



بررسی تأثیر استفاده از میراگرهای ویسکوز بر عملکرد لرزه‌ای قاب‌های خمشی فولادی تحت اثر پدیده توالی لرزه‌ای در حوزه نزدیک گسل

مهدی شهبازی*^۱، سید شهاب اسلامی^۲

*^۱ کارشناسی ارشد مهندسی عمران- سازه، گروه مهندسی عمران، واحد آشتیان، دانشگاه آزاد اسلامی، آشتیان، ایران
(mehdi.shahsavari.1989@gmail.com)

^۲ استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد آشتیان، دانشگاه آزاد اسلامی، آشتیان، ایران

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۰۴، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۲۰)

چکیده

باتوجه به لرزه‌خیزی کشور ایران و وقوع خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیر در طول سالیان گذشته و به‌منظور کاهش این خسارات تحت اثر بارهای جانبی می‌توان از روش‌های کنترل استفاده نمود. کنترل ارتعاشات روشی کم‌هزینه در بین روش‌های مختلف بهبود رفتار لرزه‌ای سازه‌ها می‌باشد که منجر به کاهش پاسخ‌های سازه تحت بارهای دینامیکی می‌شود. سیستم‌های کنترل به چهار دسته غیرفعال، فعال، نیمه‌فعال و ترکیبی تقسیم می‌شوند. در این پژوهش در ابتدا برای صحت مدل‌سازی، از مقاله تحلیلی انجام شده توسط دیگر محققین استفاده و نتایج کار باهم مورد مقایسه قرار گرفته شده است. سپس ۶ قاب بدون میراگر و ۶ قاب با میراگر ویسکوز با تعداد طبقات یکسان، تحت عنوان کوتاه مرتبه ۳، ۵، میان مرتبه ۷، ۱۰ و بلندمرتبه ۱۲، ۱۵ طبقه در نرم‌افزار ایتبس براساس آیین‌نامه AI SC-۳۶۰، مبحث ششم و مبحث دهم مقررات ملی ساختمان بارگذاری، طراحی و کنترل شده است. نتایج نشان‌دهنده افزایش و بهبود عملکرد سازه دارای میراگر ویسکوز نسبت به سازه معمولی می‌باشد. کاهش جابجایی طبقات می‌تواند به مسائلی همچون کاهش درز انقطاع دو ساختمان و همچنین آسایش ساکنین به هنگام وقوع زلزله کمک کند. کاهش دررفت طبقات می‌تواند به مسائلی همچون بهبود رفتار اجزای غیرسازه‌ای و نازک‌کاری کمک نماید. وجود میراگر ویسکوز باعث کاهش تغییر مکان و دررفت طبقات حتی به میزان ۹۰ درصد شده است. وجود میراگر ویسکوز باعث یکنواخت‌تر شدن دررفت طبقات می‌شود. وجود میراگر ویسکوز باعث کاهش نیروهای وارد شده به اعضا و افزایش ظرفیت سازه می‌گردد. به‌صورت یک نتیجه‌گیری کلی استفاده میراگر ویسکوز نتایج قابل قبولی در پاسخ‌های سازه‌ای داشته و رفتار و ظرفیت سازه را افزایش داده است.

کلمات کلیدی

میراگرهای ویسکوز، عملکرد لرزه‌ای، قاب‌های خمشی فولادی، توالی لرزه‌ای، گسل.



Investigation of the Effect of using Viscous Dampers on the Seismic Performance of Steel Flexural Frames under the Effect of Seismic Sequence Phenomenon in the Near-Fault Area

Mehdi Shahsavari^{1*}, Seyed Shahab Eslami²

^{1*} M.Sc. Student of Structural Engineering, Department of Civil Engineering, Ashtian Branch, Islamic Azad University, Ashtian, Iran

(mehdi.shahsavari.1989@gmail.com)

² Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Ashtian Branch, Islamic Azad University, Ashtian, Iran

(Date of received: 26/10/2021, Date of accepted: 11/03/2022)

ABSTRACT

Due to the seismicity of Iran and the occurrence of irreparable human and financial losses during the past years and in order to reduce these losses due to lateral loads, control methods can be used. Vibration control is a low-cost method among various methods of improving the seismic behavior of structures, which leads to a reduction in the response of the structure under dynamic loads. Control systems are divided into four categories: inactive, active, semi-active and combined. In this research, for the accuracy of modeling, an analytical article conducted by other researchers is used and the results are compared. Then 6 frames without damper and 6 frames with viscous damper with the same number of floors, under the title of short level 3, 5, medium level 7, 10 and high level 12, 15 floors in Itbus software according to 360-AISC-regulations, sixth and tenth topic National building regulations are loaded, designed and controlled. The results show an increase and improvement in the performance of the structure with a viscous damper compared to a normal structure. Reducing the displacement of floors can help reduce issues such as the seam allowance of two buildings as well as the comfort of residents in the event of an earthquake. Reducing floor drift can help improve the behavior of non-structural components and joinery. The presence of viscous dampers has reduced the displacement and drift of floors by even 90%. The presence of a viscous damper makes the drift of the floors more uniform. The presence of a viscous damper reduces the forces applied to the members and increases the capacity of the structure. As a general conclusion, the use of viscous dampers has acceptable results in structural responses and has increased the behavior and capacity of the structure. .

Keywords:

Viscose dampers, Seismic performance, Steel bending frames, Seismic sequence, Fault.



باتوجه به لرزه‌خیزی کشور ایران و وقوع خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیر در طول سالیان گذشته و به‌منظور کاهش این خسارات تحت اثر بارهای جانبی می‌توان از روش‌های کنترل استفاده نمود. کنترل ارتعاشات روشی کم‌هزینه در بین روش‌های مختلف بهبود رفتار لرزه‌ای سازه‌ها می‌باشد که منجر به کاهش پاسخ‌های سازه تحت بارهای دینامیکی می‌شود. سیستم‌های کنترل به چهار دسته غیرفعال، فعال، نیمه‌فعال و ترکیبی تقسیم می‌شوند. در روش کنترل غیرفعال، میراگرها برای کنترل سازه به انرژی خارجی برای فعال‌سازی نیازی ندارند و در مکان‌هایی قرار می‌گیرند که تحت اثر بار باد و زلزله عملکرد کنترلی آن‌ها آغاز می‌گردد. یکی از انواع ابزارهای موجود برای کنترل غیرفعال، میراگر ویسکوالاستیک می‌باشد که این نوع میراگر بخشی از انرژی مکانیکی حرکت ساختمان را به انرژی گرمایی تبدیل کرده که منجر به کاهش دامنه حرکت ارتعاشی سازه می‌شود. بوجور کوئز، یغمائی سابقو روئیز گارسیا در سال ۲۰۱۸ میلادی، پژوهشی را در زمینه‌ی پاسخ ساختمان‌های فولادی مقاوم خمشی تحت توالی لرزه‌ای، انجام داده‌اند. در این پژوهش به بررسی پاسخ ساختمان‌های فولادی مقاوم خمشی سه‌بعدی با تعداد طبقات ۳، ۹ و ۲۰ تحت توالی‌های لرزه‌ای واقعی با ویژگی‌های حرکت زمین لرزه‌ای متفاوت در دو جهت پرداخته شده است. به همین منظور، مدل‌های تحلیلی به‌صورت سه‌بعدی برای هر سازه برای دو حالت دارای و عدم دارا بودن قاب‌های گرانشی داخلی، در نظر گرفته شده‌اند. رفتار گسیختگی در تیرها، شامل قاب‌های مقاوم خمشی احاطه‌کننده و ظرفیت خمشی تیرهای داخلی در قاب‌های گرانشی در مدل‌سازی مورد توجه قرار گرفته است. پاسخ لرزه‌ای مدل‌های سه‌بعدی، از نظر تقاضای دررفت جانبی بین طبقه‌ای، با پاسخ مدل‌های دوبعدی قاب‌ها، به‌منظور تعیین تفاوت‌ها در حد مرزی مدل‌ها، مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد که اختلاف بین مدل‌های دوبعدی و سه‌بعدی به نوع توالی لرزه‌ای، بستگی دارد. در مواقعی که اختلاف بین آن‌ها افزایش می‌یابد، به‌وضوح اختلاف بین پاسخ مدل‌های سه‌بعدی و دوبعدی مشاهده می‌شود. بین مدل‌های سه‌بعدی، مشاهده می‌شود که پاسخ لرزه‌ای بین آن‌ها متفاوت است، که براساس نتایج حاصل دلیل آن به‌علت اختلاف در زاویه‌ی اعمال توالی لرزه‌ای نسبت به قائم و همچنین تعداد طبقات مدل است. این پژوهش نشان می‌دهد که مدل‌سازی در مدل‌های سه‌بعدی، تأثیر قابل توجهی در پاسخ لرزه‌ای قاب‌های فولادی تحت توالی لرزه‌ای دارد. روئیز گارسیا، بوجور کوئز و کورونا در سال ۲۰۱۸ میلادی، پژوهشی را با عنوان عملکرد لرزه‌ای قاب‌های مهاربندی‌شده‌ی واگرای فولادی تحت توالی لرزه‌ای خاک نرم انجام دادند. در این پژوهش هدف بررسی پاسخ لرزه‌ای قاب‌های مهاربندی‌شده‌ی واگرا، تحت توالی لرزه‌ای اصلی پس‌لرزه‌ی مصنوعی با استفاده از مدل‌های تحلیلی دقیق برای طراحی سازه‌های تحت کد بحرانی مکزیکوسیتی است. نتایج حاصل نشان دادند که پس‌لرزه‌های قوی، از نظر علمی می‌تواند تقاضای دررفت بین طبقه‌ای را افزایش دهد، این در حالی است که اعضای پیرامونی (تیرهای مجاور، ستون‌ها) به‌صورت غیرخطی عمل می‌کنند، که در حقیقت برخلاف فلسفه و عملکرد طراحی است. علاوه بر آن، توزیع غیریکنواخت انرژی هیسترتیک (پسماند) در طول ارتفاع پیوند، که به‌طور کامل از مزایای اتلاف ظرفیت انرژی پیوندهای برشی استفاده نمی‌کند، مورد توجه قرار می‌گیرد.

۲- میراگر ویسکوز

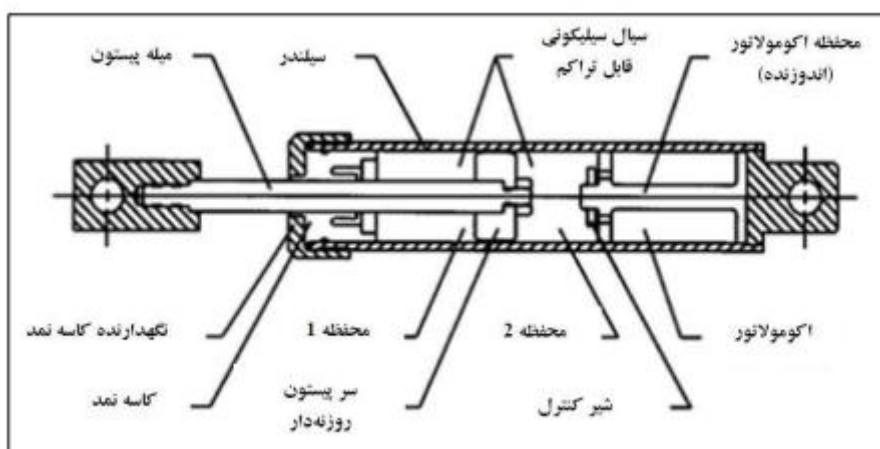
میراگرهای ویسکوز برای بار اول در مهندسی هوافضا و اهداف نظامی برای جذب ضربه‌ی حاصل شده از موشک‌های پرتابی یا فرود هواپیماها استفاده شده است، هنگامی که این میراگرها اولین بار برای استفاده‌های عمرانی تولید شد، تکنولوژی آن‌ها بیش از سی‌وپنج سال توسعه یافته و کامل شده بود. هدف اصلی استفاده از میراگر ویسکوز در این مقطع زمانی برای محافظت از سیلوهای موشک از اصابت و نیز جلوگیری از وارد آمدن امواج انفجار بوده است، تحقیق و کاربرد این میراگرها در مهندسی عمران تقریباً در اواخر جنگ سرد در سال ۱۹۹۰ با تمرکز کردن پاسخ سازه در یک تکان لرزه‌ای بود، در بحث تکنولوژی‌های ساختمانی، میراگر ویسکوز می‌تواند تقریباً همه‌ی انرژی زلزله را جذب کند و سازه را بی‌عیب و نقص و دست‌نخورده برای استفاده‌ی فوری بعد از یک حادثه نگه دارد. این میراگرها نیرویی را تأمین می‌کنند که همیشه در مقابل حرکت سازه مقاومت کند. این نیرو متناسب با سرعت



نسبی بین دو انتهای میراگر می‌باشد. که نیروی میرایی نام دارد، نیروی میرایی در رابطه‌ی (۱) نشان داده شده است.

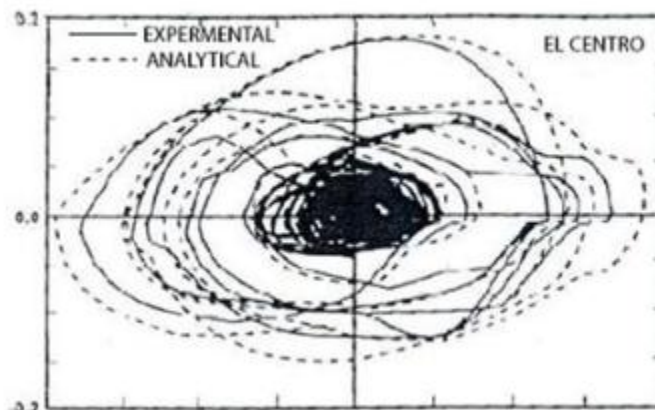
$$F = CV^N \quad (1)$$

که در آن، F : نیروی میرایی، C : ضریب میراگر که در طول بازه‌ی سرعت ثابت باقی می‌ماند، V : سرعت، N : ثابت نمایی است که معمولاً مقداری بین $0/3$ تا $1/95$ دارد. از لحاظ مکانیزم عملکردی، میراگر ویسکوز بر مبنای عبور پرفشار سیال از روزنه عمل می‌کند، یک پیستون فولادی در میان دو محفظه که با روغن سیلیکون اندود شده‌اند حرکت می‌کند. این روغن، راکد، غیر اشتعال، غیر سمی و در یک بازه‌ی زمانی طولانی پایدار می‌باشد. اختلاف فشار بین دو محفظه، باعث می‌شود روغن بین این دو، جریان پیدا کرده و با فشار از روزنه‌ی بالای پیستون خارج گردد که در نتیجه انرژی لرزه‌ای تبدیل به انرژی گرمایی شده و در هوا پخش می‌شود، اجزای میراگر ویسکوز در شکل (۱) نمایش داده شده است.



