



دوازدهمین کنفرانس ملی سازه و فولاد
و اولین کنفرانس ملی نوردکاران فولادی
۲۰ تا ۲۲ آذرماه ۱۴۰۲ - هتل المپیک - تهران



بررسی رفتار لرزه‌ای مهاربندهای واگرا با الگوی K شکل دویل

علی معصومی^۱، *سید علی رضوی طباطبایی^۲

چکیده

یکی از روش‌های تأمین مقاومت جانبی مناسب برای ساختمان در برابر زلزله استفاده از سیستم مهاربندی می‌باشد. مهاربندها بسته به نیازهای سازه‌ای و معماری الگوهای مختلفی دارند. در برخی موارد، استفاده از سیستم مهاربندی به علت لزوم تعبیه بازشوهای وسیع امکان پذیر نیست و عملاً نمی‌توان از الگوهای نظیر ۷ شکل، ۸ شکل، ضربدری و قطری استفاده نمود. در این مقاله یک الگوی پیشنهادی جدید به صورت مهاربند K شکل دویل در قالب مهاربند واگرا پیشنهاد شده است. استفاده از مهاربند K شکل، به علت اعمال برش متمرکز در میانه ارتفاع ستون و بروز پتانسیل ناپایداری در ستون در آیین‌نامه‌های متداول طراحی و از جمله مبحث دهم مقررات ملی ساختمان مجاز نمی‌باشد. در صورت انتخاب سیستم سازه‌ای مناسب و محدود نمودن برش اعمالی به مقادیر مشخصی، در شرایطی که سایر مهاربندها نمی‌توانند نیازهای معماری را رفع کنند، استفاده از این نوع مهاربند می‌تواند بسیار کارآمد باشد. در سیستم پیشنهادی در این تحقیق با ایجاد الگوی مهاربند واگرا و تشکیل تیر پیوند در تیر دهانه مهاربندی، برش اعمالی بر ستون در محدوده ظرفیت تیر پیوند محدود شده است. به منظور بررسی رفتار سیستم پیشنهادی، ۳ قاب دو بعدی با مهاربندهای واگرا و K شکل دویل براساس مقررات ملی ساختمان تحلیل و طراحی شدند. در ادامه قاب‌ها مورد تحلیل استاتیکی غیرخطی (پوش‌اور) قرار گرفتند و پارامترهای لرزه‌ای مقایسه شدند. در انتها نیز برای بررسی گردش نیرو در سیستم مهاربندی واگرا در الگوی K شکل یک رابطه جهت استخراج برش اعمالی بر ستون استخراج شده است. با بررسی نتایج مشاهده شد که ظرفیت سازه‌های با مهاربند KBF قادر هستند بار جانبی ناشی از زلزله را به خوبی تحمل نمایند و علاوه بر این دارای ظرفیت بالاتری نسبت به سیستم مهاربندی EBF می‌باشد.

واژگان کلیدی:

مهاربند واگرا، K شکل دویل، تحلیل استاتیکی غیرخطی، رفتار لرزه‌ای

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی زلزله دانشگاه علم و فرهنگ ، ali.masoumi.civil.76@gmail.com

^۲ استادیار مهندسی عمران دانشگاه علم و فرهنگ ، arazavi@usc.ac.ir (نویسنده مسئول)



دوازدهمین کنفرانس ملی سازه و فولاد و اولین کنفرانس ملی نوردکاران فولادی ۲۰ تا ۲۲ آذرماه ۱۴۰۲ - هتل المپیک - تهران



مقدمه

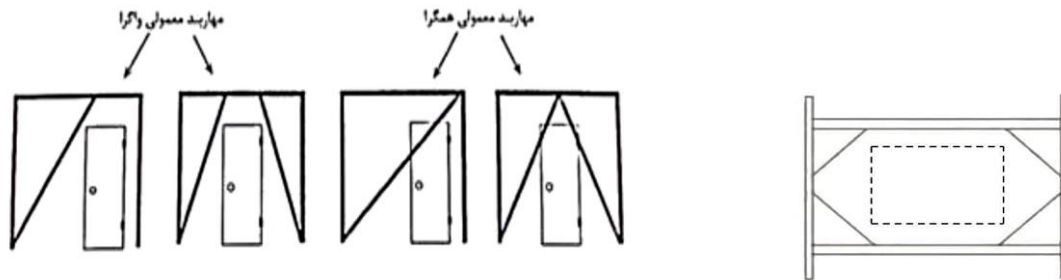
هر ساله به علت وقوع زلزله در نقاط مختلف دنیا به علت خرابی سازه‌ها جان و مال افراد زیادی به خطر می‌افتد که نشان دهنده اهمیت مقاومت مناسب ساختمان‌ها در برابر نیروی زلزله است. سیستم‌های سازه‌ای مختلفی برای مقاومت در برابر نیروی زلزله وجود دارد که از جمله آن استفاده از سیستم‌های مهاربندی می‌باشد. سیستم‌های مهاربندی به علت طراحی و اجرای آسان آن و سختی جانبی بالا باعث عملکرد مناسب ساختمان در برابر زلزله می‌شود اما مشکل اصلی این سیستم‌ها آن است که در سیکل‌های ابتدایی زلزله، در مهاربندها با رسیدن نیروی کمانشی حداکثر، مفصل پلاستیک ایجاد شده و در نهایت باعث بروز کمانش در این عضو می‌شود و عملاً در ادامه ساختمان در برابر نیروی زلزله بی‌دفاع می‌شود.

از جمله سیستم‌های مهاربندی می‌توان به مهاربندهای ضربدری، شورون، قطری و مهاربند K شکل اشاره نمود. از طرفی در هنگام طراحی سازه باید به رفع نیازهای معماری لحاظ شده در پلان مانند بازشوها (درهای ورودی و پنجره‌ها) توجه نمود. برخی از این سیستم‌های مهاربندی مانند ضربدری قابلیت اضافه شدن بازشو را ندارند و همچنین در مهاربندهای شورون در صورتی که در کناره‌های دهانه بازشو تعبیه شده باشد یا در مهاربند قطری در صورتی که در وسط دهانه بازشو وجود داشته باشد، قابلیت اجرای همزمان بازشو و مهاربند وجود ندارد. در حالتی که بازشوهای زیادی وجود دارد، بهترین گزینه از نظر سازه‌ای مهاربند K شکل می‌باشد. اما مشکل اصلی مهاربند K شکل آن است که مبحث دهم مقررات ملی ساختمان استفاده از آن را ممنوع کرده است. نیروی وارده از طرف اعضای مهاربندی به ستون، این عضو مهم متحمل یک بار متمرکز برشی شده و بالا رفتن پتانسیل ایجاد مفصل پلاستیک در وسط ستون می‌شود. بروز خرابی در ستون‌های سازه ممکن است باعث بروز خرابی پیشرونده و در نهایت تخریب کل ساختمان شود. طراحی لرزه‌ای سازه‌ها باید به گونه‌ای انجام شود که دو پارامتر اساسی یعنی سختی و شکل پذیری را تامین نماید، سازه باید سختی کافی داشته باشد تا با کنترل اثر جابجایی در زمین لرزه‌های خفیف، اعضای غیرسازه‌ای دچار خرابی نشوند و دیگر اینکه، سازه با شکل پذیری و جذب انرژی ناشی از حرکات قوی زمین، از فروریزش در اثر زلزله‌های قوی مصون باشد.

در شکل (۱) به کارگیری بازشو بزرگ در سیستم پیشنهادی نشان داده شده است. با توجه به شکل (۱) مشاهده می‌شود که اگر سیستم پیشنهادی ضوابط لرزه‌ای را اکتان نماید از نظر معماری نسبت به سایر مهاربندها گزینه مناسب‌تری می‌باشد و برای تعبیه بازشوها با محدودیت کمتری نسبت به سایر سیستم‌های مهاربندی مواجه است، پس این سیستم می‌تواند انتخاب کاملاً مناسبی برای استفاده در وجوه دارای نما و بازشوهای بزرگ در سازه باشد و برای صورت امکان استفاده از سیستم مهاربندی در هر دو راستای سازه فراهم می‌شود. همچنین با قرار دادن مهاربند به صورت متقارن می‌توان از نامنظمی سختی و پیچشی نیز جلوگیری نمود که با توجه به این موضوع سیستم مهاربند واگرا با الگوی K شکل می‌تواند گزینه مناسبی باشد. همچنین در شکل (۲) به کارگیری بازشو در سیستم‌های مهاربندی همگرا و واگرای متداول نشان داده شده است که مشاهده می‌شود در سیستم مهاربند واگرای متداول نیز می‌توان از بازشوها استفاده کرد ولی اندازه این بازشوها نسبت به سیستم K شکل دابل کوچکتر و محدودتر می‌باشد و سیستم مهاربند واگرای متداول در شرایط خاصی می‌تواند نیازهای معماری را اکتان کند.



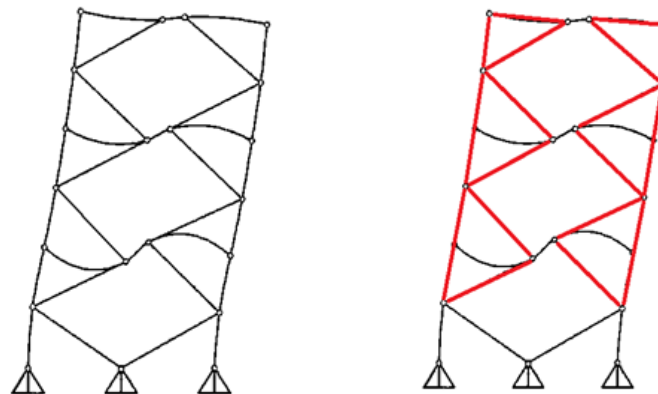
دوازدهمین کنفرانس ملی سازه و فولاد و اولین کنفرانس ملی نوردکاران فولادی ۲۰ تا ۲۲ آذرماه ۱۴۰۲ - هتل المپیک - تهران



شکل (۱): نمایش بازشودر سیستم مهاربندی واگرا با الگوی K شکل دویل
شکل (۲): مقایسه طراحی بازشو در سیستم مهاربندی همگرا و واگرا

در این مقاله به بررسی عملکرد لرزه‌ای مهاربندهای واگرا در الگوی K شکل دویل پرداخته می‌شود. همانطور که ذکر گردید مشکل اصلی مهاربند K شکل برش متمرکز در وسط ستون و در نتیجه افزایش پتانسیل ایجاد مفصل پلاستیک در وسط ارتفاع ستون به علت نیروهای وارده از طرف مهاربندها می‌باشد و در صورتی که این مشکل حل شود می‌توان از این مهاربند در سازه استفاده نمود. در این مقاله سه سازه با تعداد طبقات ۱، ۲ و ۳ با مهاربند واگرا در الگوی K شکل دویل طبق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان طراحی شدند و سپس رفتار لرزه‌ای این سازه‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

در واقع در این مقاله به بررسی برش ایجاد شده در تیر و ستون تحت سیستم K-EBF پرداخته می‌شود. در شکل (۳) رفتار قاب مهاربندی پیشنهادی یا همان K-EBF تحت نیروی جانبی و نحوه ایجاد مثلث‌های صلب یا اعضای نیروکنترل (مثلث‌های قرمز رنگ) و اعضای تغییرشکل کنترل (تیرهای پیوند) نشان داده است.



شکل (۳): رفتار مهاربند K-EBF تحت بار جانبی

پیشینه تحقیق

قاب‌های فولادی مهاربندی شده کاربرد روزافزونی در ساخت و سازه‌های صنعتی و ساختمانی دارند. در سال‌های اخیر تحقیقات گسترده‌ای از نقطه نظر عملکرد و رفتار این نوع سازه‌ها در حالت‌های الاستیک و غیرالاستیک انجام شده است که نتایج حاصل در



دوازدهمین کنفرانس ملی سازه و فولاد و اولین کنفرانس ملی نوردکاران فولادی ۲۰ تا ۲۲ آذرماه ۱۴۰۲ - هتل المپیک - تهران



بهبود ضوابط طراحی و چگونگی اجرای آن‌ها موثر بوده است. در سال ۱۹۷۸ سیستم قاب‌های مهاربندی واگرا (Eccentrically Braced Frames) توسط پوپوف و ریدر پیشنهاد شد. [۱] پوپوف و همکاران، نتایج آزمایشگاهی و تحلیلی را برای مهاربند مورب قاب‌هایی با قابلیت اتصال به خارج از مرکز از نوع نشان داده شده در شکل که اولین بار توسط پوپوف و ریدر در سال ۱۹۷۸، بیان شده است، مطرح نموده‌اند. در حال حاضر چهار ساختمان بزرگ در کالیفرنیا با استفاده از این سیستم ساخته شده است. بررسی‌ها نشان داده است که قاب‌های فولادی طراحی شده بر این اساس، ضمن تامین سختی کافی و شکل‌پذیری مناسب، سبک‌تر نیز هستند. [۲]

عدل پرور و همکاران به تحلیل و طراحی بهینه تیر پیوند در قاب‌های فلزی با مهاربندی واگرا در مقابله با بارهای جانبی از جمله زمین لرزه (قاب با مهاربندی واگرا از سختی بالا و قدرت جذب انرژی مطلوبی برخوردار است) پرداختند. در این سیستم مهاربندی سختی و شکل‌پذیری مورد نیاز قاب توسط تیر پیوند که یکی از مهم‌ترین اجزاء قاب می‌باشد تامین می‌گردد که میزان آن بستگی به مشخصات و جزئیات تیر پیوند دارد. امروزه مهاربندهای واگرا در مقابل نیروی جانبی زلزله به طور وسیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مقاله با استفاده از تحلیل استاتیکی غیرخطی ضریب رفتار مدل‌های مورد مطالعه در قاب‌ها ارائه شده است. مطالعات انجام شده بر روی سه مدل چهار طبقه، شش طبقه و ده طبقه در هر دو محدوده استاتیکی خطی و غیرخطی انجام گرفته است. نتایج بدست آمده حاکی از این است که ضریب رفتار قاب‌های با مهاربندی واگرا شدیداً متأثر از طول تیر پیوند است. بررسی تغییر مکان نسبی و کل در مدل‌های مورد اشاره نیز نشان می‌دهد طول تیر پیوند در مقدار آن‌ها تأثیر به‌سزایی دارد. [۳]

برونثو و همکاران به بررسی تحلیل پوش‌اور (استاتیکی غیرخطی) برای سازه‌های فولادی با مهاربند برون محور و هم محور و قاب خمشی پرداختند. ساختمان ۱۰ طبقه فولادی مهاربندی با تیپ‌های K، ضربدری و قطری (متفاوت از مهاربندهای برون محور) مورد ارزیابی قرار گرفته است و عملکرد هر کدام از آنها بررسی گردیده است. اشکال مودی، تغییر مکان نسبی طبقه، برش پایه و تغییر مکان هدف از جمله پارامترهای مورد بررسی می‌باشند. با استفاده از نرم افزار ETABS تحلیل‌های فوق انجام پذیرفته است. مقادیر برش پایه ساختمان با مهاربند برون محور در مقایسه با قاب خمشی حدود ۴۰ درصد افزایش یافته است. مقادیر تغییر مکان سازه مهاربندی شده نیز در مقایسه با قاب خمشی حدود ۸۰ درصد کاهش یافته است. همانگونه که نتایج تحلیل نشان می‌دهد در قاب خمشی نسبت به قاب مهارشده مقادیر تغییر مکان سازه افزایش و برش پایه کاهش یافته است و مهاربندهای برون محور منحنی ظرفیت سازه را افزایش داده است. [۴]

تهرانی‌فر و همکاران به مقایسه رفتار لرزه‌ای مهاربند کم‌انرژی تاب K دوگانه و قطری در سازه‌های فولادی پرداختند. در این تحقیق سعی شده است به معرفی رفتار مهاربندهای کم‌انرژی تاب به عنوان سیستم‌های باربر جانبی قابل استفاده در طراحی ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله و بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود پرداخته شود که این مهاربندها علاوه بر ایجاد سختی مناسب، میراگرهای بسیار خوبی برای انرژی زلزله هستند. در این پژوهش که به عنوان قابهای مهاربندی کم‌انرژی تاب شناخته می‌شوند نسبت به قاب‌های مهاربندی شده معمولی از مزیت‌های ویژه‌ای برخوردار هستند. مطابق اصول طراحی بر اساس ظرفیت، در قاب‌های مهاربندی کم‌انرژی تاب، عضو مهاربند نقش فیوز را داشته و به عنوان ضعیف‌ترین عضو قاب طراحی می‌گردد. بقیه اعضای قاب (تیر، ستون) تحت فرمان عضو مهاربند بوده و برای حداکثر نیروی قابل تولید توسط آن طراحی می‌شوند. در این پژوهش با استفاده از مدل‌سازی نرم افزاری ۳۶ قاب یک و دو طبقه مهاربندی شده با این متد تحت بارگذاری‌های چرخه‌ای و بار افزون با سطح مقطع‌های مستطیل و صلیبی،



دوازدهمین کنفرانس ملی سازه و فولاد و اولین کنفرانس ملی نوردکاران فولادی ۲۰ تا ۲۲ آذرماه ۱۴۰۲ - هتل المپیک - تهران



سعی بر آن شد رفتار اینگونه قاب‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد و نتایج بدست آمده جهت طراحی بهینه این بخش از سیستم باربر جانبی سازه‌های مورد استفاده قرار گیرد. [۵]

در تحقیق انجام شده توسط امینی به تعیین و مقایسه منحنی شکست سیستم دوگانه قاب خمشی ویژه با مهاربند ویژه فولادی K-EBF و سیستم دوگانه قاب خمشی ویژه با مهاربند ویژه فولادی V-EBF با استفاده از تحلیل غیرخطی دینامیکی افزایشی پرداخته شده است. یکی از الگوهای سیستم‌های ترکیبی که در سال‌های اخیر به عنوان سیستم متداول لرزه‌ای در ساختمان‌های بلند استفاده می‌شود قاب خمشی ویژه و مهاربند واگرا ویژه می‌باشد. بنابراین تعیین منحنی شکست و بررسی آن می‌تواند منجر به کمک بسیار مناسبی جهت پیش بینی خسارت زلزله در این مدل سازه‌ها گردد. در این تحقیق سه سازه فولادی قاب خمشی ویژه دارای مهاربند ویژه فولادی V-EBF و سه سازه فولادی قاب خمشی ویژه دارای مهاربند ویژه فولادی K-EBF به تعداد طبقات ۴، ۸ و ۱۲ طبقه براساس آیین‌نامه ۲۸۰۰ و و مبحث دهم مقررات ملی ساختمان طراحی شده و سپس منحنی‌های شکنندگی آن‌ها بر اساس تحلیل دینامیکی غیر خطی افزایشی محاسبه شده و نتایج با یکدیگر مقایسه می‌گردد. [۶]

اخگر در پایان نامه کارشناسی ارشد به تعیین منحنی شکنندگی سازه‌های مهاربندی واگرا ویژه فولادی (K-EBF) با مهاربند کمناش تاب (BRB) با استفاده از تحلیل غیرخطی دینامیکی افزایشی پرداخته است. هدف اصلی از طراحی سازه‌های ساختمانی تأمین اهداف سطوح عملکردی در رده‌های مختلف بر اساس آئین نامه‌های موجود می‌باشد. در این تحقیق ۳ ساختمان فولادی دارای مهاربند واگرا ویژه فولادی (K-EBF) و ۳ ساختمان فولادی دارای مهاربند کمناش تاب (BRB) دارای خروجی از مرکزیت به تعداد طبقات ۴، ۸ و ۱۲ طبقه براساس آیین‌نامه ۲۸۰۰ و مبحث دهم مقررات ملی ساختمان طراحی شده و سپس منحنی شکنندگی آن‌ها براساس تحلیل دینامیکی غیرخطی افزایشی بدست آورده شده و نتایج مقایسه می‌شود. [۷]

روش تحقیق

در این مقاله ۳ مدل قاب دو بعدی با تعداد طبقات مختلف (۱، ۲ و ۳) براساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان تحلیل و طراحی شدند. بارگذاری ثقلی براساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ویرایش ۱۳۹۶ انجام شده است. بارگذاری لرزه‌ای نیز براساس استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم انجام شده است. برای تمامی مدل‌ها نوع خاک دو (II) در نظر گرفته شده است. سازه‌ها در منطقه با خطر نسبی خیلی زیاد قرار دارند. همچنین ضریب اهمیت سازه‌ها نیز بر طبق استاندارد ۲۸۰۰ برابر یک (۱) در نظر گرفته شده است. بار مرده و زنده تیرها به ترتیب 2600 Kg/m و 600 Kg/m وارد شده است. عرض دهانه قاب‌ها ۶ متر در نظر گرفته شده است. ارتفاع طبقه اول ۴ متر و سایر طبقات ۳.۵ متر در نظر گرفته شده است. تیر پیوند در الگوهای واگرا و K شکل دابل ۸۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است و همچنین رفتار تیر پیوندها به صورت برشی طراحی شده است و ضریب رفتار برای محاسبه ضریب زلزله براساس استاندارد ۲۸۰۰ برابر ۷ در نظر گرفته شده است.

تحلیل استاتیکی غیرخطی

تحلیل استاتیکی غیرخطی یا تحلیل پوش‌آور تحلیلی است که در آن به وسیله یک بارگذاری استاتیکی براساس شکل مود اول در هر راستا، سازه تا رسیدن به یک مقدار جابجایی مشخص (تغییر مکان هدف) پوش می‌شود. در این روش با اعمال یک نیروی مشخص در مرکز جرم بام، ساختمان را به تدریج جابه‌جا می‌شود تا به اندازه تغییر مکان معینی (تغییر مکان هدف) جابه‌جا شود و سپس



دوازدهمین کنفرانس ملی سازه و فولاد
و اولین کنفرانس ملی نوردکاران فولادی
۲۰ تا ۲۲ آذرماه ۱۴۰۲ - هتل المپیک - تهران



نیروهای ایجادشده در اعضا محاسبه می شود.

در ترکیب بارگذاری ثقلی و جانبی، حد بالا و پایین اثرات بار ثقلی، Q_G ، باید از روابط زیر محاسبه شود:

$$Q_G = 1.1[Q_D + Q_L] \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$Q_G = 0.9 Q_D \quad (\text{رابطه ۲})$$

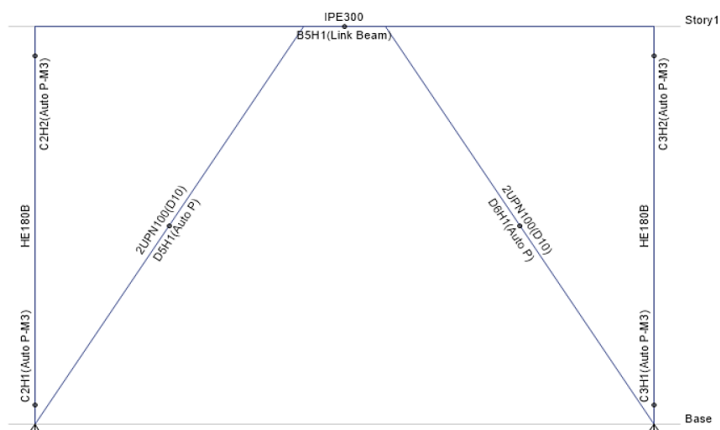
که در آن Q_D بار مرده و Q_L بار زنده مؤثر بر اساس تعریف نشریه ۳۶۰ می باشد.

برای اعمال الگوی بار متناسب با توزیع یکنواخت، باید بر اساس شرایط اولیه مذکور برای بارهای ثقلی، دو حالت تعریف گردد. در حالت اول الگوی بار جانبی توزیع یکنواخت بانام UniformX-QG1 در جهت X و در حالت دوم الگوی بار جانبی توزیع یکنواخت بانام UniformX-QG2 در جهت X تعریف می شود.

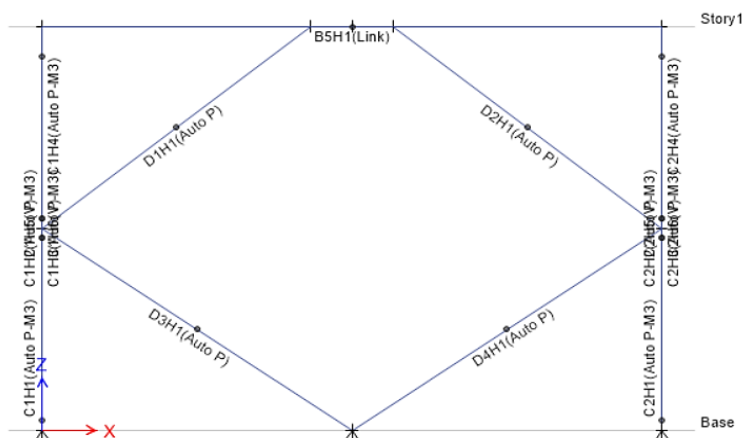
در این مقاله تغییر مکان هدف ۱.۵ برابر ارتفاع سازه ها در نظر گرفته شده است. تغییر مکان هدف برای سازه های ۱، ۲ و ۳ طبقه به ترتیب ۶، ۱۱.۲۵ و ۱۸ سانتی متر در نظر گرفته شده است. در شکل های (۴) و (۵) مفاصل پلاستیک اختصاص داده شده به قاب با مهاربند واگرا و K شکل دوبرن نشان داده شده است. همچنین در شکل های (۶) و (۷) تمامی قاب ها به همراه مقاطع نشان داده شده است.



دوازدهمین کنفرانس ملی سازه و فولاد و اولین کنفرانس ملی نوردکاران فولادی ۲۰ تا ۲۲ آذرماه ۱۴۰۲ - هتل المپیک - تهران



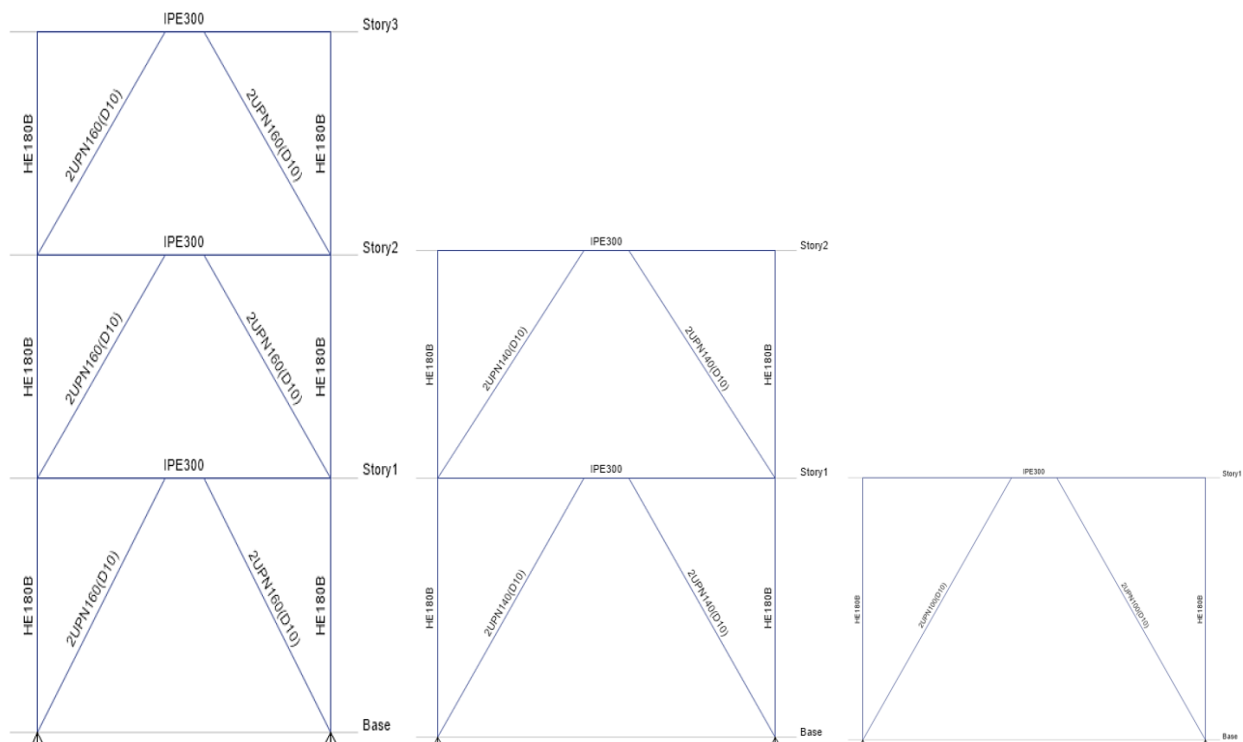
شکل (۴): مفاصل پلاستیک اختصاص داده شده به قاب با مهاربند EBF



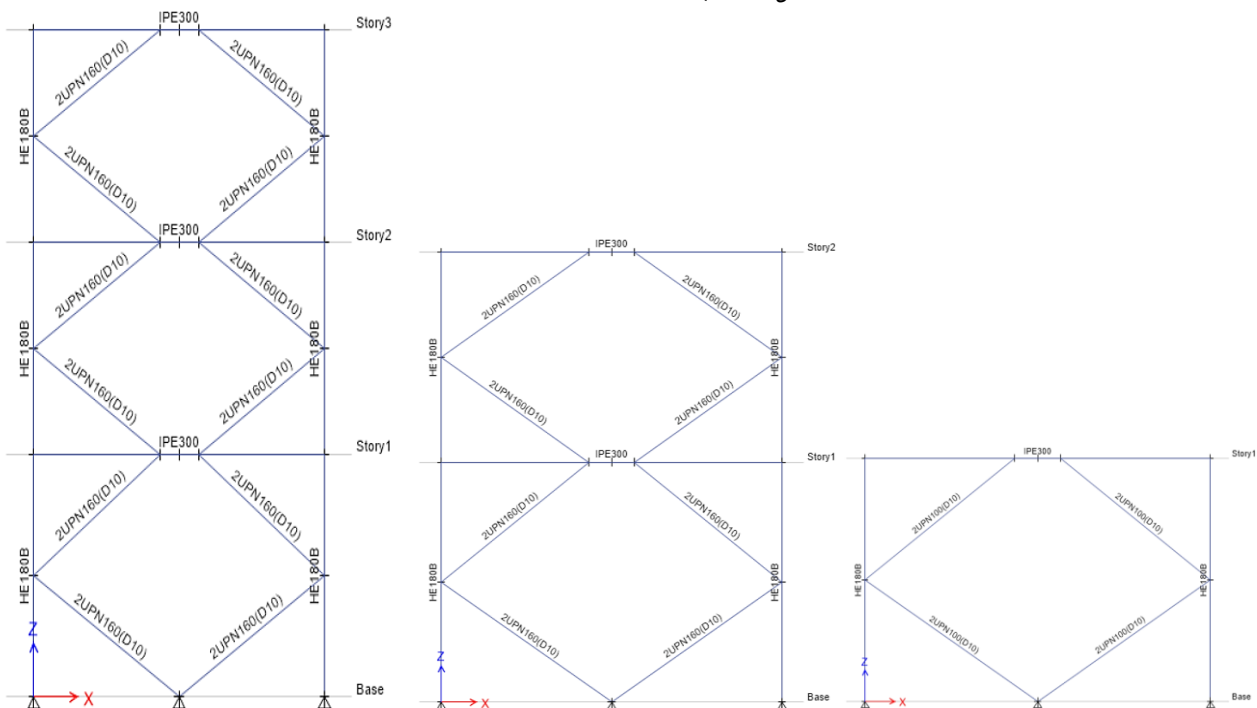
شکل (۵): مفاصل پلاستیک اختصاص داده شده به قاب با مهاربند K-EBF



دوازدهمین کنفرانس ملی سازه و فولاد و اولین کنفرانس ملی نوردکاران فولادی ۲۰ تا ۲۲ آذرماه ۱۴۰۲ - هتل المپیک - تهران



شکل (۶): قاب های دو بعدی با مهاربند EBF



شکل (۷): قاب های دو بعدی با مهاربند K-EBF

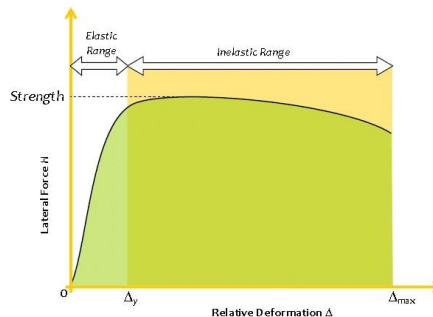


دوازدهمین کنفرانس ملی سازه و فولاد و اولین کنفرانس ملی نوردکاران فولادی ۲۰ تا ۲۲ آذرماه ۱۴۰۲ - هتل المپیک - تهران



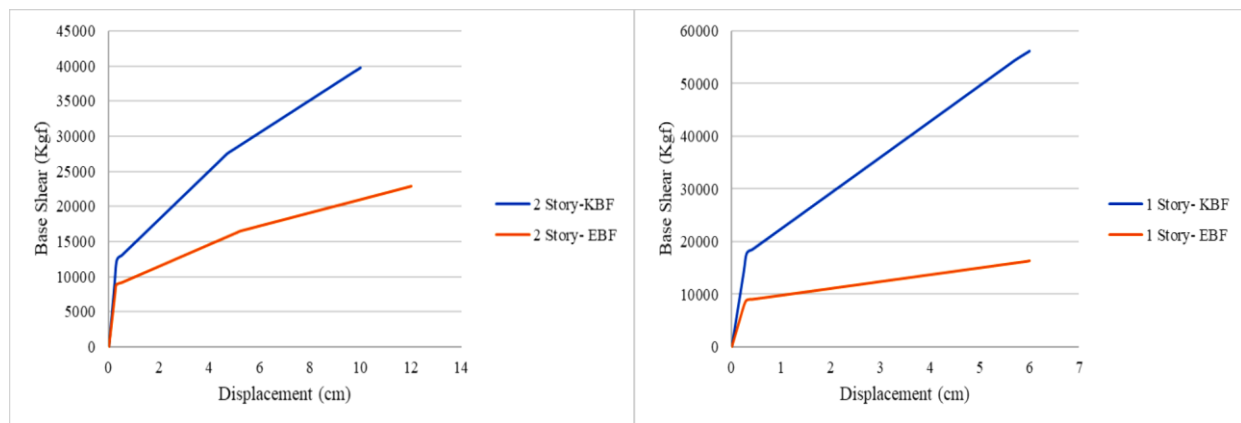
منحنی نیرو - تغییر مکان (منحنی پوش اور)

در این نوع تحلیل که تحت عنوان تحلیل پوش اور معرفی می‌شود، سازه به صورت استاتیکی (بدون وابستگی به زمان) به صورت جانبی تا رسیدن به یک تغییر مکان هدف هل داده خواهد شد و برش پایه به دست خواهد آمد؛ اما در تحلیل استاتیکی خطی یا تحلیل استاتیکی معادل، برش پایه به دست آمده بین طبقات توزیع شده و در نهایت جابجایی یا اصطلاحاً دررفت طبقات کنترل می‌شود.



شکل (۸): منحنی نیرو - تغییر مکان

شکل (۸) گواه این ادعاست که سازه‌ای که تحت بار جانبی زلزله قرار دارد، تا لحظه رسیدن به مقدار جابجایی Δ_y دارای رفتار ارتجاعی (الاستیک) است. با افزایش جابجایی سازه، رفتار سازه وارد ناحیه فوق ارتجاعی و غیرخطی می‌شود که عمده تغییر شکل سازه در این محدوده وسیع رخ می‌دهد. در شکل‌های (۹) تا (۱۱) نمودار نیرو تغییر مکان برای قاب‌های ۱، ۲ و ۳ طبقه نشان داده شده است.

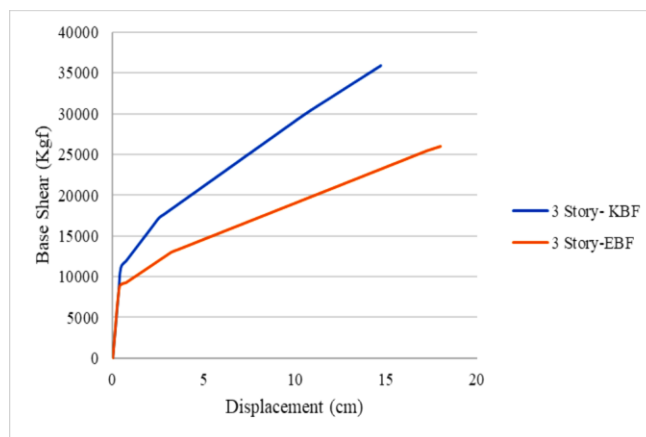


شکل (۱۰): نمودار نیرو تغییر مکان قاب ۲ طبقه

شکل (۹): نمودار نیرو تغییر مکان قاب ۱ طبقه



دوازدهمین کنفرانس ملی سازه و فولاد و اولین کنفرانس ملی نوردکاران فولادی ۲۰ تا ۲۲ آذرماه ۱۴۰۲ - هتل المپیک - تهران

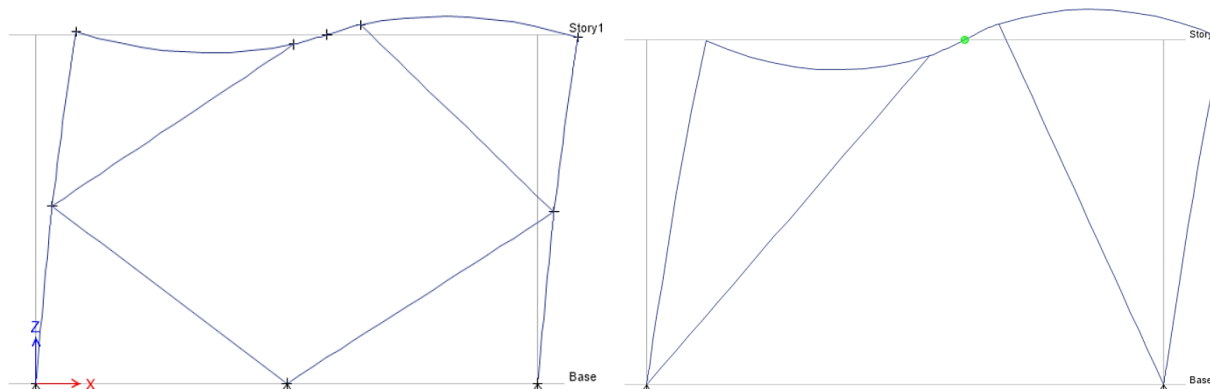


شکل (۱۱): نمودار نیرو تغییر مکان قاب ۲ طبقه

با بررسی شکل‌های (۹) تا (۱۱) مشاهده می‌شود که ظرفیت قاب‌های با مهاربند KBF نسبت به قاب‌های با مهاربند EBF افزایش یافته است. این مورد نشان می‌دهد استفاده از سیستم با مهاربند K شکل باعث شده است تا ظرفیت برشی به طور چشم‌گیری افزایش پیدا کند. با توجه به این موضوع مشاهده می‌شود که اگر موضوع کماتش ستون در این سیستم حل شود می‌توان از ظرفیت بالای این سیستم برای بهبود لرزه‌ای سازه‌ها استفاده کرد.

مفاصل پلاستیک ایجاد شده

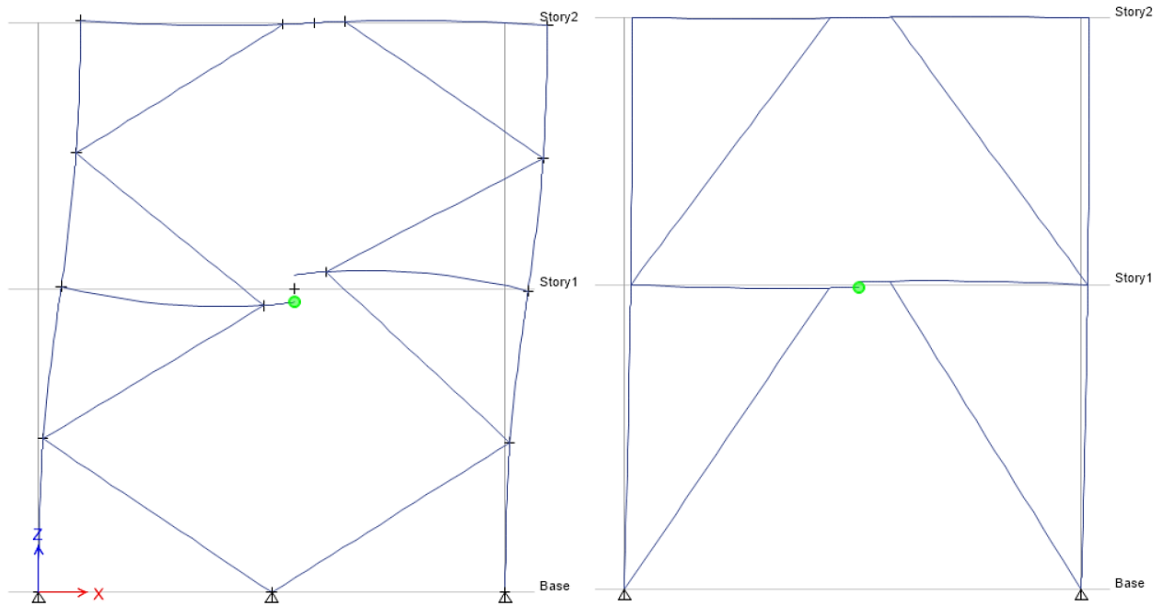
مفاصل پلاستیک تشکیل شده در سازه‌ها می‌تواند معیار تحمل آسیب سازه‌ها در سطوح عملکردی تعریف شده باشد. در این تحقیق با توجه به به کاربری مسکونی سازه‌ها و اهمیت متوسط سطح عملکرد سازه ایمنی جانی (LS) در نظر گرفته شده است. مقاطع سازه بایستی بگونه‌ای طراحی شوند تا مفاصل ضوابط پذیرش این سطح عملکرد را تأمین نمایند. در شکل‌های (۱۲) تا (۱۴) مفاصل پلاستیک ایجاد شده در قاب‌ها نشان داده شده است. همان طور که مشخص است با بروز مفصل پلاستیک در تیرهای پیوند قاب‌های سیستم K-EBF کماکان سازه پایدار خواهد بود و ستون‌های سازه به باربری خود ادامه دهند.



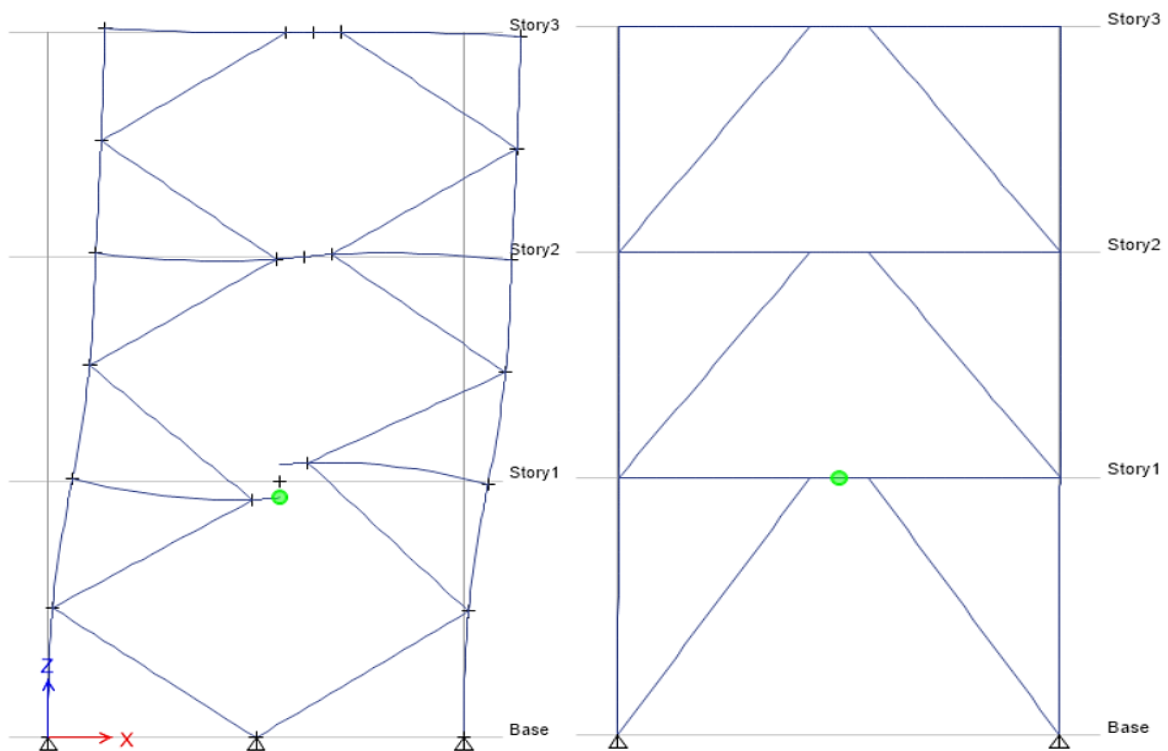
شکل (۱۲): مفاصل پلاستیک تشکیل شده در قاب ۱ طبقه



دوازدهمین کنفرانس ملی سازه و فولاد
و اولین کنفرانس ملی نوردکاران فولادی
 ۲۰ تا ۲۲ آذرماه ۱۴۰۲ - هتل المپیک - تهران



شکل (۱۳): مفصل پلاستیک تشکیل شده در قاب ۲ طبقه

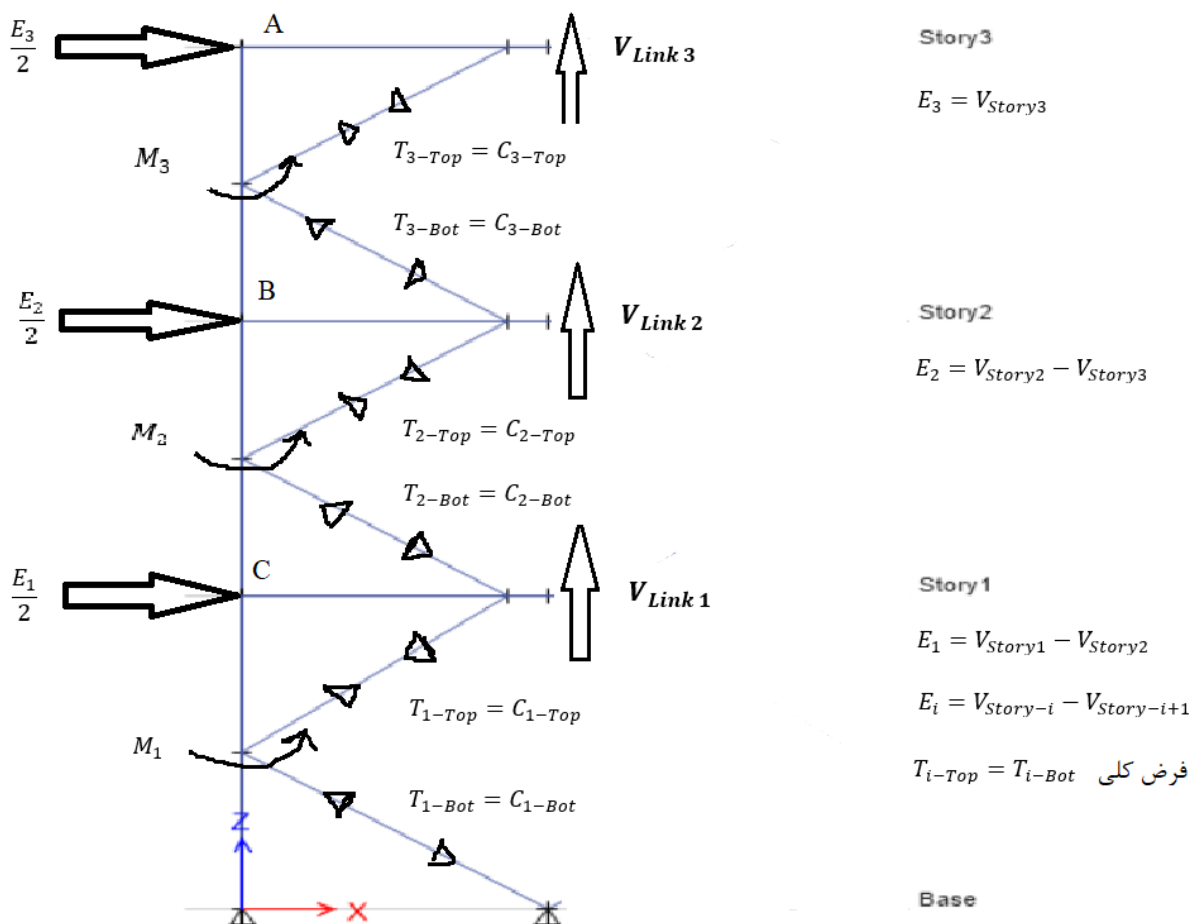


شکل (۱۴): مفصل پلاستیک تشکیل شده در قاب ۳ طبقه



فرمول بدست آمده از تحلیل های دستی

در این قسمت نیروی برشی تیر پیوند در سیستم k شکل دوبل محاسبه شده است. فرض ساده کننده این تحقیق آن است که نیروی مهاربند بالا با نیروی مهاربند پایین برابر می باشد و براساس این فرضیات و روابط تحلیل سازه ها نیروی برشی برای هر طبقه بدست آمده است. در شکل (۱۵) نحوه توزیع نیروها نشان داده شده است. پس از انجام تحلیل بر روی سیستم نشان داده شده در شکل (۱۵) رابطه نهایی بدست آمده است. رابطه (۳) نیروی برشی برای سیستم پیشنهادی را نشان می دهد. بر مبنای برش ایجاد شده در تیر پیوند، برش وارد بر وسط ستون قابل محاسبه می باشد.



شکل (۱۵): توزیع نیرو در سیستم مهاربندی KBF

$$\sum_{j=1}^{n=All\ Stories} V_{Link-i} \left(\frac{2L}{h} (-1)^{j+1} + (1 - \delta_{1j}) \left(\frac{4(1-a)}{a^{j-1}} \tan \alpha \right) (-1)^j \right) = V_{Story-i} \quad (\text{رابطه ۳})$$



دوازدهمین کنفرانس ملی سازه و فولاد و اولین کنفرانس ملی نوردکاران فولادی ۲۰ تا ۲۲ آذرماه ۱۴۰۲ - هتل المپیک - تهران



نتیجه گیری

در این مقاله یک سیستم مهاربندی جدید به صورت مهاربند K شکل متقارن به منظور تأمین مناسب تر بازشوهای مورد نیاز معماری در قاب های مهاربندی به صورت واگرا پیشنهاد گردید. عملکرد لرزه ای این سیستم با انجام تحلیل استاتیکی غیرخطی مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج حاصل از تحلیل نشان می دهد نه تنها پایداری قاب در سیستم KBF به مخاطره نمی افتد، بلکه در مورد قاب های مورد بررسی ظرفیت قاب های با مهاربند KBF نسبت به قاب های با مهاربند EBF افزایش یافته است. این مورد نشان می دهد استفاده از سیستم با مهاربند K شکل باعث شده است تا ظرفیت برشی به طور چشم گیری افزایش پیدا کند.

منابع:

[1] Popov, E. P, Eccentrically Braced Steel Frames for Earthquake ,j. of structural Division, Vol.104 NO. St3.1978.

[2] Egor p. Popov, An Update on Eccentric Seismic Bracing, Engineering Journal of American Institute of Steel Construction, 2003.

[3] Amir Saedi Daryan, Masood Ziaei, Ali Golafshar, Akbar Pirmoz and Mohammad Amin Assareh, A Study of the Effect of Infilled Brick Walls on Behavior of Eccentrically Braced Frames Using Explicit Finite Elements Method, American J. of Engineering and Applied Sciences 2 (1): 96-104, 2009.

[4] Michel Bruneau, Chia-Ming Uang, Rafael Sabelli; Ductile Desing of Steel Structure, Mc Graw Hill, Second Edition, 2011

[۵] تهرانی فر، سیما، روحانی منش، محمد صادق، مارنانی، مقایسه رفتار لرزه ای مهاربند کمانش تاب k دوگانه و قطری در سازه های فولادی -۱۳۹۷.

[۶] امینی، حسین، محمدی شوره، محمدرضا، تعیین و مقایسه منحنی شکست سیستم دوگانه قاب خمشی ویژه با مهاربند ویژه فولادی K-EBF و سیستم دوگانه قاب خمشی ویژه با مهاربند ویژه فولادی V-EBF با استفاده از تحلیل غیرخطی دینامیکی افزایشی - پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه غیاث الدین جمشید کاشانی - ۱۳۹۷

[۷] اخگر احمد، محمدی شوره، محمدرضا، تعیین منحنی شکنندگی سازه های مهاربندی واگرا ویژه فولادی K-EBF با مهاربند کمانش تاب BRB با استفاده از تحلیل غیرخطی دینامیکی افزایشی - پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه غیاث الدین جمشید کاشانی - ۱۳۹۷