

## بررسی تاثیر استفاده از میراگر ویسکوز در تراز سقف بر پاسخ لرزه‌ای سازه‌های بتن آرمه با هسته مقاوم داخلی سیستم لوله در لوله

سجاد علیزاده

کارشناس ارشد سازه گروه مهندسی عمران، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران

اشکان خدابنده‌لو\*

استادیار گروه مهندسی عمران، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران

a.khodabandehlou@iaurmia.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۰۴ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۷/۱۲/۱۴

### چکیده:

استفاده از میراگرها به عنوان وسیله‌ای برای مستهلک کردن انرژی ناشی از زلزله یکی از مطرح‌ترین روش‌هاست که در این میان میراگر ویسکوز طرفداران بیشتری دارد. مطالعات انجام شده در این تحقیق به منظور بررسی میزان تأثیر میراگرهای ویسکوز در کاهش آسیب پذیری سازه‌های بلند تحت زلزله و هم‌چنین انتخاب حالت بهینه در آرایش این میراگرها در سازه است. بر همین اساس، دو مدل قاب خمشی بتنی با هسته مرکزی با شکل‌پذیری ویژه و با تعداد ۲۶ طبقه توسط نرم‌افزار SAP2000 طراحی شد، سپس تحت پنج رکورد زلزله قرار گرفته‌اند و میزان آسیب پذیری آنها به روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی بررسی شده است. سپس اقدام به الحاق میراگرها در سازه شده است. برای این کار میراگر ویسکوز به صورت افقی در سازه اختصاص داده شده است و مدلها مجدداً تحت آنالیز تاریخچه زمانی غیرخطی قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل از بررسی سه پارامتر جابه‌جایی بیشینه بام، برش پایه و کاهش شتاب سازه، حاکی از کاهش چشم‌گیر این سه پارامتر دارد به نحوی که جابه‌جایی سازه بین ۱۰ الی ۲۵ درصد، برش پایه ۱۵ درصد و هم‌چنین شتاب ورودی به سازه در حدود ۱۷ الی ۲۰ درصد کاهش را نشان می‌دهد.

**کلید واژگان:** قاب خمشی ویژه، میراگر ویسکوز، تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی

## ۱- مقدمه

چارچوب قاب مورد استفاده قرار می‌گیرند که از نظر معماری و زیبایی معمولاً غیرقابل قبول و نامطلوب شمرده می‌شوند زیرا سبب به هم خوردن نمای خارجی و یا داخلی ساختمان می‌شود. همچنین سبب کاهش سطح و فضای قابل استفاده و مفید ساختمان می‌گردد. و علاوه بر این، این نوع تقویت می‌تواند سبب افزایش قابل ملاحظه وزن ساختمان و در نتیجه افزایش نیروهای وارده بر آن گردد. در این تحقیق سعی شده است با به کار بردن روش نوین استفاده از میراگرویسکوزدر تراز سقف همراه با قاب خمشی در اطراف هسته برشی مشکلات معماری ناشی از اشغال فضا برطرف شود همچنین سبب کنترل کاهش پاسخ لرزه‌ای سازه نسبت به سایر روشهای متداول، و کاهش آسیب به اعضای اصلی و همچنین کاهش ابعاد سازه گردد.

## ۲- تاریخچه تحقیقات در زمینه میراگر های ویسکوز

میراگرهای ویسکوز اولین بار در قرن نوزدهم جهت خنثی سازی اثرات ضربه توپها در کشتی‌های استفاده شد در نیمه اول قرن بیستم وارد کمپانی اتومبیل سازی شد و در اواخر ۱۹۸۰ جهت استفاده این نوع میراگرها در صنعت ساختمان، آزمایشاتی در مرکز ملی مهندسی زلزله در دانشگاه Buffalo در نیویورک انجام شد. بر اساس مدارک موجود می‌توان گفت که اولین استفاده از میراگرهای سیال لزج در ابعاد بزرگ، به منظور کاهش لگد زدن توپخانه‌های بزرگ در کاربرد های نظامی بوده است. شکل ۱ آزمایشات یک میراگر ویسکوز متعلق به نیروی هوایی آمریکا در سال ۱۹۶۱ را نشان می‌دهد این میراگر برای نیروی حداکثر ۲۰۰ تن آزمایش شده بود. (Douglas Taylor, et al)[1]



شکل ۱- آزمایش میراگر ویسکوز با بار ۲۰۰ تن در نیروی هوایی آمریکا (Douglas Taylor, et al)

ایده مجیز نمودن سازه به میراگر های کنترل غیر فعال به منظور جذب مقدار زیادی از انرژی ورودی به سازه از زلزله، اولین بار توسط کلی و همکاران در سال ۱۹۷۲ ارائه شد. (Kelly, et al, 1972)[2]

کنستانتینو و همکاران در سال ۱۹۹۲ در دانشگاه Buffalo تحقیقات تئوریک و عملی را برای استفاده کاربردی میراگرهای ویسکوز در ساختمان‌ها انجام دادند و برای استفاده عملی از آنها روابطی را بنا کردند. [3](Constantinou, et al, 1992)

با توجه به قرار گرفتن کشور ما بر روی کمربند زلزله آلپ - هیمالیا، سالانه شمار قابل ملاحظه‌ای زلزله در آن رخ می‌دهد. بر اساس آمار موجود، تقریباً همه ساله، زلزله‌ای با بزرگی بیش از ۶ ریشتر و در هر چند سال، زلزله‌ای مخرب بزرگتر از ۷ ریشتر، در کشور رخ می‌دهد. این مسأله نشان می‌دهد که توجه کردن به پایداری ساختمان در برابر زلزله، یک ضرورت اصلی است. امروزه با گسترش شهرها در جهت افقی و معضلات ناشی از گسترش بیش از حد شهرها و کمبود فضای مسکونی در سطح شهر نیاز به بلند مرتبه‌سازی بیش از پیش احساس می‌شود اگرچه در سال‌های اخیر بلند مرتبه‌سازی در کشور رونق فراوانی یافته است، اما اغلب روش ساخت به صورت سنتی انجام پذیرفته و تنها با بزرگ کردن ابعاد مقاطع یا دیوار برشی اقدام به ساخت بناهای بیست طبقه و یا بلندتر شده است، با تکیه بر روشهای سنتی اسکلتی که بتواند کارکرد درست داشته باشد معمولاً وزن قابل ملاحظه‌ای از ساختمان را به خود اختصاص می‌دهد. با افزایش ارتفاع و به تبع آن افزایش نیروهای حاصل از زلزله و باد، مقاطع برابر ساختمان بسیار بزرگ شده و تکانه‌های ناشی از نیروی زلزله و باد، در طبقات فوقانی شدید می‌شود.

