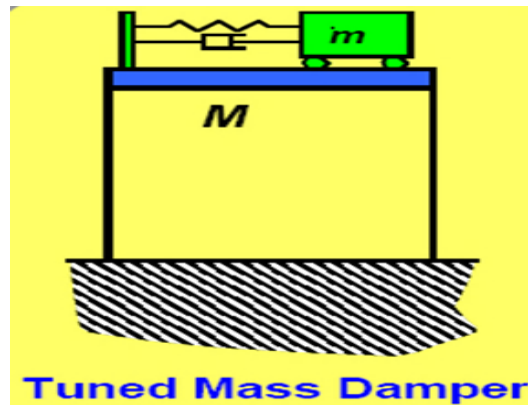




ها همچنین می توانند به خرابی موضعی سازه بیانجامد. چرا که خود سازه بایستی اکثر انرژی ورودی را جذب کند. حال در اینجا است که اهمیت سیستمها و دستگاههای اتلاف انرژی بارز می شود. این سیستمهای کنترل با استهلاک بخش زیادی از انرژی ورودی باعث کاهش تغییر مکان و کاستن ارتعاش سازه می شود [۱].

۲. میراگر جرمی تنظیم شده (TMD)^۱

یک میراگر جرمی تنظیم شده دستگاهی است متشکل از یک جرم، یک فنر و یک میراگر که به سازه متصل شده و هدف آن نیز کاهش پاسخ دینامیکی سازه می باشد. فرکانس میراگر با یک فرکانس سازه ای خاص تنظیم می شود تا وقتی این فرکانس فعال شد، میراگر با اختلاف فازی نسبت به حرکت سازه به جنبش در آید. شکل (۱)



شکل (۱): میراگر جرمی تنظیم شده [۲]

۳. معرفی مدل های سازه ای

یک قاب دو بعدی بتنی ۱۶ طبقه دارای سه دهانه ۵ متری که برای بارهای ثقلی و زلزله آنالیز می گردد. بار یکنواخت ناشی از بار مرده و زنده به ترتیب ۲.۵ تن بر متر و ۱ تن بر متری باشد. قاب مورد مطالعه نیازهای طراحی آئین نامه را برآورده می سازد. طراحی بر مبنای آئین نامه ACI می باشد. مقاومت تسلیم فولاد ۴۲۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و مقاومت فشاری بتن ۳۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع است. قاب با شکل پذیری ویژه ($R=10$) در نظر گرفته شده است.

¹ Tuned Mass Damper



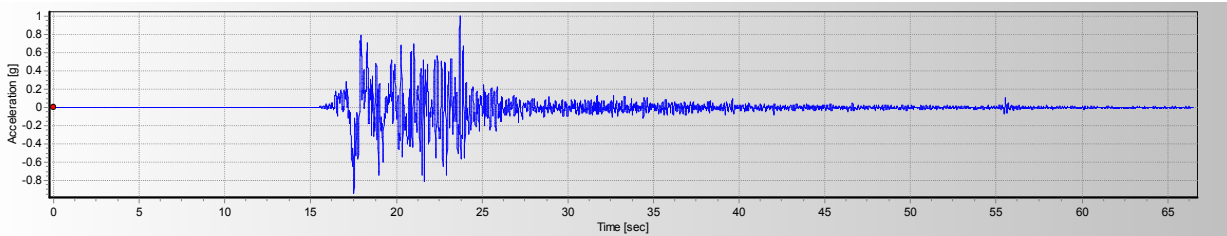
۴. سیستم میراگر جرمی تنظیم شده

نسبت جرم، نسبت میرایی و نسبت تنظیم میراگر سه پارامتر اصلی در طرح این گونه سیستم ها محسوب می شود. نسبت جرم - نسبت جرم میراگر به جرم کل سازه - تابعی از فضای موجود جهت اجرای سیستم کنترل و حداکثر وزن قابل تحمل توسط سازه می باشد. در این تحقیق نسبت جرمهای ۱٪، ۳٪، ۵٪ و ۷٪ در نظر گرفته شده است. نسبت میرایی میراگر تابعی از سخت افزارهای موجود در طرح کنترل می باشد. در اینجا از نسبت میرایی ۱۰٪ استفاده شده است.

