بهسازی لرزه‌ای قاب فولادی با استفاده از دیوار برشی بتن مسلح

علی تقی‌زاده *[1]، عطیه فراهانی[2]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد 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 عموما 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 کمانش وجود دارد که وجود دیوار برشی بتنی باعث مهار ستون‌ها و عدم ایجاد کمانش 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 (ویرایش۱) 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 براورده نمایند، بنابراین دیوار برشی بتنی به مدل طراحی با آیین نامه 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 براورده 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 پاسخ‌هایی همچون جابجایی، دریفت 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-هیمالیا 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 تلف‌کننده‌ی 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 مقام‌سازی 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 ۴طبقه با قاب خمشی تحلیل استاتیکی خطی 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 میرزاگل‌تبار 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 ونیز تغییر مکان نسبی نسبتا 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 می باشد. 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) می گردد و در نتیجه نیاز به تغییرات در این اعضا به حداقل می رسد. این مزیت دلیل استفاده از دیوار برشی بتنی در مقاوم‌سازی قاب خمشی فولادی می باشد. 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

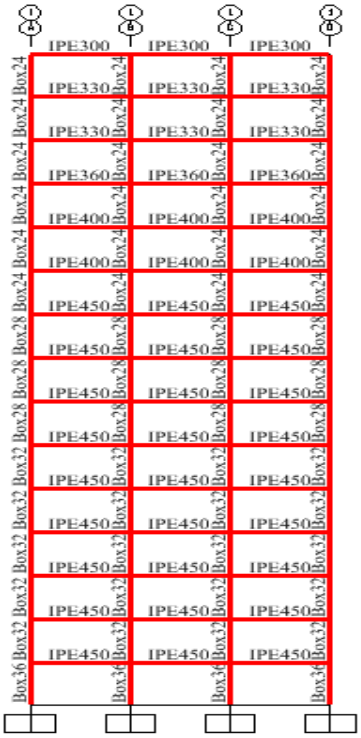
ابتدا سیستم قاب خمشی فولادی متوسط کوتاه، متوسط و بلند، ۵ ، ۱۰ و ۱۵ طبقه به کمک ویرایش اول استاندارد ۲۸۰۰ طراحی می شود. پس از آن سازه تحت تحلیل پوش اور قرار می‌گیرد و پاسخ آن‌ها از جمله جابجایی، دریفت و مفاصل پلاستیک محاسبه می‌شود. در ادامه، همین سازه ها تحت ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ نیز طراحی می شود و همین مراحل ادامه می‌یابد و پس از مشخص شدن معایب سازه، به همین سازه ها دیوار برشی بتنی اضافه می‌شود 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 می‌باشد:

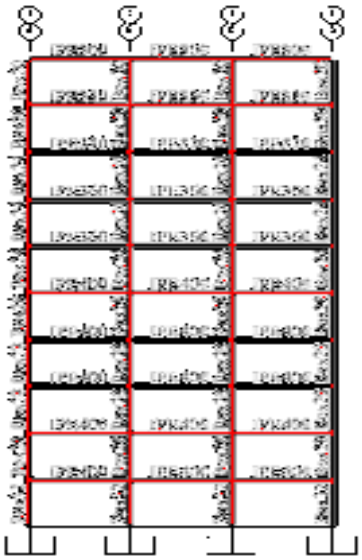
۱. بررسی جذب نیرو در دیوارهای برشی
۲. مقاوم‌سازی قاب‌های خمشی فولادی قدیمی به کمک دیوارهای برشی بتنی و بررسی نقاط ضعف و قوت آن‌ها
۳. استفاده از دیوارهای برشی جهت کاهش هزینه اعضای دیگر
۴. مقایسه‌های مختلف همانند رفتار ساختمان‌های کوتاه ، میان مرتبه و بلند مرتبه با دیوارهای برشی بتنی
۵. استفاده از دیوارهای برشی بتنی جهت کنترل جابجایی و دریفت طبقات و بهبود عملکرد مفاصل پلاستیک

۵. معرفی مدل‌ها

- مدل‌ها مطابق شکل۱ با تعداد طبقات مختلف (۵،۱۰،۱۵ طبقه) ایجاد می‌شوند تا بتوان اثر ارتفاع بر رفتار لرزه‌ای آن‌ها را بررسی کرد.
- سیستم‌های قدیم و مقاوم‌سازی شده انتخاب می‌شوند تا بتوان مقایسه‌ای منطقی بین آنها انجام داد.
- برای مدلسازی از نرم‌افزار SAP۲۰۰۰ استفاده می‌شود [۲].
- کلیه‌ی سازه‌ها به صورت قاب دو بعدی مدل شده‌اند، دلیل این امر سهولت پردازشها و شفافیت نتایج تحلیلها نسبت به قاب سه بعدی میباشد.
- دیوار برشی در دهانه میانی اضافه می‌شود.
- دهانه‌ها ۵ متر می‌باشد و ارتفاع تمام طبقات یکسان و برابر ۳ متر است.
- ساختمان با سقف تیرچه بلوک. بنابراین کلیه گره‌هایی که دارای ارتفاع یکسان هستند با یکدیگر دیافراگم و مقید می‌شوند. به دهانه میانی طوری دیوار برشی اضافه می‌شود که رفتار سازه از نظر شکل‌پذیری، مقاومت و عملکرد بهبود یابد. ضمنا ضخامت دیوارهای مورد استفاده ۲۰ سانتیمتر برای مدل ۵طبقه، ۲۰و۲۵ سانتیمتری برای مدل ۱۰طبقه بصورتیکه 25cm در ۵طبقه پایین و 20cm در ۵طبقه بالایی و ۲۰و۲۵و۳۰سانتیمتری در مدل ۱۵ طبقه که هر ۵طبقه یکی ضخامتها تغییر میکند، ضمنا پوشش بتن ۵ سانتیمتر می‌باشد. آرماتورهای استفاده شده با اندازه 20@14برای دیوار با ضخامت ۳۰سانتیمتر و 20@12 برای دیوار با ضخامت ۲۵ سانتیمتر و 20@10 برای دیوار با ضخامت ۲۰ سانتیمتر می‌باشد. نحوه اتصال دیوار به قاب بصورت گیردار می‌باشد. این گیرداری توسط برشگیرهای روی تیر و ستون دهانه دیوار تامین می‌شود.



