارت جانی حداقل گردد.

سطح عملکرد E - لحاظ نشده

چنانچه برای عملکرد اجزای غیر سازه ای سطح عملکرد خاصی انتخاب نشده باشد، سطح عملکرد اجزای غیر سازه ای لحاظ نشده نامیده می شود.



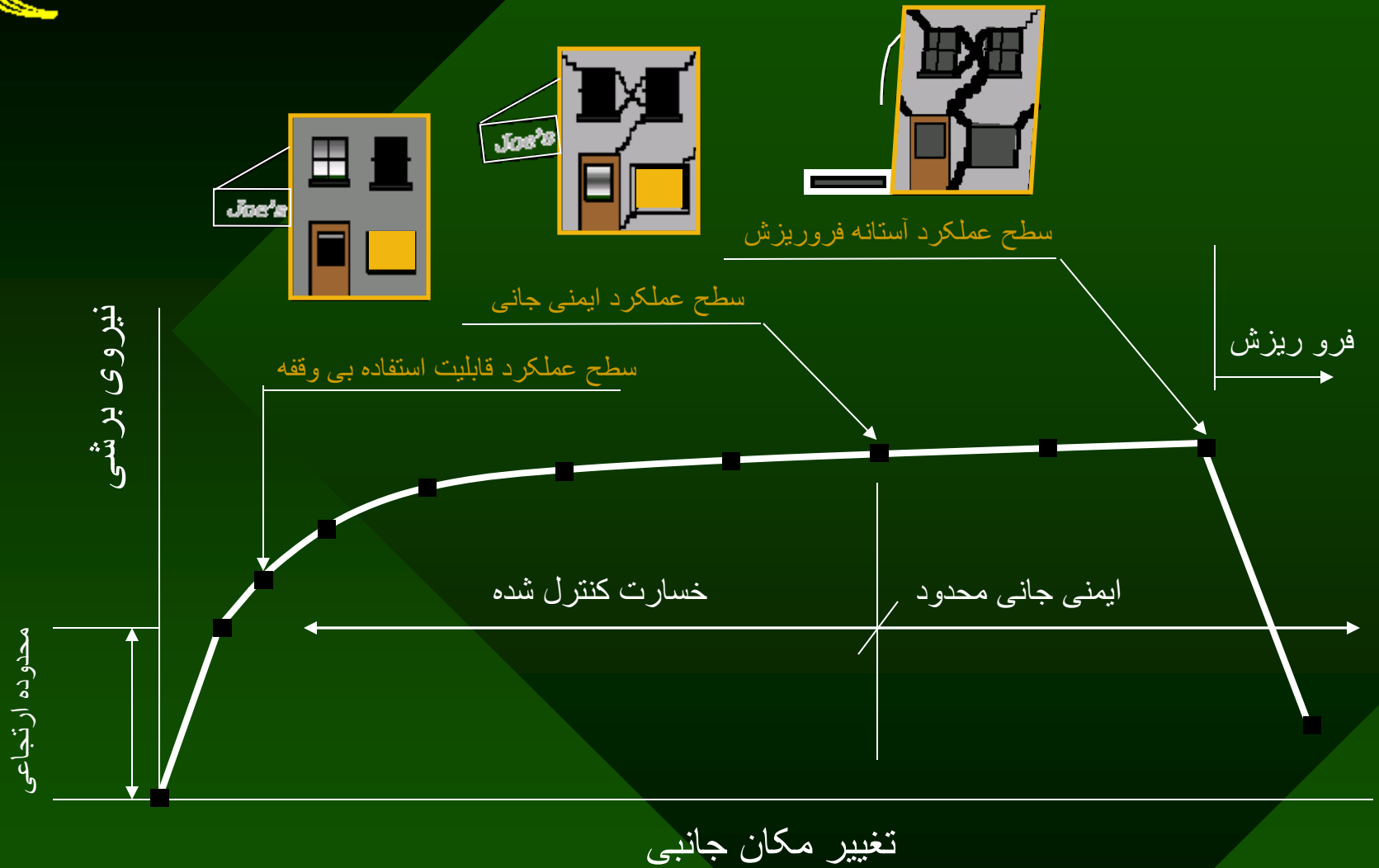
سطوح عملکرد کل ساختمان

i. سطح عملکرد ۱-A - خدمت رسانی بی وقفه

ii. سطح عملکرد ۱-B - قابلیت استفاده بی وقفه

iii. سطح عملکرد ۳-C - ایمنی جانی

iv. سطح عملکرد ۵-E - آستانه فروریزش



تغییر شکل مورد نیاز ساختمان در سطوح عملکرد مختلف

میزان خسارت احتمالی
برای سطوح عملکرد
مختلف ساختمان

سطح عملکرد ساختمان				
آستانه فرو ریزش (E-۵)	ایمنی جانی (C-۳)	قابلیت استفاده بی وقفه (B-۱)	خدمت رسانی بی وقفه (A-۱)	
شدید	متوسط	کم	بسیار کم	خسارت کلی ساختمان
سختی و مقاومت باقیمانده ناچیز ولی ستونها و دیوارها عمل می کنند. تغییر شکل های ماندگار زیاد است. دیوارها و دست اندازهای مهار نشده گسیخته می شوند. ساختمان در آستانه فرو ریزش است.	سختی و مقاومت باقیمانده در تمام طبقات وجود دارد. سیستم باربر ثقلی عمل می کند. گسیختگی دیوارها خارج از صفحه آنها رخ نمی دهد. تغییر شکل ماندگار در سازه وجود دارد.	سختی و مقاومت اعضا تقریباً تغییری نمی کند. تغییر شکل ماندگار و ترک خوردگی در اعضا ایجاد نمی شود.	سختی و مقاومت اعضا تقریباً تغییری نمی کند. تغییر شکل ماندگار و ترک خوردگی در اعضا ایجاد نمی شود	اعضای سازه ای
خرابی گسترده در اعضای غیر سازه ای ایجاد می شود.	از خطرات فرو ریزش اشیا جلوگیری می شود اما بسیاری از تأسیسات ساختمان و عناصر معماری صدمه می بینند.	آسانسورها قابل استفاده مجدد باقی می مانند. تجهیزات اتفاء حریق قابل استفاده هستند. تأسیسات ساختمان دچار خرابی ناچیز می شوند به گونه ای که با تعمیر جزئی قابل استفاده می شوند.	تمام سیستم های لازم برای عملکرد ساختمان فعال باقی می مانند دیوارهای داخلی و نما و سقفها ترک نمی خورند. خرابی های ناچیز ایجاد شده و سیستم تأسیسات و برق رسانی فعال باقی می مانند.	اعضای غیر سازه ای

