تأثیر میراگر اصطکاکی لغزشی در کنترل پاسخ سازه

مسعود عسگری
کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه آزاد مهاباد
maso59as@yahoo.com

علی یوسفیه
دانشجوی کارشناسی ارشد سازه،دانشگاه آزاد مراغه
yousefieh_ali@yahoo.com

چکیده

سازه های مجهز به قابهای بادبندی شده سختی جانبی خوبی در برابر زلزله دارند ولی اتلاف انرژی در اعضای آن ناچیز بوده و نیروهای بزرگی بر سازه وارد میشود. قابهای خمشی عملکرد شکل پذیرتری در برابر زمین لرزه و همچنین قابلیت شکل پذیری خوبی نسبت به قابهای بادبندی دارند، ولی به دلیل آنکه سختی جانبی آن 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. در این تحقیق با استفاده از قابلیتهای برنامه SAP2000 به بررسی رفتار این سیستم پرداخته شده و سپس با سایر سیستمهای مقاوم ساز لرزه ای مقایسه گردیده است و همچنین قابل ذکر است که از معیارهای شتاب طبقات و تغییر مکان جانبی برای مقایسه استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی:
سختی، اتلاف انرژی، شکل پذیری، میراگر اصطکاکی لغزشی

مقدمه

برای اینکه عکس العمل سازه در مقابل زلزله مناسب باشد، روشهای مختلفی برای طراحی مورد تحقیق و آزمایش است، در این روشها، سازه با ترکیبی از سختی ، قابلیت شکل پذیری و همچنین اتلاف انرژی در برابر زلزله از خود مقاومت نشان می دهد. طراحی سازه ها به طوریکه در حین زلزله های قوی بدون تخریب بمانند غیر اقتصادی است، بنابراین اکثر آئین نامه های طراحی سازه، فلسفه طراحی لرزه ای مبتنی بر مفهوم تغییر شکل پذیری را ارائه نمود ه اند، بر این اساس یک سازه بایستی به نحوی طراحی گردد که تغیر شکل پذیری مورد نیاز هر عضو با ظرفیت تغییر شکل پذیری آن در تعادل باشد تا در هنگام زلزله انرژی در عضو به صورت مطمئنی مستهلک گردد. همان طوری که بیان شد یک سازه می تواند در اثر قابلیت شکل پذیری انرژی زیادی را در حین زلزله مستهلک نماید، ولی وجود شکل پذیری زیاد در ساختمان تشکیل مفاصل پلاستیک در برخی از اعضای سازه ای را به همراه خواهد داشت، در نتیجه موجب صدمات جدی در برخی از اعضای سازه ای اصلی مثل تیرها خواهد شد. یکی از روشهای مورد استفاده برای کاهش صدمات وارده بر سازه در حین زلزله استفاده از سیستمهای مستهلک کننده انرژی « میراگر الحاقی» می باشد. کاربرد این سیستمها در سازه ها موجب می شود اعضای سازه ای در هنگام وقوع زلزله در محدوده رفتار الاستیک باقی مانده و در نتیجه از بروز تخریب و صدمات در آنها جلوگیری می گردد.

نحوه مدلسازی در نرم افزار SAP2000عملکرد سیستم میراگر اصطکاکی در اثر لغزش صفحات دستگاه میراگر و در نتیجه آن به واسطه اتلاف انرژی در سیستم به هنگام وقوع زمین لرزه می باشد. از این رو برای بررسی دقیق رفتار دینامیکی یک سیستم میراگر اصطکاکی لازم است تا پاسخ سیستم در طول وقوع زلزله و به طبع آن میزان تغییر مکان المانهای اصطکاکی در دست باشد تا قابلیت اتلاف انرژی در سیستم مورد بررسی قرار گیرد. از این رو بهترین روش برای بررسی رفتار دینامیکی و عملکرد یک سازه مجهز به میراگر اصطکاکی استفاده از آنالیز دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی می باشد تا بتوان تمامی خصوصیات واقعی یک زمین لرزه را در رفتار دینامیکی آن مشاهده نمود. برای این منظور از برنامه های مختلف مهندسی که قابلیت انجام آنالیز دینامیکی غیر خطی را داشته باشند، از جمله SAP2000 می توان استفاده کرد. برای مدل کردن سیستم میراگر می توان از خواص لینک غیر خطی موجود در برنامه SAP2000 استفاده کرد. لینکهای غیر خطی موجود در برنامه SAP2000 شامل موارد زیر است:

