

مقایسه عملکرد میراگر مایع لزج با میراگر اصطکاکی در سازه‌های فولادی میان مرتبه

سمیه کریمیان^{۱*}، سید سجاد حسینی^۲

۱- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر، اسلامشهر، ایران

S_karimiyan@iiu.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران - سازه، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر، اسلامشهر، ایران

sajjadhosseini1998@gmail.com

چکیده

هدف از انجام این مقاله تحلیل دینامیکی غیرخطی بر روی قاب‌های دارای میراگر (مایع لزج و اصطکاکی)، با سازه‌های ۵ طبقه و ۳ طبقه فولادی و مقایسه عملکرد این سیستم‌ها می‌باشد. به منظور انجام این مقاله و رسیدن به اهداف موردنظر، پروژه مورد مطالعه برای تحلیل استاتیکی خطی به منظور طراحی، با استفاده از نرم افزار ETABS مدل سازی و بر اساس ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ و مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران بارگذاری می‌شوند و طراحی آنها بر اساس مبحث دهم مقررات ملی ایران و با استفاده از نرم افزار مذکور انجام می‌شود. سپس به منظور تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی تحت حداقل ۷ شتابنگاشت دوفولفه‌ای حوزه دور (far-field earthquake) نیز از نرم افزار ETABS استفاده می‌شود و پاسخ تغییر مکان و ماکزیمم دررفت طبقات و برش پایه به دست آمده و نیازهای لرزه‌ای در سازه با میراگرهای مختلف بررسی می‌شود. در نهایت پاسخ‌های سازه برای میراگرهای مختلف با هم مقایسه می‌شود. همچنین دررفت و برش پایه سازه فولادی ۵ طبقه و ۳ طبقه با میراگر اصطکاکی و ویسکوز با بارهای تاریخچه زمانی اعمال شده که به صورت ۷ زوج شتابنگاشت می‌باشد در مقایسه با سازه بدون میراگر تأثیر کاهشی داشته است.

کلمات کلیدی: میراگر مایع لزج - میراگر اصطکاکی - سازه‌های فولادی میان مرتبه - تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی - شتابنگاشت - برش پایه - دررفت

۱. مقدمه

بهبود رفتار ساختمان‌ها از طریق کاهش اثر بارهای جانبی از موضوعات مطرح و نوین در علم مهندسی سازه است که مبتنی بر کاهش انرژی وارده بر سازه از طریق استهلاک آن می‌باشد. ساختمان‌ها می‌توانند در اثر قابلیت شکل‌پذیری، انرژی زیادی را در حین زلزله مستهلک نمایند. ظرفیت شکل‌پذیری زیاد در ساختمان، تشکیل مفاصل پلاستیک در برخی از اعضای سازه را طلب می‌کند. استفاده از سیستم‌های مستهلک‌کننده انرژی در ساختمان‌ها باعث می‌شود تا اعضای سازه همچنان در مرحله ارتجاعی باقی بمانند و در نتیجه از بروز تخریب جلوگیری نمایند. به‌طور کلی جاذب‌های انرژی (میراگرهای الحاقی) به‌منظور کاستن از پاسخ دینامیکی سازه در برابر باد و زلزله استفاده می‌شوند. مکانیزم عملکرد این وسایل به‌گونه‌ای است که با انجام تغییر شکل‌های ویژه، مقدار زیادی از انرژی ورودی به سازه بر اثر بارگذاری دینامیکی را جذب و مستهلک می‌سازند. عملکرد این وسایل موجب می‌گردد که انرژی دریافتی سایر اعضای سازه کاهش یافته و در نتیجه تغییر شکل زیادی در آنها ایجاد نشود [1]. استفاده از میراگرهای الحاقی غیرفعال در ساختمان‌ها به ۳ دلیل می‌تواند سودمند باشد: میراگرهای الحاقی می‌توانند با فراهم کردن سختی و میرایی اضافی در سازه، سبب کاهش پاسخ آن گردند، استهلاک مورد نیاز انرژی در ساختمان‌ها می‌تواند اساساً توسط میراگرهای الحاقی تأمین شود، خسارت وارده به ساختمان‌ها را می‌توان با الحاق این وسایل محدود نمود. به‌طوری‌که در صورت لزوم می‌توان به راحتی آنها را تعویض نمود، بدون آنکه بر سیستم باربر ثقلی اثر بگذارد [2]. میراگرهای الحاقی دارای انواع مختلفی هستند که باتوجه به مکانیزم عملکرد آنها به سه دسته فعال شونده بر اساس جابه‌جایی، فعال شونده بر اساس سرعت و فعال شونده بر اساس حرکت تقسیم‌بندی می‌شوند. سیستم‌های کنترل غیرفعال که به جابه‌جایی سیستم وابسته‌اند، دارای ظرفیت جذب انرژی مشخصی باتوجه به میزان جابه‌جایی که درک می‌کنند، هستند. در زمان وقوع زلزله انرژی ورودی به سازه از المان‌های سازه‌ای به دستگاه جذب انرژی منحرف می‌شود. در سیستم‌های وابسته به سرعت مکانیزم کار دستگاه به این صورت است که ظرفیت میرایی سیستم افزایش یافته و به این ترتیب بخشی از انرژی ورودی به سازه توسط این دستگاه تحمل می‌گردد. نهایتاً سیستم‌های وابسته به حرکت نیز از طریق ترکیب دو مکانیزم ذکر شده در فوق میزان انرژی مؤثر بر سازه را در حین وقوع زلزله کاهش می‌دهد. یکی از روش‌های مؤثر در بهسازی لرزه‌ای سازه‌ها میراگر سیستم لرزه‌ای در سازه‌ها و ساختمان‌ها می‌باشد که در هنگام وقوع زلزله عمل می‌کند و در تحمل بارهای استاتیکی نقشی ندارند، مقاوم‌سازی با میراگر یا دمپر بر پایی افزایش ضریب میرایی ساختمان بنا شده است، به‌طور کلی سازه‌ها عموماً ۵٪ میرایی بحرانی را تأمین می‌کنند اما با استفاده از میراگرهای لرزه‌ای در کنار المان‌های باربر جانبی یا اتصالات سازه‌ای می‌توان میرایی سازه را تا بیش از ۵۰ درصد افزایش داد. همچنین تأثیر میرایی با کاهش دامنه نوسان و پاسخ ساختمان نسبت به نیروهای وارده می‌باشد. استفاده از میراگر باعث کاهش جابه‌جایی کلی سازه، شتاب پاسخ و تغییر مکان جانبی طبقات داخلی می‌شود و در نتیجه کاهش خسارات سازه‌ای و غیر سازه‌ای را در پی خواهد داشت. هدف اصلی میراگر جلوگیری از انتقال مستقیم نیروی زلزله از پی به سازه است. سیستم‌های جاذب یا به اصطلاح مستهلک‌کننده انرژی سبب جذب انرژی حاصل از حرکات نیرومند زمین می‌شود و به سازه اجازه نمی‌دهد که وارد ناحیه غیرخطی گردد. این عمل باعث مقاومت سازه‌ها در برابر زلزله‌های شدید می‌شود و احتمال فرو ریزش سازه در برابر این زلزله‌ها به شدت کاهش می‌یابد. میراگرها به راحتی می‌توان به صورت ترکیبی با سایر روش‌های مقاوم‌سازی نظیر جداساز لرزه‌ای در ساختمان بکار برد [3]. در این تحقیق یک مطالعه مقایسه‌ای بر عملکرد سیستم‌های فعال شونده انجام می‌شود. برای این منظور، عملکرد میراگر مایع لزج و میراگر اصطکاکی که به عنوان یک سیستم فعال شونده بر اساس سرعت و حرکت و جابه‌جایی فعال می‌شود، مقایسه می‌شود.