امروزه جهت طراحی سیستم‌های مدرن، برای یک طرح مقاوم لرزه‌ای مناسب ابتدا باید سعی در حداقل نمودن مقدار انرژی هیسترتیک تلف شده در اعضای اصلی سازه نمود. دو دیدگاه مهم جهت رسیدن به این هدف وجود دارد. اولین دیدگاه شامل طرح‌هایی است که در آن سعی در کاهش انرژی ورودی به سازه داریم که به عنوان مثال سیستم‌های جداسازی پایه از آن جمله‌اند. دومین دیدگاه بر روی مکانیزم‌های اتلاف انرژی در خود سازه متمرکز است. برای این منظور از یک سری تجهیزات استفاده می‌نماییم. این تجهیزات به گونه‌ای طراحی می‌شوند که بخشی از انرژی ورودی به سازه را تلف می‌نمایند و در نتیجه خسارت وارده به سازه اصلی که ناشی از اتلاف انرژی به صورت هیسترتیک می‌باشد، کاهش می‌یابد. انواع سیستم‌های مدرن مقاوم در برابر زلزله عبارتند از: ۱- سیستم‌های جدا سازی پایه‌ای ۲- سیستم‌های فعال<sup>۲</sup> و نیمه فعال<sup>۳</sup>- سیستم‌های منفعل، از میان سیستم‌های اتلاف انرژی، میراگرهای ویسکوز مایع که از نوع سیستم‌های غیر فعال<sup>۱</sup> به شمار می‌رود که در سال‌های اخیر مورد توجه بیشتری مخصوصاً در آمریکا و اروپا و ژاپن قرار گرفته است قرار دارد، ایده این دسته از میراگرها از ترمز اتومبیل سرچشمه می‌گیرد که از یک فنر و یک کمک فنر (میراگر) استفاده می‌کند که در تعامل با یکدیگر، ضربات وارده به اتومبیل از سوی زمین را جذب و انرژی آنها را اتلاف می‌کنند. اگر ستونهای یک سازه را به عنوان فنر در نظر بگیریم، در واقع با ایجاد کمک فنر (میراگر) در کنار آنها می‌توانیم انرژی وارده به سازه در اثر زلزله را تلف کنیم.

کلیه سیستم‌های مقاوم در برابر نیروهای جانبی موجود (سیستم‌های مهاربندی، دیوار برشی و...) نقش مهمی در اتلاف و جذب نیروهای زلزله از خود نشان می‌دهند ولی تمامی این سیستم‌ها به نوعی در داخل

<sup>3</sup> Semi active Energy Dissipation

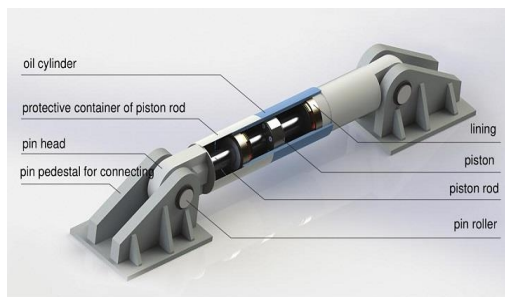
<sup>4</sup> Dissipation energy Passive

<sup>1</sup> Base Isolation

<sup>2</sup> Active Energy Dissipation

میراگرهای ویسکوز مایع (FVD) تجهیزات هیدرولیکی هستند که جهت استهلاک انرژی جنبشی ناشی از ارتعاشات لرزه‌ای یا مقابل با ضربات بین سازه‌ها، به کار می‌روند. این تجهیزات متنوع‌اند و می‌توانند به گونه‌ای طراحی شوند که بار مورد نظر (مثلاً بار زلزله و باد) را مستهلک نموده، ولی در برابر باقی شرایط مانند حرکات ناشی از حرارت، اجازه‌ی حرکت آزادانه را به سازه بدهند.

میراگر ویسکوز مایع شامل سیلندر روغن، مایع ویسکوز، پیستون، میله پیستون، پوشش محافظ داخلی و سایر بخش‌های اصلی است. پیستون باید حرکتی متقابل را در سیلندر روغن ایجاد نماید. پیستون محاط در ساختار میراگر بوده و سیلندر روغن پر از مایع میراکننده است. وقتی سازه با محرکی خارجی (مانند ارتعاش باد و زلزله) مواجه شود، دچار تغییر شکل شده و میراگر را به حرکت وامی‌دارد. در این حالت در بین دو سر پیستون در میراگر، اختلاف فشار ایجاد می‌شود. در این شرایط مایع ویسکوز میان پیستون و محفظه میراگر حرکت کرده و به واسطه لزجت خود، موجب میرایی و تبدیل انرژی مکانیکی به حرارتی (استهلاک انرژی) می‌شود. این امر موجب کاهش ارتعاشات در سازه می‌شود.



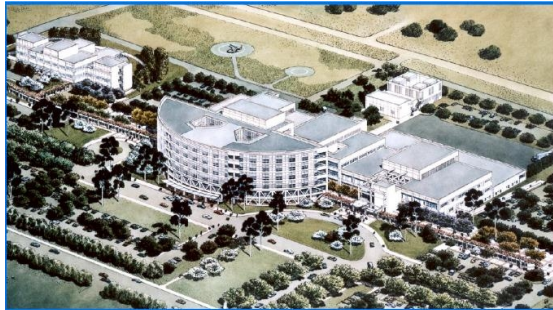
شکل ۳-نمای برش خورده از میراگر ویسکوز

### ۳-۱- تعیین مشخصات مکانیکی میراگر ویسکوز

میراگر ویسکوز مایع یکی از سیستم‌های جاذب انرژی می‌باشد که در مقایسه با اندازه فیزیکی خود از توانایی جذب انرژی بالاتری برخوردار است، بنابراین، این نوع میراگرها می‌توانند برای استهلاک انرژی ناشی از زلزله در سازه مورد استفاده قرار گیرند.

این میراگر شامل یک سیلندر و یک پیستون از جنس فولاد ضد زنگ به همراه یک کلاهک برنزی سوراخدار می‌باشد، مایع داخل سیلندر از روغن سیلیکونی می‌باشد که غیر سمی و غیر اشتعالزا بوده و برای مدت طولانی پایدار است شکل ۴. اساس کار این میراگر استهلاک انرژی توسط عبور مایع با فشار از درون روزنه تعبیه شده در کلاهک پیستون می‌باشد. وقتی میراگر در فشار است، مایع از محفظه ۲ به ۱ جاری می‌شود و برعکس، وقتی میراگر در کشش است، مایع از محفظه ۱ به محفظه ۲ جاری می‌شود عبور مایع با فشار زیاد از درون روزنه پیستون، سبب ایجاد اختلاف فشار در دو طرف کلاهک پیستون و در نتیجه تولید نیروی میراگر می‌گردد.