سطح عملکرد و خرابی محتمل در اعضای قائم سیستم مقاوم در برابر زلزله

سطح عملکرد اجزای سازه ای				
نوع سازه	نوع عضو و تغییر مکان	قابلیت استفاده بی وقفه (S-)	ایمنی جانی (S-۳)	آستانه فروریزش (S-۵)
قاب خمشی بتنی	اعضای اصلی	- ترک های موئین - تسلیم محدود در بعضی نقاط - کرنش های کوچکتر از ۰/۰۰۳	- خرابی زیاد در تیرها - خرد شدن پوشش ها - ترک های برشی با عرض کوچکتر از ۳ میلیمتر در ستونهای شکل پذیر - ترک با عرض کوچکتر از ۳ میلیمتر در اتصالات.	- ترکهای گسترده و ایجاد مفصل خمیری در اعضای شکل پذیر - ترکهای محدود و یا خرابی وصله ها در بعضی ستونهای غیر شکل پذیر - خرابی زیاد در ستونهای کوتاه
	اعضای غیر اصلی	- خردشدگی جزئی در بعضی نقاط ستونها و تیرها - ترک های خمشی در تیرها و ستونها - ترکهای برشی با عرض کوچکتر از ۱/۵ میلیمتر در اتصالات	- ترکهای گسترده و ایجاد مفصل خمیری در اعضای شکل پذیر - ترکهای محدود و یا خرابی وصله ها در بعضی ستونهای غیر شکل پذیر - خرابی زیاد در ستونهای کوتاه	- خرد شدن انتهای ستونها (همراه با کاهش طول محدود) و نقاطی از تیرها - خرابی گسترده در اتصالات - کمانش بعضی میلگردها
	تغییر مکان جانبی گذرا	۱ درصد	۲ درصد	۴ درصد
	تغییر مکان جانبی ماندگار	ناچیز	۱ درصد	۴ درصد
قاب خمشی فولادی	اعضای اصلی	- کمانش موضعی جزئی در بعضی نقاط - عدم گسیختگی - کمانش جزئی یا تابیدگی جزئی اما قابل مشاهده در اعضا	- تشکیل مفصل خمیری - کمانش موضعی بعضی از تیرها - تغییر شکل زیاد اتصالات - گسیختگی موضعی در بعضی اعضا	- تابیدگی زیاد در تیرها و ستونها - گسیختگی متعدد در اتصالات خمشی (اتصالات برشی سالم می مانند)

سطح عملکرد و خرابی محتمل در اعضای قائم سیستم مقاوم در برابر زلزله

سطح عملکرد اجزای سازه ای				
نوع سازه	نوع عضو و تغییر مکان	قابلیت استفاده بی وقفه (S-۱)	ایمنی جانی (S-۳)	آستانه فرو ریزش (S-۵)
باب خمشی فولادی	اعضای غیر اصلی	- مانند اعضای اصلی	- تاییدگی زیاد در تیرها و ستونها - گسیختگی متعدد در اتصالات خمشی (اتصالات برشی سالم می مانند)	مانند اعضای اصلی
	تغییر مکان جانبی گذرا	۷/۰ درصد	۵/۲ درصد	۵ درصد
	تغییر مکان جانبی ماندگار	ناچیز	۱ درصد	۵ درصد
قاب فولادی مهاربندی شده	اعضای اصلی	- تسلیم یا کمانش جزئی مهاربندها	- تسلیم یا کمانش بسیاری از مهاربندها درحالیکه هنوز باربری دارند - خرابی تعدادی از اتصالات	- تسلیم، یا کمانش یا گسیختگی بسیاری از مهاربندها - گسیختگی اتصالات مهاربندها
	اعضای غیر اصلی	مانند اعضای اصلی	مانند اعضای اصلی	مانند اعضای اصلی
	تغییر مکان جانبی گذرا	۵/۰ درصد	۵/۱ درصد	۲ درصد
	تغییر مکان جانبی ماندگار	ناچیز	۵/۰ درصد	۲ درصد
دیوارهای بتنی	اعضای اصلی	- ترکهای موئین با عرض کمتر از ۱/۵ میلیمتر در دیوار - ترکهای به عرض کمتر از ۳ میلیمتر در تیرهای هم بند در دیوارهای همبسته	- کمانش تعدادی از میلگردهای اجزای لبه دیوارها - لغزش در محل سطوح واریز - خرابی دور بازشوها - ترکهای خمشی - ترکهای زیاد در و برشی زیاد در تیرهای هم بند بدون ریختن بتن های خرد شده	- ترکهای خمشی و برشی زیاد - لغزش در محل سطوح واریز - خرابی و کمانش میلگردها - گسیختگی دور بازشوها - خرابی زیاد در اجزای لبه دیوار - خرد شدن تیرهای هم بند

سطح عملکرد و خرابی محتمل در اعضای قائم سیستم مقاوم در برابر زلزله

سطح عملکرد اجزای سازه ای			
نوع سازه یا عضو سازه ای	نوع عضو و تغییر مکان	قابلیت استفاده بی وقفه (S-۱)	ایمنی جانی (S-۲)
	اعضای غیر اصلی	- ترکهای موئین در دیوار - ظهور لغزش های جزئی در محل سطوح واریز دیوار - ترکهای به عرض کمتر از ۳ میلیمتر در تیرهای هم بند در دیوارهای همبسته - خردشدگی جزئی	- ترکهای خمشی و برشی بزرگ - لغزش در سطوح واریز - خرابی دور بازشوها - خرابی زیاد در اجزای لبه دیوار - خرد شدن تیرهای هم بند
	تغییر مکان جانبی گذرا	۵/۰ درصد	۱ درصد
	تغییر مکان جانبی ماندگار	ناچیز	۵/۰ درصد
دیوار پرکننده با مصالح بنایی غیر مسلح	اعضای اصلی	- ترکهای کوچکتر از ۳ میلیمتر در دیوار و پوشش آن - خرد شدن جزئی پوشش دیوار در اطراف بازشوها	- ترکهای گسترده و خرد شدن تقاطعی از دیوار بدون جابجایی دیوار - خرد شدن گسترده پوشش دیوار در اطراف بازشوها
	اعضای غیر اصلی	- مانند اعضای اصلی	- ترک و خرابی گسترده ریزش بعضی دیوارها
	تغییر مکان جانبی گذرا	۱/۰ درصد	۵/۰ درصد
	تغییر مکان جانبی ماندگار	ناچیز	۳/۰ درصد
دیوارهای بنایی غیر مسلح	اعضای اصلی	- ترکهای کوچکتر از ۳ میلیمتر در پوشش دیوار - ریزش پوشش دیوار در گوشه بازشوها	- ترکهای گسترده - جابجایی قابل ملاحظه در صفحه دیوار - جابجایی جزئی عمود بر صفحه دیوار
	اعضای غیر اصلی	- مانند اعضای اصلی	- بیرون زدن دیوارهای غیر باربر

