

دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود

تفسیر دستورالعمل بهسازی
لرزه ای ساختمانهای موجود

دستورالعمل بهسازی لرزه ای
ساختمانهای موجود

مبانی و ملزومات ارزیابی و 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

مبانی و ملزومات ارزیابی و بهسازی لرزه ای

- اطلاعات وضعیت موجود ساختمان
- روش های تحلیل سازه
- رفتار اجزای سازه
- معیارهای پذیرش
- راهکارهای بهسازی لرزه ای

➤ اطلاعات وضعییت موجود ساختمان

➤ روش های تحلیل سازه

➤ رفتار اجزای سازه

➤ معیارهای پذیرش

➤ راهکارهای بهسازی لرزه ای

اطلاعات وضعییت موجود ساختمان

به منظور ارزیابی تحلیلی ساختمان و ارائه طرح بهسازی، باید مشخصات ساختمان موجود که مستقیماً با عملکرد آن هنگام زلزله ارتباط دارد جمع آوری شود. این اطلاعات در چهار زمینه اصلی جمع آوری میگردد.

❖ پیکربندی ساختمان و سیستم سازه ای

❖ مشخصات مصالح

❖ مشخصات پی و ساختگاه

❖ ساختمانهای مجاور

سطوح اطلاعات

پیکربندی و سیستم سازه ای

- شناسایی نوع و نحوه قرار گیری اعضا و اجزای سیستم باربر ثقلی و سیستم مقاوم در برابر زلزله. شناسایی مشخصات و ابعاد مقطع، آرایش میلگردها و نحوه اتصال اعضا به یکدیگر.
- تعیین اجزای غیر سازه ای موثر در سختی و یا مقاومت اعضای سازه ای.
- تعیین اعضای اصلی و غیر اصلی.

مشخصات مصالح

مشخصات فنی مصالح به کار رفته در سازه باید جمع آوری/تعیین شود تا با توجه به مشخصات مقاطع اعضاء، بتوان مقاومت و ظرفیت تغییرشکل اعضای سازه را محاسبه نمود. درجه اعتبار نتایج حاصل از اطلاعات جمع آوری شده از ساختمان موجود، که به دامنه و دقت اطلاعات بستگی دارد، با استفاده از ضریب آگاهی در محاسبات منظور میشود.

مشخصات ساختگاه

اطلاعات مربوط به نوع و هندسه و ابعاد پی ها، شرایط سطحی و زیر سطحی ساختگاه برای تحلیل سازه باید جمع آوری گردد. نحوه جمع آوری و سطح اطلاعات لازم در فصل چهارم بیان گردیده است.

مخاطرات ساختگاهی ناشی از ناپایداری شامل گسلش، روانگرایی، فرونشست، زمین لغزش و سنگ ریزش باید بررسی و در صورت لزوم ساختگاه ایمن گردد.

همچنین در بازدید محلی باید به ترکهای احتمالی ایجاد شده در ساختمان به عنوان نشانه ای از ضعف باربری پی ها توجه شود.

ساختمانهای مجاور

➤ برخورد ساختمانهای مجاور

➤ اجزای مشترک بین ساختمانها

➤ آسیب ناشی از ساختمان مجاور

ساختمانهای مجاور

- **برخورد ساختمانهای مجاور:** در صورتیکه احتمال برخورد دو ساختمان وجود داشته باشد، به دلیل ایجاد خرابی های موضعی در محل برخورد و خرابی اجزای غیر سازه ای، بهسازی ساختمان نمی تواند هیچگاه در سطح بهسازی ویژه قرار گیرد، به همین جهت لازم است قبل از اقدام به بهسازی اجزای ساختمان به این نکته توجه شود.
- **اجزای مشترک بین ساختمانها:** اجزای مشترک بین دو ساختمان در صورت وجود باید شناسایی گردد. این اجزا به دو دلیل می توانند خطرناک باشند. اولاً ممکن است یکی از ساختمانها در هنگام زلزله این جزء را از ساختمان دیگر جدا نموده و باعث خرابی آن ساختمان گردد. ثانیاً ممکن است اجزای مشترک بین دو ساختمان باعث انتقال نیروی پیش بینی نشده از یک ساختمان به ساختمان مجاور شده و خسارت ایجاد کند.
- **آسیب ناشی از ساختمان مجاور:** هنگام وقوع زلزله بسیاری از ساختمان های مقاوم در برابر زلزله به دلیل خراب شدن ساختمان های مجاور دچار خرابی شده اند. بهتر است که مهندس طرح بهسازی کارفرما را از خطرات احتمالی آگاه نماید و توصیه شود که فعالیت های ضروری و مهمی که قرار است در ساختمان انجام شود به ساختمان مطمئن دیگری منتقل شود.



1

2

3

4

برخورد ساختمانهای مجاور





اثر ضربه دو ساختمان مجاور





اثر ضربه دو ساختمان مجاور

3

4

5



اثر ضربه دو ساختمان مجاور



اثر ضربه دو ساختمان مجاور

5





اجزای مشترک بین ساختمانها

سطوح اطلاعات

اطلاعات ساختمان شامل مشخصات مصالح اعضاء و ساختگاه با توجه به هدف بهسازی انتخابی و روش تحلیل و تعداد آزمایش های مصالح در سه سطح زیر جمع آوری می گردد.

ظرفیت نیرویی و تغییرشکلی اعضاء با توجه به میزان اطلاعات و با اعمال ضریب آگاهی تعیین می شود. هر چقدر میزان اطلاعات بیشتر ضریب آگاهی بزرگتر انتخاب می شود. در تحلیل های خطی جمع آوری اطلاعات در سطح حداقل برای هدف بهسازی مطلوب یا پائین تر مجاز است. اما در تحلیل های غیر خطی اطلاعات باید در سطح متعارف یا جامع باشد.

➤ سطح اطلاعات حداقل

➤ سطح اطلاعات متعارف

➤ سطح اطلاعات جامع

ملزومات جمع آوری اطلاعات

سطح اطلاعات								اطلاعات
جامع		متعارف				حداقل		
بهسازی ویژه		بهسازی ویژه		بهسازی مطلوب یا پائین تر		بهسازی مطلوب یا پائین تر		هدف بهسازی
هرنوع		هرنوع		هرنوع		خطی		روش تحلیل
ناقص	مدارک فنی	ناقص	نقشه های طراحی	ناقص	نقشه های طراحی	ناقص	نقشه های طراحی	مدارک
جامع	محدود	جامع	محدود	جامع	محدود	جامع	محدود	روش شناسایی
آزمایشهای جامع		آزمایشهای متعارف		آزمایشهای متعارف		مدارک فنی موجود		خواص مصالح
۱	۱	۰,۷۵	۰,۷۵	۱	۱	۰,۷۵	۰,۷۵	ضریب آگاهی k