اولین استفاده از میراگرهای ویسکوز برای هدف لرزه‌ای در سال ۱۹۹۲ در طراحی مقاوم-لرزه‌ای مرکز دارویی Arrowhead Regional Medical بخش SAN BERNSDINO در کالیفرنیا بود (شکل ۲-الف و ب). میراگرهای ویسکوز اضافه شده به سیستم کمک کرد تا تغییر مکان‌ها زیر ۲۲ اینچ باقی مانده و پیبود موثر سازه را تا ۳ ثانیه بالا برد. (Douglas Taylor, et al)



شکل ۲-الف-نمای مرکز دارویی



شکل ۲-ب-نمایی از میراگر نصب شده مرکز دارویی Arrowhead Regional Medical Center

در سال ۱۹۹۷ انواع مختلف میراگرهای ویسکوز الاستیک<sup>۵</sup> میراگرهای ویسکوز<sup>۶</sup> و میراگرهای تسلیمی<sup>۷</sup> و میراگرهای اصطکاکی<sup>۸</sup> توسط کنستانتینو مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیقات میراگر ویسکوز بر روی سازه‌های با سختی بالا آزمایش شد. (Constantinou, et al, 1997)

ا سکار در سال ۲۰۰۰ روابط و عملیات محاسبات ساختمان‌ها با میراگر غیر فعال را اصلاح کرد [4](Oscar, et al, 2000). در همان سال اولین نشست بین المللی میراگرهای غیر فعال انجام شد.

### ۳- میراگر ویسکوز مایع

در بیست سال اخیر میراگرهای ویسکوز مایع به سرعت در زمینه مهندسی سازه پیشرفت کرده‌اند که به دلیل بالا بودن اثرات جذب انرژی در سازه‌ها و نیز مقرون به صرفه بودن از نظر اقتصادی اغلب در سازه‌های بلند و آسمان خراش‌ها<sup>۹</sup> به کار برده می‌شوند که از آن جمله می‌توان به کمپانی تیلور در ایالات متحده نام برد که تجهیزات ساخته شده توسط این شرکت در ۵۰۰ پروژه بزرگ از جمله ۳۰۰ پروژه ساختمانی به کار رفته است.

<sup>8</sup> Friction Damper

<sup>9</sup> Skyscraper

<sup>1</sup> Fluid Viscous Damper

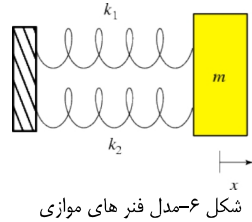
<sup>5</sup> Viscoelastic damper

<sup>6</sup> Fluid viscous damper

<sup>7</sup> ADAS damper

#### ۴- محاسبه سختی سازه

سختی سازه بنا به تعریف مقدار نیرویی است که در سازه، تغییر شکل واحد ایجاد نماید سختی یک سازه بیانگر مقاومت یک سازه در مقابل تغییر شکل است و ارتباطی با مقاومت سازه ندارد به عبارت دیگر یک سازه ممکن است مقاومت خوبی داشته باشد ولی سخت نباشد و در مقابل بار تغییر شکل قابل ملاحظه‌ای دهد. با استفاده از قانون هوک چون سختی در یک طبقه همانند فنرهای موازی عمل می‌کند (شکل ۶-۶) در نتیجه سختی معادل از رابطه (۴) به دست می‌آید. در رابطه (۴)  $K_X$  سختی در راستای  $X$  و  $K_Y$  سختی در راستای  $Y$  است.

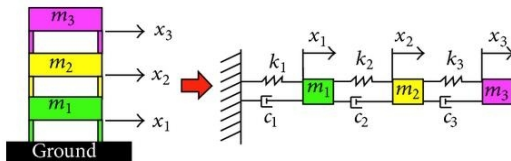


شکل ۶-۶ مدل فنرهای موازی

(۴)

$$K_{story} = K_x + K_y$$

و سختی کل سازه نیز با استفاده قانون فنرهای سری که در شکل ۷ نیز نشان داده شده است از رابطه (۵) به دست می‌آید.



شکل ۷-۷ مدل فنرهای سری

(۵)

$$\frac{1}{K_{Bldg}} = \frac{1}{K_{story-1}} + \dots + \frac{1}{K_{story-n}}$$

#### ۵- مدل تحلیلی مورد استفاده

ساختمان در نظر گرفته شده ۲۶ طبقه و از نوع اسکلت بتنی به همراه هسته برشی، که در چهار جهت نامدار می‌باشد. ساختمان دارای سه طبقه پارکینگ، و همکف و طبقات یک و دو تجاری و بقیه تا طبقه ۲۴ مسکونی و در طبقه ۲۵ دارای رستوران و در تراز آخر خرپشته قرار دارد. ارتفاع طبقات در تراز پارکینگ ۳ متر و بقیه طبقات ارتفاع ۴ متر دارند.

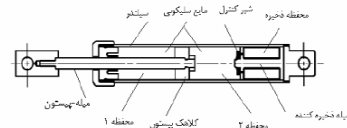
محل احداث ساختمان شهر ارومیه و خاک منطقه احداث پروژه از نوع ۳ می‌باشد، نوع ساختمان مسکونی و ارتفاع آن بالای ۵۰ متر مطابق آیین‌نامه ۲۸۰۰ جز ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد قرار دارد، دیوارهای پیرامونی با ضخامت ۲۰ سانتی‌متر و از نوع 3D پنل است که در وسط دیوار از یک لایه یونولیت برای عایق کاری دیواره‌ها استفاده شده است، دیواره‌های ساختمان به صورت پارتیشن‌بندی با ضخامت ۱۰ سانتی‌متر است.

رابطه نیرو-سرعت برای این نوع میراگر به صورت رابطه (۱) نوشته می‌شود.

(۱)

$$F = C V^n$$

که در آن  $F$  نیروی میراگر،  $V$  سرعت نسبی پیستون و  $C$  ضریب میرایی می‌باشد. ضریب میرایی عدد ثابتی است که بر اساس قطر میراگر و سطح روزنه پیستون تعیین می‌شود.  $n$  نیز مقدار ثابتی است که می‌تواند مقداری در حدود ۰٫۳ تا ۱٫۹۵ داشته باشد، مقدار  $n$  برای کاربردهای سازه‌ای در حد ۰٫۳ تا ۱٫۰ پیشنهاد شده است.



شکل ۴- جزئیات میراگر ویسکوز مایع

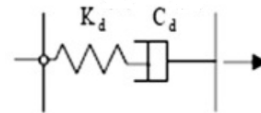
#### ۳-۲- مدل ماکسول

یکی از متداولترین روشها برای بیان رفتاری میراگرهای ویسکوز مدل ماکسول است در این مدل، میراگر به طور سری به یک فنر متصل است، مدل ماکسول در فرم سه عضوی که در آن یک فنر دیگر به صورت موازی با میراگر قرار گرفته باشد نیز به کار می‌رود. در مدل ماکسول رابطه بین نیرو، جابه‌جایی و سرعت به شرح رابطه (۲) ارائه می‌شود.

(۲)

$$F = C_D \left( \dot{U} - \frac{\dot{F}}{K} \right)$$

در این رابطه  $F$  نیروی میراگر،  $C_D$  ثابت میرایی و  $\dot{F}$  مبین مشتق زمانی نیروی میراگر است در مدل ماکسول نیز امکان وجود رفتار غیر خطی سرعتی و یا تغییر مکانی برای میراگر در تغییر در پارامترهای مدل وجود دارد.



