فصلنامه پژوهش در علوم، مهندسی و فناوری
دوره ۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸
صفحات ۲۰-۳۱
ISSN: 2476-5082
www.uctjournals.com

# رفتار لرزه‌ای سازه‌های بلند مرتبه بتن مسلح دارای میراگر اصطکاکی

**کامبیز قویمی ۱*، ابوذر شیرپور ۲، مجتبی دهقان۲، حمید شجاعی ۲، جلیل محمدی ۲**

۱- دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی عمران- مهندسی سازه ، مدرس دانشگاه تابناک لامرد، لامرد، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشدسازه، دانشکده عمران، موسسه آموزش عالی تابناک لامرد، لامرد، ایران
*نویسنده مسئول: کامبیز قویمی، دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی عمران- مهندسی سازه ، مدرس دانشگاه تابناک لامرد، لامرد، ایران

**چکیده**

در این پژوهش رفتار لرزه‌ای سازه‌های بلند مرتبه بتن مسلح دارای میراگر اصطکاکی مورد بررسی قرار گرفته است. در این تحقیق از نرم افزار اجزای محدود Etabs جهت طراحی آیین‌نامه‌ای سازه بتنی بلند استفاده شده است. مدل های این پژوهش شامل سازه های بلند مرتبه در ۲۰ طبقه است و میراگر اصطکاکی، در تراز طبقات مختلف قرار گرفته است. سازه از نوع مسکونی، در منطقه ای با خطر لرزه خیزی زیاد و در خاک نوع III و زمین لرزه بم به سازه اعمال و بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش چهارم هم پایه شده است. برای بررسی های لرزه ای از نرم افزار Perform3D استفاده شده است. از رکورد زلزله بم، برای تحلیل سازه استفاده گردیده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که، میراگر اصطکاکی، در کنترل انرژی سازه و میرایی سازه به خوبی عمل کرده است. اعمال ۳ مولفه زلزله بصورت همزمان، موجب، افزایش تغییرمکان سازه می شود. افزایش تعداد مولفه‌های زلزله وارده بر سازه، موجب کاهش عملکرد میراگر اصطکاکی می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** آتشسوزی، رفتار دینامیکی، سازه فولادی، میراگر اصطکاکی

**۱. مقدمه**

گستره جغرافیایی کشورمان ایران از نظر احتمال وقوع حوادث بویژه زلزله، از آسیب پذیرترین بخش های کره زمین است که هرساله شاهد خسارت های جانی و مالی فراوان ناشی از وقوع این حوادث در آن هستیم. یکی از مهمترین موضوعات در زمینه مهندسی سازه، کاهش خرابی های ناشی از این حوادث طبیعی می باشد. از جمله روشهایی که برای بهبود رفتار ساختمان ها در برابر زلزله پیشنهاد می شود، روشهای کنترل غیرفعال است. با توجه به خطرات ذکر شده، ضرورت پرداختن به مسائل ایمنی سازه ای بسیار حیاتی است. بکارگیری میراگرها و جداسازها در سازه از جمله فناوری هایی است که در راستای بهبود و کنترل رفتار سازه موثر است. دستگاه های کنترل منفعل مکانیسم هایی هستند که برای عملیات خود نیازی به نیروی خارجی ندارند. جداسازهای پایه و میراگرهای اصطکاکی تحت این رده قرار می‌گیرند. این میراگر در حقیقت یک اتصال ساده با پیچ اصطکاکی است که سوراخ‌های آن لوبیایی شکل با طول بلند است. بدیهی است اصطکاک موجود مابین سطوح تماس، مانع از حرکت اتصال می‌شود. اما هنگامی که اتصال لغزش کند، درصدی از انرژی ورودی صرف مقابله با نیروی اصطکاک شده و تولید انرژی گرمایی و حرارت می‌کند. به عبارت دیگر درصدی از انرژی ورودی در اتصال مستهلک می‌گردد. با توجه به مکانیزم عملکردی میراگرهای اصطکاکی دورانی، مقدار زیادی از انرژی ورودی به سازه بر اثر بارگذاری دینامیکی، جذب و مستهلک می‌شود و انرژی دریافتی سایر اعضای سازه‌ای کاهش یافته و در نتیجه تغییر شکل زیادی در آنها ایجاد نمی شود. همچنین میراگر اصطکاکی دورانی بر اساس مکانیزم اصطکاک بین اجسام صلب نسبت به یکدیگر عمل می‌کند. میراگر اصطکاکی دورانی دارای مزایای متعددی از جمله تکنولوژی بسیار ساده، ساخت، نصب و نگهداری آسان و قابلیت چندین بار استفاده است و در قاب‌های خمشی با جذب و استهلاک درصد بالایی از انرژی ورودی به سازه، شرایط ایمن و پایداری را نسبت به ساختمان‌های مشابه فراهم می‌کنند. استفاده از میراگر اصطکاکی و قرار دادن سیستم سازه تحت زمین لرزه با در نظر گرفتن تحریک سه مولفه‌ای، پژوهشی است که تا کنون با این ابعاد در تمرکز بر روی سازه های بلند و بلند بتنی انجام نشده است. همچنین استفاده از نرم افزار Perform3D که نرم افزار تخصصی تحلیل لرزه ای است، می تواند در رسیدن به هدف و اعمال شتابنگاشت در ۳ جهت موثر باشد.

**۲- پیشینه تحقیقات**

زارع منش و معتقد در سال ۱۳۹۷ در پژوهشی بیان داشتند که، یکی از جدیدترین میراگرهای غیرفعال میراگر اصطکاکی دورانی است. این میراگر در سال ۲۰۰۰ توسط مو آلا در رساله دکتری خود معرفی شد. این میراگر برای بهسازی و یا ساخت سازه های جدید بر مبنای شکل پذیری معرفی گردید و بعد از سال ۲۰۰۰ در ساختمان هایی در دانمارک، ژاپن و یونان به کار گرفته شد. برای انجام پژوهش ابتدا یک مقاله بیس در نظر گرفته شد و سپس داده های تحقیق مدل سازی شده و برای صحت آنها، با مقاله بیس مورد سنجش قرار گرفت. نتایج نشان داد که در بررسی قاب خمشی پنج طبقه کوتاه مرتبه بتنی در حالت با و بدون میراگر اصطکاکی دورانی، بیشترین جابجایی در بام مربوط به زلزله ی طبس و برای قاب با وجود میراگر برابر ۰/۰۴۷۲ و بدون وجود میراگر اصطکاکی دورانی برابر ۰/۱۴۹ متر است. کاملا مشخص است که در قاب خمشی بتنی با وجود میراگر، جابجایی در بام به میزان ۰/۱۰۱۸ متر کاهش می یابد که رقم قابل توجهی می باشد(زارع منش, جمال و ساسان معتقد، ۱۳۹۷).

خشکرودی و پروینی ثانی در سال ۱۳۹۷ در پژوهشی به میراگرهای ترکیبی اصطکاکی – شکافدار پرداختند. برای این منظور مدلهای پنج و ده طبقه قاب های ساختمانی فولادی در نظر گرفته شده است و میراگرهای مذکور به شکل مهاربند به آن افزوده شد. این مدلهای سازهای تحت تحلیل های استاتیکی غیرخطی و دینامیکی غیرخطی با استفاده از هفت جفت رکوردهای شتاب زلزله های متفاوت قرار گرفتند. رفتار و پاسخ غیرخطی در تحلیل های انجام یافته با اعمال خصوصیات غیرخطی برای میراگرها در قاب و نیز از طریق اختصاص مفاصل پلاستیک به اعضای سازه ای هم چون تیرها و ستونها در نظر گرفته شد تا شاهد رفتار لرزه ای با قرار دادن میراگرهای ترکیبی در قابهای خمشی، رفتار غیرخطی از اعضای سازه ای به قطعات میراگر منتقل میشود.. بنابراین احتمال خرابی کاهش می‌یابد. براساس نتایج عددی بدست آمده، افزودن این میراگر به

قابها، باعث کاهش ۵/۳۷٪ در حداکثر برش پایه ، ۵/۱۴٪ در تغییر مکان نسبی طبقات و ۵/۶٪ در ماکزیمم جابجایی بام می‌گردد(خشکرودی, آزاده و حسین پروینی ثانی، ۱۳۹۷).

یاسمی و همکاران در سال ۱۳۹۷ در پژوهشی بیان داشتند که، رای کاهش خسارات ناشی از زلزله، وسایل متنوع اتلاف انرژی در سازه ها استفاده شد. یکی از پرکاربرد ترین وسایل اتلاف انرژی حال حاضر میراگر های اصطکاکی می باشند. این میراگر ها با استفاده نیروی اصطکاک ایجاد شده بین صفحات لغزشی بخش عمده ای انرژی ورودی به سازه را با تبدیل به گرما مستهلک می کند. عملکرد مطلوب این میراگرها در کاهش پاسخ لرزه ای ثابت شده است. در این مطالعه به بررسی اثر میراگر های اصطکاکی دوران بر رفتار سازه ها تحت زلزله حوزه نزدیک پرداخته شد .۷ شتاب نگاشت حوزه نزدیک انتخاب و مقیاس شدند. تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی با استفاده از نرم افزار Seismostruct برروی قاب های ۳ و ۷ طبقه انجام شد .نتایج حاصل نشان دهنده عملکرد مطلوب میراگرهای اصطکاکی دورانی در کاهش جابجایی و سرعت طبقات هستند(یاسمی, سبحان؛ محسنعلی شایانفر؛ مسعود ذبیحی سامانی و دانیال سبحانی، ۱۳۹۷).

ربانی و ارنوازیامچی در سال ۱۳۹۷ در پژوهشی بیان داشتند که، با استفاده از میراگرهای اصطکاکی دورانی رفتار لرزه ای سازه‌های فولادی در برابر بارگذاری زلزله و باد بهبود خواهد یافت به طوری که مقدار زیادی از انرژی ورودی به سازه در اثر بارهای دینامیکی جذب و مستهلک خواهد شد. عملکرد این میراگرها موجب می گردد که نیروهای داخلی در ستونها وتیرها و سایر اعضاء سازه به مقدار قابل توجهی کاهش یابد.در این تحقیق کارایی میراگرهای اصطکاکی دورانی در یک سازه بلند مرتبه نامنظم مورد بررسی قرار گرفت برای این منظور یک سازه اسکلت فولادی قاب خمشی همراه با مهاربند انتخاب شد و تحلیل دینامیکی غیر خطی برای سازه همراه با میراگر اصطکاکی دورانی و بدون میراگر مطابق با آیین نامه ۲۸۰۰ با انتخاب سه زوج شتابنگاشت که اصلاح و مقیاس شدند،در نرم افزار Etabs انجام شد . بعد از انجام تحلیل دینامیکی غیرخطی مشاهده شد که میراگرهای اصطکاکی دورانی در سازه مورد مطالعه با جذب و استهلاک انرژی ورودی به سازه شرایطی ایمن و پایداری را نسبت به سازه بدون میراگر فراهم می کند. بطوریکه ۲۳ درصد انرژی ورودی به سازه جذب و مستهلک گردید و تا ۴۸ درصد برش پایه و تا ۳۳ درصد جابه جایی بام نیز کاهش پیدا نمود در نتیجه اثرات این کاهش در اعضاء اصلی سازه نیز کاملا مشهود می باشد(ربانی, جمشید و صادق ارنوازیامچی، ۱۳۹۷).

پیشیار در سال ۱۳۹۶ در پژوهشی بیان داشت که، همزمان با پیشرفت تکنولوژی در صنعت ساختمان، همواره مهندسان سازه و زلزله به دنبال راهکارهایی جهت ارتقای عملکرد سازه ها به ویژه در زمان بحران میباشند. استفاده از میراگر در سازه ها روشی موثر جهت محافظت لرزه‌ای سازه ها می‌باشد که با افزایش دوره تناوب و میرایی سازه، می تواند سطح عملکرد قابلیت بی وقفه را ایجاد نماید. در تحقیق پیشیار با استفاده از روش تحلیل خطی تاریخچه زمانی به مقایسه عملکرد یک سازه بتنی ۵ طبقه با پایه گیردار و مجهز به سیستم جداساز لرزه ای اصطکاکی پرداخته شده و همچنین اثر جداسازها برروی تغییر مکان مطلق طبقات، شتاب مطلق طبقات وهمچنین میانگین نسبت تنشها مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از تحلیل حاکی از کاهش حداقل ۱۰ وحداکثر ۳۰ درصد در مقدار میانگین تنشها بوده، همچنین جابجایی مطلق طبقاتنیز در صورت استفاده از سیستم جداساز لرزهای در طبقات پایین افزایش ودر طبقات بالا کاهش یافته است، ضمن اینکه جابجایی نسبی طبقات در سیستم جداسازی شده نسبت به سیستم با پایه های ثابت کمتر می باشد(پیش یار، محمد، ۱۳۹۶).

شرافت در سال ۲۰۱۶ در پژوهشی بیان داشت که، دراین مقاله کارایی میراگرها درکنترل و کاهش ارتعاشات سازه با استفاده از تحلیل مدل یک درجه ازادی تحت تحریک زلزله مورد بحث قرار گرفته است. در تحقیقات انجام گرفته قبلی در زمینه عملکرد میراگرها درکنترل و کاهش ارتعاشات سازه به طور عمده اندرکنش سازه و میراگر تحت تحریک پایه هارمونیک بررسی شده است حال آنکه تحریک زلزله کاملا نامنظم و بامحتوای فرکانسی وسیعتر می باشد بنابراین باتوجه به این حقیقت ایده اصلی انجام این تحقیق جهت جواب دادن به این سوال شکل گرفت که عملکرد این میراگرها درصورت اعمال تحریک زلزله چگونه خواهد بود برای این منظور مدل ساده شده برج فرودگاهی ناگازاکی به عنوان یک سازه یک درجه ازادی جهت مثال های عددی مورد استفاده قرار گرفت مدل مورد مطلعه دو بارتحت ارتعاشات زلزله های طبس ناغان و السنتو یکبار بدون میراگر و

باردیگر با میراگر مایع تنظیم شده مورد تحلیل دینامیکی قرارگرفت نتایج به دست امده دراین مقاله نشان می دهد که میراگرهای مایع تنظیم شده در حالت تحریک پایه زلزله نیز همانند تحریک پایه هارمونیک کارایی قابل توجهی در کاهش دامنه ارتعاشات سازه داند بطوریکه در حالت تحلیل خطی حدود ۳۰ درصد دامنه ارتعاشات سازه مورد بحث در این مقاله را کاهش می دهند(sherafat, Mohammad hosein, 2016).

مک نامارا و همکاران در سال ۲۰۱۱ ببر روی تاثیرات میراگر و جداساز بر روی عملکرد لرزه‌ای سازه های بلند مرتبه تحقیقاتی انجام دادند. در این تحقیق آنها یک ساختمان ۴۰ طبقه را با استفاده از میراگرهای ویسکوز و جداساز مدلسازی کردند. در نتایج این مقاله بیان شده استفاده همزمان از میراگرهای ویسکوز و جداساز در سازه های بلند مرتبه می‌تواند به خوبی نیروهای زلزله و باد وارد به سازه را مستهلک سازند و پاسخ سازه به نیروهای جانبی را به صورت چشمگیری کاهش دهند. برآورد گردیده در سازه استفاده از میراگر های ویسکوز و جداساز، تا یک میلیون دلار صرفه اقتصادی به همراه خواهد داشت( R.J. McNamara and Douglas P. Taylor, 2011). تسونِکی و همکاران ۲۰۰۸ استفاده از جداگرهای لرزه ای را در طبقات میانی ساختمان های بلند مورد استفاده قرار دادند. در این تحقیق استفاده از سه حالت میراگر در ساختمان مورد بررسی قرار گرفته است، استفاده از میراگر در تراز پی ساختمان، استفاده از میراگر در طبقه اول و استفاده از میراگر در طبقات میانی ساختمان و نتایج پاسخ لرزه ای آن ها مقایسه شده است.( Y. Tsuneki , S. Torii , K. Murakami ,T. Sueoka, 2008).

فرشیدیان فر و سهیلی در سال ۲۰۱۳ در پژوهشی به پارامترهای بهینه شده میراگرها برای کاهش اثرات متقابل سازه-خاک (SSI)ارتعاشات زلزله در ساختمان های بلند پرداختند. تجزیه و تحلیل دامنه زمانی بر اساس روش نیومارک مورد استفاده قرار گرفت. برای نشان دادن نتایج، داده های مربوط به زمین لرزه‌های طبس و کوبه به مدل اعمال شد. نتایج نشان داد که نوع خاک به شدت بر پارامترهای بهینه شده میراگر و پاسخ زمانی سازه تاثیر می گذارد.( Anooshiravan Farshidianfar, Saeed Soheili, 2013) جاباری و مادابوشی در سال ۲۰۱۵ در پژوهشی یک سری از تست های سانتریفیوژ ژئوتکنیکی به منظور بررسی اثرات دمپرها بر روی پاسخ سازه چند طبقه‌ای انجام دادند. پاسخ های سازه برای طیف گسترده‌ای از ویژگی های حرکت ورودی زمین، تنظیمات دمپر و پروفایل خاک ثبت شد. عملیات مرتبط با استفاده از دمپرها در محو شدن رزونانس سازه‌ها موثر بود.(R.N.Jabary, S.P.G.Madabhushi,2015) الیاس و همکاران در سال ۲۰۱۶ در تحقیی اثربخشی میراگر طراحی شده با توجه به شکل کنترل چند حالته در برابر میراگرهایی که تحت حرکات زمین لرزه قرار می گیرد را مورد بررسی قرار دادند. یک سازه بلند بتن مسلح در نظر گرفته شد. معادلات دیفرانسیل مختلف حرکت برای سازه و میراگرها با استفاده از روش ادغام نیومارک مشتق و حل شدند. بهترین مکان های ممکن برای میراگرها بر اساس شکل های غیر قابل کنترل سازه مشخص شد.( Said Elias, Vasant Matsagar, T.K.Datta,2016) نظری منفرد و زهرایی در سال ۲۰۱۷ در پژوهشی با درنظر گرفتن اثر SSI مدل ریاضی برای به دست آوردن عملکرد لرزه‌ای یک ساختمان چند طبقه ای نامنظم با داشتن دو آستانه توزیع و آستانه فعال در مرکز جرم در طبقه بالا ارائه شده است. این مدل برای بررسی پاسخ لرزه‌ای ساختمان ۱۰ و ۱۵ طبقه ساختمان نامتقارن در موارد مختلف با استفاده از منطق فازی و نیروهای LQR برای دو میراگر مورد استفاده قرار گرفته است. علاوه بر این، میراگرها در همان محل برای مقایسه نتایج استفاده شده اند. نتایج به دست آمده نشان داد که استفاده از دو میراگر در طبقه بالا باعث کاهش واکنش سازه در ساختمان ۱۰ و ۱۵ طبقه در خاک نرم می شود.( Ebrahim Nazarimofrad, Seyed Mehdi Zahrai, 2017)

### ۳- بیان مسئله

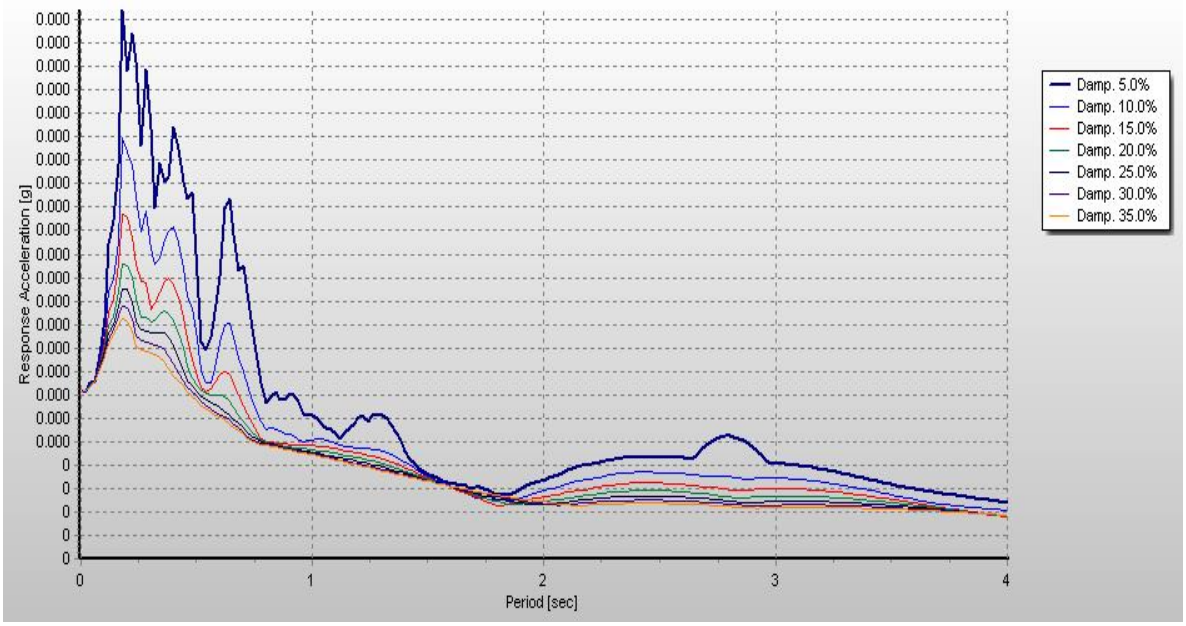
در این تحقیق از نرم افزار اجزای محدود Etabs جهت طراحی آیین‌نامه‌ای سازه بتنی بلند استفاده شده است. مدل های این پژوهش شامل سازه های بلند مرتبه در ۲۰ طبقه است و در پلان مربعی شکل با ۳ دهانه ۵ متری در هر جهت و ارتفاع طبقات ۳ متری با سقف دال بتنی مدل شده است. میراگر اصطکاکی، در تراز طبقات مختلف قرار گرفته است و سپس بصورت ترکیبی در دو یا سه طبقات مختلف تعبیه می‌شوند و مجددا مورد تحلیل قرار می‌گیرند. سازه از نوع مسکونی، در منطقه ای با خطر

لرزه خیزی زیاد و در خاک نوع III و زمین لرزه بم به سازه اعمال و بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش چهارم هم پایه شده است. برای بررسی های لرزه ای از نرم افزار Perform3D استفاده شده است. از رکورد زلزله بم، برای تحلیل سازه استفاده گردیده است. این اساس مقاطع تیرها و ستون ها مطابق جدول ۱ طراحی شده اند.

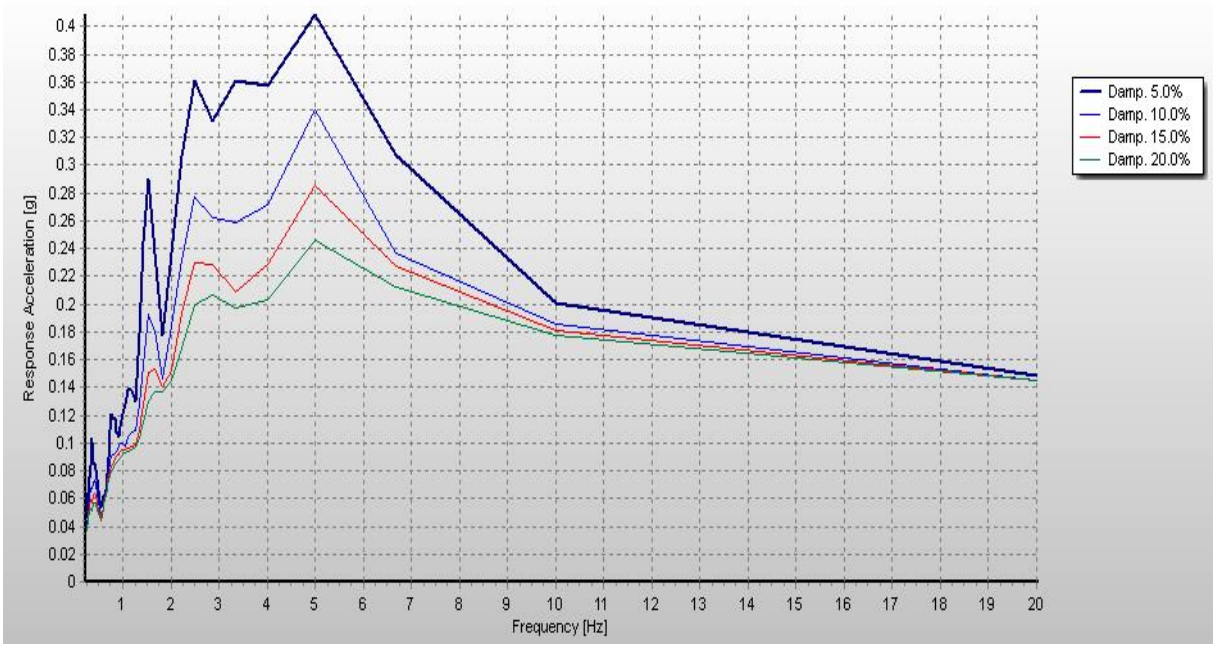
**جدول ۱.** مقاطع تیرها و ستون‌ها

| ستون | تیرها | |
|---|---|---|
| ۴۵ در ۴۵ | ۳۵ در ۳۵ | طبقات ۱ الی ۶ |
| ۴۵ در ۴۵ | ۳۰ در ۳۰ | طبقات ۷ الی ۱۲ |
| ۴۰ در ۴۰ | ۳۰ در ۳۰ | طبقات ۱۳ الی ۱۶ |
| ۳۵ در ۳۵ | ۲۵ در ۲۵ | طبقات ۱۷ الی ۲۰ |

در ادامه سازه‌های طراحی شده در نرم افزار ETABS در نرم‌افزار PERFORM ورژن هفتم مدلسازی و مقاطع و مشخصات به آن ها اعمال شده است. طیف پاسخ شتابنگاشت های اعمالی بر مدل ها با استفاده از نرم افزار seismo مورد بررسی قرار گرفته است. (شکل ۱و ۲)



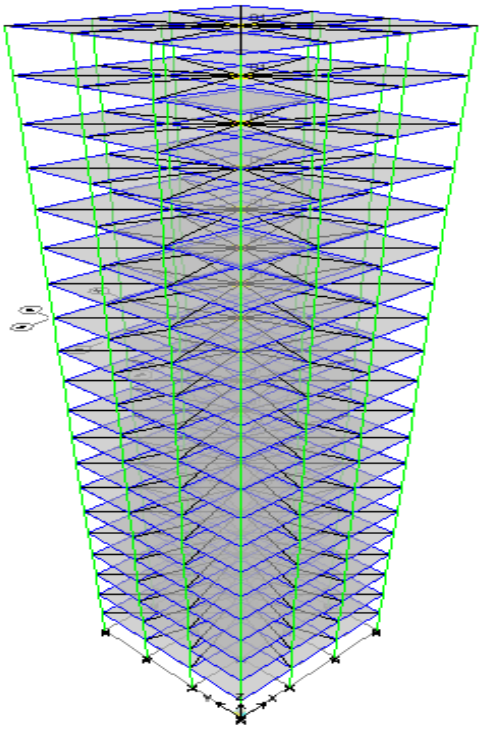

**شکل ۱.** طیف پاسخ شتابنگاشت بم بر حسب شتاب-زمان




**شکل ۲.** طیف طرح ارتجاعی زلزله بم بر حسب فرکانس-شتاب

### ۳-۱- پارامترهای طراحی و تحلیلی

بارهای وارد بر سازه شامل بار زنده به میزان ۲۰۰ کیلوگرم بر متر مربع و بار مرده برابر ۶۳۳ کیلوگرم بر متر مربع که بر سقف دال بتنی اعمال خواهند شد. بار مرده وارد بر سقف بر اساس جدول ۲ می باشد. همچنین سازه مدلسازی شده در (شکل ۳) نشان داده شده است.



**شکل ۳.** سازه مدلسازی شده

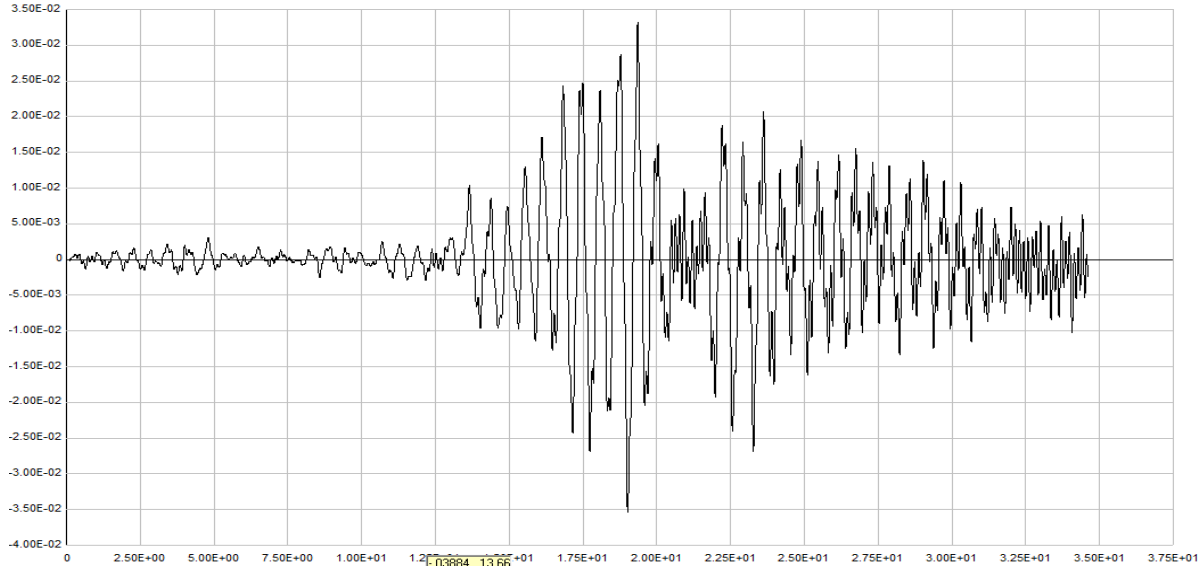
**جدول ۲.** بار وارد بر دال بتنی سقف

| نام بار | وزن واحد حجم ($kg/m^3$) | ضخامت(cm) | وزن واحد سطح($kg/m^2$) |
|---|---|---|---|
| سرامیک | ۲۱۰۰ | ۰,۵ | ۱۰,۵ |
| ملات ماسه سیمان | ۲۱۰۰ | ۲,۵ | ۵۲,۵ |
| پوکه با خرده آجر | ۱۵۰۰ | ۳ | ۴۵ |
| دال بتنی | ۲۵۰۰ | ۱۵ | ۳۷۵ |
| سقف کاذب با اندود گچی | ---- | ---- | ۵۰ |
| سربار معادل تیغه‌بندی | ---- | ---- | ۱۰۰ |
| مجموع | | ۶۳۳ | |

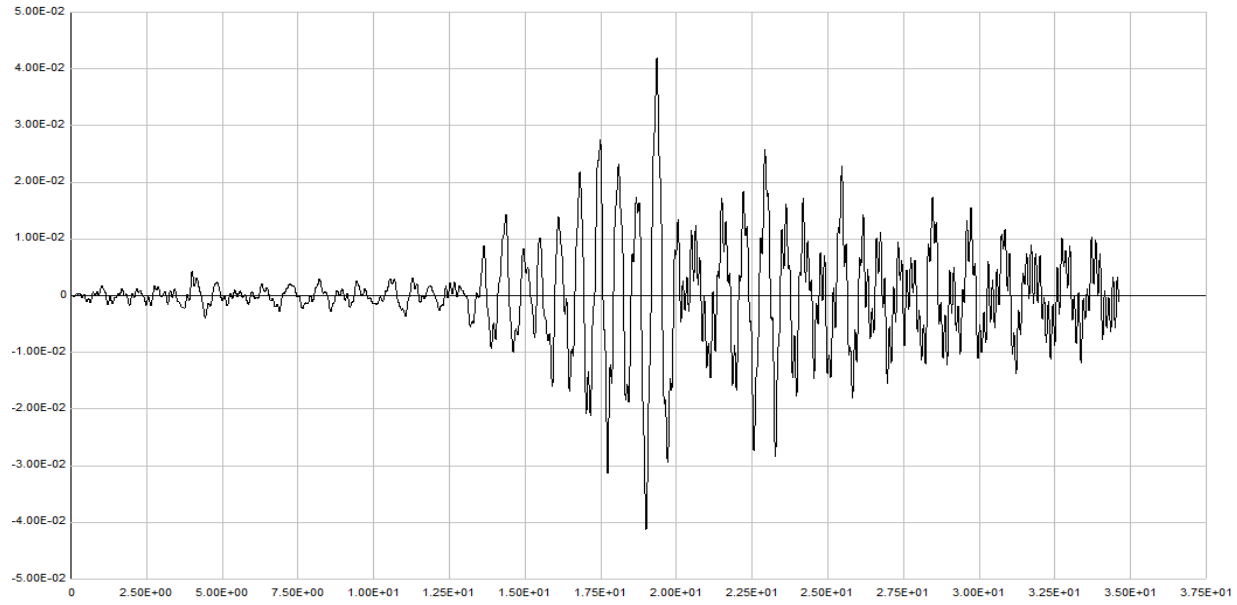
در این مقاله، میزان بار زنده را برابر ۲۰۰ کیلوگرم بر متر مربع وارد بر دال بتنی در نظر گرفته شده است.

## ۴- نتایج تحلیل

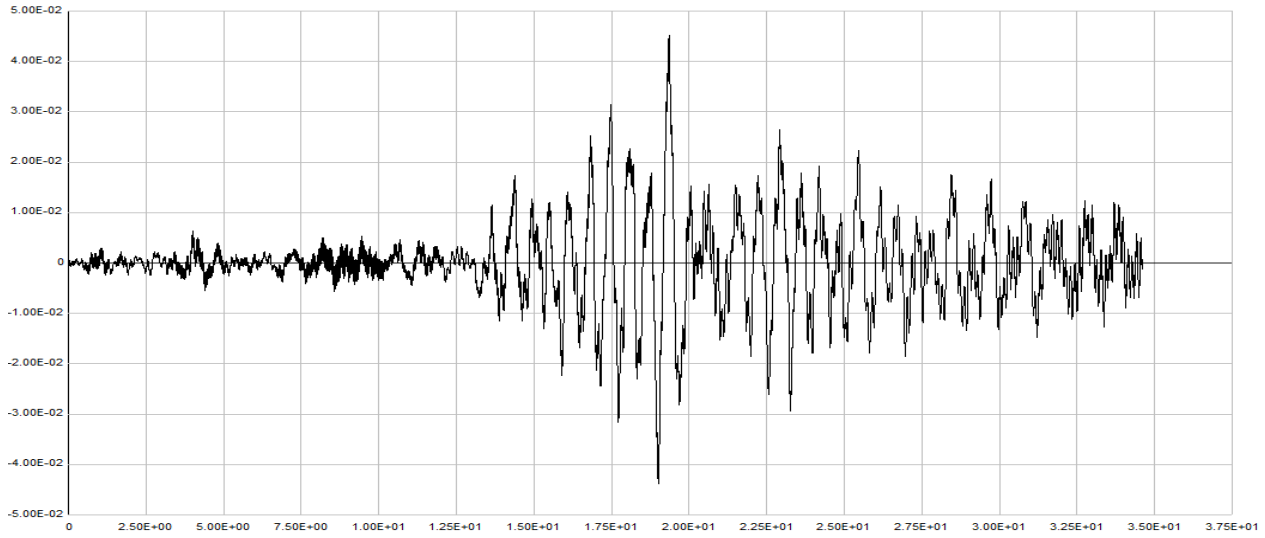
در (شکل‌های ۴ الی ۶) تغییرمکان سازه بدون جداساز نشان داده شده است. همچنین در (شکل‌های ۷ الی ۹)، تغییرمکان سازه دارای میراگر اصطکاکی، تغییرمکان گره بالایی سازهو در (شکل ۱۰)، نمودار نیرو تغییرمکان در سازه ۲۰ طبقه تحت زلزله حوزه نزدیک بم در ۳ جهت دارای میراگر اصطکاکی نشان داده شده است.




**شکل ۴.** تغییرمکان در سازه ۲۰ طبقه تحت زلزله حوزه نزدیک بم در ۱ جهت افقی بدون

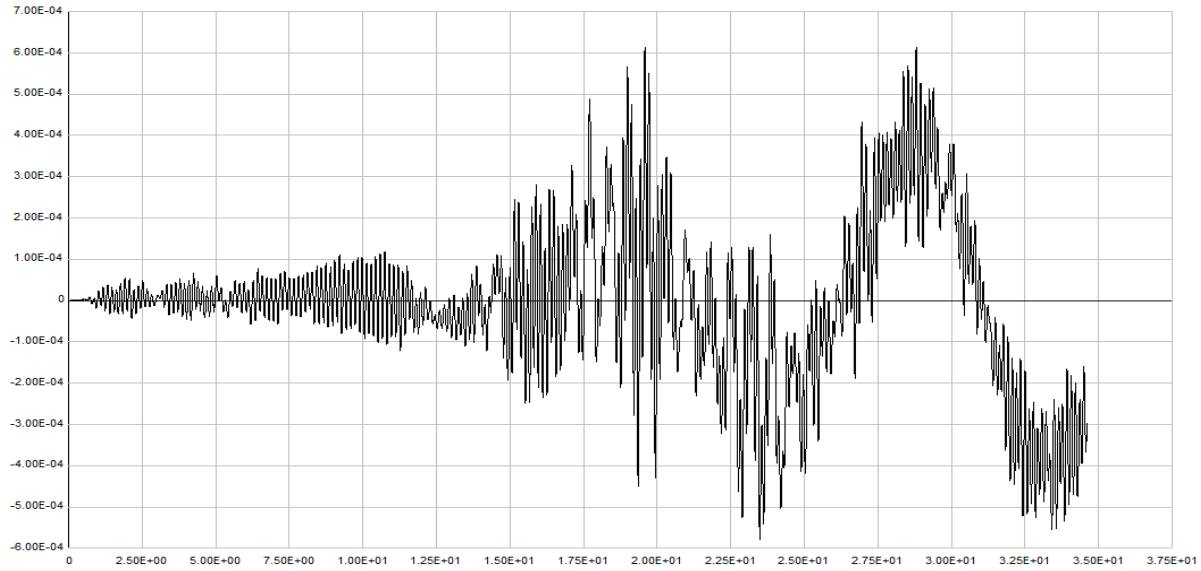



**شکل ۵.** تغییرمکان در سازه ۲۰ طبقه تحت زلزله حوزه نزدیک بم در ۲ جهت افقی بدون میراگر

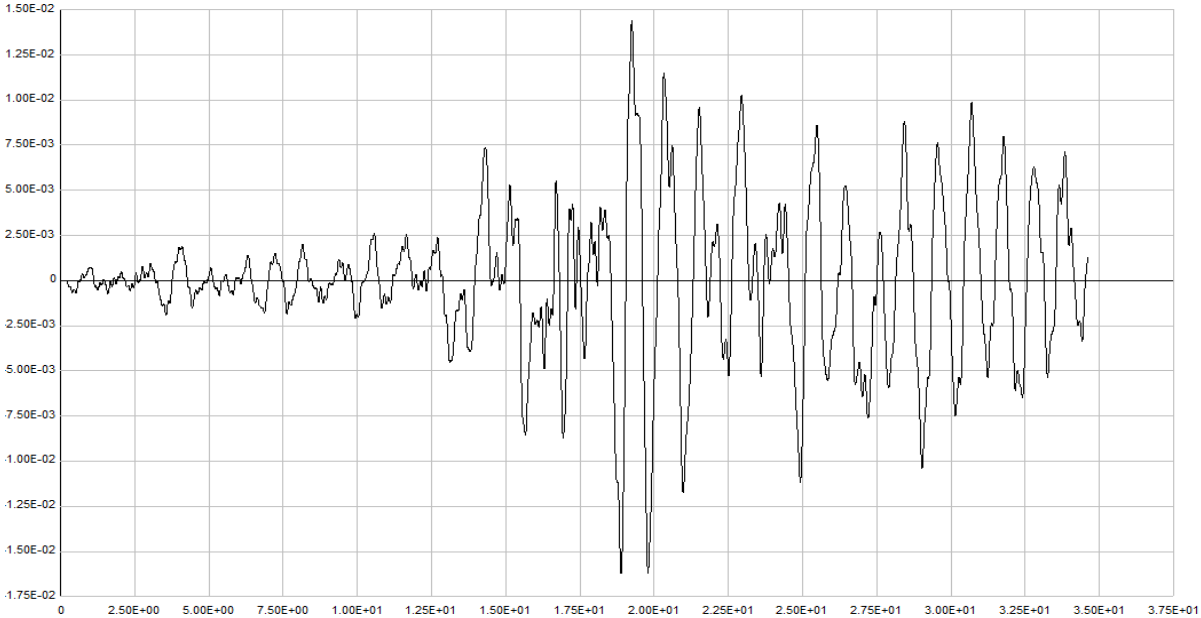



**شکل ۶.** تغییرمکان در سازه ۲۰ طبقه تحت زلزله حوزه نزدیک بم در ۳ جهت بدون میراگر

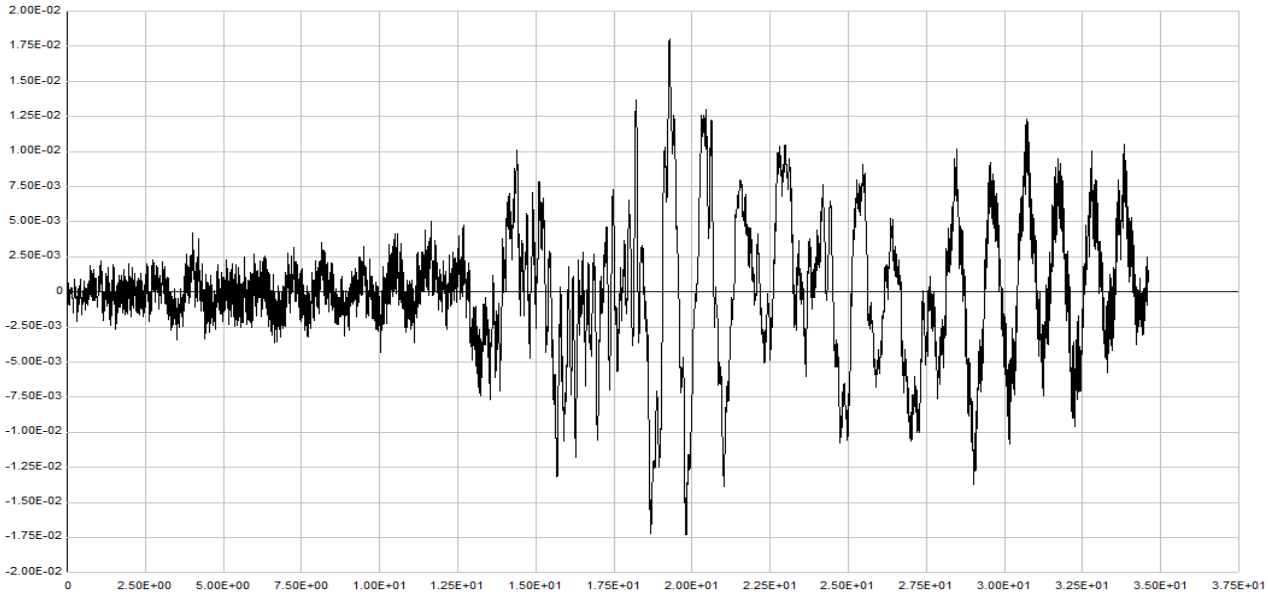
در سازه ۲۰ طبقه تحت زلزله حوزه نزدیک بم در ۱ جهت بدون میراگر، بیشترین میزان تغییرمکان افقی سازه برابر ۰,۰۳۵ متر بوده است. در سازه ۲۰ طبقه تحت زلزله حوزه نزدیک بم در ۲ جهت بدون میراگر، بیشترین میزان تغییرمکان افقی سازه برابر ۰,۰۴۱ متر بوده است. در سازه ۲۰ طبقه تحت زلزله حوزه نزدیک بم در ۳ جهت بدون میراگر، بیشترین میزان تغییرمکان افقی سازه برابر ۰,۰۴۵۵ متر بوده است.



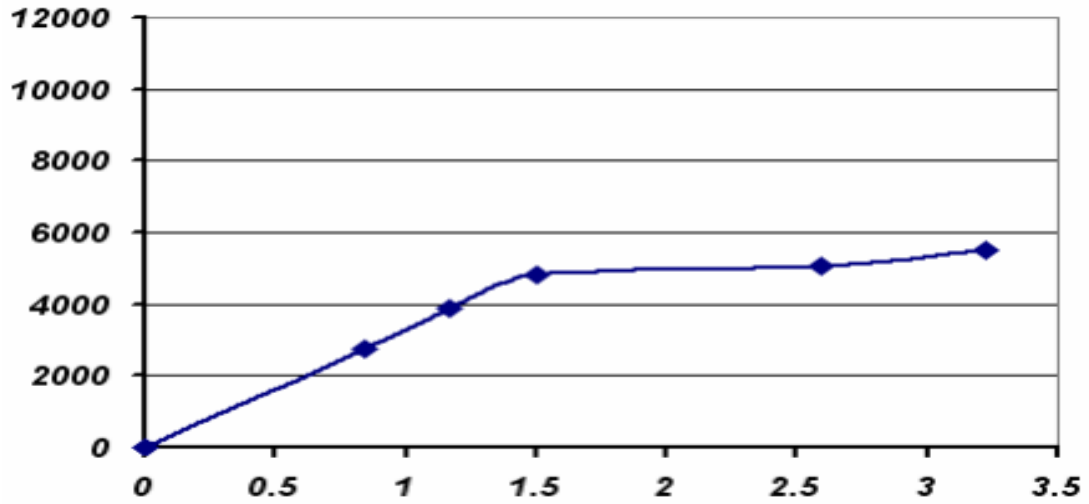

**شکل ۷.** تغییرمکان در سازه ۲۰ طبقه تحت زلزله حوزه نزدیک بم در ۱ جهت افقی دارای میراگر اصطکاکی




**شکل ۸.** تغییرمکان در سازه ۲۰ طبقه تحت زلزله حوزه نزدیک بم در ۲ جهت افقی دارای میراگر اصطکاکی




**شکل ۹.** تغییرمکان در سازه ۲۰ طبقه تحت زلزله حوزه نزدیک بم در ۳ جهت دارای میراگر اصطکاکی




**شکل ۱۰.** نمودار نیرو تغییرمکان در سازه ۲۰ طبقه تحت زلزله حوزه نزدیک بم در ۳ جهت دارای میراگر اصطکاکی

در سازه ۲۰ طبقه تحت زلزله حوزه نزدیک بم در ۱ جهت دارای میراگر اصطکاکی، بیشترین میزان تغییرمکان افقی سازه برابر ۰,۰۰۶۱ متر بوده است. در سازه ۲۰ طبقه تحت زلزله حوزه نزدیک بم در ۲ جهت دارای میراگر اصطکاکی، بیشترین میزان تغییرمکان افقی سازه برابر ۰,۰۱۶ متر بوده است. در سازه ۲۰ طبقه تحت زلزله حوزه نزدیک بم در ۳ جهت دارای میراگر اصطکاکی، بیشترین میزان تغییرمکان افقی سازه برابر ۰,۰۱۸ متر بوده است.

## ۵- نتیجه گیری

بر اساس نتایج تحلیل های صورت گرفته نتیجه می شود که، میراگر اصطکاکی، در کنترل انرژی سازه و میرایی سازه به خوبی عمل کرده است. زلزله های حوزه میادین دور، میزان انرژی بسیار کمتری نسبت به زلزله های حوزه میادین نزدیک در سازه ایجاد کرده اند. اعمال ۳ مولفه زلزله بصورت همزمان، موجب، افزایش تغییرمکان سازه می شود. میراگر اصطکاکی، در کنترل سازه ۲۰ طبقه، عملکرد پایین تری نسبت به سازه های ۱۲ طبقه داشته است. لذا مشخص می شود که میراگر اصطکاکی، با

افزایش ارتفاع دچار کاهش عملکرد می شود. افزایش تعداد مولفه های زلزله وارده بر سازه، موجب کاهش عملکرد میراگر اصطکاکی می‌شود.

**منابع**


۱. پیش یار, محمد، ۱۳۹۶، ارزیابی لرزه ای سازه های بتن آرمه جداسازی شده به وسیله جداگرهای لرزه ای اصطکاکی، *چهارمین کنفرانس بین المللی عمران،معماری و توسعه اقتصاد شهری*، شیراز، موسسه آموزشی مدیران خبره نارون

۲. خشکرودی, آزاده و حسین پروینی ثانی، ۱۳۹۷، عملکرد لرزه ای سازه های فولادی قاب خمشی همراه با میراگرهای ترکیبی اصطکاکی-شکافدار، *پنجمین کنفرانس ملی بهینه سازی در علوم و مهندسی*، بابل، موسسه علمی تحقیقاتی کومه علم آوران دانش

۳. ربانی, جمشید و صادق ارنوازیامچی، ۱۳۹۷، ارزیابی عملکرد لرزه ای سازه های فولادی بلند مرتبه قاب متقاطع با میراگر اصطکاکی دورانی، *کنفرانس عمران،معماری و شهرسازی کشورهای جهان اسلام*، تبریز، دانشگاه تبریز - دانشگاه شهید مدنی آذربایجان - دانشگاه علمی کاربردی شهرداری تبریز

۴. زارع منش, جمال و ساسان معتقد، ۱۳۹۷، عملکرد میراگر اصطکاکی دورانی در سازه های بتنی مسلح در برابر خسارت های زلزله، *کنفرانس بین المللی عمران، معماری و مدیریت توسعه شهری در ایران*، تهران، دانشگاه صنعتی مراغه با همکاری دانشگاه تبریز - دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

۵. یاسمی, سبحان؛ محسنعلی شایانفر؛ مسعود ذبیحی سامانی و دانیال سبحانی، ۱۳۹۷، بررسی عملکرد لرزه ای میراگر های اصطکاکی دورانی تحت زلزله حوزه نزدیک، *کنفرانس عمران،معماری و شهرسازی کشورهای جهان اسلام*، تبریز، دانشگاه تبریز - دانشگاه شهید مدنی آذربایجان - دانشگاه علمی کاربردی شهرداری تبریز

6. sherafat, Mohammad hosein, (2016), *Tuned dampers behavior for seismic energy dissipation*, International Conference on Civil Engineering, Tehran, Permanent Secretariat of the Conference
7. R.J. McNamara and Douglas P. Taylor" Fluid Viscous Dampers to reduce Wind-induced Vibrations in Tall Buildings" Fifth Conference on Tall Buildings in Seismic Regions, University of Southern California, LA, CA.
8. Y. Tsuneki , S. Torii , K. Murakami ,T. Sueoka, (2008). MIDDLE-STORY ISOLATED STRUCTURAL SYSTEM OF HIGH-RISE BUILDING, The 14 th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, Beijing, China.
9. Anooshiravan Farshidianfar, Saeed Soheili, Ant colony optimization of tuned mass dampers for earthquake oscillations of high-rise structures including soil–structure interaction, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Volume 51, August 2013, Pages 14-22
10. Ebrahim Nazarimofrad, Seyed Mehdi Zahrai, Fuzzy control of asymmetric plan buildings with active tuned mass damper considering soil-structure interaction, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Available online 16 October 2017.
11. R.N.Jabary, S.P.G.Madabhushi, Tuned mass damper effects on the response of multi-storied structures observed in geotechnical centrifuge tests, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Volume 77, October 2015, Pages 373-380

12. Said Elias, Vasant Matsagar, T.K.Datta, Effectiveness of distributed tuned mass dampers for multi-mode control of chimney under earthquakes, Engineering Structures, Volume 124, 1 October 2016, Pages 1-16