

مطالعه عددی و آزمایشگاهی میراگرهای تسلیمی و ایجاد حرکت الاکلنگی در سازه فولادی

فائزه نجاتی، مربی، دانش آموخته دکتری، پژوهشگاه مهندسی بحران های طبیعی و پدافند غیر عامل شاخص پژوه،
تهران، ایران

محمود حسینی، دانشیار، پژوهشگاه مهندسی سازه، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران
امیر محمودزاده، استادیار، پژوهشگاه مهندسی بحران های طبیعی و پدافند غیر عامل شاخص پژوه، تهران، ایران

پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Civilifa_nj@yahoo.com

دریافت: 1395/10/12 – پذیرش: 1396/02/15

چکیده

طراحی بر اساس اصل شکل پذیری آیین نامه ها باعث خواهد شد که ساختمان ها در هنگام زلزله های متوسط و قوی، دچار تغییر شکل های زیاد گردند. لذا در کلان شهرهای واقع در حوزه نزدیک گسل های لرزه خیز، وقوع زلزله شدید، منجر به آوارگی بهره برداران، مشکل و زمان بر بودن تخریب ساختمان های آسیب دیده شکل پذیر، مشکل دفع مخروبه ها با حجم خیلی زیاد و لزوم صرف هزینه و زمان بسیار زیاد برای بازسازی می شود. راه حل های کنترل و جداسازی پایه می توانند تا حد زیادی به حذف آسیب منجر شود ولی هر دو تکنولوژی برای کشورهای در حال توسعه گران و دست نیافتنی است. برای رسیدن به هدف تعمیر پذیر بودن پس از زلزله شدید ایده های مختلفی می توان دنبال نمود. یکی از این ایده ها در سال های اخیر استفاده از ایده هدایت آسیب می باشد. هدایت آسیب به این معنا است که رفتار ساختمان را به حالتی ببریم که تغییر شکل های خمیری به بخش هایی از سازه متمرکز شوند و در آن محل ها از جاذب های انرژی مناسب استفاده نمود که قابلیت تعویض داشته باشند. یکی از این رویکردها برای رسیدن به این هدف استفاده از حرکت *See-Saw motion* (حرکت الاکلنگی) است. برای بررسی عملکرد چنین سیستمی از ساختمان هایی با پلان 20 متر در 20 متر و ارتفاع طبقات 3 متر و تعداد طبقات 5 و 8 و 11 در نظر گرفته شد. در این پروژه سازه بر اساس تحلیل تاریخچه زمانی دینامیکی غیر خطی تحلیل شده و از هفت شتابنگاشت با سه مولفه واقعی آنها استفاده شده است. هدف مقایسه عملکرد لرزه ای سیستم های مختلف پیشنهادی می باشد. نتایج نشان میدهد استفاده از این سیستم سبب کاهش چشمگیر مفاصل خمیری ایجاد شده در سازه، کاهش تغییر مکان نسبی سازه و کاهش نیروی محوری در ستون ها می شود.

واژه های کلیدی: هدایت آسیب، مدل اجزا محدود، تحلیل دینامیکی غیر خطی، حرکت الاکلنگی

1- مقدمه

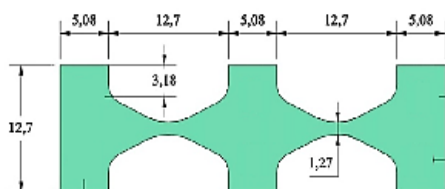
طراحی بر اساس اصل شکل پذیری آیین نامه ها باعث خواهد شد که ساختمان ها در هنگام زلزله های متوسط و قوی دچار تغییر شکل های زیاد گردند. تغییر شکل های کشسان موجب به وجود آمدن مفاصل خمیری به صورت موضعی در نقاطی از سازه می گردند. گسترش مفاصل خمیری و گسترش آسیب در کل سازه باعث می شود که سازه های طراحی شده بر

بهره گیری از شکل پذیری و قابلیت جذب انرژی در سازه ها بر اساس کاهش نیروهای طراحی لرزه ای برای بکارگیری رفتار غیر خطی اعضا و جذب انرژی در اثر تغییر شکل های پلاستیک در آیین نامه های متداول تعریف شده است. این عملکرد بر اساس بکارگیری اصول طراحی ظرفیت قابل دستیابی در اعضای اصلی سازه می باشد، لذا

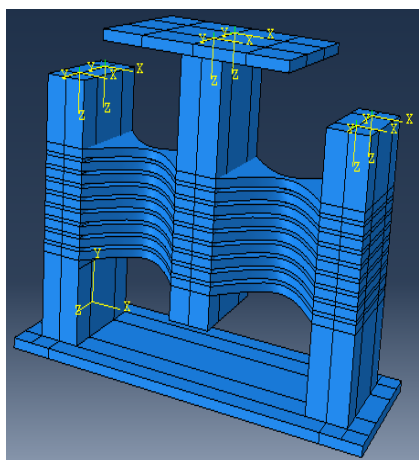
افزایش پیروی سازه گشته و در نتیجه مقدار شتاب ورودی به طبقات کاهش یافته که این امر باعث کاهش آسیب وارده به سازه می‌گردد.

سیستم حرکت گهواره‌ای پیشنهاد شده در این پژوهش بدین گونه می‌باشد که سازه بر روی یک دال صلب (به طور مثال شاسی فلزی قدرتمند) قرار گرفته سپس این دال صلب از طریق یک هسته مرکزی و قطعات جاذب انرژی (میراگر اصطکاکی و یا قطعات جاری شونده) به شالوده متصل می‌گردد. جذب انرژی هم می‌تواند در هسته مرکزی و هم در قطعات جاذب انرژی و یا فقط در قطعات جاذب انرژی صورت گیرد.

در اینجا سازه با استفاده از استاندارد 2800 طراحی شده و سپس با استفاده از شتابنگاشت‌های واقعی که به صورت سه مولفه‌ای به سازه اعمال می‌گردد سازه آنالیز شده و در ادامه به همین سازه قابلیت حرکت گهواره‌ای با استفاده از سیستم پیشنهاد شده اضافه می‌گردد و سازه بصورت آنالیز دینامیکی غیر خطی با همان شتابنگاشت‌های اعمال شده آنالیز می‌گردد و سپس نتایج حاصل با یکدیگر مقایسه می‌گردد.



شکل 1. خصوصیات هندسی ورق‌ها موجود در میراگر



شکل 2. میراگر تسلیمی به همراه 9 ورق تسلیمی به ضخامت 8

میلیمتر

اساس دستورالعمل آیین نامه بعد از زلزله‌های متوسط و شدید ناکارآمد گردند که باید آن‌ها را تخریب و سپس بازسازی نمود که این امر هزینه و مشکلاتی نظیر آوارگی بهره‌برداران، مشکل و زمان بر بودن تخریب ساختمان‌های آسیب دیده شکل پذیر، مشکل دفع مخروبه‌ها با حجم خیلی زیاد و لزوم صرف هزینه و زمان بسیار زیاد برای بازسازی به همراه خواهد داشت.

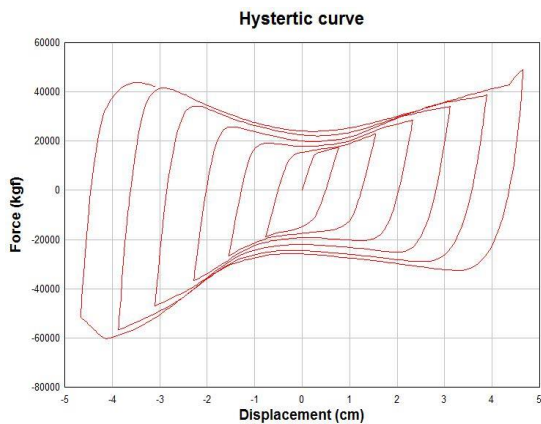
استفاده از سیستم‌های نوین جهت کاهش خسارات لرزه‌ای و داشتن سازه‌های تعمیرپذیر امری ضروری می‌باشد. یکی از روش‌های کنترل ارتعاش لرزه‌ای و داشتن سازه‌های تعمیرپذیر بکارگیری سیستم حرکت گهواره‌ای می‌باشد که این امر موجب تمرکز آسیب در اجزای تشکیل دهنده سیستم الکلنگی می‌گردد.

در این پژوهش سعی شده است که سیستم‌های دارای قابلیت حرکت گهواره‌ای ارائه گردند که بتوانند ضوابط معماری را نیز برآورده نمایند. نکته‌ای که در بکارگیری از این سیستم‌ها وجود دارد آن است که پس از اتمام تحریک لرزه‌ای به علت آن که ادوات جاذب انرژی تعبیه شده در سیستم گهواره‌ای به جذب انرژی پرداخته‌اند اکثر خسارات در این ادوات متمرکز گشته است که پس از اتمام تحریک لرزه‌ای می‌توان با هزینه پائینی آن‌ها را تعویض و جایگزین نمود بدون آنکه سازه در خدمت رسانی بی وقفه خود دچار مشکل شود.

2- سیستم الکلنگی پیشنهادی

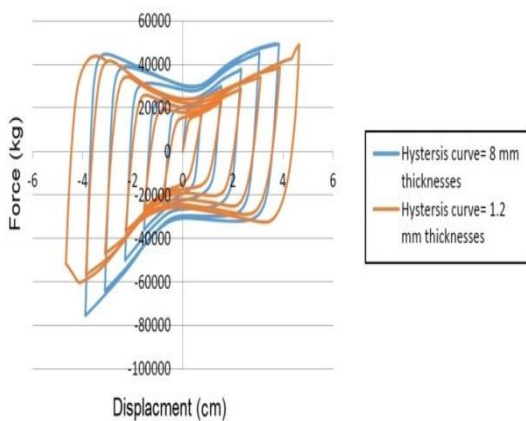
استفاده از سیستم حرکت گهواره‌ای به همراه سیستم‌های جاذب انرژی باعث کاهش آسیب‌های لرزه‌ای وارده به سازه می‌گردد بطوری که می‌توان در زلزله‌های شدید سازه را در سطح عملکرد IO نگاهداشت بطوری که سازه کاملاً الاستیک بوده و پس از زلزله می‌توان آن‌ها را تعویض و در صورت نیاز سازه را با استفاده از جک به حالت اولیه بازگرداند که این امر دارای هزینه بسیار کمتر نسبت به تعمیر کلی سازه ویا تخریب و نوسازی آن می‌باشد.

استفاده از سیستم حرکت گهواره‌ای پیشنهاد شده باعث



شکل 5. نمودار هیسترتیک میراگر تسلیمی

با توجه به نمودار هیسترتیک اشکال 3 و 5 و گستردگی نمودار می توان نتیجه گرفت که سیستم مورد نظر به راحتی قابلیت جذب انرژی را دارد. در شکل 6 همپوشانی دو نمودار با ضخامت 8 و 12 میلیمتر را مشاهده می نمایید. با افزایش ضخامت میزان جذب انرژی میراگر 6٪ افزایش پیدا کرده است.

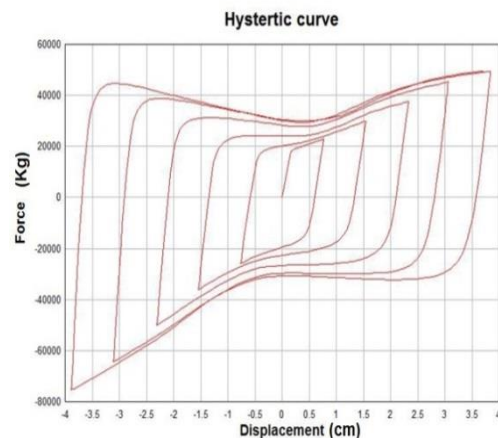


شکل 6. مقایسه نمودار هیسترتیک دو میراگر پیشنهادی

3- صحت سنجی مدل سازی عددی

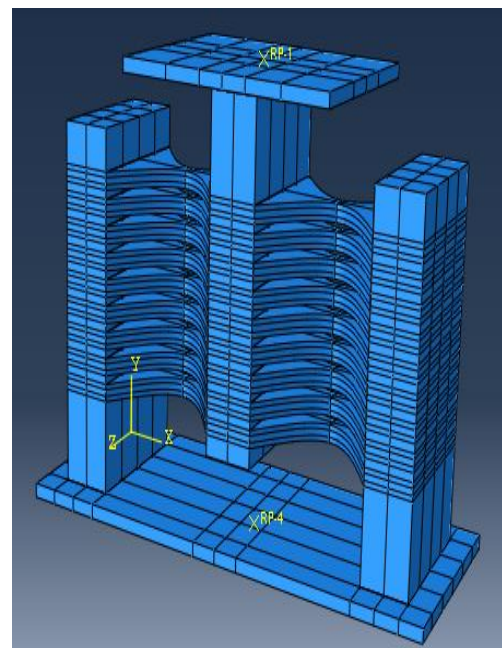
محمود حسینی و همکارانش در سال 2014 بر روی نمونه آزمایشگاهی میراگر تسلیمی در پژوهشگاه زلزله تهران، مطالعه نمودند و نمودار هیسترتیک آن را استخراج کردند (شکل 7)، مدل عددی با استفاده از روش اجزا محدود بر روی مدل پیشنهادی انجام و نمودار هیسترتیک آن با نمونه آزمایشگاهی مقایسه گردید (شکل 8). با توجه به نمودارهای حاصل و همپوشانی نمودارها، صحت مدل سازی

در طی یک زمین لرزه، صفحات دچار تغییر شکل گردیده و منجر به جذب نیروی زلزله می شوند. با توجه به نمودار هیسترتیک شکل 3 و گستردگی نمودار، به وضوح مشخص است که سیستم مورد مطالعه به درستی عمل کرده و منجر به جذب نیروی زلزله می گردد. مشخصات هندسی صفحات به صورت شکل 1 می باشد. با توجه به شکل 2 در ابتدا از تعداد 9 ورق و ضخامت 8 میلیمتر استفاده شده است.