سطح عملکرد و خرابی محتمل در اعضای قائم سیستم مقاوم در برابر زلزله

سطح عملکرد اجزای سازه ای				
عضو سازه‌ای	نوع عضو و تغییر مکان	قابلیت استفاده بی وقفه (S-۱)	ایمنی جانی (S-۳)	آستانه فرو ریزش (S-۵)
	تغییر مکان جانبی گذرا	۰/۳ درصد	۰/۶ درصد	۱ درصد
	تغییر مکان جانبی ماندگار	۰/۳ درصد	۰/۶ درصد	۱ درصد
دیوار بنایی مسلح	اعضای اصلی	- ترکهای کوچکتر از ۳ میلیمتر - بدون جابجایی عمود بر صفحه دیوار	- ترکهای کوچکتر از ۶ میلیمتر در تمام سطح دیوار - خرابی‌های موضعی	- ترکهای گسترده - خرابی دور بازشوها و گوشه‌ها - فرو ریزش موضعی
	اعضای غیر اصلی	مانند اعضای اصلی	- ترکهای گسترده - خرابی دور بازشوها و گوشه‌ها - فرو ریزش موضعی	- خرد شدن و جدایی پانل‌های دیوار
	تغییر مکان جانبی گذرا	۰/۲ درصد	۰/۶ درصد	۱/۵ درصد
	تغییر مکان جانبی ماندگار	۰/۲ درصد	۰/۶ درصد	۱/۵ درصد
اتصالات قطعات بتنی پیش ساخته	اعضای اصلی	- ترک با عرض کوچکتر از ۱/۵ میلیمتر	- خرابی موضعی در اتصالات بدون گسیختگی	- گسیختگی اتصال بدون جدا شدن اعضای متصل شونده از هم
	اعضای غیر اصلی	- خرابی موضعی در اتصالات	- گسیختگی اتصال بدون جدا شدن اعضای متصل شونده از هم	مانند اعضای اصلی
پی	تمام اعضا	- نشست جزئی - دوران جزئی	- نشست کلی کوچکتر از ۱۵۰ میلیمتر - نشست نامساوی کوچکتر از ۱/۵ میلیمتر در متر	- نشست و دوران زیاد

سطح عملکرد و خرابی محتمل در اعضای افقی سیستم مقاوم در برابر زلزله

سطح عملکرد اجزای سازه ای			
عضو سازه‌ای	قابلیت استفاده بی وقفه (S-۱)	ایمنی جانی (S-۳)	آستانه فرو ریزش (S-۵)
دیافراگم عرشه فولادی	- اتصال دیافراگم به قاب بدون خرابی - اعوجاج کم در دیافراگم	- گسیختگی موضعی جوشهای اتصال دیافراگم به قاب و به یکدیگر - کمانش جزئی دیافراگم	- اعوجاج و کمانش گسترده در دیافراگم - پاره شده جوشهای اتصال قطعات به یکدیگر
دیافراگم بتنی	- ترکهای موئین پراکنده - ترکهای موضعی با عرض کوچکتر از ۳ میلیمتر	- ترکهای گسترده با عرض کمتر از ۶ میلیمتر - خرد شدن موضعی دیافراگم	- ترکهای گسترده همراه با جابجایی قابل ملاحظه در محل ترکها
دیافراگم پیش ساخته	- ترکهای جزئی در محل اتصالات	- ترکهای گسترده با عرض کمتر از ۶ میلیمتر - خرد شدن موضعی دیافراگم	- گسیختگی اتصال بین قطعات - جابجایی قطعات نسبت به یکدیگر - خرابی در محل اتصالات