شکل ۱: یک میراگر ویسکوز همراه با اجزای تشکیل‌دهنده‌ی آن.

در زمان بکار افتادن میراگر ویسکوز، جابه‌جایی آن برحسب نیرویی که وارد می‌شود، نموداری را نتیجه می‌دهد که با نام نمودار نیرو - جابه‌جایی یا نمودار هیستریزیس آن میراگر شناخته می‌شود. در واقع هر میراگر مختلف، رفتار هیستریزیس متفاوتی دارد. در مورد میراگر ویسکوز رفتار هیستریزیس آن مانند شکل (۲) می‌باشد.



شکل ۲: نمودار نیرو - جابه‌جایی رفتار هیستریزیس یک میراگر ویسکوز



تحت رکورد زلزله‌ی **ELCENTRO** که در دو حالت تجربی و تئوری به دست آمده است.

۳- روش طراحی میراگر ویسکوز

میراگر ویسکوز در محل قرارگیری بادبندها و به صورت قطری نصب می‌شود. برای طراحی میراگر ویسکوز، ابتدا یک درصد میرایی به عنوان میرایی هدف در نظر گرفته می‌شود تا انرژی وارده به سازه به این میزان میرا شود. سپس با توجه به سختی کلی سازه و درصد میرایی هدف، ضریب میرایی برای کل سازه محاسبه می‌شود. در مرحله‌ی بعدی این ضریب میرایی باید در کل سازه توزیع شود. برای این منظور شکل مودی بحرانی سازه از یک تحلیل مودال در نظر گرفته می‌شود و دریفت مودها محاسبه می‌گردد. مقصود از دریفت مودها اختلاف جابه‌جایی مودی طبقات نسبت به طبقه‌ی زیرین خود در مودی که بیشترین ضریب مشارکت را دارد است. ضریب میرایی براساس دریفت مودی‌های به دست آمده، در طبقات توزیع شده و در نهایت مشخصات میراگرها برای هر طبقه به دست می‌آید. ضریب میرایی که لازم است سازه را به میرایی هدف برساند در رابطه‌ی ۲ نشان داده شده است.

$$C_A = \frac{(\xi^* - \zeta)T_0}{\pi} K_0 \quad (2)$$

که در آن: C_A ضریب میرایی که لازم است سازه به میرایی هدف برسد واحد (kgs/m) ، ξ^* میرایی هدف میرایی ذاتی، T_0 پریود مود بحرانی سازه (s ثانیه)، K_0 مجموع سختی تمام طبقات (kg/m)

۴- روش تحقیق

در این پژوهش در ابتدا برای صحت مدل‌سازی، از مقاله تحلیلی انجام شده توسط دیگر محققین استفاده و نتایج کار باهم مورد مقایسه قرار می‌گیرد، سپس ۶ قاب بدون میراگر و ۶ قاب با میراگر ویسکوز با تعداد طبقات یکسان، تحت عنوان کوتاه مرتبه ۳، ۵، میان مرتبه ۷، ۱۰ و بلندمرتبه ۱۲، ۱۵ طبقه در نرم‌افزار ایتبس براساس آیین‌نامه AISC-360-05، مبحث ششم و مبحث دهم مقررات ملی ساختمان بارگذاری، طراحی و کنترل می‌شود. سپس شتاب‌نگاشت‌های زلزله‌های انتخابی (۳ زلزله حوزه نزدیک گسل) براساس استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش چهارم) و با استفاده از نرم‌افزار ساینموسینگنال به شدت‌های مورد نظر مقیاس خواهد شد. پس از مقیاس‌سازی آن‌ها به شدت‌های مورد نظر، رکوردهای متوالی تولید و با کالیبره کردن آن‌ها در نرم‌افزار ساینموسینگنال صحت آن‌ها کنترل خواهد شد. سازه‌ها در نرم‌افزار سپ (یا پرفورم یا اینسیس و...) براساس مدل‌های طراحی شده در نرم‌افزار ایتبس مدل‌سازی می‌شود. صحت مدل‌سازی از طریق مقایسه‌ی پریود سازه‌ها در هر دو نرم‌افزار مورد بررسی قرار خواهد گرفت. سپس سازه‌ها تحت تحلیل دینامیکی تاریخی‌چهی زمانی غیرخطی با نرم‌افزار قرار گرفته و قاب‌ها تحت رکوردهای حالت توالی لرزه‌ای مورد تحلیل قرار خواهند گرفت و نتایج آن‌ها با یکدیگر مقایسه خواهد شد. در جدول زیر به معرفی مشخصات ۱۲ مدل پرداخته می‌شود.



جدول ۱: معرفی مدل.

شمار مدل	تعداد طبقه	وجود یا عدم وجود میراگر ویسکوز در سازه
۱	۳	عدم وجود میراگر ویسکوز در سازه
۲	۵	عدم وجود میراگر ویسکوز در سازه
۳	۷	عدم وجود میراگر ویسکوز در سازه
۴	۱۰	عدم وجود میراگر ویسکوز در سازه
۵	۱۲	عدم وجود میراگر ویسکوز در سازه
۶	۱۵	عدم وجود میراگر ویسکوز در سازه
۷	۳	وجود میراگر ویسکوز در سازه
۸	۵	وجود میراگر ویسکوز در سازه
۹	۷	وجود میراگر ویسکوز در سازه
۱۰	۱۰	وجود میراگر ویسکوز در سازه
۱۱	۱۲	وجود میراگر ویسکوز در سازه
۱۲	۱۵	وجود میراگر ویسکوز در سازه

۵- تحلیل دینامیکی غیر خطی

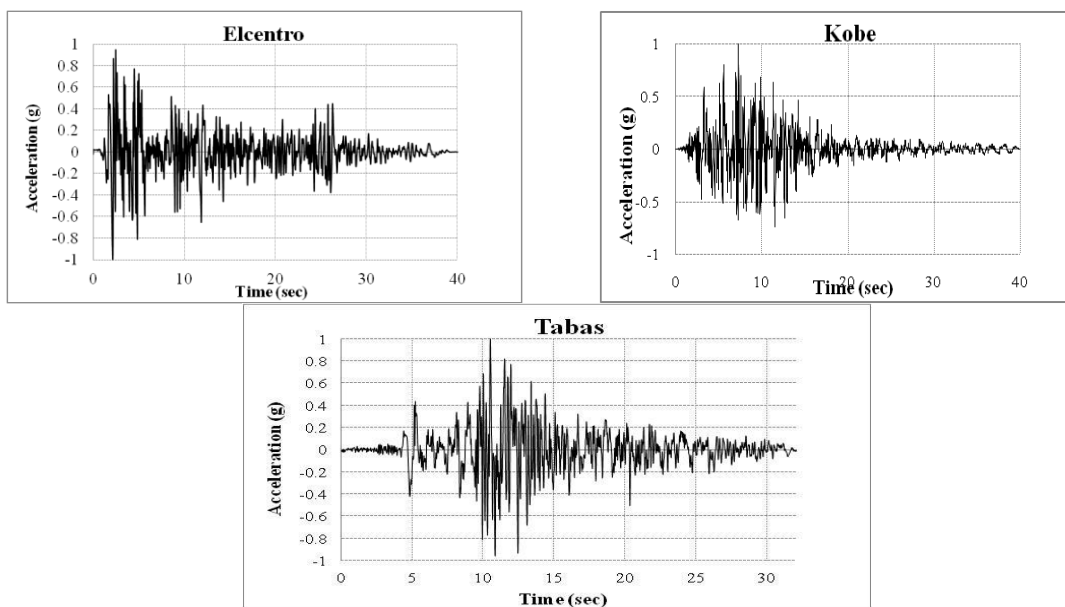
محاسبه بار زلزله در کشور ایران براساس آئین نامه ۲۸۰۰ انجام می‌شود. این نوع تحلیل عموماً برای ساختمان‌های نامنظم مورد استفاده قرار می‌گیرد (ساختمان مدهای نوسانی داشته باشد که در آن مدها حرکت در یک امتداد توأم با حرکت در امتداد عمود بر آن باشد برای ملحوظ نمودن اثرات این حرکات توأم ساختمان باید به‌وسیله روش تحلیل دینامیکی محاسبه شود). این نوع تحلیل بازتاب‌های سازه در هر مقطع زمانی در مدت وقوع زلزله با تأثیر دادن شتاب‌های ناشی از حرکت زمین (شتاب‌نگاشت) در تراز پایه ساختمان و انجام محاسبات دینامیکی مربوطه تعیین می‌شود. تحلیل دینامیکی مورد استفاده در این پروژه تحلیل با استفاده از تاریخچه زمانی می‌باشد. شتاب‌نگاشت‌هایی که برای طراحی انتخاب می‌شوند باید از نظر محتوای فرکانسی و پاسخ طیفی و دوام (مدت زمان) جنبش شدید زمین، مشابه جنبش‌های شدید زمین باشد که امکان رویداد آن‌ها در منطقه مورد مطالعه جود دارد. در انتخاب و بسط تاریخچه‌های زمانی توجه به ویژگی‌های زمین‌ساختی ساختمان و موقعیت ساخته‌گاه لازم است. تاریخچه‌های زمانی بسط یافته برای ساخته‌گاه‌هایی که در ۱۵ کیلومتری هر گسل فعالی قرار می‌گیرند، باید با سرشتی گسل‌های نزدیک یکسان فرض شود. (یک گسل وقتی به‌عنوان گسل فعال شناخته می‌شود که شواهد زمین‌شناختی حداقل یک جنبش در ۳۰۰۰۰ سال یا دو جنبش در ۵۰۰،۰۰۰ سال گذشته از آن موجود باشد و یا گسیختگی مشخصی در نهشته‌های آبرفتی کواترنری در راستای آن بر روی زمین دیده می‌شود). شتاب‌نگاشت‌هایی که دارای طیف‌های پاسخ هماهنگ با طیف طرح برای ساخته‌گاه باشند، شتاب‌نگاشت سازگار با طیف طرح نامیده می‌شوند و برای تحلیل تاریخچه زمانی سازه مورد استفاده قرار می‌گیرند. ارائه این شتاب‌نگاشت‌ها به روش‌های زیر انجام می‌شود. شتاب‌نگاشت‌ها متعلق به زلزله‌هایی باشند که شرایط زلزله طرح را ارضا کنند و در آن‌ها آثار: بزرگا، فاصله از گسل، سازوکار چشمه لرزه‌زا در نظر گرفته شده باشد. شتاب‌نگاشت‌ها (۳ عدد) به‌گونه‌ای مقیاس شوند که طیف حاصل از این شتاب‌نگاشت‌ها مساوی یا بزرگ‌تر از دامنه طیف طرح در محدوده فرکانسی مورد نظر باشد. البته این پیشنهاد هیچ‌گونه اطمینانی ایجاد نمی‌کند که واقعاً چه تعداد شتاب‌نگاشت برای تحلیل غیرخطی یک سازه خاص لازم است. این عدد ممکن است برای سازه‌های مختلف متفاوت باشد. از طرف دیگر تعریف محدوده فرکانسی مورد نظر چندان روشن به‌نظر نمی‌رسد و حساسیت پاسخ سازه به محدوده فرکانس‌ها باید مورد مطالعه قرار گیرد. پراکندگی بالای پاسخ‌های دینامیکی تحت شتاب‌نگاشت‌هایی که مطابق ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ ایران انتخاب و مقیاس می‌شوند، انکارناپذیر است. به‌منظور انجام آنالیز تاریخچه زمانی غیرخطی، ۳ رکورد زلزله مطابق جدول ۱ با در نظر داشتن



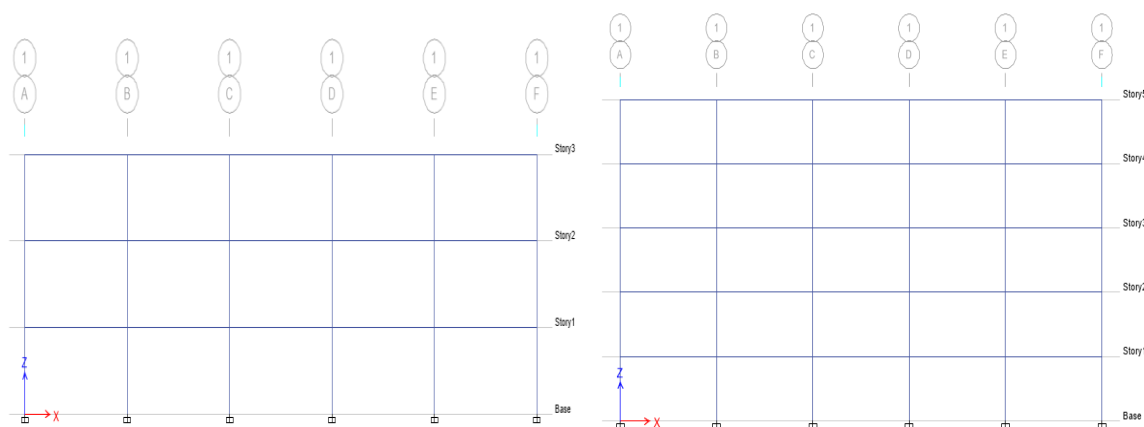
مقررات موجود در آیین‌نامه ۲۸۰۰ انتخاب شده و پس از تطابق با طیف طرح استاندارد، مورد استفاده قرار گرفته است. رکورد زلزله‌های انتخاب شده، نزدیک گسل می‌باشند. ساخت هندسی مدل براساس اشکال (۴) الی (۱۵) ارائه شده است.

جدول ۲: مشخصات رکوردهای انتخاب شده در آنالیز دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی برگرفته از سایت *peer*

ایستگاه	سال	فاصله	محل زلزله
Carroll College	1976	2.07	Elcentro
Takatori	1995	1.47	Kobe
Tabas	1978	1.79	Tabas

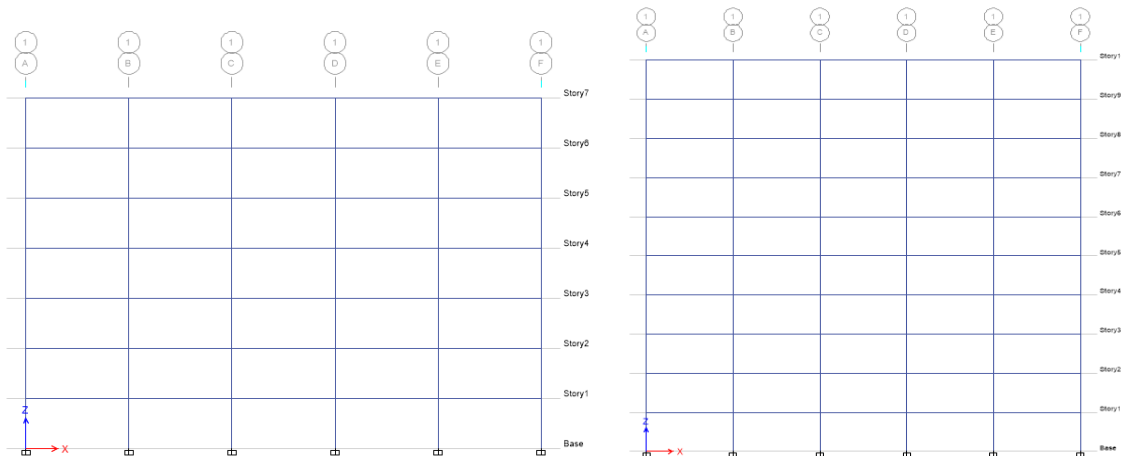


شکل ۳: رکوردهای مورد استفاده.