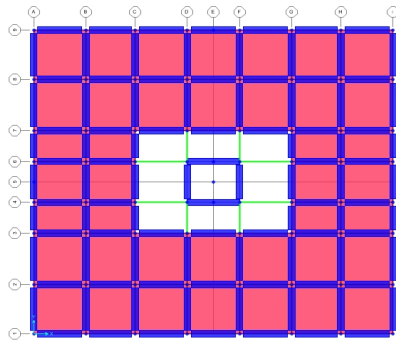
شکل ۵- مدل ماکسول

در مدل ماکسول به سبب اینکه رفتار استهلاکی محض مد نظر است برای نیل به این هدف باید نسبت ضریب میرایی به سختی محوری باید در محدوده ۱/۱۰۰ تا ۱/۱۰۰۰ فرکانس طبیعی سازه باشد. در این سازه از مدل ماکسول برای سازه مورد نظر استفاده شده است حال با توجه به تعریف بالا میتوان ضریب میرایی را برای سازه مورد بحث به صورت رابطه (۳) محاسبه کرد:

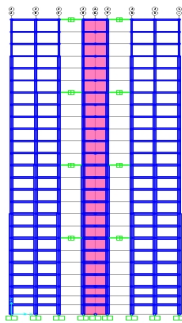
(۳)

$$\text{Damp Coeff} = \xi \times 2 \sqrt{\text{Stiffness} K_i \times \text{Mass}}$$

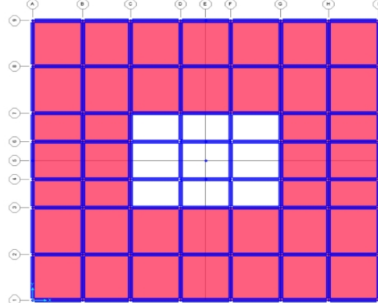
که در آن  $\xi$  میرایی که ۰٫۵٪ در نظر گرفته شده است و  $K_i$  سختی سازه و  $\text{Mass}$  جرم سازه است.



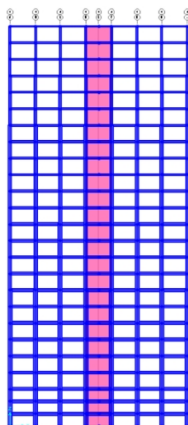
شکل ۱۰-الف-سازه با میراگر در اطراف هسته مرکزی



شکل ۱۰-ب-سازه با میراگر و بدون تیرهای اطراف هسته مرکزی



شکل ۱۰-ج-سازه بدون میراگر (وزن تیرهای اطراف هسته مرکزی دارای جرم و وزن صفر هستند).



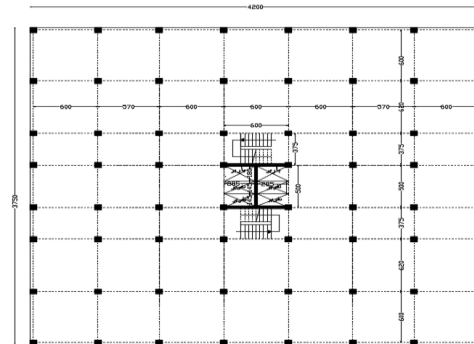
شکل ۱۰-ت-سازه بدون میراگر

سقف سازه از نوع دال دو طرفه بوده و دارای ضخامت ۱۵ سانتی‌متر است.

سیستم بار جانبی در جهت X و Y از نوع سیستم دوگانه با قاب خمشی ویژه به همراه هسته برشی استفاده شده است. شرایط محیطی پروژه از نظر برف و باران محیط با بارش زیاد برف و باران قرار دارد.



شکل ۸-نمای سه بعدی از سازه مورد مطالعه



شکل ۹-پلان سازه

### ۵-۱-ملاحظات مربوط به مقایسه سازه‌ها

سازه مورد بررسی جهت بررسی باید یک بار بدون میراگر و بار دیگر با میراگر مورد تحلیل و نتایج حاصله مورد ارزیابی قرار گیرد بدین جهت شرایط زیر جهت مقایسه نتایج دو سازه برقرار است:

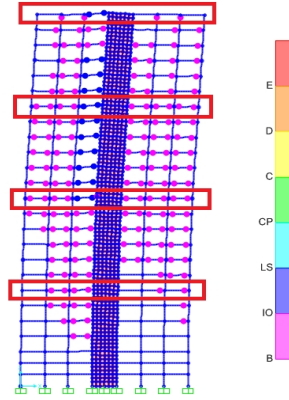
۱- هسته مرکزی دارای دیافراگم صلب جدا از قاب پیرامونی است. لذا تیرهای اطراف هسته مرکزی و نیز میراگرها داخل در دیافراگم صلب نیستند.

۲- وزن تیرهای اطراف هسته مرکزی به دلیل اینکه میراگر بدون جرم در نظر گرفته شده است جرم و وزن صفر هستند بنابراین وزن دوسازه با وجود حذف تیرهای اطراف هسته مرکزی در سازه با میراگر دارای وزن و جرم یکسانی هستند. (شکل ۱۰-الف تا ت)

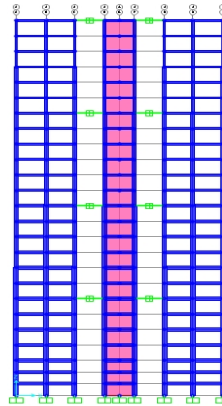
۳- تیرهای اطراف در حالت سازه بدون میراگر حذف شده‌اند تا میراگرها دارای آزادی حرکت باشند.

**۶- نحوه توزیع میراگرها در سازه:**

با توجه به نتایج حاصل از تحلیل سازه بدون میراگر و محل و شروع حداکثر مفصل پلاستیک و محل تشکیل مفاصل پلاستیک در محدوده LS(Life Safety) و نیز تغییر مکان نقاط کنترلی میراگرها در طبقات ۱۳، ۱۹، ۲۵ به کار برده شده است. (شکل ۱۱- الف و ب)



شکل ۱۱- الف- انتخاب محل قرارگیری میراگرها با توجه به محل شروع مفاصل پلاستیک و نقاط بحرانی و شروع مرحله LS(Life Safety) در مفاصل پلاستیک.

