

بهسازی لرزه‌ای قاب فولادی با استفاده از دیوار برشی بتن مسلح

علی تقی‌زاده*^۱، عطیه فراهانی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش سازه، موسسه آموزش عالی فخررازی ساوه

۲- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تفرش

چکیده

تخریب و نوسازی ساختمان‌ها بدلیل تغییرات کاربری یا تغییرات اعمال شده در ضرایب آیین‌نامه‌های به‌روز شده که عموماً شرایط را سختگیرانه‌تر می‌کند، تنها راه حل پیش رو نمیباشد، چه بسا در اکثر مواقع میتوان با مقاومسازی و صرف هزینه‌های بسیار کمتر از تخریب و نوسازی به نتایج مطلوب رسید، یکی از روش‌های مقاومسازی ساختمان‌های طراحی شده با آیین‌نامه‌های قبلی استفاده از دیوار برشی بتنی می‌باشد. از مزایای استفاده از دیوارهای برشی بتنی در ساختمان فولادی نسبت به بتنی می‌توان به اجرای ساده‌تر آن اشاره کرد، زیرا در قاب خمشی فولادی با تعبیه برشگیر و بدون نیاز به کاشت میلگرد می‌توان دیوار برشی بتنی را اضافه کرد. همچنین در ستون‌های ساختمان فولادی مشکل کماتش وجود دارد که وجود دیوار برشی بتنی باعث مهار ستون‌ها و عدم ایجاد کماتش در آن‌ها می‌شود. در این مقاله از قاب‌های ۵ و ۱۰ و ۱۵ طبقه استفاده شده است. ابتدا قاب خمشی فولادی متوسط به کمک ورژن قدیم (ویرایش ۱) استاندارد ۲۸۰۰ بصورت بهینه طراحی شده پس از بررسی اعضا و صحت طراحی طبق آن استاندارد، مجدد همان سازه در استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش ۴ طراحی می‌شود، سپس نتایج این دو مدل با هم مقایسه شده و اثبات می‌گردد که مدل‌های قدیمی نمی‌توانند سطح عملکرد مورد نظر را برآورده نمایند، بنابراین دیوار برشی بتنی به مدل طراحی با آیین‌نامه قدیمی اضافه می‌شود و مجدد با کنترل خروجی‌ها اثبات می‌شود که می‌توان ساختمان‌های قدیمی را مقاومسازی کرد به طوری که سطح عملکرد مورد نظر را برآورده نمایند. جهت طراحی و تحلیل‌های غیرخطی از نرم‌افزار SAP استفاده می‌شود و سازه‌ها تحت تحلیل پوش‌اور قرار می‌گیرند، با خروجی رفتارهای سازه در دو حالت ذکر شده مقایسه‌ها صورت می‌پذیرد. همچنین، با اضافه کردن دیوار برشی بتن مسلح به مدل قدیم پاسخی‌هایی همچون جابجایی، دررفت و مفاصل پلاستیک به خصوص در مدل‌های کوتاه‌تر بهبود بخشیده می‌شوند.

کلمات کلیدی: دیوار برشی بتن مسلح، بهسازی و مقاومسازی، قاب خمشی فولادی

۱. مقدمه

به طور متوسط هر ساله ۱۰۰۰۰ نفر به سبب زلزله جان خود را از دست می‌دهند [۱]. با توجه به شرایط لرزه خیزی کشور ایران، اهمیت علم مهندسی زلزله زمانی بیش از پیش نمایان می‌شود. زیرا هر چند سال یکبار با وقوع یک زلزله شدید، تلفات جانی و مالی شدیدی به جا می‌ماند. ایران نیز به دلیل قرارگیری بر روی کمربند زلزله آلپ-همالیا جزو کشورهای لرزه‌خیز محسوب می‌شود و زلزله‌هایی با بزرگی زیاد در آن رخ می‌دهد. از این رو باید با به کارگیری روش‌های مناسب و جدید به کار رفته در سایر کشورهای لرزه‌خیز در سیستم‌های باربر جانبی خسارات ناشی از زلزله را به حداقل رسانید. در تمامی این سیستم‌ها اجزای سازه به دو قسمت تلف‌کننده انرژی و المان‌هایی که در اتلاف انرژی مشارکت ندارند، تقسیم می‌گردد. با توجه به تغییر آیین‌نامه‌ها در سال‌های متفاوت سوال اصلی که در رابطه با ساختمان‌های موجود پیش می‌آید این است که آیا این ساختمان‌ها می‌توانند در مقابل زلزله‌ها مقاومت مطلوبی داشته باشند یا خیر؟ جواب این است که اکثر این ساختمان‌ها باید مقاوم‌سازی گردد. یکی از روش‌های متداول جهت بهسازی سازه‌ها روش FEMA۳۵۶ می‌باشد. به کمک این دستورالعمل می‌توان عملکرد لرزه‌ای سازه‌های موجود را بررسی کرد. سازه‌های طراحی شده بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ و آیین‌نامه فولاد مبحث دهم باید بتوانند سطوح عملکرد لرزه‌ای را مطابق دستورالعمل بهسازی نشریه ۳۶۰ ارضا نمایند [۲] و [۳] و [۴]. ارسطو ارمغانی و دادرس در بررسی ساختمان اسکلت بتنی ۴ طبقه با قاب خمشی در صورت پذیرفت و با مدل‌سازی اولیه در نرم‌افزار ETABS و استخراج تغییر مکان‌های نسبی سازه اولیه، نتایج بدست آمده گویای این آمار بودند که حدود ۶۰ درصد از اعضای سازه، معیار پذیرش را ارضا ننموده‌اند و باید مقاوم‌سازی شوند. آنها با افزودن بادبند و ژاکت فولادی در نرم‌افزار تحلیل نموده و بار دیگر با افزودن دیوارهای برشی در هر دو جهت تکرار گردید. در مقایسه بین این دو روش، افزودن دیوار برشی عملکرد مناسب‌تری نسبت به روش اول داشته و سختی و مقاومت زیادتری نسبت به بادبند و ژاکت فولادی داشته و ضمن کاهش تغییر مکان سازه، مقاطع به دست آمده اقتصادی‌تر خواهد بود [۵]. علیرضا میرزاگل تبار روشن و همکارانش (۱۳۸۷) با ارزیابی ساختمان بتنی ۸ طبقه با قاب خمشی بتنی متوسط و با دیوار برشی، با روش استاتیک غیرخطی به تحلیل سازه موجود پرداختند، برای این منظور از نرم‌افزار SAP۲۰۰۰ استفاده شده است. بر مبنای محاسبات تحلیلی و طراحی مقاطع و کنترل‌های لازم در سازه موجود، مشخص گردید که دیوارهای برشی ساختمان در برابر بارهای جانبی زلزله و نیز بعضی از ستون‌ها در برابر بار ثقلی ضعیف می‌باشند. برای تقویت سازه در برابر بارهای جانبی، با توجه به محدودیت‌های معماری و نیز تغییر مکان نسبی بالا در طبقات پایین، دیوار برشی در دهانه‌هایی اضافه گردید [۶].

۲. ضرورت و اهمیت تحقیق

یکی از راه‌های مقاوم‌سازی و جلوگیری از خرابی سازه‌ها استفاده از سیستم‌ها اتلاف انرژی می‌باشد. دیوارهای برشی بتنی یک المان شکل‌پذیر و دارای مقاومت و سختی بالاست. دلیل این موضوع در افزایش سختی این سیستم ترکیبی نسبت به قاب خمشی فولادی متوسط می‌باشد. همچنین به هنگام زلزله ترکیب دیوار برشی بتنی با قاب خمشی فولادی می‌تواند منجر به اتلاف انرژی توسط دیوار برشی و در نتیجه جذب مفصل پلاستیک در آن شود. این افزایش شکل‌پذیری و تغییر محل تشکیل مفاصل پلاستیک از اعضای اصلی به عضو کمکی (دیوار برشی) سبب کاهش نیروهای زلزله در اعضای اصلی (تیر و ستون) می‌گردد و در نتیجه نیاز به تغییرات در این اعضا به حداقل می‌رسد. این مزیت دلیل استفاده از دیوار برشی بتنی در مقاوم‌سازی قاب خمشی فولادی می‌باشد. در تحقیق حاضر، بررسی عملکرد لرزه‌ای این سیستم ترکیبی (قاب خمشی فولادی و دیوار برشی بتنی) مورد بررسی قرار می‌گیرد و نتایج سختی، مقاومت و شکل‌پذیری مقایسه خواهد شد.

