ماهنامه علمی تخصصی پایا شهر

شماره مجوز مجله:80400 زمان پذیرش نهایی:99/07/20

مقایسه ی عملکرد میراگر اصطکاکی تکی و دوگانه در برابر زلزله

نیکتا نمازی فرد[1]، پیام اشتری[2]

1-دانشجوی کارشناسی عمران، دانشگاه زنجان

2-دکترای مهندسی زلزله، دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه زنجان

چکیده

در سال های اخیر استفاده از سیستم های کنترلی برای مقابله با لرزش های ناشی از زلزله و جلوگیری از خرابی سازه و بهبود عملکرد آن در برابر تغییر مکان های شدید که باعث ایجاد خرابی های ماندگار در سازه می شود، مورد بررسی قرار گرفته است. هزینه ی نسبتا پایین و عملکرد مطلوب میراگر اصطکاکی موجب شده است تا این نوع از سیستم کنترلی مورد استقبال زیادی قرار بگیرد. در این مقاله عملکرد سه نوع سیستم کنترلی شامل بادبند UNP100، میراگر اصطکاکی تکی و میراگر اصطکاکی دوگانه در یک سازه فولادی 10 طبقه قاب خمشی متوسط و بر اساس شدت پنج زلزله ی معروف سرپل ذهاب، نورث ریج، ترکیه، سن فرناندو و طبس مورد بررسی قرار گرفته است. عملکرد سیستم های مذکور بر مبنا تحلیل دینامیکی غیر خطی و با استفاده از نرم افزار ایتبس انجام گرفته است. پارامترهای مورد بررسی در این تحقیق شامل بیشترین جابه جایی و تغییر مکان نسبی طبقات در طول زلزله است. نتایج این بررسی نشان می دهد که استفاده از سیستم میراگر نسبت به بادبند UNP100 موجب می گردد عملکرد سازه در برابر زلزله تا 50 درصد بهبود یابد. همچنین با وجود آن در یک سیستم میراگر دوگانه نسبت به سیستم تکی از یک میراگر اضافی استفاده می گردد. مع الوصف این سیستم تنها حدودا 1/5 درصد بهبود را نسبت به سیستم تکی نشان می دهد.

کلمات کلیدی: میراگر اصطکاکی تکی، میراگر اصطکاکی دوگانه، تحلیل دینامیکی غیر خطی، بادبند UNP100، زلزله

1- مقدمه

مقاوم سازی ساختمان ها در برابر زلزله و امنیت جانی در مقابل این نیروی قدرتمند همیشه دغدغه ی فکری مهندسین بوده است. سازه های موجود بخاطر عدم وجود سیستم مقاوم در برابر نیروی جانبی و همچنین ضعف در اجرا و آیین نامه های موجود و حتی کیفیت بد مصالح مصرفی، مقاومت لازم در برابر نیروی زلزله و باد را ندارند.

ارائه ی طراحی سازه ها با یک سیستم مهاربندی و کنترل نیروی جانبی وارد بر ساختمان، بحث جدیدی در صنعت ساختمان گردیده و می تواند تا حدودی ساختمان ها را در مقابل نیروی جانبی مقاوم سازد. جداسازهای لرزه ای که با همراه شدن با زلزله در طول زمان سبب خنثی شدن نیروی زلزله ی وارد بر سازه می شود و همچنین هیچ نقش استاتیکی را برعهده ندارد، به عنوان سیستم حفاظتی ساختمان در برابر زلزله ارائه شده اند. این سیستم هاکه به نام میراگر(Damper) شناخته شده اند انرژی لرزه ای را کاهش داده و رفتار مناسبی از ساختمان را در برابر زلزله موجب می شوند.

برای مقاوم سازی سازه در برابر زلزله و با پیشرفت علم مهندسی عمران، تحقیقات وسیعی در کشور های ژاپن، نیوزلند و ایالات متحده آمریکا در اوایل دهه ی 1960 میلادی صورت گرفت و ایده هایی توسط ایده پردازان عمران داده شده، که عدم لرزش

ساختمان در هنگام زلزله موضوع اصلی آن بوده است. عام سیستم های ارائه شده، بر پایه ی جدا ساختن ساختمان در مقابل زلزله استوار است که به منظور جلوگیری از انتقال نیرو ی زلزله به پی ساختمان است. این ایده در مقابل سایر اعضای مقاوم ساز ساختمان ها مانند بادبند، قاب خمشی، دیوار برشی و غیره، که همه باعث صلب کردن سازه در مقابل زلزله است مزیت و نتایج قابل قبول تری خواهد داشت.

البته سیستم های ارائه شده در اوایل این ایده، سیستم های محدودی که میراگر های تیر فولادی و قطعات لاستیک لایه ای که در پی نصب میشدند را شامل می شدند. در ایده ی ارائه شده، نیروی زلزله دیگر به ساختمان وارد نشده و یا سهم اندکی وارد شده و این نیرو به صورت مستقیم به پی وارد می شود و میتوان انتظار داشت تغییر مکان های نسبی طبقات کاهش یابد و همچنین شتاب طبقات کاهش قابل توجه ای داشته باشد و همچنین خسارت های سازه ای و غیر سازه ای کاهش پیدا کرده و از مشکلات معماری در طراحی تا حدودی کاسته می شود. در خصوص هزینه های اجرایی نیز سازه بدلیل استفاده از مقاطع با ظرفیت کمتر کاهش می یابد.

لازم به ذکر است در سازه های قدیمی در ایران، مخصوصاً در شمال کشور، در بیش از صد سال گذشته با استفاده از چوب بین فنداسیون و دیوار باربر ساختمان این جداسازی اتفاق می افتاده است. در ساختمان هایی که از این سیستم استفاده شده در زلزله ی منجیل 1990 ساختمان بدون آسیب یا با آسیب حداقل باقی مانده است. سیستم های جدید ارائه شده که با مطالعه روی رفتار فلزات و بر پایه ی رفتار پلاستیک سرب بوده است، سیستم میراگر سربی– تزریقی نامیده می شوند. اجرا شدن این سیستم اولین بار در یک پل در مقاطع یک خیابان در نیوزلند اتفاق افتاد. یک روش منطقی دیگر در سال 1996 توسط پوپوف ارائه شده که از تغییر شکل پلاستیک تیرهای فولادی برای ایجاد میرایی داخلی لخت در ساختمان استفاده می شود.

اولین میراگر های تیر فولادی، مقاومت بیشتری در مقابل پدیده ی خستگی از خود نشان دادند. اولین ساختمان ایران با جدا ساز لرزه ای، ساختمان مخابرات 15 طبقه‌ی تهران است. در شهرک پرند نیز این سیستم جداساز لرزه ای به کار گرفته شده است.

مطالعات متنوعی در خصوص عملکرد میراگر اصطکاکی در سالیان گذشته ارائه شده است و هر کدام به بررسی قسمت‌هایی از این میراگر و نحوه ی کارکرد آن در سازه یا همکاری میراگر اصطکاکی با دیگر سیستم های جاذب انرژی پرداخته اند. موضوعی که این مقاله را از دیگر مقالات متمایز می کند، مقایسه ی عملکرد مدل ساده ی سازه ی طراحی شده در برابر زلزله، با عملکرد همین سازه زمانی که از میراگر اصطکاکی تکی، میراگر اصطکاکی دوگانه و همچنین با بادبند UNP100 به عنوان جاذب انرژی استفاده می شوند است. به انضمام آن که مقایسه ی عملکرد دو میراگر یاد شده با یکدیگر و نتیجه گیری بهینه بودن میراگر اصطکاکی تکی که عملکرد مطلوبی را ارائه می دهد انجام شده است.

مقاله بررسی اثر میراگر اصطکاکی لغزشی در کنترل پاسخ سازه به این موضوع دست یافته است که، سازه های مجهز به قاب های بادبندی شده سختی جانبی خوبی در برابر زلزله دارند ولی اتلاف انرژی در اعضای آن ناچیز بوده و نیروهای بزرگی بر سازه وارد می شود. قاب های خمشی عملکرد شکل پذیرتری در برابر زمین لرزه و همچنین قابلیت شکل پذیری خوبی نسبت به قاب های بادبندی دارند، ولی به دلیل آن که سختی جانبی آن ها کم است تغییر مکان بیش از حد سازه باعث افزایش گریز طبقات می شود. سیستم میراگر اصطکاکی لغزشی علاوه بر اینکه سختی جانبی خوبی را برای سازه ایجاد می کند، باعث اتلاف انرژی قابل توجهی در سازه می شود. (پیام اشتری، مسعود عسگری، اصغر رسولی، ۱۳۸۷: 2)

در مقاله استفاده از قابهای مهاربندی شده با میراگرهای اصطکاکی برای سبک سازی در سازه ها، یافت شده است که، با تعبیه تجهیزات اصطکاکی درسیستم های مهاربندی شده ساختمان های اسکلتی، مقاومت در برابر زلزله و پتانسیل کنترل خسارت آن ها را می توان به میزان قابل ملاحظه ای بهبود بخشید. درحین تحریکات شدید زلزله، تجهیزات اصطکاکی می لغزند و در عوض جاری شدن غیرارتجاعی اعضاء اصلی سازه، سهم زیادی از انرژی ارتعاشی را به صورت مکانیکی در اصطکاک تلف می کنند. تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی رفتار بهتر قاب های فلزی مهاربندی شده با میراگر اصطکاکی را در مقایسه با

انواع دیگر قاب ها نشان می دهد. این نوع میراگرها به خاطر سادگی نصب و ارزان قیمت بودنشان می توانند در ساختمان های جدید و هم ساختمان های موجود بکار روند. (رضا کرمی محمدی، حامد سرمست، 1384: 3)

مقاله ی نقش میراگر اصطکاکی در بهبود عملکرد لرزه ای قاب های فولادی تا اتصالات صلب و نیمه صلب با بررسی نتایج حاصل از آنالیز این قاب ها دریافته است که قاب نیمه صلب با میراگر اصطکاکی بهترین عملکرد را در بین این چهار قاب ساختمانی داشته است. آنالیزها نشان داده با استفاده از اتصالات نیمه صلب در قاب خمشی با میراگر اصطکاکی مقادیر حداکثر تغییرمکان طبقه اول و برش پایه به ترتیب 7 و 20 درصد کاهش می یابند. (محمد بیات، سیدمهدی زهرایی، 1395: 19)

در مقاله ی عملکرد قاب های خمشی فولادی مجهز به میراگرهای اصطکاکی دورانی این نتیجه حاصل شد، که شاخص های عملکرد مختلف میراگر جواب های تقریبا یکسانی را در تعیین بار لغزش بهینه نتیجه می دهند. عملکرد میراگر با افزایش ارتفاع سازه بهبود می یابد. همچنین خطای روش ساده شده در تعیین بار لغزش میراگر های اصطکاکی دورانی کمتر از 2 درصد، در مقایسه با روش دقیق می باشد. (جواد واثقی امیری، سیدقاسم جلالی، 1393: 5)

مقاله ی بررسی نتایج حاصل از روش زمان دوام و تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی قاب های فولادی مجهز به میراگرهای اصطکاکی چرخشی با استفاده از روش ET دریافته که میراگر اصطکاکی چرخشی عملکرد مناسبی در کاهش تغییر مکان بام، کاهش برش پایه و اتلاف انرژی در قاب های خمشی فولادی را داشته است. (امیر شیرخانی، ناصر رشابختی، سیدروح اله موسوی ، 1393: 16)

در مقاله ی تعیین مشخصه بار لغزش میراگرهای اصطکاکی در طبقات مختلف قاب‌های ساختمانی بر اساس شکل‌پذیری هدف آمده است نتایج حاصل از روش پیشنهادی با روش معمول طیف طرح بار لغزش مقایسه می‌شود. با تعیین مشخصه بار لغزش، میراگرهای طبقات مختلف بر اساس الگوریتم پیشنهادی در مدل های قاب خمشی فولادی 3، 5 و10 طبقه مجهز به میراگر اصطکاکی، مشاهده شد که رفتار هیسترزیس میراگرها بهبود یافته و میراگرهای تمامی طبقات به طور مؤثری در اتلاف انرژی زلزله مشارکت می‌کنند. همچنین با یکنواخت شدن توزیع نیاز شکل‌پذیری در سازه، احتمال تشکیل طبقه نرم کاهش یافته و شاخص خرابی سازه به طور چشم گیری کاهش می‌یابد. (سامان باقری ، علی حدیدی، نسرین بسطامی، 1394: 9)

در مقاله ارزیابی عملکرد لرزه ای ساختمان های فولادی با پلان مربعی شکل مجهز به میراگر اصطکاکی دورانی در حوزه نزدیک و دور از گسل نتایج به دست آمده نشان دهنده کاهش برش پایه، تغییر مکان و اتلاف انرژی قابل توجه تحت آنالیز های انجام شده می باشد. در قاب سه طبقه، تاثیر میراگر تحت زلزله های حوزه نزدیک بیشتر از زلزله های حوزه دور می باشد و در قاب پنج طبقه نتایج برای زلزله های دور و نزدیک تا حدودی به هم نزدیک شده اند و قاب هشت طبقه مجهز به میراگر تحت زلزله های حوزه دور عملکرد مناسب تری را نشان می دهد. (محمد مهدی کوچنانی، علی هوشمند آیینی، 1397: 14)

مقاله آنالیز حساسیت پارامترهای میراگر اصطکاکی دورانی به آنالیز حساسیت پارامترهای میراگر اصطکاکی دورانی پرداخته شده است. میراگر اصطکاکی دورانی در نرم افزار OpenSees مدل سازی شده است و با لینک کردن آن با نرم افزار Matlab، فرآیند تغییر مقادیر پارامترها و محاسبه جواب ها به ازای آن مقادیر انجام شده است. در مرحله اول، طول صفحات افقی و قائم میراگر و در مرحله دوم، ممان اصطکاکی لغزش و نیروی پیش تنیدگی مهاربندها به عنوان متغیر در نظر گرفته شده اند و پاسخ های مد نظر شامل انرژی تلف شده، ماکسیمم جابجایی و سختی سیستم محاسبه شده اند. نتایج به دست آمده نشان می دهد که سیستم نصب هم مرکز، درتمامی پاسخهای مد نظر، نتایج مطلوب تری را نسبت به سیستم نصب غیرهم مرکز ارائه می دهد. البته طول صفحات میراگر نمی تواند بیش از حد کوچک یا بزرگ انتخاب شود و نتایج نشان می دهد که مقدار این طول ها حد بهینه ای دارد. در سیستم هم مرکز، با افزایش طول صفحات میراگر، مقدار انرژی تلف شده و سختی سیستم افزایش می یابد؛ اما مقدار حداکثر جابجایی نیز زیاد می شود. تغییرات ممان اصطکاکی لغزش و نیروی پیش تنیدگی مهارها، تاثیر قابل توجهی بر جابجایی ماکزیمم و سختی نداشته، اما میزان انرژی تلف شده به شدت تحت تاثیر تغییرات ممان اصطکاکی لغزش می باشد. (حسین جراحی، صادق اعتدالی، آزیتا اسعدی، محسن خطیبی نیا، 1397، 1)

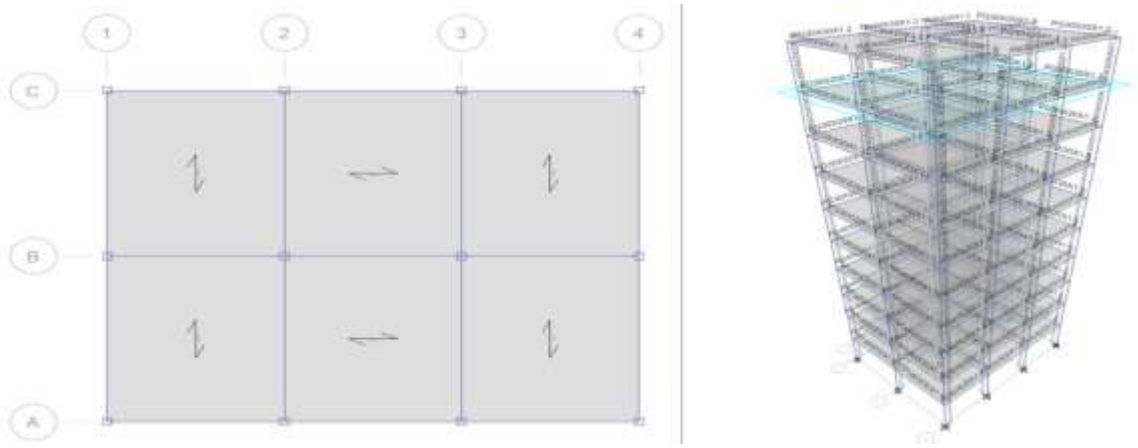
2- انواع میراگر ها:

بحث میرایی می تواند هم در پی و هم در کف طبقات مطرح شود. اما بخاطر هزینه ی زیاد اجرای جداساز درکف طبقات، به میرایی در پی روی آورده شده است. در صورتی که اجرای این امر ایمنی را تضمین می کند، میرایی در پی سبب پدیده ی لاغری ستون ها در طراحی می شود. برای میرایی در پی از جداسازها با سختی بسیار کم استفاده می شود تا سازه را با نیروی لرزه ای همراه کند. مانند سیستم ثقلی، ویسکوالاستیک، الاستیک یا فنری، هسته مرکزی، میراگر جرمی و اصطکاکی

2-1- میراگر اصطکاکی

میرایی به کمک اصطکاک، یکی از موثرترین روش ها برای استهلاک انرژی زمین لرزه به شمار می رود. میراگر اصطکاکی بر اساس قواعد مربوط به یک میراگر کولمب یا یک ترمز اصطکاکی که انرژی جنبشی را به وسیله اصطکاک به حرارت تبدیل می‌کند، عمل می نماید. میراگر اصطکاکی باعث می شود که سازه بتواند به صورت بازگشت پذیری ارتعاش کند و انرژی زمین لرزه را مستهلک نماید. این امر منجر به صرفه جویی قابل توجهی می‌شود، چرا که المان های سازه ای می‌توانند در جهت کاهش هزینه بهینه سازی شوند. تجهیزات میراگر اصطکاکی به عنوان فیوزهایی دائمی به گونه ای طراحی می شوند تا پیش از تسلیم اعضای سازه ای بلغزند و در حین زلزله انرژی را مستهلک می نمایند. در نتیجه این کار، ساختمان می تواند بدون وقوع خسارات جدی به اجزاء سازه ای، زمین لرزه را پشت سر بگذارد. به بیانی دیگر، اگر نیروی اصطکاک سطوح جامد در ساختار و مکانیزمی مناسب به خدمت گرفته شود، دو جنبه مفید را پیش روی مهندسین سازه قرار خواهد داد:

1- با به کارگیری مناسب اصطکاک و طرح متناسب لرزه ای، نیروی ورودی به سازه ناشی از زلزله محدود می شود؛ به عبارت دیگر می‌توان برای ایجاد فیوز در سازه، بر اصطکاک تکیه نمود.
2- سهم قابل توجه استهلاک انرژی زلزله بر دوش این سطوح اصطکاکی گذاشته می شود، به ویژه آن که این استهلاک انرژی مستلزم وقوع خرابی در میراگر اصطکاکی نخواهد بود.



شکل شماره (1): نمایی از ساختمان مورد مطالعه

3- روش تحقیق

در شکل شماره ی (1) مدلسازی یک سازه ی 10 طبقه که در منطقه ای با لرزه خیزی نسبی زیاد است آمده است. این سازه از اسکلت فولادی و سقف تیرچه بلوک تشکیل شده است. روش اعمالی در نرم افزار ایتبس روش های غیر خطی که پیروی کننده ی آیین نامه 2800 است که تحت اثر پنج زوج شتاب نگاشت از زلزله های سرپل ذهاب، نورث ریج، ترکیه، سن فرناندو و طبس می باشد که در چهار حالت سازه به صورت زیر می باشد:

1- قاب خمشی متوسط در هر دو جهت

2- قاب خمشی متوسط در یک جهت و در جهت دیگر قاب خمشی با مهاربند همگرا

3- قاب خمشی متوسط در یک جهت و قاب خمشی با میراگر اصطکاکی wen در جهت دیگر

4- قاب خمشی متوسط در یک جهت و قاب خمشی با میراگر اصطکاکی wen با دو برابر میرایی نسبت به حالت قبل در جهت دیگر.

برای محاسبه‌ی بارهای ثقلی و جانبی(نیروی ناشی از زلزله) از مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، مرجع 12(ویرایش چهارم) و مرجع 13 و مرجع 14 استفاده شده است. برای طراحی سازه از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان استفاده شده است. جرم سازه در این پروژه طبق تعریف ASCE به صورت ترکیب D+0.25L تعریف شده است. لازم به ذکر است که این ترکیب در نشریه 360 به صورت D+0.2L می باشد. در این روش تحلیل دینامیکی سازه با اثر دادن شتاب زمین به صورت تابعی از زمان در تراز پایه و محاسبات پاسخ مدل ریاضی ساختمان با فرض رفتار غیرخطی انجام می شود. در این تحلیل نسبت میرایی را می توان 5 درصد منظورکرد، مگر آن که بتوان نشان داد مقدار دیگری برای سازه مناسب تر است. شتاب زمین براساس شتاب نگاشت هایی که با شرایط بند 3 - 5 - 2 آیین نامه تهیه شده اند، تعیین می شود. باید شتاب نگاشت هایی را به نرم افزار وارد کرد. برای دریافت شتاب نگاشت ها می توان به مرجع 11 مراجعه شود. در پروژه حاضر از شتاب نگاشت ناغان جهت تحلیل و آنالیز استفاده شده است. برای محاسبه ضریب اصلاح مقدار شتاب ماکزیمم 1g را بر شتاب ماکزیمم بدست آمده از برنامه تقسیم می شود. عدد بدست آمده ضریب مقیاس نامیده می شود. این اعداد در رکورد زلزله ضرب می شوند تا به مقدار ماکزیمم خود برسند. حال با بدست آمدن ضریب نهایی باید آن را در اعداد شتاب اولیه در ضریب تصحیحی که برای هر مولفه بدست آمده و درآن ضرب شده، ضرب می شود، اکنون این رکوردها برای ورود به نرم افزارهای تحلیلی برای تحلیل دینامیکی(لحظه به لحظه) آماده شده اند. در نهایت مقادیر محاسبه شده برای L و T با ضریب مقیاس خودشان در یک فایل notepad ذخیره می شود تا از آن برای فراخوانی در نرم افزار ETABS استفاده کرد. چون روش غیر خطی می باشد، پلاستیک شدن مقاطع مد نظر است. از اعمال زلزله ها ی مورد نظر به چهار حالت قاب خمشی متوسط، بادبند UNP100، میراگر اصطکاکی تکی و میراگر اصطکاکی دوگانه به سازه در نرم افزار ایتبس و خروجی گیری از این نرم افزار هدف پژوهش می باشد.

4- خروجی ها و نتایج

نتایج بدست آمده از پژوهش انجام شده و خروجی های مدل مورد بررسی که شامل حداکثر دیریفت وحداکثر جا به جایی است در ادامه آورده شده است. لازم به ذکر است مبنای لازم برای مقایسه و بررسی نتایج مرکز سقف طبقات است.

4-1- خروجی های قاب خمشی ساده

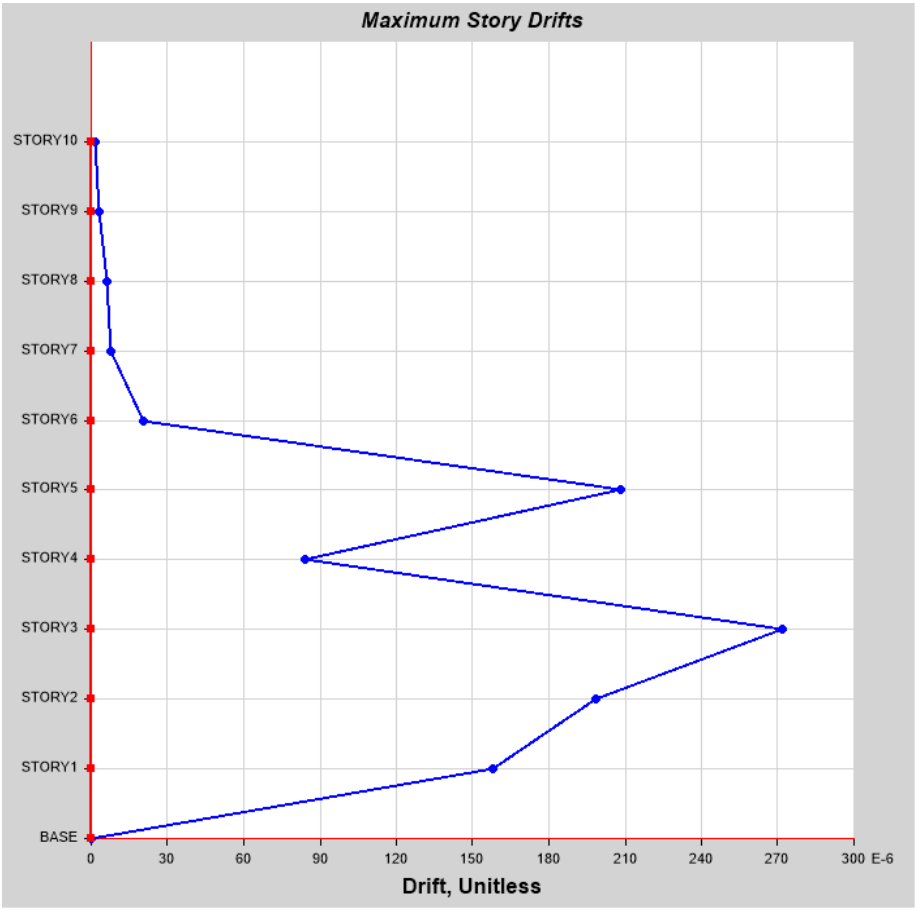
سیستم قاب خمشی مجموعه ای از تیر ها و ستون ها است که به وسیله ی اتصالات صلب به یکدیگر وصل شده اند. در این سیستم از هیچ گونه مهاربند و دیوار برشی استفاده نمی‌شود و بارهای جانبی توسط رفتار خمشی اتصالات تحمل می شود. به طور کلی سختی جانبی قاب های خمشی نسبت به قاب های دارای مهاربند یا دیوار برشی کمتر است به همین دلیل کنترل تغییر مکان های جانبی در ساختمان های با سیستم قاب خمشی یکی از چالش های مهم در روند طراحی به حساب می آید. قاب های خمشی باعث ایجاد فضاهای آزاد معماری با کمترین تداخل سازه‌ای می‌شوند. در ساختمان‌های اداری که معمولاً نیاز به فضاهای منعطف با کاربری‌های متنوع دارند از این سیستم استفاده می‌کنند.

این قاب‌ها از نظر شکل پذیری یک سطح بالاتر از قاب های خمشی معمولی هستند و تغییرشکل‌های محدودی را در برابر بارهای جانبی دارند. در طراحی این قاب ها سعی بر آن است که در یک یا دو انتهای تیر، در خارج از محدوده اتصال تیر به ستون، مفصل‌های پلاستیک تشکیل شوند و ظرفیت دورانی آنها به حدی باشد که دوران نظیر تغییر مکان نسبی طبقه حداقل به 0.02 رادیان برسد که حدود 0.01 رادیان آن در ناحیه فرا ارتجاعی باشد. از این سیستم در مناطق با خطر نسبی کم تا متوسط می توان استفاده کرد. در اینگونه قاب ها $R_u=5$ در نظر گرفته می‌شود.

این نتایج نشان می دهد که در مدل ساده با در نظر گرفتن مرجع14 بند 2-5-3 (بیشترین دیریفت قابل قبول) که باید حداکثر تغییر مکان نسبی کمتر از 0.02 ارتفاع باشد پاسخ سازه معقول بوده است و قابل قبول می باشد. این نتیجه از عملکرد صحیح عضو های سازه در برابر زلزله بوجود می آید. سیستم قاب خمشی متوسط توانایی لازم در برابر زلزله های بسیار قوی را ندارد ولی عملکرد پلاستیک مفاصل این کمک را به سازه می کند در مقابل نیرو شکل پذیرتر باشد.

***4-1-1* دریفت (تغییر مکان نسبی)**

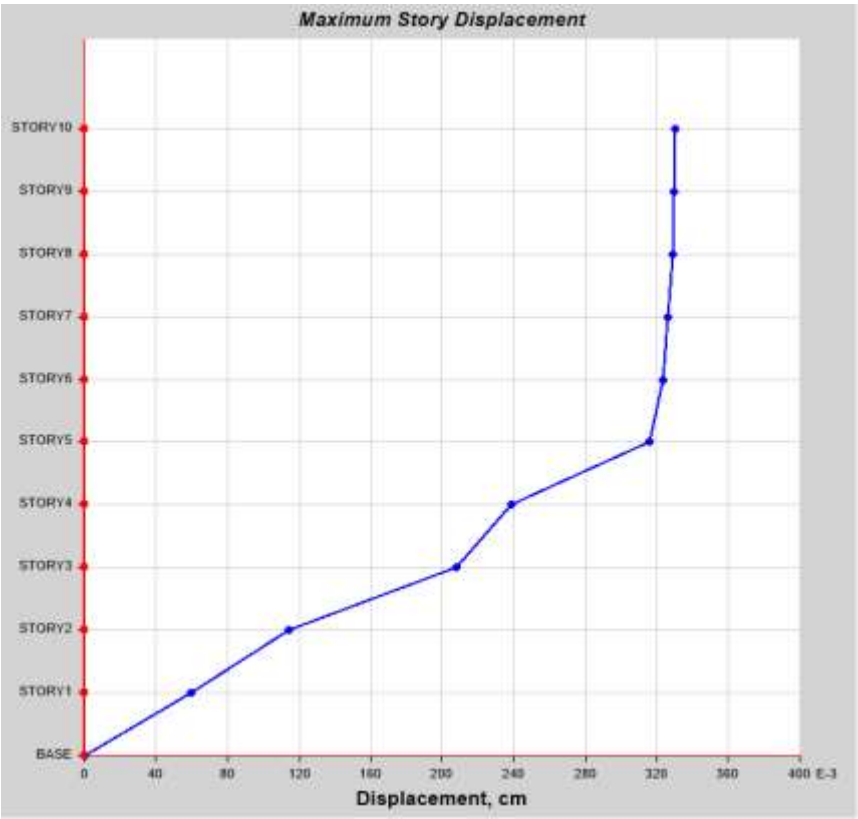
در شکل شماره (2)، بیشترین دریفت در حالت قاب خمشی متوسط آمده است که این مقدار 2درصد بین طبقات 3و4 است.



شکل (2): بیشترین تغییر مکان نسبی

4-1-2- بیشترین جا به جایی

شکل شماره (3) مقدار ماکزیمم جا به جایی سازه در حالت ساده را نشان داده است که این مقدار 0.33 سانتی متر و در طبقـه ی دهم اتفاق می افتد. در جدول شماره ی (1) مقادیر این جا به جایی را مشاهده می شود.



شکل شماره (3): بیشترین جا به جایی

جدول شماره (1)

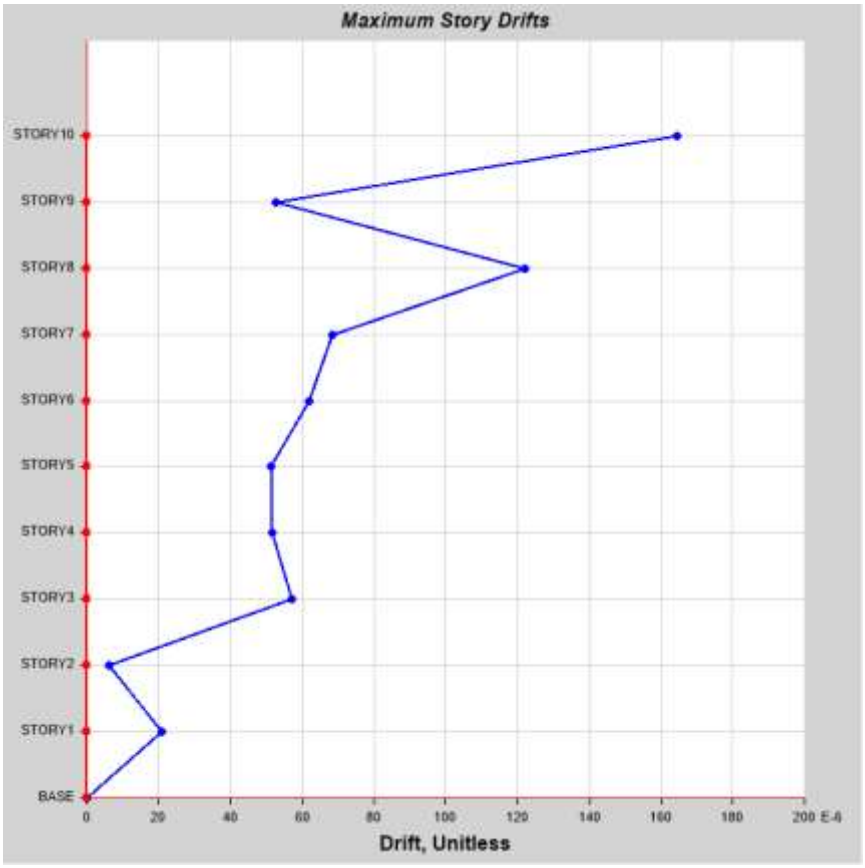
Story	Elevation	Location	X-Dir	Y-Dir
	cm		cm	cm
STORY10	3500	Top	0/3301	0
STORY9	3150	Top	0/3296	0
STORY8	2800	Top	0/3285	0
STORY7	2450	Top	0/3263	0
STORY6	2100	Top	0/3236	0
STORY5	1750	Top	0/3162	0
STORY4	1400	Top	0/2385	0
STORY3	1050	Top	0/2077	0
STORY2	700	Top	0/1141	0
STORY1	350	Top	0/0592	0
BASE	0	Top	0	0

4-2- خروجی بادبند UNP100

وظیفه بادبند مقاوم سازی ساختمان در برابر نیروهای ناشی از باد یا زلزله می باشد. آن چه که در استفاده از بادبندها در سازه حائز اهمیت می باشد، طراحی مناسب و صحیح آن ها می باشد. بادبندها باعث ایجاد سختی مناسبی در سازه می‌شوند و چیدمان آن‌ها در پلان سازه تعیین‌کننده مرکز سختی سازه می‌باشد. این اعضا با نیروی کششی طراحی می‌شوند و با نیرو فشاری که سبب کمانش مهاربند می‌شوند کنترل می‌شود. انواع مختلف بادبند وجود د ارد که در این پروژه از مدل UNP100 استفاده شده است. همان طورکه اشاره شد وظیفه ی بادبند مقاوم سازی سازه در برابر زلزله است و بادبند UNP100 بخاطر بیشتر بودن شعاع ماهیچه اتصال بال به جان و ضخامت بال بیشتر مقاوم تر نسبت به دیگر بادبند ها است.

4-2-1 بیشترین تغییر مکان نسبی

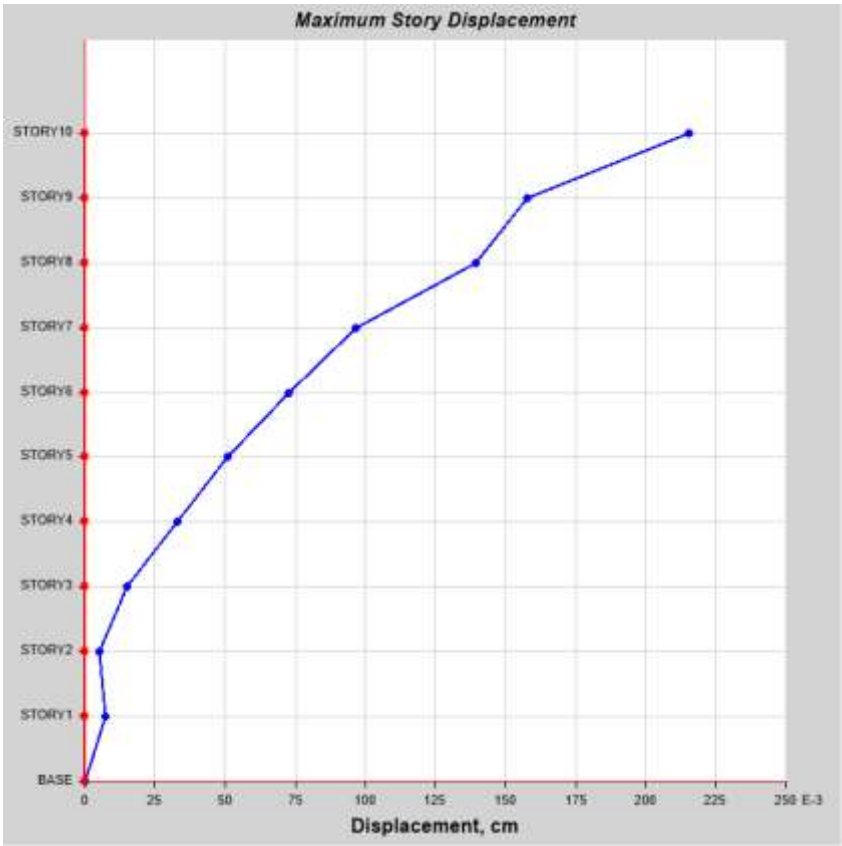
عملکرد خوب بادبند در این مدل سبب شده که میزان ماکزیموم تغییر مکان نسبی 40درصد کاهش یابد. 1.6درصد نسبت به 2.0 درصد حالت ساده است. ماکزیموم تغییر مکان نسبی سازه در طبقات 9و 10 اتفاق افتاده است.



شکل شماره (4): بیشترین تغییر مکان نسبی

4-2-2 بیشترین جا به جایی

بیشترین جا به جایی در این حالت برای طبقه ی 9 بوجود آمده که 0.055سانتی متر است.



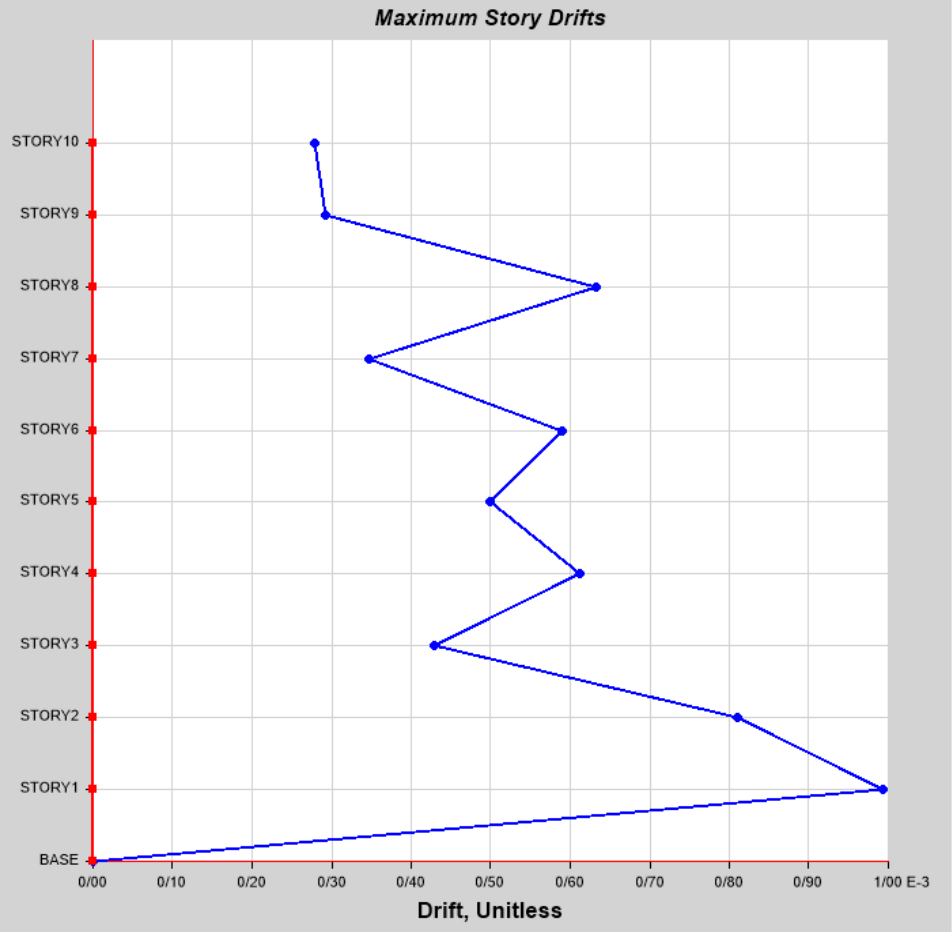
شکل شماره (5): بیشترین جا به جایی

4-3 خروجی میراگر اصطکاکی تکی

میراگرهای لرزه‌ای برای کاهش ارتعاشات ساختمان در حین زمین لرزه استفاده می‌شوند. انواع مختلفی از میراگرها برای استفاده در ساختمان‌ها وجود دارد که میرایی به کمک اصطکاک، یکی از موثرترین روش‌ها برای استهلاک انرژی زمین لرزه به شمار می‌رود. میراگر اصطکاکی بر اساس قواعد مربوط به یک میراگر کولمب یا یک ترمز اصطکاکی که انرژی جنبشی را به وسیله اصطکاک به حرارت تبدیل می‌کند، عمل می‌نماید.میراگرها به ساختمان کمک می‌کنند که بتواند به صورت بازگشت پذیری ارتعاش کند و انرژی زمین لرزه را مستهلک نماید. این امر منجر به صرفه جویی قابل توجهی می‌شود، چرا که المان‌های سازه‌ای می‌توانند در جهت کاهش هزینه بهینه سازی شوند. میراگرهای اصطکاکی که به گونه ای طرح می شوند تا پیش از تسلیم اعضای سازه ای بلغزند، به عنوان فیوزهایی دائمی (بدون نیاز به تعویض پس از زلزله) عمل می‌کنند که در حین زلزله انرژی را مستهلک می‌نمایند. در نتیجه این کار، ساختمان می تواند بدون وقوع خسارات جدی به اجزاء سازه‌ای، زمین لرزه را پشت سر بگذارد. استفاده از میراگر اصطکاکی تک در سازه برای مقابله با زلزله یکی از گزینه ها است.

4-3-1 بیشترین تغییر مکان نسبی

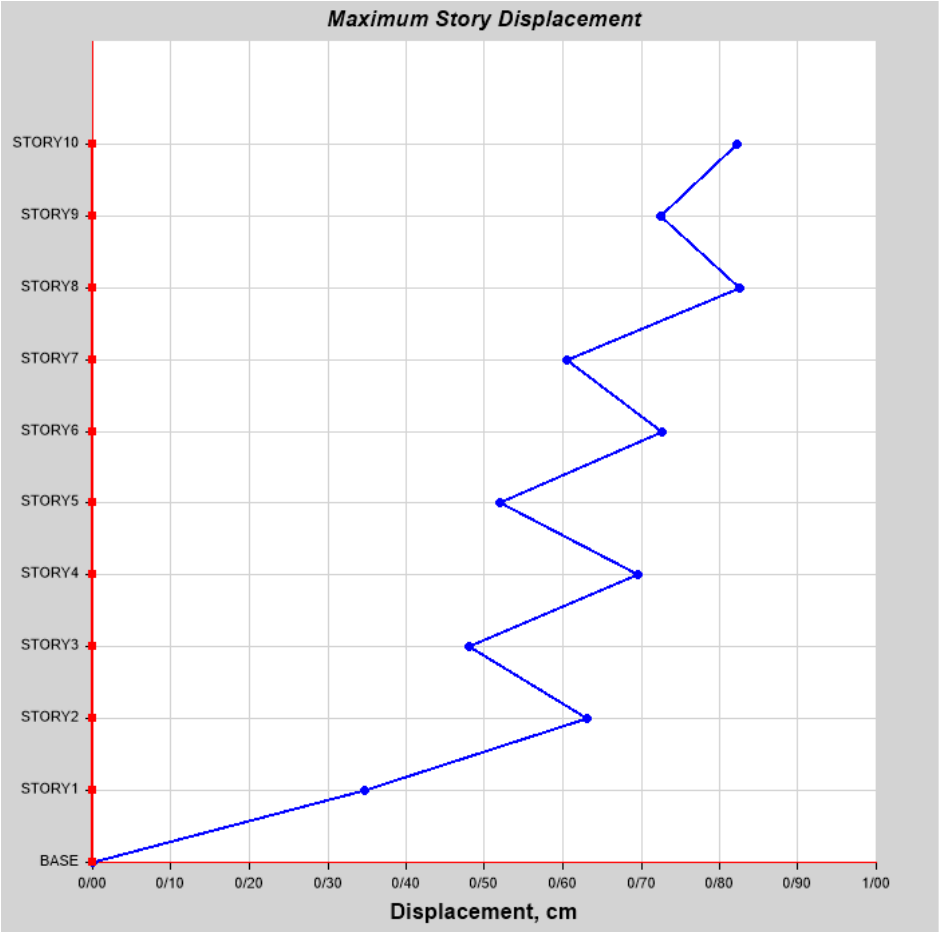
از نتایج می توان دریافت استفاده از این میراگر موجب می شود که بیشترین تغییر مکان نسبی در سازه به 50 درصدکاهش یابد. عدد نشان داده شده 1درصد است.



شکل شماره (6): بیشترین تغییر مکان نسبی

4-3-2 بیشترین جا به جایی

بیشترین مقدار جا به جایی در این حالت برابر با 0.035 سانتی متر است که مربوط می شود به طبقه ی اول.



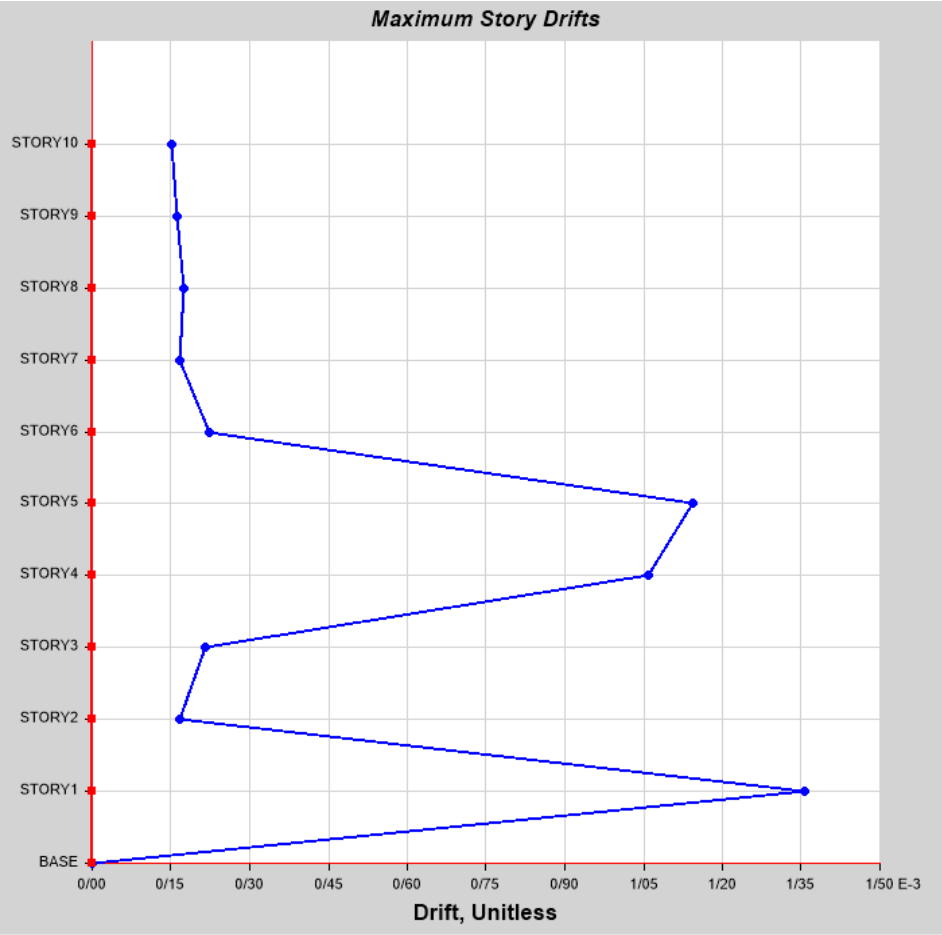
شکل شماره (7): بیشترین تغییر مکان نسبی

4-4 خروجی میراگر اصطکاکی دوگانه

همان طور که در مورد میراگر اصطکاکی تکی بیان شد میراگرهای لرزه‌ای برای کاهش ارتعاشات ساختمان در حین زمین لـرزه استفاده می‌شوند. هدف از این پژوهش با دوبل کردن میراگر اصطکاکی مقایسه ی عملکرد سازه در برابر زلزله برای یافتن بهینـه ترین حالت ممکن میراگر اصطکاکی است. نتایج میراگر اصطکاکی دوگانه نشان می دهد تغییرات ناشی از زلزله با بهره گیـری از این میراگر ***51.5*** درصد کاهش می یابد که با مقایسه ی دو میراگر فوق و نتایج حاصله که نشان دهنده ی اختلاف اندک میان آن دو با وجود دوبل کردن میراگر است، به بهینه بودن میراگر اصطکاکی تکی می توان دست یافت.

4-4-1 بیشترین تغییر مکان نسبی

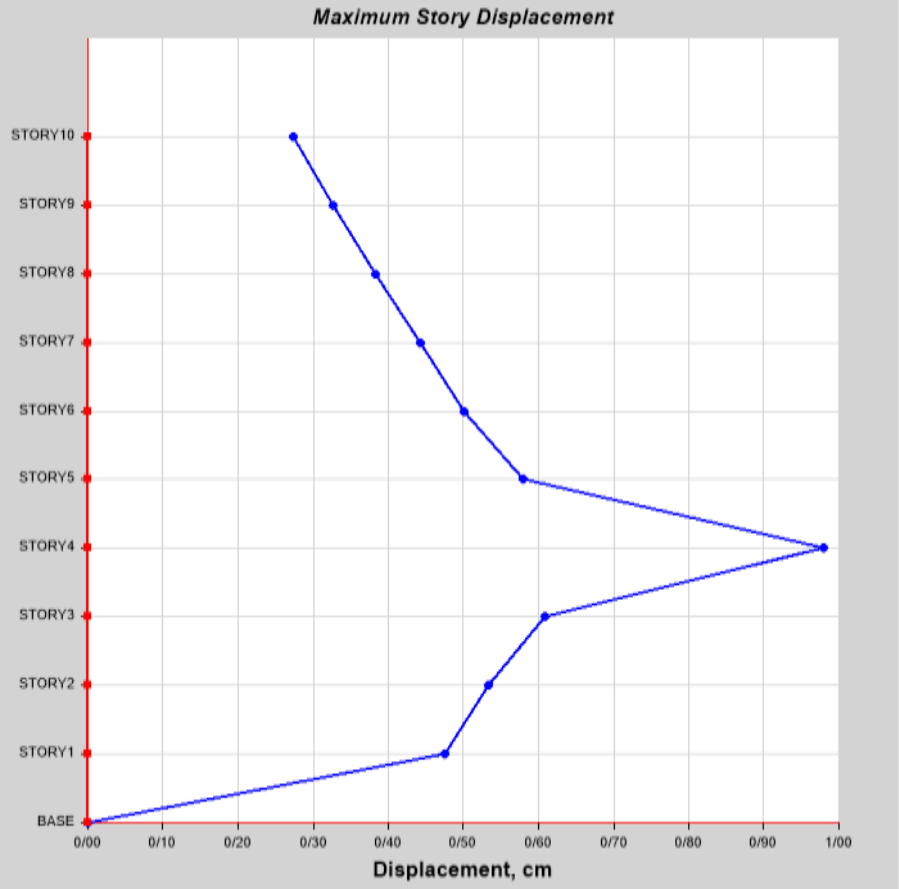
بیشترین تغییر مکان نسبی در این حالت مربوط به طبقه ی اول است که***0.97***درصد بوده که با توجه به حالـت قـاب خمشـی متوسط ***51.5*** درصد کاهش یافته است.



شکل شماره (8): بیشترین تغییر مکان نسبی

2-4-4 بیشترین جا به جایی

حداکثر جابه جایی مربوط به طبقه ی اول با***0.04***سانتی متر است که با میزان جابه جایی با میراگر تکی تقریبا برابر است.



شکل شماره (9): بیشترین جا به جایی

5- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش و همچنین مقایسه نتایج با آیین نامه 2800 بند 2-5-3 (بیشترین دیریفت قابل قبول) که باید حداکثر دریفت کمتر از 0.02 ارتفاع باشد پاسخ سازه معقول بوده است و قابل قبول می باشد.هدف از مقایسه سازه با قاب خمشی متوسط و استفاده از میراگر اصطکاکی ،دریافت پاسخی برای کمتر کردن تغییر شکل های ناشی از زلزله می باشد که از نتایج حاصله می توان پی برد استفاده از بادبند UNP100 تغییرات ناشی از زلزله را تا 40درصد کاهش می دهد. این در حالی است که میراگر اصطکاکی تکی این کاهش را به 50 در صد می رساند و همچنین میراگر اصطکاکی دوگانه 51.5 درصد، تغییرات ناشی از زلزله را نسبت به مدل قاب خمشی متوسط کاهش می دهد. پیشنهاد استفاده از میراگر اصطکاکی تکی و دوگانه در سازه هایی در مناطقی با خطر لرزه خیزی نسبی زیاد

توصیه ای است که می تواند بهبود عملکردی سازه با توجه به نشریه ی 360سازمان برنامه و بودجه چه در سطح بهره برداری (AO) ،چه در سطح امنیت جانی (LF) و همچنین در سطح CT را فراهم آورد.

مراجع

1. پیام اشتری، مسعود عسگری، اصغر رسولی، بررسی اثر میراگر اصطکاکی لغزشی در کنترل پاسخ سازه، ۱۳۸۷.
2. حمید میرزایی فرد، مسعود میرطاهری، حمید رحمانی سامانی، بررسی تأثیر میراگر اصطکاکی سیلندری بر پاسخ لرزه ای سازه های فلزی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی.
3. محسن تهرانی زاده، فرشید خالقیان، مقایسه نتایج آزمایشگاهی میراگر اصطکاکی با سطوح لغزش مختلف، ۱۳۸۶.
4. رضا کرمی محمدی، حامد سرمست، مقاله استفاده از قابهای مهاربندی شده با میراگرهای اصطکاکی برای سبک سازی در سازه ها، 1384.
5. محمد بیات، سیدمهدی زهرایی، نقش میراگر اصطکاکی در بهبود عملکرد لرزه ای قابهای فولادی تا اتصالات صلب و نیمه صلب، دانشگاه تهران، تهران، 1395
6. جواد واثقی امیری، سیدقاسم جلالی، عملکرد قابهای خمشی فولادی مجهز به میراگرهای اصطکاکی دورانی، دانشکده عمران بابل، دانشگاه صنعتی بابل، 1393
7. امیر شیرخانی، ناصر رشابختی، سیدروح اله موسوی ، بررسی نتایج حاصل از روش زمان دوام و تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی قاب های فولادی مجهز به میراگرهای اصطکاکی چرخشی، 1393
8. سامان باقری ، علی حدیدی، نسرین بسطامی، مقاله تعیین مشخصه بار لغزش میراگرهای اصطکاکی در طبقات مختلف قاب‌های ساختمانی بر اساس شکل‌پذیری هدف، دانشگاه تبریز. 1394
9. محمد مهدی کوچنانی، علی هوشمند آیینی، مقاله ارزیابی عملکرد لرزه ای ساختمان های فولادی با پلان مربعی شکل مجهز به میراگر اصطکاکی دورانی در حوزه نزدیک و دور از گسل، 1397
10. حسین جراحی، صادق اعتدالی، آزیتا اسعدی، محسن خطیبی نیا، مقاله آنالیز حساسیت پارامترهای میراگر اصطکاکی دورانی، 1397
11. سایت www.peer.com
12. آیین نامه ی 2800
13. نشریه 360
14. ASCE، انجمن مهندسان عمران آمریکا