➤ اطلاعات وضعییت موجود ساختمان



➤ روش های تحلیل سازه

➤ رفتار اجزای سازه

➤ معیارهای پذیرش

➤ راهکارهای بهسازی لرزه ای

روش های تحلیل سازه

۱- تحلیل های خطی

} استاتیکی
دینامیکی

۲- تحلیل های غیر خطی

} استاتیکی
دینامیکی

➤ اطلاعات وضعییت موجود ساختمان

➤ روش های تحلیل سازه



➤ رفتار اجزای سازه

➤ معیارهای پذیرش

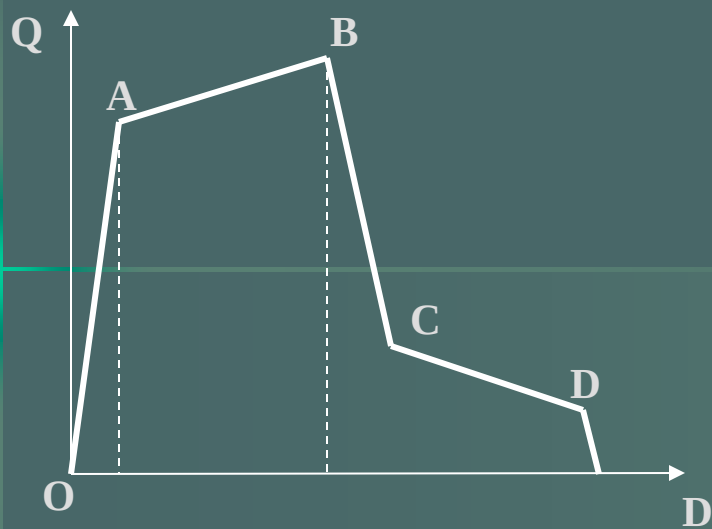
➤ راهکارهای بهسازی لرزه ای

رفتار اجزای سازه

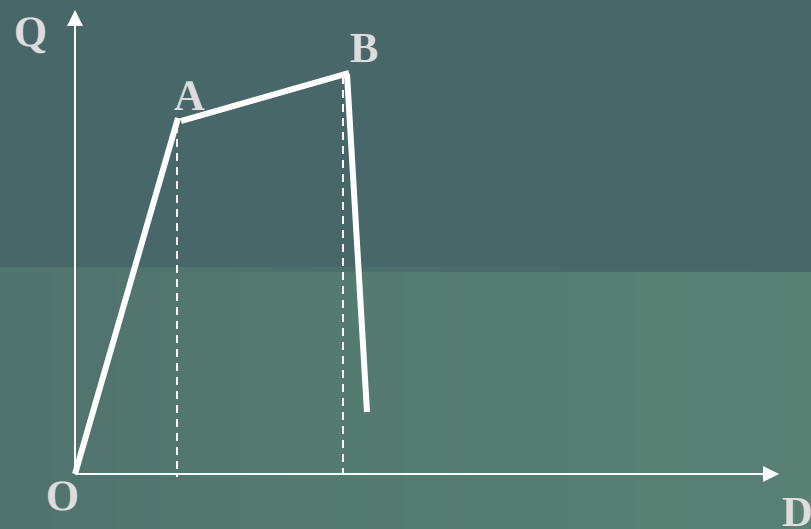
رفتار اجزای سازه با توجه به نوع تلاش داخلی آنها و منحنی نیرو تغییر شکل به دو صورت زیر تقسیم می گردند.

الف: تغییر شکل کنترل

ب: نیرو کنترل



منحنی رفتار عضو تغییر شکل پذیر

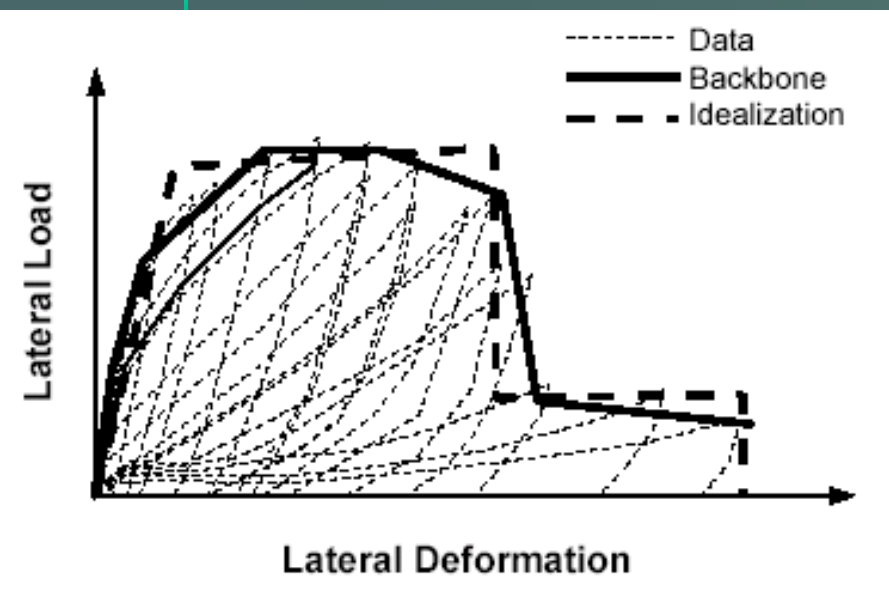


منحنی رفتار عضو نیمه شکل پذیر

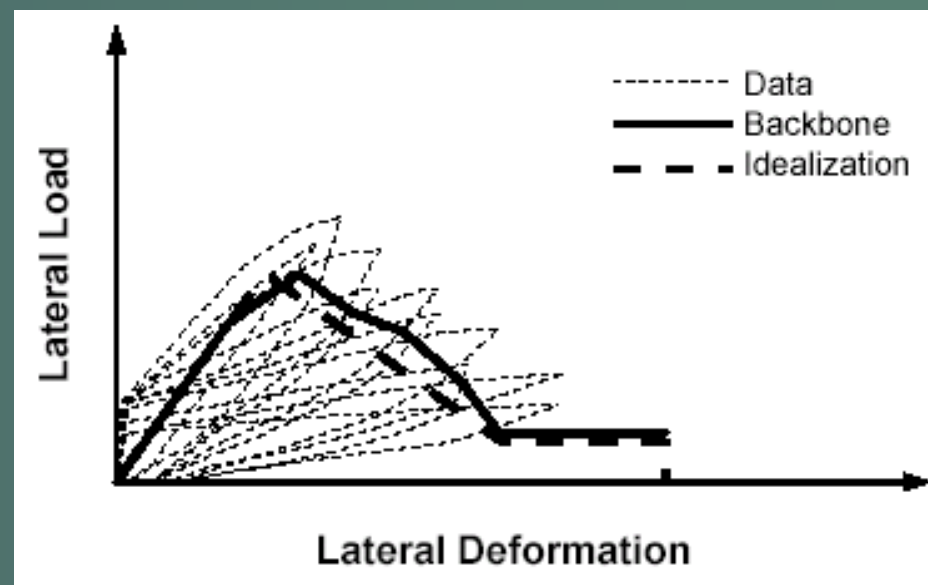


منحنی رفتار عضو شکننده

تغییر شکل کنترل



نیرو کنترل



رفتار نیرو کنترل



رفتار نیرو کنترل





رفتار تغییر شکل کنترل



رفتار تغییر شکل کنترل



➤ اطلاعات وضعییت موجود ساختمان

➤ روش های تحلیل سازه

➤ رفتار اجزای سازه



➤ معیارهای پذیرش

➤ راهکارهای بهسازی لرزه ای

معیارهای پذیرش

پس از تحلیل سازه و برآورد نیروها و یا تغییر شکل های ناشی از بارهای ثقی و جانبی، عملکرد اجزای سازه با توجه به معیارهای پذیرش مورد بررسی قرار می گیرد. این معیارها بر حسب روش تحلیل، نوع اعضای سازه و رفتار آنها متفاوت می باشند.

➤ اطلاعات وضعییت موجود ساختمان

➤ روش های تحلیل سازه

➤ رفتار اجزای سازه

➤ معیارهای پذیرش

➤ راهکارهای 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
- به کارگیری سیستم های جدا ساز لرزه ای
- به کارگیری سیستم های غیرفعال اتلاف انرژی
- تغییر کاربری ساختمان

اصلاح موضعی اجزای سازه با عملکرد نا مناسب در زلزله

هنگامیکه تعدادی از اعضای سازه دارای ظرفیت کافی برای حمل نیروها یا تحمل تغییر شکل ها نیستند، می توان به صورت موضعی نسبت به تقویت این اعضا و اتصالات اقدام نمود به گونه ای که ظرفیت کافی برای حمل نیروها و یا تحمل تغییر شکل ها در این اعضا ایجاد گردد.

حذف یا کاهش بی‌نظمی در ساختمان موجود

بی‌نظمی‌هایی نظیر ناپیوستگی در سیستم باربر جانبی، طبقه نرم، طبقه ضعیف و نا منظمی پیشی در ساختمان‌ها منجر به عملکرد ضعیف آنها می‌گردد. این عملکرد ضعیف ناشی از تمرکز نیروها و تغییر شکل‌های غیر الاستیک در نواحی نامنظم می‌باشد. لذا حذف یا کاهش بی‌نظمی در ساختمان منجر به توزیع یکنواخت‌تر تغییر شکل و استهلاک انرژی از طریق کل سازه می‌گردد.

با تغییر در سیستم باربر جانبی و ایجاد پیوستگی ممکن است بتوان از نا منظمی ساختمان به دلیل ناپیوستگی در اجزای باربر جانبی، کاست.

در ساختمان‌هایی که دارای طبقه نرم یا ضعیف می‌باشند، می‌توان با اضافه کردن مهاربندی در این طبقات سختی این طبقات را با سایر طبقات متناسب نمود.

در مورد نا منظمی پیشی نیز اضافه نمودن اجزای باربر جانبی به منظور کاهش فاصله مرکز جرم و مرکز سختی می‌تواند موثر در کاهش این نامنظمی باشد.

تأمین سختی جانبی لازم برای کل سازه

خسارت در اجزای سازه ای و غیر سازه ای مستقیماً ارتباط با تغییر شکل حاصله در ساختمان در پاسخ به حرکت زمین دارد. با افزایش سختی سازه می توان میزان این تغییر شکل را کاهش داده و در نتیجه عملکرد مورد انتظار در سازه را تأمین نمود.

مؤثرترین روش برای تأمین سختی لازم در سازه، اضافه کردن مهار بندها یا دیوار برشی می باشد.

تأمین مقاومت لازم برای کل سازه

چون در اثر زلزله پاسخ غیر الاستیک گسترده ای از سازه موردانتظار می باشد، لذا تشخیص علت عدم ارضای معیار های پذیرش که می تواند یا بدلیل عدم تأمین مقاومت لازم برای کل سازه و یا بدلیل عدم تأمین سختی جانبی لازم برای کل سازه باشد قدری مشکل می گردد.

در حالت کلی ارضای عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه در سازه مرتبط با تأمین مقاومت لازم برای کل سازه بوده و ارضای عملکرد آستانه فروریزش نیز در ارتباط با کفایت سختی جانبی کل سازه می باشد.