۱۵ طبقه



۱۰ طبقه

۵ طبقه

شکل ۱: مدل‌های۵ و ۱۰ و ۱۵ طبقه

۶. انجام تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش‌اور – 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 معمولا 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 اعضایی 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 پوش‌اور مربوطه در نرم‌افزار قابل استخراج است. برای دوخطی نمودن و خروجی گرفتن منحنی مربوطه نیز همانند مرحله قبل عمل میکنیم.

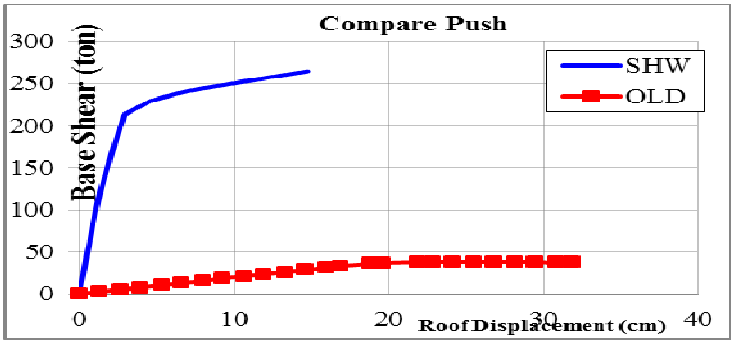
۷. نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش‌اور) قبل از بهسازی

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

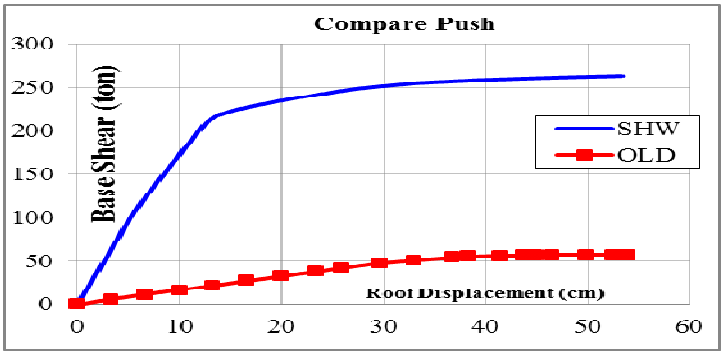
همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، سازه قبل از بهسازی دارای معایبی چون سختی کمتر، مقاومت پایین و قابلیت جذب انرژی کمتری از زلزله بوده که بطور کامل شرح داده می‌شود.

۸. نتایج تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش‌اور) بعد از بهسازی

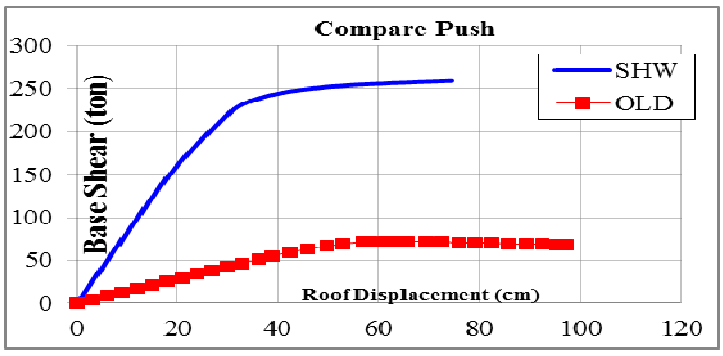
منحنی‌های پوش‌اور مربوط به ساختمان‌های مدلسازی شده پس از اضافه نمودن دیوار برشی بتنی و مقاوم‌سازی در شکل ۲ نمایش داده شده است. ضمنا در شکل‌های مذکور جهت مقایسه بهتر منحنی‌های قبل از بهسازی نیز موجود می‌باشد. در اشکال مربوطه بوضوح نمایان است که سازه قبل از بهسازی دارای معایبی چون سختی کمتر، مقاومت پایین و قابلیت جذب انرژی کمتری از زلزله بوده و با اضافه نمودن دیوار تا چه سطحی بهبود می‌یابد.



۵طبقه



۱۰طبقه



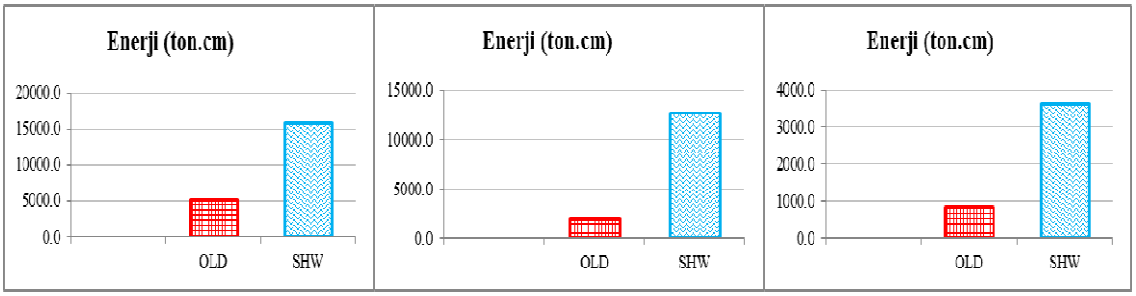
۱۵طبقه

شکل ۲: مقایسه منحنی‌های پوش‌اور مدل ۵ و ۱۰ و ۱۵ طبقه در حالت قبل و بعد از بهسازی

۹. نتایج مربوط به ترسیم منحنی های پوش‌اور مدل‌ها

در شکل ۲ مقایسه منحنی‌های پوش‌اور مدل‌های ۵ و ۱۰ و ۱۵ طبقه در حالات اولیه و مقاوم‌سازی شده با دیوار برشی بتن مسلح رسم شده است. در ادامه، نتایج این مقایسه آمده است:

- منحنی‌های پوش‌اور تا لحظه گسیختگی رسم شده‌اند. به عبارتی انتهای منحنی‌های پوش‌اور نشان دهنده لحظه گسیختگی سازه می‌باشد.
- شیب اولیه منحنی Pushover مشخص کننده سختی سیستم می‌باشد. 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 می‌شود. بنابراین وجود دیوار در مدل‌های کوتاه مرتبه تاثیر بهتری از نظر سختی در سازه دارد.
- مقاومت منحنی پوش‌اور همان بیشینه برش پایه آن است و مدل‌های با دیوار دارای بیشترین مقاومت هستند. مقاومت مدل با دیوار تفاوت زیادی دارد. با افزایش ارتفاع مدل این تفاوت کمتر می‌شود. بنابراین، وجود دیوار در مدل‌های کوتاه مرتبه تاثیر بهتری از نظر مقاومت سازه دارد.
- تغییرمکان متناظر با نقطه Collapse می‌تواند مشخص‌کننده شکل‌پذیری سازه باشد. در واقع جابجایی نهایی به جابجایی تسلیم نشان‌دهنده شکل‌پذیری است. بین مدل قدیم و مدل تقویت شده با دیوار برشی بتن مسلح، شکل‌پذیری مدل دارای دیوار بیشتر است. زیرا، نسبت جابجایی نهایی به جابجایی تسلیم بیشتری دارد.
- بصورت کلی، منحنی پوش‌اور قاب خمشی مسلح شده به دیوار برشی بتن مسلح، رفتار بسیار مناسب‌تری نسبت به مدل قدیم دارند.

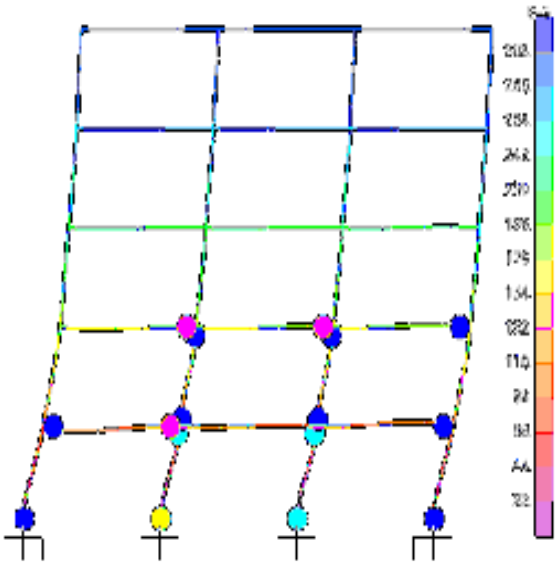


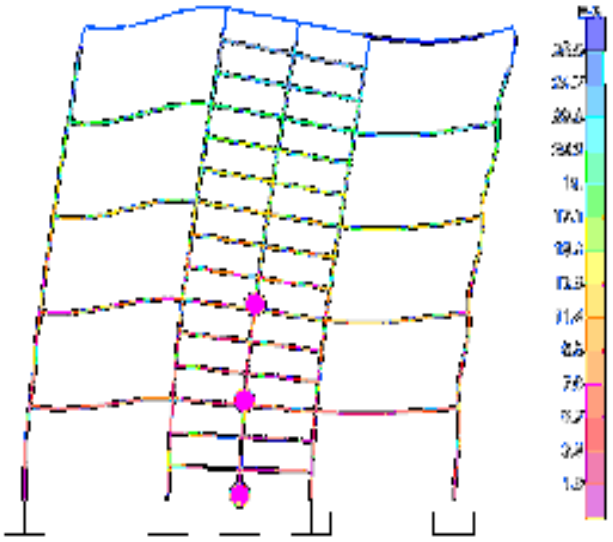
شکل ۳: مقایسه انرژی مدل‌های ۵ و ۱۰ و ۱۵ طبقه در حالات قدیم و مقاوم‌سازی شده با دیوار برشی بتن مسلح

در شکل‌های ۴ تا ۶ مفاصل پلاستیک مدل‌های ۵ طبقه، ۱۰ طبقه و ۱۵ طبقه در تغییرمکان هدف و در لحظه گسیختگی در تحلیل پوش اور نشان داده می‌شود. نتایج مفاصل پلاستیک در اعمال تحلیل پوش اور نشان می‌دهد:

- مدل قدیم برخی از مفاصل پلاستیک به خصوص در ستون‌ها از سطح عملکرد .L.S فراتر رفته‌اند و این نتیجه نشان دهنده این است که سطح عملکرد این سازه‌ها مناسب نیست و در نتیجه در طراحی این سازه‌ها یا در نیروی زلزله طراحی آن‌ها باید تجدید نظر شود.
- در مدل با دیوار برشی هیچکدام از مدل‌ها از سطح عملکرد .I.O فراتر نرفته است. این نتیجه نشان می‌دهد که می‌توان حتی ساختمان‌های قدیمی که مطابق با ویرایش اول استاندارد ۲۸۰۰ طراحی شده‌اند را با اضافه کردن دیوار برشی، ساختمان را از کاربری مسکونی یا اداری (عملکرد .L.S برای اعضای خمشی) به ساختمان‌های دارای درجه اهمیت زیاد همچون بیمارستان (عملکرد .I.O برای اعضای خمشی) تغییر داد.
- در سیستم با دیوار معمولا اولین مفصل پلاستیک در دیوار رخ می‌دهد.

- 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 می دهد.
- 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 کمانش 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 می شوند و شروع به جذب انرژی می کنند.
- 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.

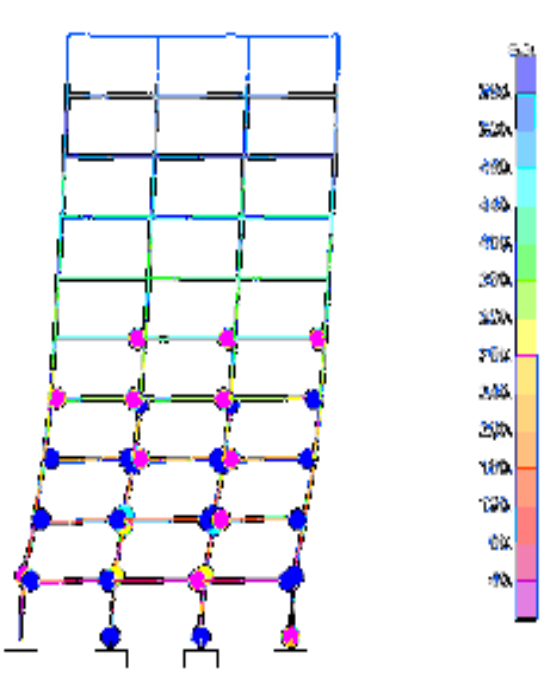




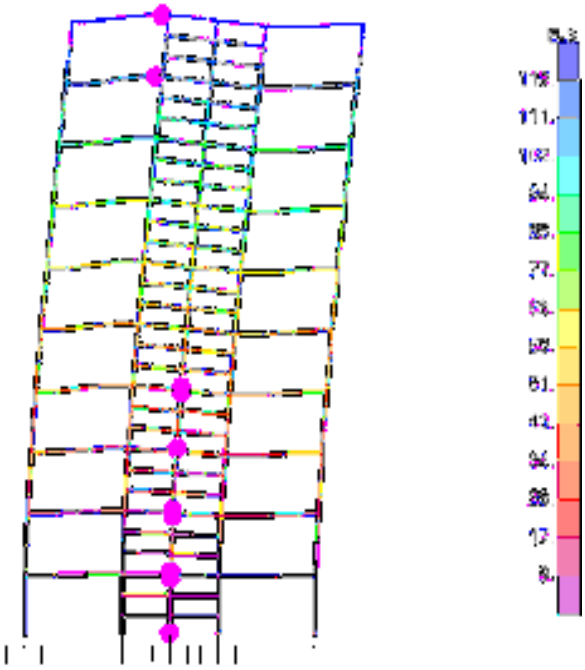
مفصل پلاستیک مدل قدیم در target و collapse

مفصل پلاستیک مدل با دیوار در target و collapse

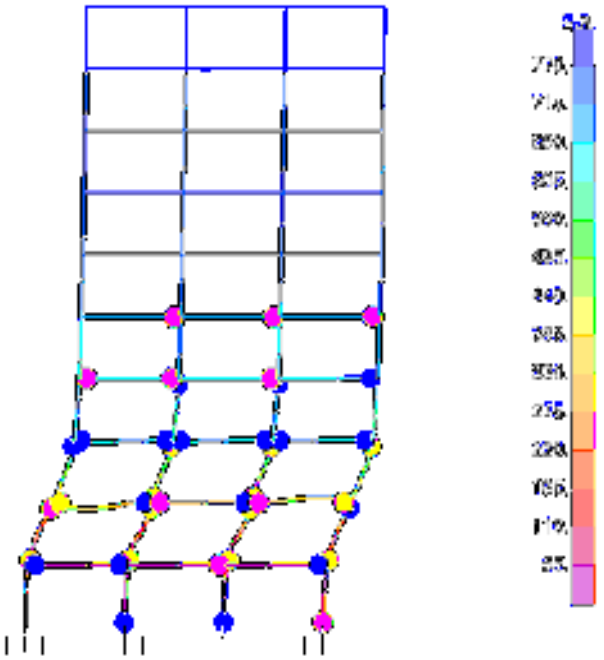
شکل ۴: مفاصل پلاستیک تشکیل شده مدل ۵ طبقه در تغییر مکان هدف و لحظه گسیختگی قبل از بهسازی و بعد از بهسازی

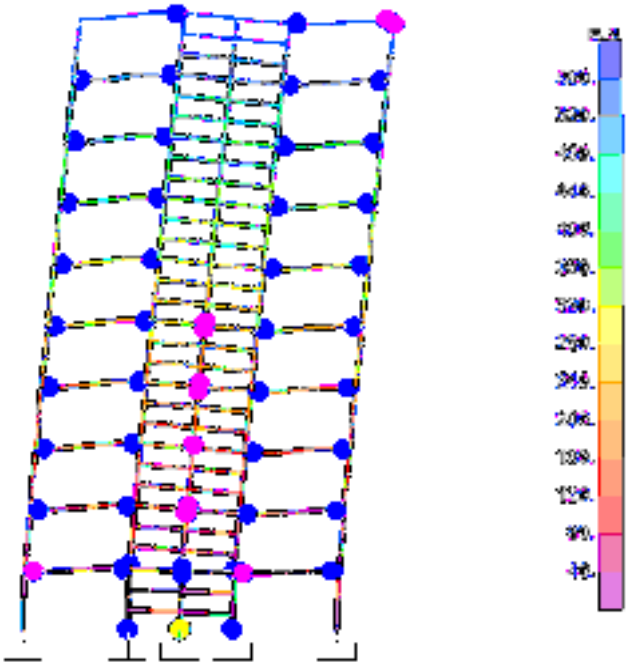


مفصل پلاستیک مدل قدیم در target و collapse

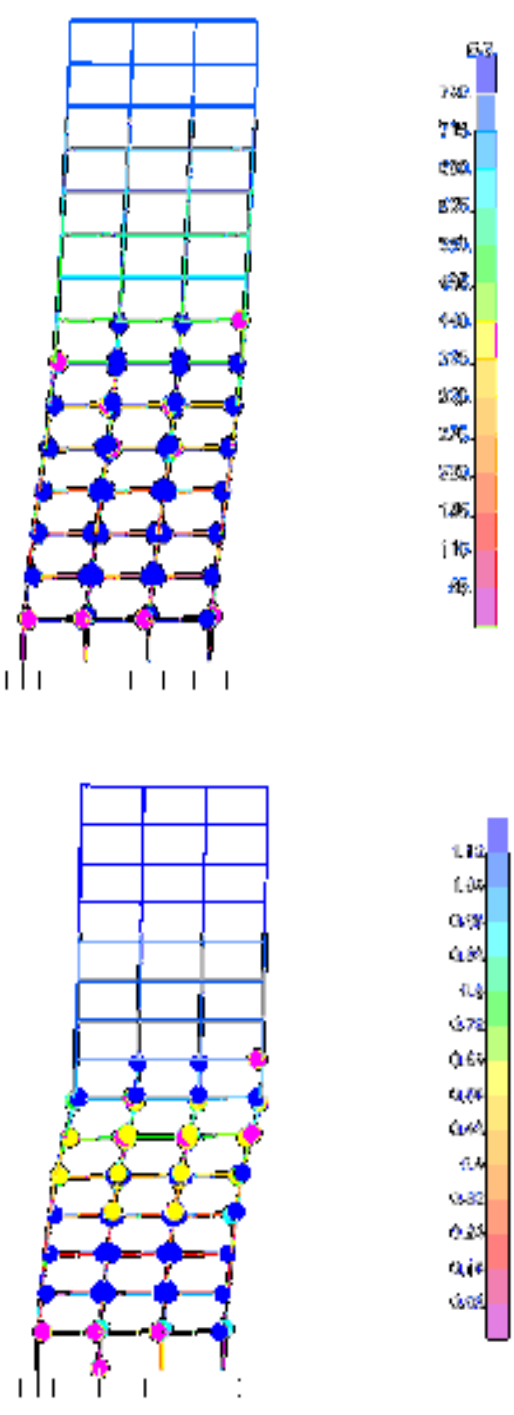


مفصل پلاستیک مدل با دیوار در target و collapse





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 با دیوار در target و collapse

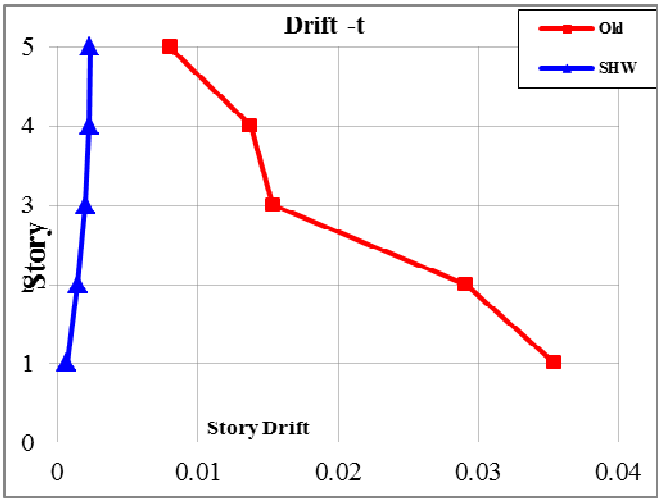
مفصل پلاستیک مدل قدیم در target و collapse

