



## بررسی تاثیر میراگرهای با میرایی‌های مختلف در بهبود عملکرد مهاربندهای شورون

حمید صابری<sup>۱</sup>، وحید صابری<sup>۲\*</sup>، الناز آبادی شندی<sup>۳</sup>، عباسعلی صادقی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه غیر انتفاعی ایوان‌کی، سمنان، ایران.

<sup>۲\*</sup> استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه غیر انتفاعی ایوان‌کی، سمنان، ایران (saberi.vahid@gmail.com).

<sup>۳</sup> کارشناس ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه غیرانتفاعی ایوان‌کی، سمنان، ایران.

<sup>۴</sup> دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۴/۶، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۸/۲۳)

### چکیده

روشی که امروزه مورد توجه اکثر محققین در طراحی سازه‌های جدید و بهسازی سازه‌های موجود می‌باشد، کاهش حرکات و نیروهای حاصل از زلزله در سازه است. بر این اساس، کنترل سازه‌ها از طریق اعمال نیروهای کنترل‌کننده بر سازه به کمک ابزارها و وسایل مناسب و جدا کردن سازه از حرکت زمین شکل گرفته است. دستگاه‌های اتلاف انرژی غیرفعال، یگ گروه از این روش حفاظت لرزه‌ای هستند که خود به دو دسته دستگاه‌های وابسته به سرعت و غیروابسته به سرعت طبقه بندی می‌شوند. در سیستم‌های کنترلی سازه‌ها، میرایی نقش اساسی را در کنترل پاسخ‌های لرزه‌ای دارد. از طرفی دیگر رفتار غیرخطی سازه‌ها و مقدار انرژی هیستریزس که میرایی هیستریزس سازه مشهور است، تاثیر بسیار مهمی در مقدار خرابی‌های سازه داشته و آستانه فروریزش سازه را کنترل می‌کند. با تغییر مقدار میرایی الحاقی سازه، رفتار غیرخطی المان‌های مقاوم سازه تغییر یافته و مقدار انرژی هیستریزس سازه تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در این تحقیق، جهت بررسی این موضوع، قاب‌هایی با مهاربند شورون و تعداد طبقات ۵، ۱۰ و ۱۵ در نرم‌افزار SeismoStruct مدل‌سازی و تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی شده‌اند و میرایی به وسیله سیستم کنترلی میراگر ویسکوز به سازه‌ها، اعمال گردیده است. با بررسی نتایج مشاهده می‌گردد که میرایی باعث کاهش مقدار پاسخ‌های لرزه‌ای سازه‌ها می‌گردد اما رابطه افزایش میرایی و کاهش پاسخ‌ها خطی نیست. اما در حالت کلی مقدار میرایی باعث کاهش مقدار جابجایی، دریفت، برش پایه و افزایش سطح عملکرد سازه‌ها می‌گردد. بیشترین مقدار کاهش نیروی داخلی برای میرایی ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به ترتیب برابر ۲۵، ۳۹ و ۴۳ درصد بوده است. همچنین بیشترین مقدار کاهش برش پایه برای میرایی ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به ترتیب برابر ۵۵، ۵۹ و ۶۴ درصد بوده است.

### کلمات کلیدی

میراگر ویسکوز، مهاربند شورون، تحلیل دینامیکی غیرخطی، پاسخ لرزه‌ای.



# Investigation the Effect of Dampers with Different Damping in Improving the Performance of Chevron Braces

Hamid Saberi<sup>1</sup>, Vahid Saberi<sup>2\*</sup>, Elnaz Abadi Shandi<sup>3</sup>, Abbas Ali Sadeghi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor, Department of Civil Engineering, University of Eyvanekey, Semnan, Iran.

<sup>2\*</sup> Assistant Professor, Department of Civil Engineering, University of Eyvanekey, Semnan, Iran.  
(saberi.vahid@gmail.com)

<sup>3</sup> M.Sc., Department of Civil Engineering, University of Eyvanekey, Semnan, Iran.

<sup>4</sup> Ph.D. Candidate, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.

(Date of received: 26/06/2020, Date of accepted: 13/11/2020)

## ABSTRACT

Today, the used method by most researchers to design new structures and retrofitting the existing structures is to reduce the movements and forces resulting from the earthquake in the structure. Accordingly, control of the structural behavior through the application of controlling forces on the structure by means of appropriate tools and separating the structure from the ground motion has been formed. The passive energy dissipation devices are grouped by seismic protection, which are quickly categorized into two groups of dependent velocity and non-dependent velocity devices. In structural control systems, damping has a crucial role in controlling seismic responses. On the other hand, nonlinear behavior of structures and the amount of hysteresis energy that is known as the structural hysteresis damping has a very important effect on the amount of structural damage and controls the collapse prevention state of the structure. By varying the damping values of the structure, the nonlinear behavior of the resistant elements of structure changes and the amount of hysteresis energy is affected. In this study, to investigate this topic, the structures with a number of different stories have been modelled in SeismoStruct software and dampers have been applied to the structure. By observing the results, the damping causes decreasing the seismic response of the structures, but the relationship between the increasing the damping and lowering the responses is not linear. But in general, the amount of damping value reduces displacement, drift, and base shear and increasing the performance level of the structures. The highest internal force reduction for the damping ratio 10, 20 and 30% has been 35, 39 and 43%, respectively. Also, the maximum reduction of the base shear for the damping ratio 10, 20 and 30 is 55, 59 and 64%, respectively.

## Keywords:

Viscos Damper, Chevron Brace, Nonlinear Dynamic Analysis, Seismic Response.



## ۱- مقدمه

منظور از سیستم لرزه بر یک سیستم سازه‌ای است که در برابر نیروهای افقی توان مقاومت داشته باشد. از آنجا که جهت نیروهای زلزله را نمی‌توان از قبل تعیین نمود هر ساختمان به ناچار باید در هر دو جهت متعامد مجهز به سیستم لرزه بر باشد تا بتواند نیروهای احتمالی را در هر دو جهت تحمل نماید. از جمله سیستم‌های مهم و پرکاربرد مقاوم جانبی در ایران، سیستم مهاربندی همگرا است. سیستم مهاربندی همگرا به دلیل داشتن خصوصیات منحصر به فرد دارای استفاده بیشتری در ایران است. سیستم مهاربندی شورون جزئی از سیستم مهاربندی همگرا است که در دو حالت شکل‌پذیری متوسط و ویژه در ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ معرفی شده است. بر اساس عملکرد این سیستم سازه قابلیت توانایی و تحمل نیروهای جانبی وارد شده را دارا می‌باشد. اما از آنجا که این سیستم نیز دارای ضعف‌هایی از جمله سختی زیاد، شکل‌پذیری کمتر و قابلیت کم‌انرژی‌تر المان‌ها دارد، عملکرد قابل قبولی را نمی‌تواند برای سازه‌ها تامین نماید. لذا استفاده از سیستم میراگر بعنوان یک سیستم کنترل کننده پاسخ‌های لرزه‌ای در سازه‌ها بسیار مفید بوده و می‌توان عملکرد قابل قبولی را برای سازه‌ها تامین نماید. پس از آن که مصالح لاستیکی با میرایی مختلف، به خوبی استهلاک انرژی مناسبی را به عنوان جداسازهای لرزه‌ای فراهم کردند، برخی از محققان به این فکر افتادند تا از ویژگی مناسب این مصالح در تولید میرایی و استهلاک انرژی در قطعات میراگر الحاقی به عنوان مستهلک کننده انرژی و قطعه‌ای با توانایی ایجاد میرایی بالا در سازه استفاده کنند. رفتار ساختاری این لاستیک‌ها بسیار پیچیده می‌باشد که این امر باعث بروز مشکلاتی در ارزیابی صحیح رفتار سازه‌های مجهز به این سیستم و بدست آوردن پارامترهای طراحی می‌گردد. به طور خاص رفتار این مواد به صورت گسترده‌ای غیرخطی است و ویژگی‌های میرایی و سختی آن با دامنه‌ی تحریک تغییر می‌کند. مهاربندهای شورون در سازه‌های فولادی از جمله سیستم‌هایی هستند که دارای قابلیت‌های زیادی هستند. از طرفی این سیستم بعنوان یک سیستم مناسب برای نصب میراگرها در سازه‌های مورد استفاده می‌باشد. رفتار لرزه‌ای مهاربندهای شورون با انواع میراگرها در تحقیقات گذشته مورد بررسی قرار گرفته است، اما تاثیر میزان میرایی در رفتار لرزه‌ای مهاربندهای شورون مورد توجه نبوده است. لذا در این تحقیق سازه‌هایی با مهاربندی شورون دارای میراگر با میرایی مختلف مدلسازی شده و مورد بررسی قرار خواهد گرفت تا تاثیر این پارامتر در بهبود لرزه‌ای این نوع مهاربندها ارزیابی شود. استفاده از سیستم‌های جذب کننده انرژی اولین بار پس از زلزله لوما پریتا<sup>۱</sup> در سال ۱۹۹۸ مطرح شد. باقری و فلاح تعداد و چیدمان بهینه میراگرهای ویسکوز در سازه‌های ساختمانی با کمک الگوریتم ژنتیک مورد بررسی قرار می‌گیرد. توابع هدف استفاده شده در این تحقیق جابجایی و شتاب نسبی طبقات می‌باشد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که کاربرد موثر میراگرهای ویسکوز موجب کاهش قابل ملاحظه‌ای در پاسخ لرزه‌ای ساختمان می‌شود. یکی از موثرترین مکانیزم‌های موجود برای استهلاک انرژی وارده بر سازه به هنگام زلزله، بهره‌گیری از تغییر شکل غیرکشسان مواد فلزی می‌باشد. ایده‌ی بکارگیری میراگرهای فلزی جاری شونده به صورت مجزا به عنوان جاذب بخش بزرگی از انرژی لرزه‌ای، با کار پژوهشی و آزمایشگاهی کلی و همکاران ۱۹۹۲ و نیز اسکینر و همکاران ۱۹۷۵ شکل گرفت [۱]. تحقیقات نشان داده‌اند که استفاده از میراگرهای ویسکوز می‌تواند نقش موثری در کنترل پاسخ سازه‌ها در برابر باد، انفجار و زلزله داشته باشد. اکثر سازه‌ها هنگام زلزله‌های شدید با کمک شکل‌پذیری اعضا با آن مقابله می‌نمایند که سبب آسیب‌های اساسی و بعضاً غیرقابل جبرانی به اعضای سازه‌ای و غیرسازه‌ای می‌گردد. استفاده از میراگرها می‌تواند تغییر مکان‌ها و شتاب‌های زیاد سازه و به تبع آن نیاز به شکل‌پذیری را کاهش دهد. در این تحقیق مراحل مختلف طراحی، ساخت و آزمایشات تجربی برای تعیین مشخصه‌های مکانیکی میراگرهای ویسکوز با قابلیت تنظیم میرایی که تاکنون در کشور انجام نگرفته مورد بررسی قرار گرفته است [۲]. در سال ۱۹۹۷ سانگ و همکارش تاریخچه‌ای از انواع

<sup>1</sup> Lomapieta



سیستم های جاذب انرژی ارائه نمودند. در سال ۱۹۹۸ کنستانتینو و تدبخش نحوه طراحی المان های به کاررفته در این سیستم ها را برای مقابله بانبروهای جانبی زلزله ارائه نمودند [۳]. بر مبنای تلاش های به انجام رسیده و نتایج حاصل از کاربرد سیستم های جاذب انرژی، ضوابط معتبری چون دستورالعمل ارائه شده توسط انجمن SEAOC در سال ۱۹۹۲ [۴] در خصوص استفاده از روش غیرخطی در سازه های مجهز به سیستم های جاذب انرژی، گزارش انجمن SEAOC در سال ۱۹۹۴ در خصوص کاربرد سیستم های جاذب انرژی در ساختمان های جدید، و نیز دستورالعمل های دیگری جهت ارزیابی سازه های مجهز به سیستم های جاذب انرژی - نظیر: FEMA 273، ATC 11 و ATC 40 ارائه گردیدند [۵-۷]. میراگرهای فزاینده سختی و میرایی (ADAS)<sup>۲</sup> فزاینده سختی و میرایی مثلثی (TADAS)<sup>۳</sup> دو گونه ای رایج و متداول میراگرهای تسلیم فلزی می باشند، که اولین بار توسط تسای و همکاران همکاران مورد بررسی قرار گرفتند [۸]. یکی از مهم ترین پارامترهای مؤثر در رفتار قاب های مجهز به میراگرهای فلزی جاری شونده، مستقل بودن رفتار هیستریتیک آن ها نسبت به سرعت است که می تواند رفتار چرخه ای پایداری را در پی داشته باشد. میراگرهای هیستریتیک فلزی که به المان های فزاینده میرایی و سختی (ADAS) معروف می باشند، از تعدادی صفحات فولادی که به صورت موازی در کنار هم قرار گرفته اند، تشکیل می شوند. این نوع میراگرها بر اساس اشکال مختلف ورق فولادی در دو نوع X شکل و مثلث شکل وجود دارند. نوع اول به المان (ADAS) و نوع دوم به المان (TADAS) مشهور است. میراگرهای (ADAS) در زمره میراگرهای غیر فعال قرار می گیرند. عملکرد این نوع میراگرها بر اساس تسلیم خمشی است و از این طریق ظرفیت اتلاف انرژی را افزایش می دهند. محل قرارگیری این نوع میراگرها در ساختمان ها معمولاً در محل اتصال مهاربندهای شورون (۷) و (۸). بین انتهای مهاربند و تیر طبقه است [۹]. در مطالعه ای که توسط محمودی و زارع در سازه های دارای مهاربند کمانش ناپذیر انجام شده است، مشاهده می شود که با افزایش تعداد طبقات، مقدار ضریب رفتار در این سازه ها کاسته می شود، از طرفی مشاهده می شود که با افزایش تعداد دهانه های مهاربندی، مقدار ضریب رفتار افزایش پیدا می کند [۱۰]. همچنین نتایجی که از مطالعات محمودی و همکاران در رابطه با قاب های خمشی دارای میراگرهای (TADAS) انجام شده است، نشان می دهد که برای این قاب ها مقدار ضریب اضافه مقاومت برابر ۳/۱، ضریب شکل پذیری ۵/۶۸ و همچنین ضریب رفتار سازه ها برابر ۱۵/۹۲ می باشد [۱۱]. رئیسی دهکردی در پژوهش خودشان، رفتار لرزه ای غیرخطی ۶ مدل ساختمان فولادی با سیستم قاب خمشی ۴، ۸ و ۱۲ طبقه طراحی شده بر اساس ضوابط ویرایش اول استاندارد ۲۸۰۰ [۱۲] و نشریه ۵۲۴ [۱۳]، با استفاده از تحلیل استاتیکی غیرخطی بررسی کرده اند. نتایج ارزیابی نشان می دهد که قاب های خمشی فولادی موجود که بر اساس ویرایش اول استاندارد ۲۸۰۰ طراحی و ساخته شده اند نیازهای سختی و شکل پذیری ضوابط ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ و FEMA356 [۱۴] را تامین نمی نمایند و نیازمند بهسازی هستند. بهسازی این قاب ها با مهاربندهای فولادی همگرا باعث افزایش سختی و کاهش تغییر مکان های جانبی شده است [۱۵]. در آیین نامه های زلزله دنیا مقدار نیروی زلزله وارد بر ساختمان بستگی به زمان تناوب سازه دارد، در اکثر این آیین نامه ها برای محاسبه زمان تناوب سازه از روابط تجربی استفاده می شود. محمدعلی هادیان فر و سعید صداقت در تحقیق خود زمان تناوب ساختمان های مهاربندی اسکلت فولادی با سقف های تیرچه ای، در دو حالت مدل سازی واقعی ساختمان بدون فرض دیافراگم صلب و مدل سازی ایده آل با فرض دیافراگم صلب مقایسه شده است و نقش انعطاف پذیری دیافراگم بر زمان تناوب سازه مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین روابط ساده شده ای جهت محاسبه سریع و تقریبی زمان تناوب سازه های با دیافراگم های انعطاف پذیر پیشنهاد گردیده است [۱۶]. اخیراً کنترل پاسخ سازه ها از طریق افزایش قابلیت جذب و استهلاک انرژی ورودی در هنگام زلزله از محبوبیت خاصی برخوردار شده است. در میان میراگرهای مختلفی که تا کنون به این منظور به کار گرفته شده اند، سید مهدی زهرایی و هرمز امیرزاده شمس در دو

<sup>2</sup> Added Damping And Stiffness

<sup>3</sup> Triangular-Plate Added Damping And Stiffness



مقاله‌ای ضمن مروری بر انواع میراگرهای موجود، به بررسی عددی افزودن میراگر فلزی لوزی شکل بر پاسخ لرزه ای قاب های فولادی که نیاز به بهسازی داشتند توسط نرم افزار SAP2000 [۱۷] پرداخته اند، که به طور کلی با استفاده از مقاوم سازی مزبور، عملکرد سازه در هر دو دسته قاب از سطح عملکرد "فروپاشی" به "استفاده بی وقفه" بهبود یافت.

## ۲- مبانی نظری تحقیق

با توجه به اینکه تغییر در مقدار میرایی الحاقی رفتار لرزه‌ای سازه‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد؛ لذا در این تحقیق مقدار میرایی الحاقی بعنوان یک متغیر در نظر گرفته شده و در درصدهای مختلف به سازه اعمال شده است. میرایی الحاقی توسط میراگر ویسکوز در سازه اعمال شده و در هر طبقه بصورت یکسان پخش شده است.

## ۳- روش و مشخصات تحقیق

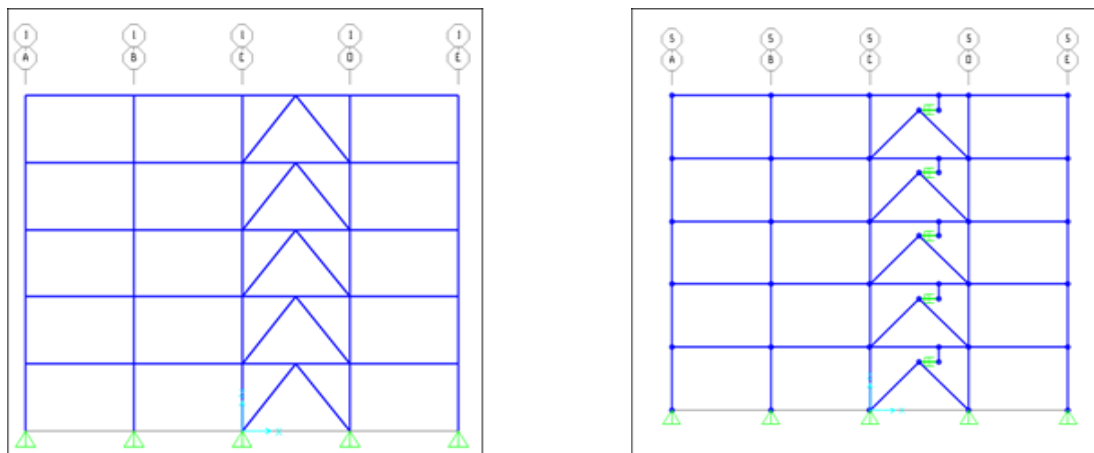
در این تحقیق برای بررسی مقدار میرایی الحاقی سازه‌هایی با تعداد طبقات ۵، ۱۰ و ۱۵ طبقه مدل‌سازی شده‌اند. قاب‌ها دارای ۴ دهانه‌ی ۵ متری هستند. ارتفاع طبقات ۳ متر در نظر گرفته شده است. در این تحقیق برای بررسی تاثیرات مقدار میرایی الحاقی در سازه از میراگر ویسکوز استفاده شده است. مقدار نسبت میرایی‌های مورد استفاده برابر ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد می‌باشد. در همه مدل‌ها برای هر طبقه یک میراگر قرار داده شده است. میراگر مورد استفاده در برنامه از نوع میراگر غیرخطی<sup>۴</sup> است. مقدار میرایی‌هایی که در سازه‌ها استفاده شده است به ترتیب برای هر سه سازه در ذیل آورده شده است.

جدول ۱: مشخصات سازه‌ها.

مقادیر نسبت میرایی (%)	ارتفاع طبقات (m)	عرض دهانه (m)	تعداد طبقات
۳۰-۲۰-۱۰	۳	۵	۵
۳۰-۲۰-۱۰	۳	۵	۱۰
۳۰-۲۰-۱۰	۳	۵	۱۵

قاب‌های ۵، ۱۰، ۱۵ طبقه فاقد میراگر و دارای میراگر برای سازه‌های مدل سازی شده به صورت شماتیک در اشکال ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است. بارگذاری و مشخصات تعریف ضریب برش پایه برای تحلیل شبه استاتیکی اعمال شده در سازه به شرح جدول ۲ می‌باشد. مشخصات فولاد مصرفی ST37 با نسبت پواسون ۰٫۳ و تنش تسلیم  $۲۴۰ \cdot \frac{Kg}{Cm^2}$  و تنش نهایی  $۳۷۰ \cdot \frac{Kg}{Cm^2}$  در نظر گرفته شده است.

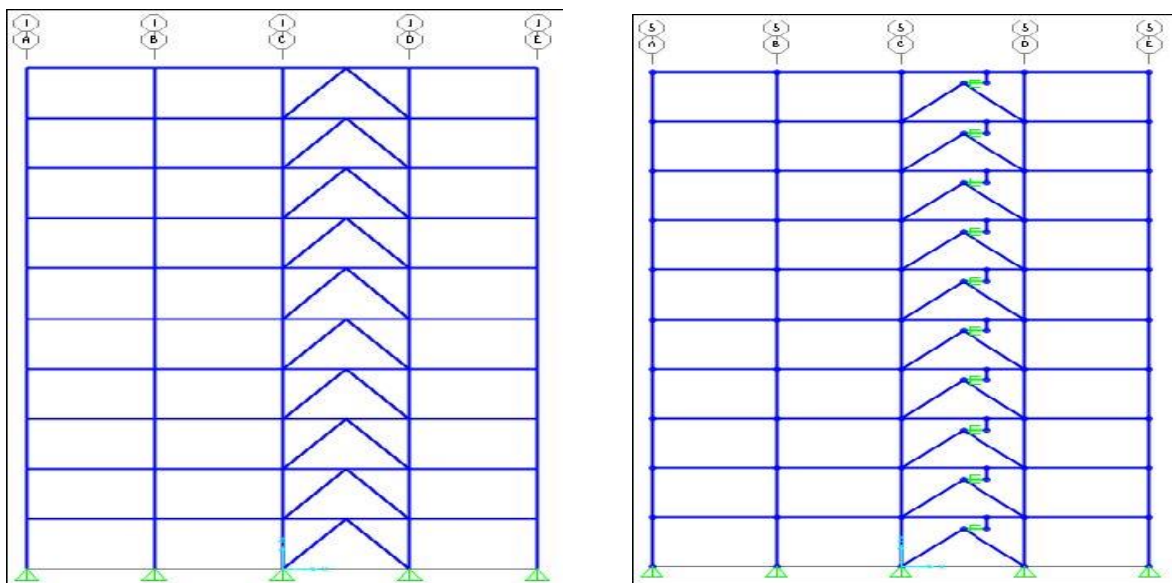
<sup>4</sup> Damper exponential



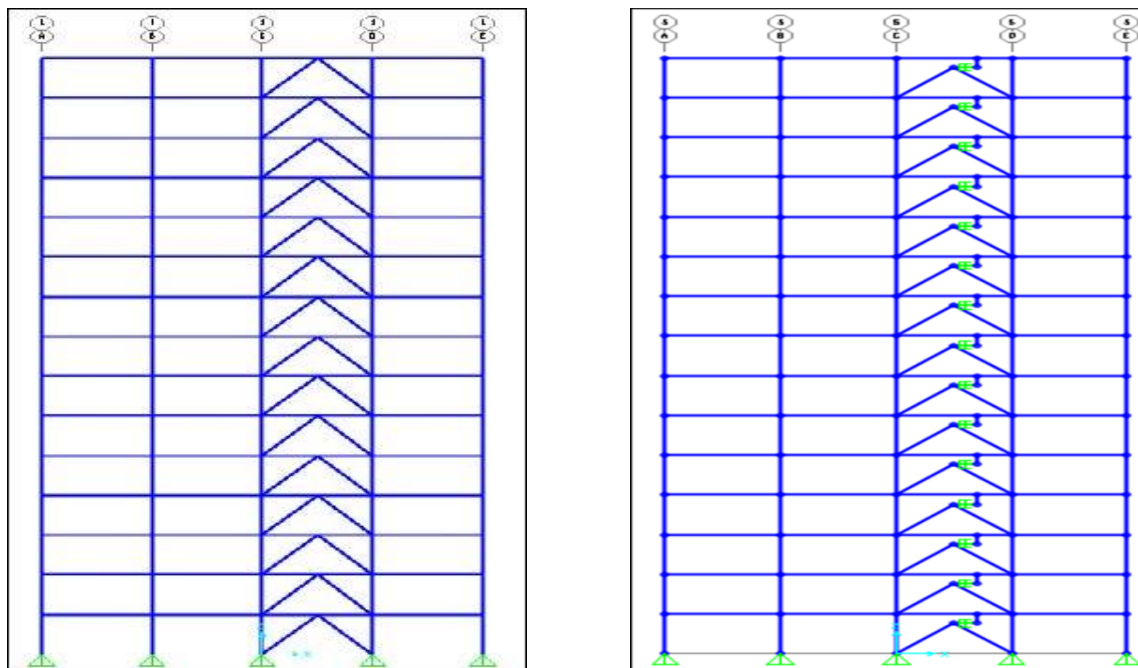
شکل ۱: قاب ۵ طبقه دارای میراگر و فاقد میراگر.

جدول ۲: مشخصات بارگذاری و برش پایه.

نماد اختصار	عنوان	مقدار عددی	نماد اختصار	عنوان	مقدار عددی
LD	بار مرده طبقات $(\frac{Kg.f}{m^2})$	۵۰۰	R	سیستم باربر جانبی	۵,۵
LL	بار زنده طبقات $(\frac{Kg.f}{m^2})$	۲۰۰	B	نوع خاک	تیپ ۲
A	خطر نسبی لرزه خیزی منطقه	۰/۳۵	I	ضریب اهمیت	۱



شکل ۲: قاب ۱۰ طبقه دارای میراگر و فاقد میراگر.



شکل ۳: قاب ۱۵ طبقه دارای میراگر و فاقد میراگر.

در این تحقیق برای استخراج رکوردهای زلزله از سایت peer [۱۸] مربوط به دانشگاه برکلی استفاده شده است. سعی شده است که در انتخاب رکوردهای زلزله فاصله از گسل، بزرگی و سایر مشخصات دینامیکی آنها نسبت به هم دارای تفاوت‌هایی باشد تا تغییر محتوای فرکانسی زلزله‌ها و اثرات آنها در نتایج برآورد گردد که در جدول ۳ معرفی شده است.

جدول ۳: مشخصات زلزله‌ها و رکورد آن‌ها.

ردیف	زلزله	تاریخ	فاصله از گسل (km)	بزرگی زلزله	ماکزیمم شتاب (g)	گام‌های زمانی ورودی (s)
۱	Cape	۹۲/۴/۲۵	۴/۵۱	۷/۱	۰/۵۹	۰/۰۲
۲	Northridge	۹۴/۱/۱۷	۲۰/۲۷	۶/۷	۰/۵۹	۰/۰۲
۳	Duzce	۹۹/۱۱/۱۲	۱/۶۱	۷/۱	۰/۳۵۷	۰/۰۰۵

#### ۴- روش و مشخصات تحقیق

کلیه مقاطع قاب‌ها بر اساس بهینه سازی در طراحی (نسبت بار وارده به بار وارده مجاز) در بازه ۰٫۸-۱ طراحی گردیده و در جداول ۴ تا ۶ معرفی گردیده است:



جدول ۴: مشخصات مقاطع قاب ۵ طبقه.

طبقه	آکس	A	B	C	D	E	مهاربند
۵	ستون	Box 80×80×8	Box 80×80×8	Box 80×80×8	Box 80×80×8	Box 80×80×8	IPE 270
۴		Box 80×80×8	Box 100×100×8	Box 120×120×8	Box 120×120×8	Box 80×80×8	IPE 300
۳		Box 100×100×8	Box 120×120×8	Box 180×180×10	Box 180×180×10	Box 100×100×8	IPE 360
۲		Box 120×120×8	Box 140×140×8	Box 180×180×10	Box 180×180×10	Box 120×120×8	IPE 360
۱		Box 140×140×8	Box 140×140×8	Box 240×240×16	Box 240×240×16	Box 140×140×8	IPE 400
طبقه	دهانه	A-B	B-C	C-D	D-E		
۵	تیر	IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۴		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۳		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۲		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۱		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		

جدول ۵: مشخصات مقاطع قاب ۱۰ طبقه.

طبقه	آکس	A	B	C	D	E	مهاربند
۱۰	ستون	Box 80×80×8	Box 80×80×8	Box 80×80×8	Box 80×80×8	Box 80×80×8	IPE 270
۹		Box 80×80×8	Box 100×100×8	Box 120×120×8	Box 120×120×8	Box 80×80×8	IPE 300
۸		Box 100×100×8	Box 120×120×8	Box 160×160×10	Box 160×160×10	Box 100×100×8	IPE 360
۷		Box 120×120×8	Box 140×140×8	Box 180×180×10	Box 180×180×10	Box 120×120×8	IPE 400
۶		Box 120×120×8	Box 140×140×8	Box 240×240×16	Box 240×240×16	Box 140×140×8	IPE 450
۵		Box 140×140×8	Box 160×160×10	Box 300×300×16	Box 300×300×16	Box 140×140×8	IPE 450
۴		Box 140×140×8	Box 180×180×10	Box 300×300×16	Box 300×300×16	Box 140×140×8	IPE 500
۳		Box 160×160×10	Box 180×180×10	Box 300×300×16	Box 300×300×16	Box 160×160×10	IPE 500
۲		Box 160×160×10	Box 180×180×10	Box 300×300×16	Box 300×300×16	Box 160×160×10	IPE 500
۱		Box 180×180×10	Box 180×180×10	Box 300×300×16	Box 300×300×16	Box 180×180×10	IPE 500

طبقه	دهانه	A-B	B-C	C-D	D-E		
۱۰	تیر	IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۹		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۸		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۷		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۶		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۵		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۴		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۳		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۲		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۱		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		



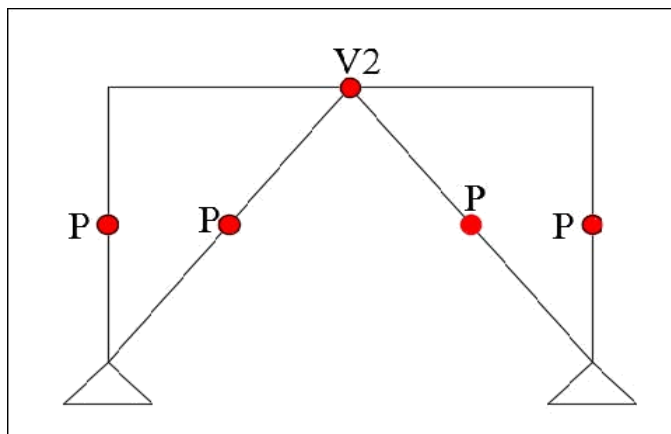


جدول ۶: مشخصات مقاطع قاب ۱۵ طبقه.

طبقه	آکس	A	B	C	D	E	مهاربند
۱۵	ستون	Box 80×80×8	Box 80×80×8	Box 80×80×8	Box 80×80×8	Box 80×80×8	IPE 240
۱۴		Box 80×80×8	Box 100×100×8	Box 100×100×8	Box 100×100×8	Box 80×80×8	IPE 270
۱۳		Box 100×100×8	Box 120×120×8	Box 140×140×8	Box 140×140×8	Box 100×100×8	IPE 300
۱۲		Box 120×120×8	Box 140×140×8	Box 140×140×8	Box 140×140×8	Box 120×120×8	IPE 330
۱۱		Box 120×120×8	Box 140×140×8	Box 180×180×10	Box 180×180×10	Box 120×120×8	IPE 360
۱۰		Box 140×140×8	Box 160×160×10	Box 240×240×16	Box 240×240×16	Box 140×140×8	IPE 360
۹		Box 140×140×8	Box 160×160×10	Box 280×280×25	Box 280×280×25	Box 140×140×8	IPE 400
۸		Box 160×160×10	Box 160×160×10	Box 300×300×16	Box 300×300×16	Box 160×160×10	IPE 400
۷		Box 160×160×10	Box 180×180×10	Box 300×300×16	Box 300×300×16	Box 160×160×10	IPE 400
۶		Box 160×160×10	Box 180×180×10	Box 300×300×16	Box 300×300×16	Box 160×160×10	IPE 450
۵		Box 180×180×10	Box 180×180×10	Box 300×300×16	Box 300×300×16	Box 180×180×10	IPE 450
۴		Box 180×180×10	Box 200×200×16	Box 300×300×16	Box 300×300×16	Box 180×180×10	IPE 450
۳		Box 180×180×10	Box 200×200×16	Box 300×300×16	Box 300×300×16	Box 180×180×10	IPE 450
۲		Box 180×180×10	Box 240×240×16	Box 300×300×16	Box 300×300×16	Box 180×180×10	IPE 450
۱		Box 180×180×10	Box 240×240×16	Box 300×300×16	Box 300×300×16	Box 180×180×10	IPE 450
طبقه	دهانه	A-B	B-C	C-D	D-E		
۱۵	تیر	IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۱۴		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۱۳		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۱۲		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۱۱		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۱۰		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۹		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۸		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۷		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۶		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۵		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۴		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۳		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۲		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		
۱		IPE 270	IPE 270	IPE 220	IPE 270		

### ۵- روند تحلیل و سطح عملکرد

در نرم افزار SAP تحلیل‌های غیرخطی استاتیکی و دینامیکی قابل انجام است. برای انجام تحلیل غیرخطی مشخصات مصالح باید غیرخطی بوده و آثار غیرخطی هندسی هم در نظر گرفته شود. برای در نظر گرفتن رفتار غیرخطی مصالح می‌توان از مفاصل پلاستیک موجود پیش فرض در نرم افزار استفاده نمود. در این سیستم هم با توجه به اینکه مهاربندها مستقیماً نیروی جانبی زلزله را تحمل می‌نمایند و آن را به ستون‌های کناری انتقال می‌دهند لذا مفاصل به مهاربندها و ستون‌های کناری اختصاص خواهد یافت. از طرفی با توجه به اینکه این نوع مهاربند در تراز طبقات به تیرها متصل شده و نیروی برشی را به تیر منتقل می‌نمایند پس مفاصل پلاستیک برای مهاربندها و ستون‌ها از نوع P و در طول نسبی ۰.۵ و برای تیر از نوع V در محل اتصال مهاربند به تیر اختصاص خواهد یافت.



شکل ۴: موقعیت مفاصل پلاستیک در قابهای خمشی.

## ۵-۱- سطوح عملکرد لرزه ای

هر سطح عملکرد به دو قسمت اصلی وابسته است، یکی سطح آسیب و دیگری سطح خطر لرزه‌ای. به عبارت دیگر برای عملکرد هر ساختمان در هنگام رخداد زمین لرزه، باید سطح خطر را دانست و متناسب با آن آسیب قابل قبول یا مورد انتظار را تعریف کرد. فلذا سطح هر آسیب باید متناظر با سطح خطر بوده باشد. از این رو عملکرد لرزه‌ای عبارت است از تعیین حداقل خسارت مجاز (سطح عملکرد) برای پذیرش خطر لرزه ای معین (حرکت زمین ناشی از زلزله). هدف از یک سطح عملکرد می‌تواند مشتمل بر سطوح مختلفی از آسیب برای سطوح مختلفی از حرکت زمین باشد. که در این صورت به نام هدف دوگانه یا چند گانه تعبیر می‌شود. سطح عملکرد بیانگر شرایط حدی مربوط به میزان و نحوه خسارت وارده بر سازه است که برای یک ساختمان معین و تحت اثر یک زلزله معین قابل قبولی تلقی می‌شود این شرایط حدی بوسیله خرابی‌های فیزیکی در خود سازه، خطر جانی برای ساکنین ساختمان و میزان قابلیت سرویس دهی سازه پس از وقوع زلزله توصیف می‌گردد. سطوح عملکردی برای سیستم سازه‌ای و غیرسازه‌ای به طور جداگانه تقسیم می‌شود [۱۹]. سطح عملکرد هدف به دو دسته تقسیم می‌گردد.

## ۱- سطح عملکرد سازه‌ای SP-n

## ۲- سطح عملکرد غیر سازه‌ای NP-n

هر یک از این دو سطح میتواند مستقل از یکدیگر و یا با ترکیب هر دو سطح، عملکرد کلی ساختمان را به دست دهد. سطوح و محدوده‌های عملکرد سازه‌ای با یک عنوان و یک عدد معرفی می‌شوند. عدد مذکور را "عدد عملکرد سازه‌ای" می‌نامند و به طور مخفف به n-SP نمایش می‌دهند. سطوح عملکردی سازه‌ای که عبارتند از "قابلیت استفاده بی وقفه"، "ایمنی جانی" و "آستانه فرو ریزش" وضعیت‌های خرابی مجزایی هستند که می‌توانند مستقیماً در ارزیابی و بهسازی برای معرفی معیارهای فنی به کار روند. سایر عملکردهای سازه‌ای تعیین شده عبارتند از "خرابی محدود" و "ایمنی جانی محدود" و "غیرقابل قبول" در حقیقت موقعیت‌هایی در سیستم طبقه بندی و شماره گذاری هستند که به صاحب ساختمان اجازه می‌دهد که بتواند به دلخواه عملکرد ساختمان را در این محدوده انتخاب کند. ذیلاً تعریف و توضیح وضعیت خرابی در سطوح مختلف عملکرد ارائه می‌شود.



۵-۱-۱- سطوح عملکرد سازه‌ای

سطح عملکرد سازه ای به شرح موارد زیر می باشد:

۱- استفاده بی وقفه یا اشغال فوری (Sp-1) Occupancy Immediate

۲- کنترل خسارت یا خرابی محدود (Sp-2) Control Damage

۳- ایمنی جانی (Sp-3) Life Safety

۴- ایمنی جانی محدود (Sp-4) Limited Life Safety

۵- آستانه فروریزش با پایداری سازه‌ای (Sp-5) Structural Stability or Near Collapse

۶- سطح عملکرد لحاظ نشده (Sp-6) Not Considered

۵-۱-۲- سطوح عملکرد غیر سازه ای

سطوح عملکرد غیر سازه‌ای به طور مخفف به شکل n-Np نمایش داده می‌شود. سطوح عملکرد غیر سازه‌ای که عبارتند از “خدمات رسانی بی وقفه”، “قابلیت استفاده بی وقفه”، “ایمنی جانی”، و “ایمنی جانی محدود” وضعیت‌های خرابی مستقلی هستند که می‌توانند مستقیماً در امر ارزیابی و بهسازی به منظور تعیین معیارهای فنی به کار برده شوند. دیگر عملکرد غیرسازه‌ای یعنی “غیرقابل قبول” صرفاً برای تکمیل طبقه بندی در نظر گرفته شده و به کارفرما امکان انتخاب بیشتری برای تعریف عملکرد مورد نیاز می‌دهد.

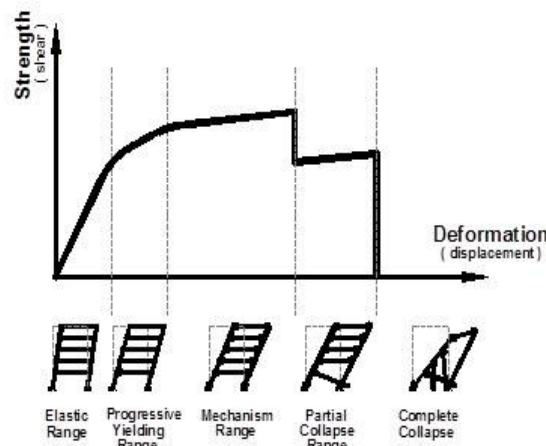
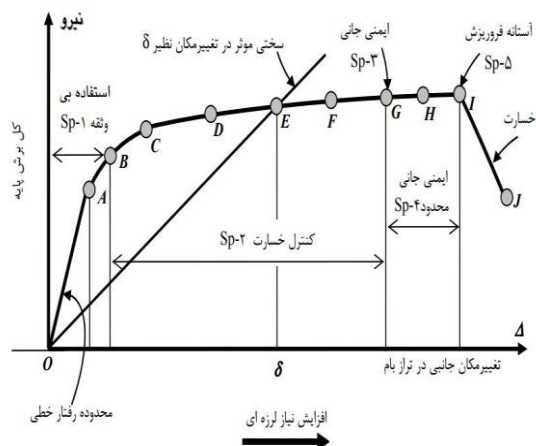
۱- قابلیت خدمات رسانی (Np-A) Operational

۲- بهره برداری بی‌وقفه (Np-B) Immediate Occupancy Level

۳- ایمنی جانی (NP-C) Life Safety

۴- کاهش خطر (NP-D) Reduced Hazard

۵- لحاظ نشده (منظور نشده) (NP-E) Not Considered



شکل ۵: منحنی رفتار اعضای سازه‌ای.



## ۶- بررسی نتایج

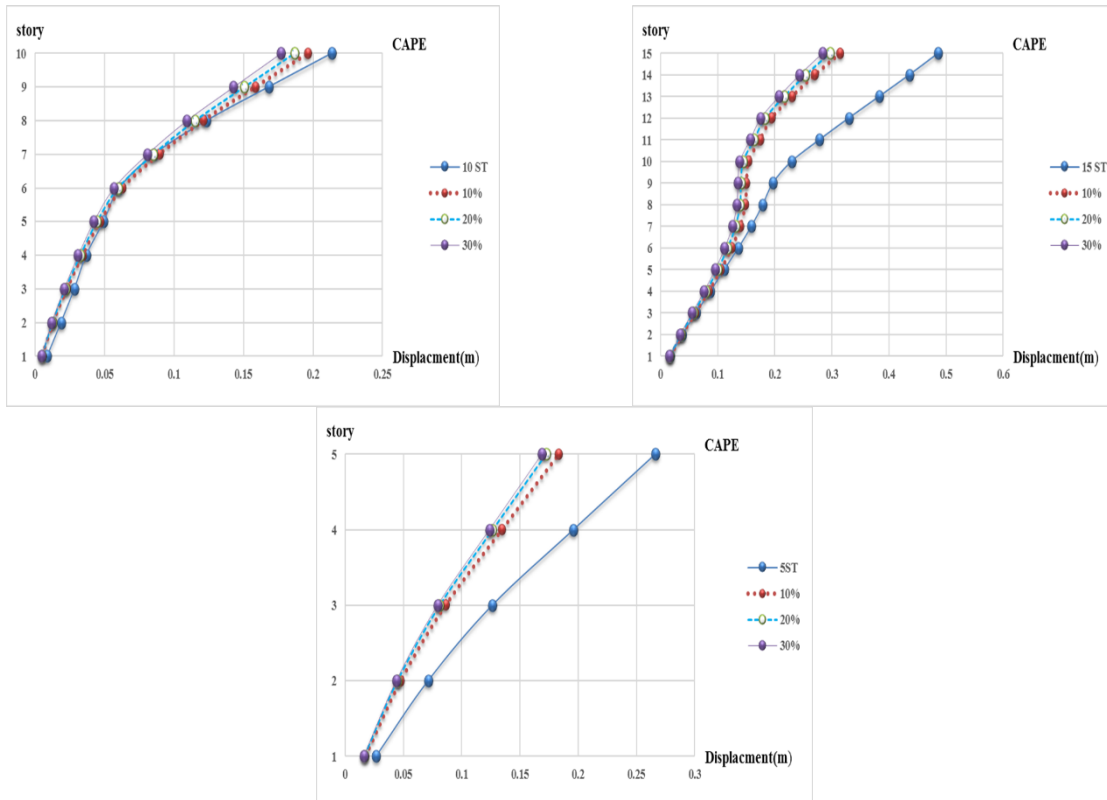
### ۶-۱- بررسی تغییر شکل جانبی طبقات

برای بررسی تاثیرات مقدار میرایی الحاقی در رفتار لرزه‌ای سازه‌ها مقدار جابجایی طبقات در حالت بدون میرایی و در میرایی‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. مقدار میرایی در سازه‌ها، ماتریس سختی و میرایی را تغییر داده و مقدار تغییر شکل سازه و هیستریزس آن را می‌تواند تغییر دهد. در این بخش با بررسی مقدار تغییر مکان طبقات، تاثیر میرایی الحاقی در تغییر شکل جانبی سازه‌ها ارزیابی شده است. نتایج برای سازه بدون میرایی و با میرایی‌های مختلف در هر رکورد زلزله در یک شکل آورده شده است. نتایج حاصل از جابجایی طبقات در نمودارهای شکل های ۶ تا ۸ و جدول ۷ ارائه گردیده است.

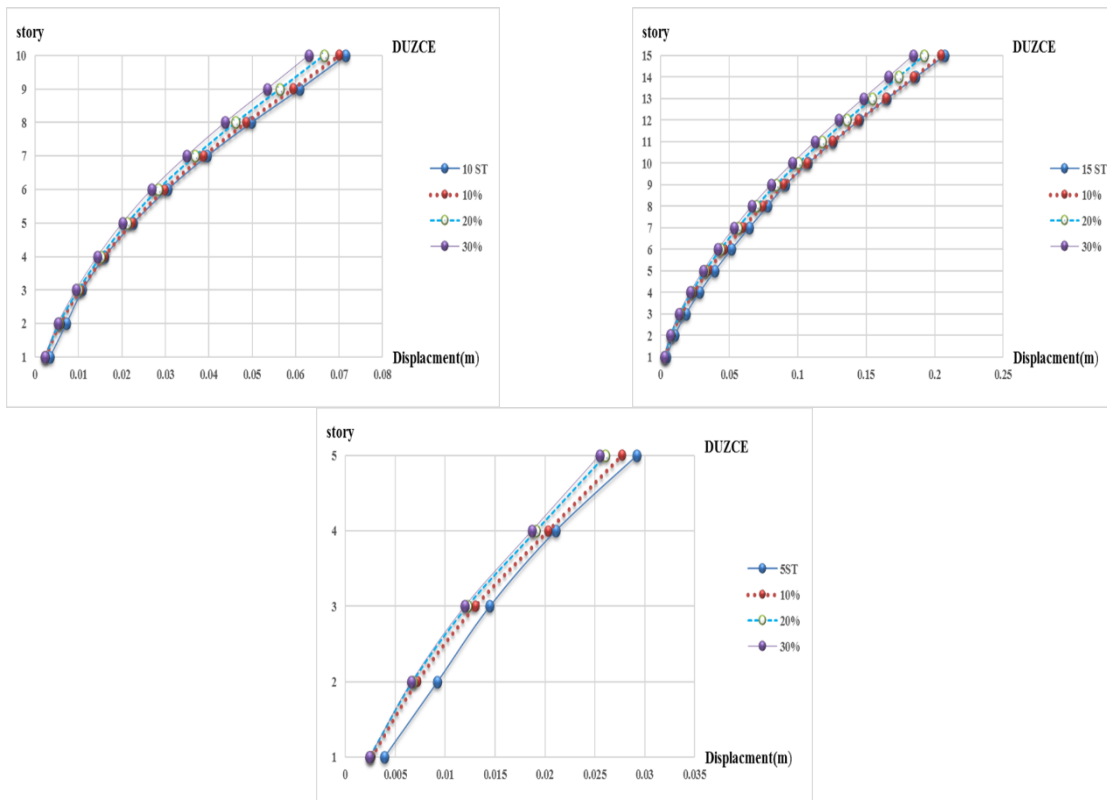
جدول ۷: مقایسه عددی جابجایی طبقات قاب‌ها.

طبقات	بیشترین درصد کاهش جابجایی در ۱۰ درصد میرایی			بیشترین درصد کاهش جابجایی در ۲۰ درصد میرایی			بیشترین درصد کاهش جابجایی در ۳۰ درصد میرایی		
	cape	Duzce	North	cape	Duzce	North	cape	Duzce	North
۵ طبقه	۳۳	۱۲	۲۷	۳۹	۱۷	۳۳	۴۳	۲۲	۳۷
۱۰ طبقه	۱۳/۶	۸	۱۰	۲۰/۱	۱۵/۴	۱۶	۲۴/۳	۲۱	۱۹/۸
۱۵ طبقه	۳۳	۵/۶	۲۵	۳۸/۷	۱۲	۳۱/۹	۴۳	۱۹	۳۵

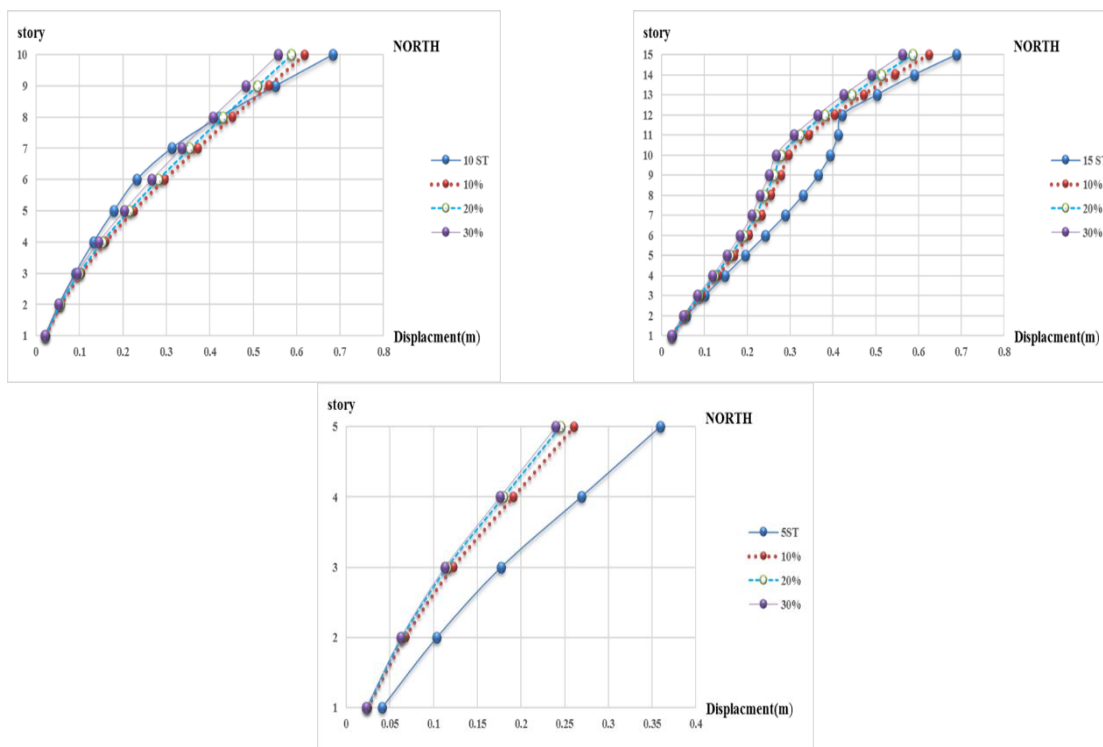
بر اساس نتایج حاصل از جابجایی طبقات مشاهده می‌گردد که استفاده از میراگر باعث کاهش جابجایی جانبی طبقات شده است. این مورد برای هر سه سازه مورد بررسی مشاهده می‌گردد. کاهش جابجایی طبقات بر اساس محتوای فرکانسی رکوردهای زلزله نسبت بهم دارای تفاوت‌هایی است که در بعضی از رکوردها میراگر تاثیر بیشتری در کاهش جابجایی جانبی داشته و در بعضی از رکوردها تاثیر کمتری دارد. از طرفی با بررسی تاثیر مقدار میرایی در کاهش جابجایی جانبی طبقات، می‌توان گفت که افزایش مقدار میرایی کاهش بیشتری در مقدار جابجایی طبقات ندارد. در علت این موضوع می‌توان گفت که، قاب مقاوم جانبی سازه بر اساس سختی که دارد مقدار نیرو را جذب نموده و افزایش میرایی نمی‌تواند سهم آن را در جذب و کنترل پاسخ لرزه‌ای سازه‌ها کاهش دهد. همچنین در حالت کلی می‌توان گفت که، مشخصات رکوردهای زلزله بر اساس فاصله از گسل، بزرگی زلزله، حداکثر مقدار زلزله، مدت دوام زلزله تغییر یافته و این موارد در مقادیر جابجایی جانبی طبقات در هر سه سازه تاثیرات قابل توجهی را اعمال می‌کنند. با توجه به اینکه در تحلیل‌های غیرخطی مشخصات دینامیکی سازه از جمله سختی جانبی و میزان آسیب‌پذیری سازه در هر گام از بارگذاری تغییر می‌یابد، لذا الگوی تغییر شکل جانبی طبقات نیز یکسان نخواهد بود.



شکل ۶: جابجایی طبقات مدل ۵، ۱۰ و ۱۵ طبقه تحت رکورد CApe.



شکل ۷: جابجایی طبقات مدل ۵، ۱۰ و ۱۵ طبقه تحت رکورد Duzce.



شکل ۸: جابجایی طبقات مدل ۵، ۱۰ و ۱۵ طبقه تحت رکورد North.

#### ۶-۲- بررسی برش پایه سازه‌ها

با توجه به اینکه نیروی زلزله‌ای که به سازه‌ها اعمال می‌شود از طریق خاک وارد سازه شده و سازه را تحت تاثیر قرار می‌دهد لذا مقدار میرایی در سازه‌ها می‌تواند این نیرو را مستهلک نموده و رفتار سازه را تحت تاثیر قرار دهد. با افزایش مقدار میرایی مقدار نیروی بازتاب شده نیز می‌تواند تغییر نماید. برای بررسی تاثیر میرایی الحاقی در برش پایه سازه‌ها، میرایی برش پایه برای سازه بدون میرایی و با میرایی‌های مختلف در نمودارهای شکل ۹ تا ۱۱ و جدول ۵ آورده شده است. در این بخش مقدار برش پایه حاصل از تحلیل تاریخچه زمانی، بصورت ماکزیمم مقدار مطلق در هر رکورد انتخاب شده است.

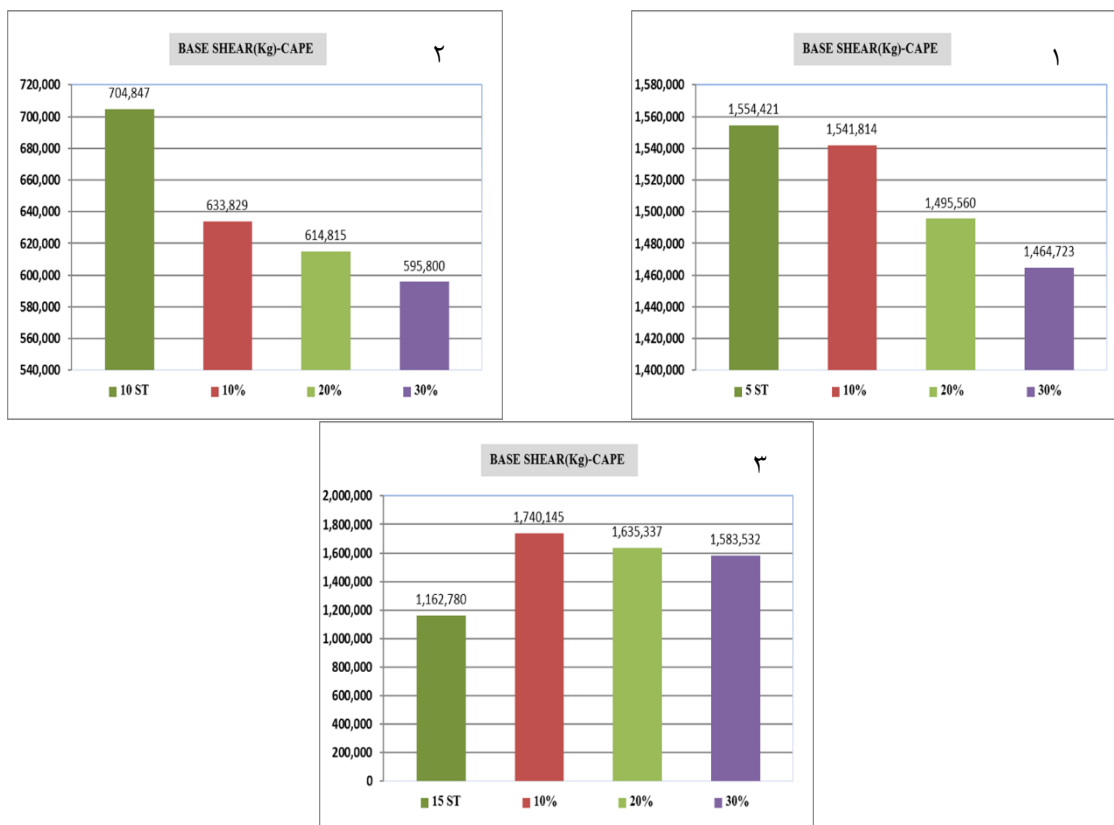
جدول ۵: نتایج عددی برش پایه مدل‌ها.

طبقات	بیشترین درصد تغییرات برش پایه در ۱۰ درصد میرایی			بیشترین درصد تغییرات برش پایه در ۲۰ درصد میرایی			بیشترین درصد تغییرات برش پایه در ۳۰ درصد میرایی		
	cape	Duzce	North	cape	Duzce	North	cape	Duzce	North
۵ طبقه	۱	۳	۷/۸	۴	۸	۱۱	۷	۱۱	۱۵
۱۰ طبقه	۱۰	۹/۲	۵۳	۱۴	۱۳	۵۷	۱۷	۱۸	۵۹/۹
۱۵ طبقه	۴۹	۵	۵۵	۵۲	۸/۵	۵۹	۵۵	۱۲	۶۳/۵۸

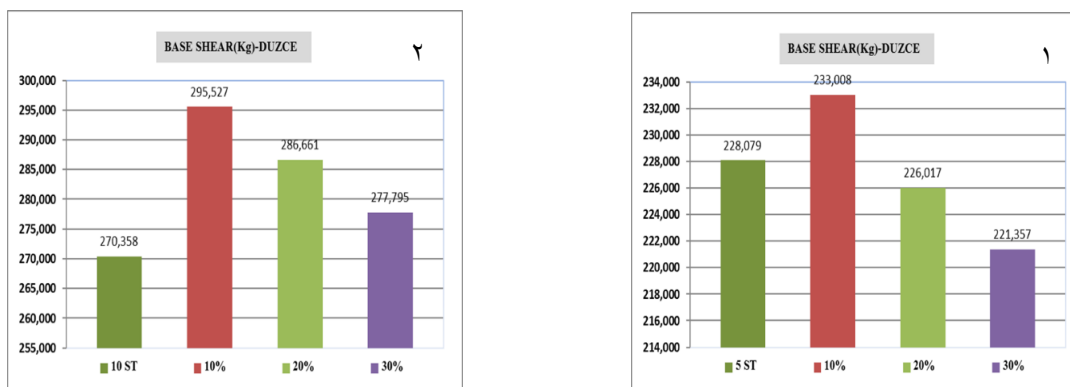
نتایج برش پایه نشان دهنده‌ی این است که، استفاده از میراگرها باعث کاهش مقدار برش پایه و بازتاب زلزله در سازه شده است. این موضوع برای سازه‌های با تعداد طبقات مختلف تقریباً یکسان است. تاثیر میراگر در نیروی ورود بر سازه به دو صورت انجام می‌گیرد؛ در حالت اول، اگر خرابی سازه‌ی بدون میراگر کمتر باشد، با توجه به اینکه سختی جانبی سازه‌ها در حالت بدون میراگر کاهش چندانی نداشته است. لذا در حالت استفاده از میراگر برای این سازه‌ها، مقداری از برش پایه توسط میراگر جذب و مستهلک

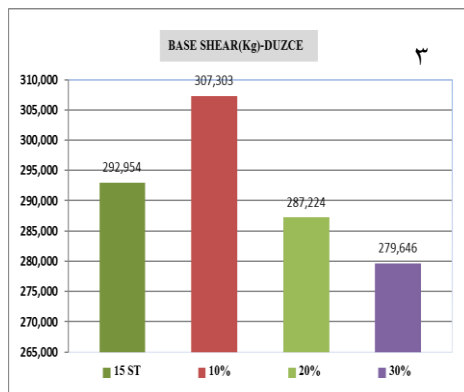


خواهد شد. در حالت دوم، اگر سازه‌ی بدون میراگر تحت رکورد زلزله آسیب بیشتری داشته باشد، در این حالت سختی جانبی سازه کاهش بیشتری را از خود نشان می‌دهد که استفاده از میراگر باعث بهبود آسیب در سازه شده و سختی جانبی سازه افزایش یافته و از این طریق مقدار نیروی ورودی یا همان برش پایه نسبت به سازه قبل افزایش خواهد یافت.