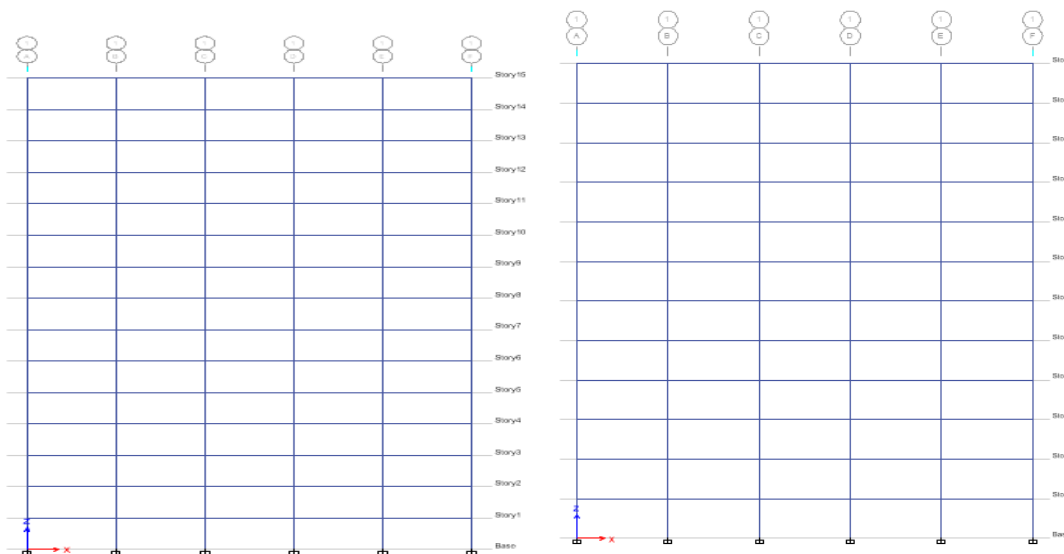
شکل ۵: قاب ۳ طبقه بدون وجود میراگر ویسکوز

شکل ۴: قاب ۵ طبقه بدون وجود میراگر ویسکوز



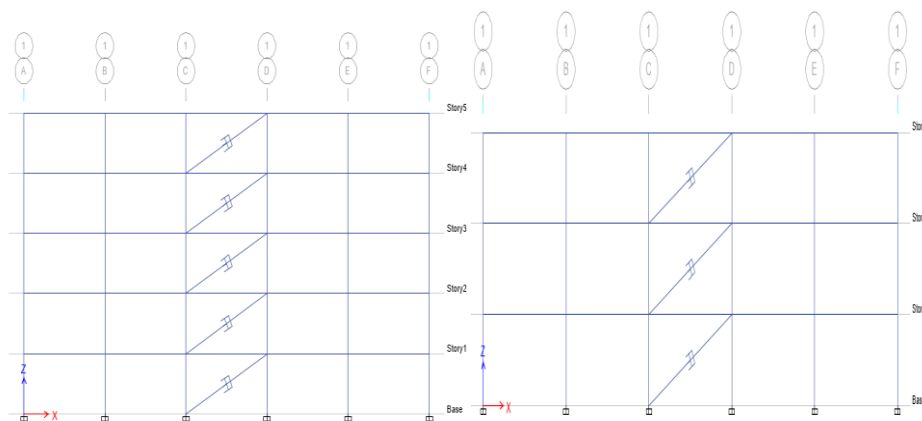
شکل ۷: قاب ۷ طبقه بدون وجود میراگر ویسکوز

شکل ۶: قاب ۱۰ طبقه بدون وجود میراگر ویسکوز



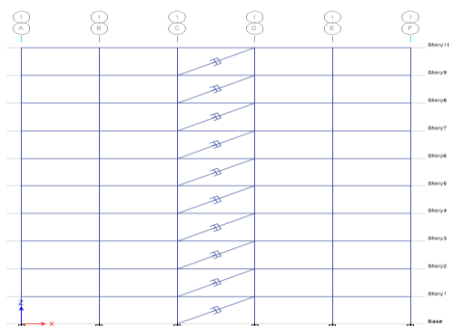
شکل ۹: قاب ۱۲ طبقه بدون وجود میراگر ویسکوز

شکل ۸: قاب ۱۵ طبقه بدون وجود میراگر ویسکوز

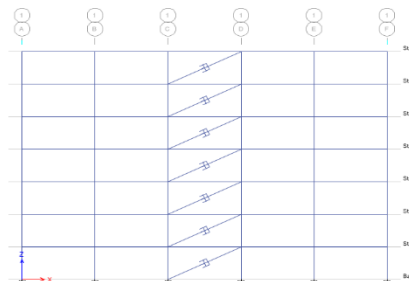


شکل ۱۱: قاب ۳ طبقه با وجود میراگر ویسکوز

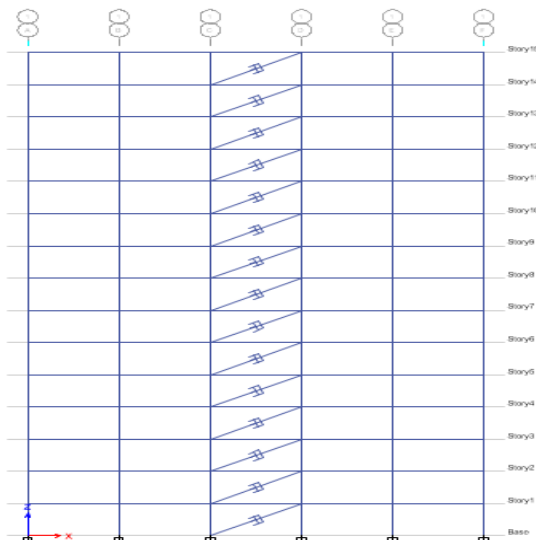
شکل ۱۰: قاب ۵ طبقه با وجود میراگر ویسکوز



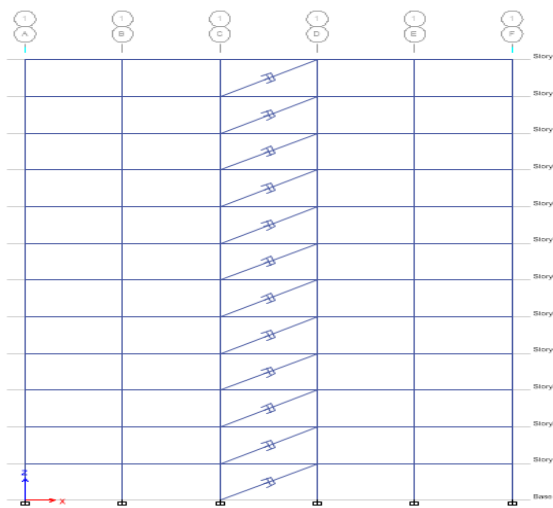
شکل ۱۳: قاب ۱۰ طبقه با وجود میراگر ویسکوز



شکل ۱۲: قاب ۷ طبقه با وجود میراگر ویسکوز



شکل ۱۵: قاب ۱۵ طبقه با وجود میراگر ویسکوز



شکل ۱۴: قاب ۱۲ طبقه با وجود میراگر ویسکوز

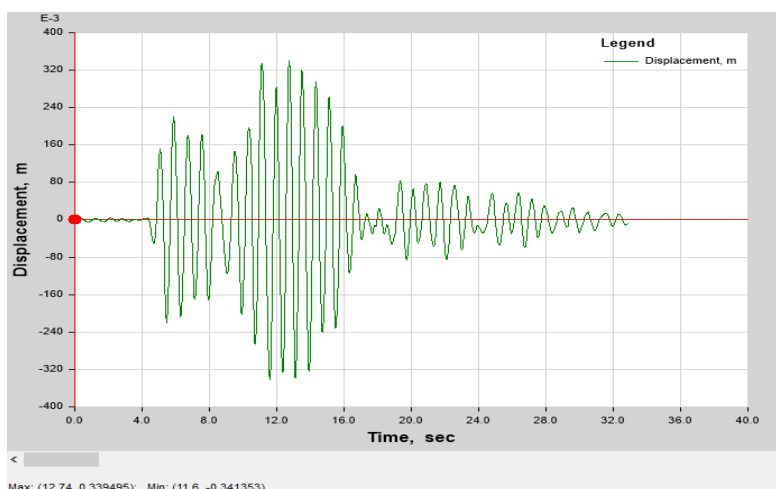
۶- تجزیه و تحلیل نتایج

در این بخش با توجه به مطالب ارائه شده در فصول گذشته، نتایج حاصل از تحلیل غیرخطی بیان شده و مقایسه بین خروجی‌ها شرح داده می‌شود. پس از بررسی نتایج به دست آمده از تحلیل مدل تحت سه شتاب‌نگاشت زلزله مقدار بیشینه پاسخ‌ها در شتاب‌نگاشت زلزله طبس اتفاق می‌افتد؛ بنابراین از خروجی‌های زلزله طبس در پژوهش استفاده شده است.

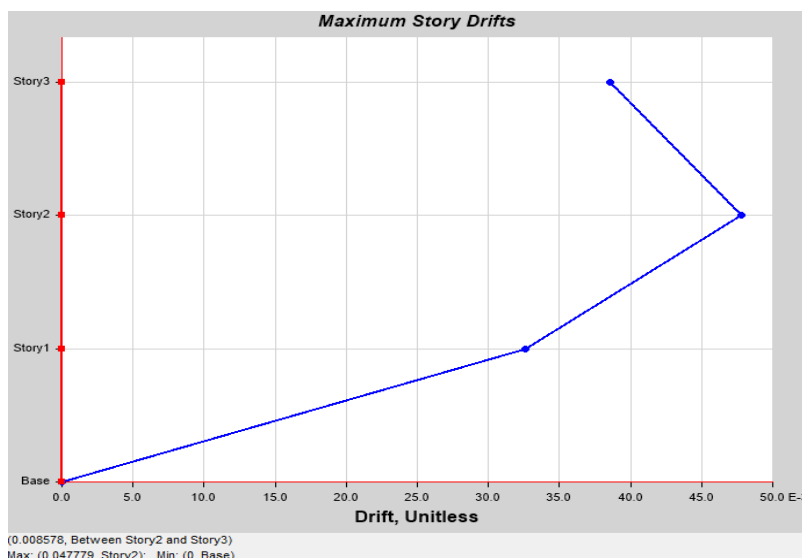


الف- نتایج حاصل از تحلیل مدل ۱:

باتوجه به طراحی انجام شده در آیین‌نامه ۲۸۰۰ به بررسی دررفت سازه، پرداخته شده است، که باتوجه به نمودار بیشترین مقدار دررفت برابر با ۰/۰۴۸ می‌باشد.



شکل ۱۶: جابجایی بام قاب فولادی تحت اثر زلزله طبس، که بیشترین مقدار جابجایی برابر با ۰/۳۴ متر می‌باشد.

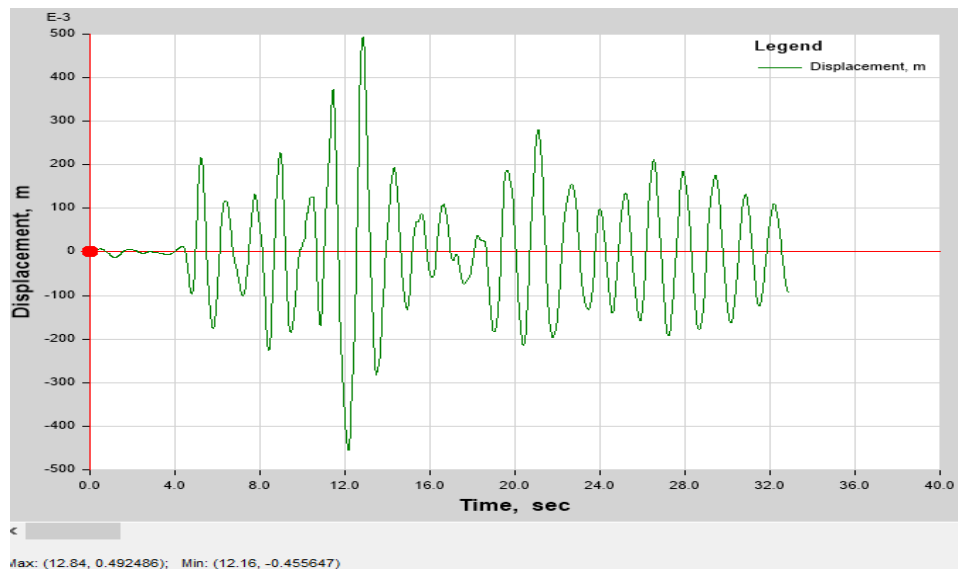


شکل ۱۷: نمودار دررفت قاب فولادی تحت اثر زلزله طبس.

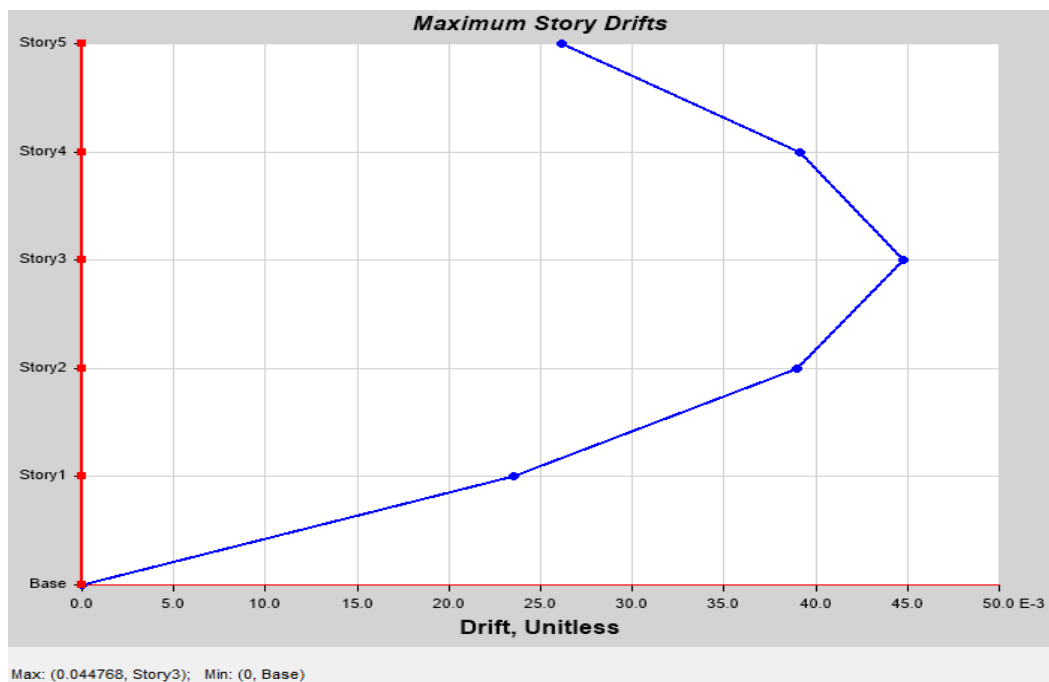


ب- نتایج حاصل از تحلیل مدل ۲:

باتوجه به طراحی انجام شده در آیین‌نامه ۲۸۰۰ به بررسی دررفت سازه، پرداخته شده است، که باتوجه به نمودار بیشترین مقدار دررفت برابر با ۰/۰۴۵ می‌باشد.



