

زمین لرزه

هر چند سال یکبار بدنبال رویداد یک زمین لرزه ویرانگر در نقطه ای از کشور خسارت های جانی و مالی فراوانی به بار می آید . زلزله های اخیر مانند قائنات و منجیل و بخصوص بم بوضوح آسیب پذیری لرزه ای ساختمانهای موجود را نشان دادند . از آنجا که راه حل منطقی و اقتصادی برای جلوگیری از بروز چنین خسارت های ، مقاوم سازی ساختمان های موجود است ، لزوم بررسی و تحقیق در مورد شیوه های مختلف بهسازی و مقاوم سازی ساختمان های متعارف موجود ، به شدت احساس می شود . در این مقاله سعی شده تا با مرور مختصری بر کارهای تحقیقاتی و اجرایی انجام یافته در این زمینه ، جنبه های کاربردی روشهای معمول مقاوم سازی بررسی گردد.

الف - تغییر کاربری ساختمان

- تغییرات در آیین نامه ها زلزله یا طراحی ساختمانها

ج - ضعف های اجرایی و عدم برآورده شدن نیازهای طراحی در حین اجرا

۳- مراحل مقاوم سازی

در مورد تقویت سازه ها باید دقت لازم و کافی به عمل آید تا هدف اصلی شیوه مقاوم سازی مورد استفاده برآورده شود. زیرا در برخی موارد پس از صرف وقت و هزینه زیاد طرح تقویت انتخاب و اجرا شده کارایی لازم عملی را ندارد.

در حالت کلی برای تقویت ساختمانها باید گام های زیر برداشته شود :

- ۱- گردآوری اطلاعات در مورد مشخصات سازه
- ۲- تحلیل سازه ای ساختمان آسیب دیده
- ۳- طراحی تقویت سازه در صورت نیاز
- ۴- تهیه نقشه های طرح تقویت
- ۵- برآورد هزینه . حال به شرح هر کدام از این موارد پرداخته می شود.

۴- معیارهای حاکم بر مقاوم سازی سازه

- ۴-۱- معیارهای عمومی
- ۱- قیمت اولیه ساختمان و قیمت طرح ترمیم یا تقویت
- ۲- قابلیت دوام اعضای جدید و قدیم و نیز همنشینی فیزیکی ، شیمیایی و مکانیکی مصالح جدید و قدیم
- ۳- فراهم بودن تجهیزات ، امکانات و نیروی کار
- ۴- امکان کنترل کیفیت
- ۵- پر یا خالی از سکنه بودن ساختمان
- ۶- مدت زمان انجام کار ترمیم یا تقویت
- ۷- زیبایی طرح
- ۸- حفظ هویت معماری، برای ساختمانهای باستانی

۲-۴- معیارهای فنی

۱- برای ساختمانها بسیار نامنظم ، باید تا حد امکان به یک منظمی در رفتار سازه رسید.

۲- تا حد امکان بخشی از سازه را که پتانسیل رفتار غیرالاستیک دارد ، در کل سازه توزیع کرد.

۳- بعد از تقویت باید تمامی موارد آیین نامه ای مگر در مورد محدودی که اجازه داده می شود ، رعایت گردد.

۴- در نواحی بحرانی تا حد امکان باید انعطاف پذیری را بصورت موضعی بالا برد

۵- یک حداقل افزایش سختی موضعی را در قسمتهای مختلف سازه بوجود آورد.

۳-۴: شیوه های کلی تقویت

با در نظر گرفتن معیارهای قبلی ، مقاوم سازی از میان روش های زیر ، تنها یا بطور ترکیبی انتخاب می شود:

۱- بدون هیچگونه مقاوم سازی

۲- محدود نمود در استفاده از سازه یا تغییر کاربری

۳- اصلاح کلی یا موضعی اعضای آسیب ندیده مثلا استفاده از پوشش

های بتنی یا فولادی

۴- در صورت امکان تبدیل برخی از اعضای غیرسازه‌ای به اعضای سازه‌ای

۵- اصلاح سیستم سازه‌ای به منظور افزایش سختی، منظم کردن سازه (در پلان و ارتفاع) حذف اعضای آسیب پذیر یا تغییر مناسب در پیوند طبیعی ساختمان

۶- کاهش وزن ساختمان

۷- اضافه کردن یکسری اعضای مقاوم سازه‌ای مانند بادبند، دیوار برشی، دیوارهای پرکننده و ..

۸- جابجایی کامل اعضای که به شدت آسیب دیده اند یا اعضا نامناسب

۹- اضافه کردن یک سیستم جدید سازه‌ای به منظور تحمل نیروی زمین لرزه، مثلاً افزودن یک قاب بادبندی شده جدید

۱۰- اضافه کردن میراگرها

۱۱- استفاده از پی‌های لغزشی (جدا سازی پی از ساختمان)

۱۲- باز توزیع نیروها با استفاده از روش‌هایی مانند پیش تنیدگی

۵- اهداف مقاوم سازی

در تقویت ساختمانها غالبا سه هدف عمده وجود دارد (شکلهای ۳ و ۴):

۱- افزایش مقاومت ساختمان در برابر بارهای جانبی

۲- افزایش شکل پذیری ساختمان

۳- افزایش مقاومت به همراه افزایش شکل پذیر ساختمان

۶- مقاوم سازی

به طور کلی مقاوم سازی ، به دو صورت انجام می شود:

۱- اضافه کردن سیستم سازه ای جدید

۲- تویت اعضای سازه ای موجود

۶-۱- اضافه کردن سیستم سازه ای جدید

این کار به چند روش رایج و معمول صورت می گیرد ، بطور مثال ، استفاده از بادبندهای فولادی ، استفاده از دیوارهای پر کننده ، جدا سازی تکیه گاه ها ، استفاده از میراگرها و که در ادامه به توضیح هر کدام پرداخته می شود. یک مقایسه کلی بین روش های مختلف مقاوم سازی در شکل ۵ مشاهده می شود.

۶-۱-۱- بادبند های فولادی

سیستم بادبند های فولادی یک روش مقاوم سازی مطلوب به شمار می رود. از جمله مزایای این روش عبارتند از:

۱- افزایش مقاومت و شکل پذیری سازه

۲- اعمال وزن کمتری به سازه

۳- امکان استفاده از بازشو و پنجره در قالب باد بندی شده

۴- اجرای نسبتاً آسان

۵- کنترل کیفیت ساده تر

بادبند ها به حالت های فشاری ، کششی ، یا پس کشیده طرح می گردد که به اشکال X شکل ، ۷ و ۸ شکل ، لوزی شکل و زانویی اجرا می گردند (شکل ۶) نوع دیگر استفاده از بادبندها ، به صورت بادبند خارج از قاب است ، که ساختمان را همانند کلافی محصور می کند و در ساختمانهای بتنی نحوه اتصال بادبندی فولادی به قاب بتنی ، از جمله موارد مهم و اساسی به شمار می رود بطوریکه عملکرد خوب بادبند بستگی به نحوه اتصال آن دارد. طبق تحقیقات و آزمایشهای انجام شده ملات بکار رفته بین قاب فولادی و بتنی از اهمیت خاصی برخوردار است و در میزان مقاومت جانبی قاب موثر است.

در این زمینه مطالعات آزمایشگاهی برای ساختمانهای بتن مسلح نشان می دهد که اتصال بادبند به قاب ، نوع پیچ و مهره ای با اتصال به تیر و ستون سختی قاب را به مقدار زیادی افزایش می دهد بطوریکه این روش تقویت برای ساختمان های کوتاه تا متوسط مناسب تشخیص داده شده است.

یکی دیگر از روش های مقاوم سازی استفاده از بادبندهای خارج از صفحه می باشد . در این روش بادبندها از بیرون قاب به سازه بتنی متصل می شوند . این سیستم جدید از نظر ساخت و نصب آسان است و برای ساکنین ساختمان مزاحمت کمی ایجاد می کند . امکان استفاده از

بازشوها در این روش وجود دارد . خرابی در این روش به محل اتصالات تیر و ستون محدود می شود.

۶-۱-۲- دیوارها

یکی از روش های معمول و رایج در مقاوم سازی ساختمان ها در برابر زلزله استفاده از دیوارها شامل دیوارهای برشی بتنی و...

دیوارهای پرکننده با مصالح بنایی ،پانل های بتنی پیش ساخته ، دیوارهای کناری ، پانل های فلزی ، درون قاب های بتنی و .. می باشد استفاده از انواع دیوارها در افزایش ظرفیت لرزه ای ساختمان و کاهش تغییر مکان جاتی موثر است . در این روش نیز همانند روش های دیگر اتصال بین قاب اولیه و دیوار جدید اهمیت زیادی دارد . با استفاده از این روش مقاومت ساختمان و همچنین شکل پذیری آن افزایش می یابد.

از موارد مهم به کارگیری این روش ،طرز قرار دادن دیوارها در ساختمان است . به خاطر عدم پیدایش پیچش باید حتی المقدور دیوارها چه در ارتفاع و چه در پلان بصورت منظم و متقارن قرار گیرند. همچنین به دلیل وارد کردن وزن زیاد به سازه اولیه باید دقت شود که تنها در قاب های با ظرفیت برشی ضعیف بکار روند و از استفاد بیش از اندازه جلوگیری شود.

۶-۱-۳- دستگاه ها استهلاک انرژی

از جمله روشهایی که اخیراً بطور گسترده در کار مقاوم سازی لرزه ای به کا می روند استفاده از دستگاه های استهلاک انرژی است . مطالعات تحقیقاتی و کارهای تحلیلی و آزمایشگاهی زیادی در این زمینه انجام می شود و مقالات فراوان ، حاکی از اهمیت این موضوع می باشد این روش عبارتند از :

الف – جداگرهای لرزه ای

اساس این روش بر جدا ساختن ساختمان از زمین استوار است به نحوی که حرکات زمی در حد کمی به ساختمان منتقل شود. در این روش با ایجاد انعطاف پذیری در پایه سازه یا در طبقات در صفحه افقی و استقرار عناصر مستهلک کننده به منظور جذب کامل و ا بخش عمده ای از انرژی ناشی از زمین لرزه ، دوره تناوب سازه به مقدار مورد نیاز از دوره تناوب حرکت زمین دور می شود تا پدیده تشدید ایجاد نگردد و همچنین نیروهای کمتری از زمین به سازه منتقل شود . از جمله مزایای این روش عبارتند از :

۱- ایجاد انعطاف پذیری مناسب در سازه

۲- کاهش تغییر مکان نسبی کف ها و پایین آمدن میزان خرابی های

سازه ای و غیر سازه ای

۳- کاهش فرکانس ارتعاش سازه و کاهش نیروهای طراحی زلزله

۴- اشغال مساحت کمتری از ساختمان برای اجرای این طرح تقویت

۵- مزاحمت کمتر برای ساکنین و عدم نیاز به تخلیه ساختمان

۶- نمای ساختمان محفوظ می ماند.

با توجه به مزایای فوق می توان گفت که این روش برای ساختمان های کوتاه و متوسط مرتبه ، نیروگاههای هسته ای ، پل ها و بسیاری از ساختمان های صنعتی که جزو ساختمان های سخت به شمار می روند مناسب می باشد. زیرا نیروهای طراحی این قبیل سازه ها را کاهش می دهد . در سیستم جداگر لرزه ای ، ، به سه جزء اساسی می توان اشاره کرد.

۱- تکه گاه انعطاف پذیر ، بطوری که زمان تناوب ارتعاش کل سیستم را به مقدار کافی طولانی کند تا نیروی پاسخ ، کاهش یابد.

۲- میراکننده یا مستهلک کننده انرژی بطوری که تغییر مکان نسبی بین ساختمان و زمین را کنترل نماید.

۳- ابزاری برای تامین سختی در برابر بارهای کم مانند باد و زمین لرزه های کوچک

۴- برای تامین انعطاف پذیری می توان از وسایلی نظیر ، غلتکها صفحات لغزشی اصطکاکی کابل های تعلیق ، پایه های مهره ماسوله ای و پی های گهواره ای استفاده نمود . برای تامین استهلاک انرژی می توان از الاستومرهای سربی - لاستیکی استفاده نمود همچنین میراگر هیدرولیکی در یکسری از پل های و سازه های ویژه به کار

رفته است و برای تامین سختی ، در برابر بارهای جانبی کم می توان از تکیه گاه های سربی - لاستیکی و سایر تلف کننده های انرژی مکانیکی استفاده کرد.

ب - افزایش میرایی ساختمان

اخیرا از این سیستم برای کاهش تغییر شکل های الاستیک سازه های موجود استفاده می شود. افزایش میرایی سبب کاهش دامنه نوسان در هنگام پدیده تشدید بوده و پاسخ لرزه ای را کاهش می دهد اجرای ساده این روش و مزاحمت کم آن برای ساکنین از جمله مزایای این سیستم می باشد.

۶-۲-۱ - پوشش های بتنی

استفاده از پوشش های بتی در تیرها ، ستون ها و اتصالات ساختمان های بتنی بسیار معمول است . استفاده از پوشش برای تقویت ستون ها باعث بهبود مشخصات ستون می شود ولی در بعضی موارد که امکان عبور میلگردهای تقویتی از سقف ممکن نباشد مقاومت خمشی ستون افزایش نمی یابد ، بنابر این در تقویت اعضای سازه ای باید به مسیر انتقال نیرو از بخش جدید به بخش موجود سازه اعم از تیر یا ستون توجه شود.

بتنی ستون ها مقاومت برشی و محوری را افزایش می دهد و برای بهبود مقاومت خمشی ستون و مقاومت اتصال باید فولاد پوشش از سقف عبور

کند یا بوسیله برای بهبود اتصال بین اعضای جدید و قدیم ، برداشتن بتن پوشش وزبر کردن سطح کار لازم است . علاوه بر آن می توان میلگردهای جدید و قدیم را به هم جوش داد. همچنین برای ایجاد چسبندگی بهتر بین بتن جدید و قدیم از یکسری فولادهای خم شده که به فولادهای جدید و قدیم جوش می شوند نیز می توان استفاده کرد. استفاده از پوشش بتنی برای ستون ها در آزمایشی مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که پوشش بتنی باعث می شود مفصل پلاستیک از اتصال تیر و ستون به تیر منتقل شده و ترک های تیر بصورت یک ترک خمشی در ستون تبدیل شود که این امر سبب می گردد که میلگردهای تیر از داخل اتصال بیرون کشیده شوند و سختی پس از چند سیکل کاهش یابد و در مقایسه با قاب تقویت شده مکانیزم گسیختگی تغییر کرده ، مقاومت ستون ها افزایش یافته و سختی و مقاومت سازه ای بهتر شده و شکل پذیری و استهلاک انرژی می یابد.

در تیرها نیز می توان پوشش بتن مسلح را با اضافه کردن بتن جدید در سه یا چهار وجه تیر اجرا کرد با این شیوه ناحی فشاری یا کششی تیر نیز تقویت می شوند . فولاد اضافه شده در لایه تحتانی جد تیر فقط مقاومت خمشی را افزایش می دهند و اتصال فولادهای قدی و جدید از طریق جوشکاری انجام می شود . استفاده از پوشش در چهار وجه تیر ، موثرترین شیوه برای تقویت تیرها ا اسفاده از پوشش بتنی می باشد .

در این شیوه ضخامت بتن فوقانی حدود ۵ تا ۷ سانتی متر اضافه می شود و خاموتها به فواصل مناسب ، با سوراخ کردن دال در محل کاشته می شود و فولادهای طولی پوشش به فولادهای موجود جوش می شوند. برای اتصالات تیرو و ستون نیز می توان از پوشش بتن مسلح استفاده نمود . در این روش اتصال با استفاده از آرماتورهای طولی ممتد درون یک پوشش بتنی محصور می شود و روی این پوشش بتنی نیز یک قفس فولادی می توان جوش دارد.

جلوگیری به عمل آورده ، شکل پذیری و مقاومت برشی را افزایش می دهد.

همچنین می توان با استفاده از تسمه های پس کشیده فلزی مقاومت و شکل پذیری سازه را افزایش داد تسمه هایی که در این روش استفاده می شوند به عرض ۳ سانتی متر و ضخامت ۱ میلی متر محدود می شوند و با استفاده از دستگاه هایی تا کمتر از حد جاری شدن کشیده می شوند اگر چه هدف اصلی این تکنیک افزایش شکل پذیری است ولی این روش افزایش مقاومت خمشی ، ظرفیت برشی و مقاومت فشاری عضو بتنی را نیز به همراه دارد.

استفاده از پوشش فلزی در منطقه پلاستیک ستون ، باعث افزایش قابل ملاحظه شکل پذیری ستون می گردد و علاوه بر شکل پذیری، بخشی از برش ستون به وسیله پوشش تحمل می شود همچنین در ستون هایی که

پوشش اتصال ناکافی در آرماتورهای طولی آنها وجود دارد می توان از پوشش های فولادی که توسط بولت هایی مهار شده اند استفاده نمود. که این کار سبب افزایش چسبندگی بین میلگردها و بتن شده و از لغزش آرماتور جلوگیری می کند روش های دیگر محصور کردن ستون های بتن مسلح با کمک سیسم های فولادی، پروفیل های H شکل و قفس فولادی وجود دارد.

مقاوم سازی اعضای بتن مسلح سازه ای با استفاده از چسباندن ورق های الیاف مسلح پلاستیکی یک روش نسبتاً جدید به شمر می رود استفاده از این مواد مزایایی را در بر دارد. از جمله :

- وزن کم
- حجم کم
- مقاومت در برابر پوسیدگی و خوردگی
- قابل استفاده در ابعاد بزرگ
- مدول الاستیسته پایین و قابلیت تحمل تغییر شکل های بالا
- اجرای ساده
- و از عیوب آن می توان به موارد زیر اشاره کرد :
- بعد از رفتار الاستیک، شکل پذیری به شدت کاهش می یابد
- درصد بالایی از مقاومت در اثر بارهای دایمی کاهش می

یابد