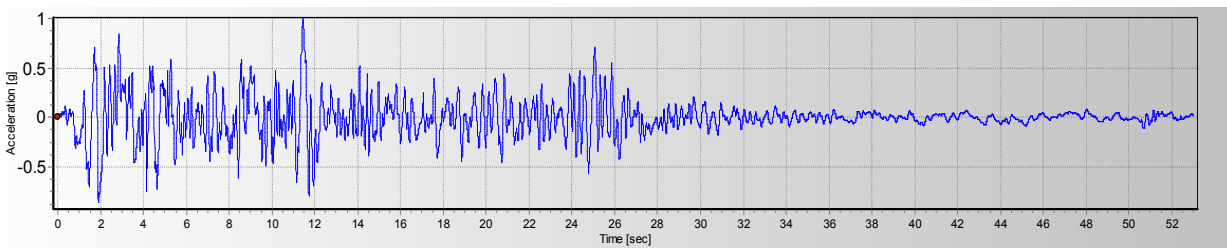
شاید بتوان نسبت تنظیم میراگر را پیچیده ترین پارامتر در طرح میراگر جرمی نامید. با مطالعه رفتار سازه کنترل شده توسط سیستم TMD مشاهده می شود که نسبت میرایی سازه کنترل شده متأثر از نسبت تنظیم میراگر می باشد. نسبت تنظیم واحد برای این تحقیق در نظر می گیریم.

۵. شتاب نگاشت ها

به منظور ارزیابی روشهای کنترل پیشنهادی، شتابنگاشت میدان دور السنتر و شتابنگاشت میدان نزدیک بم گزینش شده است. شکل (۲) و شکل (۳)



شکل (۲): شتاب نگاشت زلزله بم، ایران

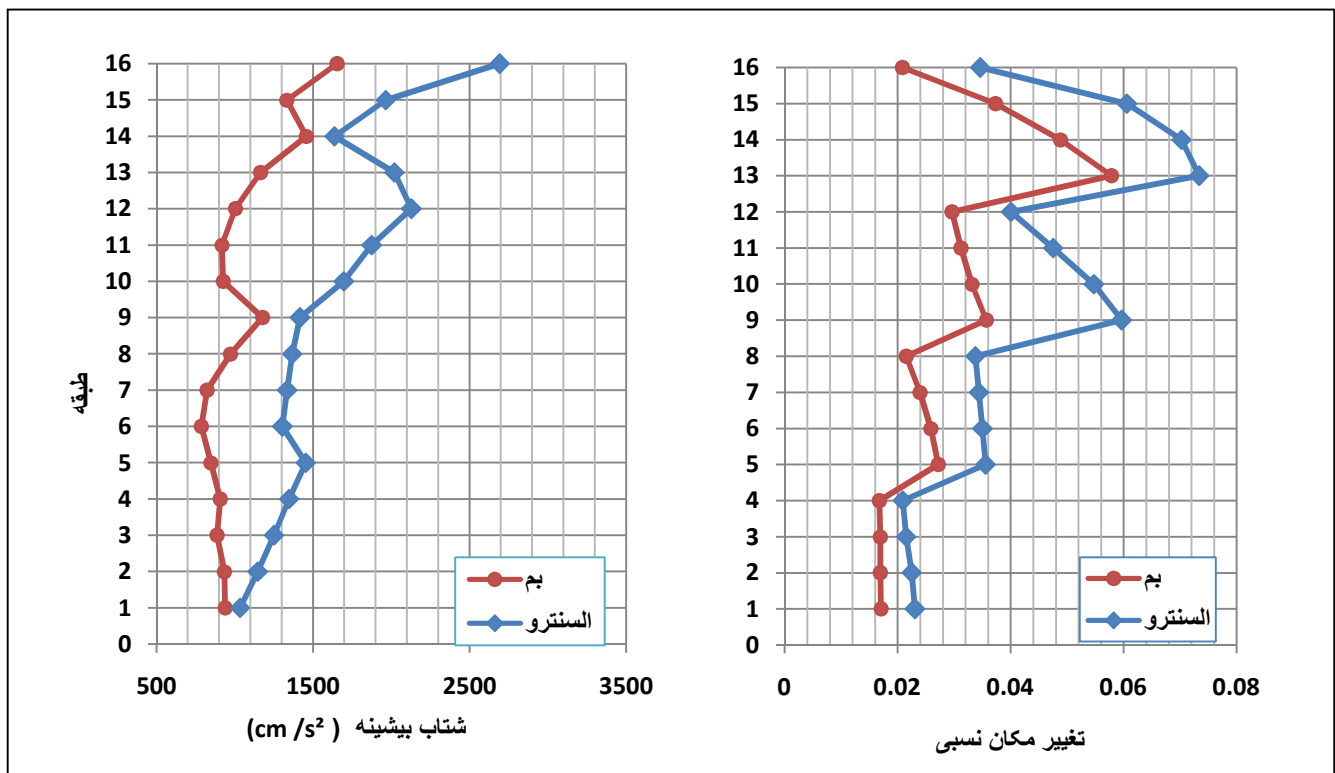


شکل (۳): شتاب نگاشت زلزله السنتر و، کالیفرنیا



۶. معیارهای ارزیابی

معیار ارزیابی سیستم سازه ای معرفی شده بر حسب تغییر مکان نسبی و شتاب طبقات می باشد. در شکل (۴) مقادیر تغییر مکان نسبی و شتاب بیشینه طبقات نشان داده شده است. نتایج ارایه شده در این شکل نشان می دهد که، حداکثر جابه جایی نسبی در طبقه ۱۳ اتفاق می افتد. این مطلب مبین رفتار برشی سازه با نقطه عطف خمشی در طبقات بالا می باشد. به طور کلی، علی رغم اینکه شتاب پایه ها هم مقیاس می باشند، ولی مقادیر پاسخ ها برای زلزله السنترو بیشتر بوده، که این به دلیل نزدیک بودن محتوای فرکانسی زلزله السنترو به فرکانس پایه سازه می باشد.



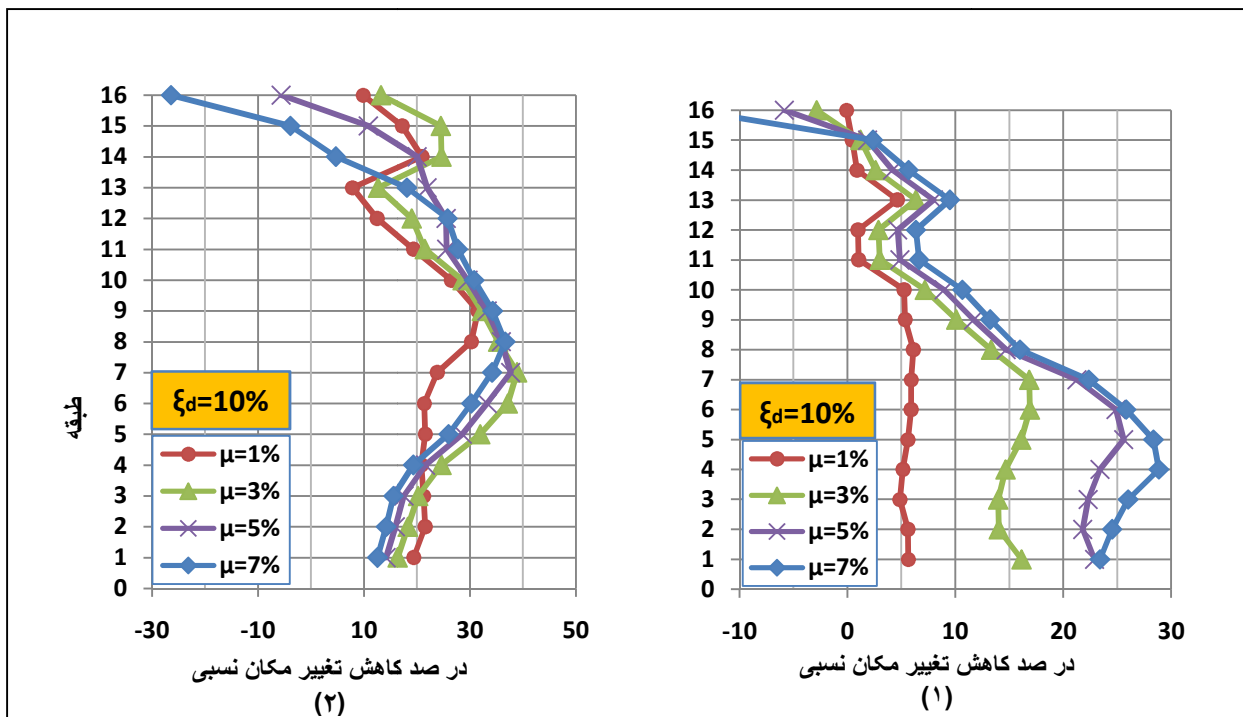
شکل (۴): توزیع تغییر مکان نسبی و شتاب بیشینه



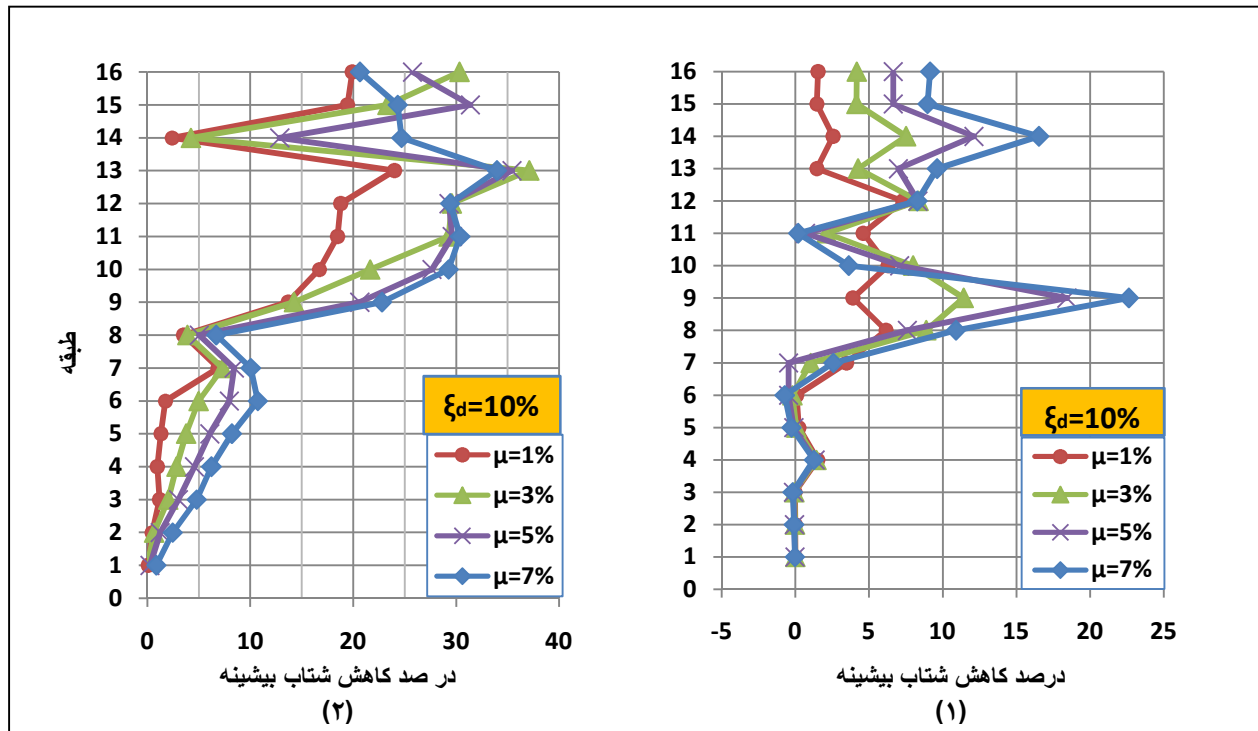
۷. نتایج تحلیل سازه کنترل شده توسط تک میراگر

در زلزله بم در نسبت میرایی ثابت با افزایش نسبت جرم میراگر، تغییر مکان نسبی بیشینه طبقات کاهش می یابد. اختلاف در درصد کاهش در طبقات پائین تر قابل ملاحظه است. شکل (۵-۱). حداکثر کاهش به ازای بیشترین نسبت جرم، در طبقات پائین، ۳۰ درصد می باشد. در زلزله السنترو با افزایش نسبت جرم، تغییر مکان نسبی بیشینه طبقات فوقانی افزایش می یابد. بیشترین کاهش به ازای نسبت جرم ۳٪، در طبقات میانی، ۳۰٪ می باشد. این کاهش برای طبقات پایین بین ۱۰٪ تا ۲۰٪ است. شکل (۵-۲).

در زلزله بم در نسبت میرایی ثابت با افزایش نسبت جرم، شتاب بیشینه طبقات فوقانی و میانی کاهش می یابد. حداکثر مقدار کاهش برای طبقات فوقانی (۱۶-۱۳)، ۲۴ درصد و برای طبقات میانی (۱۱-۸)، ۳۰ درصد می باشد. شکل (۶-۱). در زلزله السنترو در نسبت میرایی ثابت با افزایش نسبت جرم میراگر، شتاب بیشینه طبقات کاهش می یابد. بیشینه کاهش برای طبقات میانی بین ۳۵ تا ۴۰ درصد و برای طبقات بالایی بین ۲۰ تا ۳۰ درصد می باشد. شکل (۶-۲).



شکل (۵): درصد کاهش تغییر مکان نسبی بیشینه. ۱- تحت شتاب پایه بم. ۲- تحت شتاب پایه السنترو



شکل (۶): در صد کاهش شتاب بیشینه. ۱- تحت شتاب پایه بم. ۲- تحت شتاب پایه الاسترو

۸. نتایج تحلیل سازه کنترل شده توسط دو میراگر

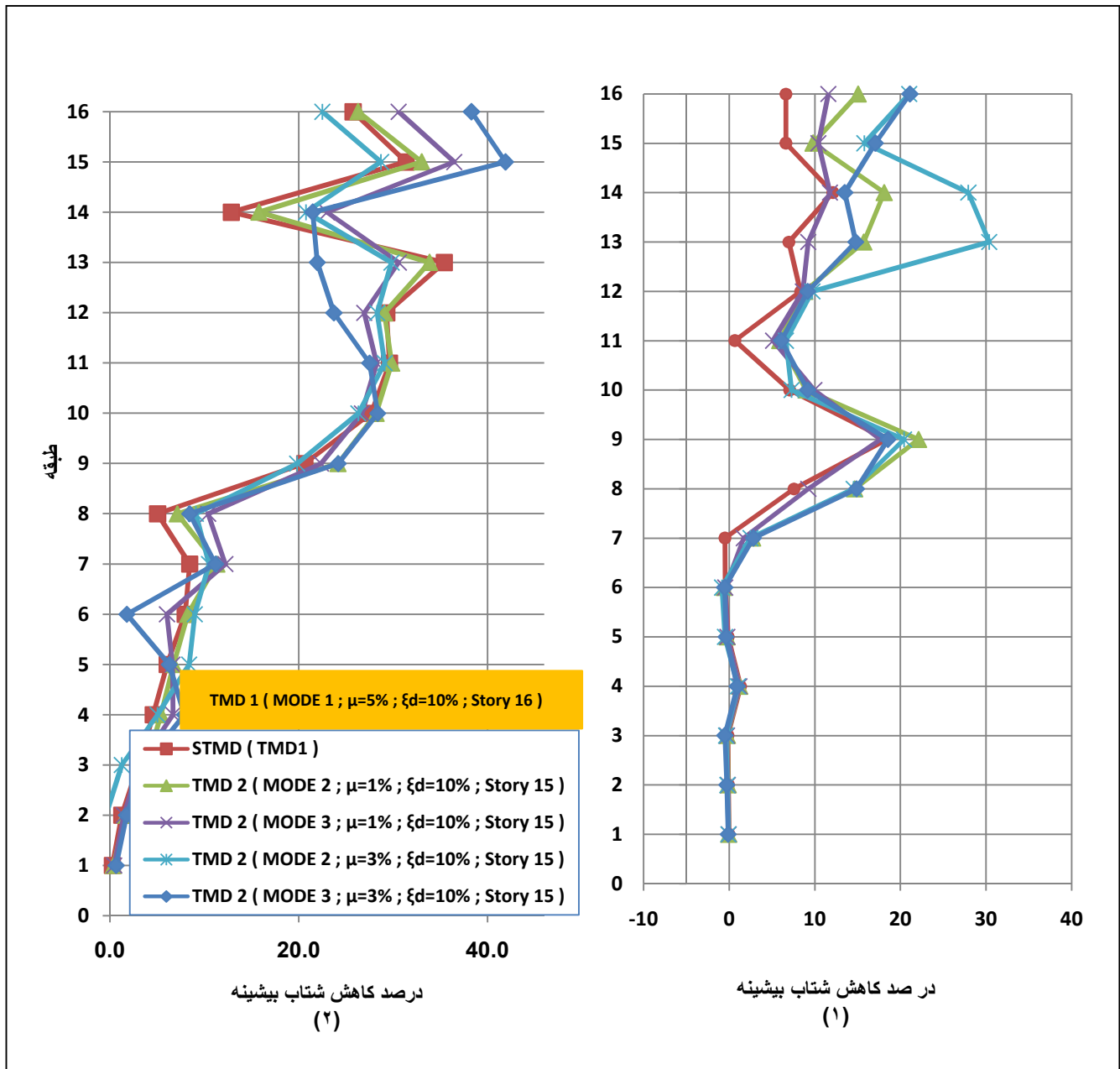
در طراحی دو میراگر جرمی تنظیم شده، انتخاب مکان TMD دوم و تنظیم آن روی یکی از مدهای سازه، پارامترهای اصلی طراحی محسوب می شوند. به این منظور ابتدا TMD دوم روی طبقات مختلف قرار داده شده و سپس روی مدهای مختلف سازه تنظیم شده است. در کلیه شکل ها، میراگر جرمی اول ($TMD-1$) با نسبت جرم ۵ درصد، نسبت میرایی ۱۰ درصد و نسبت تنظیم واحد در بام سازه قرار داده شده است.

نتایج حاکی از آن است که بهترین حالت برای کاهش تغییر مکانهای نسبی بیشینه، قرار دادن تمامی جرم در طبقه بام است. تغییر مکان های نسبی بیشینه، با قرار دادن TMD دوم در طبقات میانی تغییر چندانی نمی کنند.

در زلزله بم با قرار دادن TMD اول با نسبت جرم ۵ درصد روی طبقه ۱۶ و تنظیم روی مد اول سازه و TMD دوم با نسبت جرم ۱ درصد، روی طبقه ۱۵ و تنظیم روی مد دوم سازه، شتاب طبقات فوقانی و میانی در مقایسه با حالتی که یکی TMD با نسبت جرم ۵ درصد روی طبقه بام قرار دارد، ۸ درصد بیشتر کاهش می



یابد (شکل ۷-۱). در زلزله السترو با قرار دادن TMD اول با نسبت ۵ درصد روی طبقه ۱۶ و تنظیم روی مد اول سازه و TMD دوم به میزان ۳ درصد روی یک طبقه فوقانی (طبقه ۱۵) و تنظیم روی مد سوم سازه شتاب طبقات بالایی (طبقه ۱۰ به بالا) به میزان ۱۰ درصد نسبت به حالت تک TMD بیشتر کاهش می یابد. (شکل ۷-۲)



شکل (۷): درصد کاهش شتاب بیشینه. ۱- تحت شتاب پایه ب.م. ۲- تحت شتاب پایه السترو



۹. نتیجه گیری

در طراحی یک میراگر جرمی تنظیم شده علاوه بر دو پارامتر نسبت جرم و نسبت میرایی TMD ، نوع زلزله اعمالی به سازه (میدان دور یا نزدیک) بسیار اهمیت دارد. قرارداد TMD در بام سازه در کاهش تغییر مکان نسبی طبقات فوقانی (۳-۲ طبقه آخر) موثر نمی باشد و در برخی موارد آنها را بسیار افزایش داده، ولی تغییر مکان نسبی طبقات میانی را به خوبی کاهش می دهد. این کاهش برای زلزله السنترو بیشتر می باشد. تغییر مکان نسبی بیشینه که در طبقه ۱۳ رخ می دهد، تحت هر یک از دو زلزله بم و السنترو کاهش قابل توجهی نسبت به کاهش سایر پارامترها ندارند (حداکثر ۱۵ درصد برای زلزله بم). این طور به نظر می رسد که TMD در کاستن تغییر مکان نسبی بیشینه سازه ها، به خصوص برای زلزله های میدان نزدیک، موثر نمی باشد.

هر چه نسبت جرم و نسبت میرایی میراگر، زیادتر انتخاب شود، شتاب بیشینه طبقات بهتر کاهش می یابد. کاهش شتاب برای طبقات بالاتر سازه قابل ملاحظه تر است. برای کاهش شتاب طبقات میانی استفاده از میراگر دوم توصیه می شود.

۱۰. مراجع

1. **Yang, G.** Large-Scale Magnetorheological Fluid Damper for Vibration Mitigation: Modeling, Testing and Control. Ph. D. thesis. Notre Dame, Indiana : University of Notre Dame, December 2001.
2. **Reinhorn, A.M.** Structural Control: An Introduction to Passive, Active and Hybrid Systems. [Online] 01, 25, 2004. <http://civil.eng.buffalo.edu/technion>.