سطح عملکرد و خرابی محتمل در اعضای غیر سازه ای (اجزای معماری)

سطح عملکرد اعضای غیر سازه ای				عضو
ایمنی جانی محدود (N-D)	ایمنی جانی (N-C)	قابلیت استفاده بی وقفه (N-B)	خدمت رسانی بی وقفه (N-A)	
- تاییدگی زیاد در اتصالات - ترکهای گسترده - گسیختگی و خردشدگی موضعی - نما در محل ازدحام فرو نمی ریزد	- تاییدگی زیاد در اتصالات - ترکهای گسترده - گسیختگی و خردشدگی موضعی - نما فرو نمی ریزد	- تسلیم اتصالات - ترکهای کوچکتر از ۱/۵ میلیمتر - خمیدگی در نما	- تسلیم اتصالات - ترکهای کوچکتر از ۱/۵ میلیمتر - خمیدگی در نما	نماسازی
- تاییدگی قاب و شکستن شیشه داخل آنها در محلهای کم ازدحام - ترکهای گسترده، شکستگیهای محدود در محلهای پرازدحام	- ترک در اکثر پانلها - شکستگی شیشه ها به صورت موضعی	- ترک در تعدادی از پانلها	- ترک در تعدادی از پانلها	نماسازی (شیشه)
- خرابی گسترده - ترکهای بزرگ	- خرابی گسترده - ترکهای بزرگ	- ترک به عرض کمتر از ۱/۵ میلیمتر در بازشوها - خرابی موضعی و جزئی در گوشه ها	- ترک به عرض کمتر از ۱/۵ میلیمتر در بازشوها - خرابی موضعی و جزئی در گوشه ها	دیوارهای داخلی، تیغه بندی
- خرابی گسترده - افتادن پانلها - ترک در سقفهای سخت	- خرابی گسترده - افتادن پانلها - ترک در سقفهای سخت	- خرابی جزئی - بهم ریختن پانلهای مجزا از یکدیگر - افتادن بعضی پانلها - ترک در سقفهای سخت	- خرابی ناچیز - جابجایی پانلهای مجزا از یکدیگر - ترک در سقفهای سخت	سقفها
- خرابی گسترده - ریزش در محلهای کم ازدحام	- خرابی گسترده - ریزش در محلهای کم ازدحام	- خرابی جزئی	- خرابی جزئی	دیوار دست انداز
- خرابی گسترده بدون فرو ریختن	- خرابی گسترده بدون فرو ریختن	- خرابی جزئی	- خرابی ناچیز	دوده کش ها
- خرابی گسترده - غیر قابل استفاده	- ترک در دال کف - قابل استفاده	- خرابی جزئی	- خرابی ناچیز	پله ها
- خرابی گسترده - تعداد زیادی از درها تاب برمی دارند	- خرابی گسترده - بعضی درها تاب برمی دارند	- خرابی جزئی - قابل استفاده	- خرابی جزئی - قابل استفاده	درها

سطح عملکرد و خرابی محتمل در اعضای غیر سازه ای (اجزای تأسیسات مکانیکی و برقی)

سطح عملکرد اعضای غیر سازه ای				عضو
ایمنی جانی محدود (N-D)	ایمنی جانی (N-C)	قابلیت استفاده بی وقفه (N-B)	خدمت رسانی بی وقفه (N-A)	
- غیر فعال - وزنه تعادل خارج از مسیر خود	- غیر فعال - وزنه تعادل از مسیر خود خارج نشود	- فعال پس از تأمین منبع انرژی	- فعال	آسانسورها
- اکثراً غیر فعالند - روی تکیه گاهها جابجا یا واژگون می شوند - تجهیزات آویزان می افتند	- روی تکیه گاهها جابجا می شوند - کانالها و لوله های متصل جدا شده اما فرو نمی ریزند	- اکثراً فعالند اگر منبع انرژی تأمین گردد	- فعال - منبع انرژی در شرایط اضطراری تأمین است	تأسیسات HVAC
- روی تکیه گاهها جابجا یا واژگون می شوند - تجهیزات حساس غیر فعال می شوند - تجهیزات سنگین نیاز به تنظیم موقعیت و اتصالات دارند	- روی تکیه گاهها جابجا می شوند - تجهیزات واژگون نمی شوند - برای راه اندازی نیاز به تنظیم دارند	- اکثراً فعالند اگر منبع انرژی تأمین گردد	- فعال - منبع انرژی تأمین است	تجهیزات ساخت
- از اتصالات جدا می شوند - بعضی کانالها می افتند	- از اتصالات جدا می شوند - بعضی کانالها می افتند	- خرابی جزئی در اتصالات اما قابل استفاده	- خرابی ناچیز	کانالها
- خرابی بعضی اتصالات - خرابی بعضی تکیه گاهها - فرو ریختن بخشی از لوله ها	- خرابی جزئی در اتصالات همراه با تراوش - خرابی بعضی تکیه گاهها بدون فرو ریختن لوله ها	- تراوش از بعضی اتصالات	- خرابی ناچیز	لوله ها
- خرابی بعضی آب پاشها به دلیل سقوط قطعات سقف - تراوش از اتصالات - قطع بعضی از شاخه های مسیر	- تراوش از بعضی نقاط - خرابی بعضی آب پاشها به دلیل برخورد قطعات سقف	- تراوش از بعضی نقاط - فعال	- خرابی جزئی	سیستم آب پاش از سقف برای اطفاء حریق
- حس کننده های متصل به سقف ممکن است خراب شده و غیر فعال شوند	- حس کننده های متصل به سقف ممکن است خراب شده و غیر فعال شوند	- فعال	- فعال	سیستم تشخیص و اعلام حریق

سطح عملکرد و خرابی محتمل در اعضای غیر سازه ای (اجزای تأسیسات مکانیکی و برقی)

سطح عملکرد اعضای غیر سازه ای				عضو
ایمنی جانی محدود (N-D)	ایمنی جانی (N-C)	قابلیت استفاده بی وقفه (N-B)	خدمت رسانی بی وقفه (N-A)	
- بعضی از چراغها می افتند - منبع انرژی ممکن است قطع شود	- بعضی چراغها می افتند - انرژی ممکن است از طریق ژنراتور اضطراری تأمین شود	- فعال	- فعال	روشنایی اضطراری
- جابجایی یا واژگونی روی تکیه گاهها - قطع اتصالات ژنراتورهای دیزلی - فعال نمی شوند	- جابجایی روی تکیه گاهها - بعضی ممکن است فعال نباشند - منبع انرژی اضطراری فعال می شود	- اکثراً فعال - منبع انرژی اضطراری فعال می شود - منبع انرژی ممکن است برای تأمین بخشی از نیازها باشد	- فعال - در صورت نیاز شامل منبع انرژی اضطراری	سیستم توزیع برق
- خرابی وسیع - خطر سقوط چراغهای سنگین تر از ۱۰۰ نیوتن در مناطق پر ازدحام جلوگیری می شود	- خرابی وسیع - خطر سقوط چراغهای سنگین تر از ۱۰۰ نیوتن جلوگیری می شود	- خرابی جزئی - خرابی بعضی چراغهای آویز	- خرابی ناچیز	اتصالات چراغها

سطوح عملکرد ساختمان

سطوح عملکرد سازه						سطوح عملکرد
لحاظ نشده S-۶	آستانه فروریزش S-5	ایمنی جانی محدود S-4	ایمنی جانی S-۳	خرابی محدود S-2	قابلیت استفاده بی وقفه S-1	اجزای غیر سازه ای
*	*	*	*	A-2	خدمت رسانی بی وقفه A-1	خدمت رسانی بی وقفه N-A
*	*	*	B-3	B-2	قابلیت استفاده بی وقفه B-1	قابلیت استفاده بی وقفه 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
بدون بهسازی	آستانه فروریزش E-5	E-4	*	*	*	لحاظ نشده N-E