ایده مجهز نمودن سازه به میراگرهای کنترل غیرفعال به منظور جذب مقدار زیادی از انرژی ورودی به سازه از زلزله، اولین بار توسط کلی و همکاران در سال ۱۷۳۲ ارائه شد [4]. در سال ۱۹۷۹، میراگر اصطکاکی اختراع شد تا در ساختمان‌ها برای بهبود عملکرد لرزه‌ای استفاده شود، با الهام از ترمزهای اصطکاکی مورد استفاده در خودروها [5]. ما می‌توانیم کاربرد میراگرهای اصطکاکی را از یک ساختار قاب ساده مقاوم در برابر لحظه (مهندسی عمران) به شفت چرخان یک هلیکوپتر ۲- IS مهندسی اویونیک بیابیم [6]. آنها به طور گسترده‌ای در زمینه‌های دیگر مانند مهندسی مکانیک پذیرفته شده‌اند [7,8]، مهندسی هوانوردی (هواپیمایی) [6,10,11]، مهندسی راه‌آهن [12] و غیره آنها همچنین در موتورهای جت یا توربوپراپ نصب می‌شوند تا استرس ایجاد شده در اثر ارتعاش در پره‌های توربین را کاهش دهند [11]. از سوی دیگر، کاربرد آن تنها محدود به خود نیست. برای تقویت قابلیت میراگر اصطکاکی به صورت هیبریدی با انواع دیگر دستگاه‌ها همراه شده است. به عنوان مثال، دمپر اصطکاکی با دمپر فلزی همراه شده است [12-17] دمپر ویسکوالاستیک [18]، اکستروژن سرب [19] دیواره دیوارهای چوبی چند لایه [20]، و غیره علی‌رغم تمام مزایایی که میراگر اصطکاکی می‌تواند ارائه دهد، همچنان از چند اشکال قابل توجه مانند رفتار هیسترتیک بسیار غیرخطی به دلیل مکانیزم لغزش چسبنده در سرعت کم رنج می‌برد. در طی این پدیده، انتقال ناگهانی از چسبیدن به فاز لغزشی و بالعکس در حالت دینامیکی دمپر وجود دارد. این امر باعث ایجاد پاسخ ناگهانی میراگر در برابر بارگذاری لرزه‌ای می‌شود که می‌تواند به اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای آسیب برساند و باعث ایجاد ناراحتی برای ساکنین، به‌ویژه برای کسانی که در سازه‌های مرتفع تحت دوره طولانی‌تری از تحریک لرزه‌ای قرار دارند، ایجاد کند. مهم‌تر از همه، این پاسخ ناگهانی با واکنش شتاب سازه ساختمان تحت پالس‌های فرکانس بالا که یک ویژگی بسیار نامطلوب میراگرهای اصطکاکی غیرفعال است، خنثی می‌شود [21,22-24]. وانگ از مزایای هر دو روش عنصر مرزی BEM و المان محدود FEM استفاده کرد تا بینشی در مورد تأثیرات قراردادن بافل‌های مختلف بر روی مایع نوسانی در مخزن حلقوی صلب نیمه پر داشته باشد [25]. دمپرهای ویسکوز توسط کدهای لرزه‌ای فعلی هم برای طراحی ساختمان‌های جدید و هم برای بازسازی ساختمان‌های موجود تأیید می‌شوند، استفاده از کدهای فعلی برای سازه ساختمان محدود است [26]. به‌خوبی درک شده است که در طول تحریکات دینامیکی، انرژی ورودی به گرما هدر می‌رود و دمای روغن دمپر، به‌خصوص در داخل روزنه، می‌تواند تا حد زیادی تا ۴۰۰ درجه سلسیوس افزایش یابد [27].