شکل 3. نمودار هیسترتیک میراگر تسلیمی

4 برای بهبود عملکرد میراگر و جذب انرژی بیشتر با توجه به شکل 4 از تعداد 9 ورق با ضخامت 12 میلیمتر استفاده شده است.

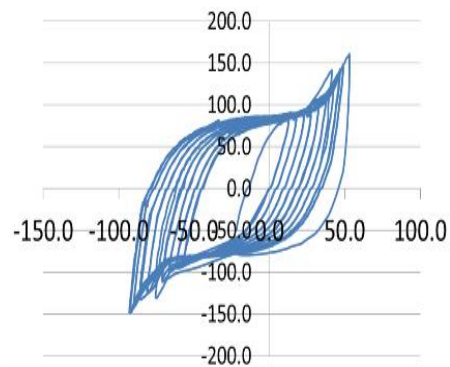
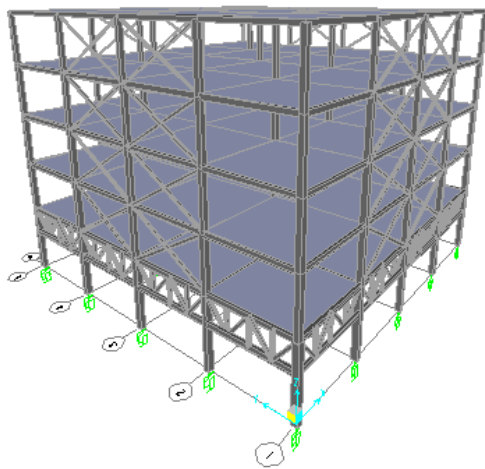


شکل 4. میراگر تسلیمی به همراه 9 ورق تسلیمی به ضخامت 12 میلیمتر

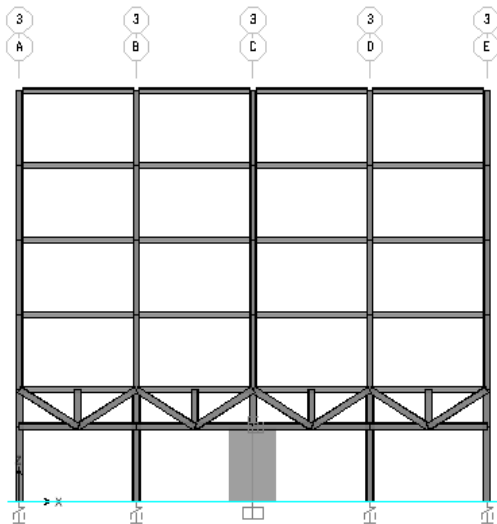
عددی به وضوح مشخص می باشد.

4- مدلسازی سیستم پیشنهادی

پس از صحت سنجی، جهت مدلسازی سیستم پیشنهادی و ایجاد حرکت گهواره‌ای سازه‌ای با ابعاد 20 در 20 متر و تعداد طبقات 4 و 8 و 11، به ارتفاع 3 متر به صورت پایه‌گیردار و ایجاد حرکت گهواره‌ای و مقایسه دو حالت پیشنهادی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. شکل 9 نمای شماتیک و قباب سیستم الاکلنگی نمایش داده شده است.

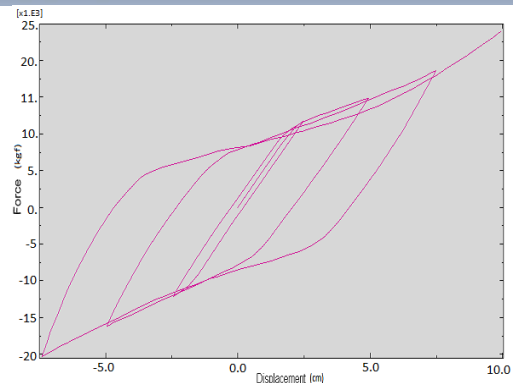
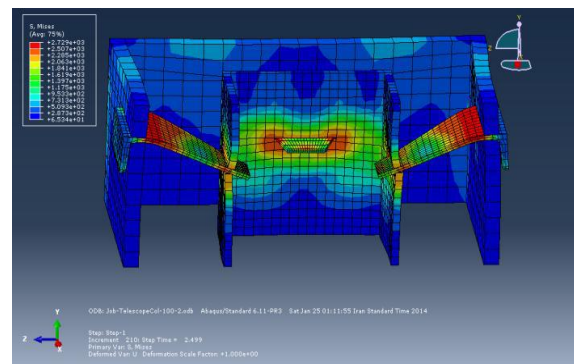


شکل 7. نمودار هیستریک استخراجی مدل آزمایشگاهی



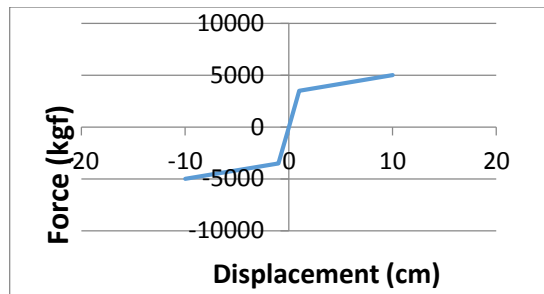
شکل 9. نمایش قباب و نمای سه بعدی حرکت الاکلنگی

برای ایجاد حرکت الاکلنگی سختی اولیه و ثانویه در نظر گرفته برای میراگرهای تسلیمی به شرح شکل 10 می باشد.



شکل 8. نمودار هیستریک استخراجی تحلیل عددی

سازه به دست می‌آید و برای هر مدل آن چنان انتخاب می‌شود، که در این محدوده، با ضرب مقادیر طیف میانگین به دست آمده از مشخصات چند زلزله، در ضریب مقیاس، که برای هر کدام از مدل‌ها به صورت جداگانه بر حسب زمان تناوب هر کدام از آنها حساب می‌شود، "طیف میانگین مقیاس شده" برای هر مدل حاصل می‌شود. حال، مقادیر این طیف میانگین مقیاس شده، مطابق ضوابط استاندارد 2800 در محدوده زمان‌های تناوب $0/2 T$ تا $1/5 T$ نباید کمتر از $1/4$ برابر مقدار نظیر آن در طیف استاندارد باشد، پس ضریب استاندارد باید طوری انتخاب شود که این شرط برقرار باشد (T زمان تناوب اصلی ساختمان است که برای ساختمان‌های دارای سیستم مهاربندی جانبی از روابط تجربی به دست می‌آید). همانطور که در شکل 11 مشاهده می‌شود، با توجه به زمان تناوب سازه، ضریب مقیاس طوری انتخاب شده تا در محدوده زمان‌های تناوب $0/2 T$ تا $1/5 T$ طیف میانگین مقیاس شده، از $1/4$ برابر مقدار طیف استاندارد بیشتر شود. در جدول 3-2 میزان ضریب مقیاس برای سازه پنج طبقه محاسبه شده است.



شکل 10. سختی میراگر تسلیمی در سازه 5 طبقه

5- تحلیل دینامیکی غیرخطی و انتخاب

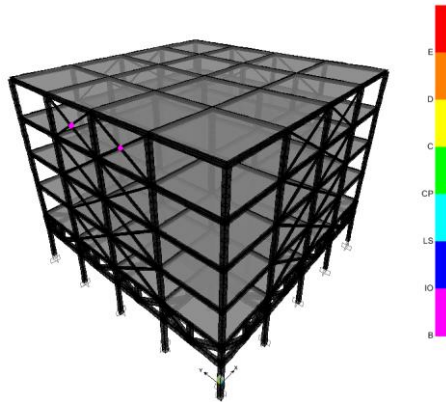
شتابنگاشت

در این قسمت باید با استفاده از طیف میانگین به دست آمده از طیف‌های پاسخ زلزله‌ها برای به دست آوردن ضریب مقیاس در محدوده مورد نظر استاندارد 2800 استفاده کرد. با توجه به مشخصات هر سازه، که دارای زمان تناوب متفاوتی نسبت به یکدیگر هستند، یک ضریب مقیاس برای هر کدام، به دست می‌آید. طیف میانگین به دست آمده باید مطابق ضوابط استاندارد 2800 در محدوده زمان‌های تناوب $0/2 T$ تا $1/5 T$ با طیف طرح استاندارد مقایسه شود. به طوری که ضریب مقیاس با توجه به زمان تناوب اصلی هر

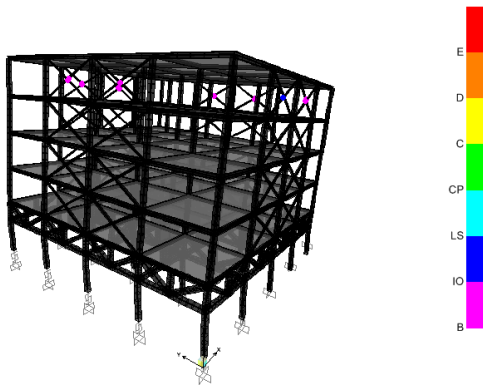
جدول 1. مشخصات شتابنگاشت‌های مورد استفاده

NO	Name	PGA(g)	T total(s)
1	Loma Prieta-x	0.5	39.98
	Loma Prieta-y	0.321	39.98
	Loma Prieta-z	0.36	39.98
2	Cape Mendorica-x	0.597	35.94
	Cape Mendorica-y	0.764	35.94
	Cape Mendorica-z	0.161	35.94
3	Landers-x	0.709	48.11
	Landers-y	0.774	48.11
	Landers-z	0.684	48.11
4	Kocael-x	0.224	29.99
	Kocael-y	0.158	29.99
	Kocael-z	0.147	29.99
5	Chi Chi-x	0.276	89.99
	Chi Chi-y	0.185	89.99
	Chi Chi-z	0.179	89.99
6	Loma prieta (no pulse)-x	0.467	24.99
	Loma prieta (no pulse)-y	0.521	24.99
	Loma prieta (no pulse)-z	0.514	24.99
7	Denali Alaska(no pulse)-x	0.426	92.085
	Denali Alaska(no pulse)-y	0.226	92.085
	Denali Alaska(no pulse)-z	0.24	92.085

نمایش داده شده است. با توجه به اشکال و نمایش مفصل پلاستیک، آسیب در سازه به حداقل رسیده و عناصر سازه‌ای در سطح عملکرد مورد نظر رفتار می‌کنند.

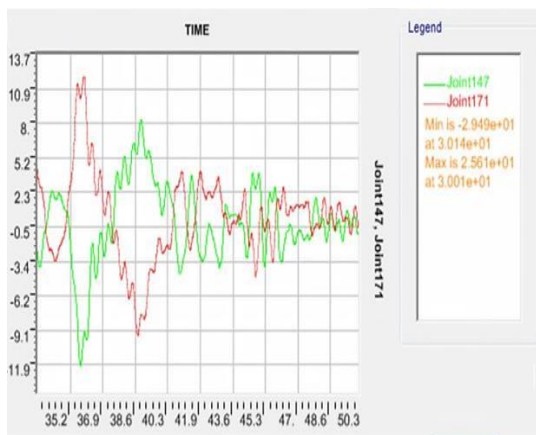


شکل 14. مفصل پلاستیک در سازه سه بعدی تحت زلزله Landers

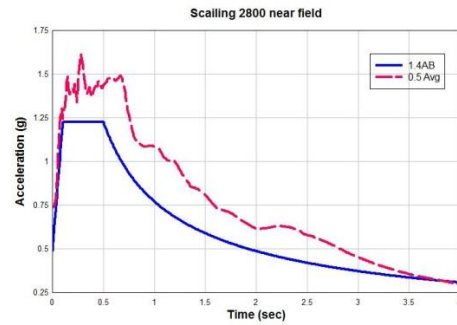


شکل 15. مفصل پلاستیک در سازه سه بعدی تحت زلزله Chi Chi

برای اطمینان از ایجاد حرکت الاکلنگی دو نقطه در پلان را در نظر گرفته و تغییر مکان قائم آن را بررسی می‌نماییم. با توجه به شکل 15 و رفتار معکوس نقاط، می‌توان به ایجاد حرکت الاکلنگی در سازه اطمینان حاصل کرد.