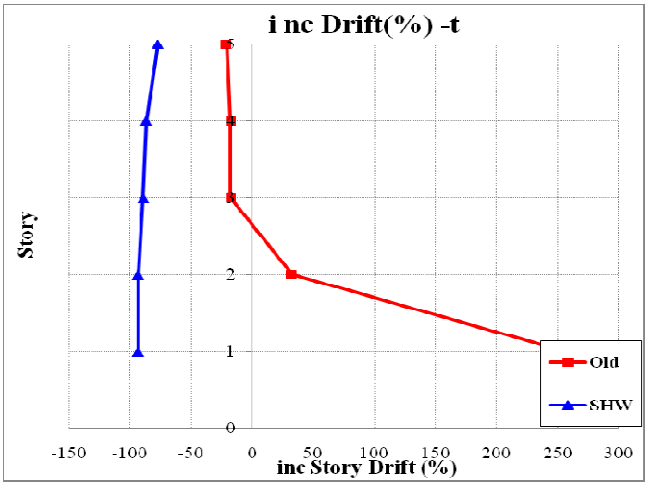
شکل ۶: مفاصل پلاستیک تشکیل شده مدل ۱۵ طبقه در تغییر مکان هدف و لحظه گسیختگی قبل از بهسازی و بعد از بهسازی.

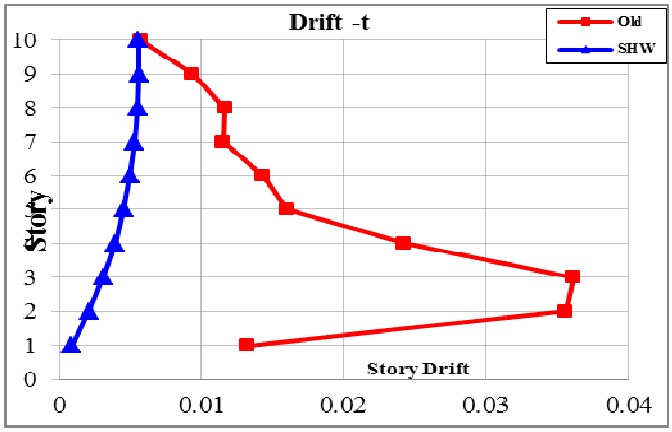
۱۰. مقایسه جابجایی و دریفت طبقات در تغییرمکان هدف و گسیختگی

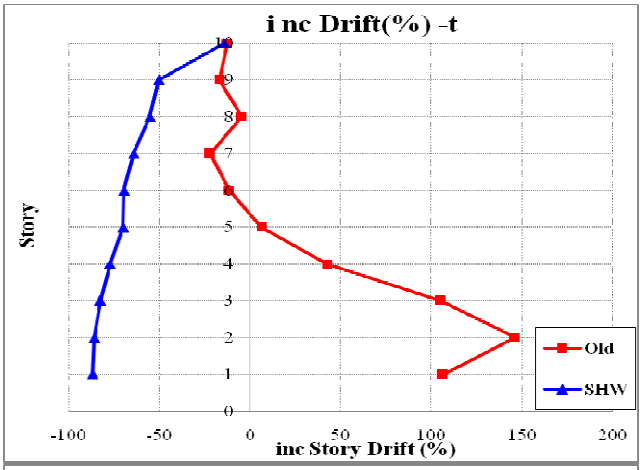
در شکل های ۷ و ۸ به ترتیب جابجایی و دریفت طبقات در لحظه خرابی نشان داده شده است.
در کنار هر نمودار درصد افزایش آن نیز رسم شده است. اگر مدل بهسازی شده با دیوار را پایه و مبنا قرار گیرد، منظور از درصد افزایش، میزان افزایش پاسخ سازه قدیم نسبت به سازه بهسازی شده با دیوار برشی می‌باشد. این پارامتر می‌تواند 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 مقاوم‌سازی شود؟ آیا مقاوم کردن سازه قدیم توجیه دارد یا تخریب آن و تاسیس سازه جدید به جای آن؟
در ادامه نتایج مستخرج از شکل‌های ۷ و ۸ آمده است:

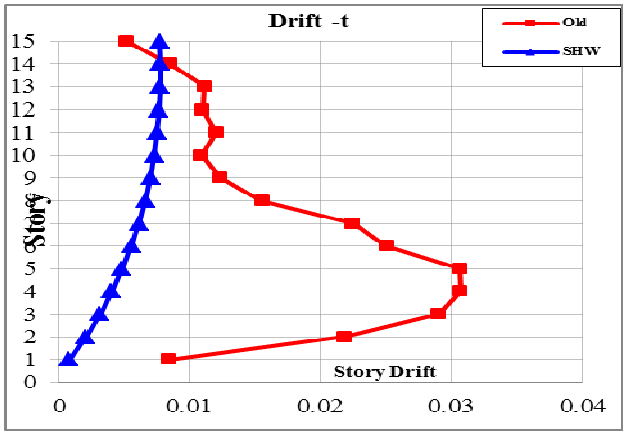
- کاهش جابجایی طبقات می‌تواند به مسائلی همچون کاهش درز انقطاع دو ساختمان و همچنین آسایش ساکنین به هنگام وقوع زلزله کمک کند.
- کاهش دریفت طبقات می‌تواند به مسائلی همچون بهبود رفتار اجزای غیر سازه‌ای و نازک‌کاری کمک نماید.
- وجود دیوار برشی باعث کاهش تغییر مکان و دریفت طبقات حتی به میزان یک سوم شده است.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

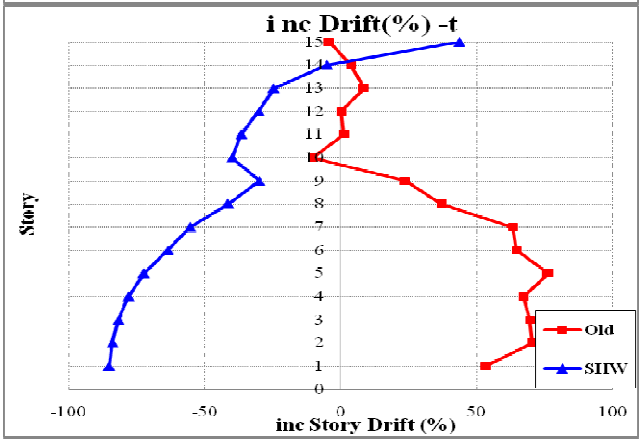




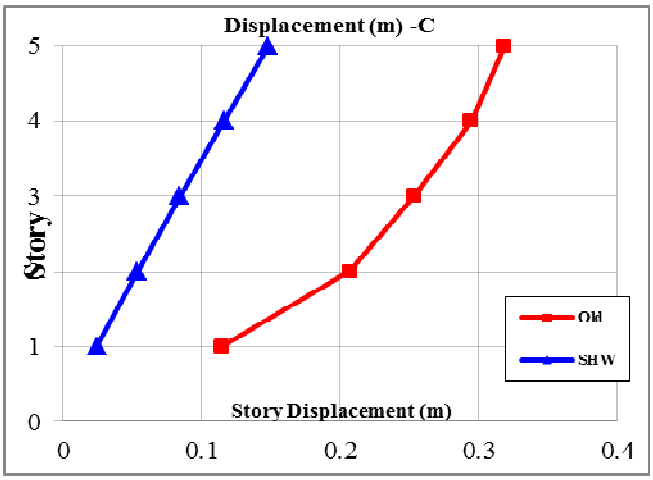


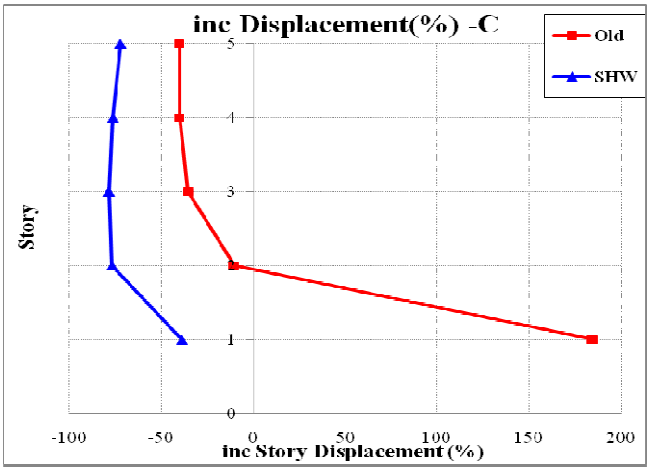


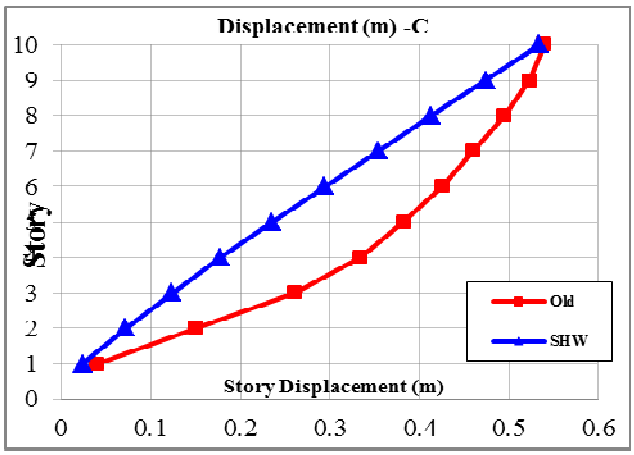


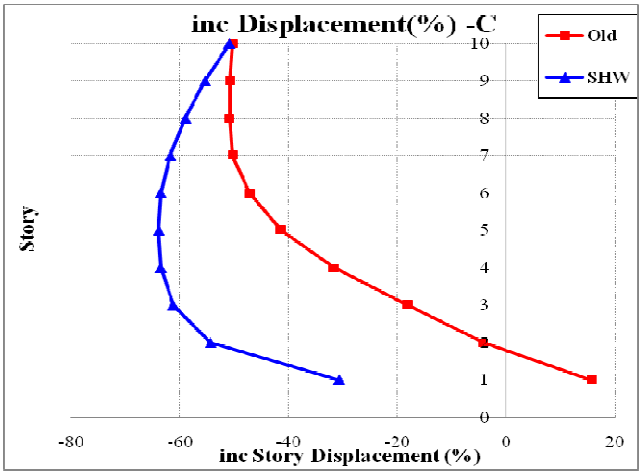


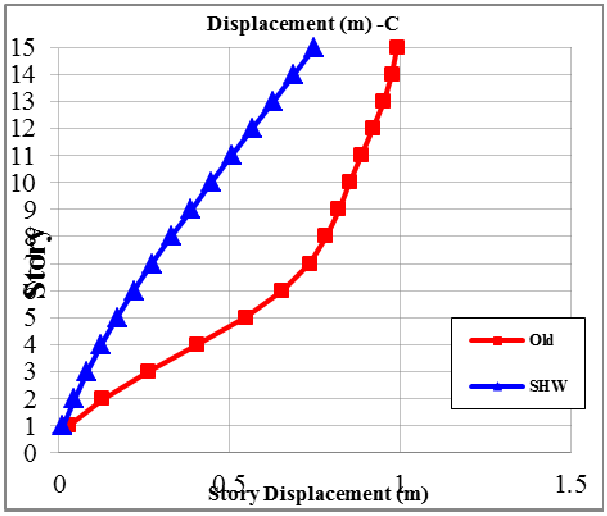
شکل ۷: مقایسه دریفت طبقات و درصد کاهش دریفت طبقات مدل‌های ۵ و ۱۰ و ۱۵ طبقه قدیم و با دیوار در تغییر مکان هدف.