شکل ۱۸: جابجایی بام قاب فولادی تحت اثر زلزله طبس، که بیشترین مقدار جابجایی برابر با ۰/۴۹ متر می‌باشد.

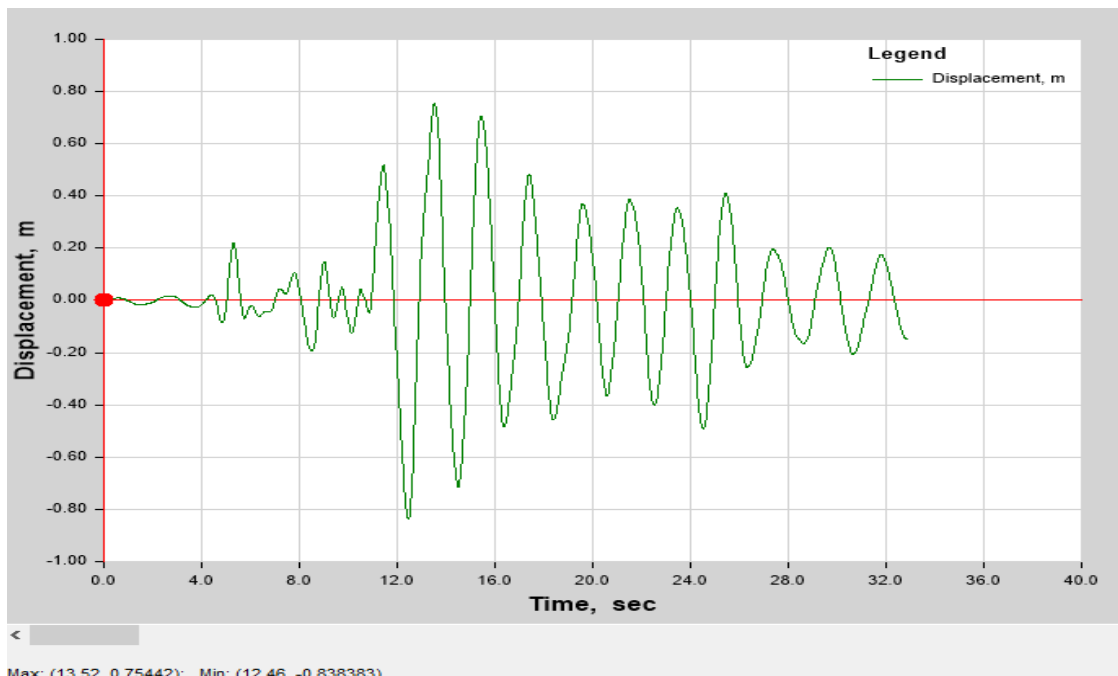


شکل ۱۹: نمودار دررفت قاب فولادی تحت اثر زلزله طبس.

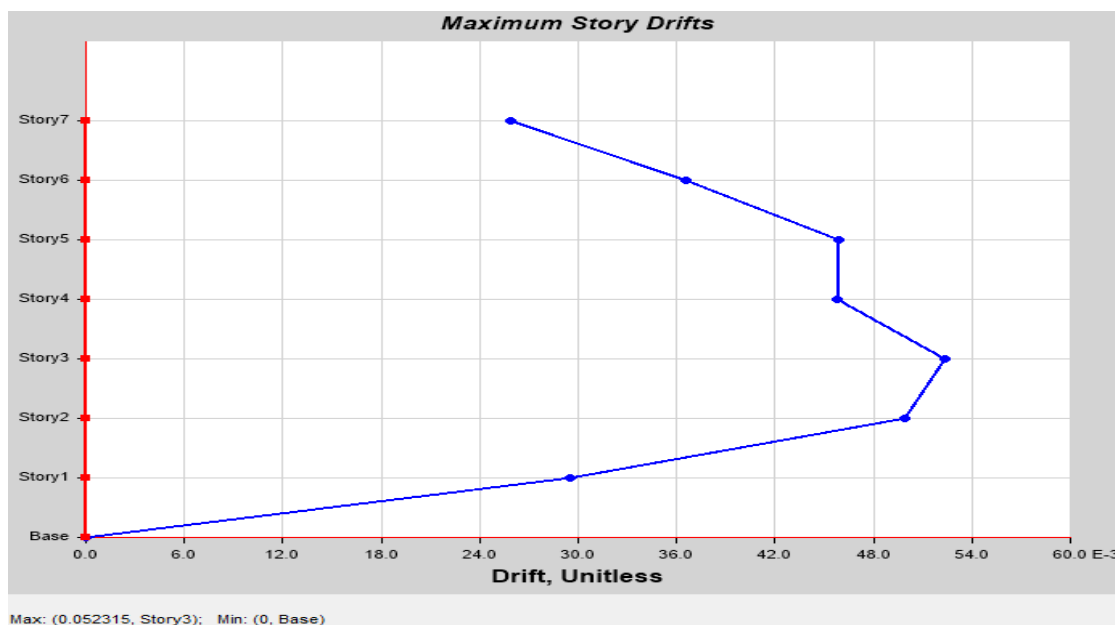


ج- نتایج حاصل از تحلیل مدل ۳:

باتوجه به طراحی انجام شده در آیین‌نامه ۲۸۰۰ به بررسی دررفت سازه، پرداخته شده است، که باتوجه به نمودار بیشترین مقدار دررفت برابر با ۰/۰۵۲ می‌باشد.



شکل ۲۰: جابجایی بام قاب فولادی تحت اثر زلزله طیس، که بیشترین مقدار جابجایی برابر با ۰/۸۳ متر می‌باشد.

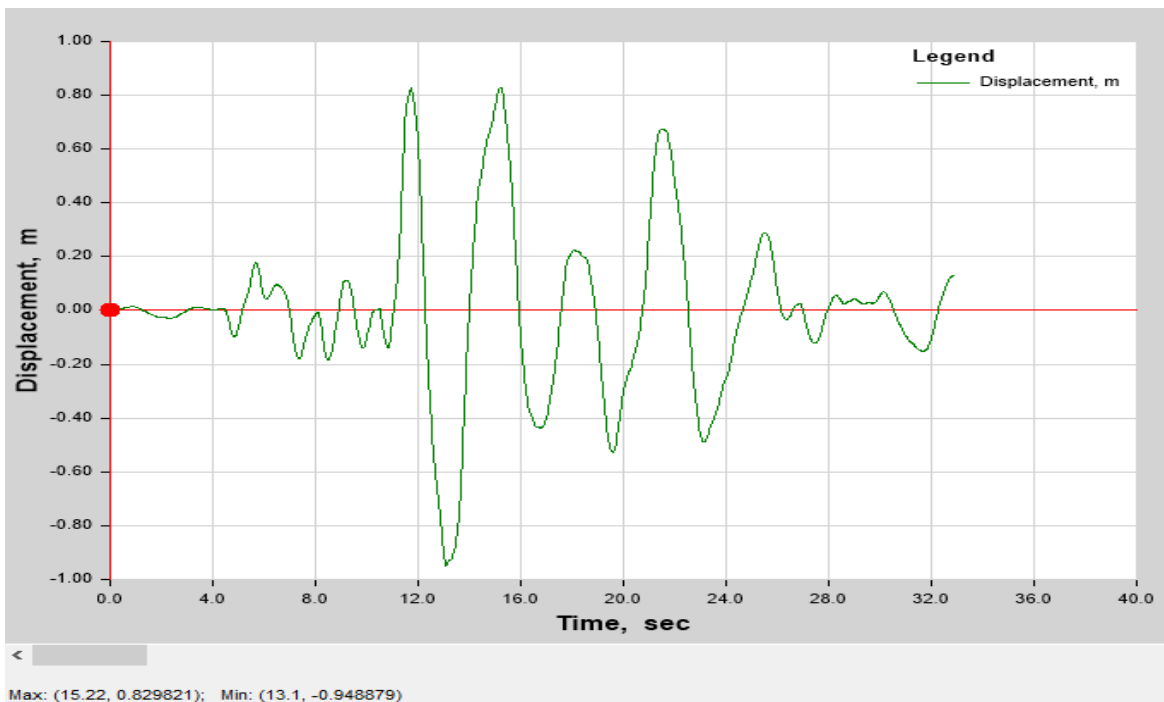


شکل ۲۱: نمودار دررفت قاب فولادی تحت اثر زلزله طیس.

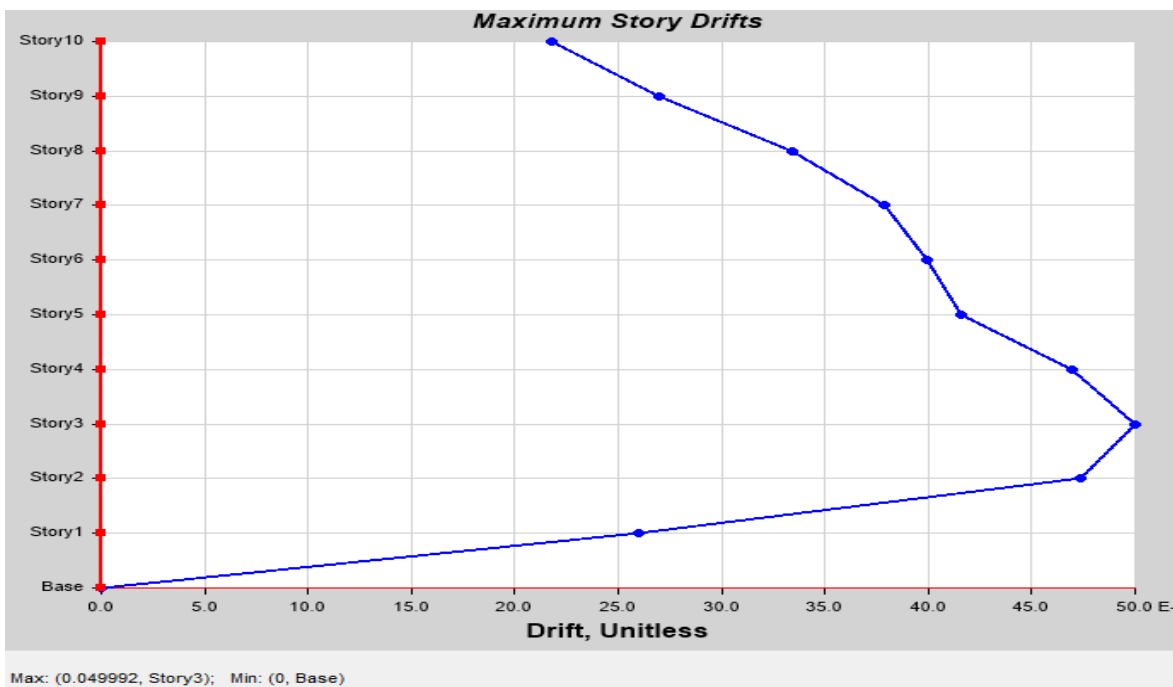


د- نتایج حاصل از تحلیل مدل ۴:

باتوجه به طراحی انجام شده در آیین‌نامه ۲۸۰۰ به بررسی دررفت سازه، پرداخته شده است، که باتوجه به نمودار بیشترین مقدار دررفت برابر با ۰/۰۵ می‌باشد.



شکل ۲۲: جابجایی بام قاب فولادی تحت اثر زلزله طیس، که بیشترین مقدار جابجایی برابر با ۰/۹۵ متر می‌باشد.