لذا در مواردی که تشخیص داده شود که دلیل عدم ارضای سطح عملکرد مورد انتظار در ساختمان عدم تأمین مقاومت لازم برای کل سازه است باید برای کل ساختمان، سیستم باربر جانبی با ظرفیت کافی ایجاد نمود.

برای این منظور می توان از قاب های مهاربندی شده، دیوارهای برشی و یا تقویت اعضا استفاده نمود.

کاهش جرم ساختمان

هنگامی که پس از ارزیابی لرزه ای مشخص شود که ساختمان سختی جانبی کافی و یا اکثریت اجزاء، مقاومت کافی برای سطح عملکرد انتخابی ندارند، استفاده از روش کاهش جرم به عنوان یک روش موثر بهسازی لرزه ای در این نوع ساختمان ها می تواند به کار گرفته شود.

با کاهش جرم ساختمان به دو هدف اصلی می توان رسید. اول آنکه کاهش جرم باعث کاهش زمان تناوب سازه شده و در نتیجه تغییر شکل سازه کاهش یافته و لذا ممکن است سختی جانبی لازم برای سازه تأمین گردد. علاوه بر آن چون نیروی زلزله متناسب با جرم ساختمان می باشد با کاهش جرم نیروی زلزله کاهش یافته و لذا ممکن است اجزای سازه مقاومت کافی را برای این نیروهای کاهش یافته پیدا نمایند.

لذا در ساختمانهایی که هر دو سطح عملکرد آستانه فروریزش و قابلیت استفاده بی وقفه ارضاء نمی گردد این روش می تواند موثر باشد.

برای این منظور می توان با تخریب طبقات فوقانی، تغییر نمای ساختمان، تغییر مشخصات دیوارهای داخلی یا انتقال تجهیزات و انبارهای سنگین به نقاط دیگر، جرم ساختمان را کاهش داد.

به کار گیری سیستم های جدا ساز لرزه ای

هرگاه نتیجه ارزیابی لرزه ای مبین عدم کفایت سختی و مقاومت برای سطوح عملکرد انتخابی باشد و یا حفاظت از تجهیزات مهم و اجزای غیر سازه ای ساختمان مد نظر باشد، استفاده از سیستم های جداساز لرزه ای به عنوان راهکار بهسازی مناسب خواهد بود.

استفاده از سیستم های جداساز لرزه ای باعث افزایش زمان تناوب و میرایی سازه به میزان قابل توجهی شده و در نتیجه نیروهای وارد بر سازه به میزان زیادی کاهش می یابد.

علاوه بر آن اجزای سیستم های جداساز شکل پذیرتر از سازه متکی بر آنها می باشند، بطوریکه مقدار قابل توجهی از تغییرشکل و انرژی ناشی از زلزله توسط سیستم جداساز مستهلک شده و مقدار کمی به سازه منتقل می گردد و لذا خسارت وارده بر سازه نیز محدود می گردد.

روش جدا سازی برای ساختمان های کوتاه و نسبتاً صلب موثر می باشد و برای ساختمان های بلند و نرم کارایی ندارد.

به کارگیری سیستم های غیرفعال اتلاف انرژی

در مواردی که ارزیابی لرزه ای بیانگر ناکافی بودن سختی جانبی ساختمان برای سطح عملکرد انتخابی باشد، با تعبیه اجزای مستهلک کننده انرژی در سازه می توان تغییر شکل های ساختمان را محدود ساخت.

در این روش برای تامین سختی جانبی سازه، با تعبیه اجزای مستهلک کننده انرژی، میرایی موثر سازه افزایش یافته تا بدین وسیله تغییر مکان جانبی سازه کاهش یابد.

استفاده از سیستم های غیرفعال اتلاف انرژی در ساختمان های قاب خمشی که سطح عملکرد آستانه فروریزش را ارضاء نمی کنند یک روش بسیار موثر خواهد بود.

تغییر کاربری ساختمان

هنگامی که ارزیابی لرزه ای ساختمان مشخص نماید که ساختمان مورد نظر برای سطح عملکرد مورد انتظار کفایت نداشته و هزینه بهسازی برای رسیدن به سطح عملکرد دلخواه قابل توجیه نیست، می توان با تغییر کاربری ساختمان و یا تامین سطح عملکرد پائین تر نیاز به بهسازی را حذف و یا به حداقل رساند. به عنوان مثال، با تبدیل یک بیمارستان به یک ساختمان اداری می توان سطح عملکرد مورد نیاز را پائین آورد.