

مقایسه عملکرد سازه دارای قاب مهاربندی شورون با قاب مهاربندی زیپ

الهام پاکباز^۱، محسن گرامی^{۲*}، مهرسا میرزاحسینی^۳

۱- دانشجوی ارشد مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، ایران

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، ایران

۳- دانشجوی دکتری مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، ایران

چکیده

در قاب‌های مهاربندی شورون به علت کماتش مهاربند در یک طبقه نیروی نامتعادل کننده عمود در وسط تیر وارد و موجب خرابی آن طبقه و در انتها موجب خرابی سازه می‌شود. در طبقه‌های پایین‌تر به سبب کماتش عضو فشاری یک نیروی قائم نامتعادل به محل برخورد مهاربندها در تیر بالایی وارد شده که منجر به تغییر مکان زیادی در میانه تیر می‌شود. نتیجه این موضوع تیرهای بسیار قوی و ناموزون با سایر اعضای سازه است. برای مقابله با این وضعیت از عضوهای قائم زیپر استفاده می‌شود. در سیستم زیپر، زمانی که مکانیزم زیپر در قاب تشکیل شده، ظرفیت جانبی قاب کم شده و ناپایدار می‌شود؛ که می‌توان با به کار بردن سیستم زیپر معلق این ضعف را برطرف نمود. در این پژوهش برای مقایسه قاب مهاربند شورون و قاب مهاربند زیپر از سازه‌های ۴، ۷، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ طبقه تحت ۷ رکورد در نرم‌افزار OpenSees مورد تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی قرار گرفته و پارامتر بیشینه نیاز زاویه دررفت طبقه و بیشینه نیاز دوران طبقه جهت مقایسه انتخاب شده‌اند. در انتها نتیجه می‌شود که میانگین رکوردها در شاخص دررفت در قاب ۴ و ۷ طبقه حدود ۳۰٪، در قاب ۱۰ طبقه حدود ۱۰٪ و در قاب ۱۵ و ۲۰ طبقه کمتر از ۵ درصد قاب زیپر نسبت به قاب مهاربند شورون در بام دررفت کمتر شده است. همچنین از نمودارهای زاویه دوران موضعی استنباط می‌شود قاب مهاربندی زیپر میانگین رکوردها در طبقه بام ۳۰٪ در قاب ۴ طبقه، ۲۷٪ در قاب ۷ طبقه، ۸٪ در قاب ۱۰ طبقه، کمتر از ۵٪ در قاب ۱۵ طبقه و کمتر از ۳٪ در قاب ۲۰ طبقه کاهش یافته است.

کلمات کلیدی: قاب مهاربندی شورون، قاب مهاربندی زیپر، قاب مهاربندی زیپر معلق، زلزله، زاویه دررفت

سابقه مقاله:		شناسه دیجیتال:	
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین
۱۳۹۶/۱۱/۲۹	۱۳۹۷/۰۴/۱۶	۱۳۹۷/۰۶/۱۱	۱۳۹۹/۰۱/۱۵
چاپ	10.22065/jsce.2018.119808.1472		
doi:	10.22065/jsce.2018.119808.1472		
مدرس گرامی:		مدرس گرامی:	
پست الکترونیکی:		mgerami@semnan.ac.ir	

Comparison of the performance of the structure with a Chevron braced frame with Zipper braced frame

Elham Pakbaz¹ Mohsen Gerami^{*2} Mehrsa Mirzahoseyni³

¹ Msc Student of Semnan University

² Associate Professor, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran

³ PhD. Student of Semnan University

ABSTRACT

In Chevron braced frame, due to the buckling of brace on one story, an unbalanced force arrives perpendicularly in the middle of the beam, causing the destroy of the floor and, at the end, causes structural failure. On the lower floor, due to the buckling of the compression member, an unbalanced vertical force has arrived at the location of the upper beam of the braces, which results in a large displacement in the middle of beam. The result is a very strong and uneven beam with other members of the structure. To deal with this situation, Zipper column members are used. In the zipper braced frame, when the zipper mechanism is formed in the frame, the lateral load capacity of the frame is reduced and unstable, which can be remedied by applying a suspended braced zipper frame. In this study, for the comparison of the Chevron braced frame and Zipper braced frame from the 4, 7, 10, 15 and 20 stories of the structures under 7 records in the OpenSees software, a analysis dynamic of time history was performed and the maximum parameter required the drift angle of story and the maximum requirement rotation of story for comparison was selected. At the end, it is concluded that the average records in the index of drift angle in the 4 and 7 story frame are about 30%, in the 10-story frame of about 10%, and in the frame 15 and 20 stories less than 5% of the zipper brace frame is lower than the chevron braced frame on the roof. Also, it is deduced from the angles of rotation, Zipper bracing frame Average records on the roof is 30% in the 4-story frame, 27% in the 7-story frame, 8% in the 10-story frame, less than 5% in the 15-frame frame and less than 3% In the 20-story frame dropped.

ARTICLE INFO

Received: 18 February 2018

Revised: 07 July 2018

Accepted: 02 September 2018

Keywords:

Chevron braced frame,
Zipper braced frame,
Suspended zipper braced
frame, Earthquake, Drift
angle.

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: 10.22065/jsce.2018.119808.1472

*Corresponding author: Mohsen Gerami

Email address: mgerami@semnan.ac.ir

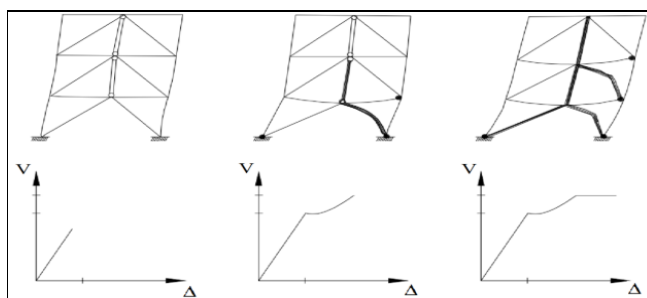
۱- مقدمه و تاریخچه پژوهش

قاب مهاربندی زیپر برای بار اول توسط خطیب^۱ و همکاران [۱] در سال ۱۹۹۸ مطرح شد. این قاب به منظور کاهش ایجاد طبقه نرم و بهبود بخشیدن به مشکلاتی که قاب مهاربندی شورون داشت این قاب با اضافه کردن یک ستون زیپر به وسط دهانه تیر پیشنهاد کردند. آن‌ها در نظر داشتند که با افزودن ستون زیپر به قاب مهاربندی شورون، از تمام ظرفیت مهاربندها برای تسلیم مهاربندهای کششی و کماتش مهاربندهای فشاری بهره ببرند تا انرژی بیشتری از بین رود. وقتی تمام مهاربندها به طور همزمان در کل قاب دچار کماتش می‌شوند منجر به پخش یکنواخت خرابی می‌شود، هنگامی که مکانیزم زیپر^۲ در قاب ایجاد شده، ظرفیت جانبی قاب کم شده و منجر به ناپایداری قاب می‌شود. برای مقابله با این مشکل پژوهش‌های فراوانی در این سال‌ها صورت گرفته شده است.

سابلی^۳ [۲]، قاب مهاربند هم‌مرکز با ستون زیپر ضعیف را پیشنهاد داد. مطابق این شیوه طراحی ستون‌های زیپر باید برای رفتار غیرالاستیک صورت پذیرد. سابلی جهت قاب دارای مهاربندی زیپر روش طراحی را پیشنهاد و برای طراحی مهاربندها، استفاده از آیین‌نامه-ای مرتبط به سیستم قاب مهاربندی هم‌مرکز را معرفی کرد. او تصریح نشان کرد که اگر کماتش مهاربندها از طبقه پایین شروع شود، کارکرد المان زیپر کششی و اگر کماتش مهاربندها از بالاترین طبقه صورت پذیرد عملکرد عضو فشاری خواهد بود.

ترمبلی^۴ و تریکا^۵ [۳]، سیستم قاب مهاربندی با ستون زیپر قوی را معرفی کردند. آن‌ها با این مقصود که رفتار غیرالاستیک مهارها را محدود کنند، روش طراحی براساس رفتار الاستیک زیپر را پیشنهاد دادند. طبق این روش آن‌ها، ساختمان‌های ۴، ۸ و ۱۲ طبقه که شامل سیستم مهاربندی زیپر بود طراحی کردند و مورد مطالعه قرار دادند. در این روش ستون‌های زیپر برای مقاومت در برابر ماکزیمم نیروی کششی و فشاری در اثر نیروهای داخلی که برابر با ظرفیت کماتشی-پس کماتشی محتمل است و بر اساس ظرفیت کششی مهاربندها طراحی می‌کنند.

یانگ^۶ و لئون^۷ [۴]، سیستم مهاربندی زیپر معلق را گسترش دادند (شکل ۱). بر اساس پیشنهاد مطرح شده، ابعاد مهاربندها در طبقه بالا افزایش پیدا می‌کند که به این مفهوم است که مهارها الاستیک باقی‌مانده و مانع از مکانیزم کامل زیپر است. سیستم مهاربند زیپر معلق از سیستم دارای مهاربندی زیپر و کلاهی خرابایی ارتجاعی در آخرین طبقه با این مقصود که از خرابایی کلی سازه جلوگیری شود تشکیل شد. بدین ترتیب می‌توان تیرها را غیرالاستیک طراحی کرد که این به معنی کمتر شدن ابعاد آن‌ها می‌باشد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند از آن-جایی که عضوهای زیپر برای جابه جایی همه نیروهای ناهماهنگ به بالاترین طبقه طراحی می‌شود، ابعاد اعضای کلاهی خرابایی الاستیک بسیار بزرگ می‌شود بنابراین ضعف اصلی سیستم مهاربندی زیپر معلق این می‌باشد که اگر تعداد طبقه‌ها زیاد شود، اندازه‌ی عضوهای مهاربندهای بالاترین طبقه به صورت غیرقابل قبولی بزرگ خواهد شد.



شکل ۱: رفتار پس کماتشی مهاربندهای زیپر معلق [۴]

¹Khatib

²Full-height Zipper Mechanism

³Sabelli

⁴Tremblay, R

⁵Trica, L

⁶Chuang-Sheng Yang

⁷Roberto T. Leon

تیرکا و چن [۹]، اثر بارگذاری جانبی بر روی طراحی قاب مهاربندی زیپر مطالعه کردند. آن‌ها سازه‌های واقع در مناطق لرزه‌خیزی با خطر بالا و برای رکوردهای حوزه نزدیک را مورد مطالعه قرار دادند.

اوزکلیک^۸ و همکاران [۸] در تحقیقی، قاب‌های دارای سیستم مهاربند زیپر معلق و سیستم مهاربند دارای شورون را با یکدیگر به مقایسه پرداختند. آن‌ها جهت این تحقیق قاب‌های ۳ و ۹ طبقه را انتخاب و تحلیل استاتیکی غیرخطی را به کار بردند. و به این دستاورد رسیدند که ظرفیت بار جانبی و تغییر مکان نسبی مورد درخواست قاب زیپر و شورون در طبقات پایین، به همدیگر بسیار نزدیک می‌باشد. چنانچه در سازه‌های میان مرتبه، سیستم مهاربند زیپر معلق کارکرد قابل قبول تری نسبت به قاب مهاربند شورون دارد.

یو^۹ و همکاران [۵]، عملکرد قاب مهاربند زیپر معلق اصلاح شده^{۱۰} (RZBF) را بررسی کردند و آن را طراحی نمودند. از آنجایی که با ازدیاد تعداد طبقه، مقاومت مورد نیاز المان زیپر و مهاربندهای آخرین طبقه بسیار زیاد می‌شود، این عضوها در قاب‌های بلند شامل مقاطع غیراقتصادی خواهند شد. آن‌ها برای ممانعت از این رویداد، سیستم مهاربند زیپر معلق بهبود یافته (RZBF) را توصیه کردند. تفکر اصلی این قاب که پیشنهاد شد این بود که نیروی نامتعادل عمود تولید شده در هر طبقه بی‌درنگ به ماکزیمم مقدار خود نرسیده و تیر قاب بتواند قسمتی از این نیرو را منتقل کند. برای فهم بهتر رفتار این سیستم، یو و همکاران آنالیز تاریخیچه زمانی غیرخطی را برای سازه‌های زیپر معلق و نوع بهبود یافته آن روی ساختمان‌های ۳، ۶، ۱۰، ۱۵ و ۱۸ طبقه صورت دادند و به این نتیجه رسیدند که سیستم مهاربند زیپر معلق بهبود یافته عملکرد بهتری به نسبت سیستم مهاربندی زیپر معلق از خود نشان می‌دهد و در سازه‌های بلند، وزن فولاد مصرفی کم می‌شود. مقصود مهم این تحقیق ارزیابی قاب‌های دارای سیستم مهاربندی زیپر معلق با قاب دارای سیستم مهاربندی شورون به وسیله تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی صورت می‌گیرد. بدین جهت، تعدادی سازه دارای طبقه‌های متفاوت طراحی و تحلیل شده و نمودارهایی برای ارزیابی آن‌ها گردآوری می‌شود. با توجه به این نمودارها سازه‌های دارای سیستم شورون و سیستم زیپر با یکدیگر در شاخص‌های متفاوت مقایسه و احتمال عملکرد بهبود این قاب‌ها در زلزله‌های مختلف به دست می‌آید. برای انجام این پژوهش از معیارهای زاویه دریافت طبقات و دوران موضعی به کار گرفته می‌شود. بنابراین در این تحقیق ضمن بررسی عملکرد لرزه‌ای مهاربند شورون تحت زلزله‌های متعدد، سیستم قاب مهاربند شورون با سیستم قاب مهاربند زیپر مورد مقایسه قرار گرفته است. در این پژوهش از نرم‌افزار OpenSees برای انجام تحلیل‌های غیر ارتجاعی تحت زمین‌لرزه‌های مختلف استفاده می‌شود. در اکثر مقاله‌هایی که قاب شورون و زیپر را مقایسه کرده‌اند از تعداد طبقات کم بهره برده شده است و در این مقاله از سازه‌های با طبقات بیش‌تر از جمله ۱۰، ۱۵ و ۲۰ طبقه نیز برای مقایسه استفاده شده است.

۲- معرفی قاب‌های مورد بررسی

قاب‌های ساختمانی موجود از نظر ارتفاعی قاب‌ها به صورت ۴، ۷، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ طبقه انتخاب شدند. تمامی قاب‌ها، یک قاب میانی از یک پلان با دهانه‌های مساوی ۵٫۵ متر در جهت بارگیر و طول ۵ متر در جهت قاب می‌باشند. ارتفاع طبقات برابر ۳٫۵ متر در نظر گرفته شده است. از جهت نقشه ساختمان، تمام سازه‌ها منظم و متقارن فرض شده‌اند بدین جهت که از اثرات نامنظمی صرف نظر شده است و طراحی به‌نحو متقارن انجام گردد. قاب‌ها به‌صورت سه‌دهانه در نظر گرفته شده‌اند. کلیه اتصالات تیرها و مهاربندها در سیستم سازه‌ای قاب دارای مهاربند شورون و سیستم مهاربند زیپر معلق، به‌صورت مفصلی در نظر گرفته شده‌اند، و اتصالات ستون زیپر در قاب مهاربندی زیپر به صورت مفصلی در نظر گرفته شده است [۴].

برای انجام تحلیل و طراحی سازه‌ها در این قسمت از نرم افزار Etabs استفاده، و جهت انجام دادن آنالیزهای دینامیکی تاریخیچه زمانی غیر خطی نرم‌افزار OpenSees مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش برای مقایسه قاب مهاربند شورون و قاب مهاربند زیپر از سازه‌های ۴، ۷، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ طبقه، پس از بارگذاری و طراحی بر اساس استانداردهای ایران تحت ۷ رکورد امپریال^{۱۱}، فیرولی^{۱۲}، کوبه^{۱۳}،

^۸Y. Ozcelik

^۹H. Yu

^{۱۰}New modified Suspended Zipper Braced Frame

^۱ Imperial Valley

^۲ Firuli

بم، نورث ریج^۴، طبس و رودسر در نرم افزار OpenSees مورد تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی قرار گرفته اند و در ادامه پارامتر بیشینه نیاز زاویه دریافت طبقه و بیشینه نیاز دوران موضعی جهت مقایسه سازه ها انتخاب شده است.

در این بخش به چگونگی انجام تحلیل قاب ها پرداخته می شود. ابتدا کلیه قاب ها مطابق استانداردهای ۲۸۰۰ ایران (ویرایش چهارم) و آئین نامه مبحث ۶ و ۱۰ مقررات ملی ایران بارگذاری شده و پس از آن مورد تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی قرار می گیرد. بارگذاری قاب ها به این صورت انجام شده است که ابتدا سازه مورد بررسی بارگذاری ثقلی و سپس بارگذاری جانبی نیز روی آن صورت گرفته شده است. بارگذاری ثقلی سازه های در نظر گرفته شده طبق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ویرایش سال ۹۲ انجام شده است. مقدار بار مرده برابر ۶۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و مقدار بار زنده برابر ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع در طراحی قاب ها در نظر گرفته شده است. در محاسبه جرم طبقات از بار مرده به علاوه ۲۰٪ بار زنده استفاده شده است. بارگذاری جانبی سازه ها طبق استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم انجام شده است. برای تعیین نیروی زلزله در روش آنالیز استاتیکی معادل برحسب ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، حداقل نیروی برش پایه در هریک از امتدادهای سازه تعیین می گردد. تحت عنوان فرض در این مطالعه، از جهت خطر نسبی لرزه خیزی، سازه در پهنه با خطر نسبی زیاد فرض می شود و نوع خاک از نوع III فرض خواهد شد و از جهت اهمیت در گروه متوسط قرار داده شده است. در قاب ها سیستم دارای مهاربند همگرای ویژه فولادی با $R=5.5$ در نظر گرفته شده است. مقدار ضریب زلزله برای تمام سازه ها تعیین می گردد. (جدول ۱)

جدول ۱: محاسبه ضریب زلزله جهت قاب های مورد مطالعه

نوع سازه	ضریب زلزله (C)
۴ طبقه	۰/۱۵
۷ طبقه	۰/۱۵
۱۰ طبقه	۰/۱۴۶
۱۵ طبقه	۰/۱۱۴
۲۰ طبقه	۰/۰۹۶

موضوع اصلی در این تحقیق، مقایسه قاب مهاربندی شورون و قاب مهاربند زیپر می باشد. اما از آنجایی که قاب های دارای مهاربندی زیپر جهت بهبود عملکرد سیستم دارای مهاربند شورون مطرح شده است، برای طراحی سازه های دارای مهاربند زیپر، در آغاز لازم است سازه های دارای مهاربندی شورون طراحی شده و پس از آن، المان زیپر طراحی شده و سایر اعضا با توجه به نیاز مجدد دوباره طراحی آن ها صورت می پذیرد. نتیجه های طراحی با نرم افزار ETABS 9.7.4 بدین صورت است که در سازه های ۴ و ۷ و ۱۰ طبقه، ستون ها با مقطع IPB طراحی شده اند و برای طراحی تیرها در تمام طبقات، از مقطع IPE و مهاربندها، از مقطع Box استفاده شده است. در قاب های ۱۵ و ۲۰ طبقه تمامی مقطع ستون ها با استفاده از مقطع Box طراحی شده اند.

تمامی قاب های ۴، ۷، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ طبقه به کمک نرم افزار OpenSees مورد تحلیل دینامیکی غیرخطی قرار می گیرند. برای مدل کردن مقاطع در نرم افزار OpenSees، از ماده Steel01 در مدل سازی استفاده شده (شکل ۲). در این نوع مصالح به طور کامل اثرات غیرخطی در نظر گرفته شده است و نیز برای مدل کردن تمامی مقطع ها از نوع دستور Fiber و W Section استفاده می شده است.

رفتار مهاربندها در دو قسمت قابل توصیف و مدل سازی می باشد. قسمت اول مرتبط کمانش المان است و قسمت دوم مرتبط به عملکرد بعد از کمانش المان است. بعد از کمانش در میانه المان مفصل پلاستیک ایجاد می شود و به سبب رفتار پی-دلتا، عملکرد مهاربند وخیم تر خواهد شد.

برای مدل سازی این دو قسمت باید به ترتیب زیر عمل کرد:

الف. مدل سازی قسمت اولیه با نهادن یک خطای ساخت یا نقص اولیه در وسط مهاربندها در نظر گرفته شده است. به این ترتیب که میانه مهاربند با خروج از مرکزیتی به اندازه $\frac{L_w}{1000}$ در قاب مدل شده که L_w طول مهاربند است.

ب. جهت مدل کردن قسمت دوم باید برای المان مفصل پلاستیک تعریف شود. بنابراین از المان Nonlinear Beam Column بهره برده شده است. این المان در کل طول خویش رفتار غیرخطی دارد و مفصل های پلاستیک در طول المان پهن شده است و طبق ویژگی ماده انتخاب شده برای آن، کار می کند. این المان در طول خود به ۱۰ بخش قسمت شده تا الگوی غیرخطی را بهتر نمایان کند.

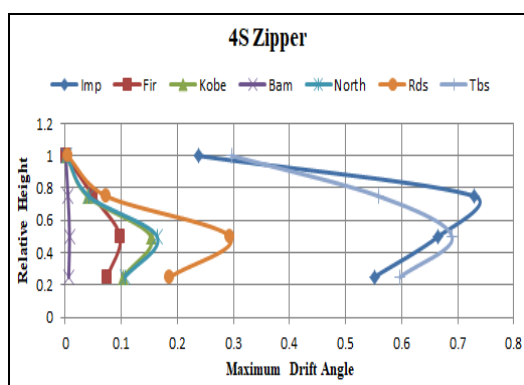
۳- نتایج و تفسیر آن ها

در این قسمت خروجی های تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی تمامی قاب ها ارائه می شود. نتایج مربوط به تحلیل قاب ها در ۷ رکورد مذکور مورد مطالعه قرار می گیرند. شاخص مقایسه برای یافتن تراز مناسب در قاب ها بیشینه نیاز زاویه دررفت طبقات می باشد. با آنالیز قاب ها و ثبت نتایج مقدار جابه جایی طبقات در گام های زمانی، مقدار دررفت در هر طبقه محاسبه می شود. این مقدار از تفاضل جابه جایی دوطبقه متوالی صورت می پذیرد. با تقسیم مقدار دررفت بر ارتفاع هر طبقه، مقدار زاویه دررفت طبقات به دست می آید. سپس بیشینه مقدار آن در طول تاریخچه بارگذاری مورد استفاده قرار می گیرد.

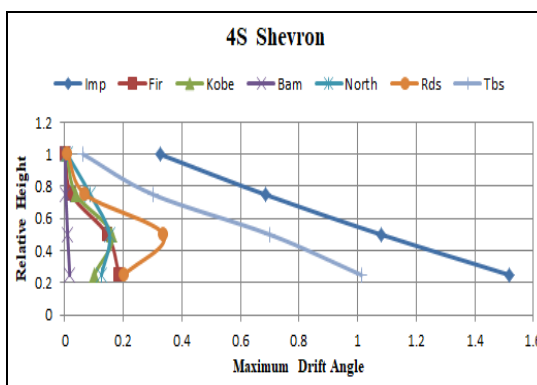
شکل ۲ تا ۶ نمودارهای مربوط به نیاز زاویه دررفت طبقات برای تمامی قاب ها و تحت ۷ رکورد نمایش داده می شود. در این نمودار محور عمودی مربوط به ارتفاع نسبی و محور افقی مربوط به بیشینه نیاز زاویه دررفت است.

بر اساس شاخص زاویه دررفت نتایج زیر حاصل می شود:

- به طور کلی دررفت در قاب های شورون در مقایسه با قاب زیپر دررفت آن کاهش پیدا کرده است که البته این کاهش بسته به ارتفاع سازه متفاوت می باشد. در قاب های کوتاه تر از جمله ۴ و ۷ طبقه به دلیل این که اضافه کردن ستون زیپر از لحاظ اقتصادی در مقایسه با سازه های بلندتر مقرون به صرفه تر است و سازه ها به دلیل کوتاه تر بودن اضافه کردن ستون را کاملاً در تغییرات دررفت نشان می دهد به همین دلیل سازه زیپر عملکرد بهتری نسبت به قاب شورون دارد.

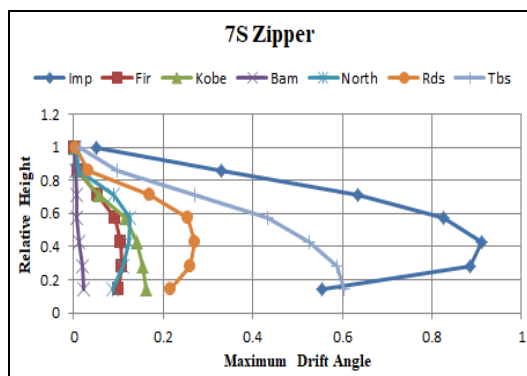


ب- بررسی قاب ۴ طبقه با مهاربند زیپر

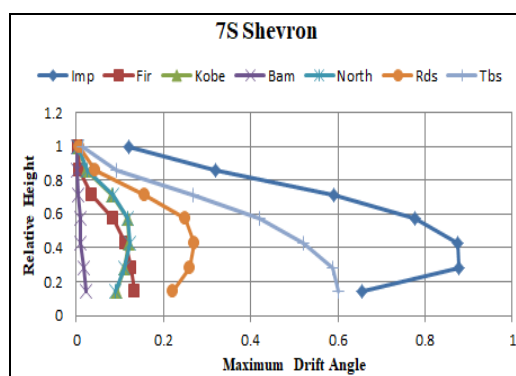


الف- بررسی قاب ۴ طبقه با مهاربند شورون

شکل ۲: بیشینه نیاز دررفت طبقات تحت رکوردهای مختلف در قاب های ۴ طبقه

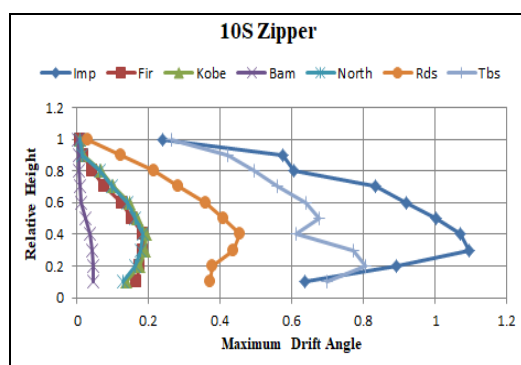


ب- بررسی قاب ۷ طبقه با مهاربند زیپر

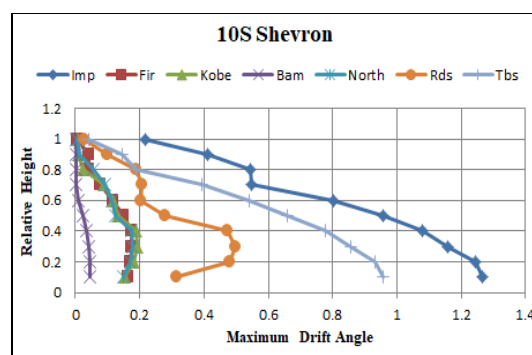


الف- بررسی قاب ۷ طبقه با مهاربند شورون

شکل ۳: بیشینه نیاز دررفت طبقات تحت رکوردهای مختلف در قاب‌های ۷ طبقه

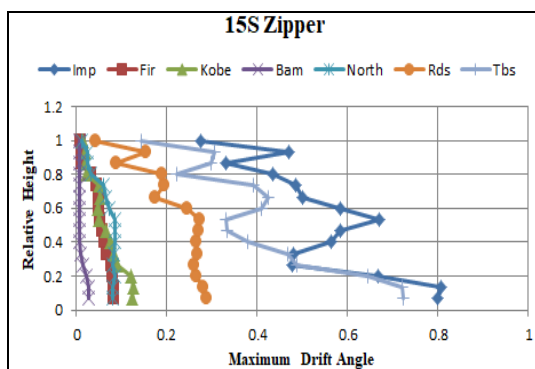


ب- بررسی قاب ۱۰ طبقه با مهاربند زیپر

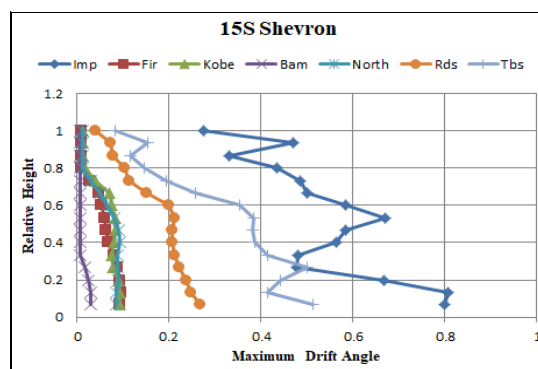


الف- بررسی قاب ۱۰ طبقه با مهاربند شورون

شکل ۴: بیشینه نیاز دررفت طبقات تحت رکوردهای مختلف در قاب‌های ۱۰ طبقه

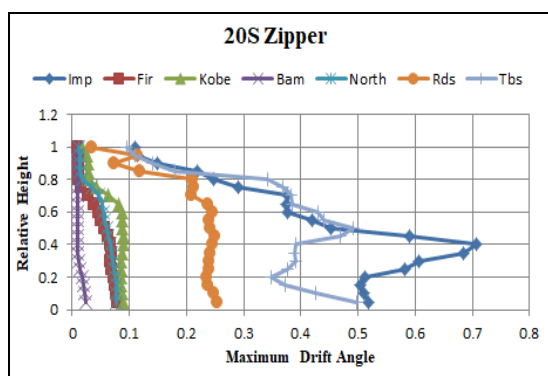


ب- بررسی قاب ۱۵ طبقه با مهاربند زیپر

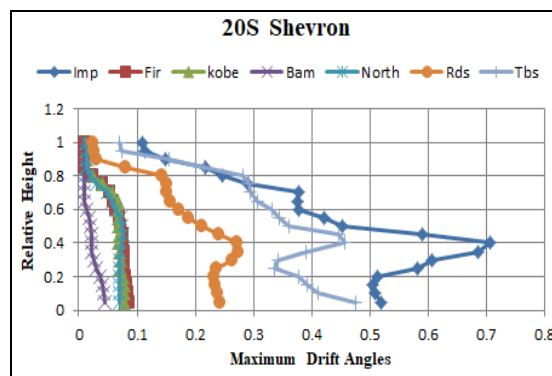


الف- بررسی قاب ۱۵ طبقه با مهاربند شورون

شکل ۵: بیشینه نیاز دررفت طبقات تحت رکوردهای مختلف در قاب‌های ۱۵ طبقه



ب- بررسی قاب ۲۰ طبقه با مهاربند زیپر



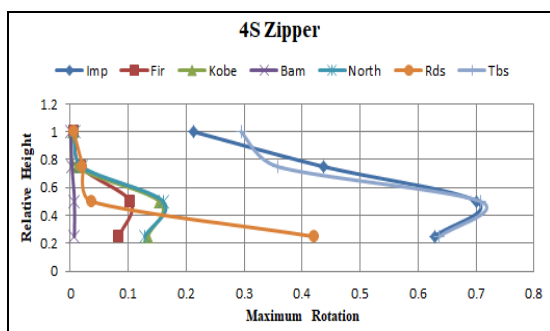
الف- بررسی قاب ۲۰ طبقه با مهاربند شورون

شکل ۶: بیشینه نیاز دریفت طبقات تحت رکوردهای مختلف در قاب‌های ۲۰ طبقه

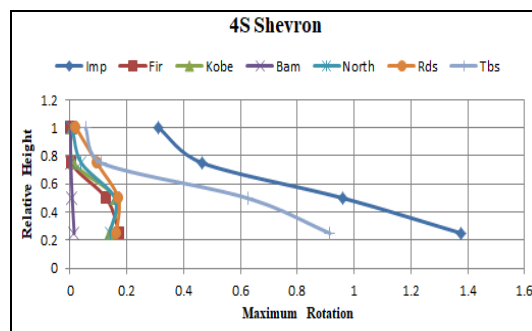
- در قاب مهاربند زیپر تغییرات دریفت به‌طور یکنواختی صورت گرفته است. در قاب شورون به دلیل ایجاد شدن طبقه نرم تغییرات دریفت یکسان تغییر نکرده اما در سازه زیپر که به دلیل وجود ستون زیپر از طبقه نرم جلوگیری شده است تغییرات دریفت یکسان صورت گرفته است.
- به‌طور کلی در سازه ۱۵ و ۲۰ طبقه تغییرات چندانی در اکثر رکوردها بین حالت شورون و زیپر وجود ندارد و بعضی رکوردها این بهبود عملکرد در حد کمتر از ۳ درصد می‌باشد. به عبارتی اضافه کردن ستون زیپر در سازه‌های بلند تأثیری در بهبود عملکرد قاب مهاربند شورون ندارد. علت عدم تغییر در سازه‌های بلند به این دلیل است که با این‌که از یک طرف مقاطع تیرها سبک شده اما از طرف دیگر با ستون‌های زیپر در طبقات بالاتر با مقاطع بسیار زیاد می‌باشد.
- به طور کلی در سازه ۱۰ طبقه تغییرات چندانی در دریفت به نسبت ۴ و ۷ طبقه مشاهده نمی‌شود (در قاب ۴ طبقه حدود ۳۰ درصد، در قاب ۷ طبقه حدود ۲۴ درصد و در قاب ۱۰ طبقه حدود ۱۰ درصد بهبود عملکرد مشاهده می‌شود).
- در قاب ۴ طبقه مهاربند شورون دریفت همواره سیر نزولی داشته و کاهش پیدا کرده اما در سازه‌ی زیپر تا طبقه دوم سیر صعودی داشته و پس از آن کاهش می‌یابد (اختلاف ۳۸ درصدی در طبقه دوم بین حالت شورون و زیپر).
- در سازه ۴ طبقه شورون ماکزیمم بیشینه نیاز در طبقه اول رخ داده است در سازه زیپر ماکزیمم در طبقه دوم می‌باشد.
- در قاب ۷ طبقه شورون ماکزیمم زاویه دریفت در طبقه دوم رخ داده است و در قاب زیپر در طبقه سوم می‌باشد (اختلاف حدود ۵ درصد).
- در قاب ۱۰ طبقه تقریباً در قاب شورون روند کاهشی مشاهده می‌شود و در قاب زیپر تا طبقه سوم افزایش داشته و پس از آن سیر نزولی را پیش می‌گیرد (تقریباً اختلاف ماکزیمم دریفت در شورون و زیپر ۱۰ درصد می‌باشد که در قاب شورون ماکزیمم در طبقه اول و در قاب زیپر در طبقه سوم رخ داده است).

نیاز دوران موضعی یکی از پارامترهای ارزیابی لرزه‌ای سازه در زمینه رفتار غیر ارتجاعی است. با آنالیز قاب‌ها و ثبت نتیجه‌های مقدار دوران موضعی در گام‌های زمانی، مقدار دوران موضعی محاسبه شده، اما چون این مقدار در گام‌های مختلف زمانی محاسبه گردیده شده، از بیشینه مقدار آن مورد استفاده قرار گرفته است.

مقدار دوران موضعی برای تمامی قاب‌ها، مربوط به گره انتهایی در قاب است. شکل ۷ تا ۱۱ نمودارهای مربوط به نیاز دوران موضعی برای تمامی قاب‌ها و طبق ۷ رکورد را نشان می‌دهد. در این نمودارها محور عمودی مربوط به ارتفاع نسبی و محور افقی مربوط به بیشینه دوران موضعی در گره انتهایی در هر طبقه است.

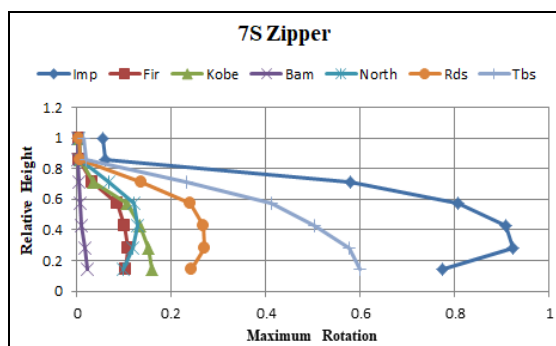


ب- بررسی قاب ۴ طبقه با مهاربند زیپر

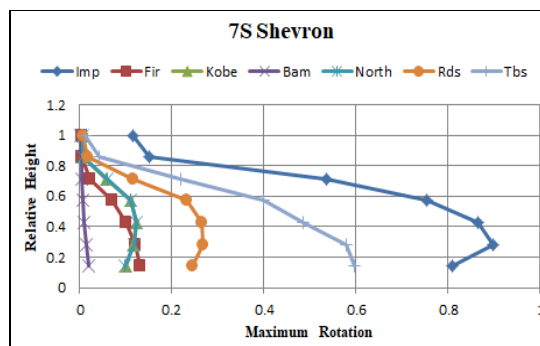


الف- بررسی قاب ۴ طبقه با مهاربند شورون

شکل ۷: بیشینه نیاز دوران موضعی تحت رکوردهای مختلف در قاب‌های ۴ طبقه

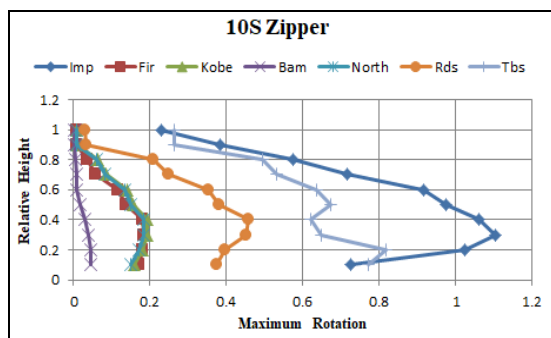


ب- بررسی قاب ۷ طبقه با مهاربند زیپر

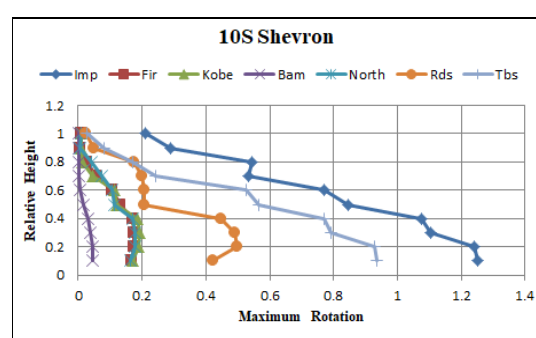


الف- بررسی قاب ۷ طبقه با مهاربند شورون

شکل ۸: بیشینه نیاز دوران موضعی تحت رکوردهای مختلف در قاب‌های ۷ طبقه

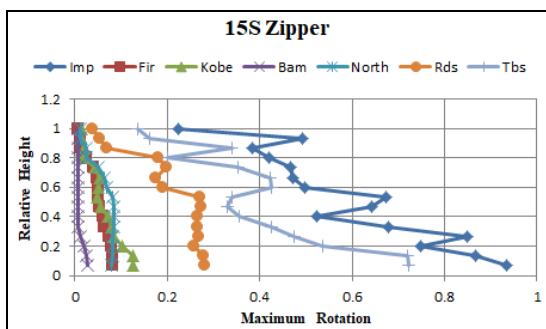


ب- بررسی قاب ۱۰ طبقه با مهاربند زیپر

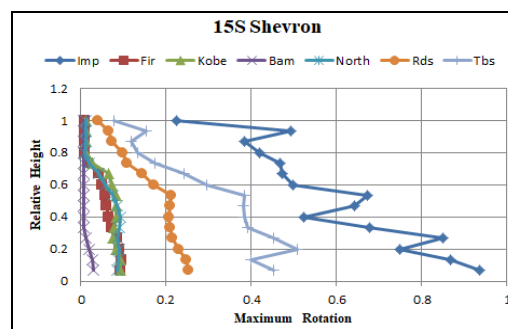


الف- بررسی قاب ۱۰ طبقه با مهاربند شورون

شکل ۹: بیشینه نیاز دوران موضعی تحت رکوردهای مختلف در قاب‌های ۱۰ طبقه

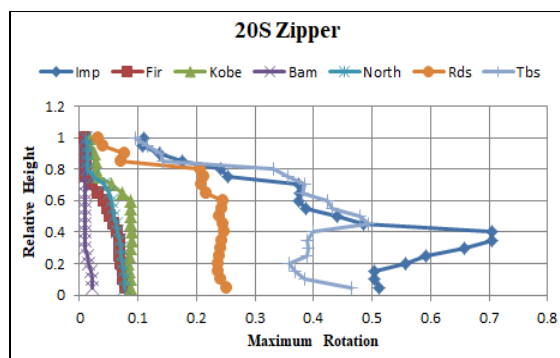


ب- بررسی قاب ۱۵ طبقه با مهاربند زیپر

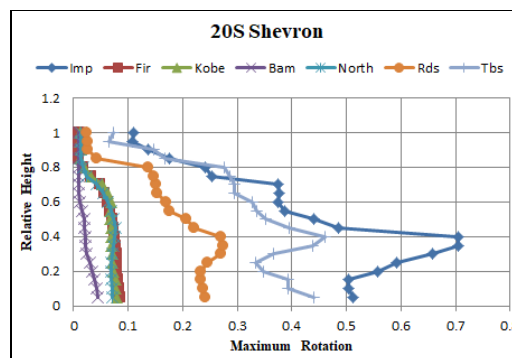


الف- بررسی قاب ۱۵ طبقه با مهاربند شورون

شکل ۱۰: بیشینه نیاز دوران موضعی تحت رکوردهای مختلف در قاب‌های ۱۵ طبقه



ب- بررسی قاب ۲۰ طبقه با مهاربند زیپر



الف- بررسی قاب ۲۰ طبقه با مهاربند شورون

شکل ۱۱: بیشینه نیاز دوران موضعی تحت رکوردهای مختلف در قاب‌های ۲۰ طبقه

بر اساس نمودارهای زاویه دوران موضعی نتایج زیر حاصل می‌شود:

- به‌طور کلی دوران موضعی در قاب‌های شورون در مقایسه با قاب زیپر کاهش پیدا کرده است که البته این کاهش بسته به ارتفاع قاب متفاوت است.
- در قاب مهاربند زیپر تغییرات دوران به‌طور یکنواخت‌تری صورت گرفته است.
- به‌طور کلی در سازه ۱۵ و ۲۰ طبقه تغییرات چندانی در اکثر رکوردها بین حالت شورون و زیپر وجود ندارد و بعضی رکوردها این بهبود عملکرد در حد کمتر از ۳ درصد می‌باشد. به عبارتی اضافه کردن ستون زیپر در سازه‌های بلند تأثیری در بهبود عملکرد قاب مهاربند شورون ندارد. به این علت که در طبقات بالا ستون زیپر سنگین شده و مهاربند طبقه بالا نیز بسیار سنگین می‌باشد سازه جواب مناسبی در طبقات بالا نشان نمی‌دهد و در از نظر اقتصادی نیز مناسب نخواهد بود.
- به طور کلی در سازه ۱۰ طبقه تغییرات چندانی در دوران به نسبت ۴ و ۷ طبقه مشاهده نمی‌شود (در قاب ۴ طبقه حدود ۳۰ درصد، در قاب ۷ طبقه حدود ۲۷ درصد و در قاب ۱۰ طبقه حدود ۸ درصد بهبود عملکرد مشاهده می‌شود). وجود ستون زیپر باعث شده است که به یک‌باره دوران روند کاهشی نداشته باشد و به صورت یکنواخت‌تر و با شیب کمتری دوران کاهش یابد.
- در قاب ۴ طبقه مهاربند شورون دوران همواره سیر نزولی داشته و کاهش پیدا کرده اما در سازه زیپر تا طبقه دوم سیر صعودی داشته و پس‌از آن کاهش می‌یابد (اختلاف ۲۷ درصدی در طبقه دوم بین حالت شورون و زیپر).

- در سازه ۴ طبقه شورون ماکزیمم بیشینه نیاز در طبقه اول رخ داده است در سازه زیپر ماکزیمم در طبقه دوم می باشد.
- در قاب ۱۰ طبقه تقریباً در قاب شورون روند کاهشی مشاهده می شود و در قاب زیپر تا طبقه سوم افزایش داشته و پس از آن سیر نزولی را پیش می گیرد (تقریباً اختلاف ماکزیمم دوران در شورون و زیپر ۱۰ درصد می باشد که در قاب شورون ماکزیمم در طبقه اول و در قاب زیپر در طبقه سوم رخ داده است). وجود ستون زیپر باعث شده است که به یکباره دوران روند کاهشی نداشته باشد و به صورت یکنواخت تر و با شیب کمتری دوران کاهش یابد.

۵- نتیجه گیری:

در این پژوهش از قاب های ۴، ۷، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ جهت مقایسه سازه قاب مهاربندی شورون و قاب مهاربندی زیپر استفاده شده است. طراحی قاب ها در نرم افزار ETABS و تحلیل ها در نرم افزار OpenSees صورت گرفته است و شاخص های زاویه دررفت و دوران موضعی به مقایسه پرداخته شده است. نتایج زیر از این تحقیق حاصل می شود:

- ۱- قاب مهاربندی زیپر عملکرد بهتری نسبت به قاب مهاربندی شورون دارا می باشد. میانگین پاسخ زاویه دررفت قاب تحت رکوردهای تعیین شده، ۳۰ درصد در قاب ۴ طبقه کاهش، ۲۴ درصد در قاب ۷ طبقه کاهش، ۱۰ درصد در قاب ۱۰ طبقه کاهش، کمتر از ۵ درصد در قاب ۱۵ طبقه کاهش و کمتر از ۳ درصد در قاب ۲۰ طبقه کاهش یافته اند.
- ۲- قاب مهاربندی زیپر در طبقات بالا نتیجه مثبتی نخواهند داشت. از آنجایی که ستون های قاب مهاربندی زیپر به صورت دستی طراحی خواهند شد و هرچه تعداد طبقات بالاتر رود مقطع ستون زیپر و مهاربند در آخرین طبقه سنگین تر خواهد شد و همچنین با این وجود سازه عملکرد مثبتی هم ندارد.
- ۳- دررفت در قاب مهاربندی زیپر دارای توزیع یکنواخت تری می باشد.
- ۴- قاب مهاربندی زیپر عملکرد بهتری نسبت به قاب مهاربندی شورون دارا می باشد. بدین صورت که از نمودارهای زاویه دوران موضعی استنباط می شود قاب مهاربندی زیپر میانگین رکوردها در طبقه بام ۳۰ درصد در قاب ۴ طبقه، ۲۷ درصد در قاب ۷ طبقه، ۸ درصد در قاب ۱۰ طبقه، کمتر از ۵ درصد در قاب ۱۵ طبقه و کمتر از ۳ درصد در قاب ۲۰ طبقه کاهش یافته است.
- ۵- در قاب ۴ طبقه مهاربند شورون دررفت همواره سیر نزولی داشته و کاهش پیدا کرده اما در سازه زیپر تا طبقه دوم سیر صعودی داشته و پس از آن کاهش می یابد (اختلاف ۱۵ درصدی در طبقه دوم بین حالت شورون و زیپر).
- ۶- در قاب ۷ طبقه شورون ماکزیمم زاویه دررفت در طبقه دوم رخ داده است و در قاب زیپر در طبقه سوم می باشد (اختلاف حدود ۵ درصد)
- ۷- در قاب ۱۰ طبقه تقریباً در قاب شورون در شاخص زاویه دررفت روند کاهشی مشاهده می شود و در قاب زیپر تا طبقه سوم افزایش داشته و پس از آن سیر نزولی را پیش می گیرد (تقریباً اختلاف ماکزیمم دررفت در شورون و زیپر ۱۰ درصد می باشد که در قاب شورون ماکزیمم در طبقه اول و در قاب زیپر در طبقه سوم رخ داده است).
- ۸- در قاب ۴ طبقه مهاربند شورون دوران همواره سیر نزولی داشته و کاهش پیدا کرده اما در سازه زیپر تا طبقه دوم سیر صعودی داشته و پس از آن کاهش می یابد (اختلاف ۲۷ درصدی در طبقه دوم بین حالت شورون و زیپر).
- ۹- در قاب ۱۰ طبقه تقریباً در قاب شورون در شاخص دوران موضعی روند کاهشی مشاهده می شود و در قاب زیپر تا طبقه سوم افزایش داشته و پس از آن سیر نزولی را پیش می گیرد (تقریباً اختلاف ماکزیمم دوران در شورون و زیپر ۱۰ درصد می باشد که در قاب شورون ماکزیمم در طبقه اول و در قاب زیپر در طبقه سوم رخ داده است).

مراجع:

- [1] Khatib I. F., Mahin S. A. and Pister K. S. (1988). "*Seismic Behavior of Concentrically Braced Steel Frames*", Earthquake Engineering Research Center, University of California.
- [2] Sabelli R. (2001). "*Research on Improving the Design and Analysis of Earthquake-resistant Steel-braced frames*", The NEHRP Professional Fellowship Report.
- [3] Tremblay R. and Tirca L. (2003). "*Behavior and Design of Multi-story Zipper Concentrically Braced Steel Frames for the Mitigation of Soft-story Response*", Proceedings of the Conference on Behaviour of Steel Structures in Seismic Areas, pp. 471-477.
- [4] Yang C. S. (2006). "*Analytical and Experimental Study of Concentrically Braced Frames with Zipper Struts*", Georgia Institute of Technology.
- [5] Yu H., Guo Y., Zhang Y. and Wang X. (2016). "*Design and Seismic Response of Modified Suspended Zipper Braced Frames*", Journal of Constructional Steel Research, vol. 120, pp. 8-24.
- [6] Yang C. S., R. T. Leon and R. DesRoches. (2008). "*Design and Behavior of Zipper-Braced Frames*", Engineering Structures, vol. 30, pp. 1092-1100.
- [7] Yang C. S., Leon R. T. and DesRoches R. (2008). "*Pushover Response of a Braced Frame with Suspended Zipper Struts*", Journal of Structural Engineering, vol. 134, pp. 1619-1626.
- [8] Ozcelik Y., Saritas A. and Clayton P. M. (2016). "*Comparison of Chevron and Suspended-Zipper Braced Steel Frames*", Journal of Constructional Steel Research, vol. 119, pp. 169-175.
- [9] Tirca L. and Chen L. (2012). "*The Influence of Lateral Load Patterns on the Seismic Design of Zipper Braced Frames*", Engineering Structures, vol. 40, pp. 536-555.
- [10] Pourbabaa, M., et al. (2013). "*Behavior of Zipper Braced Frame (ZBF) Compared With Other Concentrically Braced Frame (CBF)*".