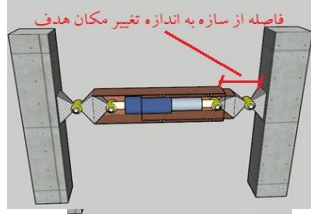


شکل ۱۱- ب- محل قرارگیری میراگرهای ویسکوز در طبقات ۱۳، ۱۹، ۲۵ و ۲۷

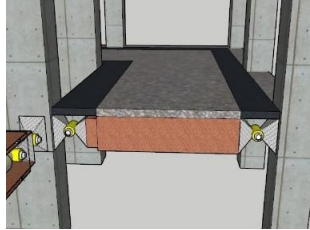
**۷- نحوه قرارگیری میراگر ویسکوز در سازه**

نحوه قرارگیری میراگر ویسکوز در تراز سقف بدین صورت است که میراگر در داخل یک تیر فلزی تلسکوپی که دارای حداقل یک سر مفصل برای آزادی حرکت (سر مفصل به علت عملکرد بهتر میراگر در بین دو سازه جدا از هم) قرار دارد که دارای فضای باز جهت حرکت ایزدانه با توجه به تغییر مکان هدف می باشد و سقف سازه ای می تواند بر روی لایه بالایی تیر تلسکوپی به راحتی اجرا شود، فضای آزاد ما بین هسته مرکزی و دال بتنی می تواند با مصالح دارای قابلیت انعطاف مانند رزین پر شود البته در این پروژه چون هدف مقایسه بین دو سازه می باشد روش ارائه شده پیشنهادی است و در سایر سازه ها میتواند کاملاً جدا از سقف و به صورت مایل در سطح افق بین هسته مرکزی و قاب به کار برده شود و یا می توان دال بتنی را بر روی تیرهای فرعی تلسکوپی

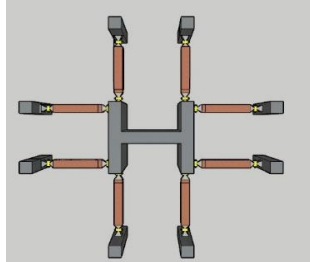
فولادی اجرا کرد جزئیات مربوطه در شکل های ۱۲- الف تاج نشان داده شده اند.



شکل ۱۲- الف- نحوه قرارگیری میراگر در داخل تیر



شکل ۱۲- ب- سقف قرار گرفته بر روی هسته خارجی تیر



شکل ۱۲- ج- نحوه چیدمان میراگر در اطراف هسته مرکزی

**۸- انتخاب شتاب نگاشت ها**

حرکت زمین در تعیین اثر زلزله بر ساختمانها را می توان مستقیماً با منظور نمودن تغییرات شتاب با زمان در تحلیل دینامیکی به دست آورد.

تحلیل های تاریخچه زمانی خطی یا غیر خطی با استفاده از شتاب نگاشت انجام می پذیرد بر اساس بند ۲-۵-۳ استاندارد ۲۸۰۰ شتابنگاشت هایی که در تعیین اثر حرکت زمین مورد استفاده قرار می گیرند باید تا حد امکان نمایانگر حرکت واقعی زمین در محل احداث بنا و در هنگام وقوع زلزله بوده و دارای ویژگی های زیر باشند:

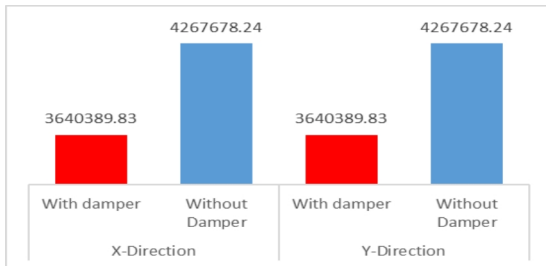
۱- شتاب نگاشت ها متعلق به زلزله هایی باشند که شرایط زلزله طرح را ارضا کنند و در آنها اثر بزرگا و فاصله از گسل و ساز و کار چشمه لرزه را در نظر گرفته شده باشند.

۲- ساختگاه شتابنگاشت ها به لحاظ ویژگی های زمین شناسی و لایه های خاک تا حد امکان با زمین محل ساختمان مشابهت داشته باشند. برای نیل به این منظور از پارامتر متوسط سرعت موج برشی در لایه های مختلف تا عمق ۳۰ متری از تراز پایه VS استفاده می گردد تا سرعت موج برشی در محدوده خاک مورد نظر قرار گیرد. با توجه به این که زمین ما از نوع سه است سرعت را در محدود ۱۷۵-۳۷۵ در نظر میگیریم.

در استفاده از سایت Peer با تنظیم کردن مشخصات سرعت و بزرگی بین ۶،۲ الی ۷ ریشتر و فاصله از گسل در حدود ۱۵ الی ۲۰

جدول ۲- مقایسه برش پایه (tonf) برای زلزله های مختلف در دو جهت X و Y

زلزله	سازه با میراگر		سازه بدون میراگر	
	X-Dir	Y-Dir	X-Dir	Y-Dir
Nonlinear Static	۳۶۴۰,۴	۳۶۴۰,۴	۴۲۶۷,۷	۴۲۶۷,۷
Imperial Valley	۳۶۲۸,۵	۳۶۴۰,۱	۴۲۶۸,۰	۴۲۶۷,۲
Superstition Hills	۳۶۳۸,۳	۳۶۴۴,۰	۴۲۶۸,۵	۴۲۶۹,۵
Northridge	۳۶۳۸,۹	۳۶۳۵,۰	۴۲۶۵,۳	۴۲۶۶,۴
Niigata, Japan	۳۶۳۱,۲	۳۶۴۱,۰	۴۲۷۶,۹	۴۲۶۸,۲
Parkfield	۳۶۳۷,۸	۳۶۲۶,۸	۴۲۵۹,۵	۵۰۵۹,۹

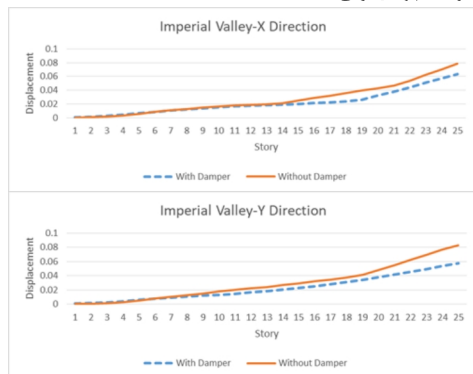


نمودار ۲- مقایسه برش پایه (kgf) در حالت با میراگر و بدون میراگر در دو جهت X و Y (برای تحلیل استاتیکی غیر خطی)

### ۱۰- مقایسه جابه جایی ماکزیمم بام

این مقایسه بر اساس درصد جابه جایی نسبی طبقه بام انجام شده است و ملاحظه گردید که به طور میانگین درصد جابه جایی نسبی طبقات در سازه با میراگر نسبت به سازه بدون میراگر بین ۱۰ تا ۲۵ درصد برای زلزله های مختلف کاهش یافته است. نتایج برای زلزله های مختلف در نمودارهای ۳ الی ۷ نشان داده شده است و نتایج نشانگر کاهش جابجایی نسبی طبقات در حالت با میراگر نسبت به حالت بدون میراگر است.