در کنترل سازه‌ها، سعی بر کاهش انرژی ورودی زلزله و یا باد به کمک استفاده از اعضای به نام میراگر و یا جداگر لرزه‌ای می‌باشد. سیستم‌های کنترلی از طریق تغییر در زمان تناوب سازه (به دلیل تغییر سختی و جرم سازه) و همچنین افزایش میرایی سازه خصوصیات دینامیکی سازه را دستخوش تغییر می‌نمایند. به این منظور با اتکا بر قابلیت استهلاک انرژی میراگرها انرژی زلزله به طور مؤثر مستهلک می‌گردد. لازم به ذکر است که امروزه به دلیل نیاز به طراحی سازه‌هایی با سطوح عملکرد بالاتر، رفته‌رفته تئوری کاهش نیروی زلزله توسط میراگر دستخوش تغییر شده و در بسیاری از حالات به دلیل نیاز به رسیدن به سطوح عملکردی بالاتر، این اتفاق رخ نمی‌دهد. اهداف تحقیق شامل شناخت مشخصه‌های رفتاری میراگرهای مایع لزج و میراگرهای اصطکاکی، مقایسه رفتار لرزه‌ای و عملکرد (جابه‌جایی، بزرگی، برش پایه و...) میراگرهای مایع لزج و میراگرهای اصطکاکی، مستهلک نمودن حجم قابل توجهی از انرژی ورودی به سازه با استفاده از ظرفیت بالای جذب انرژی در فلزات به‌خصوص فولاد، غیروابسته بودن رفتار چرخه‌ای به تغییرات دما در دماهای معمول محیط، دردسترس بودن مصالح و تکنولوژی ساخت مورد نیاز، هزینه ساخت کم و هزینه نگهداری ناچیز در مدت عمر مفید سازه، کاهش قابل توجه هزینه‌های تعمیر و بازسازی سازه پس از زلزله‌های نسبتاً شدید و شدید، تعویض نسبتاً ساده قطعه آسیب‌دیده در بیشتر میراگرهای جاری شونده و عدم ایجاد اختلال قابل توجه در کاربری سازه در هنگام تعمیر یا تعویض میراگر، کنترل ارتعاشات خفیف در سازه در ناحیه خطی مصالح میراگر و افزایش سختی جانبی سازه در ناحیه خطی می‌باشد.

در این تحقیق قصد بر آن است که با انجام تحلیل استاتیکی خطی و تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی بر روی قاب‌های دارای میراگر (مایع لزج و اصطکاکی)، با سازه ۵ طبقه و ۳ طبقه فولادی عملکرد این سیستم‌ها تحت شتاب‌نگاشت زلزله‌های دومی‌لفه‌ای حوزه دور (far-field earthquake) مقایسه شود.

۲. روش تحقیق

بارهای ثقلی وارد بر سازه مطابق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، بارهای جانبی وارد بر سازه مطابق آیین‌نامه ۲۸۰۰، سازه با ارتفاع‌های متفاوت (۵ طبقه و ۳ طبقه) و از نوع فولادی، ساختگاه پروژه شهر تهران، کاربری تمام سازه‌ها مسکونی و زلزله دومی‌لفه‌ای و از نوع حوزه دور (far-field earthquake) فرض می‌شود. به منظور انجام این تحقیق و رسیدن به اهداف موردنظر، پروژه مورد مطالعه برای تحلیل استاتیکی خطی و تحلیل تاریخچه زمانی (Time history) به منظور طراحی تحت حداقل ۷ شتاب‌نگاشت دومی‌لفه‌ای حوزه دور (far-field earthquake)، با استفاده از نرم‌افزار ETABS مدل‌سازی و بر اساس ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ و مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ایران بارگذاری می‌شوند و طراحی آنها بر اساس مبحث دهم مقررات ملی ایران و با استفاده از نرم‌افزار مذکور انجام می‌شود. شایان ذکر است به منظور تحلیل تاریخچه زمانی تحت حداقل ۷ شتاب‌نگاشت دومی‌لفه‌ای حوزه دور (far-field earthquake) از نرم‌افزار ETABS استفاده می‌شود و پاسخ تغییر مکان و ماکزیمم دررفت طبقات و برش پایه به دست آمده و نیازهای لرزه‌ای در سازه با میراگرهای مختلف بررسی می‌شود. در نهایت پاسخ‌های سازه برای میراگرهای مختلف با هم مقایسه می‌شود.

لازم به ذکر است تمامی رکوردهای زلزله حوزه دور از سایت peer berekly انتخاب شده و هر کدام به صورت مجزا در نرم افزار seismosignal مقیاس شده است. حداکثر شتاب کلیه شتابنگاشت‌ها برابر شتاب ثقل g گردید و طیف پاسخ هر زوج شتابنگاشت‌های مقیاس شده با میرایی ۵ درصد تعیین می‌شود و طیف‌های پاسخ هر زوج شتابنگاشت با استفاده از روش جذر مجموع مربعات (SRSS) با یکدیگر ترکیب شده و یک طیف ترکیبی واحد برای هر زوج شتابنگاشت ساخته شده است. داده‌های مربوط به شتابنگاشت‌ها به صورت جدول در نرم افزار excel آورده شده و نمودار هر کدام از رکوردها رسم و ضرایب اصلاح آن اعمال شده است. شتابنگاشت‌ها و مشخصات هر یک در ادامه آورده شده است و نمودار شتاب - زمان (SRSS) هر یک از رکوردهای زلزله با نمودار طیف استاندارد آیین‌نامه ۲۸۰۰ تحلیل و بررسی شده است. شتابنگاشت‌ها به صورت مجزا در نرم افزار seismosignal مقیاس شده و حداکثر شتاب کلیه شتابنگاشت‌ها برابر شتاب ثقل g گردید و طیف پاسخ هر زوج شتابنگاشت‌های مقیاس شده با میرایی ۵ درصد تعیین می‌شود و در قدم اول input file parameters برای هر شتابنگاشت طبق شکل ۱ تعریف شده است.

شکل ۱- پیش نیاز شتابنگاشت‌ها بر اساس درصد میرایی جهت رسم نمودار شتاب-زمان در نرم افزار seismosignal

۳. مشخصات شتابنگاشت‌های زلزله حوزه دور (far-field earthquake)

مشخصات شتابنگاشت‌های آورده شده به صورت جدول ۱ از سایت peer berekly می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات شتابنگاشت‌های حوزه دور

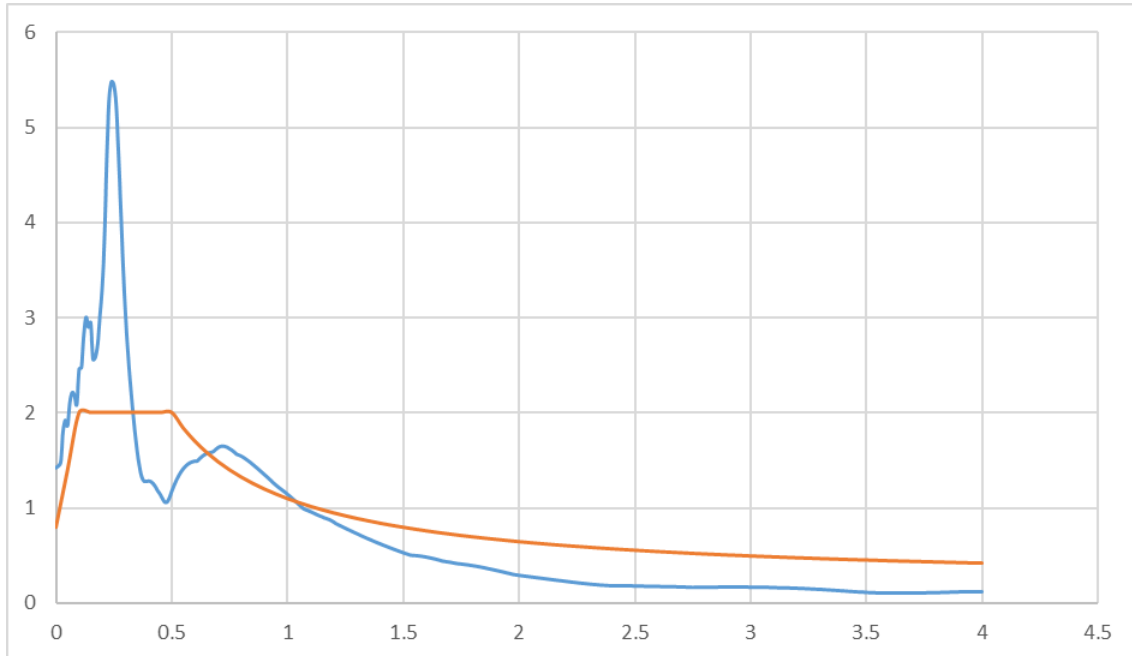
Year	Station	Mag	Rjb (km)	Rrup (km)	Vs 30 (m/s)	Lowest useable freq (hz)	Initial search	Record name
1971	Fairmont dam	6.61	22.58	30.19	634.33	0.1875	1	Sfern
1980	Brienza	6.9	22.54	22.56	561.04	0.2875	1	Italy
1989	Hollister	6.93	29.54	30.24	621.2	0.125	1	Lomap
1992	Shelter cove airport	7.01	26.51	28.78	518.98	0.5	1	Capemend
1994	La-temple	6.69	28.82	31.48	452.15	0.2	1	Northr
1999	Lamont 362	7.14	23.41	23.41	517	0.075	1	Duzce
1992	Fun valley	7.28	25.02	25.02	388.63	0.0625	1	Landers

۴. هم پایه سازی رکوردهای زلزله

جهت استفاده از رکوردهای زلزله در نرم افزار Etabs عمل هم پایه سازی طبق جدول ۲ و نمودار ۱ انجام می شود.

جدول ۲- مقادیر دوره تناوب و SRSS

T	spa-sfrn-x	spa-sfrn-y	SRSS	T-2800	B1	N	B	1.17ABlg/Ru
0	1.0099	1.007	1.426165141	0	1	1	1	0.803439
0.02	1.0721	1.0194	1.47938324	0.05	1.75	1	1.75	1.40601825
0.03	1.2421	1.2967	1.795617805	0.1	2.5	1	2.5	2.0085975
0.04	1.4565	1.2576	1.924305072	0.15	2.5	1	2.5	2.0085975
0.05	1.3937	1.2443	1.868336742	0.2	2.5	1	2.5	2.0085975
0.06	1.3589	1.6199	2.114399494	0.25	2.5	1	2.5	2.0085975
0.07	1.6448	1.484	2.215315562	0.3	2.5	1	2.5	2.0085975
0.08	1.8074	1.233	2.187917677	0.35	2.5	1	2.5	2.0085975
0.09	1.6679	1.2639	2.092685743	0.4	2.5	1	2.5	2.0085975
0.1	1.7396	1.7415	2.461509783	0.45	2.5	1	2.5	2.0085975
0.11	1.9104	1.5787	2.478290106	0.5	2.5	1	2.5	2.0085975



