

بررسی و مقایسه چند روش بهسازی ساختمان های بتنی در برابر زلزله

محمد قاسمیان بالف، دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه سمنان*

سلمان قاسمیان بالف، کارشناس ارشد سازه، فارغ التحصیل دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی**

پست الکترونیکی: Moh_Ghasemian@yahoo.com ، تلفن: 09112125114

پست الکترونیکی: Ghasemian1382@yahoo.com ، تلفن: 09126072622

چکیده:

بررسی آسیب پذیری و بهسازی ساختمان های بتن مسلح به دلیل پیچیدگی از اهمیت بالایی برخوردار است. امروزه با توجه به ویرایش جدید آیین نامه زلزله ایران و دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود و همچنین توجه بیشتر نسبت به زمین لرزه بهسازی ساختمان های موجود جایگاه خاص پیدا کرده است.

در این مقاله یک ساختمان ۷ طبقه بتنی مورد بهسازی قرار می گیرد. پس از جمع آوری نتایج اولیه آزمایشات مخرب و غیر مخرب (مغزه گیری و چکش اسمیت) ضعف بتن و اعضای بتنی مشهود است.

با مدل سازی ساختمان با نرم افزار ETABS و بدست آوردن بسبب تنش های اعضا، مشاهده گردید که سازه مقاومت کافی را در برابر بار های جانبی ندارد. براین اساس با سه روش بهسازی زره پوش فولادی، بادبند فولادی و دیوار برشی، تقویت لازم روی سازه انجام شد. بدین ترتیب که بر اساس تحلیل طیفی مدل سازه موجود و مدل های سازه بهسازی شده مورد تحلیل و طراحی قرار گرفتند و روش های مختلف بهسازی با نتایج حاصل از تحلیل مقایسه شدند.

کلید واژه ها: بهسازی لرزه ای، قاب بتن مسلح، تحلیل دینامیکی

مقدمه

بهسازی مجموعه عملیاتی است که بر روی یک عضو یا تمام سازه انجام شود تا سازه بتواند تحت زلزله های با سطوح خطر مختلف عملکرد مناسب و رفتار بهتری از خود نشان دهد.

تقویت سازه معمولاً با سه هدف افزایش ظرفیت اجزای سازه ای (افزایش مقاومت)، بهبود رفتار سازه (افزایش شکل پذیری ساختمان) و اثر توام آنها صورت می گیرد.

در بهسازی سازه ها راهکارهای مختلف وجود دارد که برخی از آنها عبارتند از:

- اصلاح موضعی اجزای سازه که دارای عملکرد نامناسبی در زلزله هستند.
- حذف یا کاهش بی نظمی در ساختمان
- تامین سختی جانبی لازم برای کل سازه با اضافه کردن سیستم سازه ای جدید
- تامین مقاومت جانبی لازم برای کل سازه
- کاهش جرم ساختمان
- تغییر کاربری ساختمان

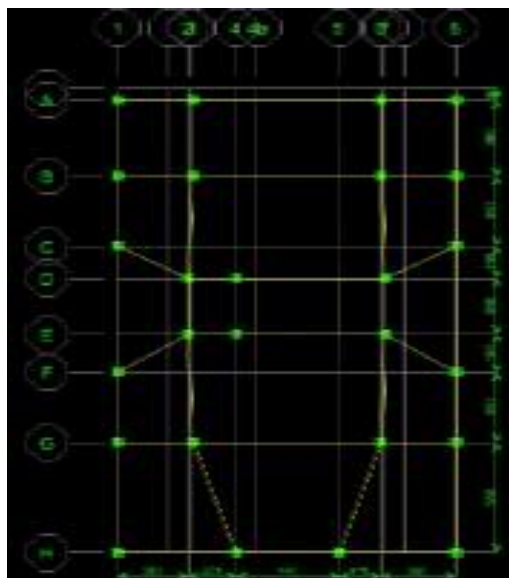
ساختمان مورد بررسی در شهر تهران واقع می باشد.

پس از مدل سازی سازه با دو تحلیل استاتیکی و طیفی، نقاط ضعف سازه شناسایی گردید و با روش های یاد شده مدل های بهسازی سازی انجام شد.

در ادامه به نتایج حاصل از تحلیل و طراحی ساختمان اشاره خواهد شد.

۱- مشخصات ساختمان مورد بررسی

در این ساختمان از سیستم قاب خمشی متوسط در دو امتداد اصلی استفاده شده، ارتفاع طبقات در دو طبقه پایین ۳ متر و در ۵ طبقه بالایی ۳/۲ متر، سقف ها تیرچه بلوک با ضخامت کل ۳۵ سانتیمتر است. ستون ها، در طبقه اول ۴۰×۴۰ سانتیمتر با ۱۸ آرماتور ۲۰، در طبقات دوم و سوم و چهارم ۴۰×۴۰ سانتیمتر با ۱۶ آرماتور ۲۰ و در سه طبقه بالایی ۴۰×۳۰ با ۱۰ سانتیمتر آرماتور ۲۰ می باشد. تیرها همگی با ارتفاع ۳۰ سانتیمتر هستند به طوری که در برخی تیرهای بالایی از پهنای ستون هم تجاوز می کند. در شکل ۱ پلان ساختمان نشان داده شده است.



(شکل ۱): پلان ساختمان مورد مطالعه

در پلان این ساختمان، در دو طبقه اول و دوم در دو محور 2 - 4a و D - E و همچنین دو محور 5 - 7 و E - D و در طبقات بالاتر علاوه بر دو ناحیه فوق، در ناحیه های دوزنقه ای اطراف هم سقف خالی است.

برای بارگذاری ثقلی سازه از استاندارد ۵۱۹ و برای بارگذاری جانبی در حالت استاتیکی معادل از آیین نامه زلزله استفاده گردید.

۲- تحلیل استاتیکی

براساس بارهای ثقلی مدل شده و بارهای جانبی محاسبه شده در دو امتداد و وارد کردن این بارها به مدل در نرم افزار، تحلیل استاتیکی را انجام می دهیم. در سازه موجود مدل شده پس از انجام تحلیل تغییرمکان های جانبی طبقات شرایط آیین نامه زلزله را ارضا می کنند، ولی وضعیت نسبت تنش اعضای ستون در سه طبقه پایین و تیرها در دهانه های بزرگ و طبقات اول و دوم رضایت بخش نبوده است.

۳- تقویت اعضا

به منظور بهبود رفتار سازه و افزایش مقاومت اعضای بتنی سه روش برای بهسازی در نظر گرفته شد.

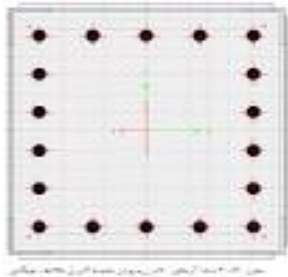
- زره پوش فولادی - بادبند فولادی - دیوار برشی

۱-۳- زره پوش فولادی (steel jacket)

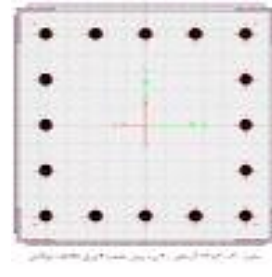
استفاده از زره پوش فولادی یکی از روش های معمول در سازه های بتنی به منظور افزایش شکل پذیری و مقاومت اعضای تیر و ستون و اتصالات می باشد. با توجه به مقاطع تیر و ستون موجود در ساختمان یک نوع تیر و سه نوع ستون زره پوش شده پیشنهاد گردید است که در اعضای ضعیف به کار گرفته شد و در برنامه مدل گردید.

سیس مدل تقویت شده با نرم افزار، مورد تحلیل استاتیکی قرار گرفت و نتایج حاصل شرایط تغییرمکان جانبی مجاز آیین نامه و نسبت تنش بر اساس این تحلیل رضایت بخش بود. بعد از آن مدل با تحلیل طیفی مورد بررسی قرار گرفت در این تحلیل هم رفتار سازه رضایت بخش بوده و نسبت تنش در اعضا ضعیف به ۰/۹ رسید. با توجه به اینکه تغییرمکان جانبی سازه هم کاهش داشت.

مقاطع تیر و ستون های زره پوش شده فولادی در شکل ۲ نمایش داده شده است.



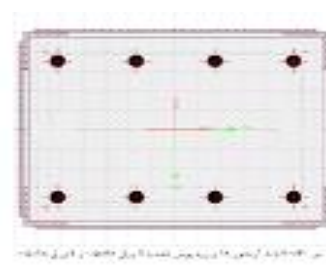
ستون ۴۰×۴۰ تقویت شده با ورق به ضخامت ۰/۵ سانتیمتر



ستون ۴۰×۴۰ تقویت شده با ورق به ضخامت ۰/۵ سانتیمتر



ستون ۴۰×۳۰ تقویت شده با ورق به ضخامت ۰/۵ سانتیمتر

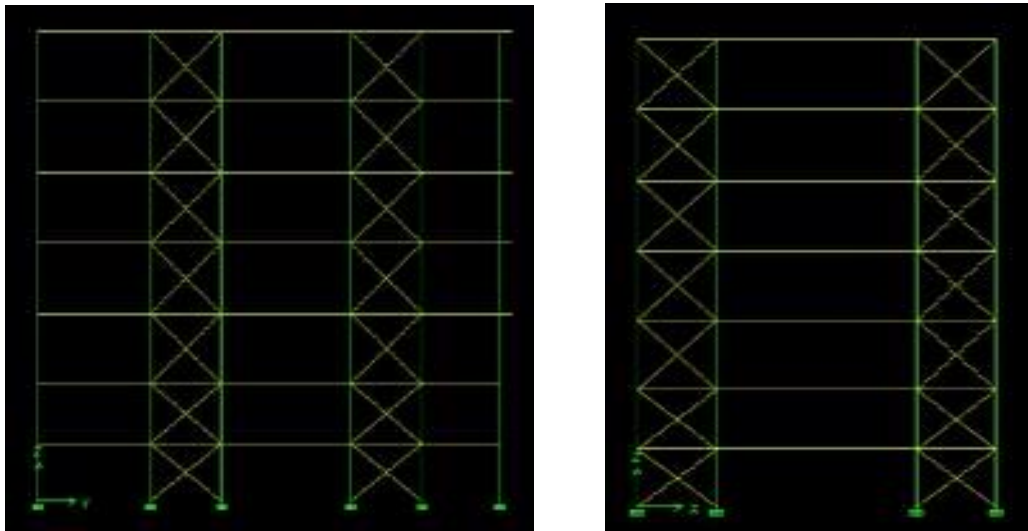


ستون ۳۰×۴۰ تقویت شده با ورق به ضخامت ۰/۵ سانتیمتر

(شکل ۲): مقاطع تقویت شده با زره پوش فولادی مورد نظر

۲-۳- بادبند فولادی

سیستم بادبند فولادی از سیستم های مطلوب در بهسازی لرزه ای سازه ها به شمار می رود. افزایش مقاومت و شکل پذیری، اجرای نسبتاً آسان و کنترل کیفیت ساده تر از دیگر روش ها، اعمال وزن کم به سازه، امکان استفاده از بازشو و درب در دهانه های مهاربندی شده از مزایای این روش بهسازی است. استفاده از بادبندها در سازه مورد مطالعه علاوه بر کمک در تحمل بارهای جانبی، موجب توزیع مناسب بارها می شود و همچنین تغییرمکان جانبی سازه بسیار کم شد. در این ساختمان از ۲ نوع مقطع برای بادبند استفاده شد که دابل ناودانی ۱۶ و دابل ناودانی ۱۴ بوده است. از دابل ناودانی ۱۶ در مهاربندی چهار طبقه پایین و از دابل ناودانی ۱۴ برای مهاربندی سه طبقه بالا استفاده شد. همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است.



(شکل ۳): موقعیت مهاربندها در قاب های ساختمان

دهانه های مهاربندی شده به قرار زیرند:

قاب ۱ در دهانه بین دو محور $F - G$ و $B - C$

قاب ۸ در دهانه بین دو محور $F - G$ و $B - C$

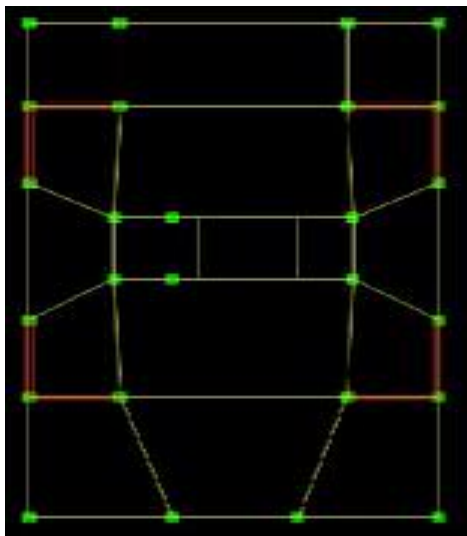
قاب G در دهانه بین دو محور ۱ - ۳ و ۶ - ۸

قاب G در دهانه بین دو محور ۱ - ۳ و ۶ - ۸

لازم به ذکر است که پس از مدل سازی بادبندها و انجام تحلیل طیفی مشاهده شد که تعدادی از ستون های طبقه اول در دهانه مهار بندی شده هنوز ضعف مقاومتی دارند که طبق مشخصات ستون های این طبقه با زره پوش کردن آنها با مقطع متناظر، تقویت می شوند. برای اطمینان بیشتر از بهسازی و اینکه در آیین نامه زلزله و دستورالعمل ضریب رفتاری در این حالت گنجانده نشده است با همان ضریب رفتار تحلیل صورت می گیرد. اتصال باربندها به ستون ها مفصلی در نظر گرفته می شود.

۳-۳- یکی از دیگر روش های بهسازی لرزه ای سازه های بتنی استفاده از دیوارهای برشی است. از مزایای این روش، افزایش مقاومت کل سازه و اعضای بتنی و همچنین کاهش بسیار زیاد تغییر مکان جانبی سازه است. در سازه مورد مطالعه دو ضخامت ۲۰ سانتیمتری و ۲۵ سانتیمتری در نظر گرفته شد. دیوارهای ۲۵ سانتیمتری در ۴ طبقه پایین و دیوارهای ۲۰ سانتیمتری در بهسازی ۳ طبقه بالا استفاده گردید. مقطع دیوارها به صورت L شکل می باشد تا اولاً سختی سازه را بیشتر افزایش دهند و در ثانی تعداد ستون کمتری نیاز به ترمیم و تقویت داشته باشند و در نهایت عملیات اجرایی متمرکزتر صورت گیرد. محل دیوارها به شرح زیر است.

دهانه های (۱-۳ و B-C) و (۱-۳ و F-G) و (۶-۸ و B-C) و (۶-۸ و F-G)، که در شکل ۴ زیر هم نشان داده شده است.

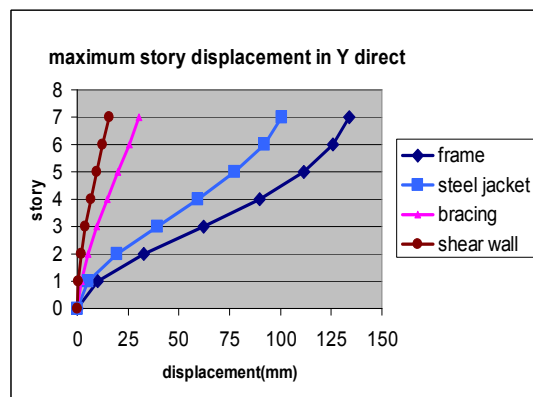
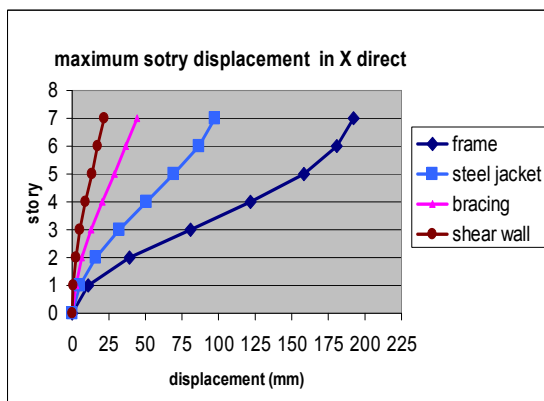


(شکل ۴): موقعیت دیوارهای برشی در پلان ساختمان

همانند حالت قبل سازه به صورت سه بعدی در ETABS مدل و با تحلیل طیفی سازه مورد تحلیل قرار گرفت. پس از تحلیل کاهش شدید تغییر مکان جانبی مشهود بود و همچنین پس از طراحی سازه با دیوار برشی های اضافه شده ولی همان اعضای قاب سازه موجود، نسبت تنش اعضا بسیار کاهش یافت و این نسبت برای تمامی اعضا به مقدار کمتر از ۰/۷ رسید. مورد لازم به ذکر اینکه به علت برقراری اتصال مناسب و پیوستگی کافی بین دیوار و تیر و ستون تقویت آنها به روش زره پوش فولادی اجباری است. مانند حالت قبل در تحلیل نیروی زلزله کاهش نیافت، یعنی با ضریب رفتار اولیه تحلیل صورت گرفت.

۴- مقایسه روش های مختلف بهسازی با استفاده از نتایج تحلیل طیفی

برای مقایسه روش های مختلف بهسازی پارامتر تغییر مکان جانبی سازه ها در دو جهت اصلی مورد بحث قرار می گیرد. چنانچه در نمودار ۱ نمایش داده شده است.



تغییر مکان جانبی ماکسیمم طبقات در راستای Y (نمودار ۱): تغییر مکان جانبی ماکسیمم در دو راستای X و Y

بر اساس آن می توان عنوان نمود که کاهش تغییر مکان جانبی در سازه های بهسازی شده با دیوار برشی و بادبند فولادی در هر دو راستا بسیار قابل ملاحظه است. در حالی که در سازه بهسازی شده با زره پوش فولادی در راستای X کاهش مناسب و در راستای Y کاهش کمتر است.

۵- خلاصه و نتیجه گیری

در تحلیل استاتیکی سازه موجود تغییر مکان جانبی سازه، ضوابط آیین نامه زلزله رعایت شده است اما تیر و ستون ها در تحمل نیروهای جانبی دچار ضعف بوده اند.

با روش زره پوش فولادی در بهسازی لرزه ای سازه مشاهده شد که نسبت تنش ها در همه اعضا به به کمتر از یک رسید. در این روش حدود ۴۵ درصد ستون ها و ۲۵ درصد تیرها تقویت شدند.

با کمک بادبند فولادی در بهسازی سازه نسبت تنش ها در تمامی اعضا، جز تعدادی از ستون های دهانه های مهاربندی شده در طبقه اول، کمتر از یک گردید. ستون های ضعیف که دارای نسبت تنش بالای یک هستند با روش زره پوش فولادی و با مقاطع متناظر خود تقویت شدند.

با افزودن دیوار برشی در تقویت رفتار و عملکرد سازه، نسبت تنش تمامی اعضای به کمتر از یک (در حدود ۰/۷) رسید اما برای اطمینان از کفایت ستون های به کار رفته به عنوان المان مرزی، آنها با زره پوش فولادی تقویت شدند.

به طور کلی درصد کاهش تغییر مکان جانبی سازه های بهسازی شده به قرار زیر می باشد.

کاهش ۵۰ درصدی در روش زره پوش فولادی

کاهش ۸۵ درصدی در روش بادبند فولادی

کاهش ۹۲ درصدی در روش دیوار برشی

در بررسی پارامتر های دیگر از قبیل میزان تخریب، هزینه و دشواری عملیات بهسازی، می توان عنوان روش بادبند فولادی را از دو روش زره پوش فولادی و دیوار برشی مناسب تر دانست.

در نهایت می توان چنین عنوان نمود که هر سه روش بهسازی، روش های مناسبی هستند، اما دو روش زره پوش فولادی و دیوار برشی در حالاتی که به تعداد کمتری از آنها در بهسازی احتیاج باشد یا در موارد خاص مناسب هستند.

در حالی که بادبندهای فولادی در صورت اطمینان از اجرای مناسب و کنترل کیفی دقیق گزینه مناسبی است.

منابع

- استاندارد ۲۸۰۰ ایران، آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله