

بررسی اثر آرایشهای مختلف قرارگیری مهاربند بزرگ مقیاس با میراگر ویسکوز در پاسخهای لرزه‌ای سازه‌های دارای مهاربند بزرگ مقیاس

فرزین قوی بازو^۱، طالب مرادی شقاقی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه عمران، واحد علوم و تحقیقات آذربایجان شرقی، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه عمران، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
Email: farzin.ghavibazoo@gmail.com

۲* - عضو هیات علمی گروه عمران، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

Email: ta.moradi@iaut.ac.ir

چکیده

سیستم مهاربند بزرگ مقیاس به عنوان یک گزینه مناسب جهت مقاوم سازی سازه‌های فولادی و بتنی می‌باشد. در این سیستم، بجای مهاربندی یک طبقه در یک دهانه، چند طبقه در چند دهانه مهاربندی می‌گردد. از اینرو می‌تواند باعث افزایش سختی سازه گردد. بنابراین نحوه انتخاب دهانه‌ها و تعداد طبقات برای مهاربندی می‌تواند بسیار موثر باشد. لازم به ذکر است که برای جبران افزایش برش پایه ناشی از افزایش سختی سازه، می‌توان در این سیستمها از میراگرهای ویسکوز استفاده نمود. در این مقاله، سازه‌هایی با تعداد طبقات مختلف، در حالت‌های مختلفی با مهاربند بزرگ مقیاس و همچنین با مهاربند بزرگ مقیاس به همراه میراگر ویسکوز در نرم‌افزار SAP^{۲۰۰۰} مدل‌سازی شده و تحت تحلیل‌های غیرخطی قرار گرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که موقعیت قرارگیری مهاربندهای بزرگ مقیاس با میراگر ویسکوز تاثیر قابل توجهی در روی پاسخهای لرزه‌ای سازه‌های بتنی بلند مرتبه داشته و انتخاب تعداد دهانه بر اساس تعداد طبقات تغییر کرده و در پاسخ لرزه ای موثر می‌باشد.

کلمات کلیدی: مهاربند بزرگ مقیاس - سختی - میراگر ویسکوز - مقاوم‌سازی - بارافزون

۱. مقدمه

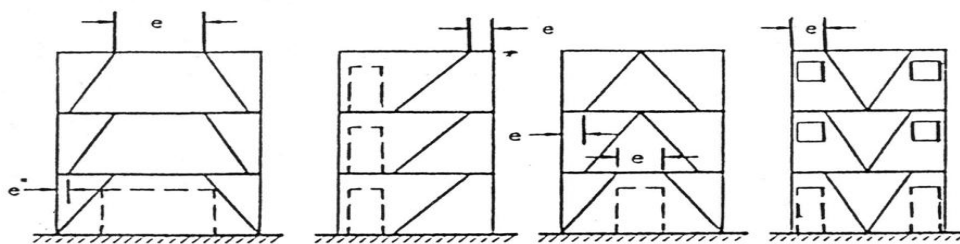
سیستم های مقاوم همچون قاب های خمشی و قاب مهاربندی شده هم مرکز هر کدام به تنهایی نمی توانند هر دو عامل سختی و شکل پذیری را به صورت مطلوب فراهم نمایند و تأمین هر دو هدف توسط این سیستم ها باعث غیر اقتصادی شدن طرح می گردد. [۱] برای افزایش شکل پذیری قاب های مهاربندی شده سیستم مهاربند خارج از مرکز (EBF) توسط پوپوف در سال ۱۹۷۸ پیشنهاد گردید. [۱] تأمین دو خواسته بالا توسط این سیستم، به سرعت به کارگیری آن را در آیین نامه های مختلف رایج کرد. ولی ضعف بزرگ این سیستم تیر پیوند می باشد که خود قسمتی از تیر اصلی می باشد و تعویض یا تعمیر آن پس از یک زلزله شدید بسیار مشکل می باشد. برای رفع این مشکل در سال ۱۹۸۶ سیستم مهاربند زانویی کمانش پذیر توسط آچوا مطرح شد. آچوا پیشنهاد کرد عضو قطری طوری طراحی شود که فقط کشش را تحمل کند و سختی و شکل پذیری هر دو توسط عضو زانویی تأمین گردد. [۲] مشکل عمده سیستم پیشنهادی آچوا لاغری عضو قطری بود که در فشار سریعاً کمانش می نمود و برای طرح لرزه ای مناسب نبود. در سال ۱۹۹۰ بالندرا با انجام تغییراتی در سیستم فوق و استفاده از یک عضو قطری که جلوی کمانش آن گرفته شده است، سیستم مهاربند زانویی KBF (Knee Braced Frame) را پیشنهاد نمود. [۳] در سیستم پیشنهادی بالندرا شکل پذیری و به تبع آن استهلاک انرژی توسط عضو زانویی و سختی توسط عضو قطری تأمین شده است. بعد از آزمایش تمام مقیاس انجام شده روی سیستم مهاربند زانویی مشخص شد، هنگامی عضو زانویی در مقابل کمانش محلی و کمانش پیچشی جانبی طراحی می گردد حلقه های هیستریزس ایجاد شده منظم و بدون کاهش سختی به پیش می روند. [۳]

پس استفاده از سیستم مهاربندی خارج از مرکز (EBF) تحت نیروهای جانبی شدید، حتماً اعوجاج سقف را در پی خواهد داشت. با بکار بردن المان زانویی در سیستم مهاربندی زانویی (KBF)، اعوجاج سقف به حد استفاده از سیستم های مهاربندی همگرا کاهش می یابد. [۴]

همچنین استفاده از عضو زانویی برای مقاوم سازی ساختمان به عنوان امری آسان و اقتصادی توصیه شده است. [۵]

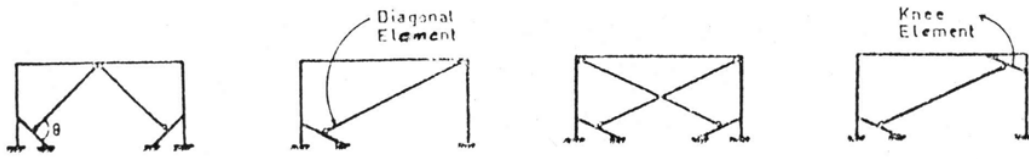
امروزه در ساخت سازه های بلند مرتبه، از جمله سیستم مقاوم در مقابل زلزله که کارایی بهتری داشته و از عملکرد مناسبی برخوردار است، سیستم مهاربند بزرگ مقیاس می باشد. [۶] در این سیستم، مهاربندها بجای مهاربندی یک دهانه ای یک طبقه، چند دهانه را بصورت چند طبقه مهاربندی نموده و مقدار نیازهای لرزه ای سازه را کاهش می دهد.

مهاربندی خارج از محور EBF اولین بار در سال ۱۹۷۷ و به وسیله پروفیسور پوپوف در دانشگاه برکلی پیشنهاد و عرضه شد. (شکل ۱-۱) یکی از مهمترین مزایای این مهاربندها، قابلیت جانمایی بسیار بالایشان از لحاظ مسائل معماری است. در این سیستم محل اتصال اعضای مهاربند بطور عمد در محل تلاقی تیر و ستون قرار نمی گیرد و در نتیجه از پیچیدگی محل اتصال جلوگیری می شود. [۷]



شکل ۱-۱ نمونه هایی از قاب های خارج از مرکز (EBF) [۷]

سیستم مهاربندی زانویی KBF متاخرترین سیستم مهاربندی معرفی شده در سطح دنیا است [۲]. (شکل ۱-۲) طرح کلی تعدادی از قابهای مهاربندی شده با سیستم KBF را نشان می دهد. در هر کدام از حالتها، المانهای قطری کششی با اتصالات ساده به نقطه وسطی المان زانویی شیبدار وصل می شوند و این المان زانویی طوری طراحی می شود که در طی یک بار گذاری جانبی شدید، بدون آنکه کاهش قابل ملاحظه ای را در سختی و مقاومت کل سیستم ایجاد کند، انرژی وارده را با تشکیل مناطق خمیری مستهلک کند. به این ترتیب المان های زانویی، نقشی مشابه پیوندهای برشی را در مهاربندهای EBF بازی می کنند [۲].



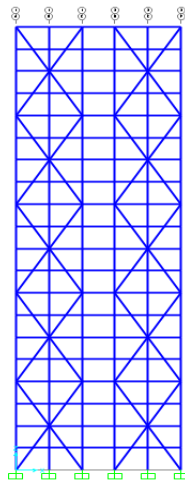
شکل ۱-۲ نمونه هایی از مهاربندی زانویی (KBF) [۲]

۲. شرح مساله

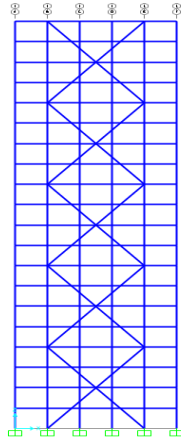
امروزه در سازه‌های بلند سیستم‌های نوین دیگری به عنوان مهاربند استفاده می‌شوند که در این میان می‌توان به سیستم بادبندی بزرگ مقیاس اشاره کرد [۸]. سیستم مهاربند بزرگ مقیاس به عنوان یک گزینه مناسب جهت مقاوم سازی سازه‌های فولادی و بتنی می‌باشد [۶]. از طرفی برای کاهش پاسخ سازه استفاده از میراگرها نیز متداول شده است. استفاده میراگرها در سایر مهاربندها طی مطالعات گذشته مورد بررسی قرار گرفته است [۹]. با توجه به اینکه استفاده از مهاربندها باعث افزایش سختی جانبی سازه شده و شکل پذیری سازه‌ها کاهش پیدا می‌کند. لذا این موضوع در سازه‌های بلند می‌تواند به عنوان یک ایراد و مشکل در طراحی المانهای مقاوم سازه‌های بلند شود [۱۰]. از اینرو استفاده از میراگرها می‌تواند شکل پذیری سازه‌ها را افزایش داده و مشکل به وجود آمده را بهبود ببخشد [۱۱]. در این تحقیق برای بررسی پاسخ سازه‌های بتنی دارای مهاربندی بزرگ مقیاس با میراگر ویسکوز (وابسته به سرعت)، چندین سازه بتنی مدل شده و مهاربندها در تعداد دهانه‌های مختلف استفاده شده و پاسخهای سازه تحت تحلیل دینامیکی غیر خطی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۳. فرضیات و مدلسازی

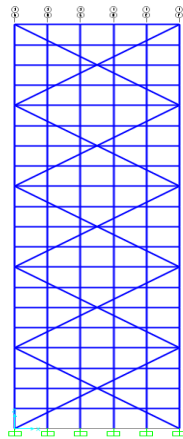
برای بررسی رفتار لرزه‌ای قابهای بتنی با مهاربند بزرگ مقیاس و میراگر ویسکوز، سازه‌هایی با تعداد طبقات مختلف بصورت دوبعدی در نرم‌افزار SAP2000 مدلسازی شده است. استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس می‌تواند در تعداد دهانه و تعداد طبقات مختلف صورت گیرد. در این تحقیق مهاربند بزرگ مقیاس در سه حالت ۴ طبقه و دو دهانه، ۴ طبقه و سه دهانه، ۴ طبقه و پنج دهانه مورد استفاده قرار گرفته است، برای مدل‌های دیگر نیز دهانه‌های مهاربندی بصورت فوق ثابت و فقط تعداد طبقات تغییر نموده است. برای بررسی اثر میراگر ویسکوز با مهاربند بزرگ مقیاس، در سه حالت فوق، مهاربندهای بزرگ مقیاس به همراه میراگر ویسکوز که مشخصات آن در ادامه آورده شده است، استفاده شده و مورد بررسی قرار گرفته است. قابهای بتنی با مهاربندهای بزرگ مقیاس در اشکال ۱-۳ الی ۳-۳ آورده شده است. لازم به توضیح است که مدل‌های فوق بر اساس در نظر گرفتن معماری طرح و ورودی سازه در نظر گرفته شده اند.



شکل ۳-۱: مهاربندی بزرگ مقیاس از هر چهار طبقه و در دو دهانه



شکل ۳-۲: مهاربندی بزرگ مقیاس از هر چهار طبقه و در سه دهانه



شکل ۳-۳: مهاربندی بزرگ مقیاس از هر چهار طبقه و در پنج دهانه

از آنجایی که میراگر مدنظر در مقاله حاضر میراگر ویسکوز خطی (به دلیل راحتی اجرا با مهاربند) می باشد، لذا برای مدلسازی میراگر ها در نرم افزار از المان Damper استفاده شده است. مقدار میرایی برای هر طبقه در سازه ها ۷۹۶۳ کیلو نیوتن ثانیه بر متر (مقدار میرایی رایج برای هر طبقه) در نظر گرفته شده است. در هنگام مدلسازی میراگر در نرم افزار به همراه مهاربند بزرگ مقیاس، سختی مورد نیاز، سختی مهاربند بزرگ مقیاس اعمال شده است.

مدلهایی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است، در نرم افزار ۷۱۶ SAP۲۰۰۰ می باشد. نرم افزار فوق یک نرم افزار المان-محدود بوده و قابلیت تحلیل های خطی و غیر خطی استاتیکی و دینامیکی را دارد. در تحقیق فوق نیز از تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی استفاده شده است. از زلزله های انتخابی برای این تحقیق رکورد زلزله CAPE می باشد. لازم به توضیح است که رکورد CAPE یک رکورد حوزه نزدیک است که حداکثر شتاب زمین در آن برابر ۰/۵۹ می باشد.

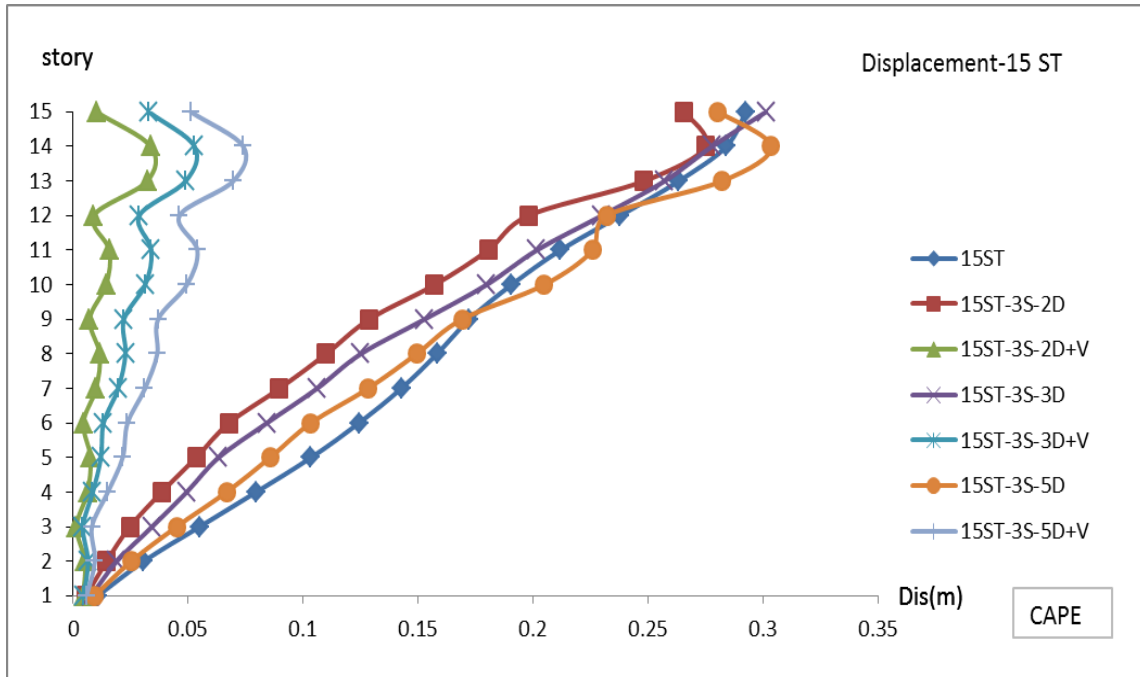
بارگذاری سازه ها به شرح زیر انجام شده است: بار مرده طبقات مشابه و برابر 500 kgf/m^2 و بار زنده طبقات 200 kgf/m^2 فرض می شود. جرم موثر لرزه ای در سازه های مورد بررسی جهت محاسبه برش پایه ی استاتیکی، ناشی از بارهای ثقلی شامل تمام بار مرده به اضافه ۲۰٪ بار زنده می باشد.

در این تحقیق برای بررسی تاثیرات عملکرد مهاربند بزرگ مقیاس و میراگر ویسکوز در پاسخهای لرزه ای سازه های بتنی، سازه ها در حالت های مختلف با مهاربند بزرگ مقیاس و میراگر ویسکوز مهاربندی شده و تحت تحلیل های غیرخطی استاتیکی و دینامیکی قرار گرفته است. برای بررسی اثرات مهاربند بزرگ مقیاس و میراگر ویسکوز، پاسخهای لرزه ای این سازه ها مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آنها نسبت بهم بررسی شده است. لازم به ذکر است مدلسازی مهاربند و میراگر ویسکوز در نرم افزار SAP۲۰۰۰ یک مدل معمول است که لینک میراگر ویسکوز نیز در نرم افزار SAP۲۰۰۰ به خوبی بیان شده و تغییراتی در مدل فوق به وجود نیامده است.

۴. بررسی نتایج

۱-۴ بررسی پاسخ جابجایی نسبی طبقات

برای بررسی جابجایی نسبی طبقات تحت تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی، مقدار ماکزیمم مطلق جابجایی مرکز جرم هر طبقه برای هر رکورد استخراج شده است. نتایج حاصل برای رکورد زلزله استفاده شده، در حالت بدون مهاربند بزرگ مقیاس و سه حالت مختلف قرارگیری مهاربند بزرگ مقیاس به تنهایی و به همراه میراگر ویسکوز استخراج شده است. نتایج در شکل ۱-۴ برای سازه ۱۵ طبقه آورده شده است.

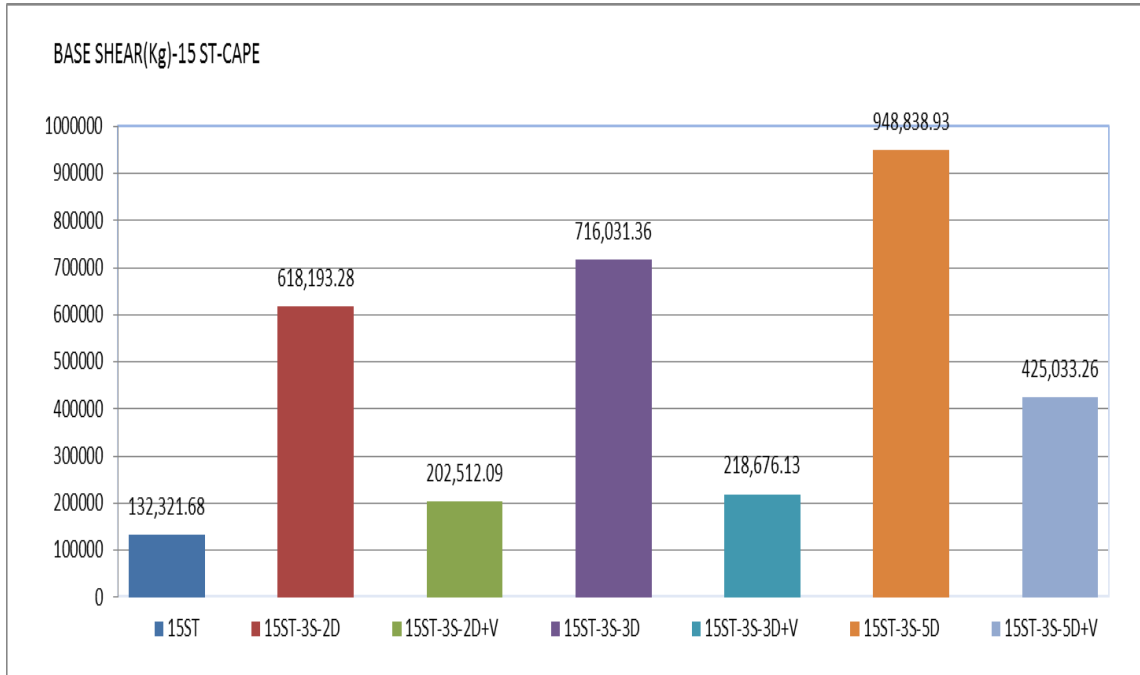


شکل ۴-۱: جابجایی طبقات تحت رکورد CAPE برای مدل ۱۵ طبقه

با بررسی مقدار نتایج جابجایی برای سازه‌های بدون مهاربند بزرگ مقیاس و با مهاربند بزرگ مقیاس مشاهده می‌شود که استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس باعث کاهش قابل توجه مقدار جابجایی می‌شود. با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که استفاده از میراگرهای ویسکوز به همراه مهاربندهای بزرگ مقیاس بسیار قابل توجهی را در جابجایی طبقات ایجاد می‌کند. بر اساس نتایج می‌توان گفت که مقدار جابجایی طبقات در هنگام استفاده از میراگرهای ویسکوز به همراه مهاربندهای بزرگ مقیاس در هر آرایش مهاربند متفاوت از هم می‌باشد که، بیشترین کاهش در حالتی است که تعداد دهانه کمتری بوسیله مهاربند بزرگ مقیاس، مهاربند شده باشد. لذا می‌توان گفت که در هنگام استفاده از میراگر ویسکوز به همراه مهاربند بزرگ مقیاس، نوع آرایش بسیار مهم می‌باشد. لازم به ذکر است که استفاده از مهاربندی بزرگ مقیاس به همراه میراگرهای ویسکوز در رکورد زلزله مورد استفاده برای سه سازه مورد بررسی نتایج مشابهی دارد. همچنین در حالت پنج دهانه مشاهده می‌گردد که از طبقه نهم به بعد به دلیل کاهش کارایی مهاربند در کنترل عملکرد سازه، جابجایی جانبی افزایش می‌یابد.

۴-۲ بررسی برش پایه

مقدار نیروی جانبی بازتاب شده به سازه بستگی زیادی به سختی جانبی سازه دارد. از اینرو با توجه به تغییر سختی جانبی در حالت استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس مقدار برش پایه نیز قابل تغییر خواهد بود. از طرفی، استفاده از میراگر باعث کاهش مقدار برش پایه می‌شود. لذا می‌توان ترکیب اثر سختی و میرایی در افزایش و کاهش مقدار برش پایه را مورد بررسی قرار داد. نتایج حاصل در شکل ۴-۲ برای سازه ۱۵ طبقه آورده شده است.

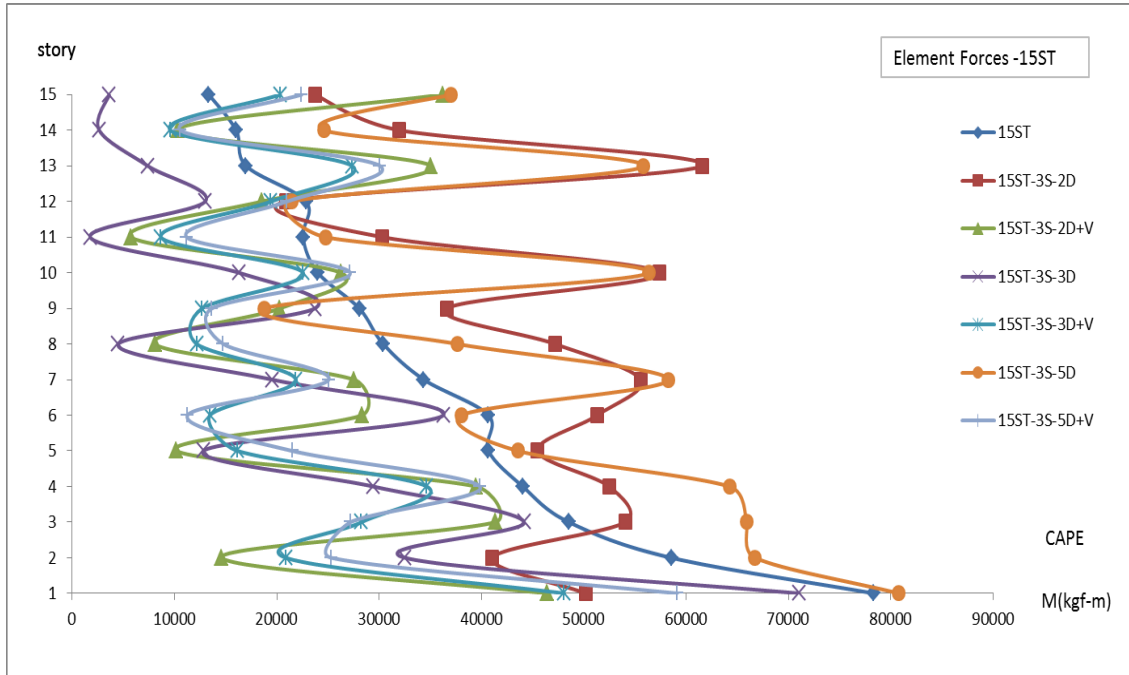


شکل ۴ - ۲: برش پایه تحت رکورد CAPE برای مدل ۱۵ طبقه

نتایج نشان می‌دهد که استفاده از مهاربندهای بزرگ مقیاس باعث افزایش مقدار برش پایه شده و بازتاب نیروی زلزله را در ساختمانهای بتنی افزایش می‌دهد. در علت این موضوع می‌توان گفت که با توجه به افزایش سختی ناشی از مهاربند، برش پایه نیز افزایش می‌یابد. استفاده از میراگر باعث افزایش مقدار میرایی سازه می‌گردد. از اینرو باعث کاهش مقدار برش پایه سازه‌ها می‌شود. همچنان که نتایج نشان می‌دهد، استفاده همزمان از مهاربند بزرگ مقیاس و میراگرهای ویسکوز، باعث کاهش مقدار برش پایه نسبت به حالت مهاربندی بزرگ مقیاس می‌شود. در بررسی نتایج مشاهده می‌شود که تقابل سختی و میرایی در مقدار برش پایه قابل توجه است. چرا که وجود سختی باعث افزایش برش پایه و وجود میرایی باعث کاهش آن می‌شود. از اینرو استفاده همزمان مهاربند بزرگ مقیاس و میراگر ویسکوز، بصورت بسیار قابل توجهی در مقدار نیروی بازتاب شده تاثیر گذار می‌گردد. نتایج نشان می‌دهد که مقدار برش پایه در حالتی که دهانه‌های بیشتری مهاربندی می‌گردد بیشتر از سایر مقادیر می‌شود. نتایج نشان دهنده آن است که تاثیرات مهاربند بزرگ مقیاس و تاثیرات همزمانی مهاربند بزرگ مقیاس و میراگر ویسکوز تحت رکورد مورد استفاده زلزله تقریباً ثابت بوده و نتیجه یکسانی دارند. لازم به توضیح است که رکورد CAPE یک رکورد حوزه نزدیک است که حداکثر شتاب زمین در آن برابر ۰/۵۹ می‌باشد.

۳-۴ بررسی نیروهای داخلی ستون

مقدار نیروی داخلی بستگی به مقدار نیروی ورودی زلزله در سازه‌ها دارد. از اینرو می‌توان برای بررسی اثرات زلزله‌های مختلف در مقدار نیروی داخلی ستونهای سازه‌ها در حالت بدون مهاربند بزرگ مقیاس و حالت استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس و استفاده همزمان از مهاربند بزرگ مقیاس و میراگر ویسکوز، مورد بررسی قرار داد. در این بخش نیروی داخلی یکی از ستونها در هر سه حالت گفته شده بررسی شده است. نتایج در شکل ۳-۴ آورده شده است.



شکل ۴ - ۳: نیروی داخلی ستون تحت رکورد CAPE برای مدل ۱۵ طبقه

نتایج حاصل از تحلیل غیرخطی مدلها نشان می‌دهد که مقدار نیروی داخلی ستونها در حالت بدون مهاربند و در حالت استفاده از مهاربند متفاوت از هم می‌باشد. بر اساس نتایج می‌توان گفت که مقدار نیروی داخلی المانها در حالت استفاده از مهاربند افزایش می‌یابد. علت این موضوع این است که، چون استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس باعث افزایش سختی سازه شده و برش پایه سازه را افزایش می‌دهد، پس نیروی داخلی المانها نیز افزایش خواهد یافت. بر اساس نتایج حاصل از مدل‌های مهاربند بزرگ مقیاس و میراگر ویسکوز مشاهده می‌شود که استفاده از میراگر باعث کاهش مقدار نیروی داخلی المانها می‌شود. و در بعضی از حالات نیز به دلیل عدم تقابل قابل قبول مابین مهاربند بزرگ مقیاس و میراگر ویسکوز، در هنگام استفاده از میراگر مقدار نیروی داخلی المانها افزایش می‌یابد. بحث مربوط به تقابل سختی و میرایی در محدوده غیرخطی دارای پیچیده‌گی‌هایی است که از یک الگوی خاصی پیروی نمی‌کند که نتایج فوق نیز نشان دهنده این موضوع می‌باشد. در حالت کلی می‌توان گفت که استفاده همزمان مهاربند بزرگ مقیاس و میراگر ویسکوز تاثیر خوبی در مقدار نیروی داخلی المانها می‌تواند داشته باشد.

۴-۴ بررسی شکل‌پذیری سازه‌ها

استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس می‌تواند در شکل‌پذیری سازه‌ها تاثیر منفی داشته و مقدار ان را کاهش دهد. لذا استفاده همزمان مهاربند و میراگر به دلیل میرایی الحاقی که از طریق میراگر اضافه می‌شود، می‌تواند مقدار شکل‌پذیری کاهش یافته را بهبود بخشیده و آن را جبران نماید. برای این منظور ضریب شکل‌پذیری سازه‌ها در حالت بدون مهاربند و در حالت با مهاربند و مهاربند با میراگر مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل برای مدل ۱۵، ۲۰ و ۲۵ طبقه در جداول ۴-۱ الی ۴-۳ برای حالت‌های مختلف آورده شده است.

جدول ۴-۱: ضریب شکل‌پذیری برای حالت‌های مختلف مدل ۱۵ طبقه

Simple 15 st	W macro	macro 2d	macro 2d+V	macro 3d	macro 3d+V	macro 5 d	macro 5d+V
μ	4.55	4.21	4.8	4.25	4.87	4.3	5.12

جدول ۴-۲: ضریب شکل پذیری برای حالت‌های مختلف مدل ۲۰ طبقه

Simple 20 st	W macro	macro 2d	macro 2d+V	macro 3d	macro 3d+V	macro 5 d	macro 5d+V
μ	4.8	4.53	5.1	4.6	5.4	4.9	5.7

جدول ۴-۳: ضریب شکل پذیری برای حالت‌های مختلف مدل ۲۵ طبقه

Simple 25 st	W macro	macro 2d	macro 2d+V	macro 3d	macro 3d+V	macro 5 d	macro 5d+V
μ	4.2	3.9	4.5	3.98	4.28	4.1	4.62

نتایج نشان می‌دهد که استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس باعث کاهش مقدار شکل پذیری سازه‌ها می‌گردد. و بیشترین مقدار کاهش در حالتی است که مهاربند در دهانه‌های کمتری مورد استفاده قرار گرفته است. بر اساس نتایج می‌توان گفت، استفاده از میراگرهای ویسکوز، باعث افزایش مقدار قابل توجهی در ضریب شکل پذیری می‌شود. لذا می‌توان گفت استفاده همزمان مهاربند و میراگر در تقابل ما بین سختی، میرایی و شکل پذیری تاثیر بسیار خوبی داشته و نتیجه نهایی در بهبود شکل پذیری موثر است.

۵. نتیجه گیری

شکل پذیری و سختی در سازه سبب واکنش هایی در سازه می گردند که باید توسط مهندسین محاسب در راستای عملکرد بهتر سازه انتخاب گردند. مهندسین محاسب باید توجه کنند تا از میان دو مورد سختی که سبب مقاومت و شکل پذیری که سبب جذب انرژی می شود یک رابطه معقول به دست بیاورند. یعنی به صورتی باشد که سازه علاوه بر این که دارای سختی و مقاومت کافی است از شکل پذیری و رفتار هیستریک خوبی هم برخوردار باشد. در این تحقیق استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس تاثیرات سختی و استفاده از میراگر ویسکوز تاثیرات میرایی را کنترل کرده است. لذا با بررسی اثرات سختی و میرایی الحاقی در سازه‌ها، نتایج زیر حاصل گشته است.

۱- با بررسی مقدار نتایج جابجایی نسبی طبقات برای سازه‌های بدون مهاربند بزرگ مقیاس و با مهاربند بزرگ مقیاس مشاهده می‌شود که استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس باعث کاهش مقدار جابجایی می‌شود. از طرفی استفاده همزمان مهاربند بزرگ مقیاس با میراگر ویسکوز باعث کاهش بیشتر جابجایی طبقات می‌گردد.

۲- نتایج نشان می‌دهد که مقدار برش پایه سازه‌ها در هنگام استفاده مهاربند بزرگ مقیاس افزایش یافته و استفاده همزمان از مهاربند بزرگ مقیاس و میراگر ویسکوز این افزایش را کاهش می‌دهد و برش پایه در حالت استفاده از میراگر با مهاربند، نسبت به حالت بدون مهاربند تغییرات چندانی پیدا نمی‌کند.

۳- بر اساس نتایج مشاهده می‌شود که مقدار نیروی داخلی المانها، در حالت‌های استفاده از مهاربند افزایش یافته و استفاده از میراگر مقدار آن را کاهش می‌دهد. و در حقیقت تقابل سختی و میرایی الحاقی تاثیرات پیچیده‌ای در مقدار نیروی داخلی المانها می‌گذارد.

۴- بر اساس مطالعه‌ای که صورت گرفته است، مشاهده می‌شود که مقدار شکل پذیری سازه‌های مورد مطالعه در این تحقیق، با استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس باعث کاهش مقدار شکل پذیری سازه‌ها می‌گردد. ولی با استفاده از میراگرهای ویسکوز، مقدار شکل پذیری سازه‌ها بهبود یافته و عملکرد سازه‌ها در مقابل شکل پذیری افزایش می‌یابد. در حالت کلی می‌توان گفت که استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس و میراگرهای ویسکوز مقدار شکل پذیری و ظرفیتهای جذب انرژی سازه‌ها را افزایش می‌دهند.

منابع و ماخذ

- [۱]. Popov, Ep, "Eccentrically Braced steel frames for Earth quake" J. of structural Division, Vol. ۱۰۴ No. ۳. (۱۹۷۸).
- [۲]. Aristizabal-choa, J.D. "Disposable knee Bracing: Improvement in seismic design of steel frames." J. of structural Eng. ۱۱۲ (۷). ۱۰۴۴-۱۰۵۲. (۱۹۸۶).
- [۳]. Balendra, T. Sam, M.T., Liaw, C.Y., Lee, S.L., "Preliminary studies into the behavior of structure knee braced frames subject to seismic loading.", Eng. Struct. Vol. ۱۳, ۶۷-۷۴. (۱۹۹۴).
- [۴]. حسین، م، "بررسی تأثیر متقابل الماز زانویی بر تیر و ستون متصل به آن"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف آباد، (۱۳۸۸).
- [۵]. رهایی، ع. و ابراهیمی مطلق، ح. "بررسی اثر پارامترهای هندسی و خصوصیات اعضاء قاب با مهاربند زانویی بر روی سختی و شکل پذیری سیستم"، مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس بین المللی مهندسی زلزله و زلزله شناسی، شیراز، ایران، اردیبهشت (۱۳۸۶)
- [۶]. Denelis G. And kappos A.j, "Earthquake resistant concrete structures", E&FN spon, London, (۱۹۹۷).
- [۷]. اطقی الهی، فریبرز - اکبر زادگان، حسین "رفتار و طراحی قابهای خارج از مرکز" موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، (۱۳۷۵).
- [۸]. تسنیمی، ع، معصومی، ع، "مقاوم سازی سازه های بتن مسلح با استفاده از مهاربند فولادی"، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران. (۱۳۷۹).
- [۹] Singh, M. P. and Moreschi, L. M. "Optimal seismic Design with viscous dampers using genetic algorithms," *submitted to J. of Structural Engineering*. (۱۹۹۹).
- [۱۰] شهرام محمدیان، محمد علی لطف الهی یقین و میثم فرشاد، "مطالعه رفتار قابهای خمشی بتنی مقاوم سازی شده با بادبندهای فولادی ماکرو"، کنفرانس بین المللی مهندسی عمران معماری و توسعه پایدار شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز. (۲۰۱۳).
- [۱۱] Geol, R. K. and Booker C. A. "Effects of supplemental viscous damping on inelastic seismic response of osymmetric system," *Earthquake Engineering and structural Dynamics*, vel. ۳۰, No. ۳, pp, ۴۱۱-۴۳۰. (۲۰۰۱).