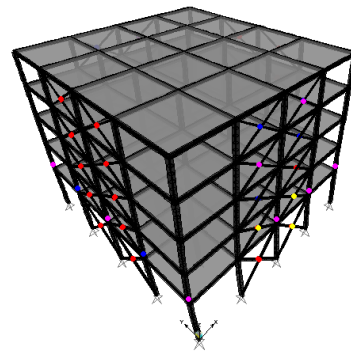
شکل 15. نمایش ایجاد حرکت الاکلنگی



شکل 11. طیف میانگین مقیاس شده برای هفت زوج شتابنگاشت در حوزه نزدیک به گسل و 1/4 طیف استاندارد 2800

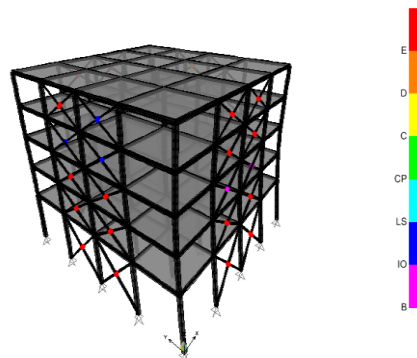
6- روش تحقیق و ارایه ضوابط اولیه طراحی

تحلیل دینامیکی غیر خطی بر روی سازه با پایه گیردار طبق استاندارد 2800 انجام پذیرفت و مفصل پلاستیک ایجاد شده در سازه زلزله‌های مختلف در اشکال نمایش داده شده است. با توجه به اشکال 12 و 13 به وضوح دیده می‌شود که بادبندها و برخی ستون‌ها دچار آسیب گردیده است.



شکل 12. مفصل پلاستیک در سازه سه بعدی تحت زلزله CHI

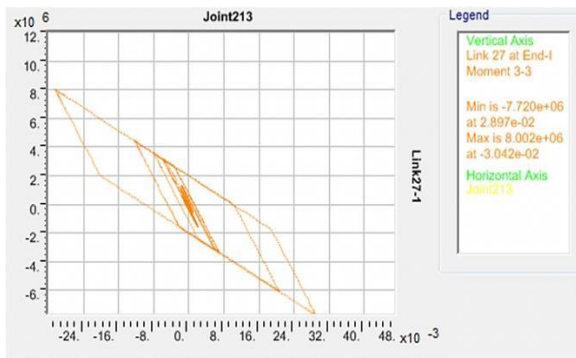
CHI



شکل 13. مفصل پلاستیک در سازه سه بعدی تحت زلزله Landers

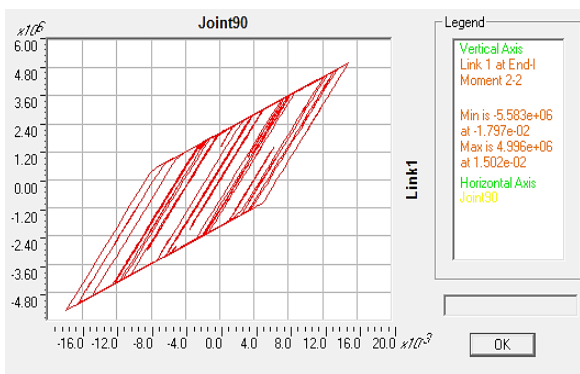
حرکت الاکلنگی بر روی سازه پیاده گردید و مفصل پلاستیک ایجاد شده تحت زلزله‌های انتخابی در شکل‌های 14 و 15

جذب انرژی مناسب سیستم پیشنهادی اشاره نمود. شکل 20 نمودار هیسترتیک لینک‌های پیرامونی را در یک سازه 8 طبقه نمایش می‌دهد. با توجه به نمودار هیسترتیک و گستردگی نمودار می‌توان به عملکرد صحیح لینک‌های پیرامونی و جذب انرژی مناسب لینک‌ها اشاره نمود.



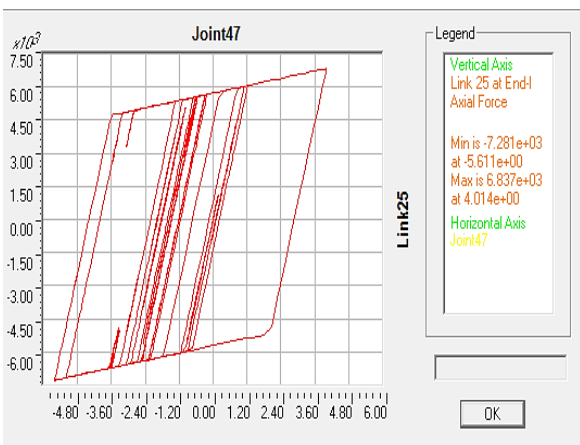
شکل 18. نمودار هیسترتیک ستون مرکزی

در جهت محور y - Kgf.m



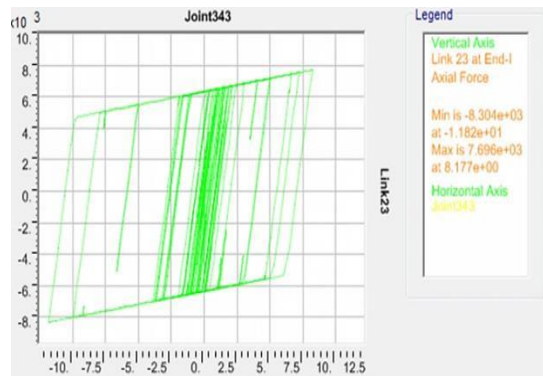
شکل 19. نمودار هیسترتیک ستون مرکزی

در جهت محور y - Kgf.m



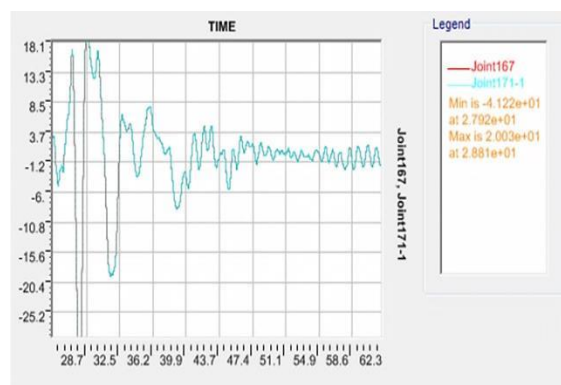
شکل 20. نمودار هیسترتیک میراگر پیرامونی

شکل 16 نمودار هیسترتیک لینک‌های پیرامونی را نمایش می‌دهد. با توجه به نمودار هیسترتیک و گستردگی نمودار می‌توان به عملکرد صحیح لینک‌های پیرامونی و جذب انرژی مناسب لینک‌ها اشاره نمود.