### ۱- زلزله امپریال ولی



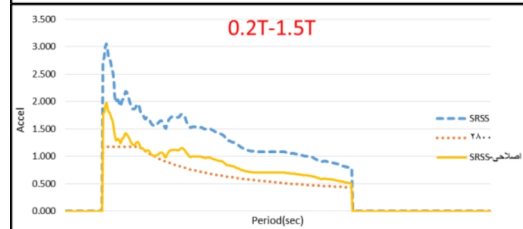
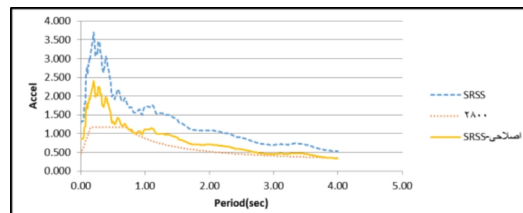
نمودار ۳- مقایسه تغییر مکان (m) طبقات در جهت X و Y

کیلومتر پنج زوج شتاب نگاشت برای پروژه مورد نظر انتخاب شده اند که با استفاده از نرم افزار SeismoSignal نمودار شتاب زمان آنها برای استخراج فاکتور مقیاس برای استفاده در نرم افزار استخراج شده است. در انتخاب زوج شتاب نگاشت ها فقط مولفه های شتاب افقی H1 و H2 در نظر گرفته شده اند و ضرایب مقیاس و بزرگی زلزله ها در جدول ۱ آورده شده است.

یک نمونه از نمودارهای رسم شده و هم پایه شده زلزله امپریال ولی با نسبت میرایی ۰.۵٪ به صورت کلی و مقیاس سازی شده در محدوده 0.2T و 1.5T در نمودار ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱ - بزرگی (ریشتر) و فاصله (کیلومتر) از گسل و ضریب مقیاس شتاب نگاشت های انتخابی

EVENT	Rjb(km)	Mag	Scale Factor
ImpVal	۱۹,۹۴	۶,۵۳	۵,۸۵۴۶
Superstition Hills	۱۸,۲	۶,۵۴	۲,۹۹۲۵
Northridge	۱۷,۸۲	۶,۶۹	۶,۴۴۹۸
Niigata, Japan	۱۷,۵۷	۶,۶۳	۱۰,۶۹۲۸
Parkfield	۱۵,۴	۶,۲	۱۳,۰۳۲۸

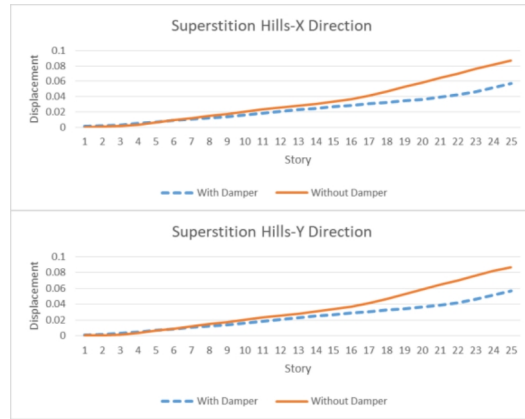


نمودار ۱- نمودار هم پایه شده زلزله امپریال ولی با نسبت میرایی ۰.۵٪

### ۹- مقایسه برش پایه

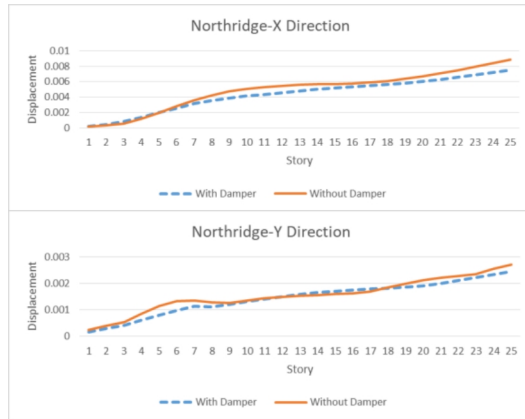
در این بخش به مقایسه دوسازه مورد نظر از نظر تغییرات در برش پایه در حالت با میراگر و بدون میراگر می پردازیم در مطالعات انجام شده برای حالت استاتیکی غیر خطی و دینامیکی تاریخچه زمانی برای پنج زوج شتاب نگاشت ملاحظه می شود که برش پایه در حالت با میراگر حدود ۱۵ درصد نسبت به حالت بدون میراگر کاهش می یابد نتایج حاصل از تحلیل در نمودار ۲ و جدول ۲ نمایش داده شده است.

۲- زلزله سوپر استیشن هیل



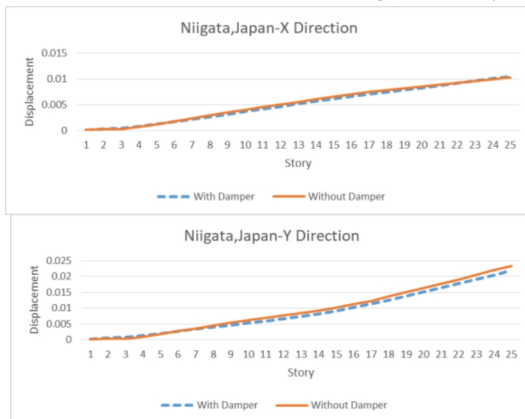
نمودار ۴- مقایسه تغییر مکان (m) طبقات در جهت X و Y

۳- زلزله نورتریج



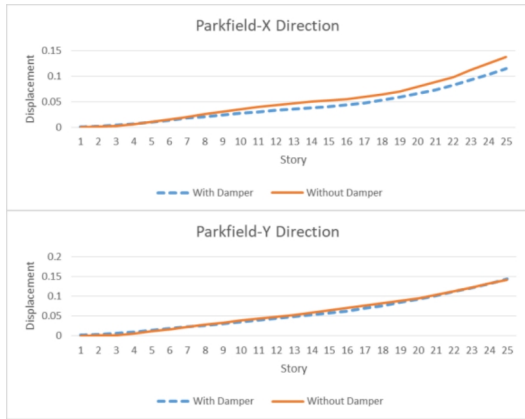
نمودار ۵- مقایسه تغییر مکان (m) طبقات در جهت X و Y

۴- زلزله نیگاتای ژاپن



نمودار ۶- مقایسه تغییر مکان (m) طبقات در جهت X و Y

۵- زلزله پارکفیلد

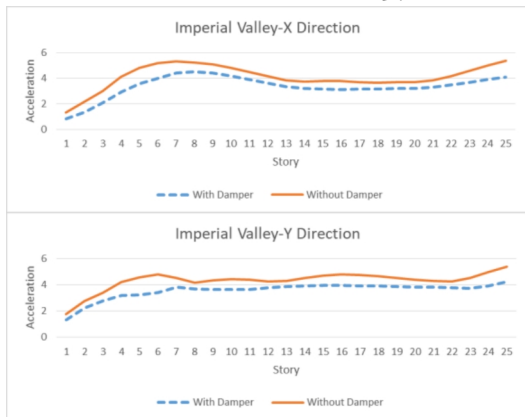


نمودار ۷- مقایسه تغییر مکان (m) طبقات در جهت X و Y

۱۱- مقایسه کاهش شتاب و سرعت جابجایی سازه

نتایج حاصل از تحلیل‌ها برای نقاط کنترلی در مرکز سطح طبقات و مقایسه بین دو سازه مورد نظر برای شتاب زلزله‌های مورد نظر در نمودارهای ۸ الی ۱۲ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که شتاب سازه به طور متوسط ۱۷ درصد و سرعت جابجایی سازه در حدود ۲۰ درصد برای زلزله‌های مختلف کاهش می‌یابد.

۱- زلزله امپریال ولی



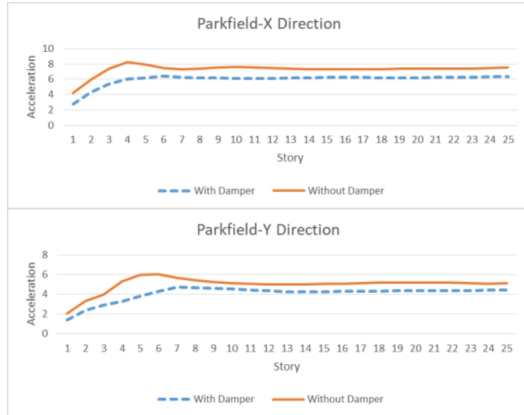
نمودار ۸- مقایسه شتاب (m/s<sup>2</sup>) در جهت X و Y

۴- زلزله نیگاتای ژاپن

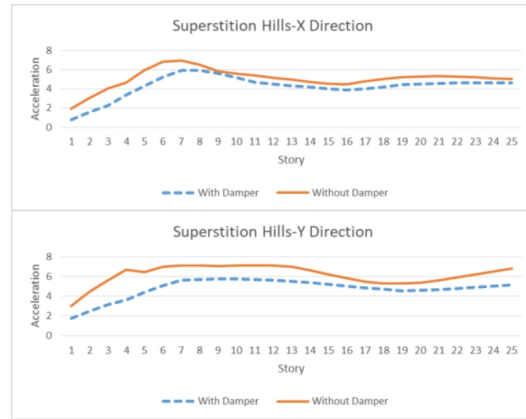


۲- زلزله سوپرستیشن هیل

۵- زلزله پارکفیلد

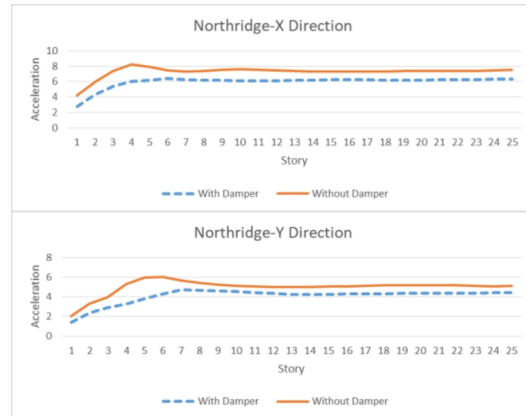


نمودار ۱۲- مقایسه شتاب (m/s²) در جهت X و Y



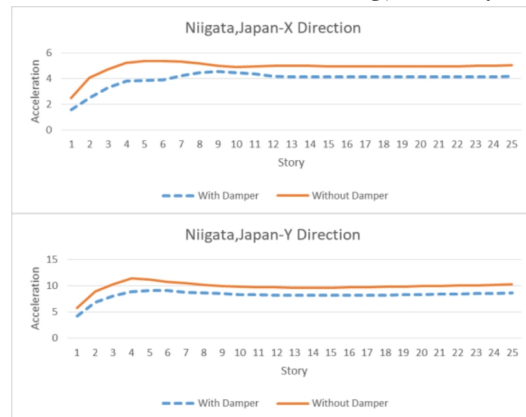
نمودار ۹- مقایسه شتاب (m/s²) در جهت X و Y

۳- زلزله نورتریج



نمودار ۱۰- مقایسه شتاب (m/s²) در جهت X و Y

۴- زلزله نیگاتای ژاپن



نمودار ۱۱- مقایسه شتاب (m/s²) در جهت X و Y

۱۲- نتیجه گیری

تحقیق انجام شده نشان داد که استفاده از میراگر ویسکوز می تواند نقش موثری در کنترل پاسخ سازه ها در برابر زلزله داشته باشد. اکثر سازه ها هنگام زلزله های شدید با کمک شکل پذیری اعضا با آن مقابله می نمایند که سبب آسیب های اساسی و بعضاً غیرقابل جبرانی به اعضای سازه ای و غیرسازه ای می گردد. استفاده از میراگرها می تواند تغییر مکان ها و شتاب ها و سرعت سازه و به تبع آن نیاز به شکل پذیری را کاهش داده و سبب کاهش خسارت به اعضای سازه ای و غیر سازه ای شود.

۱- استفاده از میراگر ویسکوز به صورت افقی در سازه باعث کاهش ۱۵ درصدی برش پایه نسبت به حالت بدون میراگر می شود.

۲- در تحقیق انجام شده میزان جابه جایی سقف در زلزله های مختلف به طور متوسط کاهش بین ۱۰ تا ۲۵ درصد جابه جایی بام و سایر طبقات را نشان می دهد.

۳- در بررسی های انجام شده نشان داده شد که شتاب وارده به سازه در حدود ۱۷ تا ۲۰ درصد کاهش می یابد که این کاهش شتاب باعث کاهش شکل پذیری و به تبع آن کاهش خسارت به اعضای سازه ای و غیر سازه ای و نیز کاهش ابعاد سازه می شود.

۴- چینش های مختلف میراگر ویسکوز در اطراف هسته مرکزی و درجات آزادی ابتدا و انتهای میراگرها تاثیرات متفاوتی بر پاسخ سازه خواهد داشت.

۵- استفاده از میراگر ویسکوز باعث افزایش پریود سازه به میزان ۱۱ درصد شده ولی فرکانس سازه را به اندازه ۱۱ درصد کاهش می دهد.

۶- تعداد میراگر به کار رفته در این حالت ۳۲ عدد می باشد در چهار تراز ۲۵، ۱۹، ۱۳، ۷ به صورت هشت تایی به کار رفته است که نسبت به حالت قطری که اگر در یک جهت قرار بگیرد باید تعداد ۴۲ (با توجه به تعداد ۲۲ طبقه از برش پایه) عدد میراگر به کار برده می شد که در این خصوص با کاهش ۱۰ عددی تعداد میراگر باعث کاهش هزینه ها شده است.

damper, Report NCCER-92-XXX, National Center for earthquake Engineering Research, Buffalo, NY (1992).

4. Oscar M. Ramirez, Michael C. Constantinou, Charles A. Kircher, Andrew S. Whittaker, Martin W. Johnson and Juan D. Gomez, (2000), Development and Evaluation of Simplified Procedures for Analysis and Design of Buildings with Passive Energy Dissipation Systems, Report No. MCEER-00-0010, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, Buffalo, New York.

5. B.F. Spencer Jr and S. Nagarajaiah ; Journal of Structural Engineering, ASCE July (2003) 845-856.

6. M. D. Symans, F. A. Charney ; FEMA Presentation on Seismic protective systems: Passive energy dissipation, presented at MBDSI in 2001 and 2002.

7. Fundamental Concepts of Earthquake Engineering ; Luis Esteva (1980) Ch-17 "Seismic Code Provisions", Vol.1, 753-923.

8. Q. S. Khan ; Application of vibration control in health monitoring of building structures, M.Sc. Thesis, CED, UET, Lahore (2011).

9. K. Kawashima and S. Unjoh ; Seismic response control of bridges by variable dampers, Journal of Structural Engineering (1994), 2583-2601.

10. R.L. Sack and W. Patten ; Semiactive hydraulic structural control." Proc., Int. Workshop on Structural

11. W.N. Patten, R. Sack and Q. He ; Controlled semiactive hydraulic vibration absorber for bridges." Journal of Structural Engineering, (1996) 187-192.

12. M.D.J. Symans and M.C. Constantinou ; Seismic testing of a building structure with a semiactive fluid damper control system, Earthquake Engineering Structure Dynamics, (1999) 759-777.

13. S. Nagarajaiah ; Fuzzy controller for structures with hybrid isolation system, Proc., 2nd World Conf. Structural Control, Wiley, New York, TA2 (1994) 67-76.

14. J. Yan, L. Cheng, Z.Y. Wu, L.H. Yam ; Development in vibration based structural damage detection technique, Elsevier, Mechanical System & Signal Processing (2006) 2198-2211.

15. Y.L. Xu, B. Chen ; Integrated vibration control and health monitoring of building structures using semi-active friction dampers: Part I methodology, Elsevier, Engineering Structures, (2008) 1789-1901.

16. O.S. Salawu ; Detection of structural damage through changes in frequency: a review, Elsevier, Engineering Structures, (1994) 718-723.

17. M. D. Symans and M.C. Constantinou ; Passive Fluid Viscous Damping Systems for energy dissipation, ISET Journal of Earthquake Technology (1998) 185-206.

## ۱۳-پیشنهادهاد

در این تحقیق نحوه چینش و به کارگیری میراگرها برای مقایسه دو سازه انجام گرفت و پس از اینکه به نتیجه مورد نظر رسید می توان نحوه چینش میراگرها و توزیع آن در اطراف هسته مرکزی متفاوت از روشی که توضیح داده شد انجام پذیرد به طوری که سقف سازه ای بر روی تیر تلسکوپی قرار نگیرد و طوری میراگر را در اطراف هسته مرکزی توزیع کرد که جزئیات اجرایی کمی داشته و مابین هسته مرکزی و قاب خمشی اطراف بدون هیچ محدودیتی به کار برده شود.

برای عملکرد بهتر میراگرها در اطراف هسته مرکزی می توان از جداساز لرزه ای با هسته سربی یا سایر جداسازها استفاده کرد. همچنین میتوان میراگر ویسکوز را به صورت مایل بین دو سازه کنار هم و یا در درزهای انقطاع سازه های منظم و نامنظم به کار برد.

## مراجع

### منابع فارسی

۱- استفاده از الگوریتم ژنتیک برای چیدمان بهینه میراگرهای ویسکوز. (منیره باقری، نصرت الله فلاح، ۱۳۸۷)

۲- معادلات حرکت برای میراگرهای ویسکوز نیمه فعال. (طاهره موسی نژاد، سعید پورزینعلی، ۱۳۸۷)

۳- ارزیابی تاثیر میراگرهای ویسکوز در عملکرد لرزه ای سازه ها (علالدین بهروش، ارسطو ارمانی، وحید صادقی بالکانلو، ۱۳۹۰)

۴- مردانی، فرزاد و ملکی، احمد، مکان یابی بهینه میراگر ویسکوز در کاهش پاسخ لرزه ای سازه ها، ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت ماه ۱۳۹۳، هشتمین

کنگره ملی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، بابل  
۵- بررسی آزمایشگاهی و تحلیلی اثر توزیع میراگر ویسکوز بر رفتار سازه نامنتظران.

(محمد منصوری، حسن ناصری، عبدالرضا سروقدمقدم، ۱۳۹۰)  
۶- استفاده بهینه از میراگرهای ویسکوز در کاهش پاسخ لرزه ای سازه ها (فاطمه رازانی، آریتا اسعدی، مجتبی حسینی، ۱۳۹۳)

۷- بررسی اثر استفاده از میراگر ویسکوز غیر خطی بر سازه های جداسازی شده ی واقع در حوزه نزدیک گسل (حسین پزشکی. منصور ضیایی فر، ۱۳۹۴)

۸- آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم و چهارم  
۹- مبحث ششم و نهم مقررات ملی ساختمان چاپ ۱۳۹۲

۱۰- طراحی و بهسازی لرزه ای سازه ها بر اساس سطح عملکرد (رامین تقی نژاد)

### منابع لاتین

1. Douglas Taylor, President, Taylor Devices Inc., "History, Design and Application of Fluid Dampers in Structural engineering"

2. Kelly JM, Skinner RI and Heine AJ (1972) Mechanism of energy absorption in special devices for use in earthquake resistant structures, Bulletin of N.Z. Society for Earthquake Engineering, Vol. 5 No. 3, pp 63-88.

3. M.C. Constantinou and M.D. Symans, Experimental and analytical investigation of seismic response of structures with supplemental fluid viscous

## The Investigation Effect of Viscous Damper on the Floor level on Seismic Response at Reinforced Concrete Tall buildings with Internal Resistant Core the Tube in Tube System

Sajjad Alizadeh

Department of Civil Engineering, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran  
Ashkan KhodaBandehLou\*

Department of Civil Engineering, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran  
\*a.khodabandehlou@iaurmia.ac.ir

### Abstract:

Application of dampers as means of attenuation of earthquake energy is one of the most significant approaches and viscose damper is the most popular one. The aim of this paper was to investigate the effect of viscose dampers on decreasing the vulnerability of tall structures at earthquake and selection of the optimal arrangement of dampers in these structures. so, two types of concrete special moment frames with central cores with 26 floors were designed with SAP2000 software. Then, they were applied to five earthquake records and their vulnerabilities were investigated according to non-linear timehistory dynamic analysis. Then, dampers were erected into the structure and modeled. To do so, the dampers were horizontally positioned in the structure and the models were evaluated again using non-linear timehistory dynamic analysis. The results obtained by investigating three parameters of maximum Floor displacement, base shear, and structure Acceleration verified signified decrease in all three parameters. In such a way that the displacement of the structure, between 10 to 25 percent, the base shear 15 percent, as well as the acceleration of the input to the structure, to about 17 to 20 percentage reduction.

**Keywords:** special moment frame, viscose damper, non-linear timehistory dynamic analysis