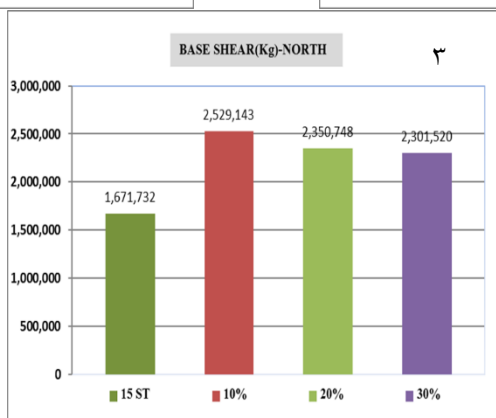
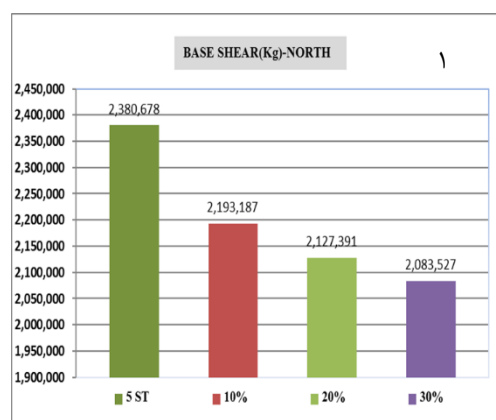
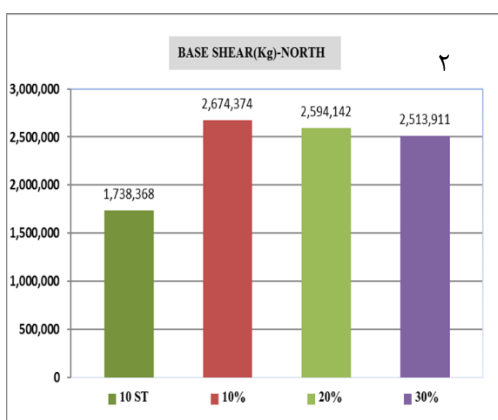


شکل ۹: برش پایه مدل (۱) ۵ طبقه (۲) ۱۰ طبقه (۳) ۱۵ طبقه تحت رکورد Cape.





شکل ۱۰: برش پایه مدل (۱) ۵ طبقه (۲) ۱۰ طبقه (۳) ۱۵ طبقه تحت رکورد Duzce.



شکل ۱۱: برش پایه مدل (۱) ۵ طبقه (۲) ۱۰ طبقه (۳) ۱۵ طبقه تحت رکورد North.

### ۳-۶- بررسی نیروی داخلی ستون‌ها

اضافه نمودن میرایی به سازه در راستای کاهش مقدار خرابی المان‌های مقاوم لرزه‌ای و ثقلی است. میرایی الحاقی به سازه مقدار نیروی داخلی المان‌ها را کاهش داده و آسیب‌پذیری آنها را در مقابل بارهای لرزه‌ای کمتر می‌نماید. از این رو با افزایش مقدار میرایی الحاقی می‌توان تغییرات تلاش‌های داخلی المان‌های مقاوم را ارزیابی نمود. به همین منظور از ما بین تلاش‌های داخلی المان‌ها، لنگر داخلی ستون برای هر سه رکورد زلزله در حالت‌های مختلف بررسی شده است تا تاثیرات مقدار میرایی الحاقی در تغییرات تلاش

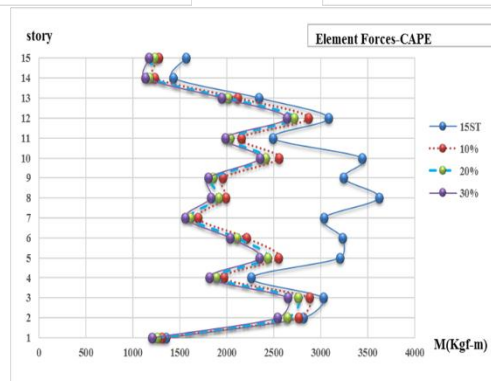
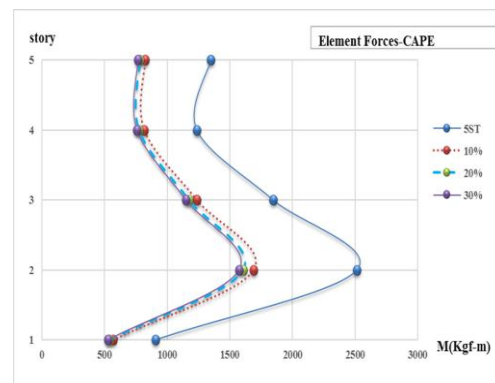
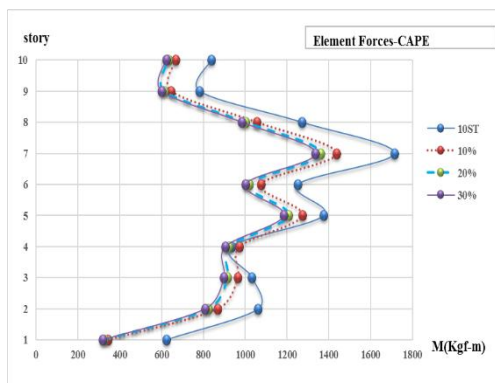




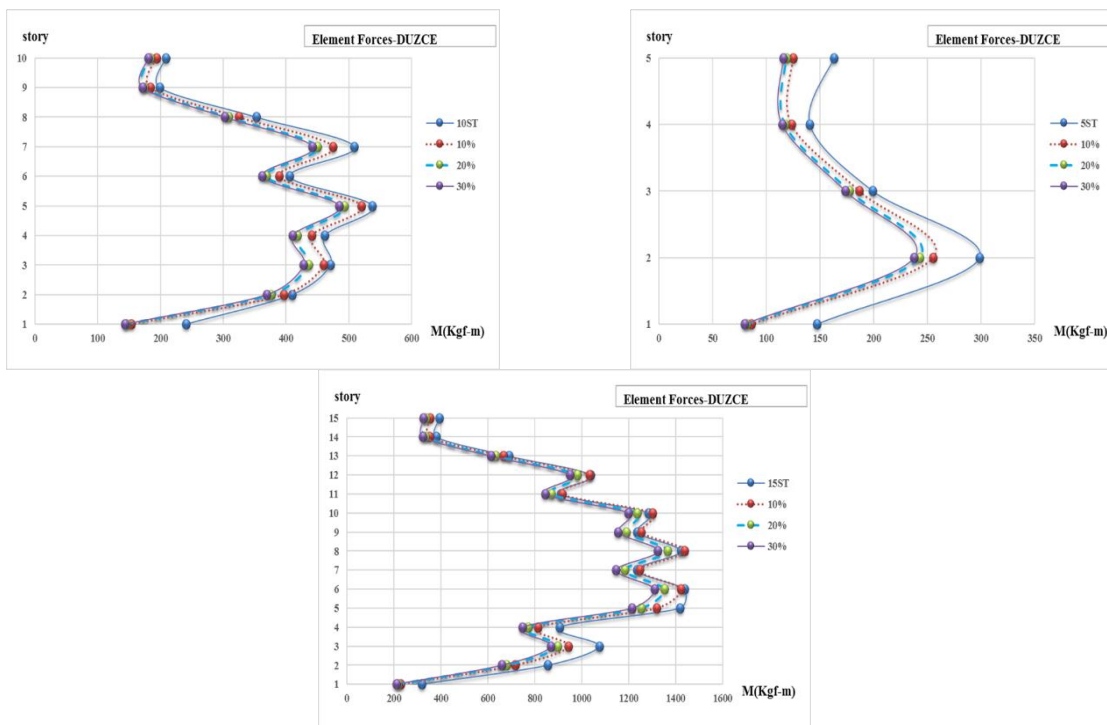
داخلی المان‌ها بررسی شود. نتایج حاصل از تحلیل تاریخچه زمانی رکوردهای زلزله در نمودارهای شکل ۱۲ تا ۱۴ و جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶: نتایج مربوط به نیروهای داخلی المان‌ها.

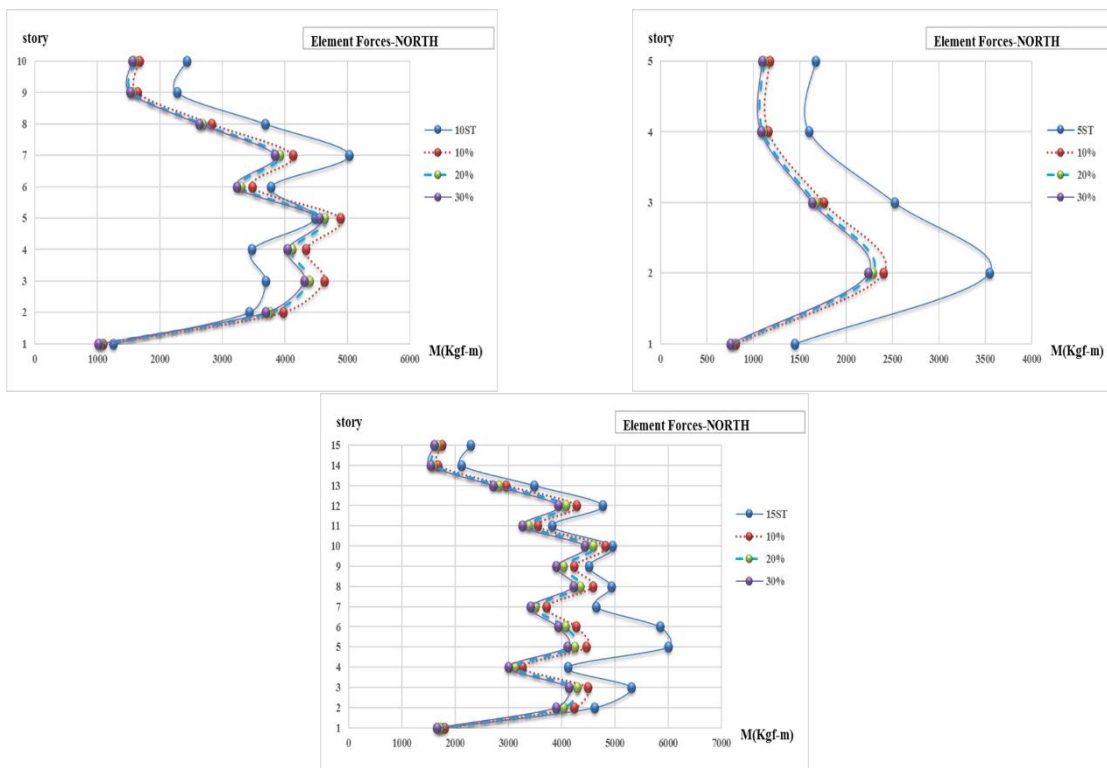
طبقات	بیشترین درصد کاهش نیروی داخلی المانها در ۱۰ درصد میرایی			بیشترین درصد کاهش نیروی داخلی المانها در ۲۰ درصد میرایی			بیشترین درصد کاهش نیروی داخلی المانها در ۳۰ درصد میرایی		
	cape	Duzce	North	cape	Duzce	North	cape	Duzce	North
۵ طبقه	۲۸	۱۳/۳۳	۳۱/۴	۳۳	۲۸/۶	۳۵/۶	۳۹/۵	۳۲/۶	۳۹/۵
۱۰ طبقه	۱۴/۷	۹/۶	۱۹	۱۸	۱۲/۶	۲۵/۴	۲۴/۶	۱۵/۹	۲۸/۷
۱۵ طبقه	۳۵	۱۸/۷	۲۴/۲	۳۹	۲۲/۳	۲۹/۷	۴۳/۲	۲۶/۵	۳۴/۲



شکل ۱۲: نیروی داخلی ستون مدل ۵، ۱۰ و ۱۵ طبقه تحت رکورد Cape.



شکل ۱۳: نیروی داخلی ستون مدل ۵، ۱۰ و ۱۵ طبقه تحت رکورد Duzce.



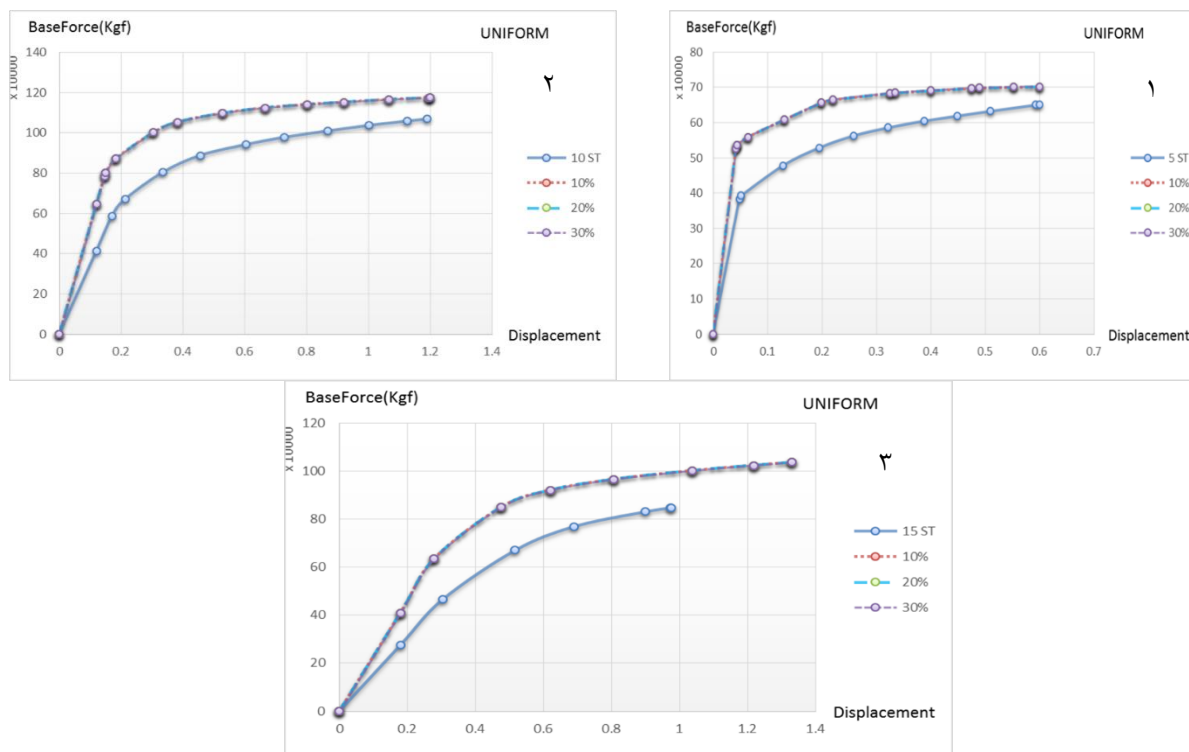
شکل ۱۴: نیروی داخلی ستون مدل ۵، ۱۰ و ۱۵ طبقه تحت رکورد North.



با بررسی مقدار تلاش داخلی المان‌ها مشاهده می‌گردد که، تلاش داخلی المان‌ها در حالت استفاده از میراگرها کاهش یافته و مقدار میرایی تاثیر چندانی در مقدار کاهش نیروهای داخلی المان‌ها را از خود نشان نمی‌دهد. لازم به توضیح است؛ بر اساس اینکه در تحلیل‌های غیرخطی تشکیل مفاصل پلاستیک باعث تغییر در مقدار سختی جانبی قاب‌ها شده و ماتریس سختی را در هر گام از بارگذاری تغییر می‌دهد، نحوه تغییرات در پاسخ‌های لرزه‌ای سازه‌ها برای هر طبقه تحت هر الگوی بار جانبی می‌تواند متفاوت باشد. در بررسی تلاش‌های داخلی اعضای مقاوم لرزه‌ای مشاهده می‌گردد که، استفاده از میراگر باعث کاهش مقدار نیروی وارد شده به المان‌ها شده و از اینرو تلاش داخلی اعضا نیز کاهش می‌یابد. میزان کاهش تلاش داخلی در اثر استفاده از میراگر تحت رکوردهای مختلف زلزله نسبت بهم متفاوت است که نشان دهنده‌ی تاثیر محتوای فرکانسی رکوردهای زلزله در پاسخ لرزه‌ای سازه‌ها است.

#### ۴-۶- بررسی نمودار پوش طبقات

برای بررسی تاثیر مقدار میرایی الحاقی در ظرفیت سازه‌ها، نمودار پوش در حالت‌های مختلف میرایی نسبت به حالت بدون میرایی بررسی و در یک شکل برای هر سازه آورده شده است. با بررسی نمودارهای پوش، میزان ظرفیت سازه قابل ارزیابی است. نتایج در نمودار ۶ و جدول ۷ آورده شده است. بررسی نمودار ظرفیت سازه‌ها نشان دهنده‌ی این است که، استفاده از میراگر باعث افزایش ظرفیت سازه‌ها شده و میزان توانایی سازه‌ها را برای تحمل بارهای جانبی افزایش می‌دهد. بر اساس آنچه که نمودارهای حاصل از تحلیل غیرخطی نشان می‌دهد، مشاهده می‌گردد که، افزایش مقدار میرایی باعث افزایش هرچه بیشتر ظرفیت سازه‌ها نمی‌گردد. میرایی تا آنجا که مقدار خرابی را بهبود ببخشد می‌تواند ظرفیت سازه‌ها را افزایش دهد در غیر اینصورت تاثیر قابل توجهی در افزایش مقدار میرایی نخواهد داشت.



شکل ۱۵: (۱) پوش آور قاب ۵ طبقه (۲) پوش آور قاب ۱۰ طبقه (۳) پوش آور قاب ۱۵ طبقه.

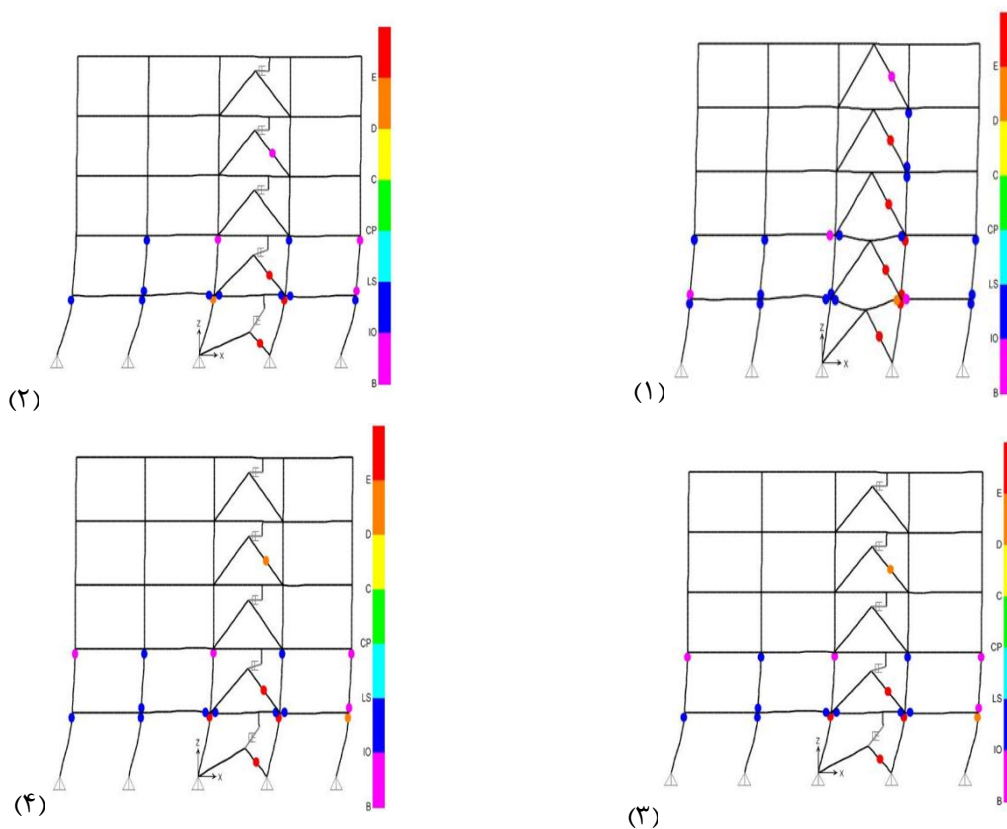


جدول ۷: بررسی عددی نتایج ظرفیت قاب‌ها.

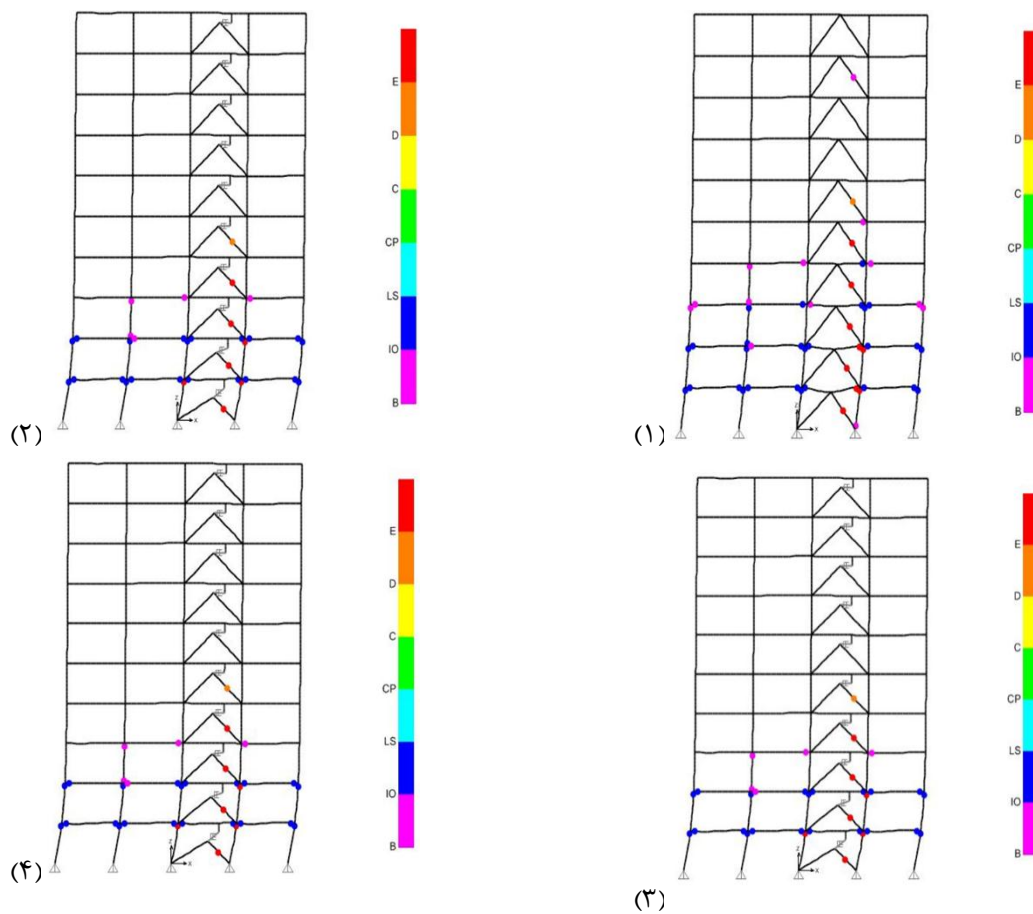
درصد افزایش ظرفیت سازه ها			
سازه	۱۰ درصد میرایی	۲۰ درصد میرایی	۳۰ درصد میرایی
۵ طبقه	۷/۱	۷/۰۳	۶/۹۶
۱۰ طبقه	۱۰/۸	۱۰/۶۹	۱۰/۵۹
۱۵ طبقه	۲۰/۳۳	۲۰/۱۳	۱۹/۹۳

۵-۶- بررسی سطوح عملکرد سازه‌ها

رفتار غیرخطی مصالح در سازه‌های با درجه نامعینی متفاوت بر اساس تعداد المان مشارکتی آنها در برابر زلزله متفاوت از هم می‌باشد. از اینرو، برای بررسی تاثیر مقدار میرایی الحاقی در میزان خرابی المان‌های مقاوم جانبی در سازه‌های با مهاربندی شورون، مفاصل پلاستیک آنها مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. نتایج برای حالت‌های مختلف در شکل‌های ۱۶ تا ۱۸ آورده شده است.

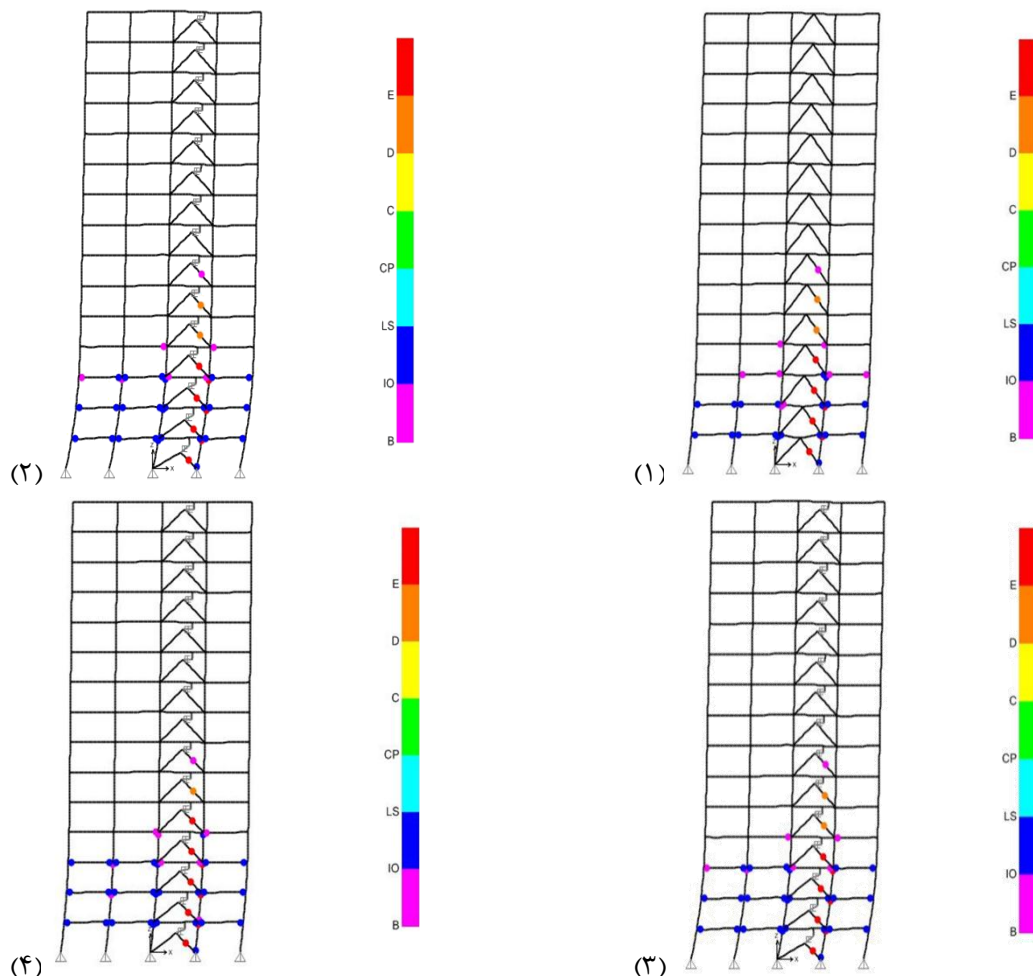


شکل ۱۶: مفاصل پلاستیک مدل ۵ طبقه (۱ فاقد میرایی ۲) با میرایی ۱۰ درصد (۳) با میرایی ۲۰ درصد (۴) با میرایی ۳۰ درصد.



شکل ۱۷: مفاصل پلاستیک مدل ۱۰ طبقه (۱) فاقد میرایی (۲) با میرایی ۱۰ درصد (۳) با میرایی ۲۰ درصد (۴) با میرایی ۳۰ درصد.

نتایج نشان دهندهی این است که، استفاده از میراگرها می تواند مقدار خرابی و سطح خرابی در المان های مقاوم جانبی را کاهش دهد. از اینرو، استفاده از میراگر در سازه های با مهاربندی شورون باعث بهبود عملکرد سازه ها شده و خرابی آنها را کاهش می دهد. آنچه که نتایج نشان دهندهی آن است، گویای این واقعیت می باشد که، میراگر تاثیر تقریباً یکسانی در بهبود وضعیت لرزه ای و عملکرد سازه های با تعداد طبقات مختلف دارد.



شکل ۱۸: مفاصل پلاستیک مدل ۱۰ طبقه (۱ فاقد میرایی ۱۰ درصد ۲) با میرایی ۱۰ درصد ۳) با میرایی ۲۰ درصد ۴) با میرایی ۳۰ درصد.

## ۷- جمع بندی و نتیجه گیری

در این تحقیق برای بررسی مقدار میرایی الحاقی به وسیله میراگر ویسکوز، قابهایی با تعداد طبقات ۵، ۱۰ و ۱۵ طبقه مدلسازی شده‌اند. نتایج مهم استخراجی به شرح ذیل ارائه گردیده‌اند:

(۱) با بررسی مقدار جابجایی طبقات مشاهده می‌گردد که، در حالت استفاده کردن از میرایی الحاقی مقدار تغییر مکان جانبی طبقات کاهش می‌یابد. اما با افزایش مقدار میرایی مقدرا جابجایی تا حدودی در درصدهای بالاتر میرایی افزایش می‌یابد. در حالت کلی می‌توان گفت که استفاده از میرایی باعث کاهش خسارت در المانهای مقاوم جانبی شده و سختی جانبی سازه تغییرات چندانی را مشاهده نمی‌کند، لذا این موضوع سبب افزایش مقدار برش پایه شده که جابجایی طبقات نیز افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار کاهش جابجایی برای میرایی ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به ترتیب برابر ۳۳، ۳۹ و ۴۳ درصد بوده است.

(۲) با بررسی برش پایه مشاهده می‌گردد که با افزودن مقدار میرایی الحاقی به سازه، برش پایه مستهلک شده و بصورت قابل توجهی کاهش می‌یابد. اما افزایش مقدار میرایی الحاقی باعث کاهش خسارت در سازه‌ها و افزایش سختی



جانبی شده و مقدار برش پایه و نیروی بازتاب شده را نیز افزایش می‌دهد. بیشترین مقدار کاهش برش پایه برای میرایی ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به ترتیب برابر ۵۵، ۵۹ و ۶۴ درصد بوده است.

۳) با بررسی تلاش‌های داخلی المان‌ها نیز مشاهده می‌گردد که استفاده از میرایی الحاقی تا حدود قابل توجهی تلاش داخلی المان‌ها را کاهش می‌دهد. اما این کاهش با افزایش مقدار میرایی الحاقی رشد نمی‌کند. یعنی نمی‌توان انتظار داشت که با افزایش مقدار میرایی سازه مقدار کاهش تلاش داخلی المان‌ها نیز به همان صورت خواهد بود. بیشترین مقدار کاهش نیروی داخلی برای میرایی ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به ترتیب برابر ۳۵، ۳۹ و ۴۳ درصد بوده است.

۴) تاثیر میرایی در رفتار لرزه‌ای سازه‌ها در مقادیر مختلف میرایی الحاقی بر اساس مشخصات رکوردهای زلزله و نوع زلزله نسبت بهم دارای تفاوت‌هایی است که با تغییر مشخصات زلزله نمی‌توان انتظار نتایج زلزله قبل را داشت. نتایج نشان می‌دهند که تاثیرات افزایش میرایی الحاقی به سازه در میرایی‌های مختلف نسبت بهم دارای تفاوت‌هایی است.

۵) نتایج نشان دهنده‌ی این است که، استفاده از میرایی الحاقی باعث کاهش مقدار خسارت در سازه‌های با مهاربندی شورون شده و سطح عملکرد سازه‌ها را افزایش می‌دهد. اما افزایش مقدار میرایی تاثیر چندانی در بهبود عملکرد نداشته و خسارت‌های وارد بر سازه‌ها را هم چندان کاهش نمی‌دهد.

#### ۸- مراجع

- [1]- Bagheri, M., and Fallah, N., 1387, **Determining the optimum number and layout of viscous dampers in control of seismic vibration of buildings using genetic algorithm**, 4<sup>th</sup> National Congress of Civil Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran
- [2]- Tavoosi tafreshi, Sh., and Ziyayifar, M., 1387, **The design and construction of viscous dampers with the capability of damping and determining its mechanical properties with experimental tests**, Journal of the structure and steel, 4, 3, 49-61.
- [3]- Constantinou, M. C., and Tadjbakhsh, I. G., 1983, **Optimum design of a first story damping system**, Computers and Structures, 17, 2, 305-310.
- [4]- Structural Engineering Association of California, 2018, Available at: <http://www.asce.org>.
- [5]- Building Seismic Safety Council, 1997, **NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA-273**, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., USA.
- [6]-The report, **Seismic Resistance of Reinforced Concrete Shear Walls and Frame Joints: Implications of Recent Research for Design Engineers**, was published under a grant from NSF. Available through the ATC office (Published 1983, 184 pages).
- [7]- ATC-40 - Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, 1996, Applied Technology Council, ATC, Redwood City (CA), USA.
- [8]- Zhang, R., and Soong, T. T., 1992, **Seismic design of viscoelastic dampers for structural applications**, Journal of Structural Engineering, 118, 5, 1375-1392.
- [9]- Singh, M. P. and Moreschi, L. M., 1999, **Optimal seismic Design with viscous dampers using genetic algorithms**, submitted to Journal of Structural Engineering.
- [10]- Zahrayi, S. M. and Shams, H. A., 1385, **Numerical Study of Using Diamond Metallic Damper for Seismic Retrofit of Medium-rise Steel Frames**, Modelling in engineering, 1, 150, 20-35.



- [11]- Standard No: 2800., 1393, **Iranian code of practice for seismic resistant design of buildings, permanent Committee for Revising The Iranian Code of Practice for Seismic Resistant Design of Buildings. 4<sup>th</sup> edition**, Tehran, Iran.
- [12]- Code No.524, 1381, **The guidance of methods and methods of seismic improvement of existing buildings and executive details**, Management and Planning Organization of the country – I.R.I.
- [13]- American Society of Civil Engineers (2000) **Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings**, FEMA-356, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C, USA.
- [14]- Dehkordi, M. R., Esfiokhi, M. A. and Eghbali, M., 1386, **Evaluation of the usage of convergent, diverges, and buckling steel in the seismic improvement of steel flexural frames**, Modelling in engineering, 14, 47, 95-114.
- [15]- Hadianfar, M. A. and Sedaghat, S., 1395, **Modeling and calculation of period for braced steel structures with semi-rigid joist-floor diaphragms**, Modelling in engineering, 14, 45, 1-15.
- [16]- CSI 2007 SAP, 2000, **integrated finite element analysis and design of structures. Analysis reference**, Berkeley: Computer and Structure Inc., University of California.
- [17]- Zahrayi, S. M. and Shams, H. A., 1386, **Numerical Study of Using Diamond Metallic Damper for Seismic Retrofit of Medium-rise Steel Frames**, Modelling in engineering, 1, 150, 30-45.
- [18]- Peer ground motion database. All earthquake record that used . [online] Available at: <https://ngawest2.berkeley.edu/> [5/5. 1396].
- [19]- Afzir, 2018, advanced solutions. [online] Available at: <https://www.afzir.com/knowledge/strengthening>,