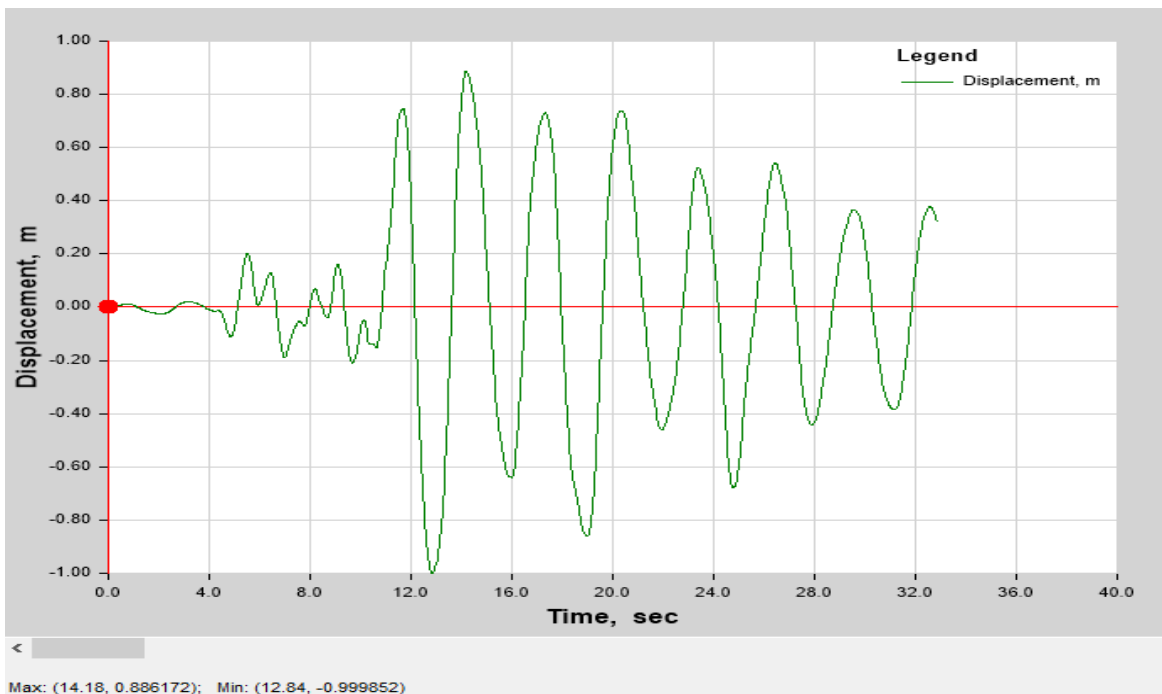


شکل ۲۳: نمودار دررفت قاب فولادی تحت اثر زلزله طیس

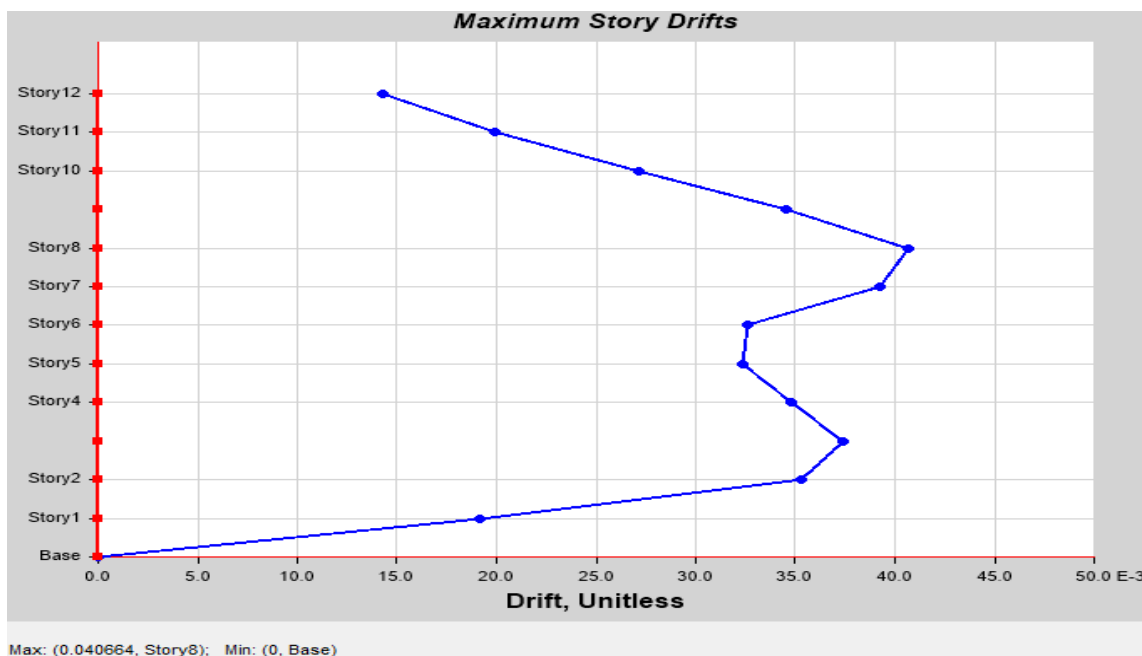


و- نتایج حاصل از تحلیل مدل ۵:

باتوجه به طراحی انجام شده در آیین‌نامه ۲۸۰۰ به بررسی دررفت سازه، پرداخته شده است، که باتوجه به نمودار بیشترین مقدار دررفت برابر با ۰/۰۴۱ می‌باشد.



شکل ۲۴: جابجایی بام قاب فولادی تحت اثر زلزله طبس، که بیشترین مقدار جابجایی برابر با ۱ متر می‌باشد.

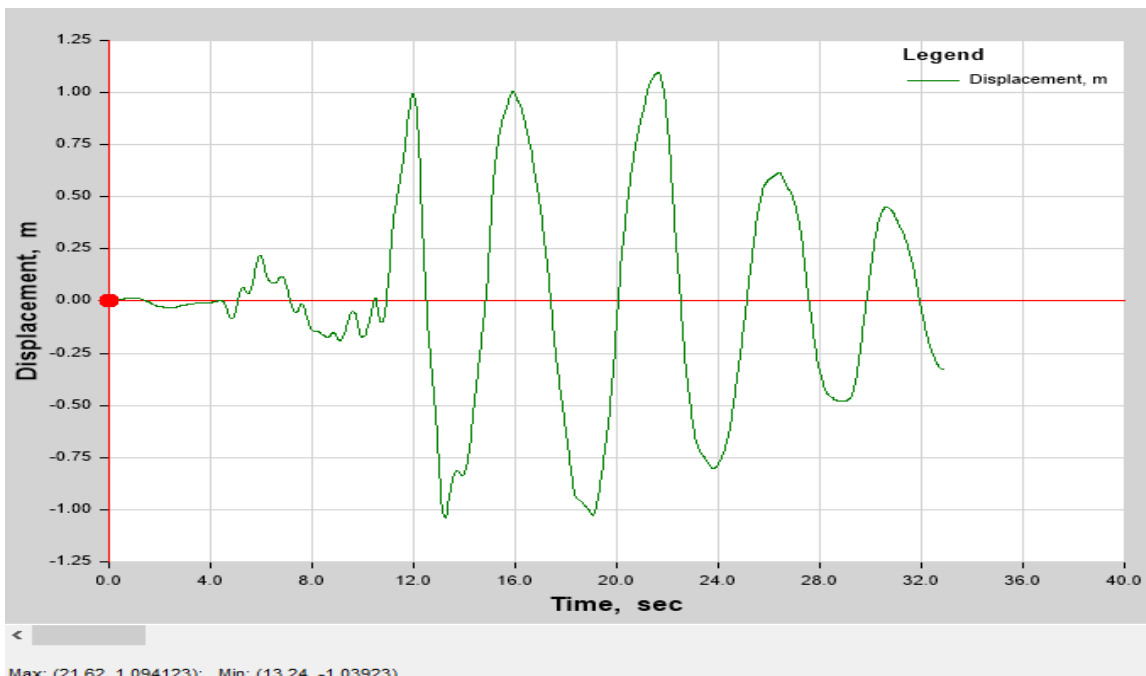


شکل ۲۵: نمودار دررفت قاب فولادی تحت اثر زلزله طبس.

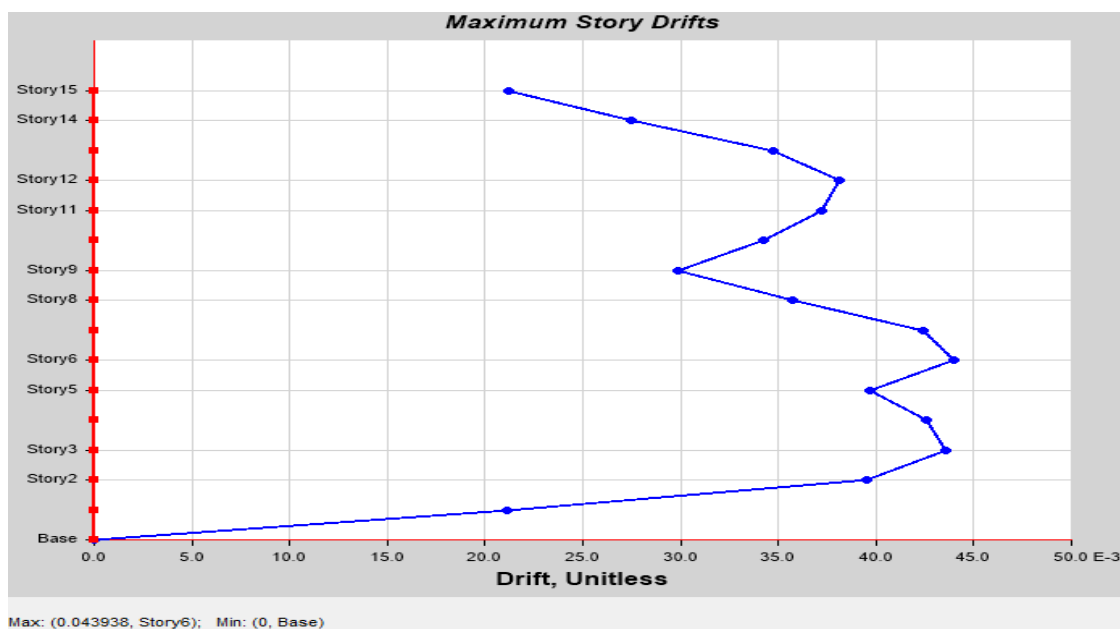


ر- نتایج حاصل از تحلیل مدل ۶:

باتوجه به طراحی انجام شده در آیین‌نامه ۲۸۰۰ به بررسی دررفت سازه، پرداخته شده است، که باتوجه به نمودار بیشترین مقدار دررفت برابر با ۰/۰۴۴ می‌باشد.



شکل ۲۶: جابجایی بام قاب فولادی تحت اثر زلزله طیس، که بیشترین مقدار جابجایی برابر با ۱,۱ متر می‌باشد.

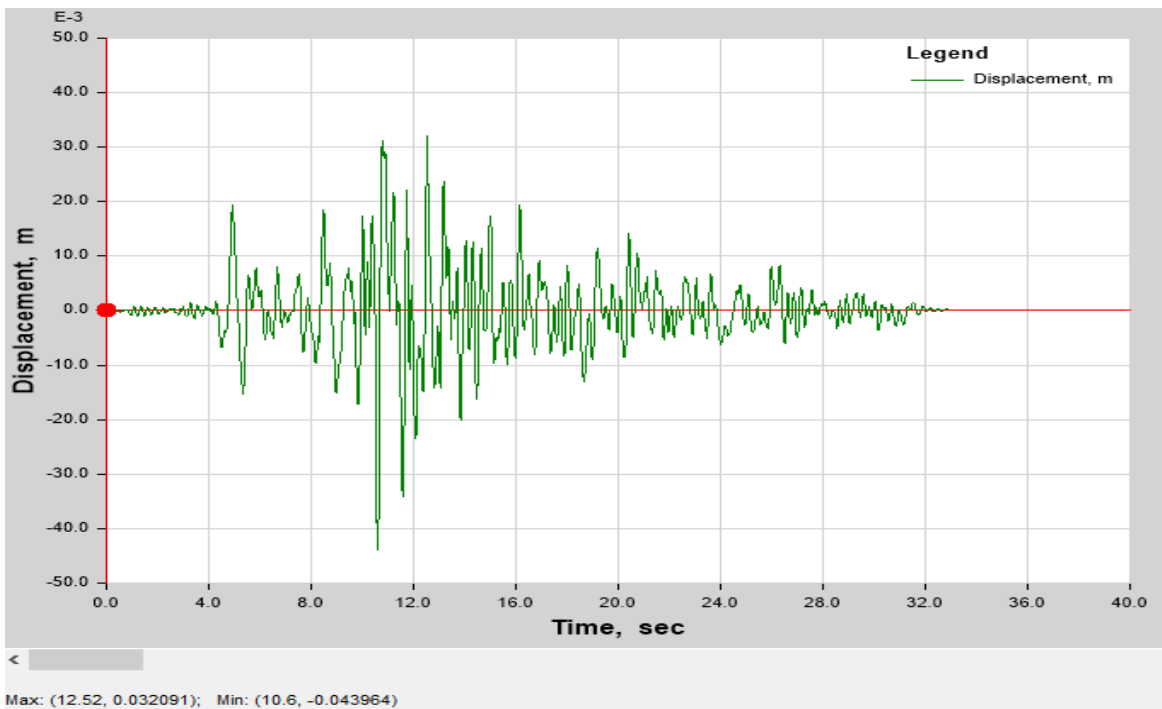


شکل ۲۷: نمودار دررفت قاب فولادی تحت اثر زلزله طیس.

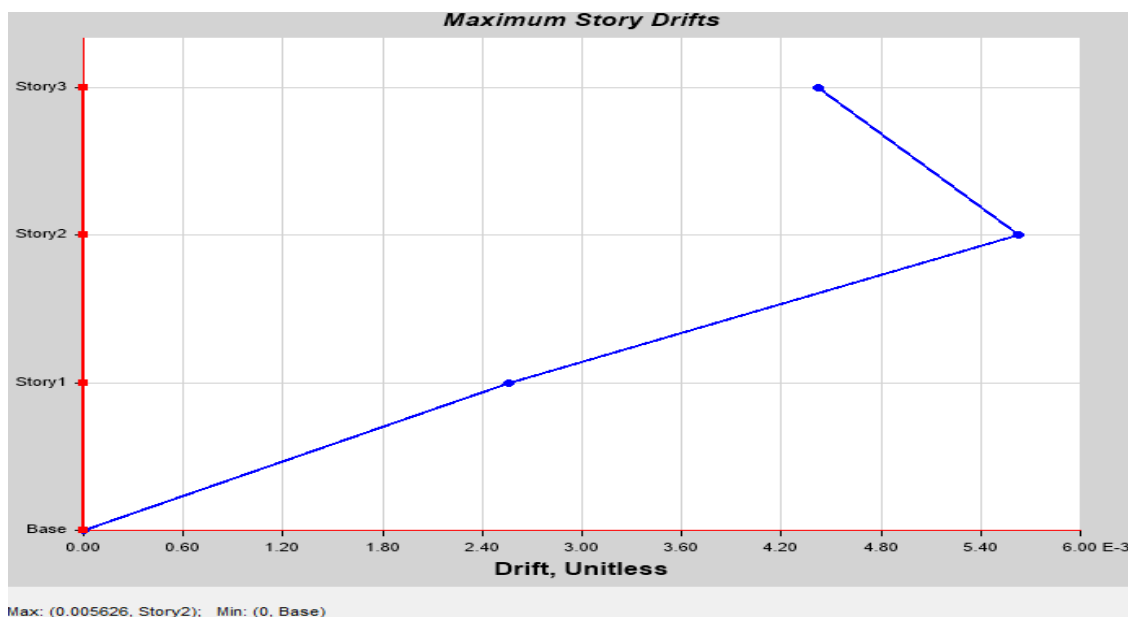


ز- نتایج حاصل از تحلیل مدل ۷:

باتوجه به طراحی انجام شده در آیین‌نامه ۲۸۰۰ به بررسی دررفت سازه، پرداخته شده است، که باتوجه به نمودار بیشترین مقدار دررفت برابر با ۰/۰۰۵۶ می‌باشد.



شکل ۲۸: جابجایی بام قاب فولادی تحت اثر زلزله طبس، که بیشترین مقدار جابجایی برابر با ۰/۰۴۴ متر می‌باشد.

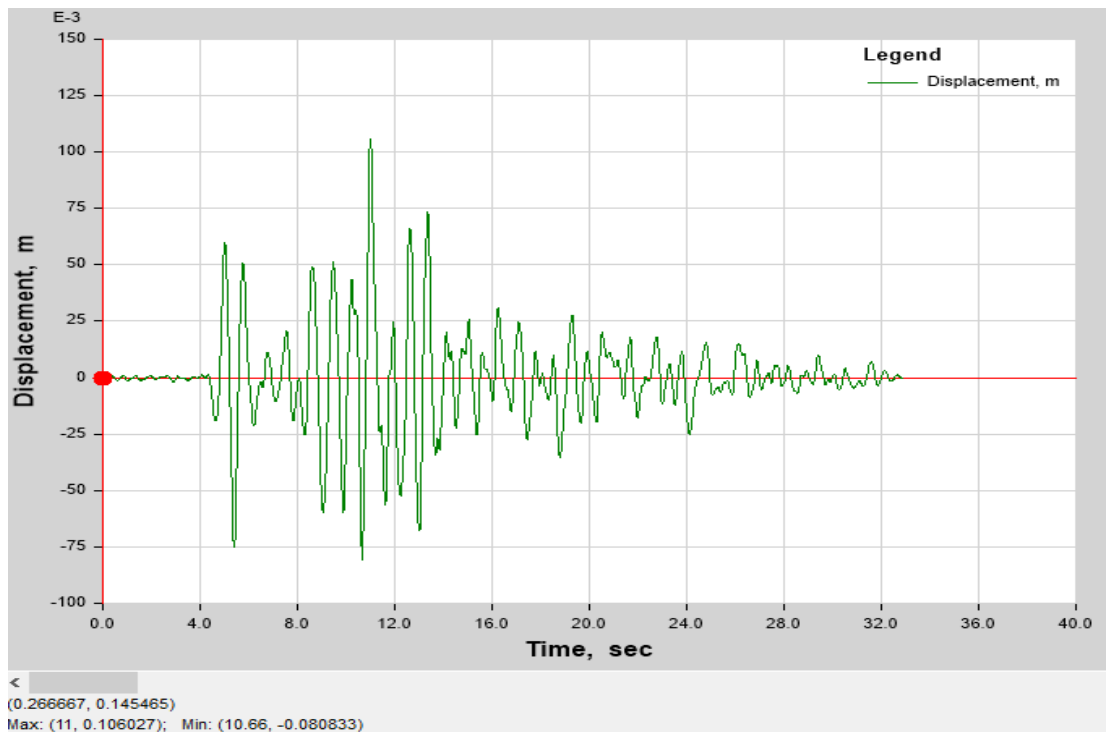


شکل ۲۹: نمودار دررفت قاب فولادی تحت اثر زلزله طبس.

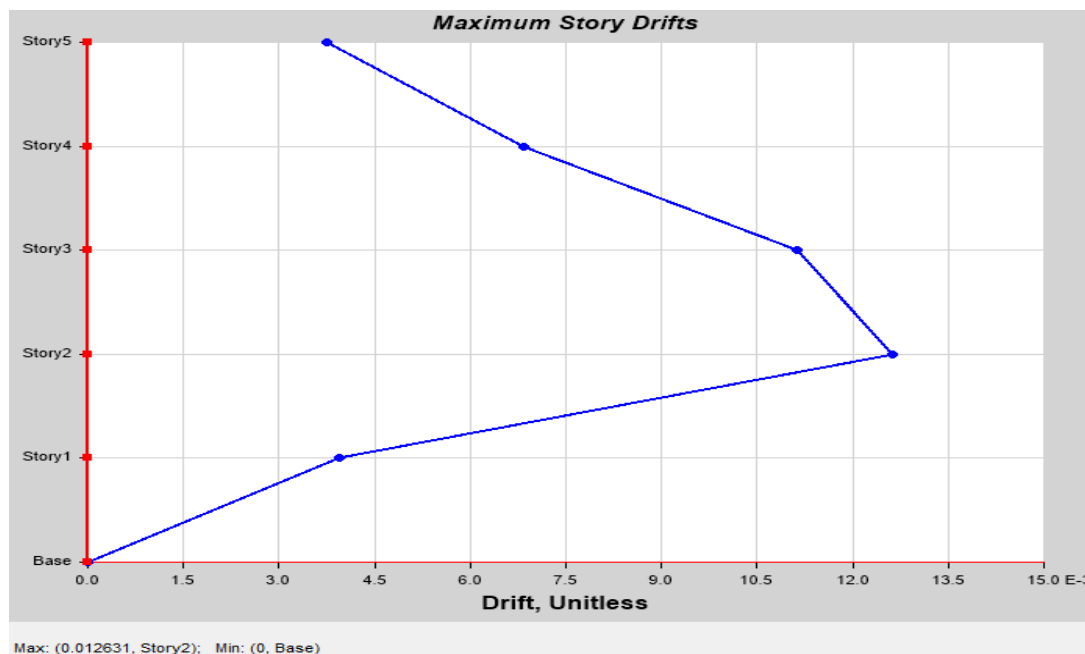


ژ- نتایج حاصل از تحلیل مدل ۸:

باتوجه به طراحی انجام شده در آیین‌نامه ۲۸۰۰ به بررسی دررفت سازه، پرداخته شده است، که باتوجه به نمودار بیشترین مقدار دررفت برابر با ۰/۱۲ می‌باشد.



شکل ۳۰: جابجایی بام قاب فولادی تحت اثر زلزله طبس، که بیشترین مقدار جابجایی برابر با ۰/۱ متر می‌باشد.

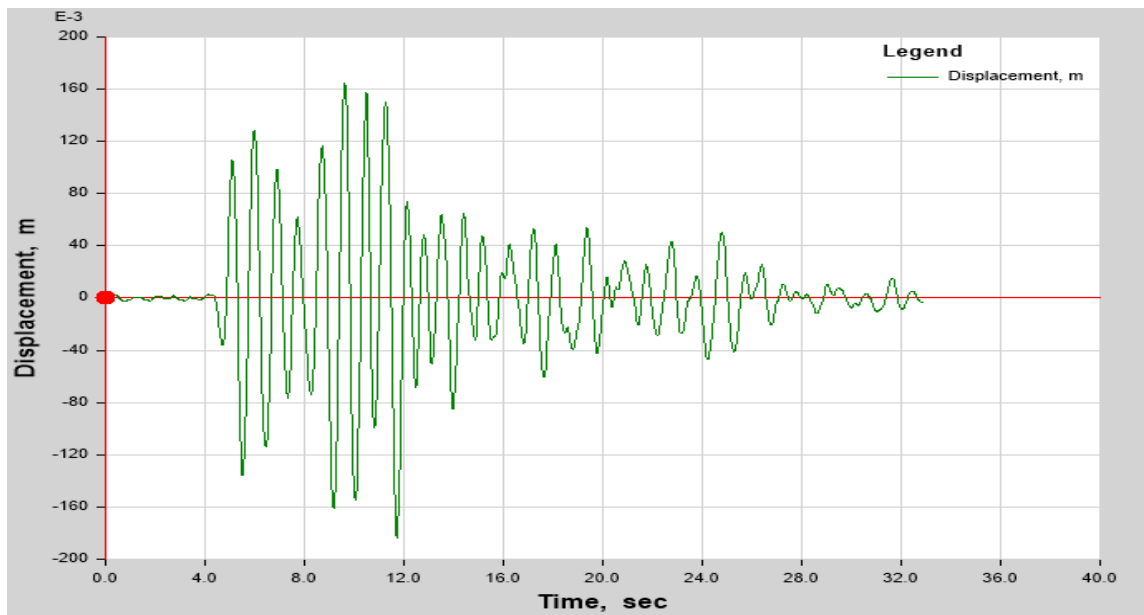


شکل ۳۱: نمودار دررفت قاب فولادی تحت اثر زلزله طبس.



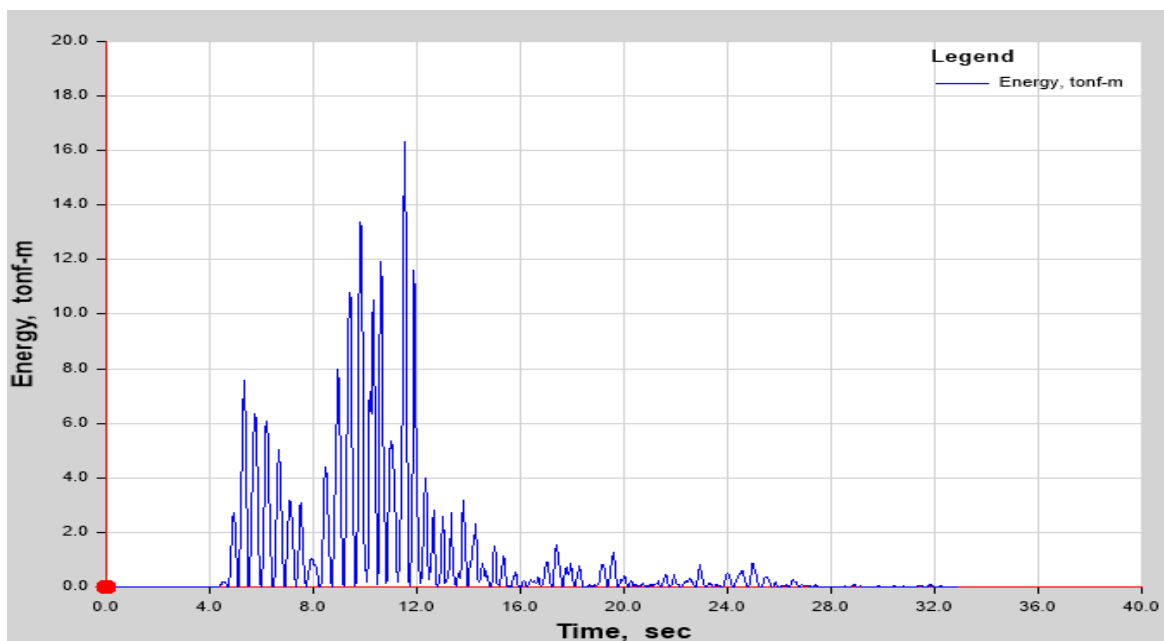
ح- نتایج حاصل از تحلیل مدل ۹:

باتوجه به طراحی انجام شده در آیین‌نامه ۲۸۰۰ به بررسی دررفت سازه، پرداخته شده است، که باتوجه به نمودار بیشترین مقدار دررفت برابر با ۰/۱۲ می‌باشد.



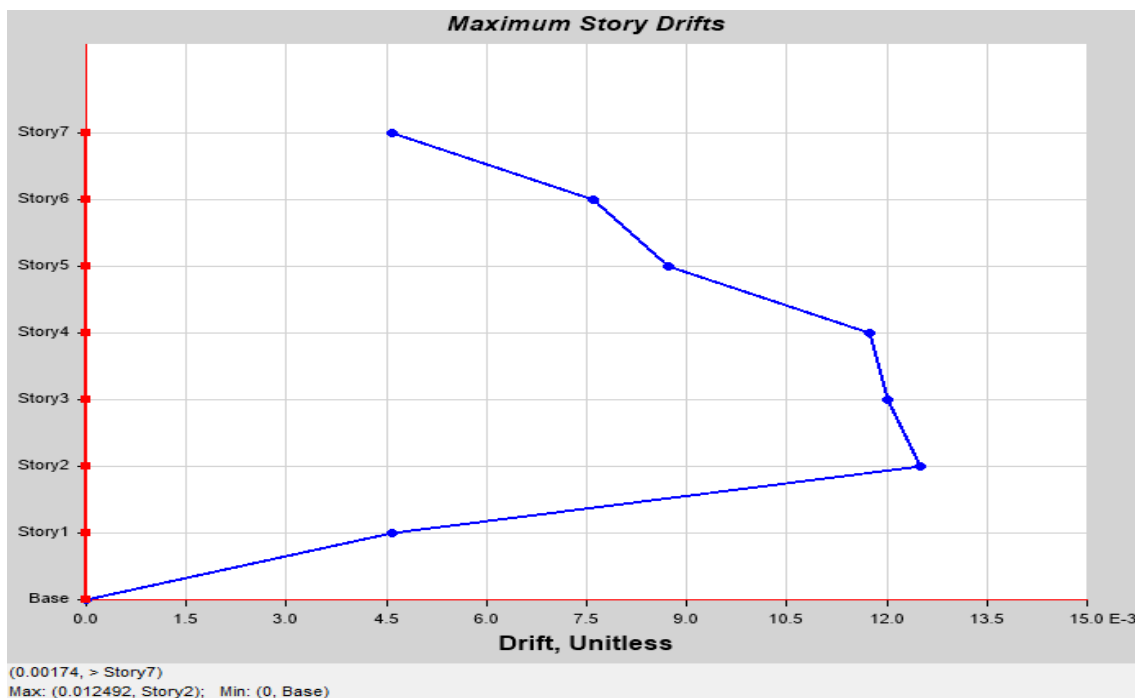
Max: (9.62, 0.16466); Min: (11.7, -0.184022)

شکل ۳۲: جابجایی بام قاب فولادی تحت اثر زلزله طبس، که بیشترین مقدار جابجایی برابر با ۰/۱۶ متر می‌باشد.



Max: (11.54, 16.331742); Min: (0, 0)

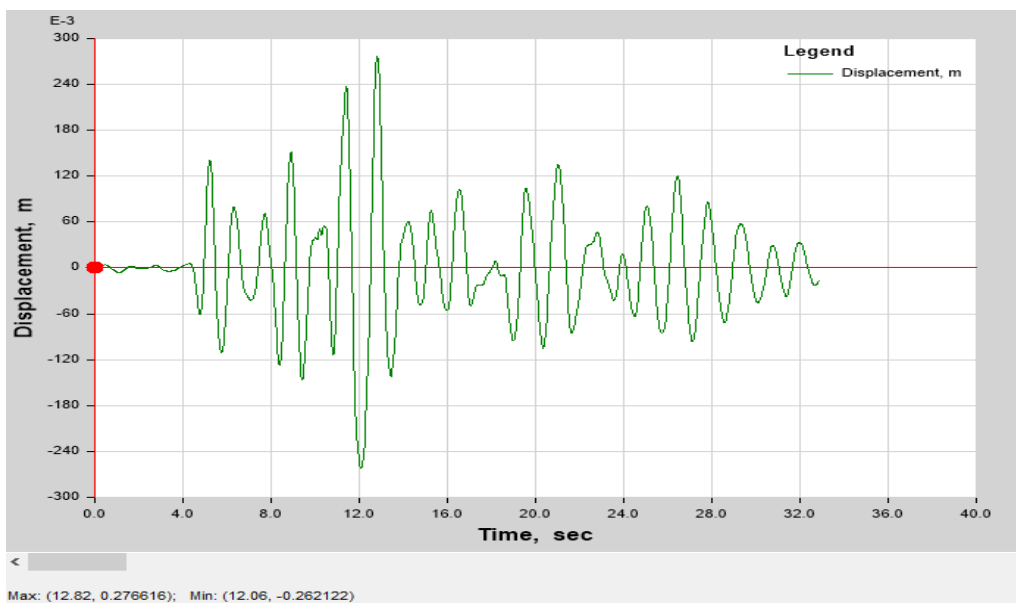
شکل ۳۳: انرژی جنبشی قاب فولادی تحت اثر زلزله طبس، که بیشترین مقدار انرژی برابر با ۱۶ تن-متر می‌باشد.



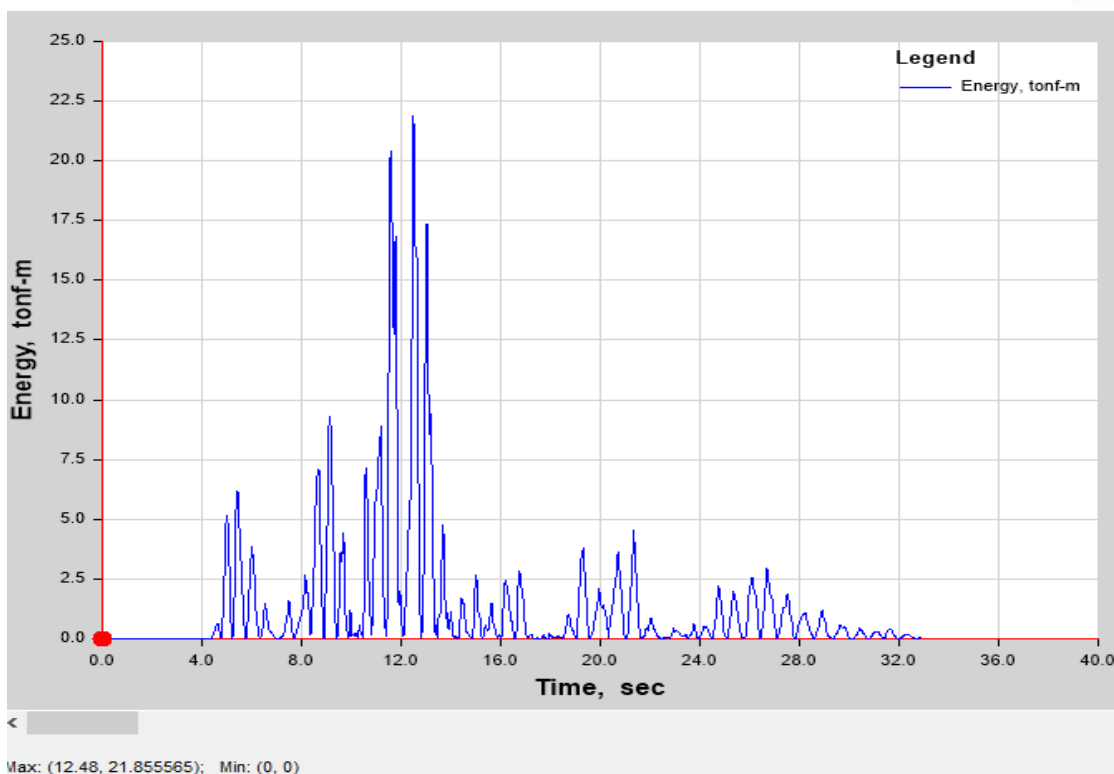
شکل ۳۴: نمودار دررفت قاب فولادی تحت اثر زلزله طیس

چ- نتایج حاصل از تحلیل مدل ۱۰:

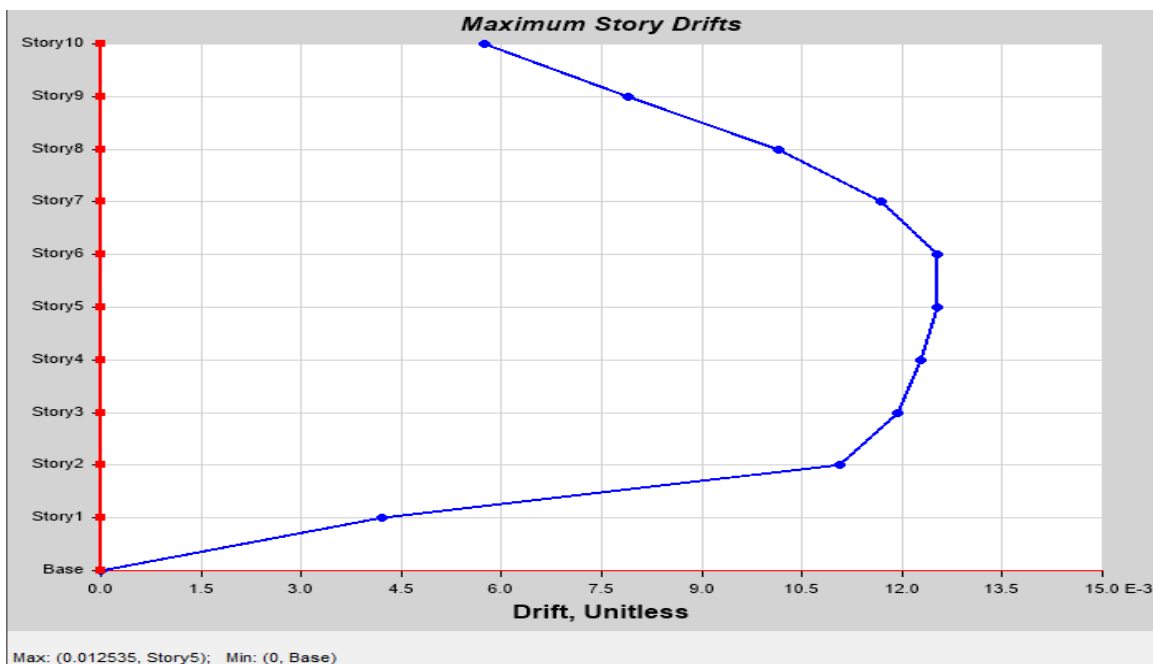
باتوجه به طراحی انجام شده در آیین‌نامه ۲۸۰۰ به بررسی دررفت سازه، پرداخته شده است، که باتوجه به نمودار بیشترین مقدار دررفت برابر با ۰/۰۱۲۵ می‌باشد.



شکل ۳۵: جابجایی بام قاب فولادی تحت اثر زلزله طیس، که بیشترین مقدار جابجایی برابر با ۰/۲۸ متر می‌باشد.



شکل ۳۶: انرژی جنبشی قاب فولادی تحت اثر زلزله طیس، که بیشترین مقدار انرژی برابر با ۲۲ تن-متر می‌باشد.

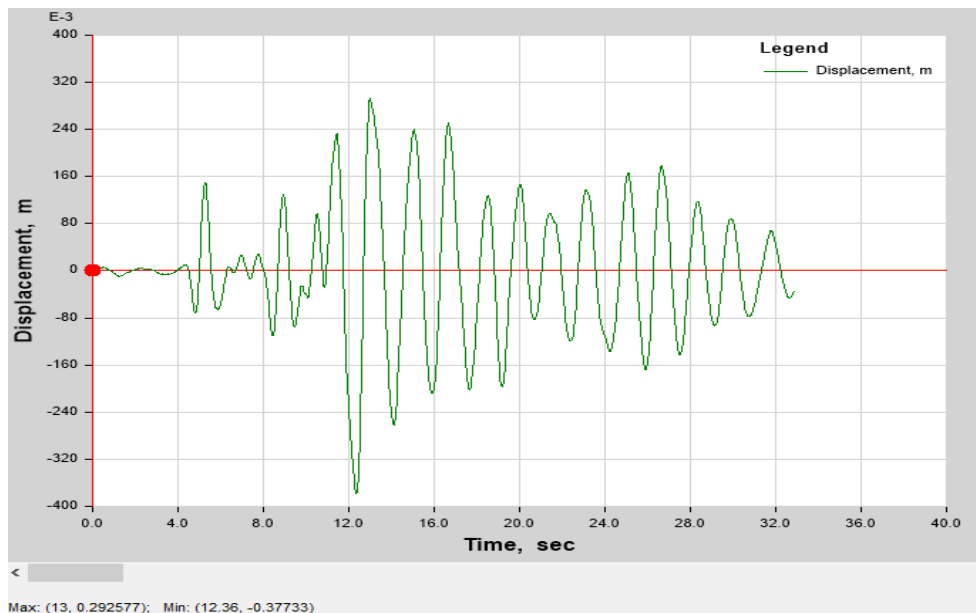


شکل ۳۷: نمودار دریفت قاب فولادی تحت اثر زلزله طیس.

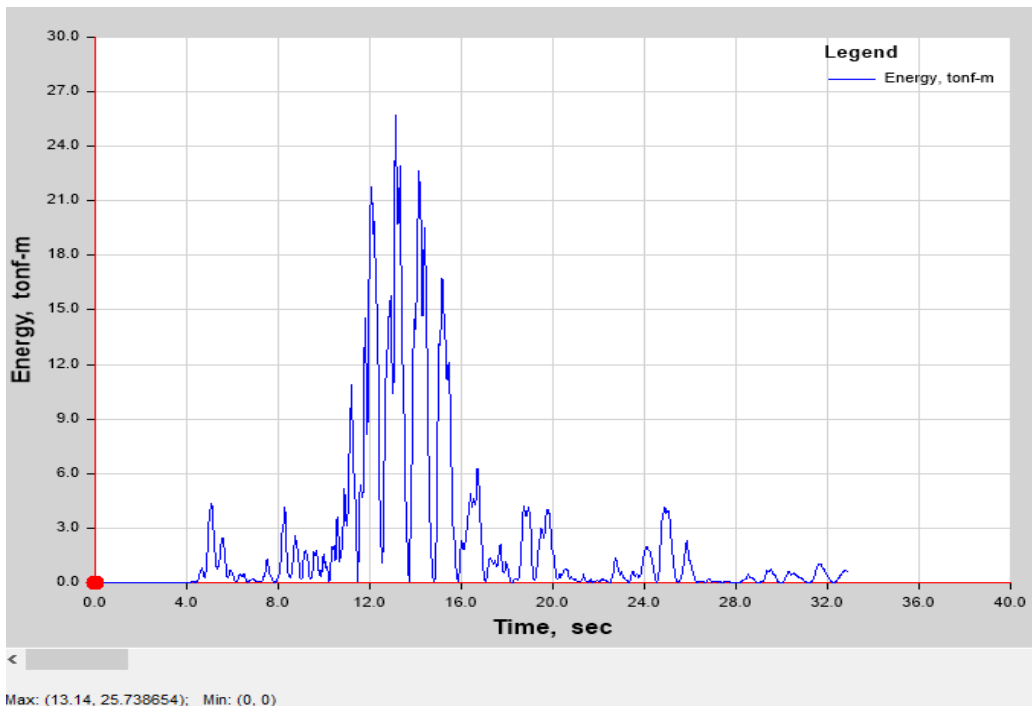


خ- نتایج حاصل از تحلیل مدل ۱۱:

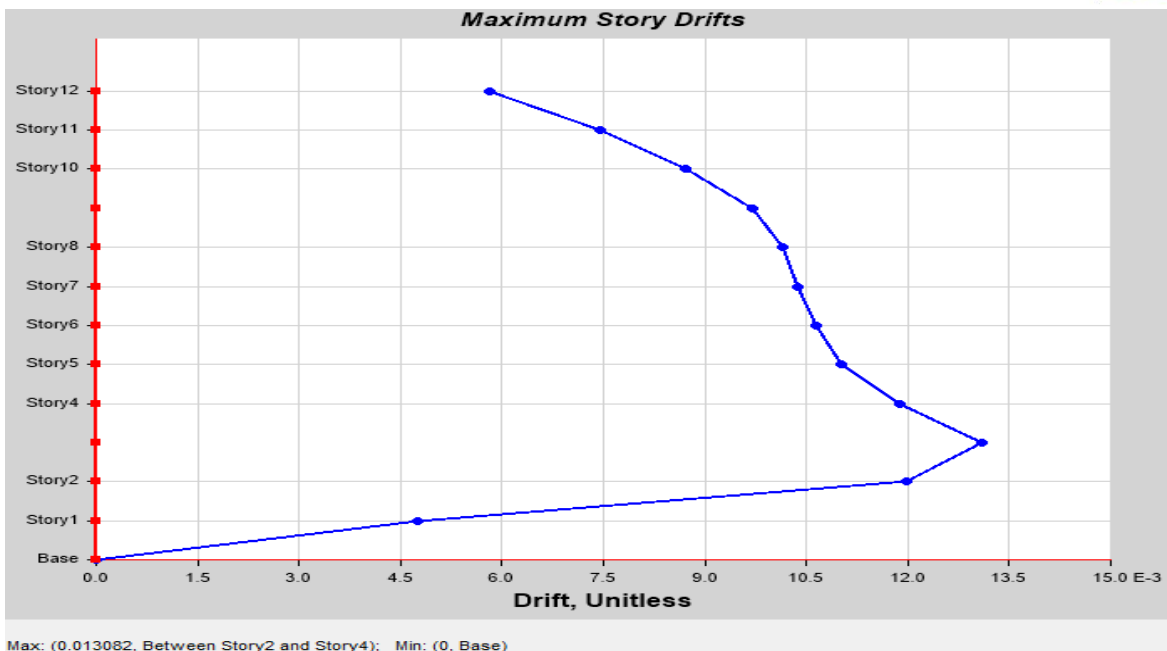
باتوجه به طراحی انجام شده در آیین‌نامه ۲۸۰۰ به بررسی دررفت سازه، پرداخته شده است، که باتوجه به نمودار بیشترین مقدار دررفت برابر با ۰/۱۳ می‌باشد.



شکل ۳۸: جابجایی بام قاب فولادی تحت اثر زلزله طبس، که بیشترین مقدار جابجایی برابر با ۰/۳۸ متر می‌باشد.



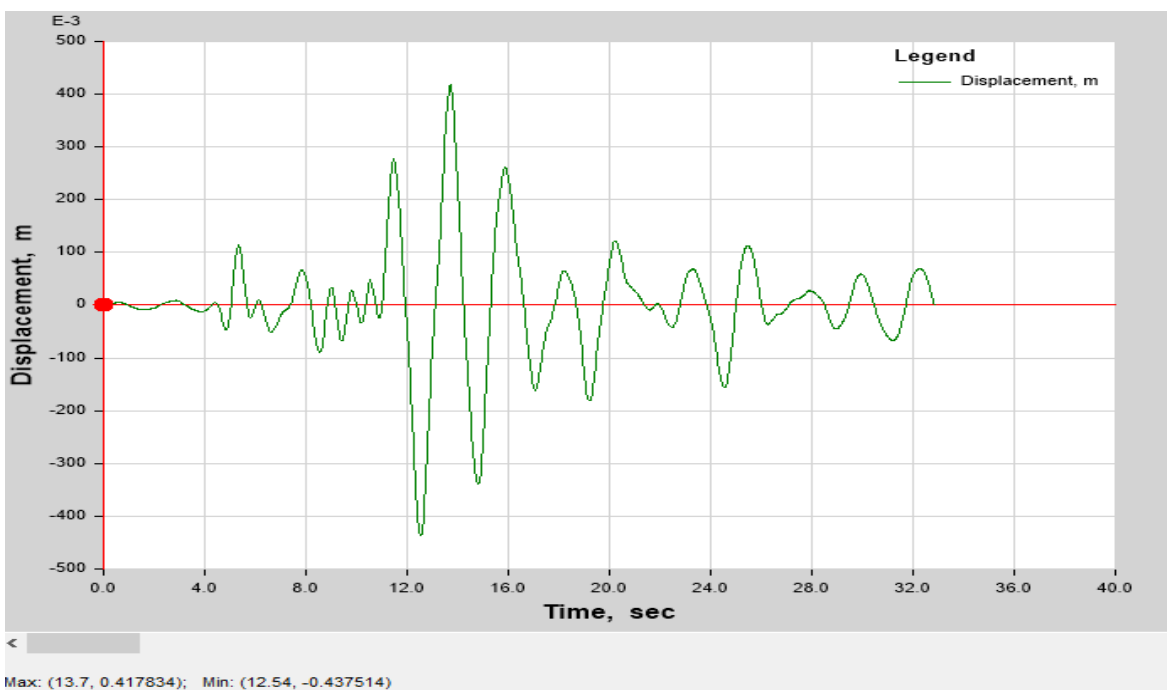
شکل ۳۹: انرژی جنبشی قاب فولادی تحت اثر زلزله طبس، که بیشترین مقدار انرژی برابر با ۲۶ تن-متر می‌باشد.



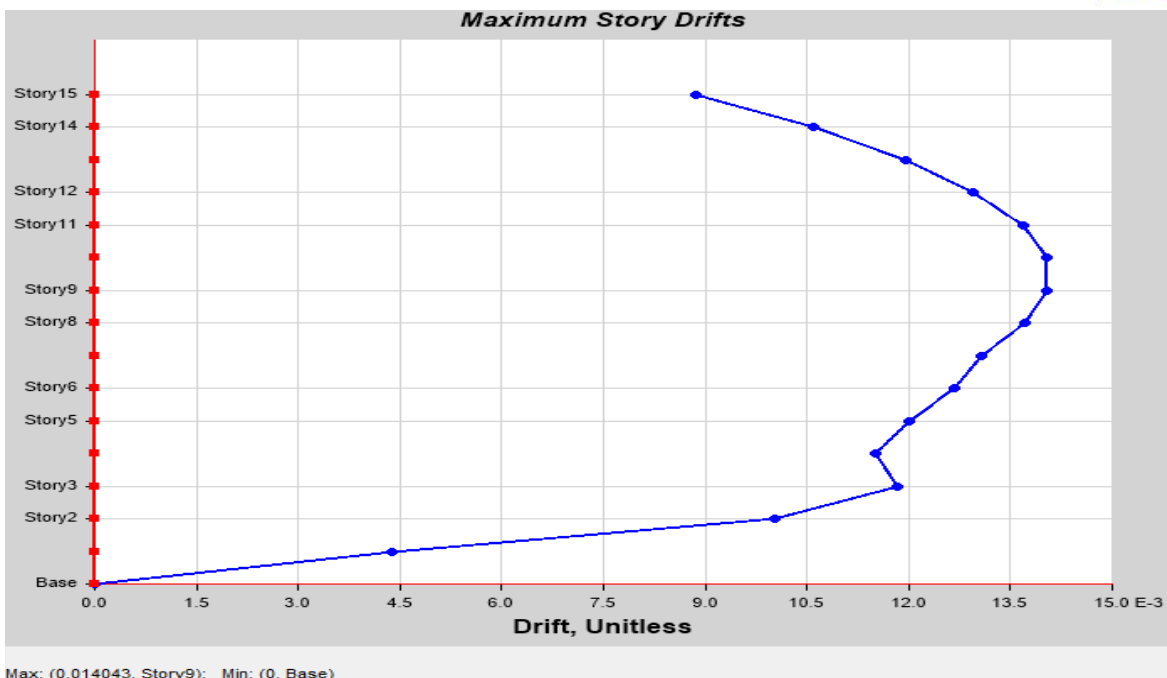
شکل ۴۰: نمودار دررفت قاب فولادی تحت اثر زلزله طبس.

ی- نتایج حاصل از تحلیل مدل ۱۲:

باتوجه به طراحی انجام شده در آیین‌نامه ۲۸۰۰ به بررسی دررفت سازه، پرداخته شده است، که باتوجه به نمودار بیشترین مقدار دررفت برابر با ۰/۱۴ می‌باشد.



شکل ۴۱: جابجایی بام قاب فولادی تحت اثر زلزله طبس، که بیشترین مقدار جابجایی برابر با ۰/۴۳ متر می‌باشد.



شکل ۴۲: نمودار دریفت قاب فولادی تحت اثر زلزله طبس.

جدول ۳. خلاصه نتایج حاصل شده از تحلیل مدل‌ها.

مدل	بیشینه دریفت	بیشینه انرژی جنبشی (تن. متر)	بیشینه جابجایی (متر)
۱	۰/۰۴۸	۳۰	۰/۳۴
۲	۰/۰۴۵	۳۴	۰/۴۹
۳	۰/۰۵۲	۵۹	۰/۸۳
۴	۰/۰۵	۸۷	۰/۹۵
۵	۰/۰۴۱	۹۰	۱
۶	۰/۰۴۴	۹۵	۱/۱
۷	۰/۰۰۵۶	۱,۷	۰/۰۴۴
۸	۰/۰۱۲	۵,۵	۰/۱
۹	۰/۰۱۲	۱۶	۰/۱۶
۱۰	۰/۰۱۲۵	۲۲	۰/۲۸
۱۱	۰/۰۱۳	۲۶	۰/۳
۱۲	۰/۰۱۴	۳۶	۰/۴۳



۷- جمع بندی و نتیجه گیری

این پژوهش از نوع کاربردی بوده و از نوع مطالعات مدل سازی می باشد. در این تحقیق ارزیابی توسط نرم افزار با تحلیل های استاتیکی غیرخطی انجام خواهد شد و مدل سازی خواهند شد. با بررسی نتایج به دست آمده نتیجه گیری می شود:

- ۱- مقادیر جابجایی، انرژی جنبشی و دریفت برای قاب ۳ طبقه دارای میراگر ویسکوز نسبت به قاب بدون میراگر به ترتیب ۸۷، ۹۴ و ۸۸ درصد کاهش یافته است.
- ۲- مقادیر جابجایی، انرژی جنبشی و دریفت برای قاب ۵ طبقه دارای میراگر ویسکوز نسبت به قاب بدون میراگر به ترتیب ۸۰، ۸۴ و ۷۳ درصد کاهش یافته است.
- ۳- مقادیر جابجایی، انرژی جنبشی و دریفت برای قاب ۷ طبقه دارای میراگر ویسکوز نسبت به قاب بدون میراگر به ترتیب ۸۱، ۷۳ و ۷۷ درصد کاهش یافته است.
- ۴- مقادیر جابجایی، انرژی جنبشی و دریفت برای قاب ۱۰ طبقه دارای میراگر ویسکوز نسبت به قاب بدون میراگر به ترتیب ۷۰، ۷۵ و ۷۵ درصد کاهش یافته است.
- ۵- مقادیر جابجایی، انرژی جنبشی و دریفت برای قاب ۱۲ طبقه دارای میراگر ویسکوز نسبت به قاب بدون میراگر به ترتیب ۷۰، ۷۱ و ۶۸ درصد کاهش یافته است.
- ۶- مقادیر جابجایی، انرژی جنبشی و دریفت برای قاب ۱۵ طبقه دارای میراگر ویسکوز نسبت به قاب بدون میراگر به ترتیب ۶۱، ۶۲ و ۶۸ درصد کاهش یافته است.

نتایج نشان دهنده افزایش و بهبود عملکرد سازه دارای میراگر ویسکوز نسبت به سازه معمولی می باشد.

۷- کاهش جابجایی طبقات می تواند به مسائلی همچون کاهش درز انقطاع دو ساختمان و همچنین آسایش ساکنین به هنگام وقوع زلزله کمک کند.

- کاهش دریفت طبقات می تواند به مسائلی همچون بهبود رفتار اجزای غیرسازه ای و نازک کاری کمک نماید.
 - وجود میراگر ویسکوز باعث کاهش تغییر مکان و دریفت طبقات حتی به میزان ۹۰ درصد شده است.
 - وجود میراگر ویسکوز باعث یکنواخت تر شدن دریفت طبقات می شود.
 - وجود میراگر ویسکوز باعث کاهش نیروهای وارد شده به اعضا و افزایش ظرفیت سازه می گردد.
- به صورت یک نتیجه گیری کلی استفاده میراگر ویسکوز نتایج قابل قبولی در پاسخ های سازه ای داشته و رفتار و ظرفیت سازه را افزایش داده است.

۸- مراجع

- [۱]- آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله، ۱۳۹۲، استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش چهارم.
- [۲]- پورعلی، ج، ۱۳۹۵، اثر پس لرزه بر قاب های خمشی فولادی در انواع خاک، پایان نامه کارشناسی ارشد، مؤسسه آموزش عالی غیرانتفاعی طبری.
- [۳]- جهان، ن، گرامی، م، و حیدری تفرشی، ا، ۱۳۹۶، ارزیابی عملکرد لرزه ای سازه های فولادی دارای مهاربند هفتی همگرا و واگرا تحت تأثیر توالی لرزه ای، پایان نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش مهندسی زلزله، مؤسسه آموزش عالی غیرانتفاعی طبری.
- [۴]- حسینی، س، و معصومی، ع، ۱۳۹۵، اثر زلزله و پس لرزه های متوالی بر پاسخ غیرارتجاعی قاب بتن مسلح، نشریه زمین شناسی مهندسی، ویژه نامه دومین همایش لرزه خیزی البرز.



- [۵]- شافعی، ع.، مکاری رحمدل، ج. و محمدیان، م.، ۱۳۹۷، تحلیل اثر توالی لرزه و پس لرزه بر روی عملکرد لرزه‌ای قاب‌های خمشی بتنی مسلح، نشریه علمی و ترویج مصالح و سازه‌های بتنی، انجمن علمی بتن ایران، سال سوم، شماره دو، شماره پیاپی ۶.
- [۶]- قدرتی امیری، غ.، رجایی لک، ح. و رجبی، ا.، ۱۳۹۷، اثر توالی لرزه‌ای بر پاسخ افزایش یافته قاب‌های بتن آرمه با و بدون دیوار برشی، نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۰، شماره ۴، ۸۴۵-۸۵۴.
- [۷]- کامران‌زاد، ف.، موسوی، ل.، مجرب، م. و معماریان، ح.، ۱۳۹۳، بررسی رفتار کاهندگی پس لرزه‌های زمین لرزه‌های متوسط تا بزرگ در فلات ایران، زمین‌ساخت، ۱۴۳-۱۵۴.
- [۸]- مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی، ویرایش سال ۱۳۹۲.
- [۹]- مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، بارهای وارده بر ساختمان، ویرایش سال ۱۳۹۲.
- [10]- Acito, M., Magrineli, E., Milani, G., and Tiberti, S., 2020, **Seismic vulnerability of masonry buildings: Numerical insight on damage causes for residential buildings by the 2016 central Italy seismic sequence and evaluation of strengthening techniques**, Journal of Building Engineering, March, 28, 1-14.
- [11]- Amafio, C., Fragiaco, M., and Rajgelj, S., 2003, **The Effects of repeated earthquake ground motions on the non-linear response of SDOF systems**, Earthquake engineering and structural dynamics, 32, 2, 291-308.
- [12]- Negrete- Manriquez, C., J., and Ruiz- Garcia, J., 2011, **Evaluation of Drift Demands in Existing Steel Frames Under as- recorded Far-Field and Near- Fault mainshock- aftershock Seismic Sequences**, International Journal of Engineering Structures, 621-634.
- [13]- Faisal, A., Majid, T., and Hatzigeorgiou, G., 2013, **Investigation of story ductility demands of inelastic concrete frames subjected to repeated earthquakes**, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 44, 42-53.
- [14]- Goda, K., and Taylor, C., 2012, **Effect of Aftershocks on peak ductility demand due to strong ground motion records from shallow crustal earthquakes**, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 41 (15), 2311-2330.
- [15]- Guerrero, H., Ruiz-Garcia, J., Escobar, J., and Teran-Gilmore, A., 2017, **Response to seismic sequences of short- period structures equipped with Buckling- Restrained Braces located on the lakebed zone of Mexico City**, Journal of Constructional Steel Research, October, 137, 37-51.
- [16]- Ruiz- Garcia, J., 2012, **Issues on the response of existing buildings under mainshock- aftershock seismic sequences**, In 15th world conference on earthquake engineering.
- [17]- Ruiz- Garcia, J., and Aguilar, J., 2015, **AfterShock Seismic Assessment taking into account postmainshock residual drifts**, Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 1391-1407.
- [18]- Ruiz- Garcia, J., Bojorquez, E., and Corona, E., 2018, **seismic behavior of Steel eccentrically braced frames under soft- soil seismic sequences**, Soil and Earthquake Engineering, December, 115, 119-128.
- [19]- Ruiz- Garcia, J., V. Marin, M., and Teran- Gilmore, A., 2014, **Effect of Seismic Sequences in Reinforced Concrete Frame Building Located In Soft- Soil Sites**, Soily Dynamics And Earthquake Engineering, August, 63, 56-68.
- [20]- Ruiz- Garcia, J., Yaghmaei- Sabegh, S., and Bojorquez, E., 2015, **Three- dimensional of steel moment- resisting buildings under seismic sequences**, International Journal of Engineering Structure, 399-414.



- [21]- Song, R., Li, Y., and Van de Lindt, J., 2014, **Impact of Earthquake ground motion characteristics on collapse risk of post- mainshock buildings considering aftershocks**, Journal of Engineering structures, 81, 349-361.
- [22]- Zali, N., and Azadeh, S., 2012, **an Investigation of Ahar- Varzeghan Seismicity on August 11**, Journal of Sustainability Science and Management, 2012, 9 (1), 78-89.
- [23]-Nielsen, E. J. M, Lai, L. Soong, T. T. and Kelly, J. M., 1996, **Viscoelastic damper overview for seismic and windapplications**, 138-144.
- [24]- Chang, K. C, Soong, T. T, Oh, S. T. and M. L. Lai, Sr., 1992, **Effect of ambient temperature on viscoelastically damped structure**, Journal of Structural Engineering (United States), 118, 7, 1955-1973.
- [25]- Kelly, J, M., Skinner, R.I. and Heine, A. J., 1972, **Mechanism of energy absorption in special devices for use in earthquake resistant structures**, Bulletin of New Zealand Society of Earthquake Engineering, 5, 63-88.
- [۲۶]- فرهمندآذر، ب، علوی‌زاده، م، ۱۳۹۱، تحلیل و بررسی نقش میراگرها در بهبود رفتار لرزه‌ای سازه‌ها، نهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان.