



بررسی بهبود عملکرد ساختمان‌های فولادی مجهز به میراگر جرمی

تنظیم شونده بوسیله تحلیل تاریخچه زمانی خطی

محمد رضا قطب^۱

۱- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

mr.ghotb@iau.ac.ir

حمیدرضا وزیری^{۲*}

۲- عضو هیات علمی، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

hr.vaziri@iau.ac.ir

چکیده

طراحی لرزه ای سازه‌های جدید در برابر زلزله طی سالهای اخیر پیشرفت چشمگیری داشته و با روشهای متفاوتی انجام می‌شود. نگاه سنتی به طراحی ساختمانها مبتنی بر تأمین سختی و مقاومت کافی، جای خود را به برخورد مدرن که جذب و اتلاف انرژی در آن نقش تعیین کننده دارد داده است. در این راستا استفاده از سیستم‌های شکل پذیر یا میراگرهای انرژی رشد شایانی داشته‌اند. این سیستم‌ها از یکسو سبب کاهش هزینه های اجرایی و از طرف دیگر لطمه کمتری به روند بهره برداری از ساختمان وارد می‌کنند.

در این پژوهش تاثیر میراگر جرمی کنترل شونده بر پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌ها ۱۰، ۲۰ و ۳۰ طبقه به صورت سه بعدی مدلسازی و مورد ارزیابی واقع شده و پارامترهای کنترلی مانند تغییر مکان، برش پایه، لنگرواژگونی و میزان انرژی جذب شده در سیستم در دو حالت با و بدون وجود میراگر ارزیابی شده است. نرم افزار مورد استفاده در این پژوهش SAP2016 می‌باشد. همچنین آنالیزها به صورت دینامیکی مودال و تاریخچه زمانی خطی فرض شده است و پارامترهای مورد نیاز بررسی و مقایسه شده اند. نتایج حکایت از تاثیر چشمگیر میراگر جرمی تنظیم شونده بر بهبود عملکرد سیستم دارد.

واژه‌های کلیدی: میراگر جرمی تنظیم شونده، تغییر مکان نسبی طبقات، پاسخ لرزه‌ای، تحلیل تاریخچه زمانی



۱- مقدمه

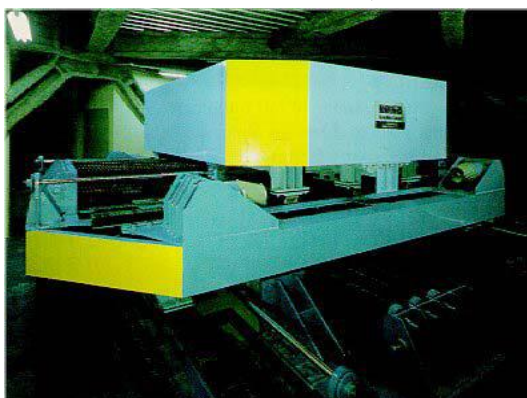
دامنه و ارتعاشات عظیمی ایجاد شود. (Abubakar.2009) تحقیقات زیادی در مورد چگونگی استفاده از میراگرهای جرمی برای کنترل غیرفعال سازه‌هایی که در معرض نیروهای مانند باد و زلزله هستند، انجام شده است. اکثر محققان بر این باور بودند که عملکرد TMD به دقت تنظیم فرکانس طبیعی TMD با فرکانس طبیعی سازه بستگی دارد. (Abdulsalam.2009) و (Warburton.1980,82).

پاسخ‌ها با تنظیم ویژگی‌های دینامیکی سازه. کنترل ارتعاش را می‌توان بسته به وضعیت منبع انرژی خارجی به عنوان غیرفعال، فعال، هیبریدی یا نیمه فعال طبقه‌بندی کرد که کنترل غیرفعال به دلیل مفهوم و مکانیسم ساده‌اش بیشترین کاربرد را دارد (Sahoo.2015). براساس مطالعه عددی از عملکرد سیستم‌های TMD، ایده جذب انرژی، برای اولین بار توسط (Mishra.2011) پیشنهاد شد. میراگر جرمی تنظیم شده (TMD)، یک دستگاه کنترل غیرفعال معمولی با مزایای ویژگی‌های ساده، نصب آسان، هزینه کم و اثرات کنترل مطلوب تحت فرکانس تنظیم خاص، به طور گسترده‌ای برای کاهش پاسخ‌ها در سازه‌های بلند و باریک مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است. از جمله سازه‌های مختلف که سیستم میراگر جرمی تنظیم‌شده بر روی آنها نصب شده است می‌توان به انواع ساختمان‌های بلند مرتبه (Hemmati.2018)، برج‌های توربین بادی (Beskhyroun.2011) و پل‌های عابر پیاده (Elias.2017) اشاره داشت. برای بررسی کارایی TMD در کاهش ارتعاشات ناشی از باد، یک تحقیق پارامتری بر اساس آزمایش تونل باد مدلی با مقیاس ۱/۱۰۰۰ در ساختمان استاندارد CAARC انجام شد (Ge and Cao.2013).

امروزه در دنیای مدرن صنعت ساختمان، به موازات پیشرفت‌های مختلف، استفاده از سیستم‌های لرزه‌بر نیز در این راستا عمومیت بیشتری داشته است. همچنین در روش‌های نوین طراحی رفتار مصالح و اعضا را با دقت بالایی مدل‌سازی می‌شوند و اثرات زلزله به صورت واقعی‌تری به سازه اعمال می‌شود. این روش‌ها راه را برای طراحی عملکردی و نیز بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود هموار نموده‌اند. بهسازی لرزه‌ای سازه‌ها با روش‌های سنتی اغلب منجر به ارائه طرح‌های غیراقتصادی و غیراجرایی می‌گردد. این روش‌ها در دستورالعمل و آئین نامه‌های موجود مانند، FEMA 356 و ATC40 به صورت کامل و دقیق ارائه شده‌اند. از جمله این تحلیل‌ها، استفاده از روش‌های تحلیل استاتیکی بار افزون و تحلیل‌های دینامیکی تاریخچه زمانی خطی و غیرخطی است.

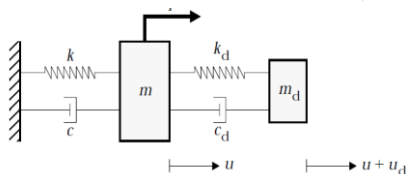
پژوهش‌های فراوانی در خصوص استفاده از میراگر جرمی تنظیم‌شده، ذ تا کنون انجام گرفته است. از جمله آنها می‌توان به پژوهش بیکر (Baker.2007) اشاره داشت. او در مقاله خود عنوان کرد که چگونگی بهبود ایمنی و قابلیت اطمینان سازه تحت بارهای دینامیکی مانند زلزله، باد، و رویدادهای دیگر که می‌توانند باعث واکنش‌های ناگهانی سازه‌ای و ناراحتی ساکنان شوند، همیشه یکی از نگرانی‌های اصلی در زمینه مهندسی عمران بوده است (رحیمی ۹۶). نظریه کاهش بلایا، از طریق تقویت عناصر و نیز اتلاف انرژی ورودی پیشرفت زیادی کرده است. زلزله، باد و سایر نیروهای خارجی می‌توانند باعث ایجاد تشدید در سازه‌ها شوند. تشدید زمانی اتفاق می‌افتد که فرکانس نیروی خارجی (زلزله، باد یا هر نیروی خارجی دیگر) با فرکانس طبیعی یکسان باشد و در نتیجه سطوح

نیروی خلاف حرکت سازه به سازه وارد کند. از مهم‌ترین نکات در طراحی میراگر جرمی تعیین میزان سختی فنر و میزان نسبت جرم دمپر به جرم سازه است شکل-۱ نمای از یک میراگر تنظیم شونده را نشان می‌دهد.



شکل (۱) نمای از میراگر جرمی تنظیم شونده

۳- مدل‌سازی دینامیکی میراگر جرمی تنظیم شونده
یک مثال برای معرفی در این قسمت، میراگر جرمی تنظیم شده بوسیله سیستم دو جرمی در شکل زیر نشان داده شده است که m_d به میراگر جرمی تنظیم شده اشاره میکند، و توسط یک غنر و میراگر به سازه اصلی متصل گردیده است. سیستم دارای یک درجه آزادی انتقالی است.



شکل (۲) نمای از مدل دینامیکی میراگر جرمی تنظیم شونده

$$\omega^2 = \frac{k}{m} \quad (1)$$

$$c = 2\zeta\omega m \quad (2)$$

$$\omega_d^2 = \frac{k_d}{m_d} \quad (3)$$

$$c_d = 2\zeta_d\omega_d m_d \quad (4)$$

به طور کلی تحقیقات بیانگر آنست که TMDها به عوامل محیطی مانند سرعت باد، دما، رطوبت نسبی و نوع زلزله حساس بودند

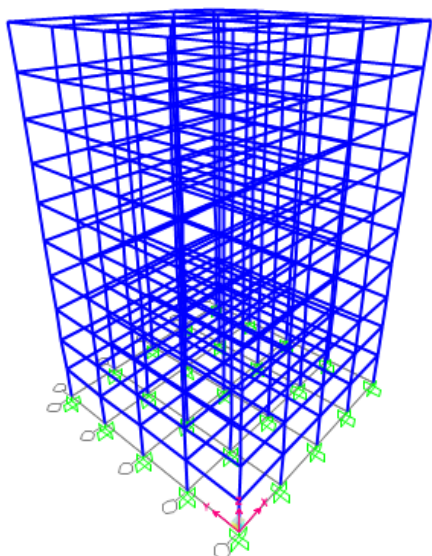
بسیاری از محققان عملکرد میرایی میراگر پاندولی را به دلیل باندهای فرکانس کاهشی بزرگ، قابلیت اطمینان، عدم حساسیت به دماهای بالا و تغییرات جزئی در ساختار اصلی آن مطالعه کرده‌اند (Navarro.2015 و Shi.2016). در یک مطالعه یک ساختمان چند طبقه را برای مطالعه پاسخ سازه، تعیین بهترین اندازه میراگر جرم تنظیم شده و تعیین بهترین سناریو برای اتلاف انرژی مورد ارزیابی قرار دادند. (Nair.2018) آنها سیستم TMD با نسبت جرمی 2% را روی دو میراگر در گوشه جلو یا عقب ساختمان قراردادند. زاراته و همکاران (Zarate.2019) در بررسی خود یک مدل ریاضی و تجربی از یک سیستم سه درجه آزادی استفاده کرد. ماریوتونیتا و همکاران (Mariantonieta.2013) در تحقیق خود یک مقاله مروری درخصوص میراگر جرمی تنظیم شونده ارائه دادند. آنها بیان کردند که میراگرهای تنظیم شونده جرمی، به چهار دسته قابل تقسیم است. میراگرهای تنظیم شونده معمولی دسته دوم میراگرهای آونگی، میراگرهای دو جهته و میراگرهای مایع همچنین آنها در مقاله خود نمونه‌های عملی از میراگرهای جرمی تنظیم شونده و مشخصات آنها را مورد بررسی قراردادند.

۲- ساختار میراگرهای جرمی

یک میراگر جرمی تنظیم شونده (TMD) یک دستگاه نصب شده در سازه برای کاهش دامنه ارتعاشات مکانیکی است. میراگر جرمی تنظیم شونده، دارای یک جرم، یک فنر و یک میراگر است. فرکانس میراگر نسبت به فرکانس سازه تنظیم می‌شود که در هنگام وقوع زلزله تحریک شود و

ملی ساختمان ۱۴۰۰)، تحلیل و طراحی گردید. سازه در پلان در دو جهت متقارن و در ارتفاع منظم با ابعاد ۲۰ متر در ۲۰ متر و با دهانه های مساوی و برابر با ۵ متر و ارتفاع طبقات نیز برابر ۳.۲ متر در نظر گرفته شد. مدلسازی و بررسی ها در نرم افزار تحلیلی و طراحی *SAP2000* با طبقات ۱، ۲۰ و ۳۰ طبقه صورت گرفت. در گام بعد و در حالت بدون میراگر تحت اعمال رکوردهای در نظر گرفته شده، آنالیز تاریخیچه زمانی صورت گرفت. سپس در مرحله سوم، سه مدل دیگر با اضافه شدن میراگرها مجدداً تحلیل شد.

برای مدلسازی میراگر جرمی در نرم افزار، از سیستم المان *LINK* استفاده گردید. همچنین برای انجام تحلیل ها، از تحلیل دینامیکی تاریخیچه زمانی خطی و مودال استفاده شد که در بررسی میراگرهای جرمی کاربرد زیادی دارد. این تحلیل با در نظر گرفتن مودهای بالا دقت مناسبی دارد.



شکل (۳) نمایی کلی از مدل نرم افزاری - ۱۰ طبقه

برای تحلیل از سه رکورد زلزله های طیس نورث ریج و السترو که با توجه به مشخصات منطقه مورد مطالعه انتخاب می شوند و با استفاده از نرم افزار *SeismoSignal*

$\bar{m}$ عبارتست از نسبت جرم میراگر TMD به میراگر سازه مطابق رابطه زیر:

$$\bar{m} = \frac{m_d}{m} \quad (5)$$

در این حالت معادلات حاکم بر حرکت سیستم به صورت زیر قابل بیان است:

$$(1 + \bar{m})\ddot{u} + 2\zeta\omega m\dot{u} + \omega^2 u = \frac{P}{m} - \bar{m}\ddot{u}_d \quad (6)$$

$$\ddot{u}_d + 2\zeta_d\omega_d m_d \dot{u}_d + \omega_d^2 u_d = -\ddot{u} \quad (7)$$

معادله (۶) بیانگر معادله حرکت جرم اولیه و معادله (۷) بیانگر معادله حرکت جرم میراگر است.

هدف از اضافه کردن TMD محدود نمودن حرکت سیستم است، زمانی که سازه تحت اثر تحریک مشخصی قرار می گیرد.

حالت بهینه برای این سیستم زمانی رخ خواهد داد که فرکانس ارتعاشی سیستم و میراگر یکسان شود یعنی:

$$\omega_d = \omega \quad (8)$$

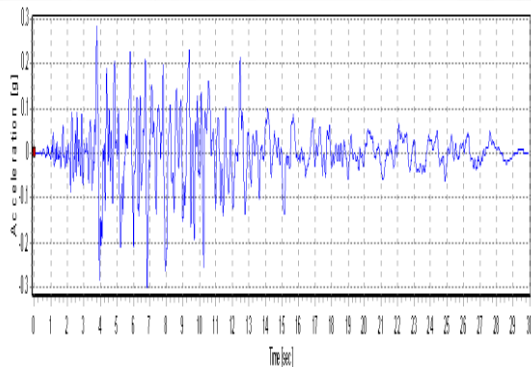
در این حالت فرکانس برای این سیستم ترکیبی به صورت زیر قابل بیان است:

$$k_d = \bar{m}k \quad (9)$$

۴- مدلسازی عددی - مدل نرم افزاری

۴-۱- مشخصات مدل و بارگذاری

برای مدلسازی عددی، یک ساختمان فولادی به صورت قاب خمشی فولادی با شکل پذیری متوسط در نظر گرفته شد که منطقه مطالعاتی محل احداث ساختمان با خطر نسبی خیلی زیاد فرض گردید در این مطالعه مشخصات خاک آن از نوع II بوده و از اثر اندرکنش خاک - سازه مطالعه صرف نظر شد. سازه بر مبنای استانداردها و آیین نامه های ایران بارگذاری (استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش ۴، مبحث دهم مقررات



شکل (۶) رکورد شتاب زلزله نورث ریج

۴-۲- روش‌های آنالیز

برای انجام تحلیل‌ها، از تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی و مودال با کمک نرم افزار SAP2000 استفاده شد.

برای محاسبه فرکانس‌های طبیعی و مود شیب‌های مدل‌ها از تحلیل مودال استفاده گردید و در تحلیل تاریخچه زمانی خطی تابع شتاب زمین که از زلزله‌های ثبت شده برداشته گردیده، بعنوان شتاب پایه به سازه اعمال شد. اثرات این شتاب به صورت تابعی از زمان در بازتاب‌های سازه لحاظ گردید. در سه سازه مربوط به این تحقیق از شتاب زلزله‌های مختلفی که با توجه به شرایط ساختگاه امکان وقوع آنها وجود دارد برای بارگذاری تاریخچه زمانی استفاده شده که پس از اعمال ضرائب و وارد کردن مشخصات لرزه ای سازه تحت اثر بارگذاری تعریف شده سازه، تحلیل و نتایج جمع بندی شده است.

۴-۳- نتایج تحلیل :

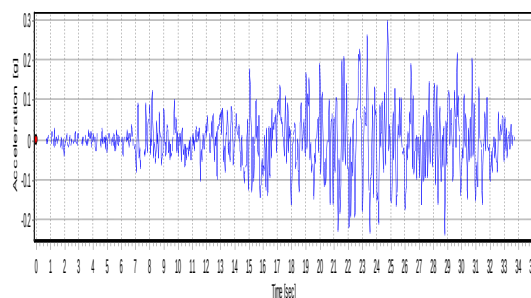
با توجه به تقارن ساختمان از نظر بارگذاری و هندسی در هر دو جهت نتایج حاصله از تحلیل در یک جهت آورده می شود.

خطاهای ثبت از اصلاح و سپس شتاب نگاشت‌ها مقیاس گشته اند.

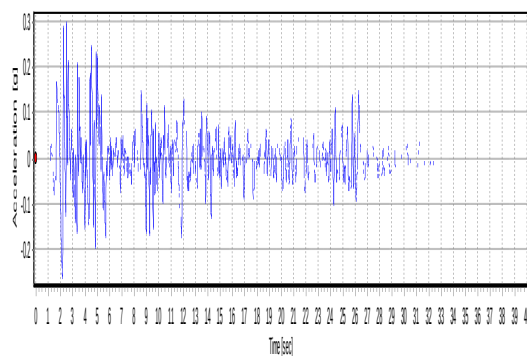
جدول (۱). مشخصات شتاب نگاشت‌های مورد استفاده

شتاب نگاشت	بزرگی	سال وقوع
نورث ریج	۶.۷	۱۹۹۴
السترو	۷.۳	۱۹۴۰
طیس	۷.۶	۱۹۷۸

در شکل‌های (۴ تا ۶) تاریخچه زمانی شتاب‌نگاشت‌های اعمالی بر مدل شامل طیس، السترو و نورتریج آمده است.



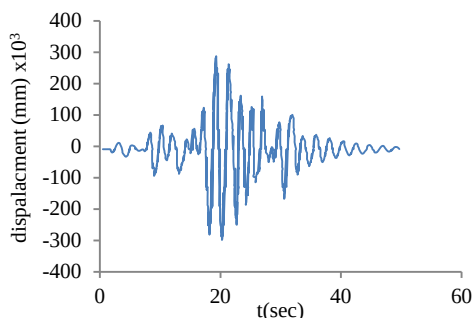
شکل (۴) شکل رکورد شتاب زلزله طیس



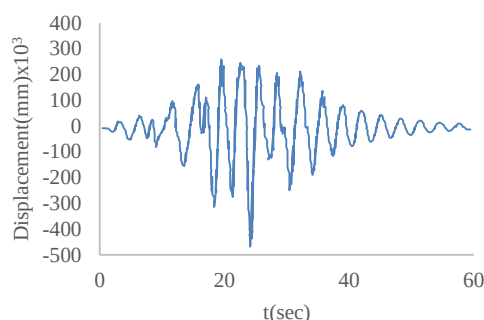
شکل (۵) رکورد شتاب زلزله السترو

۴-۳-۱- نتایج تحلیل ساختمان بدون میراگر:

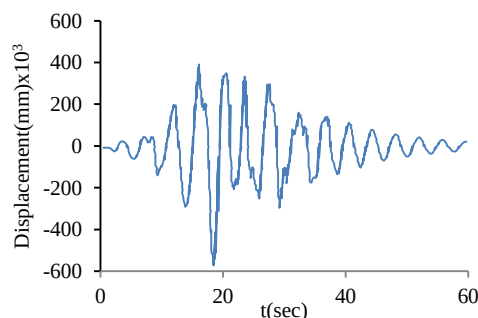
در این بخش ابتدا نتایج مشخصات دینامیکی سازه های بدون میراگر آورده در ۴ مود اول آورده شده است. سپس بخشی از بحرانی ترین پاسخ ها در قالب چند نمودار نمایش داده می شود. پریود و فرکانس سازه های ۱۰ تا ۳۰ طبقه در جداول (۲ تا ۴) آمده است.



شکل (۵). نمودار - جابجایی طبقه آخر سازه ۱۰ طبقه تحت اثر رکورد طیس (بدون میراگر)



شکل (۶). نمودار - جابجایی طبقه آخر سازه ۲۰ طبقه تحت اثر رکورد طیس (بدون میراگر)



شکل (۷). نمودار - جابجایی طبقه آخر سازه ۳۰ طبقه تحت اثر رکورد طیس (بدون میراگر)

جدول (۲). پریود و فرکانس سازه ۱۰ طبقه بدون میراگر

شماره مود	پریود (Sec)	فرکانس (Cyc/sec)
۱	2.198805	0.45479
۲	0.760886	1.3143
۳	0.435951	2.2938
۴	0.293529	3.4068

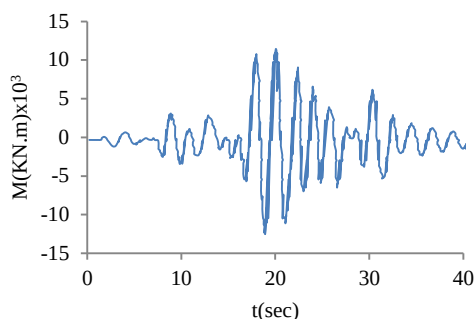
جدول (۳). پریود و فرکانس سازه ۲۰ طبقه بدون میراگر

شماره مود	پریود (Sec)	فرکانس (Cyc/sec)
۱	3.076419	0.32505
۲	1.124237	0.88949
۳	0.674992	1.4815
۴	0.482832	2.0711

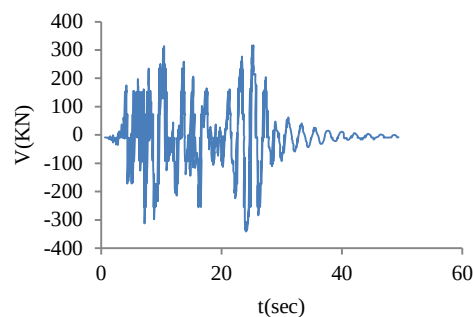
جدول (۴). پریود و فرکانس سازه ۳۰ طبقه بدون میراگر

شماره مود	پریود (Sec)	فرکانس (Cyc/sec)
۱	3.786139	0.35542
۲	1.16002	0.94362
۳	0.650856	1.7707
۴	0.443932	2.673

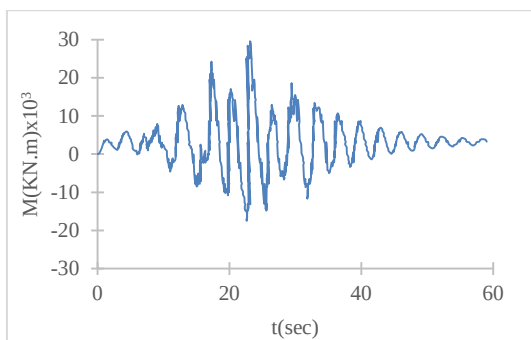
درخصوص جابجایی بام، برش پایه، لنگر پایه و همچنین میزان انرژی جذب شده در سازه می توان به نمودارهای شکل های (۷ تا ۱۲) برای سازه های بدون میراگر جرمی اشاره کرد.



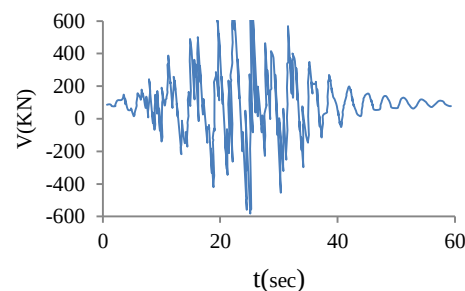
شکل (۱۱). نمودار- لنگر پایه سازه ۱۰ طبقه تحت اثر رکورد طیس (بدون میراگر)



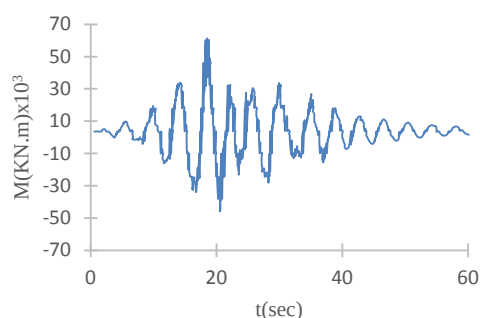
شکل (۸). نمودار- برش پایه سازه ۱۰ طبقه تحت اثر رکورد طیس (بدون میراگر)



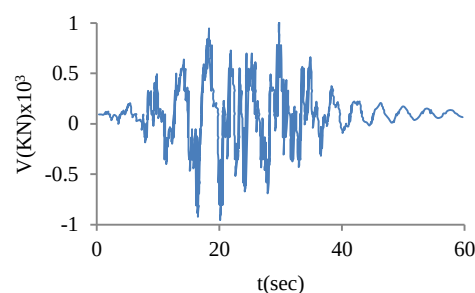
شکل (۱۲). نمودار- لنگر پایه سازه ۲۰ طبقه تحت اثر رکورد طیس (بدون میراگر)



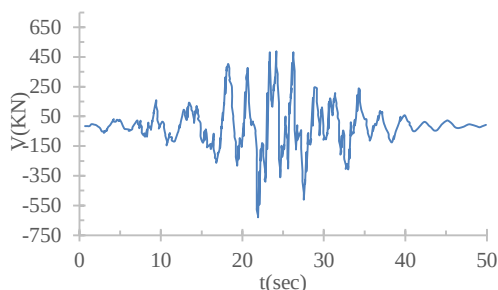
شکل (۹). نمودار- برش پایه سازه ۲۰ طبقه تحت اثر رکورد طیس (بدون میراگر)



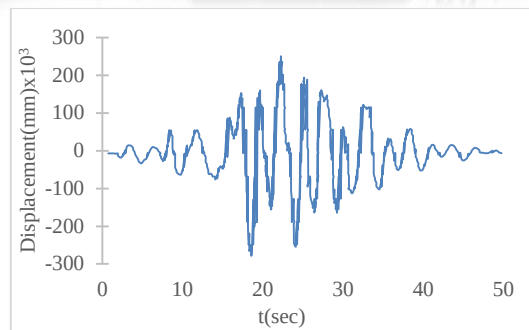
شکل (۱۳). نمودار- لنگر پایه سازه ۳۰ طبقه تحت اثر رکورد طیس (بدون میراگر)



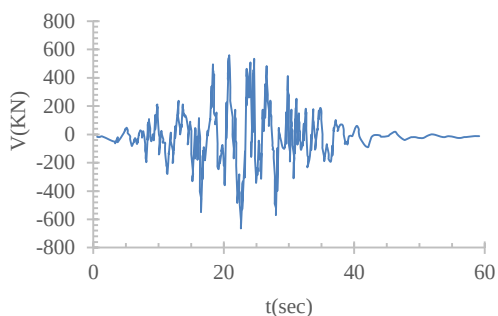
شکل (۱۰). نمودار- برش پایه سازه ۳۰ طبقه تحت اثر رکورد طیس (بدون میراگر)



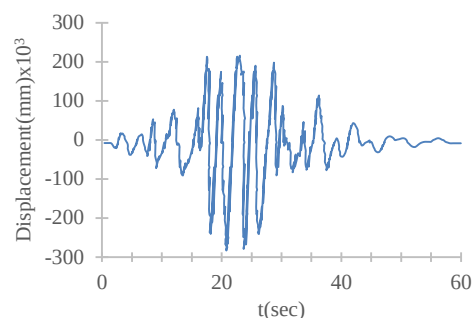
شکل (۱۷). نمودار- برش پایه سازه ۱۰ طبقه تحت اثر رکورد طبس (با میراگر)



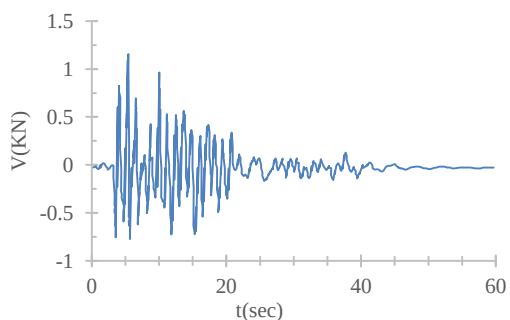
شکل (۱۴). نمودار- جابجایی طبقه آخر سازه ۱۰ طبقه تحت اثر رکورد طبس (با میراگر)



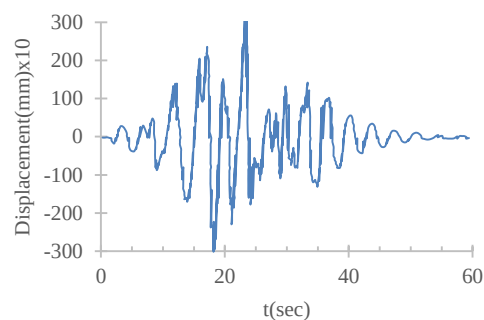
شکل (۱۸). نمودار- برش پایه سازه ۲۰ طبقه تحت اثر رکورد طبس (با میراگر)



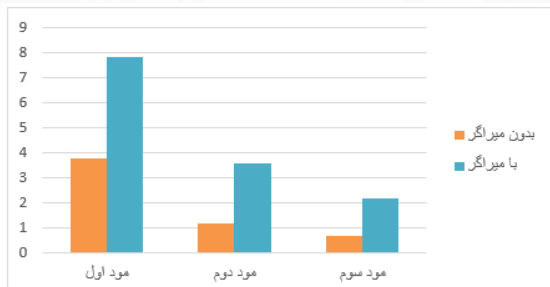
شکل (۱۵). نمودار- جابجایی طبقه آخر سازه ۲۰ طبقه تحت اثر رکورد طبس (با میراگر)



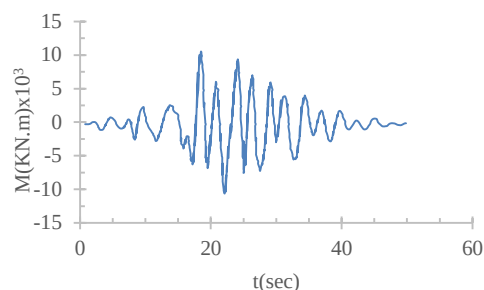
شکل (۱۹). نمودار- برش پایه سازه ۳۰ طبقه تحت اثر رکورد طبس (با میراگر)



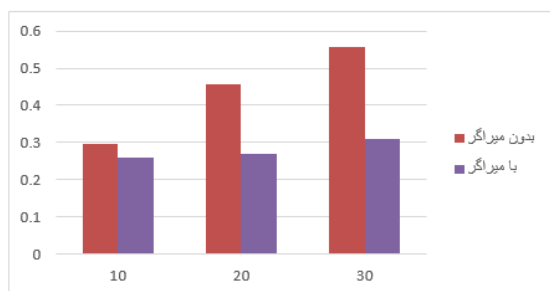
شکل (۱۶). نمودار- جابجایی طبقه آخر سازه ۳۰ طبقه تحت اثر رکورد طبس (با میراگر)



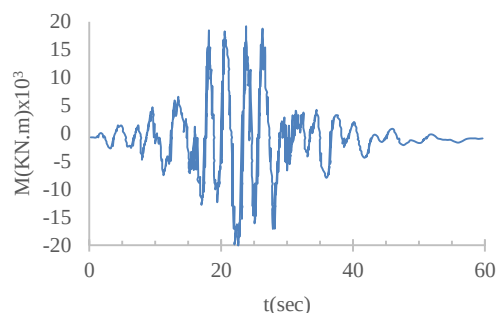
شکل (۲۳). مقایسه پریود سازه ۳۰ طبقه با میراگر و بدون میراگر



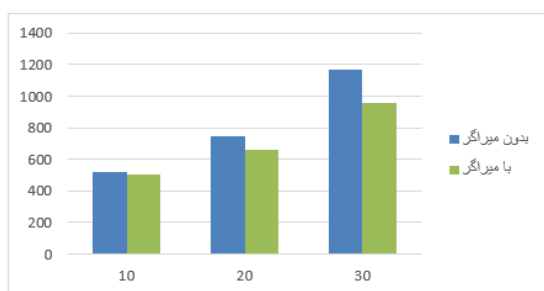
شکل (۲۰). نمودار- لنگر پایه سازه ۱۰ طبقه تحت اثر رکورد طیس (با میراگر)



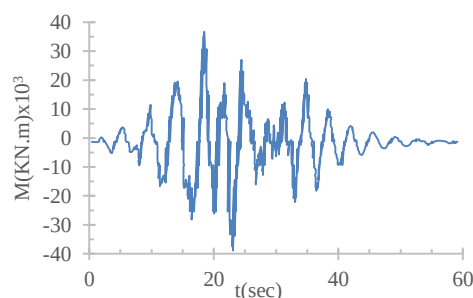
شکل (۲۴). مقایسه جابجایی طبقه آخر بدون میراگر و با میراگر تحت اثر رکورد طیس



شکل (۲۱). نمودار- لنگر پایه سازه ۲۰ طبقه تحت اثر رکورد طیس (با میراگر)

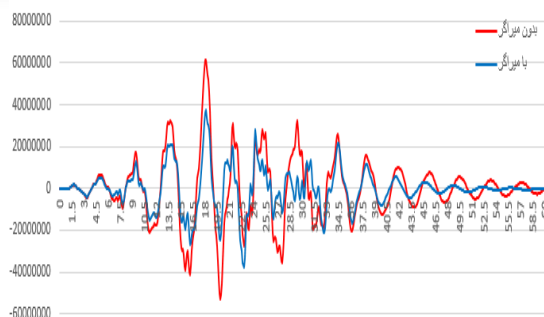


شکل (۲۵). مقایسه برش پایه بدون میراگر و با میراگر تحت اثر رکورد طیس

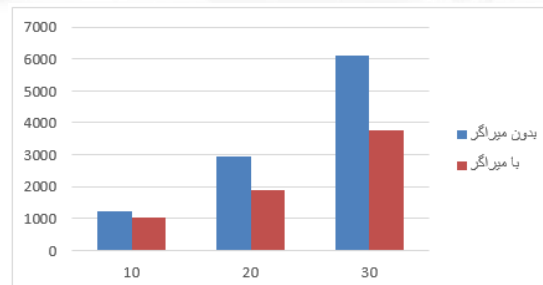


شکل (۲۲). نمودار- لنگر پایه سازه ۳۰ طبقه تحت اثر رکورد طیس (با میراگر)

۵- نتایج و بحث



شکل (۲۹). مقایسه لنگر پایه-زمان ساختمان سی طبقه بدون میراگر و با میراگر تحت اثر رکورد نورث ریج

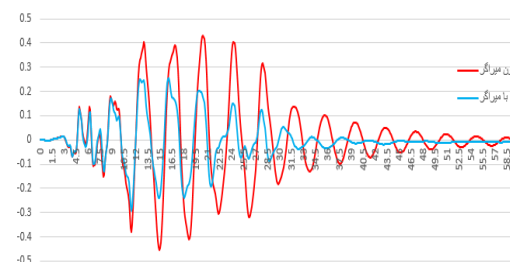


شکل (۲۶). مقایسه لنگر پایه بدون میراگر و با میراگر تحت اثر رکورد طبس

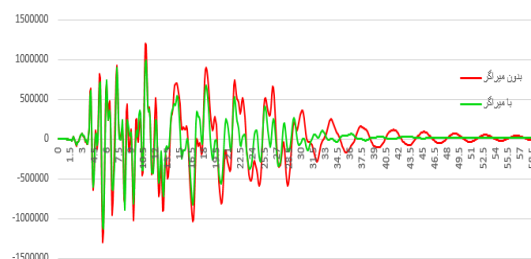
۶- نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده حاصل از مدل های این تحقیق در دو حالت ساختمان با میراگر و بدون میراگر با طبقات متفاوت (۱۰، ۲۰، ۳۰ طبقه) و همچنین با نگاهی اجمالی به نمودارهای مقایسه‌ای میتوان بیان نمود که استفاده از میراگرهای جرمی سبب کاهش پاسخ جابجایی طبقات میگردد که خود سبب افزایش مقاومت بیشتر ساختمان در برابر بارهای وارده می شود و در این میان تاثیر میراگرهای جرمی در ساختمان های با ارتفاع بالاتر نسبت به ساختمانهای کوتاه تر بیشتر بوده و در رکوردهای با شتاب بزرگتر نیز تاثیر بیشتری دارد. همچنین با توجه به نتایج بدست آمده از تحلیل مدل های در نظر گرفته شده در این تحقیق و مقایسه ساختمان های بدون میراگر و با میراگر و مرور نمودارهای مقایسه ای می توان دریافت که تاثیر استفاده از میراگرهای جرمی بر روی برش پایه ساختمانها در هر سه مدل کاهشی است و این کاهش پاسخ سازه اثر مثبتی در مقاومت سازه در برابر بارهای جانبی دارد. با مرور نتایج حاصل از تحلیل و همچنین مرور نمودارهای مقایسه ای ارائه شده می توان دریافت که استفاده از میراگرهای جرمی بر روی هر سه مدل تاثیری کاهشی داشته است و این کاهش پاسخ سبب

برای درک بهتر و میزان عملکرد میراگرهای جرمی در پاسخ سازه یک نمودار مقایسه ای از جابجایی- زمان ، بر پایه- زمان و لنگر واژگونی-زمان حاصل از تحلیل تاریخچه زمانی خطی برای یکی از مدل های تحلیل شده بدون میراگر و با میراگر و تحت اثر رکورد زلزله آورده شده است.



شکل (۲۷). مقایسه جابجایی-زمان ساختمان سی طبقه آخر بدون میراگر و با میراگر تحت اثر رکورد نورث ریج



شکل (۲۸). مقایسه برش پایه-زمان ساختمان سی طبقه بدون میراگر و با میراگر تحت اثر رکورد السترو



weight pedestrian structures,” *Struct. Control Heal. Monit.*

Elias.S and V. Matsagar.V. 2017 “Research developments in vibration control of structures using passive tuned mass dampers,” *Annu. Rev. Control*, vol. 44, pp. 129–156.

Ge. Y.and Cao. S.,2013 “Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics,” *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 122, p. 1.

Hemmati. A. Oterkus. E., and Khorasanchi. M. 2019 “Vibration suppression of offshore wind turbine foundations using tuned liquid column dampers and tuned mass dampers,” *Ocean Eng.*, vol. 172, no. November 2018, pp. 286–295.

Hu. L., Shi. Y., Yang ., and Song. G.,2016 “Sound reduction at a target point inside an enclosed cavity using particle dampers,” *J. Sound Vib.*, vol. 384, pp. 45–55.

Mariantonieta Gutierrez Soto · Adeli. Hojjat 2013.” Tuned Mass Dampers” Article in Archives of Computational Methods in Engineering. P.419:431. Mishra. R. 2011, “Application Of Tuned Mass Damper For Vibration Control OF Frame Structures Application Of Tuned Mass Damper For Vibration Control OF Frame Stuctures– Ph.D. Tesis,”

Nair. R. G. and Shukkoor. F.,2018 “Tuned Mass Damper in Multistorey,” vol. 6, no. 1, pp. 33–37.

Enríquez-Zárate. J, Silva-Navarro. G. Abundis-Fong. H. F.,2016 “Active vibration suppression through positive acceleration feedback on a building-like structure: An experimental study,” *Mech. Syst. Signal Process.*, vol. 72–73, pp. 451–461.

Sahoo. P.,2015 “Experimental and Numerical Study on Tuned Mass Damper in Controlling Vibration of Frame Structures Experimental and Numerical Study on Tuned Mass Damper in Controlling Vibration of Frame,” no. 213.

Waleed Al-Ashtari. 2022. Design of Tuned Mass Damper Used to Enhance the Response of Structure under Seismic Action. Article in Design Engineering 358015605

Warburton. G. B. and Ayorinde. E. O.,1980 “Optimum absorber parameters for simple systems,” *Earthq. Eng. Struct. Dyn.*, vol. 8, no. 3, pp. 197–217.

افزایش مقاومت اجزای سازه ای در برابر بارهای وارده و افزایش عملکرد سازه می‌شود. نتایج حاصل از مدل‌های تحلیل شده و نمودارهای مقایسه ای ارائه شده نشان می‌دهد که استفاده از میراگرهای جرمی سبب آن می‌شود که پریود سازه‌ها در هر سه مدل افزایش یابد که در این پژوهش با توجه به مقادیر و پارامترهای در نظر گرفته شده پریود حدود دو برابر افزایش پیدا می‌کند.

همانطور که از نتایج حاصل از تحلیل و نمودارهای انرژی‌های وارده و انرژی تلف شده توسط سیستم در نظر گرفته شده جهت میراگر مشخص است استفاده از میراگرهای جرمی سبب تلف شدن بخشی از انرژی وارده به سیستم توسط میراگر می‌گردد.

۷- منابع مورد استفاده

رجیمی، حامد. ۱۳۹۶. بررسی رفتار لرزه ای ساختمانهای بلند مرتبه مجهز به میراگر جرمی تنظیم شونده چندکانه در طبقات، پایان نامه کارشناس ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر امور فنی و تدوین معیارها. ۱۳۹۲. آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)،

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر امور فنی و تدوین معیارها. ۱۴۰۰. میحث دهم مقررات ملی ساختمان . طراحی ساختمانهای فولادی.

Abubakar, I. M. and Farid. B. J. M. 2009 “Generalized Den Hartog tuned mass damper system for control of vibrations in structures,” *WIT Trans. Built Environ.*, vol. 104, pp. 185–193.

Abdulsalam. I, Al-Janabi. M., and Al-Taweel. M.G. 2009 “Optimum design of tuned mass damper systems for seismic structures,” *WIT Trans. Built Environ.*, vol. 104, pp. 175–184.

Baker. J. W., “Measuring bias in structural response caused by ground motion scaling,” *Pacific Conf. Earthq. Eng.*, no. 056, pp. 1–6, 2007 “Measuring bias in structural response caused by ground motion scaling,” *Pacific Conf. Earthq. Eng.*, no. 056, pp. 1–6.

Beskhyroun.S, Wegner,L.D. and Sparling B. F.,2011, “Integral resonant control scheme for cancelling human-induced vibrations in light-



۸- چکیده انگلیسی

Seismic design of new structures against earthquakes has made significant progress in recent years and is done with different methods. The traditional view of building design based on providing sufficient hardness and resistance has given way to a modern approach in which energy absorption and loss play a decisive role. In this regard, the use of flexible systems or energy absorbers has grown significantly. On the one hand, these systems reduce operational costs, and on the other hand, they cause less damage to the process of building operation.

In this research, the effect of controlled mass damper on the seismic response of 10, 20, and 30-story buildings is modeled and evaluated in three dimensions, and control parameters such as displacement, base shear, anchor overturning, and the amount of energy absorbed in the system in two cases with and without a damper have been evaluated. The software used in this research is SAP2016. Also, dynamic modal analysis and linear novel history have been assumed, and the required parameters have been checked and compared. The results indicate the significant effect of Tuned mass damper on improving system performance.

Key word: Tuned mass damper, dynamical time history analysis, tall building, Drift of stories

کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار و عمران شهری



مهلت ارسال اصل مقالات : ۲۰ آذر

سینو، محسنیه