



ارزیابی میزان کاهش جابجایی نسبی (Drift) در سازه‌های مجاور با استفاده از میراگر ویسکوز مشترک

حامد کربلای ملک^۱، کمال امامی^{۲*}

۱- گروه مهندسی عمران، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران، civil.eng.hamed@gmail.com

۲- گروه مهندسی عمران، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران، kemami475@gmail.com

چکیده

با توجه به قرارگرفتن ایران بر روی یکی از دو کمربند زلزله خیز جهان و وجود گسل‌های فراوان، وقوع زلزله در فلات ایران امری طبیعی است. ایران جز ده کشور بلاخیز و ششمین کشور زلزله خیز دنیاست، که زلزله مسبب بیشترین تلفات انسانی در آن می‌باشد و کمربند زلزله ۹۰ درصد از خاک ایران را در بر گرفته است. اما موضوع حائز اهمیت، شناخت راه‌های کاهش تلفات و خسارات ناشی از زلزله است. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی میزان کاهش پاسخ لرزه‌ای سازه‌های مجاور با استفاده از میراگر ویسکوز مشترک در سازه‌های خاصی انجام شد. با توجه به مطالعه انجام شده مشخص شد که استفاده از میراگر ویسکوز در محل‌های مختلف میان دو سازه مجاور باعث کاهش پاسخ سازه‌ها می‌شود. مشاهده شد تاثیر بیشتر میراگرهای ویسکوز تنها با افزایش ثابت میرایی محقق نمی‌گردد. بلکه مکان و الگوی نصب آنها نیز حائز اهمیت می‌باشد. همچنین میزان میرایی بهینه در هنگام استفاده از الگوی نصب یکنواخت می‌تواند از روی سازه معادل متداول بدست آید. از مقایسه مقدار بدست آمده به منظور فاصله ایمن میان دو سازه، می‌توانست حدس زد که در ویرایش سوم آئین نامه ۲۸۰۰ در مورد عرض درز انقطاع نقصانی وجود دارد که این نقص به درستی در ویرایش چهارم برطرف و اصلاح شده است.

واژه‌های کلیدی: جابجایی نسبی، میراگر ویسکوز، ویسکوز مشترک، میراگر

۱- مقدمه

خطر زلزله همیشه در کمین هر سازه ای می‌باشد. پیامدهای این خطر بسته به آثار جانی ناشی از خرابی سازه می‌توانند غیرقابل پیش‌بینی باشند. قاب‌های مهاربندی شده و مهاربندی نشده و همچنین دیوارهای برشی اگرچه اقتصادی هستند و در کنترل تغییر شکل‌های جانبی تحت اثر باد و زلزله‌های ضعیف مؤثرند اما در هنگام زلزله‌های شدید این نوع سازه‌ها رفتار مطلوبی نخواهند داشت. چراکه اولاً، سختی این نوع سازه‌ها زیاد است پس تمایل به جذب نیروهای لرزه‌ای بیشتری دارند. دوم این‌که ظرفیت اتلاف انرژی آن‌ها به دلیل آسیب‌هایی که عناصر مقاوم در طول بار زلزله در اثر حرکت رفت و برگشتی (هیستریزیس) متحمل می‌شوند به شدت افت می‌کند و اتلاف انرژی به صورت خیلی سریع در سیکل‌های بعدی کاهش پیدا می‌کند بنابراین نیاز به وجود اتلاف کننده‌ای که ضمن استهلاک انرژی زلزله رفتار آن تحت تاثیر بارگذاری دینامیکی قرار نگیرد و همچنین از نظر اقتصادی به صرفه باشد به شدت احساس می‌شود.

دو فلسفه‌ی متفاوت برای طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله وجود دارد:



الف- طراحی شکل‌پذیر به طوری که تحت زلزله‌های شدید سازه تغییر شکل‌های قابل توجهی را تحمل نموده و از طریق رفتار غیرخطی انرژی زلزله را مستهلک نماید.

ب- افزایش میرایی سازه با استفاده از وسایل میراگر مکانیکی و استهلاک انرژی زلزله بدون ایجاد آسیب قابل توجه در اجزای سازه‌ای.

در طراحی نوع دوم به جای این که انرژی در اثر جاری شدن و صدمه دیدن یک عضو مستهلک شود در اثر تغییر شکل‌ها و ارتعاش میراگر مستهلک می‌شود. استفاده از میراگرها علاوه بر افزایش قابلیت استهلاک انرژی باعث کاهش پاسخ سازه در برابر زلزله نیز می‌شود و از این طریق صدمه به اجزای غیر سازه‌ای نیز کاهش می‌یابد. در سیستم‌های جداسازی لرزه‌ای، استفاده از سیستم‌های مستهلک کننده انرژی، جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند. افزایش میرایی با استفاده از روش‌های مختلفی نظیر جاری شدن یک فلز نرم، اصطکاک دو فلز بر روی هم حرکت یک پیستون درون یک ماده‌ی لزج و یا رفتار ویسکوالاستیک در موادی از جنس شبیه الاستیک امکان‌پذیر می‌باشد.

۲- مروری بر کارهای انجام شده

نخستین بار میراگرهای ویسکوز در مهندسی هوافضا و برای جذب ضربه‌ی به وجود آمده از موشک‌های پرتابی یا فرود یک هواپیما استفاده شده است. هنگامی که این میراگرها اولین بار برای استفاده‌های عمرانی تولید شد، تکنولوژی آن‌ها بیش از ۳۵ سال توسعه یافته و کامل شده بود، اما در آن زمان میراگرها در واقع برای محافظت سوله‌های موشک از اصابت و امواج ضربه‌ی انفجاری استفاده شده بودند. تحقیق و کاربرد میراگرهای ویسکوز در مهندسی عمران تقریباً هم‌زمان با آخر جنگ سرد در سال ۱۹۹۰، با تمرکز روی متوسط کردن پاسخ سازه در یک تکان لرزه‌ای بود. اولین استفاده از میراگرهای ویسکوز برای هدف لرزه‌ای در سال ۱۹۹۳ در طراحی مقاوم لرزه‌ای مرکز دارویی بخش sanber nsdino در کالیفرنیا بود. میراگرهای ویسکوز اضافه شده به سیستم کمک کرد تا تغییر مکان‌ها زیر ۲.۲ اینچ باقی‌مانده و پیوند مؤثر سازه تا ۳ ثانیه افزایش پیدا کند.