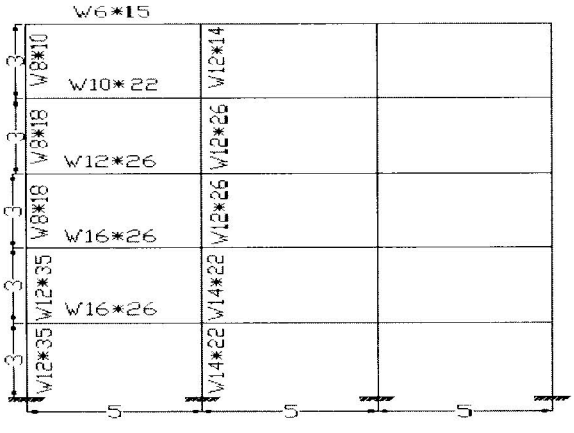
Gap و Hook و Plastic1 و Isolator2 یا Isolator1 و Damper

معمولاً در مدلسازی میراگر های اصطکاکی برای نشان دادن بار لغزش میراگر از لینکی که مربوط به تنش حد تسلیم می باشد استفاده می شود،بنابراین در این تحقیق، برای مدل سازی میراگر اصطکاکی از المان غیر خطی Plastic1 استفاده شده است{مرجع۱}.

روش تحقیق

با توجه به تحقیقات انجام شده مشخص شده است که میراگرهای اصطکاکی در سازه هایی که ارتفاع متوسطی دارند عملکرد بهتری از خود نشان می دهند{مرجع ۳}،در این تحقیق برای بررسی رفتار سیستم میراگر اصطکاکی از نوع لغزشی یک سازه فولادی پنج طبقه با سه نوع سیستم مختلف در نظر گرفته شد(قاب خمشی،قاب خمشی مهاربندی شده و قاب خمشی مجهز میراگر)،وبعد از آنالیز و طراحی قاب کناری به عنوان نمونه جدا شده و مورد بررسی قرار گرفت(شکل-۱). ارتفاع طبقات برابر ۳ متر و عرض دهانه نیز برابر ۵ متر می باشد. همچنین به منظور مقایسه اثر زلزله های مختلف که ممکن است بر سازه وارد شود از دو رکورد زلزله مختلف یکی داخلی و یکی مربوط به خارج از ایران استفاده شده است. این رکورد ها شامل شتابنگاشت زمین لرزه های السنترو و طبس می باشد.

همچنین به منظور کارایی میراگر اصطکاکی در کنترل پاسخ سازه های مورد مطالعه، نتایج سیستم قاب مجهز به میراگر اصطکاکی با نتایج قاب خمشی و سیستم قاب خمشی مهاربندی شده مقایسه می گردد. طراحی اولیه قابها بر اساس سیستم قاب مقاوم خمشی می باشد که برای بارگذاری لرزه ای آن از آئین نامه ۲۸۰۰ ایران استفاده شده است و بارگذاری ثقلی قابها نیز بر مبنای آئین نامه ۵۱۹ می باشد. با فرض سقف تیرچه بلوک و در نظر گرفتن جزئیات مربوطه بار مرده طبقات محاسبه گردیده است. بار مرده برابر ۳/۵ Ton/m و بار زنده نیز برابر ۱ Ton/m می باشد (بار وارد بر هر متر طول) . از آنجائیکه قابهای مورد نظر منظم بوده و ارتفاع کل آنها کمتر از ۵۰ متر است بر اساس آئین نامه ۲۸۰۰ می توان از روش استاتیکی معادل برای محاسبه نیروی زلزله استفاده کرد. جزئیات قاب تحلیلی را در شکل ۱ مشاهده می فرمایید. جهت بررسی عملکرد سازه در زمین لرزه های مختلف برای انجام تحلیل های تاریخچه زمانی از رکورد زلزله های السنترو و طبس در مقیاسهای۰/۵g و۰/۳۵g و ۰/۲g استفاده شده است.در شکلهای ۲ و ۳ رکورد این زلزله ها نشان داده شده است.

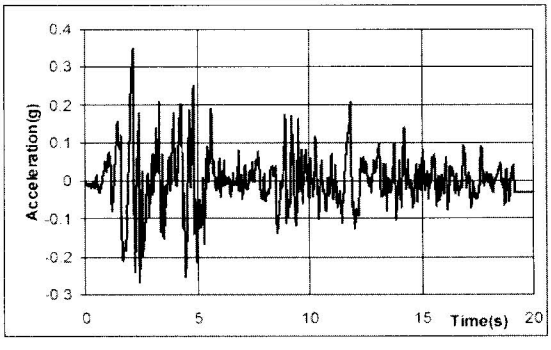


شکل ۱- مشخصات قاب ۵ طبقه و ۳دهانه

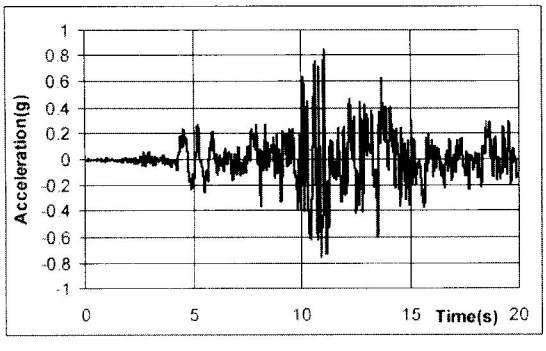
تعیین بار طراحی لغزش میراگر ها با استفاده از تحلیلهای تاریخچه زمانی

مهمترین قسمت در طراحی یک سازه مجهز به میراگر اصطکاکی تعیین بار لغزش بهینه یا همان بار طراحی لغزش است. براساس مطالب ذکر شده یکی از روشهای تعیین بار طراحی لغزش استفاده از تحلیلهای تاریخچه زمانی و مقایسه نتایج بدست آمده از آن جهت تعیین مقدار بار طراحی لغزش است. برای این منظور در محدوده ای از بارهای آستانه لغزش اقدام به انجام تحلیلهای تاریخچه زمانی شد، این تحلیلها با استفاده از رکورد ها ی ثبت شده برای زلزله های السنترو و طبس انجام گردید. پس از انجام آنالیزها بر اساس نتایج بدست آمده از تحلیلهای انجام یافته بار لغزشی که متناظر با کمترین پاسخ سازه است به عنوان بار طراحی لغزش در نظر گرفته می شود.

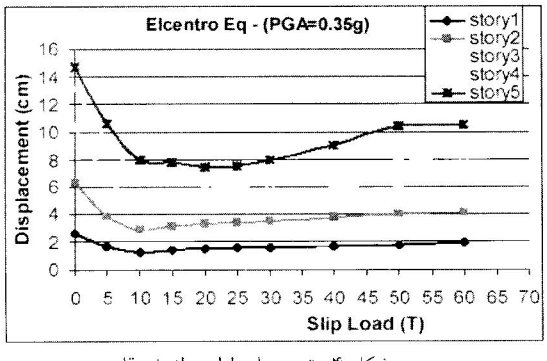
جهت انجام مقایسه بین نتایج بدست آمده برای پاسخ سازه از پارامترهای مختلفی می توان به عنوان معیاری برای ارزیابی نتایج بدست آمده استفاده کرد. از جمله می توان حداکثر تغییر مکان نسبی طبقات حداکثر تغییر مکان کلی سازه، شتاب حداکثر طبقات و یا برش حداکثر طبقات را به عنوان معیاری برای مقایسه پاسخ سازه برگزید. شکلهای ۴ و ۵ نتایج تحلیل تاریخچه زمانی قاب ۵ طبقه و ۳ دهانه مجهز به میراگر اصطکاکی لغزشی را تحت رکورد زلزله Elcentro, ۱۹۹۴ و زلزله طبس باPGA= ۰/۳۵g نشان می دهند. این شکل شامل مقادیر حداکثر تغییر مکان جانبی طبقات قاب به ازای بارهای لغزش متفاوت می باشد. همانطور که این نمودارها نشان می دهند، کمترین پاسخ سازه به ازای بار لغزشی حدود ۱۵ تن بدست آمده است.



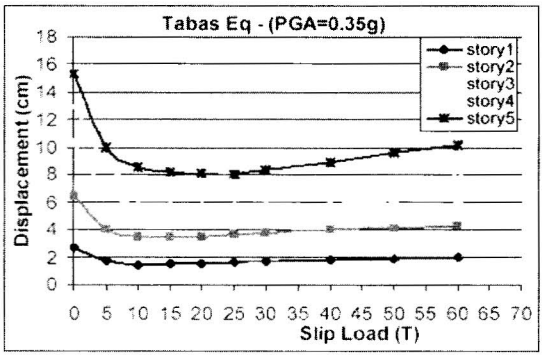
شکل ۲- تاریخچه زمانی زلزله السنترو PGA=۰/۳۴۸g



شکل ۳- تاریخچه زمانی زلزله طبسPGA= ۰/۸۵۲g



شکل ۴- تعیین بار طراحی لغزش قاب



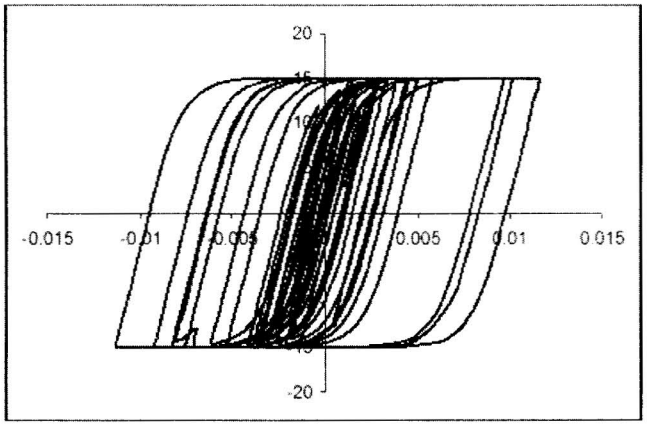
شکل ۵- تعیین بار طراحی لغزش قاب

نتایج آنالیز قابهای مجهز به میراگر اصطکاکی لغزشی و مقایسه آن با سایر سیستمها

در این قسمت رفتار دینامیکی قاب مجهز به میراگر اصطکاکی لغزشی بر اساس تحلیل های انجام یافته بررسی خواهد شد و در ادامه پاسخ قاب های مجهز به میراگر اصطکاکی لغزشی با پاسخ سیستم های قاب مقاوم خمشی و قاب خمشی بادبندی شده، مقایسه خواهد شد.

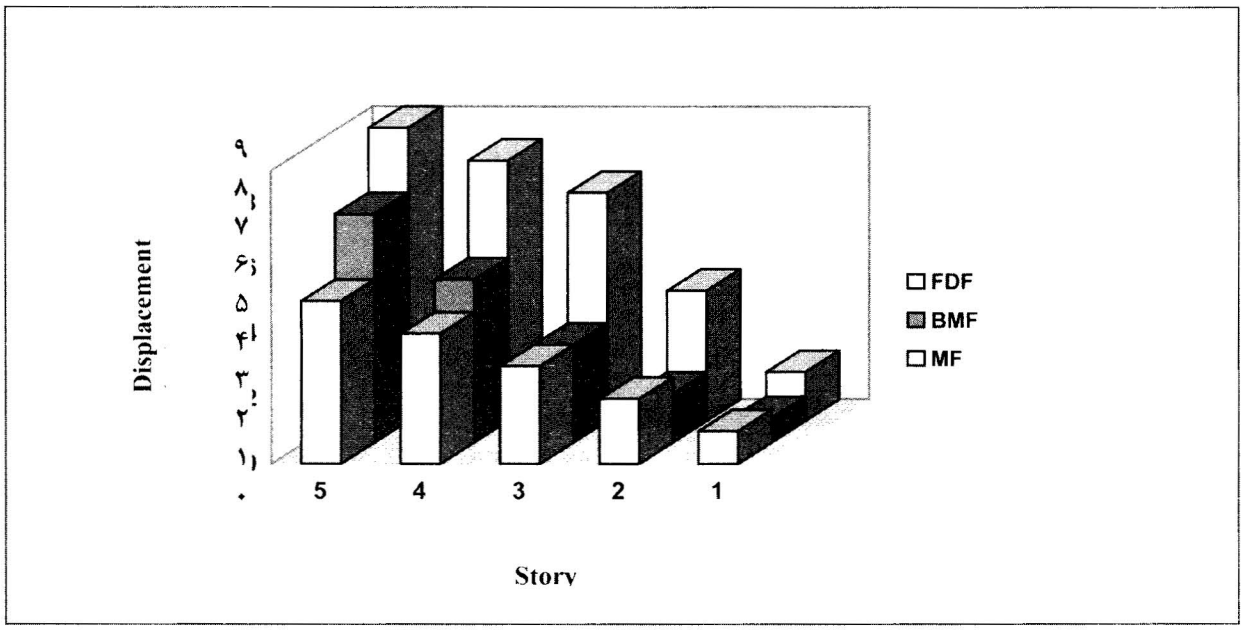
نتایج ارائه شده در این قسمت، نتایج تحلیل های تاریخچه زمانی غیر خطی برای قاب های مجهز به میراگر اصطکاکی لغزشی، قاب مقاوم خمشی و قاب خمشی بادبندی شده می باشد. شتابنگاشتهای مورد استفاده همان شتابنگاشتهای ارائه شده در بخش های قبل یعنی رکورد زلزله های السنترو و طبس در مقیاس های ۰/۵ g،۰/۳۵ g و ۰/۲g هستند. در تمامی آنالیزها میرایی معادل تمام مدها برای انجام تحلیلهای لازم برابر ۵ درصد در نظر گرفته شده است. قاب های مورد تحلیل نیز همان قاب های ارائه شده در قسمت های قبل می باشند. شکل۶ منحنی هیسترزیس یک میراگر نوعی مربوط به قاب ۵ طبقه برای بار لغزش ۱۵ تن تحت شتابنگاشت زلزله السنترو با PGA= ۰/۳۵g را نشان می دهد.

همانطور که ملاحظه می شود منحنی هیسترزیس بدست آمده به شکل مستطیل و مشابه منحنی بار- تغییر شکل یک ماده الاستو پلاستیک ایده آل است. در حقیقت با توجه به سطح زیر منحنی هیسترزیس بدست آمده، می توان قابلیت بالای سیستم میراگر اصطکاکی را در جذب و اتلاف انرژی ورودی ناشی از زلزله مشاهده نمود.

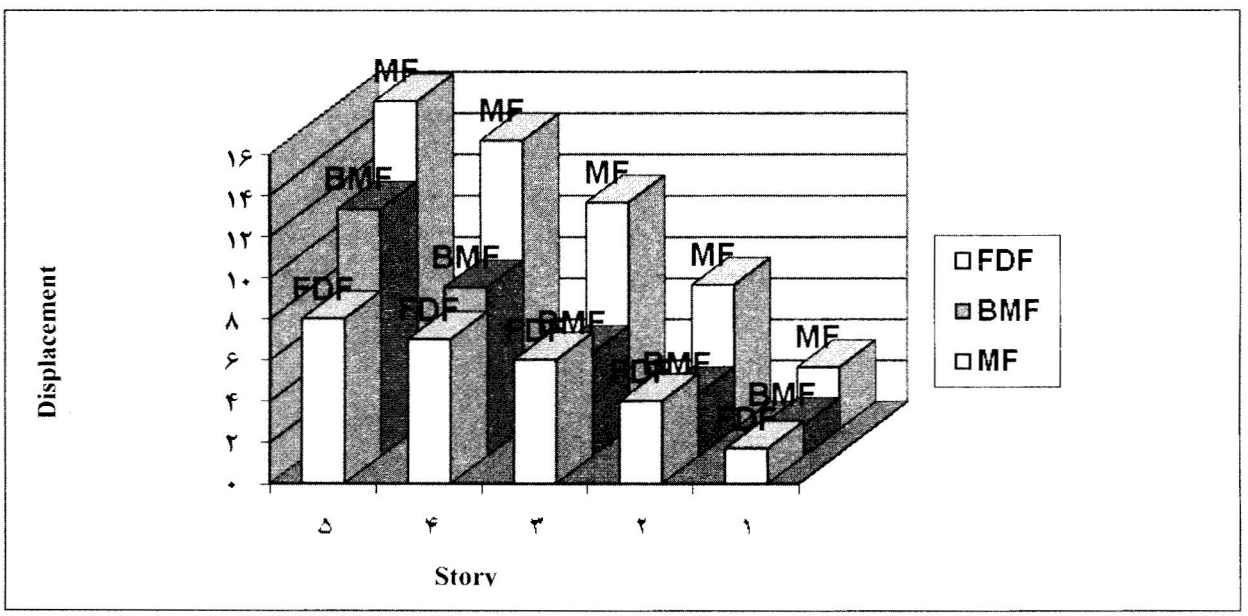


شکل ۶- منحنی هیسترزیس یک نوع میراگر اصطکاکی

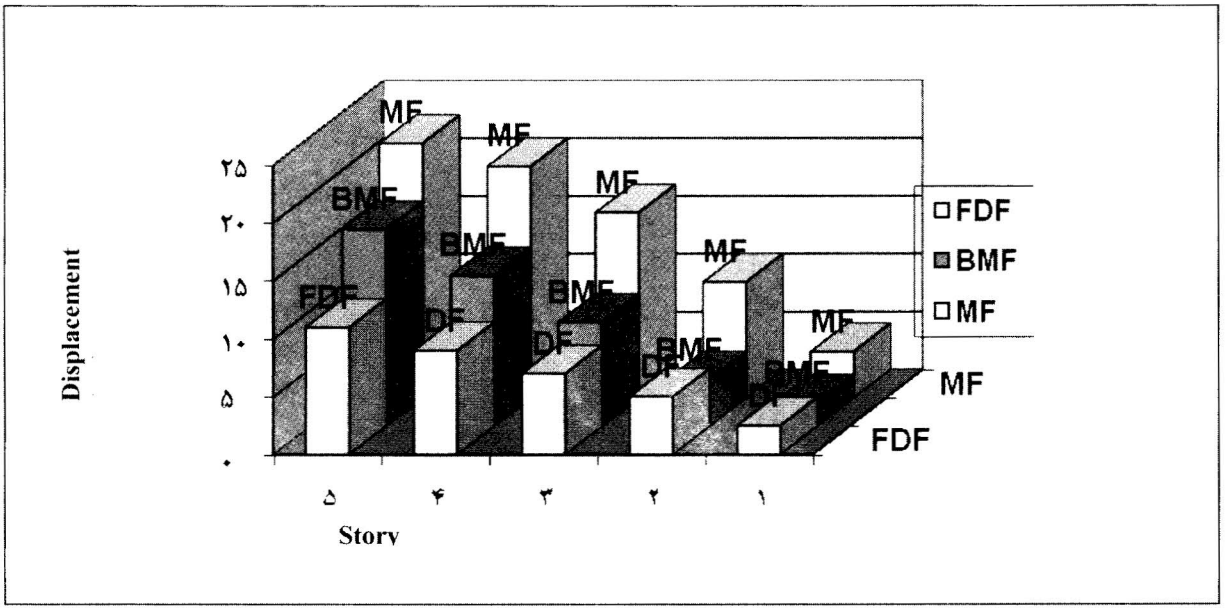
شکلهای ۷ و ۸ و ۹ نمودار تغییر مکان کلی طبقات برای قاب فولادی ۵ طبقه را نشان می دهند، این نمودارها به ترتیب برای پیک شتاب ۰/۲g،۰/۳۵ g و ۰/۵ g تحت رکورد زلزله السنترو هستند، همانطور که ملاحظه می شود در قاب مجهز به میراگر اصطکاکی میزان تغییر مکانها نسبت به قاب خمشی ۶۰ درصد کاهش نشان می‌دهد، همچنین میزان کاهش تغییر مکانها نسبت به قاب بادبندی شده برای طبقات بالایی قابل توجه بوده و کاهشی برابر ۳۳ درصد داشته است که با توجه به سختی زیاد سیستم قاب خمشی ضربدری این امر نشانگر کارایی مناسب سیستم میراگر اصطکاکی در محدود کردن میزان تغییر مکانها بدون افزایش عمده سختی و در نتیجه کاهش خسارات و صدمات به سایر اعضای سازه ای و غیر سازه ای می باشد.



شکل ۷- مقایسه تغییر مکان کلی طبقات قاب برای سیستمهای FDF,MF,BMF
PGA= ۰/۲g



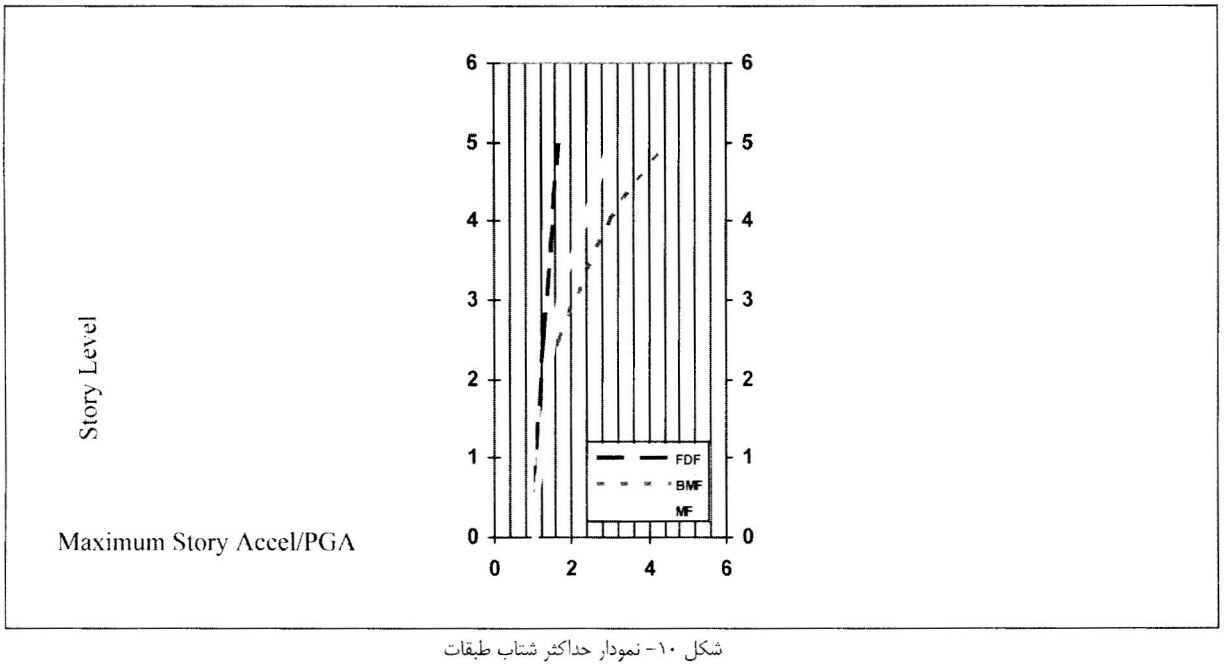
شکل ۸- مقایسه تغییر مکان کلی طبقات قاب برای سیستمهای FDF,MF,BMF
PGA=۰/۳۵g



شکل ۹- مقایسه تغییر مکان کلی طبقات قاب برای سیستمهای FDF,MF,BMF
PGA=۰/۵g

شکل ۱۰ نمودار حداکثر شتاب برای طبقات مختلف قاب ۵ طبقه تحت رکورد زلزله السنترو نرمال شده برای پیک شتاب PGA= ۰/۳۵g می باشد. جهت مقایسه نتایج هر سه سیستم قاب مجهز به میراگر اصطکاکی، قاب مقاوم خمشی و قاب خمشی بادبندی شده در این نمودار ارائه گردیده است. با توجه به مقادیر بدست آمده از نمودار نسبت شتاب حداکثر قاب بادبندی شده به قاب مجهز به میراگر اصطکاکی برابر ۲/۷و نسبت شتاب حداکثر قاب مقاوم خمشی به قاب مجهز به میراگر اصطکاکی برابر ۱/۸۷ می باشد.

همانطور که در شکلهای ذکر شده نیز مشاهده گردید با الحاق میراگرهای اصطکاکی به قابها پاسخ سازه نسبت به معیارهای ذکر شده از جمله تغییر مکان کلی و نسبی و نیز شتاب طبقات و برش پایه قابها؛ بهبود قابل ملاحظه ای داشته است، که این امر بیانگر عملکرد بسیار مناسب این سیستم در کنترل زلزله های محتمل وارد بر سازه، در طول عمر مفید آن می باشد.



شکل ۱۰- نمودار حداکثر شتاب طبقات

نتیجه گیری

۱. در ایـن سیسـتمها بـه علـت استهلاک بالای انرژی ورودی به سـازه و همچنیـن انتقال مفاصل پلاستیک به مکانهای از پیش تعیین شـده، تغیـیر مکـان جانبی و همچنین نیروی انتقالی به اعضای اصلی قاب به میزان زیادی کاهش می یابد. که از دیگر نتایج این امر کاهش بسـیار زیاد تعداد مفاصل پلاستیک در اعضای اصلی قاب می باشد، به گونه ای که حتی در بسیاری از مواقع که بعلت نیروی زلزله در سیستم بـدون مـیراگر بـا تشکیل مفاصل پلاستیک زیادی مکانیزم تخریب در قـاب تشـکیل می شود؛ در سیستم شامل میراگر یا مفاصل پلاستیکی ایجـاد نشـده ویـا صـرفاً تعـداد اندکـی مفاصـل پلاسـتیک تشـکیل می گردند.

۲. بـا توجـه بـه نـتایج بدسـت آمـده می توان گفت سیستم های میراگر اصطکاکی در حین وقوع زلزله های شدید عملکرد مناسب تری نسـبت به زلزله های خفیف دارند. این امر به علت فعال نشدن اعضای مـیراگر در حیـن وقـوع زلزله های خفیف می باشد. اما در هنگام وقوع زلـزلـه هـای قـوی بعـلت نیروی وارده بیشتر اعضای میراگر لغزش بیشـتری داشـته در نتـیجه مـیزان زیـادی از انرژی ورودی به سازه را مستهلک می نمایند.

۳. در محـدوده ای از بارهای لغزش پاسخ سازه نسبت به تغییرات آن حساسـیت زیـادی از خـود نشـان نمی دهد؛ میزان این محدوده در حدود ۱۵ درصد بار آستانه لغزش بدست آمده می باشد.

۴. در برخـی سـازه های بدون میراگر درصد میرائی سازه بین ۱ تا ۵ درصـد اسـت، بـا اسـتفاده از میراگر های اصطکاکی می توان درصد میرائی سازه را به ۲۰ تا ۵۰ درصد رساند.

۵. این میراگر ها منحنی هیسترزیس بزرگ مستطیل شکل دارند، از ایـن رو نسـبت به سایر سیستمها برای نیروی معلوم بیشترین مقدار اتلاف انرژی را دارا هستند.

مراجع:

۱- واکابایاشـی مینورو،۱۳۷۴ ، طراحی ساختمانهای مقاوم در برابر زلزـله،ترجمه ناطقـی الهـی-ف،معماری-ع،پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.

۲- ناطقـی الهـی-فریبرز،۱۳۷۸،میراگر های انرژی در مقاومسازی لرزه ای سازه ها،پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.

3.AIKEN,I.D,Kelly,J.M.,pall,A.S,1988,Seismic Response of a Nine-story steel bracing, Report No.UCB/EERC-88/17.Earthquake Engineering research Center, the University of californha at Berkeley,PP.1-7.

4.www.damptech.com

5.www.Palldynamics.com

The effect of slippery friction damper on controlling the response of the structure

Masoud Asgari
M.S. Structural Engineering

Ali Yousefieh
M.S. Structural Engineering

Abstract:

Braced frames structures have a good lateral stiffness against earthquakes. However, energy loss of their members is slight and strong forces are given to the structures. Moment frames have a more flexible function against earthquakes and also have a better flexibility than braced frames. However, since its lateral stiffness is low, too much displacement of the structure results in an increase in lateral movement in stories. Slippery friction damper system creates a good lateral stiffness for the structure; furthermore it leads to a great energy loss in the structure. In this research, using SAP2000 this system's behavior has been investigated. Afterwards, it has been compared with the other seismic strengthening systems.

Key words:

braced frames; lateral stiffness; moment frames; slippery friction damper