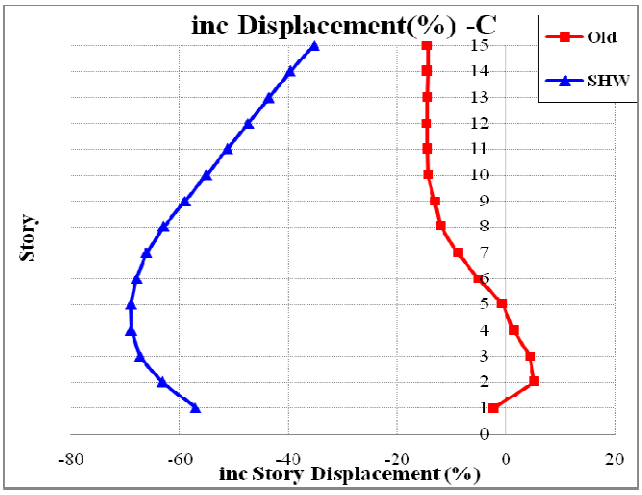












شکل ۸: مقایسه جابجایی طبقات و درصد کاهش جابجایی طبقات مدل‌های ۵ و ۱۰ و ۱۵ طبقه قدیم و با دیوار در نقطه گسیختگی.

۱۱. نتیجه‌گیری

- شیب (سختی) مربوط به مدل با دیوار در مدل ۵طبقه تا ۲۰ برابر و در مدل ۱۰طبقه ۱۲ برابر و مدل ۱۵طبقه ۷برابر افزایش یافته ودر خصوص مقاومت در مدل ۵طبقه تا ۶برابر و در مدل ۱۰طبقه ۵برابر و مدل ۱۵طبقه ۳برابر افزایش مقاومت مشاهده میشود.
- بصورت کلی منحنی پوش‌اور قاب‌خمشی مسلح شده به دیوار بتنی رفتار بسیار مناسب‌تری نسبت به مدل قدیم داشته و شکلپذیری بالاتری دارد.
- بیشترین انرژی اتلاف شده توسط مدل با دیوار انجام می‌شودو بطور متوسط بین ۳ الی ۴ برابر میشود.
- در مدلهای مقاوم شده با دیوار، انتهای منحنی‌های دوخطی (در تغییر مکان هدف) فاصله زیادی تا لحظه گسیختگی دارد. ولی در مدل قدیم نوک دوخطی تقریبا همان نقطه گسیختگی است. این نشان می‌دهد که مدل قدیم در آستانه فروریزش می‌باشد.
- وجود دیوار برشی باعث کاهش جابجایی و دریفت طبقات شده است طوری که در مدل ۵طبقه تا ۹برابر کاهش درمدل ۱۰ طبقه ۳برابر کاهش و در مدل ۱۵طبقه ۲ برابر کاهش جابجایی داریم، ضمنا وجود دیوار برشی باعث یکنواخت‌تر شدن دریفت طبقات می‌شود.
- در تغییر مکان هدف، دریفت طبقات در مدل قدیمی حتی تا ۳٪ (دریفت متناظر با خرابی) هم می‌رسد. در مدل مقاوم شده با دیوار برشی دریفت طبقات به حدود ۱٪ (دریفت متناظر با IO) کاهش یافته است. به عنوان مثال سازه قدیمی کاربری موقت دارد. سازه جدید می‌تواند به عنوان ساختمان اداری یا مسکونی باشد. در حالی که مدل با دیوار می‌تواند کاربری ساختمان را به ساختمان‌های دارای درجه اهمیت زیاد همچون بیمارستان (عملکرد IO برای برای اجزای غیر سازه‌ای) تغییر دهد.
- در سیستم با دیوار معمولا اولین مفصل پلاستیک در دیوار رخ می‌دهد و همین امر باعث میشود اجازه کمانش به ستون کنار آن داده نشود.
- در سیستم دارای دیوار، مفاصل پلاستیک به سمت بالا کشیده می‌شوند و با تخریب دیوار، قاب خمشی می‌تواند شروع به جذب انرژی کند، به عبارتی اعضای طبقات فوقانی قاب نیز درگیر می شوند و شروع به جذب انرژی می‌کنند.
- وجود دیوار برشی باعث کاهش تعداد مفاصل پلاستیک در اعضا و همچنین بهبود سطح عملکرد اعضا می‌شود.
- عملکرد دیوار برشی در ساختمان‌های 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.

[3] مقررات ملی ساختمان، مبحث دهم، طرح و اجرای ساختمان های فولادی، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، تهران، معاونت نظام مهندسی.و اجرای ساختمان وزارت مسکن و شهرسازی، ۱۳۸۷.

[4] 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.

[5] 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

[6] 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

[7] 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[*۱], Atiye Farahani[۲]

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.