در سال ۱۹۹۸ ژئول [۲۰۱] اثر میراگرهای ویسکوز الحاقی را بر پاسخ سازه‌های نامتقارن مورد بررسی تحلیلی قرار داده است. مدل مورد بررسی، مدل الاستیک یک طبقه با خروج از مرکزیت یک طرفه‌ی سختی بوده است. پارامترهای ضریب میرایی، خروج از مرکزیت میرایی و شعاع ژیراسیون میرایی نیز به عنوان پارامترهای کنترل کننده‌ی میراگر مطالعه شده‌اند. نتایج به دست آمده نشان داده است در صورتی که مرکز میرایی در سمت مخالف مرکز سختی نسبت به مرکز جرم و با فاصله‌ای برابر با خروج از مرکزیت سختی باشد تغییر مکان‌های لبه‌ی سخت و نرم در حد بهینه‌ای کاهش می‌یابد. از طرفی هرچقدر شعاع ژیراسیون میراگرها بیشتر باشد پاسخ در هر دو لبه‌ی سخت و نرم کاهش می‌یابد. او همچنین در تحقیق دیگری [۳] روی سازه‌ی یک طبقه نامتقارن تحت شتاب‌نگاشت زلزله به این موضوع اشاره کرد که مقدار میرایی مود اول با افزایش فاصله‌ی مرکز میرایی از مرکز جرم در سمت مخالف مرکز سختی، افزایش می‌یابد و از آنجا که تغییر مکان لبه‌ی نرم نخست توسط مود اول کنترل می‌شود، چنان توزیعی از میراگرها موجب بیشترین کاهش در تغییر شکل لبه‌ی نرم می‌شود.

دلارا و همکاران در تحقیقات خود از سال ۲۰۰۴ مفهوم تعادل پیچشی را برای تعیین توزیع میراگرها برای بهینه کردن وضعیت پیچش در سازه‌های نامتقارن ارائه نمودند. تعادل پیچشی وضعیتی از توزیع میراگرها (شامل میراگرهای ویسکوز، ویسکوالاستیک و اصطکاکی) در پلان است که موجب یکسان شدن مقدار میانگین مربع پاسخ یک سازه (نظیر شتاب، سرعت و تغییر مکان) در طول زلزله در نقاطی از دیافراگم که دارای یک فاصله از مرکز سطح دیافراگم می‌باشد هستند. بررسی‌های این محققان بر روی پاسخ تغییر مکان سازه‌های یک و چندطبقه نشان داده که چنین توزیعی از میراگرها

بیشینه‌ی چرخش دیافراگم و تغییر مکان جانبی را به حداقل می‌رساند. همچنین در حالت خاص قرارگیری مرکز جرم در وسط دیافراگم نتایج این محققان با نتایج Geol همخوانی دارد [۴، ۵، ۶، ۷].

هوانگ و همکاران (۲۰۰۶) [۸] رفتار ساختمان‌های بتنی با میراگرهای ویسکوز و دیوارهای بتن‌آرمه‌ی سبک در یک آزمایش میز لرزه را مطالعه کردند که نتیجه شدیداً سیستم میراگر بادبندی زانویی را تأیید می‌کند که هر موقع با تغییر مکان نسبی طبقه‌ی کوچک‌تر مواجه هستیم این روش یک مکانیزه نصب مؤثری به حساب می‌آید. او همچنین به منظور توسعه‌ی عملکرد در ساختمان‌های متوسط و بلند طبق دستورات، طراحی جدیدی ارائه داد که یک‌روند خیلی صحیحی روی نسبت میرایی ویسکوز با کار رفته بیان می‌کند.

بهروش و همکاران [۹] به ارزیابی تأثیر میراگرهای ویسکوز بر عملکرد لرزه‌ای سازه‌ها پرداختند. آن‌ها اثر میراگر ویسکوز را بر روی قاب‌های فولادی ۳، ۶ و ۹ طبقه مورد بررسی قرار دادند. به این ترتیب که هر کدام از سازه‌ها را یک‌بار بدون میراگر و به صورت بادبندی شده و یک‌بار با میراگر مدل‌سازی کردند و اثر آن را بر روی تغییر مکان بیشینه‌ی طبقات بررسی کردند. مدل‌سازی سازه‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAP2000 صورت گرفت. در نهایت نتایج نشان‌دهنده‌ی تأثیر مناسب میراگرهای ویسکوز در کاهش تغییر مکان جانبی طبقه در قاب‌ها خصوصاً قاب‌های با طبقات بیشتر می‌باشد به طوری که سازه‌های با میراگر در مقایسه با سازه‌های بدون میراگر استهلاک انرژی قابل توجهی داشته و تغییر مکان جانبی به طور چشمگیری کاهش یافته است، چنان‌که در سازه‌های بلندتر این کاهش به حدود ۵۴٪ رسیده است.

حجازی و همکاران در سال ۲۰۰۹ به بررسی عملکرد یک قاب بتنی سه طبقه پرداختند و آن را با روش اجزاء محدود مدل‌سازی کردند و نتایج خود را با نتایج تحلیل‌های تاریخچه زمانی غیرخطی مقایسه کردند. آن‌ها مشاهده کردند که استفاده از میراگر ویسکوز می‌تواند به طور مؤثری دامنه‌ی پاسخ جابجایی سازه را تا حدود ۸۰٪ نسبت به زمانی که در سازه از میراگر استفاده نشده است کاهش دهد.

استکانچی و همکاران [۱۰] به منظور طراحی بهینه‌ی میراگرهای ویسکوز بر پایه‌ی عملکرد لرزه‌ای قاب‌های فولادی در پژوهشی از روش زمان-دوام استفاده کردند تا دریافتی درست از رفتار سازه در سطوح عملکردی پیوسته با حداقل تعداد آنالیز تاریخچه‌ی زمانی به دست آورده و از آن برای یافتن چینه‌ی بهینه‌ی میراگرهای ویسکوز در قاب فولادی با هدف رسیدن به عملکرد مطلوب استفاده کنند. بررسی نتایج حاصل از تحلیل تاریخچه زمانی سازه‌ها تحت ۷ رکورد زلزله‌ی مقیاس شده در سطوح خطر مختلف نشانگر صحت نتایج تخمین روش زمان-دوام بوده است. در هر ۳ مدل، سازه پس از بهسازی عملکرد مورد نظر آیین‌نامه را کسب کرده است. در تمامی موارد سازه‌ی بهسازی شده دارای عملکرد قابل قبول تحت زلزله‌های اعمالی بوده و روش زمان-دوام پیش‌بینی مناسبی از رفتار سازه تحت رکوردهای واقعی ارائه کرده است. این نتیجه نشانگر مناسب و تا حدودی دست بالا بودن ضریب اطمینان ۲۰٪ با توجه به خطای حداکثر موجود در تخمین روش زمان-دوام است.

ضیایی فر [۱۱] در پژوهشی آزمایشگاهی به بررسی مشخصات مکانیکی میراگر ویسکوز غیرخطی پرداخت. نمونه‌ی ساخته‌شده‌ی او دارای ظرفیت نیرویی پایین، در حدود ۵۰ کیلو نیوتن با دامنه‌ی تغییر مکانی ۳۰ میلی‌متر بود. رفتار نمونه‌ی اولیه به صورت خطی بوده و انتقال نیرو بین دو بخش میراگر به جای غلاف، با استفاده از ۴ میله بود. قطر نمونه نیز برابر ۴۰۰ میلی‌متر بود.

در پژوهشی عددی پور زینالی [۱۲] به بررسی لرزه‌ای ساختمان‌های بلند با استفاده از میراگرهای ویسکوز نیمه فعال پرداخت. او در کار خود تأثیر میراگرهای ویسکوز مایع نیمه فعال را در کاهش ارتعاشات لرزه‌ای یک ساختمان ۱۲ طبقه با اسکلت فلزی که سیستم مقاوم آن در برابر نیروهای جانبی عبارت بود از قاب خمشی به اضافه‌ی مهاربند هم‌محور فولادی و در

بعضی قاب‌ها مهاربند برون‌محور بررسی کرد. نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل‌های انجام‌شده حاکی از آن است که این میراگرها می‌توانند ارتعاشات سازه را به میزان قابل‌توجهی کاهش دهند. با استفاده از این سیستم کنترلی، در ساختمان مورد مطالعه، مقادیر تغییر مکان و شتاب طبقه‌ی بام به ترتیب به میزان ۶۳٪ و ۳۸٪ کاهش یافته و همچنین مقدار برش پایه به میزان ۴۰٪ کاهش می‌یابد که بیانگر تأثیر فوق‌العاده‌ی این سیستم در کنترل ارتعاش ساختمان‌ها می‌باشد.

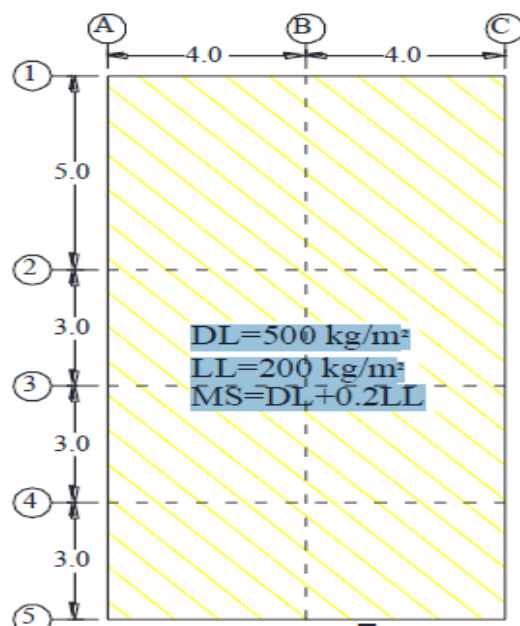
منصور قلعه نوعی و همکاران [۱۳] در تحقیقی با استفاده از نرم‌افزار ABAQUSE به مدل‌سازی ساختمان‌های ۴ و ۸ طبقه‌ی مجهز به میراگر اصطکاکی، تحت تأثیر زلزله‌ی طبس و السنتر و با استفاده از تحلیل دینامیکی غیرخطی و به‌صورت دویعدی پرداختند و پاسخ این نوع سازه‌ها را به میراگر موجود مورد بررسی قراردادند. با توجه به تحلیل‌های انجام‌شده و نتایج حاصل برای محدوده‌ی مدل‌های مورد مطالعه، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از میراگرهای اصطکاکی پال در سازه باعث بهبود عملکرد لرزه‌ای سازه خواهد شد. بر طبق نتایج حاصل حداکثر تغییر مکان قاب‌های مقاوم‌سازی شده با میراگرها برای رکوردهای زلزله‌های مختلف می‌تواند تا ۲۰٪ مقدار متناظر برای قاب مقاوم‌سازی نشده کاهش یابد. نتایج حاصل از تحلیل غیرخطی مدل‌ها نیز نشان می‌دهد که انرژی جذب‌شده به‌وسیله‌ی میراگرها روند افزایشی دارند. در حال با استفاده از میراگرهای اصطکاکی پال، با مصرف فولاد برابر و حتی کمتری نسبت به حالت بدون میراگر، می‌توان به یک سطح عملکرد مطلوب یا حتی بالاتر از حد انتظار رسید.

سرو مقدم و همکاران [۱۴] به بررسی آزمایشگاهی و تحلیلی اثر توزیع میراگر ویسکوز بر رفتار سازه نامتقارن پرداختند. آن‌ها یک مدل نامتقارن یک طبقه‌ی فولادی با مقیاس ۱ به ۶ را بر روی میز لرزان مورد آزمایش قراردادند و با استفاده از دو میراگر از نوع ویسکوز با توزیع‌های مختلف، دیافراگم سازه را به تکیه‌گاه متصل نموده و برای هر حالت توزیع میراگر تغییر مکان جانبی، شتاب جانبی و چرخش دیافراگم سازه را برای ۶ شتاب‌نگاشت ثبت کردند. همچنین آزمایش‌های بارگذاری چرخه‌ای را به‌منظور تعیین مشخصات دینامیکی میراگرها انجام دادند که وابستگی زیاد مشخصات آن‌ها را به عواملی نظیر فرکانس و دامنه‌ی حرکت نشان می‌دهد. آن‌ها همچنین به‌منظور کنترل بهتر شرایط آزمایش از مدل اجزاء محدود Opensees استفاده کردند و نتایج آزمایشگاهی را با نتایج عددی نیز مقایسه کردند.

۳- مواد و روش‌ها

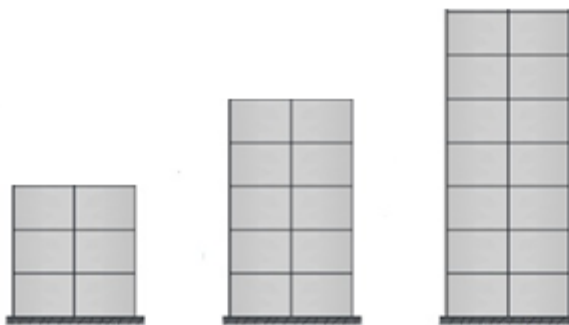
۳-۱ مدل‌های سازه‌ای و مشخصات بارگذاری ثقلی

مدل‌های مورد مطالعه در این تحقیق، قاب‌های سه‌بعدی منظم جرمی در پلان با تعداد طبقات ۳ و ۷ می‌باشند (شکل ۱). سازه‌ها با اهمیت زیاد $I=1.2$ ، در منطقه با خطر نسبی خیلی زیاد $A=0.35$ ، با سیستم سازه‌ای قاب خمشی بتن‌آرمه با شکل‌پذیری متوسط $R=7$ و با نوع خاک II می‌باشند. ارتفاع طبقات ۳/۲ متر و نوع سقف سازه‌ها تیرچه‌بلوک با عملکرد دو طرفه می‌باشد. بارهای ثقلی در حالت منظم به‌صورت متقارن طبق شکل ۱ است که بر سازه‌ها وارد می‌شوند.



شکل (۱) پلان سازه و بارهای مرده و زنده وارد بر آن.

همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است بارهای وارد بر سازه در این پروژه به صورت بار زنده و مرده می باشد. مقدار بار مرده کف ۵۰۰ کیلوگرم بر متر مربع و بار زنده ۲۰۰ کیلوگرم بر متر مربع می باشد که با توجه به سیستم دو طرفه کف، به تیرهای مجاور در قاب منتقل می یابد.



شکل (۲) نمای یکی از قاب های امتداد X سازه های مورد بررسی.

در این تحقیق از ۳ تیپ سازه استفاده شده است که در جدول ۱ معرفی شده اند.
 جدول (۱) تیپ بندی مدل های سازه مورد بررسی در این تحقیق.

تیپ سازه	۳-۳	۳-۷	۳-۵
معرفی	ساختمان ۳ طبقه در مجاورت ۳ طبقه	ساختمان ۳ طبقه در مجاورت ۷ طبقه	ساختمان ۳ طبقه در مجاورت ۵ طبقه

که هر کدام از این سازه‌ها یک بار با حالت وجود میراگر در درز انقطاع و یک بار هم بدون در نظر گرفتن میراگر مورد آنالیز قرار می‌گیرند. مقاطع تیرها و ستون‌ها به ترتیب زیر آمده است.

۲-۳ مقاطع تیرها و ستون‌ها

جدول ۲ مقاطع ستون‌ها در سازه ۳ طبقه.

طبقات	بعد مقطع (cm) و آرماتور طولی
1,2	45 × 45 16φ20
3	40 × 40 12φ20

جدول ۳ مقاطع تیر در سازه ۳ طبقه.

طبقات	بعد مقطع (cm)	آرماتورهای فوقانی (سراسری)	آرماتورهای تحتانی (سراسری)
1,2	40 × 45	3φ22	3φ22
3	35 × 40	3φ22	3φ22

جدول ۴ مقاطع ستون‌ها در سازه ۵ طبقه.

طبقات	بعد مقطع (cm) و آرماتور طولی
1,2	60 × 60 20φ22
3,4	55 × 55 20φ22
5	50 × 50 20φ22

جدول ۵ مقاطع تیرها در سازه ۵ طبقه.

طبقات	بعد مقطع (cm)	آرماتورهای فوقانی (سراسری)	آرماتورهای تحتانی (سراسری)
1,2	55 × 60	4φ22	4φ22
3,4	50 × 55	4φ22	4φ22
5	45 × 50	3φ22	3φ22

جدول ۶ مقاطع ستون‌ها در سازه ۷ طبقه.

طبقات	بعد مقطع (cm) و آرماتور طولی
1,2	70 × 70 20φ25
3,4	65 × 65 20φ22
5,6	60 × 60 20φ22
7	55 × 55 20φ20

جدول ۷ مقاطع تیرها در سازه ۷ طبقه.

طبقات	بعد مقطع (cm)	آرماتورهای فوقانی (سراسری)	آرماتورهای تحتانی (سراسری)
1,2	65 × 70	5φ22	5φ22
3,4	60 × 65	5φ22	5φ22
5,6	55 × 60	4φ22	4φ22
7	50 × 55	4φ22	4φ22

۳-۳ مشخصات مصالح مصرفی

مشخصات مصرفی در طراحی سازه‌ها به‌قرار جدول زیر می‌باشد.

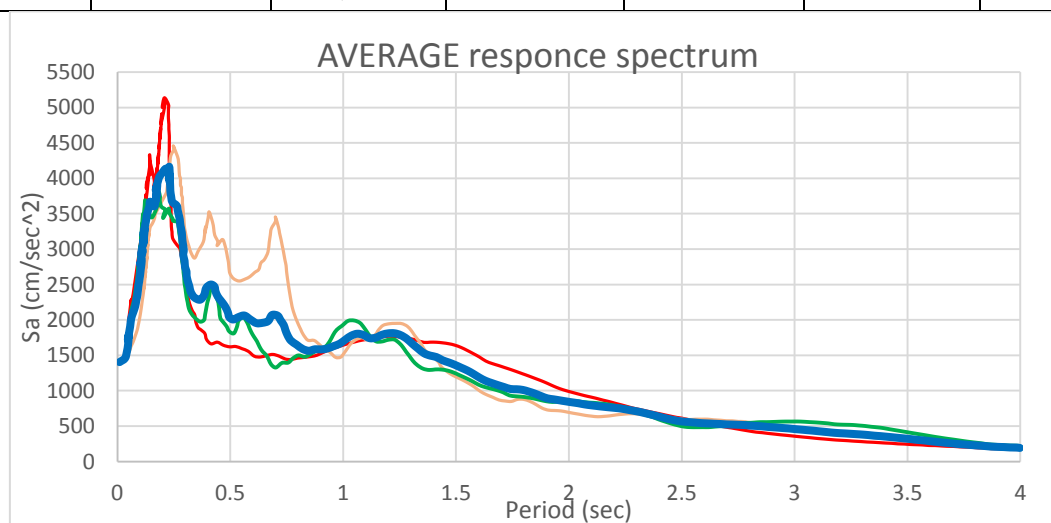
جدول ۸ مشخصات مصالح مصرفی بتن در مدل‌های سازه‌ای.

تنش تسلیم میلگرد عرضی kg/cm^2	تنش تسلیم میلگرد طولی kg/cm^2	مقاومت فشاری بتن kg/cm^2	ضریب پواسون (بدون واحد)	وزن واحد حجم kg/m^3	جرم واحد حجم kg/m^3	بتن
3000	4000	250	0.2	2500	250	بتن

شتاب‌نگاشت‌های انتخاب‌شده دارای بزرگای ۶ الی ۷ بوده و فاصله از گسل بین ۱۵ تا ۲۵ کیلومتر می‌باشد که با استفاده از طیف طرح آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران برای زمین نوع II مقیاس شده‌اند. شتاب‌نگاشت‌ها از سایت <http://peer.berkeley.edu> به‌دست آمده‌اند. مشخصات شتاب‌نگاشت‌های مورد استفاده در تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی در جدول ۹ آورده شده است.

جدول ۹ مشخصات شتاب‌نگاشت‌های مورد استفاده.

No	Erthquake	Date	Location	Magnitude	R(km)	PGA(g)
1	Bam	شمسی 1382	bam	6.6	10	0.89
2	Manjil	شمسی 1369	manjil	6.6	14.3	0.43
3	El-centro	۱۹۴۰ میلادی	-	6.4	14.5	0.27

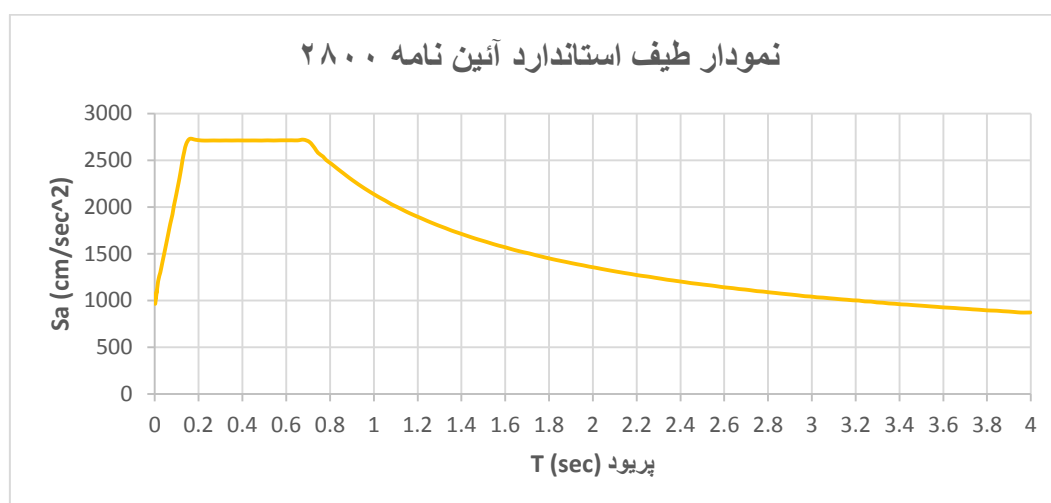


شکل (۳) طیف پاسخ میانگین سه رکورد زلزله [۱۰].

با توجه به اینکه طیف استاندارد ۲۸۰۰ برحسب B (ضریب بازتاب) ترسیم شده است در اینجا برای مقایسه با طیف میانگین که برحسب S_a (cm/sec²) هست لازم است که طیف استاندارد ۲۸۰۰ (طیف بازتاب) در g ضرب شود ($g=981$ cm/sec² شتاب ثقل می‌باشد).

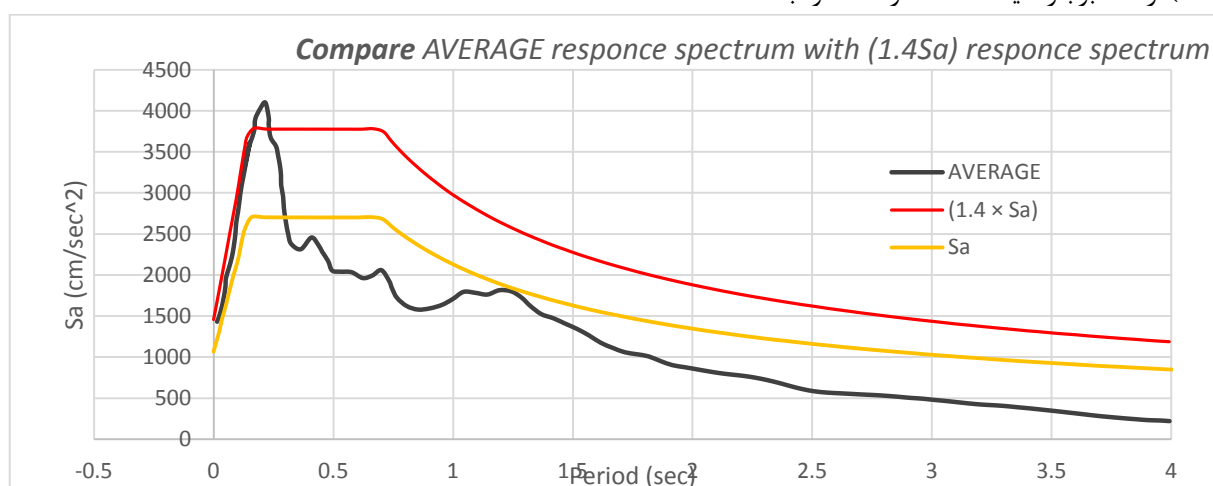
$$S_a = g \cdot B = 981 \times B \frac{cm}{sec^2}$$

مقدار S_a بدون در نظر گرفتن (AI/R) می‌باشد زیرا در اینجا برای مقایسه، طیف طرح مدنظر نیست.



شکل (۴) طیف استاندارد آیین نامه ۲۸۰۰.

طیف میانگین با ۱.۴ برابر طیف استاندارد (نه طیف طرح استاندارد) مقایسه می‌شود. و ضریب مقیاس چنان تعیین می‌گردد که مقادیر متوسطها (طیف میانگین) در هیچ حالت در محدوده زمان تناوب $0.2T$ و T ، $1.5T$ زمان تناوب اصلی نوسان است) از ۱.۴ برابر طیف استاندارد کمتر نباشد.



شکل (۵) مقایسه متوسط شتاب نگاشت‌ها با ۱.۴ طیف آیین نامه ۲۸۰۰.

باتوجه به شکل فوق و مقایسه بین طیف استاندارد ۱.۴ برابر شده و میانگین SRSS های شتاب نگاشت‌ها (طیف میانگین) در بازه $0.2T$ و $1.5T$ یعنی ۰.۲۴ و ۱.۸ ثانیه مشهود است که در این بازه طیف میانگین زیر طیف استاندارد قرار دارد. لذا با در نظر گرفتن ضریب اصلاح ۲.۱۵ برای شتاب‌نگاشت‌های در نظر گرفته‌شده همان‌طور که از گراف پائین نیز مشخص است طیف میانگین روی طیف استاندارد آیین‌نامه قرار می‌گیرد با توجه به زمان تناوب اصلی سازه‌های ۳، ۵ و ۷ طبقه و نمودار شکل ۵ ضریب مقیاس سازه‌ها به صورت جدول ۱۰ به دست آمده است.

جدول ۱۰ ضریب مقیاس شتاب‌نگاشت‌ها برای انواع سازه‌های ۳، ۵ و ۷ طبقه.

تعداد طبقات	زمان تناوب اصلی T (sec)	محدوده $0.2T$ تا $1.5T$ (sec)	ضریب مقیاس
3	0.47	0.094-0.7	0.14
5	0.79	0.158-1.185	0.112
7	1.08	0.216-1.62	0.139

۴- نتایج تحقیق

• مدل ۷-۳

در این حالت دو سازه مشابه نمی باشند و در این جا به بررسی جابجایی های آن ها در دو حالت با میرایی و بدون میرایی پرداخته می شود. در جدول خروجی های مربوط به نرم افزار آمده است.

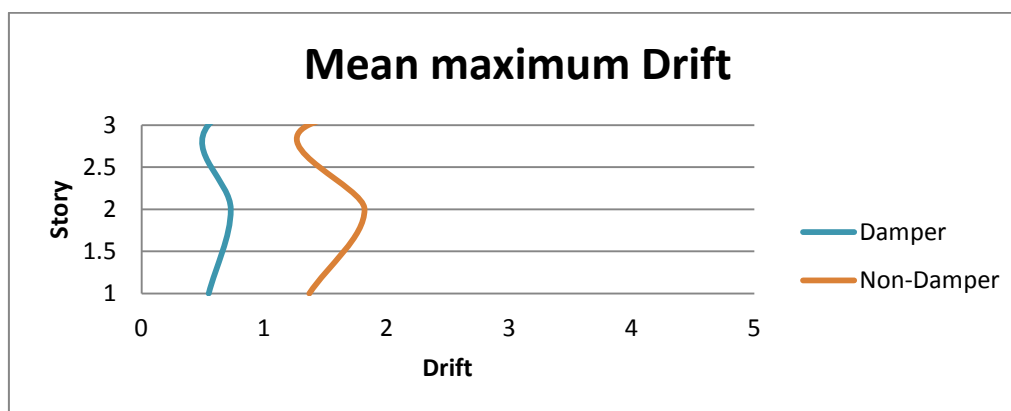
جدول (۱۱) نتایج حداکثر جابجایی نسبی طبقات برای سازه ۳ طبقه مجاور با ۷ طبقه در حالت با میراگر (بدون بعد)

Story	manjil	bam	El centro	Mean
1	0.049	1.53	0.05	0.54
2	0.06	2.04	0.07	0.72
3	0.04	1.53	0.05	0.54

جدول (۱۲) نتایج حداکثر جابجایی نسبی طبقات برای سازه ۳ طبقه مجاور با ۷ طبقه در حالت بدون میراگر (بدون بعد)

Story	manjil	bam	El centro	Mean
1	0.12	3.84	0.13	1.36
2	0.15	5.12	0.18	1.81
3	0.11	3.82	0.13	1.36

در شکل زیر برای به ترتیب سازه ۷ و ۳ طبقه مجاور هم نتایج جابجایی نشان داده شده است.



شکل (۶) منحنی میانگین حداکثر جابجایی نسبی طبقات سه رکورد زلزله برای سازه ۳ طبقه مجاور با سازه ۷ طبقه با میراگر و بدون میراگر (بدون بعد)

• مدل ۵-۳

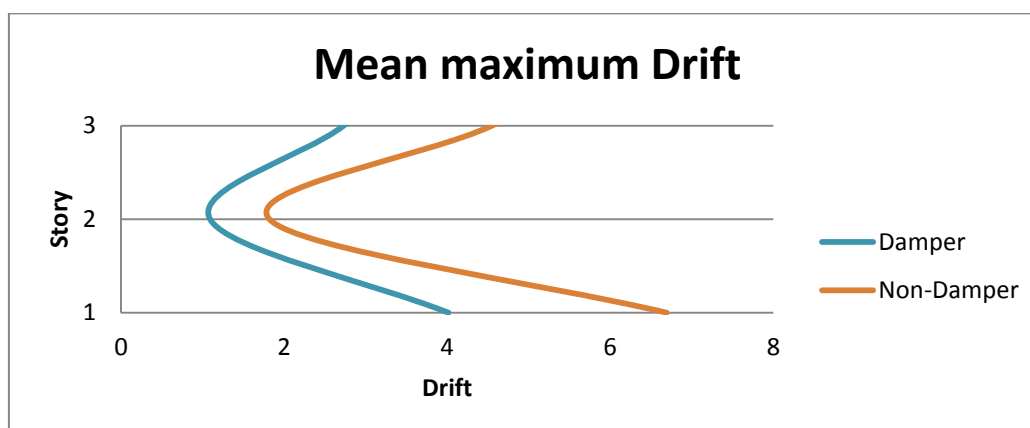
در این حالت دو سازه مشابه نمی باشند و در این جا به بررسی جابجایی های آن ها در دو حالت با میرایی و بدون میرایی پرداخته می شود. در جدول خروجی های مربوط به نرم افزار آمده است.

جدول (۱۳) نتایج حداکثر جابجایی نسبی طبقات برای سازه ۳ طبقه مجاور با ۵ طبقه در حالت با میراگر (بدون بعد)

Story	manjil	bam	El centro	Mean
1	0.73	10.30	1.00	4.01
2	0.09	3.07	0.10	1.09
3	0.23	7.67	0.27	2.72

جدول (۱۴) نتایج حداکثر جابجایی نسبی طبقات برای سازه ۳ طبقه مجاور با ۵ طبقه در حالت بدون میراگر (بدون بعد)

Story	manjil	bam	El centro	Mean
1	1.22	17.18	1.67	6.69
2	0.15	5.12	0.18	1.81
3	0.39	12.78	0.46	4.54



شکل (۷) منحنی میانگین حداکثر جابجایی نسبی طبقات سه رکورد زلزله برای سازه ۳ طبقه مجاور با سازه ۵ طبقه با میراگر و بدون میراگر (بدون بعد)

• مدل ۳-۳

با توجه به مشابه بودن سازه‌ها در این مدل می‌توان پاسخ‌ها برای هر دو سازه یکسان می‌باشد. با توجه به مدل سازی و تحلیل خای انجام شده در جدول ۱۵ جابجایی‌های نسبی هر یک از سازه‌های مجاور ۳ طبقه آورده شده است.

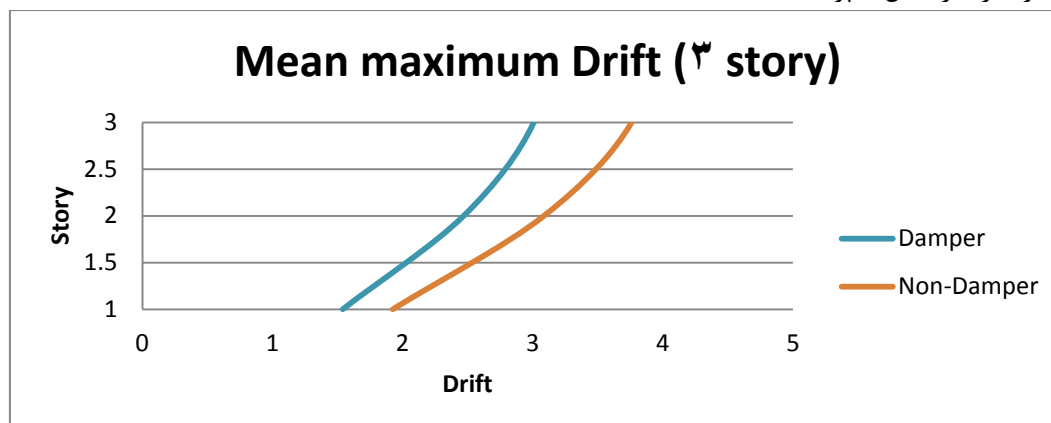
جدول (۱۶) نتایج حداکثر جابجایی نسبی طبقات برای سازه ۳ طبقه مجاور با ۳ طبقه در حالت با میراگر (بدون بعد)

Story	manjil	bam	El centro	Mean
1	0.22	4.18	0.20	1.53
2	0.35	6.72	0.32	2.46
3	0.44	8.18	0.38	3.00

جدول (۱۵) نتایج حداکثر جابجایی نسبی طبقات برای سازه ۳ طبقه مجاور با ۳ طبقه در حالت بدون میراگر (بدون بعد)

Story	manjil	bam	El centro	Mean
1	0.27	5.23	0.26	1.92
2	0.44	8.40	0.40	3.08
3	0.55	10.23	0.48	3.75

با مقایسه جدول های ۱۵ و ۱۶ به میزان قابل توجهی جابجایی نسبی در سازه کاهش می یابد. در این جداول ابتدا برای هر کدام از رکورد های زلزله حداکثر جابجایی بدست آمده است، سپس با میانگین گرفتن از پاسخ سازه در این سه رکورد، به مقایسه رفتار سازه در شکل ۸ پرداخته شده است.



شکل (۸) منحنی میانگین حداکثر جابجایی نسبی طبقات سه رکورد زلزله در سازه های مشابه ۳ طبقه با میراگر و بدون میراگر (بدون بعد)

با توجه به نمودار ارائه شده میزان جابجایی ها در دو سازه هفت طبقه با در نظر گرفتن میراگر ویسکوز در بین آن ها، به مراتب از حالت بدون میرایی کمتر می باشد. (تمامی جابجایی ها بر حسب سانتی متر می باشند)

۶- جمع بندی

با توجه به لرزه خیز بودن کشور ایران، استفاده از وسایل جاذب و میرا کننده‌ی انرژی مانند میراگرها و جداسازها، روش مناسبی برای جذب بخشی از نیروهای زلزله و بهبود رفتار لرزه‌ای سازه‌ها و صرفه جویی در مصرف مصالح به دلیل سبک تر شدن سازه می باشد. امروزه استفاده از این گونه وسایل در کشورهای پیشرفته و زلزله خیز رایج و متداول می باشد ولی متأسفانه در کشور ما به دلیل عدم شناخت کافی و معرفی نشدن این گونه میراگرها، استفاده از آن‌ها بسیار محدود می باشد. نتایج حاصل از این مقاله نشان داد که با توجه به مطالعه انجام شده مشخص شد که استفاده از میراگر ویسکوز در محل های مختلف میان دو سازه مجاور باعث کاهش پاسخ سازه ها می شود.

همانطور که مشاهده گردید، تاثیر بیشتر میراگرهای ویسکوز تنها با افزایش ثابت میرایی محقق نمی گردد. بلکه مکان و الگوی نصب آنها نیز حائز اهمیت می باشد. همچنین مشاهده گردید که میزان میرایی بهینه در هنگام استفاده از الگوی نصب یکنواخت می تواند از روی سازه معادل متداول بدست آید.

همچنین می توان با مقایسه مقدار بدست آمده به منظور فاصله ایمن میان دو سازه (درز انقطاع)، حدس زد که احتمالاً مقدار پیشنهادی آیین نامه ۲۸۰۰ ایران به منظور فاصله ایمن میان دو سازه کافی نبوده و نیازمند بازنگری می باشد. در پایان می توان نتیجه گرفت که مسئله رعایت فاصله ایمن میان دو سازه همسایه می تواند در ساخت پایدار فضاهای شهری نقش مهمی را ایفا کند و این مسئله باید مورد توجه مهندسان و کلیه متولیان ساختمان سازی قرار بگیرد.



منابع

- 1- Goel, R. K. (1991). "Effects of supplemental viscous damping on seismic response of asymmetric-plan systems." *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 72, No. 7, PP. 171-141.
- 2- Goel, R. K. (7222). "Passive control of earthquake-induced vibration in asymmetric buildings." *Proceeding of 17th world conference on earthquake engineering*.
- 3- Goel, R. K. and Booker C. A. (7221). "Effects of supplemental viscous damping on inelastic seismic response of asymmetric systems." *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 32, No. 3, PP. 411-432.
- 4- De La Llera, J. C., Almazan, J. L., Vial, I. J., Ceballos, V. and Garcia, M. (7224). "Analytical and experimental response of asymmetric structures with friction and viscoelastic dampers." *Proceeding of 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, paper No. 131*.
- 5- De La Llera, J. C., Almazan, J. L. and Vial, I. J. (7221). "Torsional balance of plan- asymmetric structures with frictional dampers: Analytical results." *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 34, No. 9, PP. 1219-1121.
- 6- De La Llera, J. C., Vial, I. J., Almazan, J. L. and Fighetti, E. C. (7226). "Balanced design of asymmetric buildings with energy dissipation devices." *Proceeding of the 1th National Conference on Earthquake Engineering, San Francisco, California, USA, Paper No. 1622*.
- 7- Vial, I. J., De La Llera, J. C., Almazan, J. L. and Ceballos, V. (7226). "Torsional balance of planasymmetric structures with frictional dampers: Experimental results." *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 31, No. 11, PP. 1121-1191.
- 8- Lin, T.K. and Chen, C.C. and Chang, K.C. and Lin, C.C.J. and Hwang, J.S., (7229), "Mitigation of Micro Vibration By Viscous Dampers", *International Journal of Earthq. Eng. & Eng. Vib.* 1, 169-117.
- ۹- علاءالدین بهروش، ارسطو ارمغانی، احمد اکبرلو، وحیدصادقی بالکانلو، (۱۳۹۰)، ارزیابی تأثیر میراگرهای ویسکوز در عملکرد لرزه‌های سازه‌ها، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران دانشگاه سمنان، ایران.
- ۱۰- محمدچرختاب بسیم، همایون استکانچی، (۱۳۹۳)، کاربرد روش زمان دوام در طراحی بهینه‌ی میراگرهای ویسکوز بر پایه‌ی عملکرد لرزه‌ای قابهای فولادی، پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
- ۱۱- موسوی، سیده شکیبا، ضیایی فر، منصور؛ (۱۳۹۴)، مطالعات آزمایشگاهی و تعیین مشخصه‌های رفتاری میراگر ویسکوز انقباض محوری، دهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، تبریز، دانشگاه تبریز.
- ۱۲- موسی نژاد، طاهره؛ پورزینالی، سعید، (۱۳۹۱)، کنترل لرزه‌ای ساختمانهای بلند با استفاده از میراگرهای ویسکوز نیمه فعال، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران.
- ۱۳- میرسیفی، هدی؛ اژدری مقدم، مهدی؛ قلعه‌نوعی، منصور؛ کشتگر، بهروز، (۱۳۹۰)، تحلیل ساختمان‌های فولادی ۴ و ۸ طبقه مجهز به میراگر اصطکاکی با استفاده از نرم افزار آباکوس، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه سمنان.
- ۱۴- منصوری، محمدرضا، ناصری، حسن، سروقدمقدم، عبدالرضا، (۱۳۹۰)، بررسی آزمایشگاهی و تحلیلی اثر توزیع میراگر ویسکوز بر رفتار سازه نامتقارن، نشریه مهندسی عمران و نقشه برداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.