



## مقایسه عملکرد میراگر اصطکاکی پال در زلزله‌های نزدیک گسل و دور از گسل با استفاده از تحلیل تاریخیچه زمانی غیرخطی

کلثوم جعفرزاده<sup>۱</sup>، حامد ترابی<sup>۲</sup>

۱- مدرس گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد صوفیان

۲- مدرس گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر

[m.jafarzadeh@tabrizu.ac.ir](mailto:m.jafarzadeh@tabrizu.ac.ir)

### خلاصه

از حدود نیم قرن پیش زمین لرزه‌ها را بر حسب فاصله ثبت رکورد تا گسل به دو دسته زلزله‌های حوزه نزدیک و حوزه دور تقسیم کرده‌اند، به‌طوریکه حرکت‌های زمین نزدیک گسل گزارش شده در زلزله‌های مهم اخیر به جهت نزدیکی فاصله محل منبع انتشار موج، دارای پالس سرعت با زمان تناوب بزرگ با تغییر شکل ماندگار زمین می‌باشند. این پالس سرعت در زمان شروع زلزله سبب ایجاد انرژی ورودی بالا در مدت زمان کوتاهی در سازه‌ها می‌گردد. در بسیاری از مطالعات اخیر اثرات حرکت زمین نزدیک گسل روی تعدادی از سازه‌های مهندسی عمران مورد بررسی واقع گردیده که می‌توان به- وضوح در این مطالعات اهمیت تأثیر حرکت زمین نزدیک گسل را به طور چشمگیری بر پاسخ سازه‌ها مشاهده کرد. امروزه استفاده از سیستم‌های مستهلک کننده انرژی به منظور کاهش ارتعاشات لرزه‌ای سازه‌ها بسیار مرسوم شده است که یکی از این سیستم‌های مستهلک کننده انرژی، میراگرهای اصطکاکی است که در زمره سیستم‌های کنترل غیرفعال می‌باشند و زمانی فعال می‌شوند که نیرو در آنها به تراز معین از پیش تعیین شده‌ای (بار لغزش بهینه) برسد. در این تحقیق به منظور بررسی تأثیر میراگر اصطکاکی پال بر پاسخ ارتعاشات لرزه‌ای تعدادی از مدل‌های سازه‌ای بصورت دو بعدی با قاب خمشی فولادی ویژه در نرم افزار OpenSees مدل‌سازی شده و آنالیز تاریخیچه زمانی غیرخطی به ازای بار طراحی لغزش تحت شتاب نگاشت افقی زلزله‌های نزدیک گسل و دور از گسل انجام یافته و مقدار کاهش پاسخ تغییرمکان، شتاب و برش پایه مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است.

**کلمات کلیدی:** میراگر اصطکاکی پال، زلزله نزدیک گسل، زلزله دور از گسل، بار لغزش بهینه، تحلیل تاریخیچه زمانی غیرخطی.

### ۱. مقدمه

زلزله یکی از آشناترین بلایای طبیعی است که هر ساله باعث خسارات جانی و مالی بسیاری می‌شود و همین امر موجب شده تا محققان بسیاری بر روی این پدیده به تحقیق و بررسی بپردازند [۱]. مطالعه زلزله‌های شدید در سالهای اخیر نشان داده‌اند که زلزله‌های نزدیک گسل دارای خصوصیتی ویژه می‌باشند به‌طوریکه این ویژگیها باعث تفاوت زلزله‌های نزدیک گسل با زلزله‌های دور از گسل می‌شود، در طی تحقیقاتی که در این زمینه انجام شده مشخص گردید که نگاشت‌های نزدیک گسل دارای مدت زمان مؤثر کمتری نسبت به نگاشت‌های دور از گسل هستند و در نگاشت‌های سرعت نزدیک گسل، یک یا چند پالس ضربه‌ای با دامنه بزرگ و دوره تناوب زیاد وجود دارد که ناشی از اثرات جهت‌پذیری می‌باشد [۲]. این پالس‌ها توسط لغزش ایجاد می‌شود و باعث ورود ناگهانی انرژی بزرگی از زلزله به سازه می‌گردند [۳]. زلزله‌های شدید وقوع یافته در جهان به ویژه پس از زلزله‌های Lomapieta و Northridge 1994 منجر به توسعه سیستم‌های اتلاف انرژی غیرفعال گردید تا با تمرکز انرژی ورودی و تغییر شکل‌های پلاستیک به هنگام زلزله در سیستم‌های اتلاف انرژی مانع انهدام و آسیب به سیستم مقاوم ثقلی گردند [۴]. مطالعات و تحقیقات اخیر حاکی از آنست که کنترل ارتعاشات لرزه‌ای به روشهای متعددی امکان پذیر می‌باشد که علت انتخاب میراگرهای اصطکاکی سادگی مکانیزم ساخت، عدم احتیاج به مصالح گران قیمت و خاص و در نهایت تولید و آزمایش این وسایل می‌باشد، به‌طوریکه مزیت‌های مذکور سبب گردیده که بررسی کارایی میراگرهای اصطکاکی، گزینه مناسبی جهت تحقیق و مطالعه روشهای کنترل محسوب گردد. در این تحقیق تأثیر میراگر اصطکاکی پال بر پاسخ ارتعاشات لرزه‌ای سازه‌های فولادی خمشی در زلزله‌های نزدیک و دور از گسل بررسی می‌گردد.

### ۲. میراگر اصطکاکی پال و نحوه عملکرد آن

طراحی این میراگرها نخستین بار توسط محققین کانادایی پال و مارش (1982) پیشنهاد گردیده است [۱]. این سیستم اساساً شامل یکسری صفحات فولادی می- باشد که به وسیله پیچهای پرمقاومت فولادی به یکدیگر متصل می‌شوند و مجاز به لغزش تحت بار از پیش تعیین شده‌ای می‌باشند. در هنگام زلزله میراگرهای