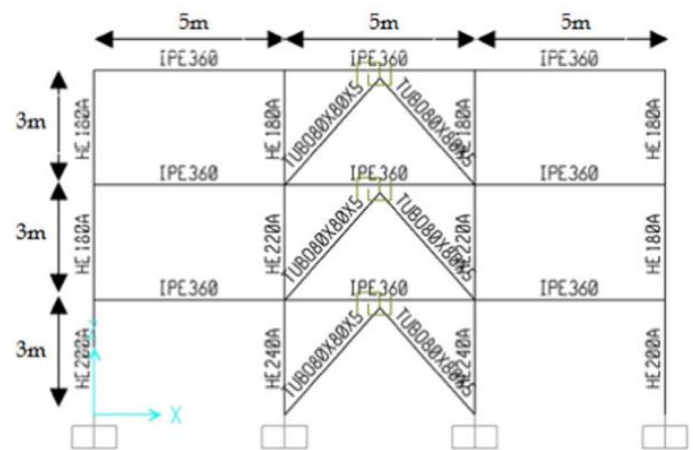
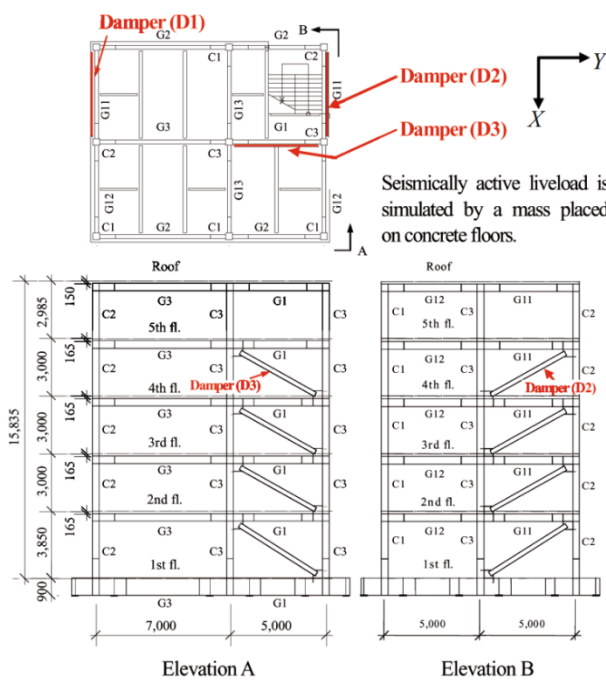
نمودار ۱- شتاب-زمان برای بدست آوردن ضریب اصلاح جهت هم پایه سازی

۵. جامعه آماری، حجم نمونه، روش نمونه‌گیری و شیوه تجزیه و تحلیل داده‌ها

در سال‌های اخیر به موازات پیشرفت علوم کامپیوتری روش‌های استفاده از کامپیوتر برای حل مسائل مهندسی نیز بسیار گسترش یافته‌اند. گسترش روش‌های عددی، منجر به مطرح شدن این روش‌ها به عنوان ابزاری قوی در حل معادلات مهندسی گردید. الگوریتم تحلیل ماتریسی سازه‌ها توأم با روش اجزای محدود نیز از جمله استفاده‌های مناسب مهندسی سازه از کامپیوتر و علوم کامپیوتر می‌باشد. از اکثر نرم‌افزارهای موجود می‌توان در طراحی سازه‌ها استفاده کرد. از آنجاکه برای بررسی رفتار یک سازه در برابر زلزله باید تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی صورت گیرد، در این تحقیق نیز با استفاده از تحلیل دینامیکی غیرخطی به بررسی عملکرد میراگرهای مایع لزج، میراگرهای اصطکاکی در کنترل رفتار لرزه‌های سازه‌ها پرداخته خواهد شد. تحلیل‌های یاد شده به صورت تاریخیچه زمانی و بر اساس شتاب‌نگاشت‌های انتخابی انجام خواهد گرفت. قاب‌های موردنظر، برای تحلیل ارتجاعی به منظور طراحی، با استفاده از نرم‌افزار ETABS مدل‌سازی، و بر اساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان طراحی می‌شوند.

۶. مدل سازی سازه فولادی ۵ و ۳ طبقه

ساختمان ۵ طبقه فولادی بر اساس مقاله کازوهیکوکاسایو کازوهیرو ماتسودا مرکز تحقیقات مهندسی سازه، مؤسسه فناوری توکیو، ژاپن [28] به عنوان مورد مطالعه در نرم افزار ETABS مدل سازی شده است و همچنین ساختمان ۳ طبقه فولادی بر اساس مقاله میراگر تسلیم فلزی U شکل در سازه های ساختمانی: لرزه ای رفتار و مقایسه با دمپر اصطکاکی سامان باقری، مجید برقیان، فرهاد سائری، علی فرزین فر [29] به عنوان مورد مطالعه به صورت زیر در نرم افزار ETABS مدل سازی شده است. در ادامه در دو حالت بدون لحاظ کردن دمپره های ویسکوز و اصطکاکی و با لحاظ کردن دمپره های ویسکوز و اصطکاکی مدل سازی انجام شده است.



شکل ۲- پلان و ارتفاعات برای ساختمان ۳ طبقه در مقیاس کامل

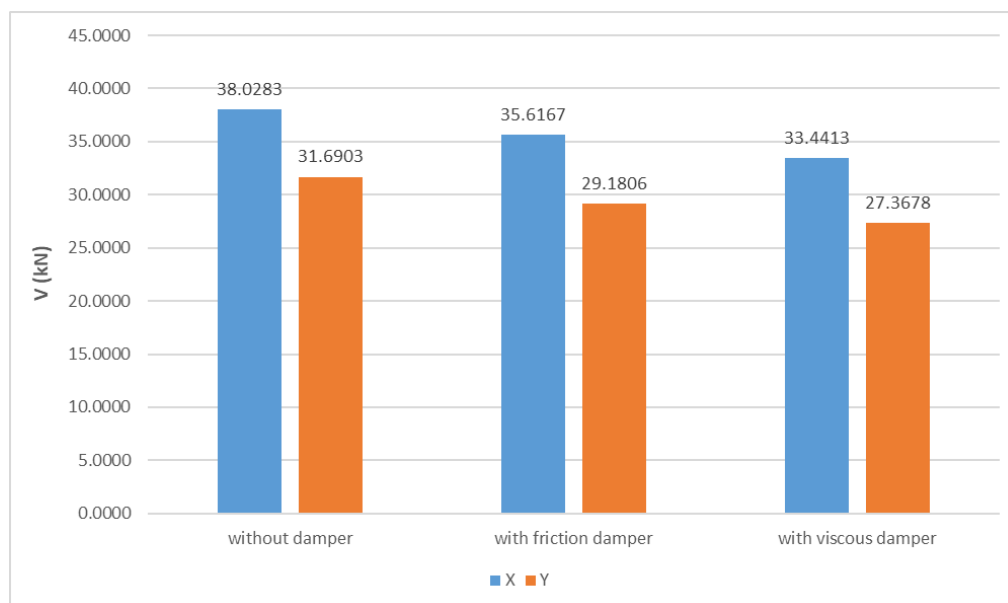
شکل ۳- پلان و ارتفاعات برای ساختمان ۵ طبقه در مقیاس کامل

۷. نتیجه گیری

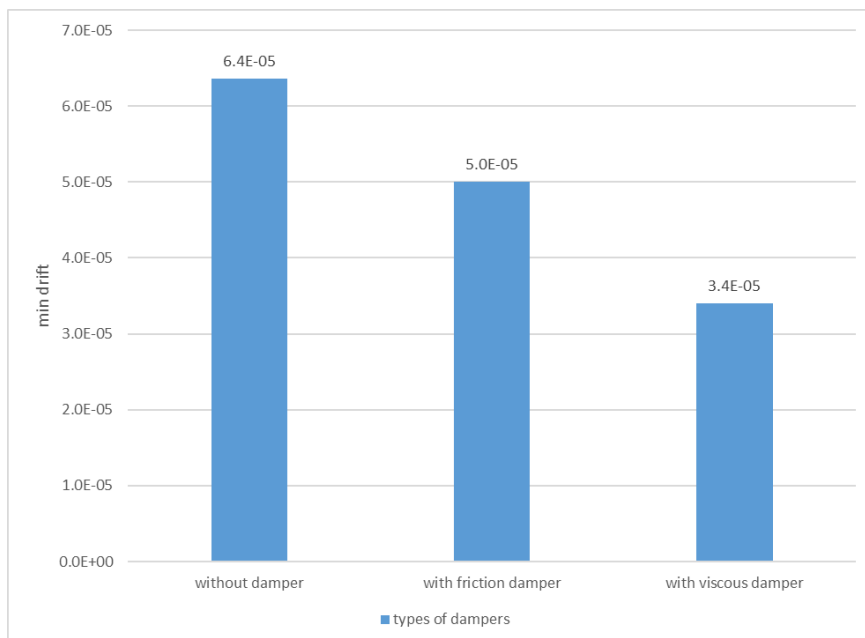
برش پایه محاسبه شده بیان شده در جهات X و Y در سازه ۵ طبقه فولادی بدون میراگر به ترتیب ۶۹.۱۸ و ۵۷.۶۵ کیلونیوتن می باشد که این مقادیر در سازه موردنظر با میراگر اصطکاکی در هر دو جهات به اندازه ۱.۰۹ برابر کاهش داشته است و برش پایه محاسبه شده در سازه موردنظر با میراگر ویسکوز در هر دو جهات به اندازه ۱.۱۳ برابر کاهش داشته است. همچنین دررفت سازه فولادی ۵ طبقه با میراگر اصطکاکی و ویسکوز با بارهای تاریخیچه زمانی اعمال شده که به صورت ۷ زوج شتابنگاشت می باشد در مقایسه با سازه فولادی ۵ طبقه بدون میراگر تأثیر کاهشی داشته است. برش پایه محاسبه شده بیان شده در جهات X و Y در سازه ۳ طبقه فولادی بدون میراگر به ترتیب ۳۸.۰۲۸۳ و ۳۱.۶۹۰۳ کیلونیوتن می باشد که این مقادیر در سازه موردنظر با میراگر اصطکاکی در هر دو جهات به اندازه ۱.۰۸ برابر کاهش داشته است و برش پایه محاسبه شده در سازه موردنظر با میراگر ویسکوز در هر دو جهات به اندازه ۱.۱۵ برابر کاهش داشته است و طبق محاسبات به دست آمده، به طور کلی دررفت سازه فولادی ۳ طبقه با میراگر اصطکاکی و ویسکوز با بارهای تاریخیچه زمانی اعمال شده که به صورت ۷ زوج شتابنگاشت می باشد در مقایسه با سازه فولادی ۳ طبقه بدون میراگر تأثیر کاهشی داشته است.

جدول ۳- مقایسه برش پایه سازه فولادی بدون میراگر، با میراگر اصطکاکی، با میراگر ویسکوز در سازه فولادی ۳ طبقه

	without damper	with friction damper	with viscous damper
Direction	V (kN)	V (kN)	V (kN)
X	38.0283	35.6167	33.4413
Y	31.6903	29.1806	27.3678



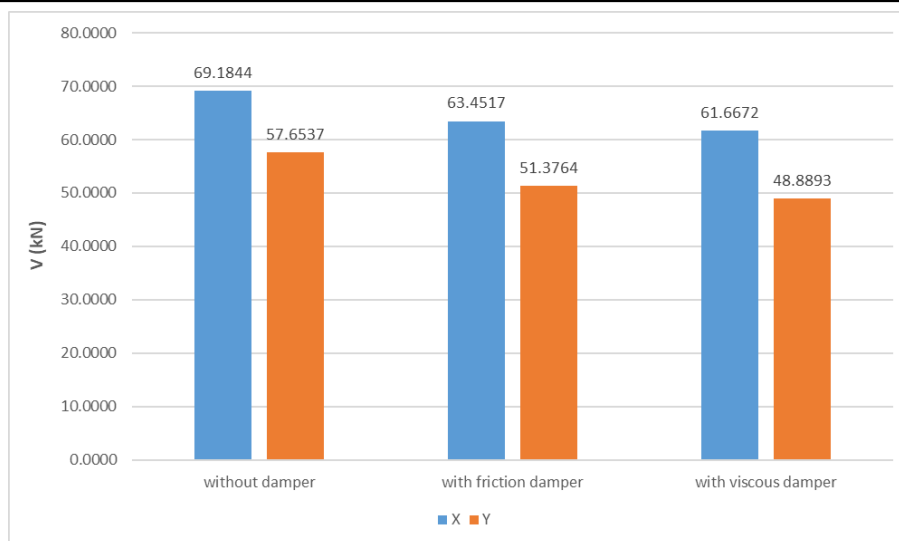
نمودار ۲- مقایسه برش پایه سازه فولادی بدون میراگر، با میراگر اصطکاکی، با میراگر ویسکوز در سازه فولادی ۳ طبقه



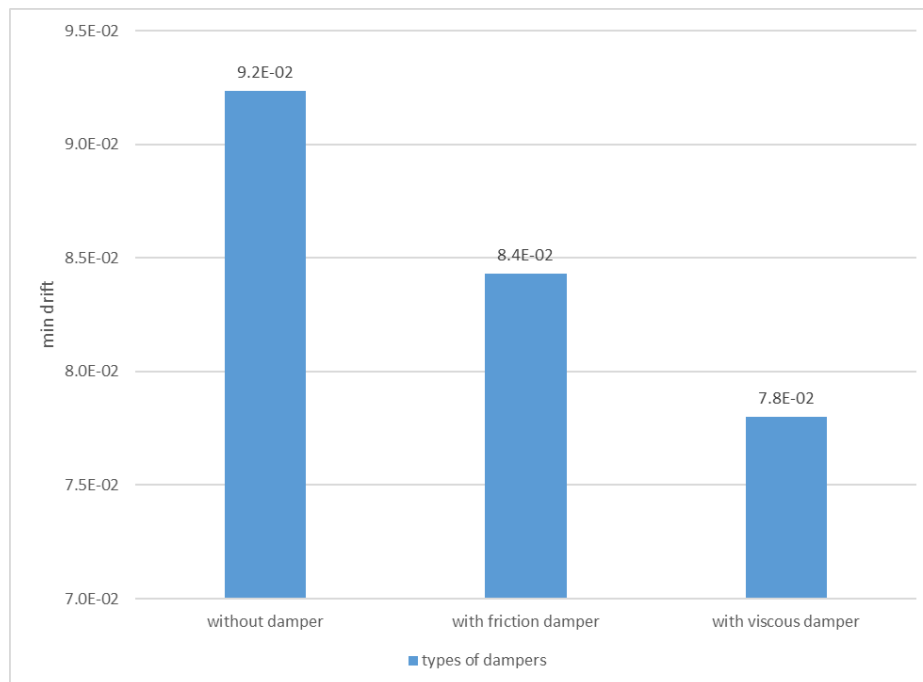
نمودار ۳- مقایسه دررفت طبقات سازه فولادی بدون میراگر، با میراگر اصطکاکی، با میراگر ویسکوز در سازه فولادی ۳ طبقه

جدول ۴- مقایسه برش پایه سازه فولادی بدون میراگر، با میراگر اصطکاکی، با میراگر ویسکوز در سازه فولادی ۵ طبقه

	without damper	with friction damper	with viscous damper
Direction	V (kN)	V (kN)	V (kN)
X	69.1844	63.4517	61.6672
Y	57.6537	51.3764	48.8893



نمودار ۴- مقایسه برش پایه سازه فولادی بدون میراگر، با میراگر اصطکاکی، با میراگر ویسکوز در سازه فولادی ۵ طبقه



نمودار ۵- مقایسه دررفت طبقات سازه فولادی بدون میراگر، با میراگر اصطکاکی، با میراگر ویسکوز در سازه فولادی ۵ طبقه

۸. مراجع

۱. ناطقی الهی، فریبرز. ۱۳۳۰. میراگرهای انرژی در مقاوم سازی لرزه‌ای ساختمان‌ها. پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، چاپ اول

۲. شاهی، رضا و حبیب‌زاده، شروین، ۱۳۹۷، بهسازی لرزه‌ای سازه‌ها به روش سیستم‌های میراگر، پنجمین کنفرانس ملی دستاوردهای اخیر در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی، تهران، <https://civilica.com/doc/912605>

3. Ashour, S., Hanson, R.D., and Scholl, R.E. 1993. Effect of supplemental damping on earthquake response.
4. Kelley, J.M., Skinner, R.I., and Heine, A.J. 1972. Mechanism of energy absorbtion in special devices for use in earthquake resistant structures. Earthquake Engineering. Bull, New Zealand. Soc, 5, 63-68.
5. Pall, A. S. and Marsh, C. (1979). "Energy dissipation in large panel structures using limited slip bolted joints." AICAP/ CEB Seismic Conference, 3, pp. 27~34.
6. Perkowski W. Dry friction damper for supercritical drive shaft. J KONES 2016;23.

7. Pesaresi L, Stender M, Ruffini V, Schwingshackl CW. DIC Measurement of the Kinematics of a Friction Damper for Turbine Applications. *Dyn. Coupled Struct.* Vol. 4, Springer; 2017, p. 93–101.
8. Csaba G. Modelling of a Microslip Friction Damper Subjected to Translation and Rotation. Vol. 4 *Manuf. Mater. Metall. Ceram. Struct. Dyn. Control. Diagnostics Instrumentation; Educ. IGTI Sch. Award. Gen.*, vol. 4, American Society of Mechanical Engineers; 1999. <https://doi.org/10.1115/99-GT-149>.
9. Sun Y, Yuan J, Pesaresi L, Denimal E, Salles L. Parametric Study and Uncertainty Quantification of the Nonlinear Modal Properties of Frictional Dampers. *J Vib Acoust* 2020;142.
10. Sazhenkov N, Semenova I, Nikhamkin M, Semenov S. A substructure-based numerical technique and experimental analysis of turbine blades damping with underplatform friction dampers. *Procedia Eng* 2017;199:820–5.
11. Lopez I, Busturia JM, Nijmeijer H. Energy dissipation of a friction damper. *J Sound Vib* 2004;278:539–61.
12. combined behavior of shear-type friction damper and non-uniform strip damper for multi-level seismic protection. *Eng Struct* 2016;114:75–92.
13. Kim J, Shin H. Seismic loss assessment of a structure retrofitted with slit-friction hybrid dampers. *Eng Struct* 2017;130:336–50.
14. Titirla MD, Papadopoulos PK, Doudoumis IN, Katakalo K. Cyclic response of an antiseismic steel device for building—an experimental and numerical study. *16TH World Conf Earthq Eng* 2017:9–13.
15. Roh J-E, Hur M-W, Choi H-H, Lee S-H. Development of a Multi-action Hybrid Damper for Passive Energy Dissipation. *Shock Vib* 2018;2018:1–16. <https://doi.org/10.1155/2018/5630746>.
16. Titirla MD, Papadopoulos PK, Doudoumis IN. Finite element modelling of an innovative passive energy dissipation device for seismic hazard mitigation. *Eng Struct* 2018;168:218–28.
17. Bagheri S, Barghian M, Saieri F, Farzinfar A. U-shaped metallic-yielding damper in building structures: Seismic behavior and comparison with a friction damper. *Structures*, vol. 3, Elsevier; 2015, p. 163–71.
18. Sanati M, Khadem SE, Mirzabagheri S, Sanati H, Khosravieh MY. Performance evaluation of a novel rotational damper for structural reinforcement steel frames subjected to lateral excitations. *Earthq Eng Eng Vib* 2014;13:75–84.

19. Yan X, Chen Z, Qi A, Wang X, Shi S. Experimental and theoretical study of a lead extrusion and friction composite damper. Eng Struct 2018;177:306–17.
20. Hashemi A, Masoudnia R, Quenneville P. Seismic performance of hybrid selfcentring steel-timber rocking core walls with slip friction connections. J Constr Steel Res 2016;126:201–13.
21. Amjadian M, Agrawal AK. Modeling, design, and testing of a proof-of-concept prototype damper with friction and eddy current damping effects. J Sound Vib 2018;413:225–49.
22. Amjadian M, Agrawal AK. A passive electromagnetic eddy current friction damper (PEMECFD): Theoretical and analytical modeling. Struct Control Heal Monit 2017;24:e1978.
23. Lu L-Y. Semi-active modal control for seismic structures with variable friction dampers. Eng Struct 2004;26:437–54.
24. Cao L, Laflamme S, Taylor D, Ricles J. Simulations of a variable friction device for multihazard mitigation. J Struct Eng 2016;142:H4016001.
25. Wang, W., Peng, Y., Zhang, Q., Ren, L., Jiang, Y., 2017. Sloshing of liquid in partially liquid filled toroidal tank with various baffles under lateral excitation. Ocean. Eng. 146, 434–456. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2017.09.032>.
26. ASCE 41-17. Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2017
27. Fahiminia M, Saeed M H. Experimental investigation and control of structures by using of semi-active viscous dampers. Thesis for the Master's Degree. Iran: Islamic Azad University, 2017
28. Kazuhiko Kasai† and Kazuhiro Matsuda‡ Structural Engineering Research Center, Tokyo Institute of Technology, Japan
29. Saman Bagheri *, Majid Barghian, Farhad Saieri, Ali Farzinfar Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran, Received 21 November 2014 Received in revised form 17 April 2015 Accepted 17 April 2015 Available online 22 April 2015