شکل 16. نمودار هیسترتیک میراگر پیرامونی

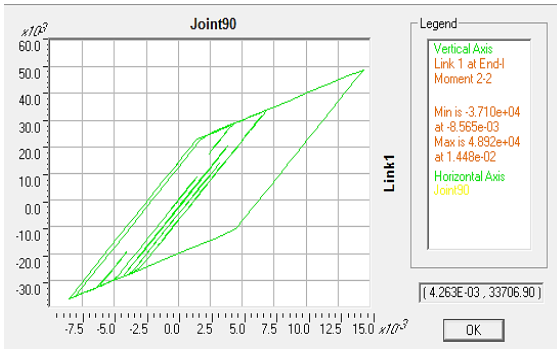
جهت کنترل پیچش دو نقطه در پلان در یک راستا را در نظر گرفته و عملکرد آن را در راستای دیگر بررسی می‌کنیم. با توجه به عملکرد مشابه دو نقطه در نظر گرفته شده طبق شکل 17 می‌توان به این نتیجه رسید که پلان دچار پیچش قرار نگرفته است و پیچش کنترل گردیده است.



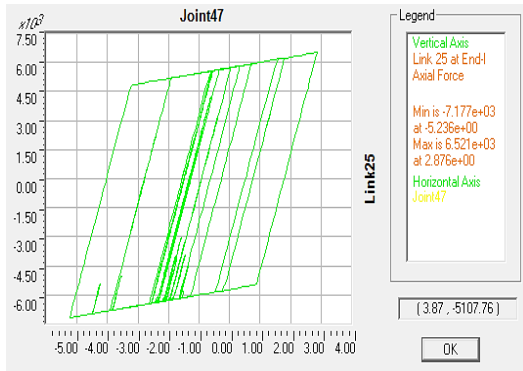
شکل 17. نمایش عدم پیچش در سازه هشت طبقه

شکل 18 نمودار هیسترتیک لینک مرکزی را در جهت X , Y نمایش می‌دهد. با توجه به گستردگی نمودار هیسترتیک می‌توان به عملکرد صحیح لینک مرکزی و جذب انرژی مناسب سیستم پیشنهادی در سازه 4 طبقه اشاره نمود.

شکل 19 نمودار هیسترتیک لینک مرکزی را در جهت X , Y در یک سازه 8 طبقه نمایش می‌دهد. با توجه به گستردگی نمودار هیسترتیک می‌توان به عملکرد صحیح لینک مرکزی و



شکل 23. نمودار هیستریک ستون مرکزی در جهت محور y - Kgf.m



شکل 24. نمودار هیستریک میراگر پیرامونی

با توجه به تحلیل های عددی و نتایج محاسبه شده می توان در جدول 2 و 3 ضوابط اولیه طراحی در خصوص سختی لینک های مرکزی و پیرامونی را برای سازه 4 و 8 و 11 طبقه به صورت خلاصه می توان نتیجه گرفت.

جدول 2. سختی میراگرهای پیرامونی

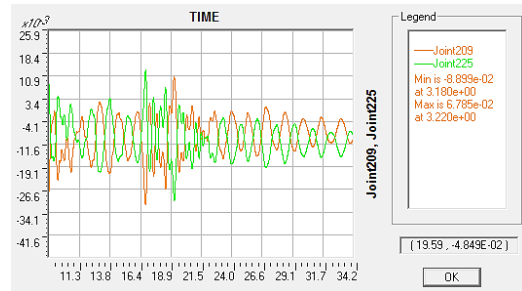
Story No.	K1	K2
5 story	6000	225
8 story	6000	280
11 story	8500	170

جدول 3. سختی میراگرهای مرکزی

Story No.	K1	K2
5-8-11 story	6e8	2e8

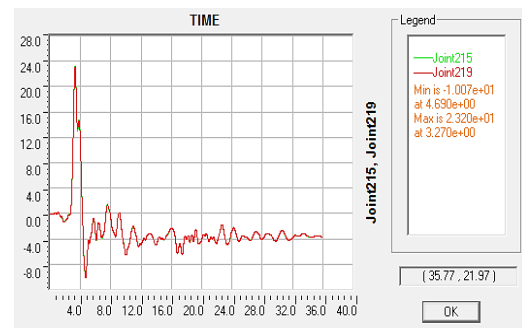
با توجه به تحلیل دینامیکی غیر خطی در سازه 5 و 8 و 11 طبقه، پاسخ تاریخیچه شتاب در دو حالت گیردار و الاکلنگی در اشکال 25 و 26 و 27 نمایش داده شده است. با توجه به اشکال می توان نتیجه گرفت که پاسخ تاریخیچه شتاب در حالت الاکلنگی کاهش پیدا کرده است که نشاندهنده عملکرد مناسب سیستم پیشنهادی می باشد.

برای اطمینان از ایجاد حرکت الاکلنگی در یک سازه 8 و 11 طبقه، دو نقطه در پلان را در نظر گرفته و تغییر مکان قائم آن را بررسی می نماییم. با توجه به شکل 21 در زلزله LANDERS و رفتار معکوس نقاط، می توان به ایجاد حرکت الاکلنگی در سازه اطمینان حاصل کرد.



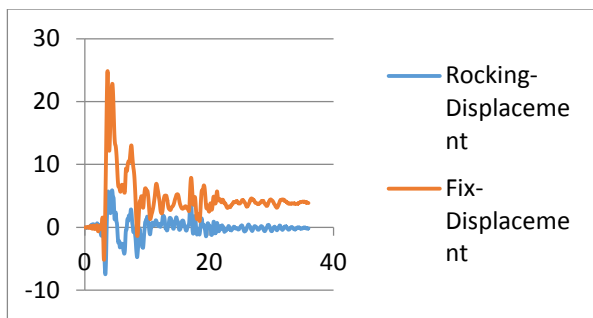
شکل 21. نمایش ایجاد حرکت الاکلنگی

جهت کنترل پیش در سازه 8 طبقه دو نقطه در پلان در یک راستا را در نظر گرفته و عملکرد آن را در راستای دیگر بررسی می کنیم. با توجه به عملکرد مشابه دو نقطه در نظر گرفته شده با توجه به شکل 22 می توان به این نتیجه رسید که پلان دچار پیش قرار نگرفته است و پیش کنترل گردیده است.

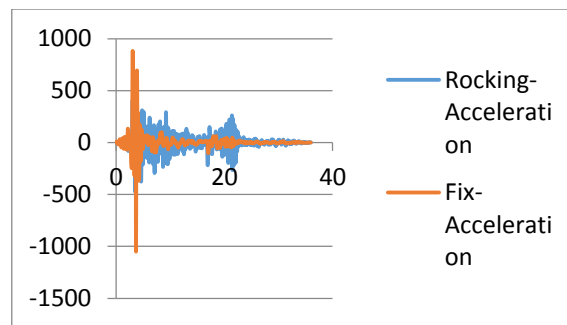


شکل 22. نمایش عدم پیش در سازه هشت طبقه

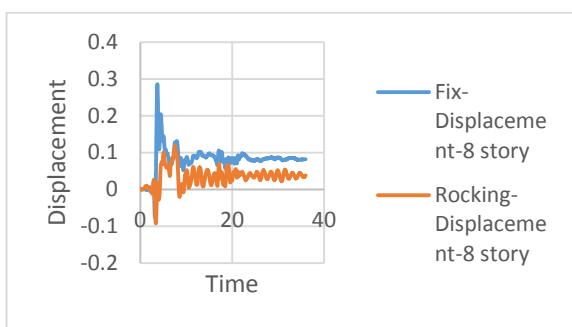
شکل 23 نمودار هیستریک لینک مرکزی را در جهت X , Y در یک سازه 11 طبقه نمایش می دهد. با توجه به گستردگی نمودار هیستریک می توان به عملکرد صحیح لینک مرکزی و جذب انرژی مناسب سیستم پیشنهادی اشاره نمود. شکل 24 نمودار هیستریک لینک های پیرامونی را در یک سازه 11 طبقه نمایش می دهد. با توجه به نمودار هیستریک و گستردگی نمودار می توان به عملکرد صحیح لینک های پیرامونی و جذب انرژی مناسب لینک ها اشاره نمود.



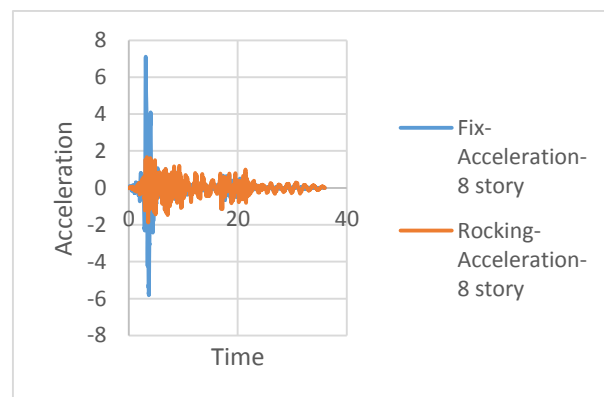
شکل 28. نمایش کاهش پاسخ تاریخیچه تغییر مکان سازه پیشنهادی در مقایسه با سازه با حالت گیردار در سازه 5 طبقه



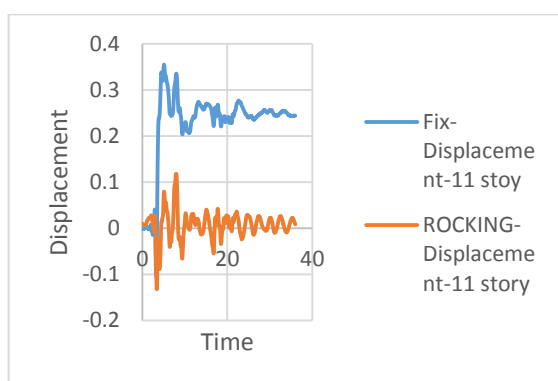
شکل 25. نمایش کاهش پاسخ تاریخیچه شتاب سازه پیشنهادی در مقایسه با سازه با حالت گیردار در سازه 5 طبقه



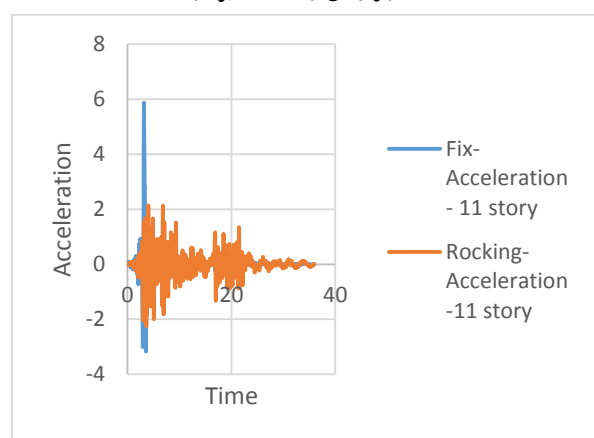
شکل 29. نمایش تاریخیچه تغییر مکان در سازه 8 طبقه در دو حالت گهواره‌ای و حالت گیردار



شکل 26. نمایش تاریخیچه شتاب در سازه 8 طبقه در دو حالت گهواره‌ای و حالت گیردار



شکل 30. نمایش تاریخیچه تغییر مکان در سازه 11 طبقه در دو حالت گهواره‌ای و حالت گیردار در سازه 11 طبقه



شکل 27. نمایش تاریخیچه شتاب در سازه 11 طبقه در دو حالت گهواره‌ای و حالت گیردار در سازه 11 طبقه

اشکال 31 و 32 و 33 دریافت را در سازه 5 و 8 و 11 طبقه در دو حالت گیردار و الاکلنگی نمایش می دهد. با توجه به دریافت نمایش داده شده می توان به رفتار مناسب سازه در حالت الاکلنگی اشاره نمود. در حالت گیردار طبقات رفتار نامتناسب در مقایسه با حالت گیردار نسبت به یکدیگر دارند.

در اشکال 28 و 29 و 30 تاریخیچه تغییر مکان نمایش داده می شود. تاریخیچه تغییر مکان در اشکال زیر در سازه 5 و 8 و 11 طبقه، و نوسان سازه حول محور صفر در حالت الاکلنگی نشاندهنده تغییر مکان گذرا در سازه می باشد. در حالت گیردار سازه دچار تغییر مکان ماندگار شده است و این رفتار از دیگر مزیت های استفاده از سیستم الاکلنگی می باشد.

سیستم ساختاری پیشنهاد منجر به رفتار لرزه قابل اطمینان‌تر می‌گردد.

تغییر شکل پلاستیک در میراگر سبب کاهش ایجاد مفاصل پلاستیک در عناصر سازه ای می‌گردد و سبب کنترل سازه در سطح عملکرد LS می‌گردد.

حرکت الاکلنگی سبب افزایش پریود سازه و در نتیجه کاهش پاسخ شتاب می‌گردد. سیستم پیشنهادی نه تنها سبب کاهش تحمیل نیروهای لرزه‌ای به سازه می‌گردد، بلکه سبب امنیت عناصر غیر سازه‌ای نیز می‌شود.

با توجه به مزایای استفاده از سیستم حرکت الاکلنگی به وسیله سازه-اتلاف انرژی در کاهش پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌های چند طبقه، و به ویژه سهولت ساخت و نصب و راه اندازی میراگر تسلیمی DADAS، استفاده از این نوع سیستم پیشنهاد می‌گردد.

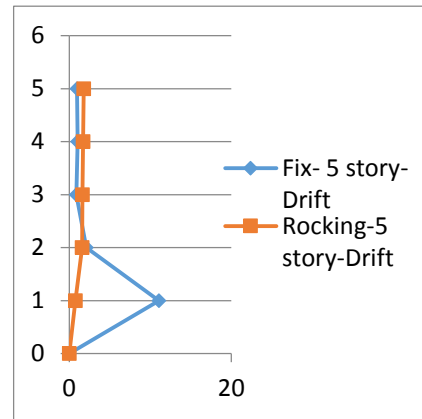
با توجه به تحلیل‌های صورت گرفته میزان مفاصل پلاستیک به میزان 61٪ در سازه 5 طبقه و 67٪ در سازه 8 طبقه و 71٪ در سازه 11 طبقه کاهش پیدا کرده است.

همچنین میزان سختی مناسب برای جاذب‌های انرژی، برای سازه 5 و 8 طبقه 6000 kgf/cm و برای سازه 11 طبقه 8500 kgf/cm و برای هسته مرکزی برای تعداد طبقات مختلف 6e8 kgf.cm/rad محاسبه گردیده است.

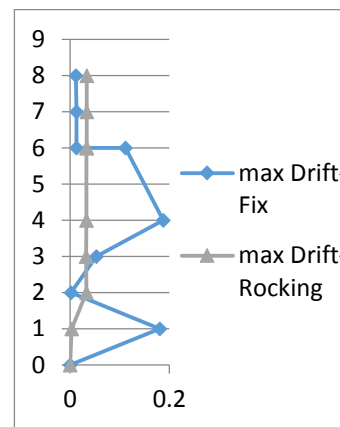
به صورت خلاصه می‌توان درصد کاهش شتاب طبقه بام و درصد کاهش تغییر مکان طبقه بام و درصد کاهش دررفت در حالت حرکت الاکلنگی در مقایسه با حالت گیردار به صورت زیر نتیجه گرفت، با توجه به نتایج کاهش پاسخ در حالت الاکلنگی، عملکرد مناسب سیستم پیشنهادی به وضوح نمایش داده می‌شود.

8- مراجع

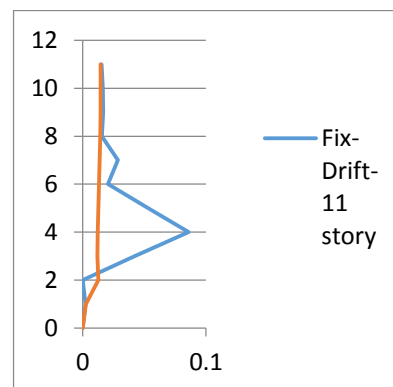
- Hosseini M and Alyasin S (1996), Deliberate Directing of Damage in Lifeline Systems Subjected to Earthquakes, Proceedings of the Hazard-96 Symposium, Toronto, Canada.
- Hosseini M, Ebrahimi H (2015), Proposing a



شکل 31. نمایش دررفت در سازه 5 طبقه در دو حالت گهواره‌ای و حالت گیردار در سازه 5 طبقه



شکل 32. نمایش دررفت در سازه 8 طبقه در دو حالت گهواره‌ای و حالت گیردار



شکل 33. نمایش دررفت در سازه 11 طبقه در دو حالت گهواره‌ای و حالت گیردار در سازه 11 طبقه

7- نتیجه گیری

با توجه به تحلیل عددی سازه پیشنهادی در مقایسه با سازه گیردار در برابر زلزله سه مولفه‌ای می‌توان نتیجه گرفت که:

- Construction (EASEC-13) (pp. D-1). The Thirteenth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-13).
- Hosseini M and Bozorgzadeh S (2013): Investigating Double-ADAS Device Behavior and Comparison with ADAS Device, Proceedings of the International Conference on Earthquake Engineering (SE-50EEE), Skopje, Macedonia.
 - Hosseini M and Kherad S (2013), A Multi-Stud Energy Dissipating Device as the Central Fuse to Be Used in Short- to Mid-Rise Regular Steel Buildings with Rocking Motion, Proceedings of the International Van Earthquake Symposium, Van, Turkey.
 - Hosseini M and Alavi S (2014), A kind of repairable steel buildings for seismic regions based on buildings' rocking motion and energy dissipation at base level, Int'l J. Civil and Struc. Eng. - IJCSE, 1:3.
 - Hosseini, M. and Ghorbani Amirabad, N. (2015), Yielding-Curved-Bars and Hemisphere Core Energy Dissipating Device as the Central Support of Repairable Buildings with Seesaw Motion, Proc. of the 7th Int'l Conf. on Seismology and Earthquake Eng. (SEE-7), Tehran, Iran.
 - Hosseini M, Fekri M & Yekrangnia M (2016), Seismic performance of an innovative structural system having seesaw motion and columns equipped with friction dampers at base level, Int'l Journal of Design of Tall and Special Buildings, doi: 10.1002/tal.1286.
 - Nejati F (2016), Using Directed-Damage Design Idea for Creation of Repairable Regular Steel Buildings Based on Seesaw Motion of the Building Structure (in Persian), Ph.D. Dissertation under supervision of Professor Mahmood Hosseini, submitted to Civil Engineering Department of the Shakhshpajouh Research Institute, Isfahan, Iran.
 - Yielding-Plate Energy Dissipating Connection for Circumferential Columns of Steel Rocking Buildings and Investigating its Proper Properties by Nonlinear Finite Element Analyses. 11th International Workshop on Advanced Smart Materials and Smart Structures Technology August 1-2, University of Illinois, Urbana-Champaign, United States.
 - Fintel M and Ghosh SK (1981), the Structural Fuse: An Inelastic Approach to Earthquake-Resistant Design of Buildings, Civil Engineering - ASCE, Vol. 51, No. 1, pp. 48-51.
 - Vargas R and Bruneau M (2006), Seismic Design of Multi-Story Buildings with Metallic Structural Fuses, Proceedings of the 8th U.S. National Conference on Earthquake Engineering (Paper N. 280), San Francisco, California, USA, pp.18-22.
 - Azuhata T, Midorikawa M and Ishihara T (2004), Earthquake Damage Reduction of Buildings by Self-Centering Systems Using Rocking Mechanism, Proceedings of the 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.
 - Gray M G, Christopoulos C and Packer J A (2010), Cast Steel Yielding Fuse for Concentrically Braced Frames, Proceedings of the 9th U.S. National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering, Toronto, Canada pp.25-29.
 - Hosseini M and Noroozinejad Farsangi E (2012), Seismic Behavior and Performance of Telescopic Columns as a New Base Isolation System for Vibration Control of Multi-Story Buildings, International Journal of Earthquakes and Structures, Vol. 3, and No. 3.
 - Hosseini M, Mousavi Tirabadi Y & Hosseinzadeh N A (2013, September). An Innovative Seismic Design For Repairable Regular Steel Buildings By Using Rocking Motion And Circumferential Energy Dissipating Columns At Base Level. In Proceedings of the Thirteenth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and