۳. مدلسازی

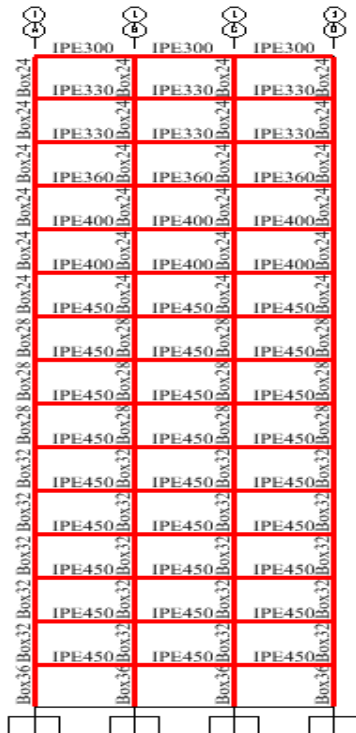
ابتدا سیستم قاب خمشی فولادی متوسط کوتاه، متوسط و بلند، ۵، ۱۰ و ۱۵ طبقه به کمک ویرایش اول استاندارد ۲۸۰۰ طراحی می شود. پس از آن سازه تحت تحلیل پوش اور قرار می گیرد و پاسخ آن‌ها از جمله جابجایی، دررفت و مفاصل پلاستیک محاسبه می شود. در ادامه، همین سازه ها تحت ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ نیز طراحی می شود و همین مراحل ادامه می یابد و پس از مشخص شدن معایب سازه، به همین سازه ها دیوار برشی بتنی اضافه می شود و تحت تحلیل پوش اور مجدد نتایج بررسی می شود تا تاثیر وجود دیوار برشی مشخص شود.

۴. مهمترین اهداف این مقاله به شرح زیر می باشد:

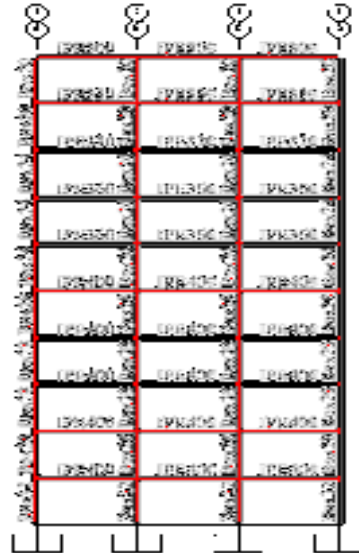
۱. بررسی جذب نیرو در دیوارهای برشی
۲. مقاوم سازی قاب های خمشی فولادی قدیمی به کمک دیوارهای برشی بتنی و بررسی نقاط ضعف و قوت آن ها
۳. استفاده از دیوارهای برشی جهت کاهش هزینه اعضای دیگر
۴. مقایسه های مختلف همانند رفتار ساختمان های کوتاه ، میان مرتبه و بلند مرتبه با دیوارهای برشی بتنی
۵. استفاده از دیوارهای برشی بتنی جهت کنترل جابجایی و دررفت طبقات و بهبود عملکرد مفاصل پلاستیک

۵. معرفی مدل ها

- مدل ها مطابق شکل ۱ با تعداد طبقات مختلف (۱۵، ۱۰، ۵ طبقه) ایجاد می شوند تا بتوان اثر ارتفاع بر رفتار لرزه ای آن ها را بررسی کرد.
- سیستم های قدیم و مقاوم سازی شده انتخاب می شوند تا بتوان مقایسه ای منطقی بین آنها انجام داد.
- برای مدلسازی از نرم افزار SAP2000 استفاده می شود [۷].
- کلیه ی سازه ها به صورت قاب دو بعدی مدل شده اند، دلیل این امر سهولت پردازشها و شفافیت نتایج تحلیلها نسبت به قاب سه بعدی میباشد.
- دیوار برشی در دهانه میانی اضافه می شود.
- دهانه ها ۵ متر می باشد و ارتفاع تمام طبقات یکسان و برابر ۳ متر است.
- ساختمان با سقف تیرچه بلوک. بنابراین کلیه گره هایی که دارای ارتفاع یکسان هستند با یکدیگر دیافراگم و مقید می شوند. به دهانه میانی طوری دیوار برشی اضافه می شود که رفتار سازه از نظر شکل پذیری، مقاومت و عملکرد بهبود یابد. ضمنا ضخامت دیوارهای مورد استفاده ۲۰ سانتیمتر برای مدل ۵ طبقه، ۲۰ و ۲۵ سانتیمتری برای مدل ۱۰ طبقه بصورتیکه ۲۵cm در ۵ طبقه پایین و 20cm در ۵ طبقه بالایی و ۲۰ و ۲۵ و ۳۰ سانتیمتری در مدل ۱۵ طبقه که هر ۵ طبقه یکی ضخامتها تغییر میکند، ضمنا پوشش بتن ۵ سانتیمتر می باشد. آرماتورهای استفاده شده با اندازه 14@20 برای دیوار با ضخامت ۳۰ سانتیمتر و 12@20 برای دیوار با ضخامت ۲۵ سانتیمتر و 10@20 برای دیوار با ضخامت ۲۰ سانتیمتر می باشد. نحوه اتصال دیوار به قاب بصورت گیردار می باشد. این گیرداری توسط برشگیرهای روی تیر و ستون دهانه دیوار تامین می شود.



۱۵ طبقه



۱۰ طبقه



۵ طبقه

شکل ۱: مدل‌های ۵ و ۱۰ و ۱۵ طبقه

۶. انجام تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش اور – Pushover)

در تحلیل Pushover که از کارآمدترین تحلیل‌های غیرخطی می‌باشد ابتدا مطابق نشریه ۳۶۰ مفاصل پلاستیک به تیرها و ستونها اختصاص داده می‌شود، با شناسایی صحیح اعضای مستعد به ایجاد مفصل پلاستیک کنترل‌شونده توسط تغییر مکان و اختصاص مفصل پلاستیک امکان ایجاد رفتار غیرخطی در سازه به وجود می‌آید. با انتخاب توزیع مناسب بار جانبی، این بار به صورت فزاینده زیاد می‌شود تا نقطه کنترل که معمولاً بام است، به حداکثر جابجایی مجاز یا تغییر مکان هدف برسد. در لحظه‌ای که بام به نقطه هدف می‌رسد، با توجه به معیارهای پذیرش اجزای سازه‌ای کنترل می‌شوند و اعضای که تغییر شکل در آنها بیش از حد مجاز است مشخص شده و در صورت نیاز بهسازی می‌شوند. انجام این تحلیل بصورت کاربردی در نرم‌افزار sap بدین صورت است که پس از جاگذاری پارامترهایی چون IO,LS,CP از نشریه ۳۶۰ داخل نرم‌افزار و تعریف مفاصل پلاستیک، سازه را با یک عدد بزرگتر از انتظاری تحت الگو بار مود اول Push (هل) داده و طی تعداد گامهای متناسب و قابل مشاهده‌ای پیش می‌رویم تا سازه به نقطه گسیختگی یا Collapse برسد، پس از push دادن سازه، منحنی پوش اور مربوطه در نرم‌افزار قابل استخراج است. برای دوخطی نمودن و خروجی گرفتن منحنی مربوطه نیز همانند مرحله قبل عمل می‌کنیم.

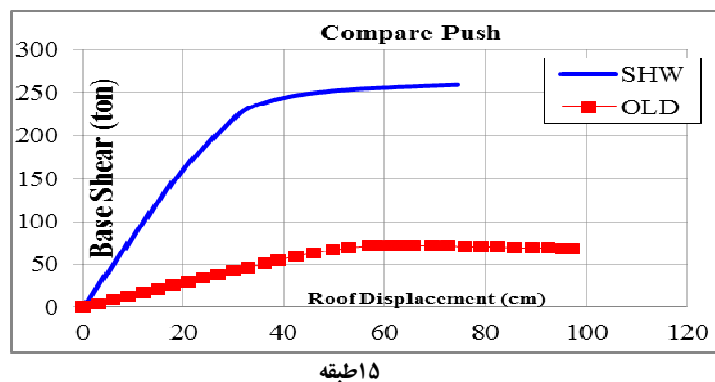
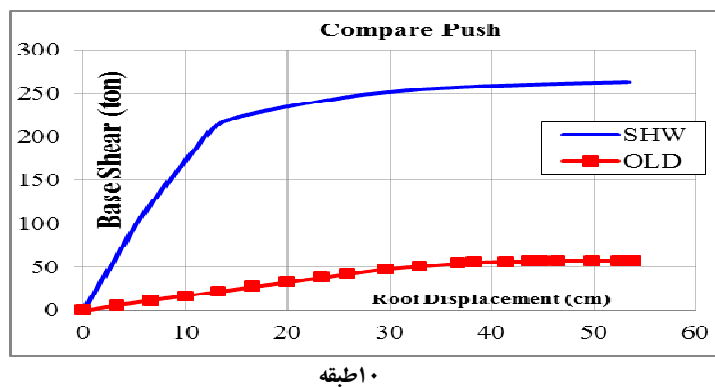
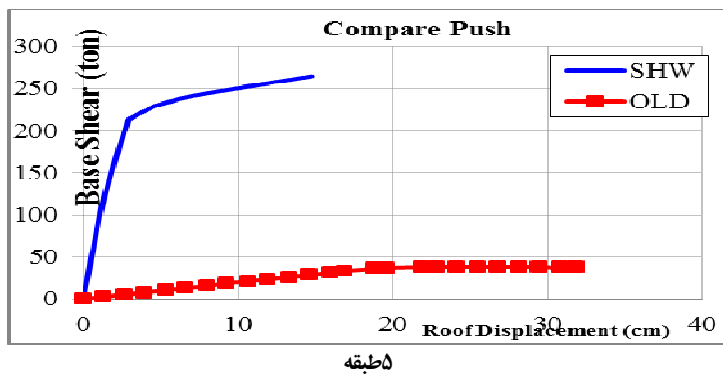
۷. نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش اور) قبل از بهسازی

منحنی‌های پوش اور مربوط به ساختمان‌های مدل‌سازی شده در شکل ۲ نمایش داده شده است، ضمناً منحنی‌های پوش اور مربوط به ساختمان‌های بهسازی شده نیز در همان شکل جهت مقایسه بهتر نمایش داده می‌شود.

همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، سازه قبل از بهسازی دارای معایبی چون سختی کمتر، مقاومت پایین و قابلیت جذب انرژی کمتری از زلزله بوده که بطور کامل شرح داده می شود.

۸. نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش اور) بعد از بهسازی

منحنی های پوش اور مربوط به ساختمان های مدل سازی شده پس از اضافه نمودن دیوار برشی بتنی و مقاوم سازی در شکل ۲ نمایش داده شده است. ضمناً در شکل های مذکور جهت مقایسه بهتر منحنی های قبل از بهسازی نیز موجود می باشد. در اشکال مربوطه بوضوح نمایان است که سازه قبل از بهسازی دارای معایبی چون سختی کمتر، مقاومت پایین و قابلیت جذب انرژی کمتری از زلزله بوده و با اضافه نمودن دیوار تا چه سطحی بهبود می یابد.

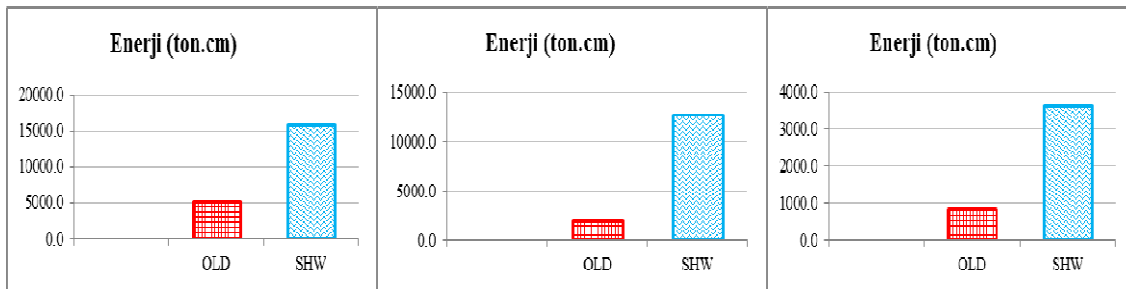


شکل ۲: مقایسه منحنی های پوش اور مدل ۵ و ۱۰ و ۱۵ طبقه در حالت قبل و بعد از بهسازی

۹. نتایج مربوط به ترسیم منحنی های پوش اور مدل ها

در شکل ۲ مقایسه منحنی های پوش اور مدل های ۵ و ۱۰ و ۱۵ طبقه در حالات اولیه و مقاوم سازی شده با دیوار برشی بتن مسلح رسم شده است. در ادامه، نتایج این مقایسه آمده است:

- منحنی های پوش اور تا لحظه گسیختگی رسم شده اند. به عبارتی انتهای منحنی های پوش اور نشان دهنده لحظه گسیختگی سازه می باشد.
- شیب اولیه منحنی Pushover مشخص کننده سختی سیستم می باشد. بیشترین شیب (سختی) مربوط به مدل بهسازی شده با دیوار و کمترین آن مربوط به مدل قدیم است. زیرا مدل قدیم دارای ضعیفترین اعضا بوده و مدل با دیوار به دلیل وجود دیوار سخت، دارای سختی بالایی است. با افزایش ارتفاع مدل، این تفاوت کمتر می شود. بنابراین وجود دیوار در مدل های کوتاه مرتبه تاثیر بهتری از نظر سختی در سازه دارد.
- مقاومت منحنی پوش اور همان بیشینه برش پایه آن است و مدل های با دیوار دارای بیشترین مقاومت هستند. مقاومت مدل با دیوار تفاوت زیادی دارد. با افزایش ارتفاع مدل این تفاوت کمتر می شود. بنابراین، وجود دیوار در مدل های کوتاه مرتبه تاثیر بهتری از نظر مقاومت سازه دارد.
- تغییر مکان مناظر با نقطه Collapse می تواند مشخص کننده شکل پذیری سازه باشد. در واقع جابجایی نهایی به جابجایی تسلیم نشان دهنده شکل پذیری است. بین مدل قدیم و مدل تقویت شده با دیوار برشی بتن مسلح، شکل پذیری مدل دارای دیوار بیشتر است. زیرا، نسبت جابجایی نهایی به جابجایی تسلیم بیشتری دارد.
- بصورت کلی، منحنی پوش اور قاب خمشی مسلح شده به دیوار برشی بتن مسلح، رفتار بسیار مناسب تری نسبت به مدل قدیم دارند.



شکل ۳: مقایسه انرژی مدل های ۵ و ۱۰ و ۱۵ طبقه در حالات قدیم و مقاوم سازی شده با دیوار برشی بتن مسلح

در شکل های ۴ تا ۶ مفاصل پلاستیک مدل های ۵ طبقه، ۱۰ طبقه و ۱۵ طبقه در تغییر مکان هدف و در لحظه گسیختگی در تحلیل پوش اور نشان داده می شود. نتایج مفاصل پلاستیک در اعمال تحلیل پوش اور نشان می دهد:

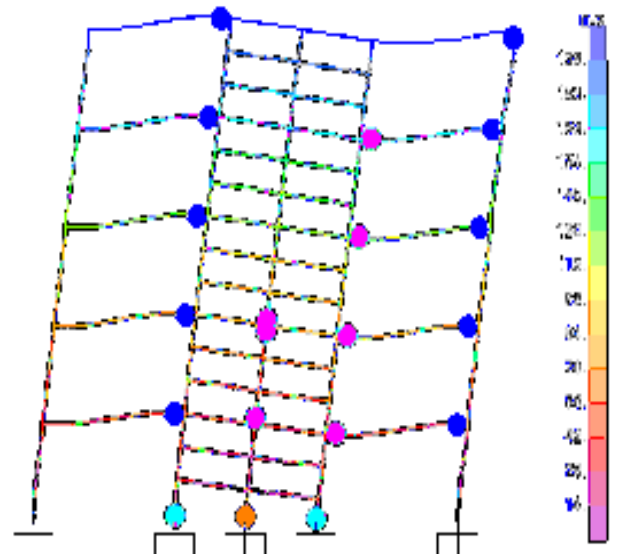
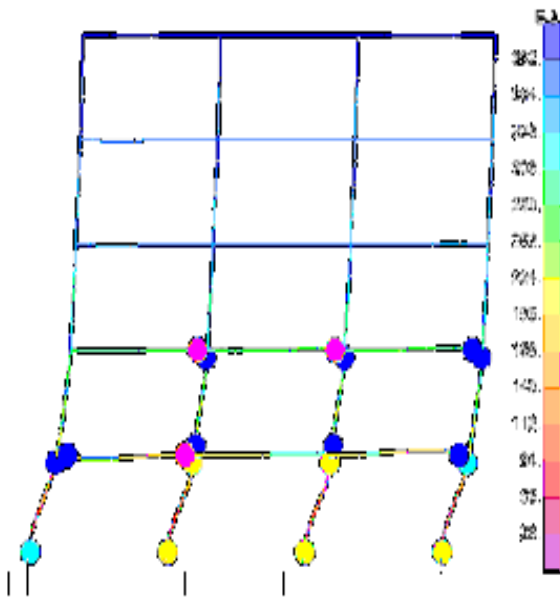
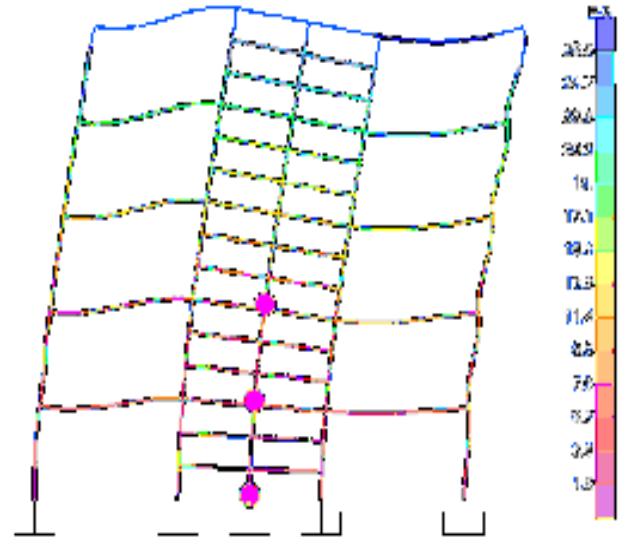
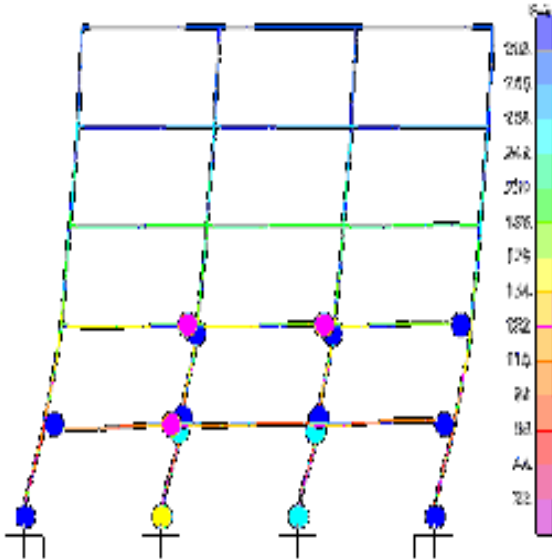
- مدل قدیم برخی از مفاصل پلاستیک به خصوص در ستون ها از سطح عملکرد L.S. فراتر رفته اند و این نتیجه نشان دهنده این است که سطح عملکرد این سازه ها مناسب نیست و در نتیجه در طراحی این سازه ها یا در نیروی زلزله طراحی آن ها باید تجدید نظر شود.
- در مدل با دیوار برشی هیچکدام از مدل ها از سطح عملکرد I.O. فراتر نرفته است. این نتیجه نشان می دهد که می توان حتی ساختمان های قدیمی که مطابق با ویرایش اول استاندارد ۲۸۰۰ طراحی شده اند را با اضافه کردن دیوار برشی، ساختمان را از کاربری مسکونی یا اداری (عملکرد L.S. برای اعضای خمشی) به ساختمان های دارای درجه اهمیت زیاد همچون بیمارستان (عملکرد I.O. برای اعضای خمشی) تغییر داد.
- در سیستم با دیوار معمولاً اولین مفصل پلاستیک در دیوار رخ می دهد.



یازدهمین کنفرانس ملی بتن
۱۴،۱۵،۱۶ مهرماه ۱۳۹۸
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



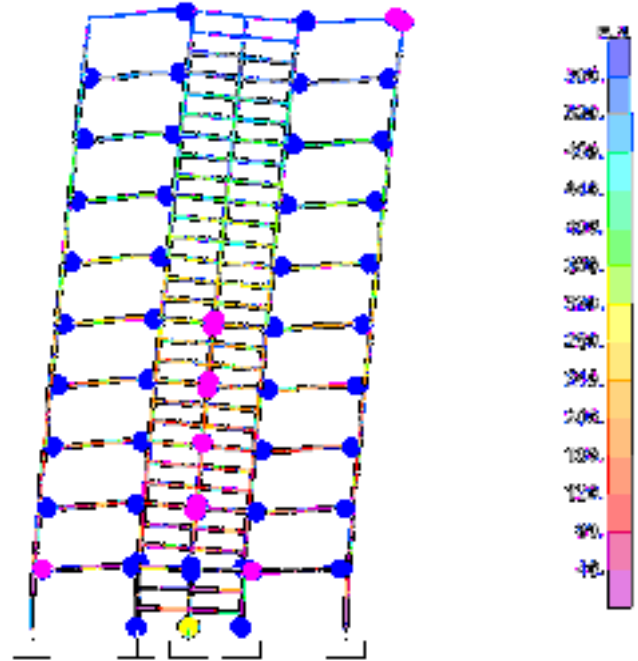
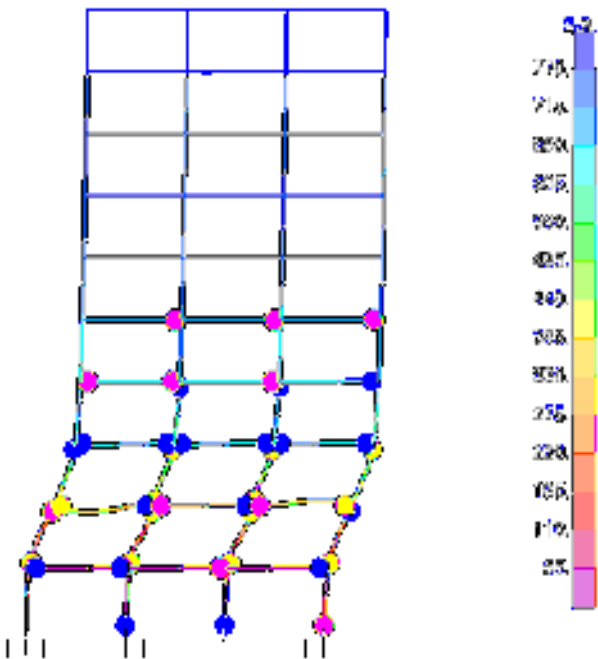
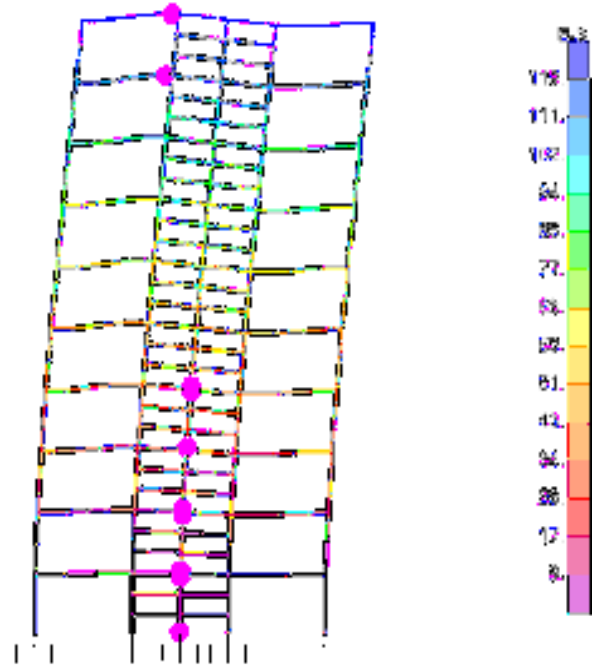
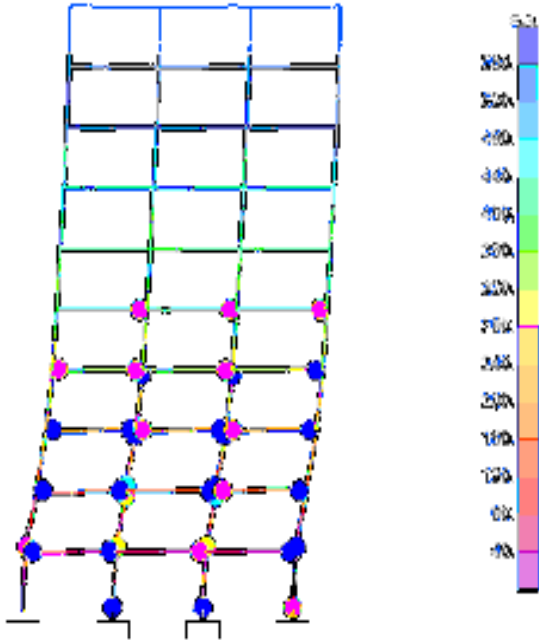
- در مدل قدیم تعداد مفاصل کمتری ایجاد شده که این نشان دهنده جذب انرژی کمتر مدل قبل از بهسازی است.
- مفاصل پلاستیک در مدل قدیم بیشتر در ستون‌های طبقات پایینی رخ می‌دهد. اما در مدل با دیوار بیشتر در پای دیوار رخ می‌دهد.
- به مدل با دیوار حتی می‌توان اینگونه نگاه کرد که با تخریب دیوار، قاب خمشی می‌تواند شروع به جذب انرژی نماید. اما در این تحقیق پس از تخریب دیوار آنالیز متوقف شده و تخریب دیوار به منزله تخریب سازه فرض شده است.
- یکی از مزایای دیوار برشی بتنی در قاب فلزی این است که دیوار اجازه کماتش به ستون کنار آن را نمی‌دهد.
- در سیستم دارای دیوار، مفاصل پلاستیک به سمت بالا کشیده می‌شوند. به عبارتی اعضای طبقات فوقانی قاب نیز درگیر می‌شوند و شروع به جذب انرژی می‌کنند.
- در مدل با دیوار، همکاری و اندرکنش مناسبی بین قاب و دیوار برقرار است، به این معنی که هم دیوار و هم قاب همزمان مفصل پلاستیک می‌شوند.



مفصل پلاستیک مدل قدیم در target و collapse

مفصل پلاستیک مدل با دیوار در target و collapse

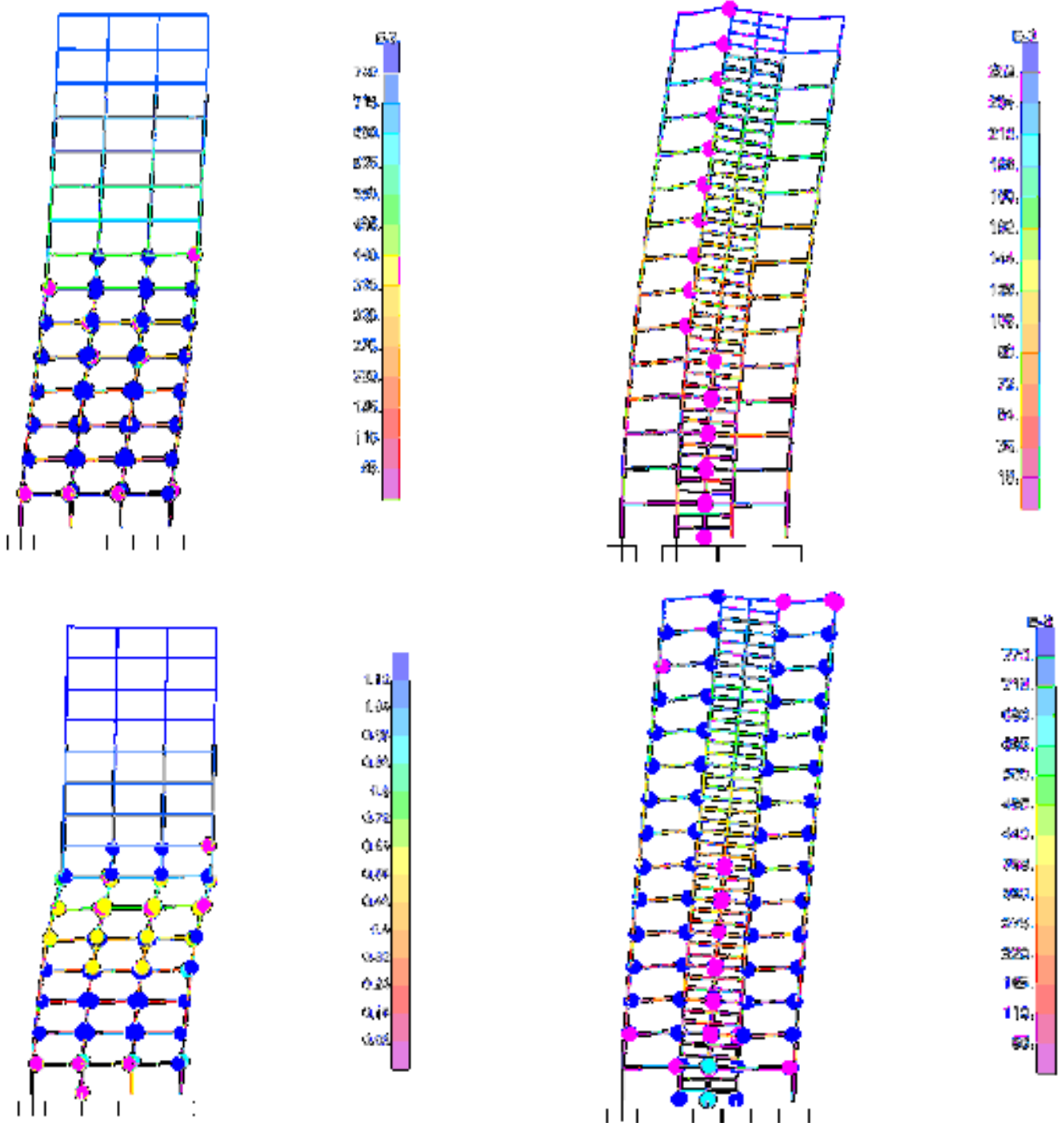
شکل ۴: مفاصل پلاستیک تشکیل شده مدل ۵ طبقه در تغییر مکان هدف و لحظه گسیختگی قبل از بهسازی و بعد از بهسازی



مفصل پلاستیک مدل قدیم در target و collapse

مفصل پلاستیک مدل با دیوار در target و collapse

شکل ۵: مفاصل پلاستیک تشکیل شده مدل ۱۰ طبقه در تغییر مکان هدف و لحظه گسیختگی قبل از بهسازی و بعد از بهسازی



مفصل پلاستیک مدل قدیم در target و collapse

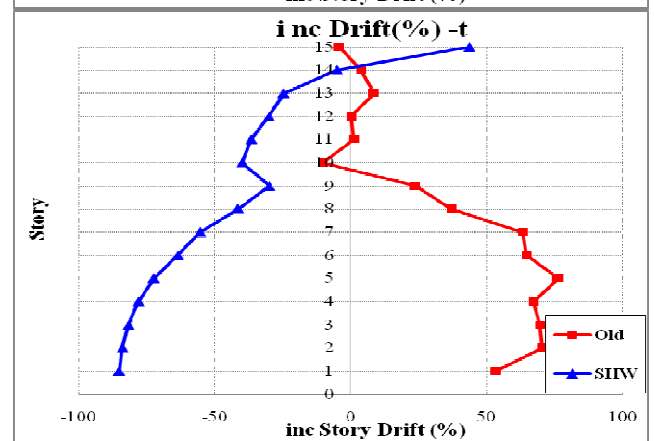
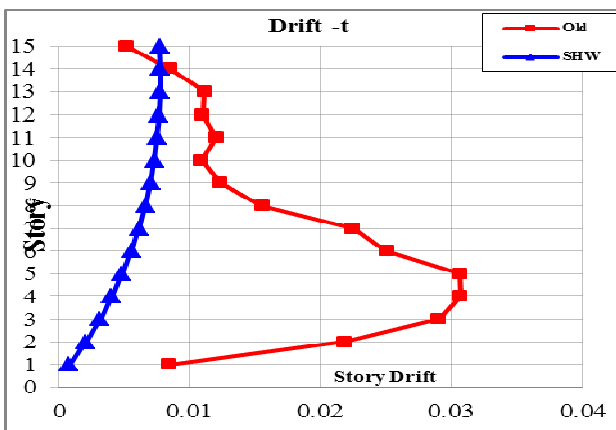
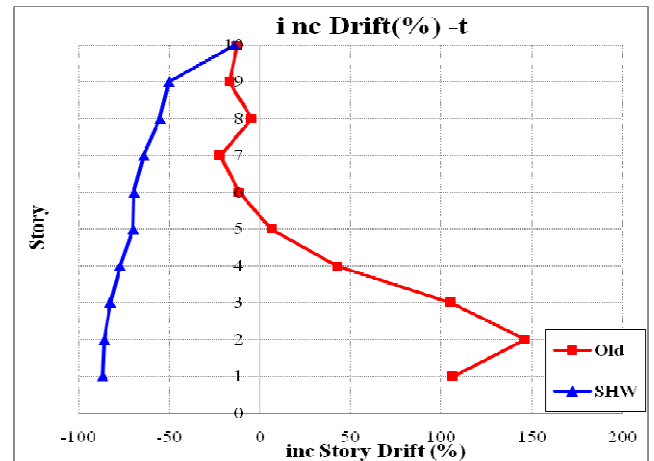
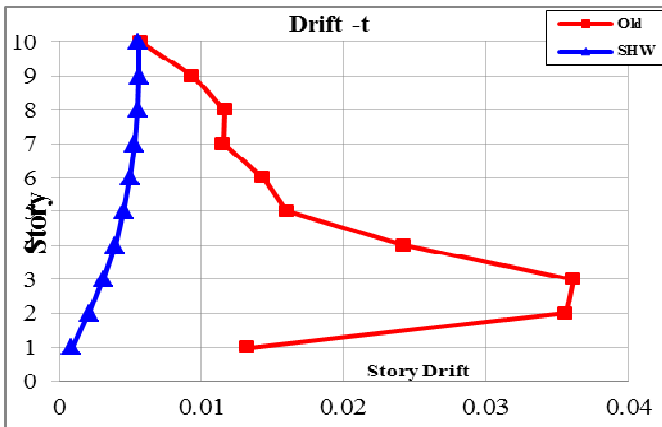
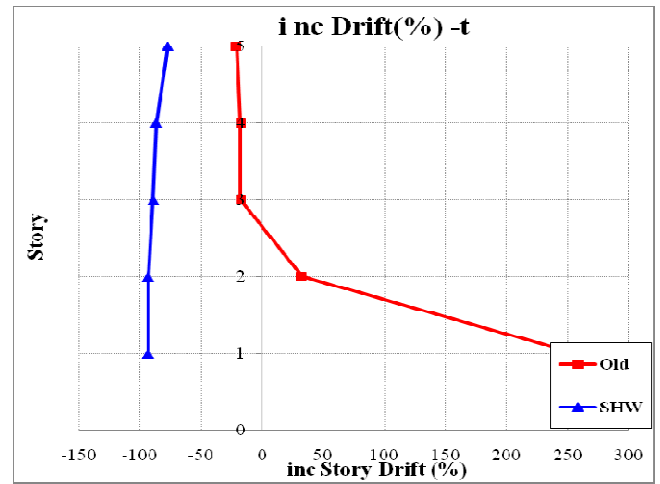
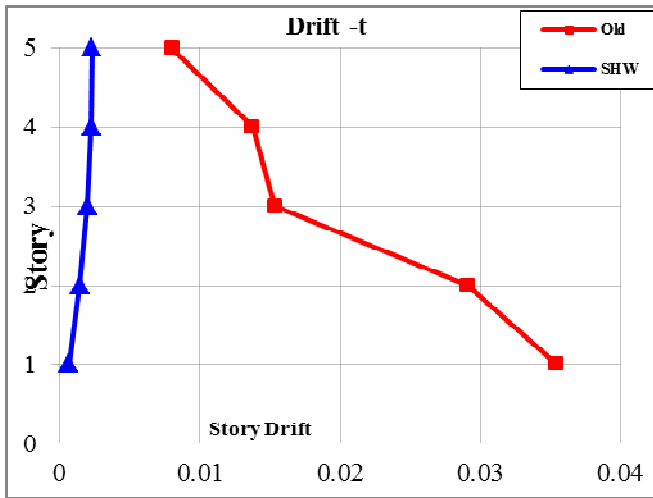
مفصل پلاستیک مدل با دیوار در target و collapse

شکل ۶: مفاصل پلاستیک تشکیل شده مدل ۱۵ طبقه در تغییر مکان هدف و لحظه گسیختگی قبل از بهسازی و بعد از بهسازی.

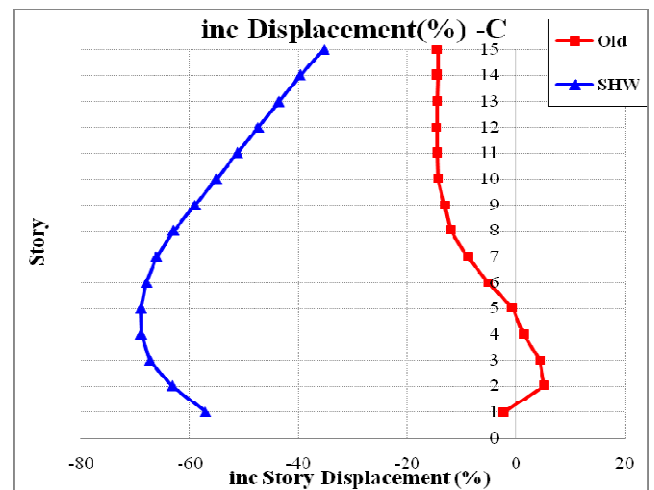
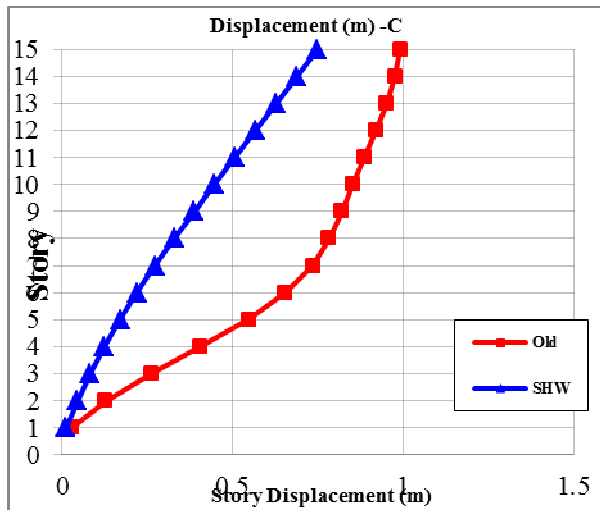
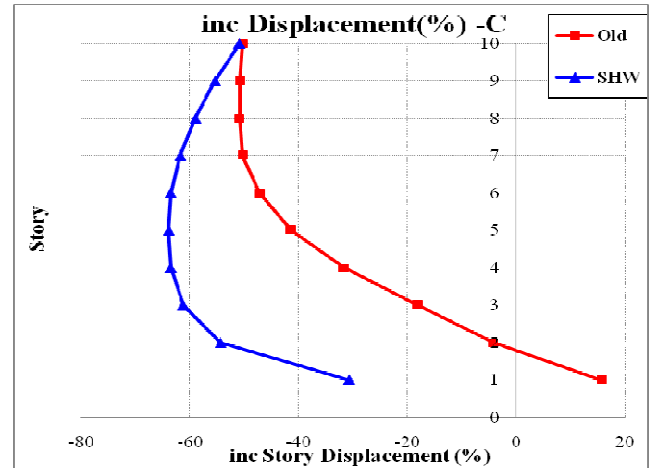
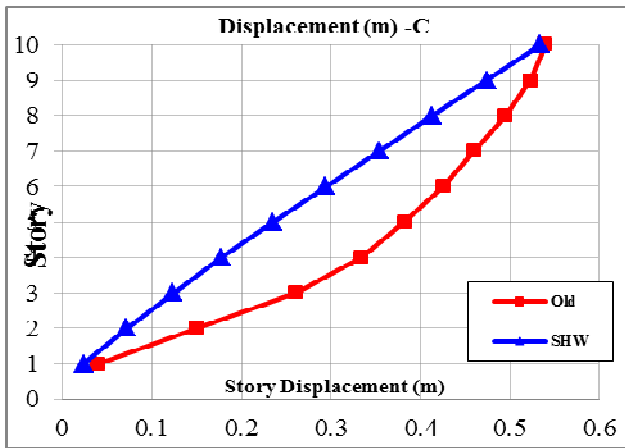
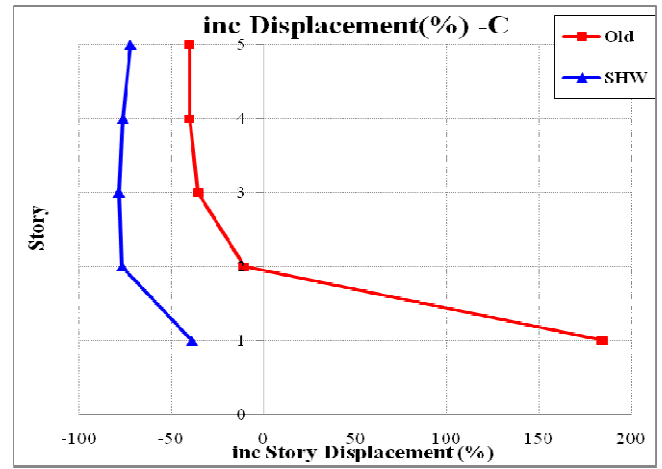
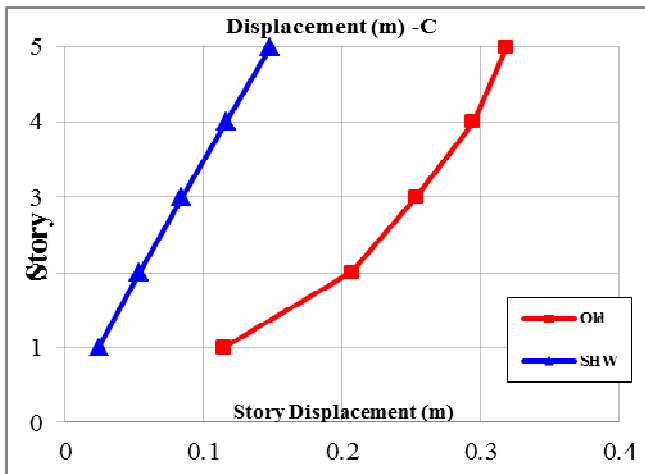
۱۰. مقایسه جابجایی و دررفت طبقات در تغییر مکان هدف و گسیختگی

در شکل های ۷ و ۸ به ترتیب جابجایی و دررفت طبقات در لحظه خرابی نشان داده شده است. در کنار هر نمودار درصد افزایش آن نیز رسم شده است. اگر مدل بهسازی شده با دیوار را پایه و مینا قرار گیرد، منظور از درصد افزایش، میزان افزایش پاسخ سازه قدیم نسبت به سازه بهسازی شده با دیوار برشی می باشد. این پارامتر می تواند توجیه کند که آیا رفتار سازه قدیمی نسبت به سازه با دیوار قابل قبول است یا خیر؟ آیا باید سازه قدیمی تخریب شود و سازه جدید ساخته شود؟ یا از دیدگاهی دیگر آیا سازه قدیم توجیه دارد مقاوم سازی شود؟ آیا مقاوم کردن سازه قدیم توجیه دارد یا تخریب آن و تاسیس سازه جدید به جای آن؟ در ادامه نتایج مستخرج از شکل های ۷ و ۸ آمده است:

- کاهش جابجایی طبقات می تواند به مسائلی همچون کاهش درز انقطاع دو ساختمان و همچنین آسایش ساکنین به هنگام وقوع زلزله کمک کند.
- کاهش دررفت طبقات می تواند به مسائلی همچون بهبود رفتار اجزای غیر سازه ای و نازک کاری کمک نماید.
- وجود دیوار برشی باعث کاهش تغییر مکان و دررفت طبقات حتی به میزان یک سوم شده است.
- وجود دیوار برشی باعث یکنواخت تر شدن دررفت طبقات می شود. در صورتی که در سیستم قدیمی دررفت در طبقات میانی مقدار بسیار بزرگتری دارد که این امر موجب خرابی موضعی در برخی طبقات می شود.
- در تغییر مکان هدف، دررفت طبقات در مدل قدیمی حتی تا ۳،۵٪ (دررفت متناظر با خرابی) هم می رسد؛ در صورتیکه در مدل مقاوم شده با دیوار برشی دررفت طبقات به حدود ۰،۷٪ (دررفت متناظر با IO) کاهش یافته است. به عنوان مثال سازه قدیمی کاربری موقت دارد در حالی که مدل با دیوار می تواند کاربری ساختمان را به ساختمان های دارای درجه اهمیت زیاد همچون بیمارستان (عملکرد IO برای اجزای غیر سازه ای) تغییر دهد.
- وجود دیوار برشی در ساختمان کوتاه موثرتر است؛ زیرا درصد کاهش بیشتری برای دررفت مشاهده شده است.
- در مدل با دیوار برشی، حداکثر دررفت در طبقات فوقانی رخ می دهد؛ که این نشان دهنده جذب انرژی طبقات فوقانی است. هرچند که توزیع دررفت تقریباً یکسان است. اما در مدل های دیگر حداکثر دررفت در پایین سازه رخ می دهد.



شکل ۷: مقایسه دررفت طبقات و درصد کاهش دررفت طبقات مدل‌های ۵ و ۱۰ و ۱۵ طبقه قدیم و بادبوار در تغییر مکان هدف.



شکل ۸: مقایسه جابجایی طبقات و درصد کاهش جابجایی طبقات مدل‌های ۵ و ۱۰ و ۱۵ طبقه قدیم و با دیوار در نقطه گسیختگی.

۱۱. نتیجه گیری

- شیب (سختی) مربوط به مدل با دیوار در مدل ۵ طبقه تا ۲۰ برابر و در مدل ۱۰ طبقه ۱۲ برابر و مدل ۱۵ طبقه ۷ برابر افزایش یافته و در خصوص مقاومت در مدل ۵ طبقه تا ۶ برابر و در مدل ۱۰ طبقه ۵ برابر و مدل ۱۵ طبقه ۳ برابر افزایش مقاومت مشاهده میشود.
- بصورت کلی منحنی پوش اور قاب خمشی مسلح شده به دیوار بتنی رفتار بسیار مناسب تری نسبت به مدل قدیم داشته و شکلپذیری بالاتری دارد.
- بیشترین انرژی اتلاف شده توسط مدل با دیوار انجام می شود و بطور متوسط بین ۳ الی ۴ برابر میشود.
- در مدل های مقاوم شده با دیوار، انتهای منحنی های دوخطی (در تغییر مکان هدف) فاصله زیادی تا لحظه گسیختگی دارد. ولی در مدل قدیم نوک دوخطی تقریباً همان نقطه گسیختگی است. این نشان می دهد که مدل قدیم در آستانه فروریزش می باشد.
- وجود دیوار برشی باعث کاهش جابجایی و دررفت طبقات شده است طوری که در مدل ۵ طبقه تا ۹ برابر کاهش در مدل ۱۰ طبقه ۳ برابر کاهش و در مدل ۱۵ طبقه ۲ برابر کاهش جابجایی داریم، ضمناً وجود دیوار برشی باعث یکنواخت تر شدن دررفت طبقات می شود.
- در تغییر مکان هدف، دررفت طبقات در مدل قدیمی حتی تا ۳٪ (دررفت متناظر با خرابی) هم می رسد. در مدل مقاوم شده با دیوار برشی دررفت طبقات به حدود ۱٪ (دررفت متناظر با IO) کاهش یافته است. به عنوان مثال سازه قدیمی کاربری موقت دارد. سازه جدید می تواند به عنوان ساختمان اداری یا مسکونی باشد. در حالی که مدل با دیوار می تواند کاربری ساختمان را به ساختمان های دارای درجه اهمیت زیاد همچون بیمارستان (عملکرد IO برای برای اجزای غیر سازه ای) تغییر دهد.
- در سیستم با دیوار معمولاً اولین مفصل پلاستیک در دیوار رخ می دهد و همین امر باعث میشود اجازه کماتش به ستون کنار آن داده نشود.
- در سیستم دارای دیوار، مفاصل پلاستیک به سمت بالا کشیده می شوند و با تخریب دیوار، قاب خمشی می تواند شروع به جذب انرژی کند، به عبارتی اعضای طبقات فوقانی قاب نیز درگیر می شوند و شروع به جذب انرژی می کنند.
- وجود دیوار برشی باعث کاهش تعداد مفاصل پلاستیک در اعضا و همچنین بهبود سطح عملکرد اعضا می شود.
- عملکرد دیوار برشی در ساختمان های کوتاهتر، بهتر است.

۱۲. مراجع

- [1] F. Naeim (۲۰۰۱), "The Seismic Design Handbook" (۲nd Edition), Van Nostrand Reinhold, New York.
- [2] آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰ ایران، ویرایش سوم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۴.
- [۳] مقررات ملی ساختمان، مبحث دهم، طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، تهران، معاونت نظام مهندسی. و اجرای ساختمان وزارت مسکن و شهرسازی، ۱۳۸۷.
- [۴] سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، دفتر امور فنی و تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، "دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان‌های موجود نشریه شماره ۳۶۰" ۱۳۸۵.
- [۵] ارمغانی، ارسطو و مرتضی دادرس، ۱۳۹۴، مقایسه و ارزیابی روش‌های بهسازی لرزه‌ای سازه‌های بتن آرمه با روش ترکیبی بادبند فولادی، ژاکت فولادی و دیوار برشی بتنی، دومین کنگره ملی مهندسی ساخت و ارزیابی پروژه‌های عمرانی سمنان، شرکت مهندسین مشاور پرهون آبراهه
- [۶] میرزا گل تبار روشن و همکاران، ۱۳۸۷، ارزیابی و بهسازی لرزه‌ای ساختمان ۸ طبقه بتنی با دیوار برشی، سومین کنفرانس ملی بهسازی و مقاوم‌سازی ایران، تبریز، مرکز ملی مقاوم سازی ایران، دانشگاه تبریز
- [۷] Computers and Structures SAP۲۰۰۰, "Three Dimensional Static and Dynamic Finite Element Analysis and Design of Structures" Computers and Structures Inc., Berkeley, California, U.S.A.

Seismic Refinement of Steel Frame using Reinforced Concrete Shear Wall

Ali Taghizadeh^{*1}, Atiye Farahani[†]

1- M.Sc. Student of Structural Engineering, Fakhr Razi Institute, Saveh, Iran.

2- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Tafresh University, Tafresh, Iran.

Abstract

Demolition and renovation of buildings due to user changes or changes in the coefficients of up-to-date regulations that generally make the situation more stringent is not the only solution, which can often be achieved by retrofitting and costing much less Reasonably desirable. one of the methods of reinforcing buildings designed with previous bylaws is the use of concrete shear walls. The advantages of using concrete shear walls in steel building are easier to implement than concrete, because the bending steel frame with UNP advance shear embedded and without rebar implantation can be added to the concrete shear wall. There is also the problem of buckling in the steel building columns, with the presence of a concrete shear wall that prevents the columns from being buckled. This paper uses ۵, ۱۰ and ۱۵ storey frames. First, the bent steel frame is optimally designed using the old version (Version ۱) of Standard ۲۸۰۰. After examining the members and designing the standard accordingly, the same structure is redesigned in Standard ۲۸۰۰ Version ۴, then the results of these two models are compared and compared. It is proven that the old models cannot meet the desired performance level, so the concrete shear wall is added to the design model with the old regulations and again by controlling the outputs it is proven that the old buildings can be retrofitted to the desired performance level. SAP software is used for designing and analyzing nonlinear structures and structures are analysed by the push over analysis. Also, by adding reinforced concrete shear walls to the older model, responses such as displacement, drift and plastic joints are improved, especially in shorter models.

Keywords: Reinforced Concrete Shear Wall, Steel Frame, Seismic Refinement.