جدول پ-الف: راهنمای تعیین اهداف بهسازی برای ساختمان‌های عمومی و دولتی مهم

نوع ساختمان	کاربری	هدف بهسازی	سطوح عملکردی	
			سطح خطر ۱	سطح خطر ۲
استراتژیک	ساختمان‌های اصلی و استقرار برای: نهاد رهبری، نهاد ریاست جمهوری، فرماندهی کل یا فرماندهی ستاد مشترک نیروهای مسلح، فرماندهی نیروی انتظامی، وزارت‌خانه‌های کشور، نفت، امورخارجه، مخابرات و ارتباطات، صدا و سیما، تأسیسات ویژه ناوبری فرودگاه و بندر	ویژه	A-1	A-2
سیاسی	ساختمان‌های مرکزی: قوه مقننه، قوه قضاییه، استانداری‌ها، فرمانداری‌ها، وزارت‌خانه‌ها، بانک مرکزی، خزانه	ویژه	B-1	C-3
امدادی	الف- ساختمان‌های بیمارستان و درمانگاه‌های بزرگ شامل قسمت‌های اورژانس، جراحی و خدمات پزشکی وابسته به آنها، مراکز اورژانس پزشکی	ویژه	B-1	C-2
	ب- ساختمان‌های مرکزی: امداد و نجات، آتش‌نشانی، هلال‌احمر، نیروی انتظامی (پلیس) و بسیج	ویژه	B-1	C-3
ستادی	بخشداری‌ها، مراکز فرماندهی نیروهای مسلح و نیروی انتظامی در استان‌ها، مراکز مخابراتی	ویژه	B-2	C-4
شریان‌های حیاتی	ساختمان‌های اصلی و استقرار برای تأسیسات آبرسانی، برق‌رسانی، گازرسانی، رادیو و تلویزیون، برج‌های مراقبت فرودگاه	ویژه	B-1	C-2
ساختمان‌های تراز اول میراث فرهنگی	موزه‌ها، بناهای تاریخی، کتابخانه‌های نفیس، نظیر ملی، مجلس و مراکز اسناد ملی	ویژه	B-2	C-3
تأسیسات زیربنایی	ساختمان‌های اصلی و عملیاتی پالایشگاه، نیروگاه، مجتمع‌های پتروشیمی، کارخانجات تولید مواد شیمیایی	ویژه	B-1	C-3
مهم	الف- دانشگاه‌ها، حوزه‌های علمی، مدارس، سازمان‌های مهم و موسسات تحقیقاتی	مطلوب	C-3	E-5
	ب- ادارات کل وزارتخانه‌ها و ادارات مرکزی سازمان‌های مهم در استان‌ها	مطلوب	B-2	E-5
عمومی	مساجد و مصلی‌ها، ساختمان‌های تجمعی فرهنگی شهرداری‌ها، سینما و تئاتر، استادیوم‌های ورزشی، کتابخانه‌ها، پایانه‌های مسافربری، فروشگاه‌های بزرگ و مراکز تجمعی بیش از ۳۰۰ نفر	مطلوب	C-3	E-5
	ساختمان‌های مسکونی، اداری-تجاری، هتل‌ها، پارکینگ‌های چندطبقه، ساختمان‌های صنعتی	مینا	C-3	—
	ساختمان‌های انبارهای کشاورزی، سالن‌های مرشداری و ساختمان‌های با بهره‌برداری موقت	مینا یا محدود	D-4	—

- ضرورت تدوین دستورالعمل
- قلمرو دستورالعمل
- نیاز یا عدم نیاز به بهسازی
- فلسفه مورد استفاده در تدوین دستورالعمل
- هدف بهسازی
- سطوح عملکرد ساختمان
- راهکارهای بهسازی لرزه ای
- مراحل بهسازی لرزه ای



راهکارهای بهسازی لرزه ای

- اصلاح موضعی اجزای سازه با عملکرد نامناسب در زلزله
- حذف یا کاهش بی نظمی در ساختمان موجود
- تأمین سختی جانبی لازم برای کل سازه
- تأمین مقاومت لازم برای کل سازه
- کاهش جرم ساختمان
- بکارگیری سیستم های جدا ساز لرزه ای
- بکارگیری سیستم های غیرفعال اتلاف انرژی
- تغییر کاربری ساختمان

- ضرورت تدوین دستورالعمل
- قلمرو دستورالعمل
- نیاز یا عدم نیاز به بهسازی
- فلسفه مورد استفاده در تدوین دستورالعمل
- هدف بهسازی
- سطوح عملکرد ساختمان
- راهکارهای بهسازی لرزه ای
- مراحل بهسازی لرزه ای



مراحل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود

