



کد مقاله: ۲-۱۱۵

بررسی تاثیر میراگر در یک سیستم مستهلک کننده انرژی جدید در طبقه اول نرم

احمد صحاف^۱، رضا رازانی^۲، اشکان شریفی زروانی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات فارس، ahmadsahaf2014@gmail.com

۲ و ۳- عضو هیات علمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات فارس

چکیده:

طبقه نرم طبقه ای است که در مقابل بارهای جانبی به عنوان نرم ترین طبقه کمترین مقاومت جانبی را داشته و عملکردی ضعیف از خود نشان می دهد این ضعف طبقه اول نرم باعث می شود که در اثر حرکت جانبی سازه، مرکز جرم سازه نسبت به حالت اولیه خود در تراز پایین تری قرار گرفته، باعث کاهش انرژی پتانسیل سازه گردیده و احتمال برگشتن سازه به حالت اولیه خود کم شده و یا وجود ندارد و در حرکات جانبی زیاد با وجود آمدن پدیده $p-\Delta$ طبقه اول نرم تخریب گردیده، تعادل سازه ناپایدار شده و سازه فرو می ریزد. یکی از مسائل مهم در طراحی سازه ها، کاهش نیروهای جانبی وارد به سازه می باشد و یکی از راه های کاهش این نیروها استفاده از جداسازهای سازه ای می باشد. در این مقاله در ابتدا سیستمی تحت عنوان "میراگر- جداساز" جدید معرفی میگردد که شامل ستون های مایل به همراه میراگر های چرخشی اصطکاکی در تراز پی و سقف طبقه اول نرم می باشد. در این سیستم با حرکت ستونهای مایل تحت نیروی زلزله، مرکز جرم سازه نسبت به حالت اولیه خود در تراز بالاتری قرار می گیرد و در حرکت رفت و برگشتی ناشی از زلزله، با ایجاد حرکت انتقالی و دورانی در سازه، مقداری از انرژی زلزله ورودی به سازه مستهلک می شود. در این پژوهش اثر وجود میراگر در این مستهلک کننده انرژی جدید مورد ارزیابی قرار گرفته است. مدل سازی های سیستم پیشنهادی را در فضای دو بعدی برای سه حالت سازه های کوتاه (۵ طبقه)، متوسط (۱۰ طبقه) و بلند (۲۰ طبقه) و همچنین آنالیز تاریخچه زمانی غیر خطی تحت شتاب نگاشت های نرمالیزه شده *chichi*, *Northridg*, *Tabas* توسط نرم افزار *SAP2000V15.1* انجام گرفته و طبق نتایج بدست آمده وجود میراگر در سیستم پیشنهادی عاملی موثر در جهت عملکرد بهتر سیستم پیشنهادی در میزان کاهش بیشتر نیروهای جانبی وارد بر سازه در هنگام زلزله می باشد.

کلمات کلیدی: ستون مایل، میراگرهای چرخشی اصطکاکی، ایزولاسیون لرزه ای، طبقه نرم

۱- مقدمه

در این پژوهش در نظر است که در ابتدا سیستمی جدید برای مقابله با زلزله در طبقه اول نرم پیشنهاد می شود که خصوصیت میراگر و جداساز را داشته و انرژی ورودی به سازه ناشی از زلزله را به صورت اصطکاکی جذب و مستهلک نماید. بخشی از این سیستم، میراگرهای چرخشی اصطکاکی می باشد که در این تحقیق مورد بررسی قرار می گیرد. به منظور ساخت ساختمان های مقاوم در برابر نیروهای زلزله، استفاده از مستهلک کننده های انرژی، یکی از روش هایی می باشد که می تواند از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد. میراگرهای اصطکاکی یکی از

انواع وسایل اتلاف انرژی است که می تواند عملکرد خوبی در مقابل نیروهای وارده به سازه از جمله زلزله داشته باشد و از اقتصادی ترین میراگرها نیز به شمار می آید.

بدیهی است اصطکاک موجود بین سطوح تماس، مانع از حرکت اتصال می شود اما هنگامی که اتصال لغزش کند، درصدی از انرژی ورودی صرف مقابله با نیروی اصطکاک شده که در واقع باعث مستهلک شدن بخشی از انرژی ورودی به سازه می شود که بیشتر بصورت انرژی گرمایی و حرارت می باشد. به عبارت دیگر درصدی از انرژی ورودی در اتصال مستهلک می گردد.

اولین مطالعات آزمایشگاهی در مورد اتصال لویبایی شکل به مطالعات ونوتی (venuti) در سال ۱۹۷۶ و زوتی (zsutty) در سال ۱۹۸۴ برمی گردد. پس از آن در سال ۱۹۸۹ فیتز جرالده (fitzgerald) نتایج کاملتری را در رابطه با میراگرهای اصطکاکای ارائه نمود. [۱]

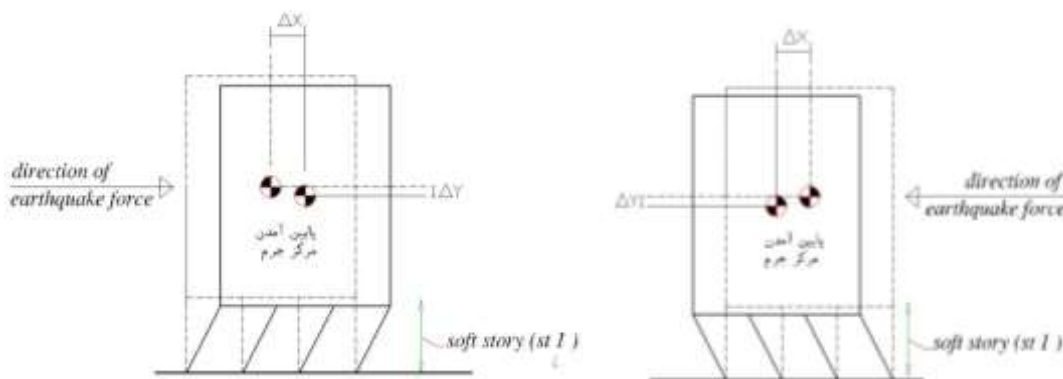
در سال ۱۹۹۳ گرگوریان به منظور افزایش مقاومت سایشی و بالا بردن کارایی میراگرهای اصطکاکای از فلز برنج ما بین سطوح لغزش استفاده کرد [۲] پال و مارش نیز یک نوع میراگرهای اصطکاکای بخصوص برای بادبندهای متقاطع با استفاده از اتصال لویبایی طراحی نمودند. در ادامه و به منظور بررسی دقیق تر رفتارهای لرزه ای این گروه از میراگرها، مدل های متعددی توسط میز ارتعاش شبیه سازی و مورد مطالعه قرار گرفت، در سال ۱۹۸۷ فیلیا ترلوت و چری یک قاب سه طبقه همراه با میراگر اصطکاکای را مورد آزمایش قرار دادند [۳].

ایکن و همکاران نیز در همان سال یک نوع میراگر اصطکاکای را در یک قاب نه طبقه مورد مطالعه قرار دادند [۷]. با توجه به کارایی و عملکرد مطلوب این میراگرها در بارهای دینامیکی، همچنان مطالعات تئوری و آزمایشگاهی در رابطه با آنها ادامه دارد [۴-۵]. با توجه به رضایت بخش بودن نتایج بدست آمده از مطالعات تحقیقاتی، کاربرد عملی و تجاری میراگرهای اصطکاکای نیز مورد توجه قرار گرفته است. بخصوص به منظور مقاوم سازی ساختمان های موجود، استفاده از این گروه میراگرها یکی از اولویت های اصلی به شمار می آید [۶-۷].

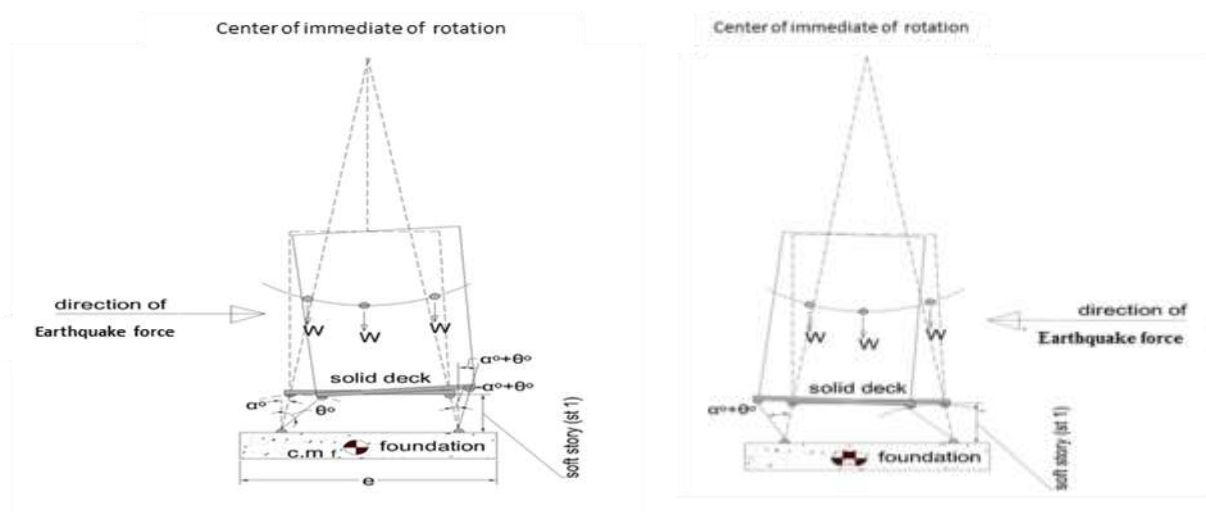
۲- معرفی سیستم پیشنهادی

۲-۱- مزایای طبقه اول نرم بلند شونده :

وجود طبقه اول نرم در ساختمانها معمولاً به عنوان یک ضعف از آن یاد می شود و در آئین نامه های زلزله وجود این نوع طبقات که دارای نرمی و تغییر شکل جانبی زیاد می باشد ممنوع گردیده است. یکی از ضعف های طبقات نرم مسئله پایین آمدن مرکز ثقل ساختمان متکی بر ستونهای موازی طبقه اول نرم در اثر حرکت جانبی زیاد از حد می باشد و در نتیجه ساختمان های متکی بر این گونه ستونها یا فرومی ریزند و یا به صورت کج شده و فرو افتاده باقی می مانند (شکل ۱) که بازگشت آنها به جای اولشان عملاً غیر ممکن است. در این پژوهش پیشنهاد می شود که به جای ستون های معمولی قائم از ستون های مایل یا مورب به صورت / استفاده گردد یعنی امتداد ستون های مایل ساختمان در نقطه ای در بالای ساختمان که به صورت یک مرکز دوران کل ساختمان عمل خواهد کرد یکدیگر را قطع کنند و به محل تقاطع اعضا مایل مرکز آنی دوران گفته می شود. به این ترتیب از لحاظ سینماتیکی (حرکت شناسی) چنین به نظر می رسد که ساختمان حول مرکز آنی دوران به صورت یک آونگ فیزیکی حرکت می کند و به این ترتیب درحین نوسان مرکز ثقل ساختمان بالاتر از محل آن در حالت سکون قرار خواهد گرفت (شکل ۲) ولذا ساختمان به جای فرو افتادن در موقعیتی بالاتر قرار خواهد گرفت و پس از تمام شدن ارتعاشات زلزله به جای اولیه خود بر خواهد گشت یعنی با استفاده از ستون های مایل ذکر شده هر حرکت ناشی از زلزله باعث افزایش انرژی پتانسیل ساختمان گردیده و مقداری از انرژی زلزله را جذب می کند.



شکل ۱: پایین آمدن مرکز ثقل ساختمان در حالتیکه ستونهای طبقه اول نرم عمود هستند



شکل ۲: بالا رفتن مرکز ثقل ساختمان به علت استفاده از ستونهای مایل و عملکرد سازه همانند آونگ فیزیکی

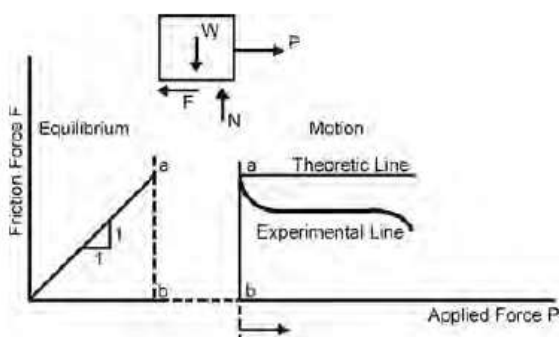
۲-۲- مزایای حرکت پاندولی :

علاوه بر مزیت افزایش انرژی پتانسیل فوق الذکر ، خاصیت دیگر حرکت آونگی این است که سقف طبقه اول ساختمان که بر روی ستون های مایل طبقه اول نرم قرار دارد واز یک طبقه صلب تشکیل شده است نسبت به بام ساختمان در حرکت آونگی خود حول مرکز آنی دوران (محل تلاقی اعضا مایل) حد اکثر تغییر شکل جانبی خواهد داشت و بنابراین طرح پیشنهادی دو مشکل را حل خواهد کرد: یکی اینکه تغییر شکل جانبی بام ساختمان (Drift) تقلیل یافته و بسیار کمتر از تغییر شکل جانبی سازه های مشابه متداول که به صورت طره ای عمل می کنند، خواهد بود. لازم بذکر است که در نوع پیشنهادی تغییر شکل طبقه اول نسبت به سایر طبقات در صورت صلب بودن ساختمان حداکثر تغییر مکان را خواهد داشت به عبارت دیگر هر چه میزان سختی و صلبیت سازه بیشتر باشد رفتار سازه به رفتار مورد نظر نزدیکتر می باشد و دیگر اینکه

ساختمان علاوه بر حرکت جانبی دارای حرکت دورانی حول مرکز آنی دوران داشته و قسمت زیادی (متنابعی) از انرژی جنبشی ناشی از زلزله به صورت انرژی جنبشی دورانی جذب ساختمان خواهد شد. [۹]

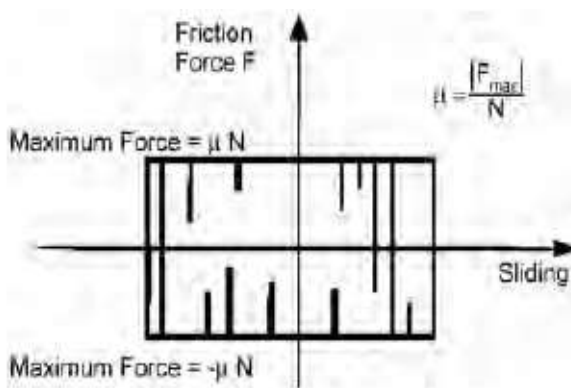
۳-۲- تئوری میراگرهای اصطکاکی:

هنگامی که یک جسم مطابق شکل (۳) تحت نیروی جانبی P قرار می گیرد ، با افزایش نیرو از حد نیروی اصطحکاک F ، جسم بصورت ناگهانی شروع به حرکت می کند .حرکت جسم از یک سو و نیروی اصطحکاک موجود مابین سطوح تماس از سوی دیگر باعث تولید انرژی گرمایی در سطح تماس جسم می شود.



شکل ۳: رابطه نیروی اصطحکاک با نیروی عمود بر سطح

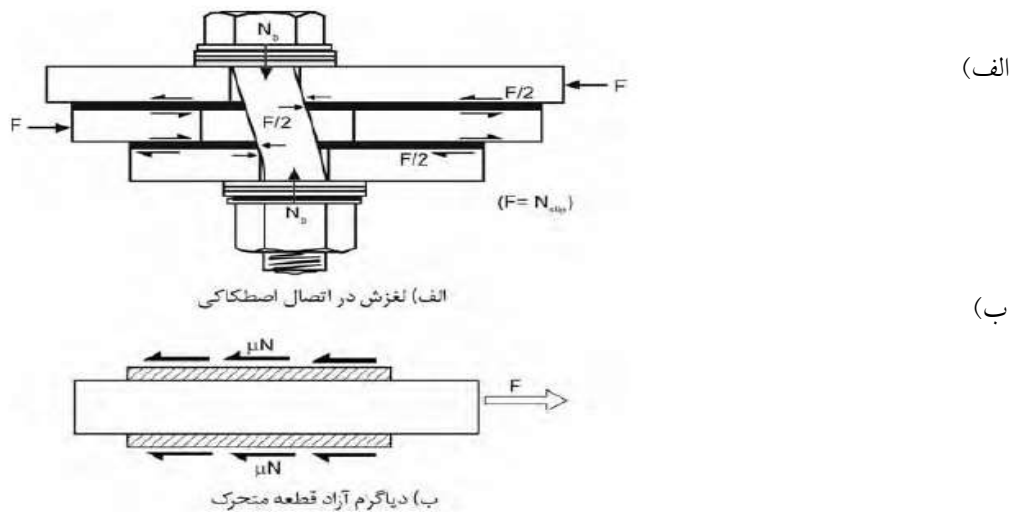
اکنون اگر نیروی وارده دینامیکی باشد ، اصطحکاک ما بین سطوح متحرک، حرارت و گرمای زیادی را در هر حرکت رفت و برگشتی تولید می کند. شکل (۴) انرژی تلف شده از اصطحکاک را تحت یک نیروی دینامیکی نشان می دهد. این انرژی گرمایی همان استهلاک انرژی است که در یک میراگر اصطحکاک تولید می شود. [۸].



شکل ۴: عملکرد دینامیکی اتصال لوبیایی

میراگرهای اصطحکاکی یکی از ساده ترین انواع وسایل اتلاف انرژی در سازه به شمار می آیند. این گونه وسایل اتلاف انرژی با استفاده از اتصالات اصطحکاکی همراه با سوراخ های لوبیایی شکل مطابق اتصال شکل (۵-الف) طراحی می گردند، در صورتی که نیروی اعمال شده به اتصال اصطحکاکی از بار لغزش اتصال بزرگتر شود، سطوح به طور ناگهانی شروع به حرکت می کنند. اما پس از حرکت با توجه به جنس سطوح تماس ، مقدار نیروی اصطحکاکی نسبت به شروع حرکت تغییر می کند و بسته به دامنه جا به جایی نیز این تغییرات متفاوت است. شکل (۳).

بنابراین اگر بتوان نیروی اصطحکاکی مشخصی را در یک اتصال یا یک عضو ایجاد کرد ، به طوری که مقدار این نیرو قابل کنترل باشد ، میراگر مورد نظر تولید شده است.



شکل ۵: اتصال اصطحکاکی یا سوراخ لوبیایی

نیروی لغزش در اتصال شکل (۵-ب) با توجه به دیاگرام آزاد جسم مطابق رابطه (۱) محاسبه می گردد.

$$F_{slip} = 2\mu N \quad (1)$$

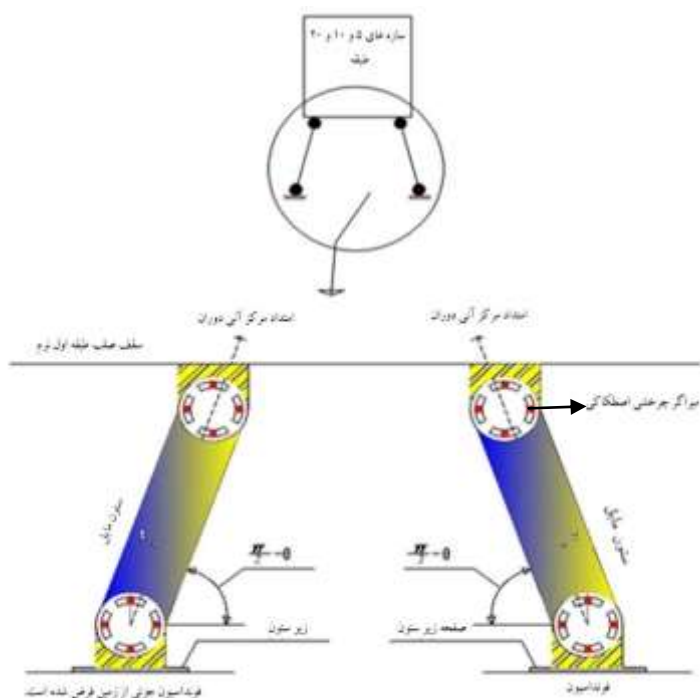
با شروع حرکت و تغییر مکان در میراگر اصطحکاکی ، حرارت و انرژی گرمایی در فصل مشترک دو سطح تولید می شود . با توجه به شکل (۲) انرژی حرارتی تولید شده برای یک سیکل کامل بار گذاری به صورت رابطه (۲) قابل محاسبه است.

$$E_d = 4F_{slip}\Delta \quad (2)$$

Δ و F_{slip} به ترتیب طول لغزش و بار لغزش ، μ ضریب اصطحکاکی ، N نیروی عمود بر سطح لغزش و E_d انرژی گرمایی است بنابراین و مطابق رابطه (۲) انرژی حرارتی تولید شده به بار لغزشی و طول مسیر لغزش (دامنه جابه جایی) وابسته است که با افزایش هر یک از مقادیر جابه جایی و یا بار لغزش ، انرژی اتلافی نیز به صورت خطی افزایش می یابد. اکنون اگر بتوان هر یک از پارامترهای فوق را برای یک سازه محاسبه کرد می توان میرای مطلوب جهت کنترل ارتعاشات دینامیکی آن دست یافت و در حقیقت میراگر اصطحکاکی لازم برای آن سازه طراحی شده است [۱۰]

۳-۴- مزایای میراگر اصطحکاکی چرخشی در محل اتصال ستونهای مایل به سقف طبقه اول و زمین :

با توجه به مقدار قابل توجه چرخش ستون های مایل طبقه اول در سازگاری با حرکت آونگی ساختمان استفاده از اتصالات چرخشی بین انتهای ستونها و تیرهای طبقه اول و همچنین اتصال آنها با صفحات زیر ستون متصل به شالوده وجود خواهد داشت. بنا براین استفاده از اتصالات چرخشی در دو انتهای ستونهای مایل می تواند به عنوان یک میراگر اصطکاکی استفاده شود که این خود نیز باعث جذب انرژی و تقلیل دامنه نوسانات آونگی ساختمان در زمان رخ دادن زلزله و پس از آن می گردد. ضمناً وجود این اصطکاک باعث می گردد سازه ساختمان در اثر زلزله های خفیف و یا بادهای با شدت کم و متوسط از جای خود تکان نخورد و دچار ارتعاش نگردد.



شکل ۶: مجموعه میراگرهای اصطکاکی چرخشی و ستونهای مایل به عنوان یک سیستم مستهلک کننده انرژی

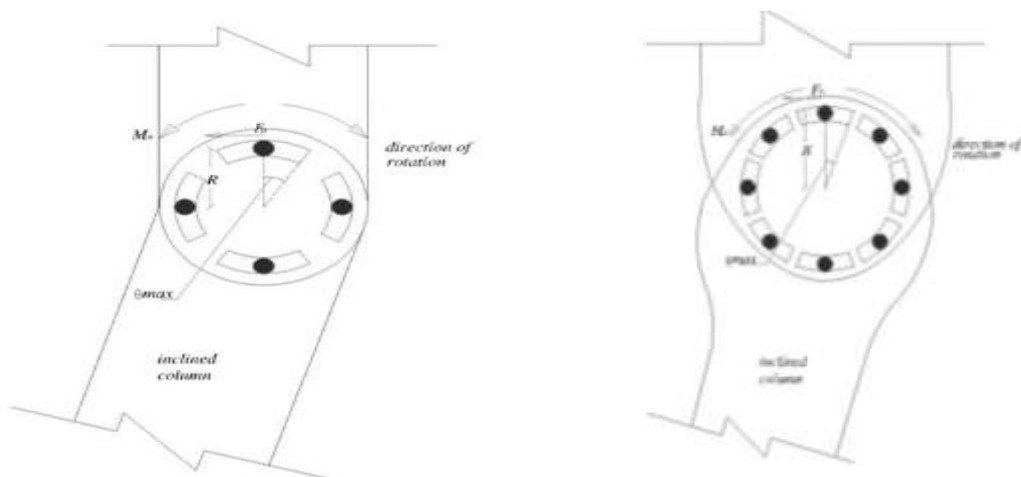
۳- میراگر استفاده شده در سیستم پیشنهادی

همانطور که در بخش های قبلی اشاره شد در سیستم پیشنهادی در محل اتصال اعضا مایل به سقف طبقه اول و فونداسیون از میراگر چرخشی اصطکاکی که در شکل زیر نشان داده شده است استفاده شده است. (شکل ۷)

میراگر نامبرده شده از صفحات فولادی و پیچهای پرمقاومت تشکیل شده که در یک صفحه شیارهای لوبیایی شکل قرار دارد که طول این شیارها به اندازه حداکثر جابجایی سقف طبقه اول نرم در نظر گرفته می شود و در صفحه دیگر سوراخهایی به اندازه قطر پیچهای بکار برده شده استفاده شده است. هنگامی که سازه تحت نیروهای جانبی قرار می گیرد با حرکت پیچها درون شیارهای لوبیایی شکل و در واقع حرکت صفحات فولادی نسبت به یکدیگر بخشی از انرژی وارد به سازه مستهلک خواهد شد. لازم بذکر است که هرچه تعداد صفحات در میراگر

بیشتر باشد نیروی اصطکاک بیشتر و درصد میرایی بیشتری شود و اثر تعداد صفحات در فرمول مربوط به نیروی اصطکاک لحاظ شده است. در صورتی که نیروی وارد بر اعضاء مایل زیاد باشد ابعاد صفحات میراگر و تعداد پیچهای مورد استفاده افزایش می یابد... (شکل ۷-الف)

(الف)



شکل ۷: طرح میراگر اصطکاکی چرخشی پیشنهادی

F_D : نیروی اصطکاک ایجاد شده توسط هر پیچ

$$F_D = n \cdot \mu \cdot N \quad (۳)$$

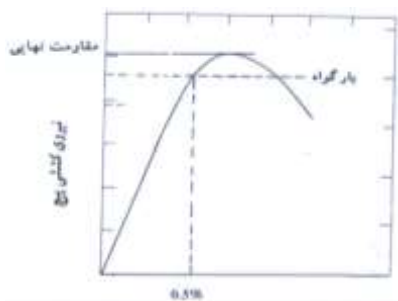
n : تعداد صفحات در اتصال

μ : ضریب اصطکاک

N : نیروی محوری از نوع کشش در پیچ که باید کمتر از proof load پیچ پرمقاومت بکار رفته باشد.

proof load: تنش نظیر کرنش ۰/۵٪ (بار گواه)، حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد مقاومت نهایی

S : تعداد پیچها



شکل ۸: تعریف مقاومت نهایی و بار گواه [۱۲]

$$M_D = \sum_{i=1}^s F_{Di} \cdot R \quad (4)$$

M_D : مقاومت خمشی ناشی از نیروی اصطکاک و در جهت خلاف حرکت وارد می شود.

لازم به ذکر است که لنگری بیش از M_D باید وارد شود تا اتصال شروع به حرکت کند و با ایجاد حرکت باعث مستهلک شدن بخشی از نیروی وارده شود. و در واقع M_D نیروی خمشی آستانه لغزش گفته می شود.

-در صورتی که به هر دلیل اصطکاک بین صفحات عمل نکند و حالتی پیش بیاید که زاویه چرخش در یک جهت از θ_{max} بیشتر شود و با توجه به اینکه حداکثر چرخش در یک جهت به اندازه θ_{max} می باشد پیچ به ته شیار چسبیده و در این حالت مقاومت برشی پیچ مورد بررسی قرار می گیرد که این حالت بیشتر در زلزله های شدید رخ می دهد. در این حالت لنگر مقاوم اتصال برابر است با:

$$M_D \rightarrow M_v = \sum_{i=1}^s n \cdot A_{si} \cdot F_v \cdot R \quad F_v = 0.9F_y \quad (5)$$

A_{si} : سطح مقطع مؤثر هر پیچ

R : شعاع دایره ای که پیچ روی محیط آن حرکت می کند

n : تعداد صفحات در اتصال

و در حالت غیرخطی و رسیدن به حالت جاری شدن برشی داریم:

$$M_v \rightarrow M_y = \sum_{i=1}^s n \cdot A_{si} \cdot \tau_y \cdot R \quad \tau_y = \frac{F_y}{\sqrt{3}} = 0.577F_y \quad (6)$$

که در این حالت τ_y ، تنش مجاز برشی می باشد.

در یک اتصال اصطکاکی نیرویی که از لغزش بین صفحات اتصال جلوگیری می کند μN می باشد که N ، نیروی پیش تنیدگی پیچ ها و μ ضریب اصطکاک بین صفحات اتصال می باشد.

$$N = 0.55F_u A_b \quad \text{نیروی پیش تنیدگی در هر پیچ}$$

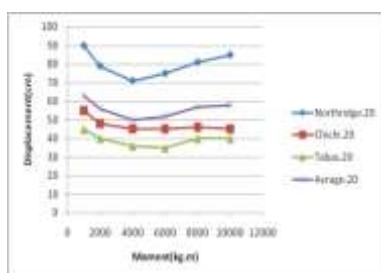
$$A_b = \text{سطح مقطع اسمی پیچ} \quad F_u = \text{مقاومت نهائی پیچ}$$

مقدار ضریب اصطکاک μ بستگی به وضعیت سطوح اتصال دارد و بسته به اینکه سطوح صیقلی، روغنی، زنگ زده و یا رنگ کاری شده باشد مقدار آن متفاوت خواهد بود مقدار μ بین ۰/۲ تا ۰/۶ متغیر است، در صورتی که سطح فولادی عاری از زنگ بوده و فلس ناشی از عمل نورد روی آن باشد مقدار $\mu = ۰/۳$ در نظر می گیریم.

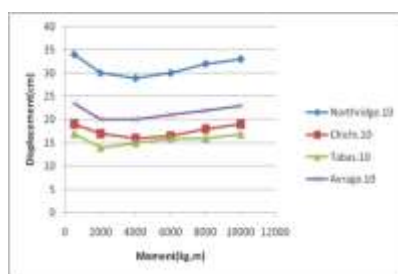
روش به دست آوردن نیروی آستانه لغزش و یا لنگر بهینه در این پژوهش انجام چندین آنالیز تاریخیچه زمانی غیر خطی می باشد. بدین صورت که لنگرهای مختلفی را به المان میراگر اختصاص می دهیم و سازه را تحت شتاب نگاشت های مختلف که در این پژوهش زلزله های Tabas، Chichi و Northridge می باشد، آنالیز کرده و جا به جایی تراز بام را کنترل می کنیم. با توجه به اینکه سیستم پیشنهادی را تحت سه نوع زلزله متفاوت

بررسی می کنیم با میانگین گیری از نتایج حاصل از آنالیزها ، لنگری که در ادامه حداقل جابه جایی بام در میانگین نتایج داشته باشد به عنوان لنگر بهینه لغزش انتخاب می شود .لازم بذکر است که این روش در واقع یک نوع روش سعی و خطایی می باشد . محدوده لنگرهای استفاده شده برای بدست آوردن لنگر بهینه طوری انتخاب شده است که سازه تحت بارهای سرویس در محدوده الاستیک باقی بماند. همچنین حد بالای لنگر انتخابی با توجه به لنگر تسلیم تیر بدست می آید. با این کار مطمئن می شویم هیچ گونه تسلیمی در تیرها صورت نمی گیرد زیرا قبل از رسیدن تیر به لنگر تسلیم قطعاً اتصال اصطکاکی به بار لغزش رسیده است.

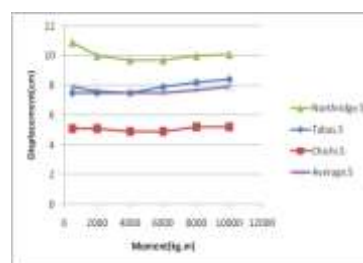
-ذکر این نکته ضروری است که بدلیل تعداد زیاد مدلها در این تحقیق فقط نمونه ای از نتایج از جمله حالاتی که مرکز آنی دوران در محدوده مرکز جرم تا تراز بام برای قابهای ۱۰و ۲۰ طبقه و برای قاب ۲۰ طبقه ، حالتی که مرکز آنی دوران در تراز بام قرار گیرد جهت بدست آوردن نیروی آستانه لغزش ارائه میگردد و سایر نتایج در ادامه در جدول (۱) ارائه شده است. [۹].



قاب ۲۰ طبقه



قاب ۱۰ طبقه



قاب ۵ طبقه

نمودار ۱: مقایسه تغییر مکان حداکثر بام، قاب ۵، ۱۰ و ۲۰ طبقه تحت زلزله های Northridge، Chichi\

جدول (۱) : مقادیر بهینه نیروی آستانه لغزش

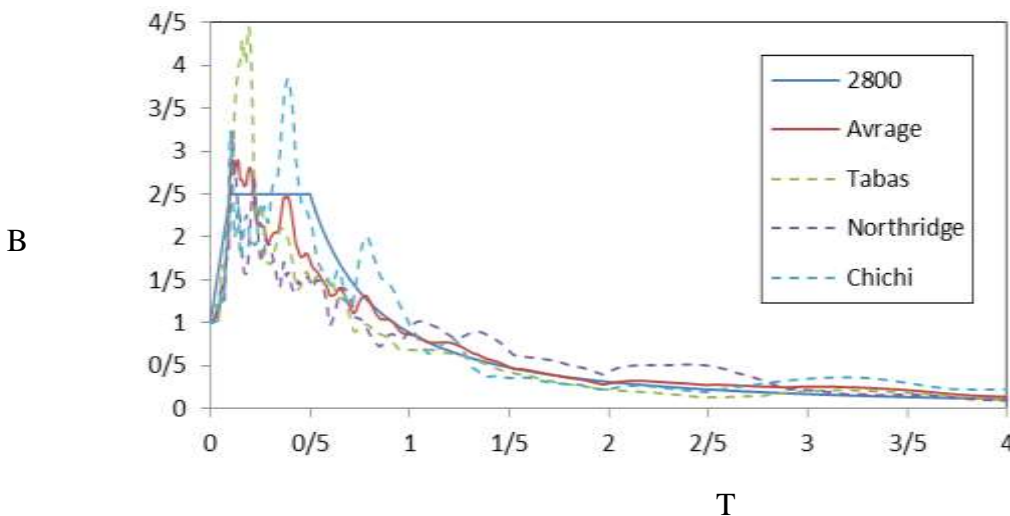
تعداد طبقات	تراز مرکز آنی دوران تا تراز فونداسیون	لنگر بهینه لغزش (kg.m)
۵	۴	۳۰۰۰
	۸	۱۵۲۰
	۱۵	۳۴۲۵
	۲۳	۴۸۰۰
۱۰	۸	۵۰۰۰
	۱۶	۲۵۰۰
	۳۰	۷۵۰۰
۲۰	۴۵	۱۰۰۰۰
	۱۵	۷۵۰۰
	۳۰	۸۲۰۰
	۶۰	۱۰۰۰۰
	۹۰	۱۲۰۰۰

مقادیر لنگر بهینه لغزش با توجه به جابجا شدن تراز مرکز آنی دوران در مدل‌های مختلف متفاوت خواهد بود

۴- بررسی نتایج حاصل از آنالیز تاریخچه زمانی غیر خطی

به منظور تامین اهداف این پژوهش، ۳ ساختمان فولادی ۵، ۱۰ و ۲۰ طبقه، با کاربری مسکونی که به ترتیب معرف سازه های کوتاه، متوسط و بلند مرتبه فولادی می باشند در فضای دو بعدی مورد بررسی قرار گرفت. سیستم مقاوم جانبی سیستم قاب خمشی با شکل پذیری متوسط، ارتفاع طبقات ۳ متر و در سه دهانه ۴ متری، زمین محل احداث ساختمان نوع Π ، و با توجه به قرارگیری سازه در منطقه با خطر لرزه خیزی بسیار زیاد $T_0 = 0.1 \text{ sec}$ ، در نظر گرفته شده است. شتاب مبنای طرح $A = 0.35$ ، ضریب اهمیت ساختمان $I = 1$ ، ضریب رفتار $R = 7$ فرض شده است و مدلها مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ در نرم افزار SAP2000v15.1 مدلسازی، آنالیز تاریخچه زمانی غیرخطی تحت رکوردهای نرمالیزه شده سه زلزله Chichi, Tabas, Northridge و طراحی شده اند. لازم بذکر است که مقاطع مورد استفاده در ستونها IPB و تیرها از نوع IPE در نظر گرفته شده است و سقف طبقه اول نرم بدلیل ایجاد عملکرد صحیح میراگرهای چرخشی اصطکاکی در تراز سقف طبقه اول و پی و اینکه تغییر شکل تیر تأثیری بر رفتار میراگر نداشته باشد، صلب یعنی در واقع عضوی با مدول الاستیسیته بسیار زیاد فرض شده و سایر سقف ها همانند حالت معمول با مدول الاستیته $2.1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ در نظر گرفته شده است [۹].

باتوجه به تعریفی که برای مرکز آنی دوران (محل تلاقی اعضاء مایل) داشتیم و اینکه موقعیت قرارگیری مرکز آنی دوران نسبت به مرکز جرم مهم می باشد تا جائیکه جابه جا شدن مرکز آنی دوران نسبت به مرکز جرم می تواند بر رفتار سازه اثرگذار باشد. در این پژوهش برای هر حالت سازه یعنی کوتاه، متوسط و بلند چهار حالت قرارگیری مرکز آنی دوران نسبت به مرکز جرم در نظر گرفته شده است که به شرح ذیل می باشد: ۱- مرکز آنی دوران در تراز بالاتر از بام سازه ۲- مرکز آنی دوران در تراز بام ۳- مرکز آنی دوران در محدوده مرکز جرم و تراز بام ۴- مرکز آنی دوران در تراز پایین تر از مرکز جرم

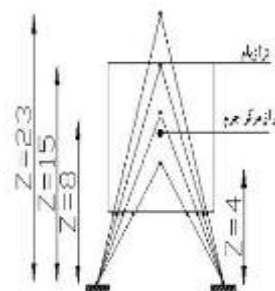


نمودار ۲: طیف زلزله های مورد استفاده

پس از مدل‌سازی و انجام آنالیز تاریخیچه زمانی غیرخطی بر روی مدلها، یکی از عوامل مهمی که دید دقیق تری راجع به سازه و نیروهای جانبی وارد به آن ارائه می دهد برش پایه می باشد. حال برش پایه را در دو حالت معمول سازه یعنی وقتی که ستونهای طبقه اول عمود هستند با حالتی که از اعضاء مایل به همراه وبدون میراگرهای چرخشی اصطکاکی استفاده شده است، مورد بررسی قرار می دهیم.

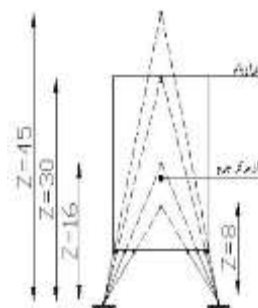
جدول (۲) : مقادیر برش پایه و پرپود قابهای ۵ طبقه

سازه	فاصله مرکز آنی دوران تا سطح فونداسیون-m		برش پایه (kg)		
			Tabas	Northridge	Chichi
قاب ۵ طبقه	بدون میراگر	۴	۲۲۳۱۲	۴۶۶۶۷	۲۵۳۳۱
		۸	۳۰۲۲۴	۳۲۴۹۱	۱۹۴۹۹
		۱۵	۳۵۶۸۲	۴۵۳۱۸	۲۰۷۸۲
		۲۳	۳۸۱۲۸	۴۶۹۶۴	۲۱۰۰۰
	با میراگر	۴	۱۹۴۹۳	۳۰۶۱۴	۲۲۱۲۱
		۸	۱۸۴۸۰	۳۰۰۶۷	۱۲۹۷۶
		۱۵	۱۷۷۱۴	۳۴۲۴۵	۲۴۱۵۵
		۲۳	۱۹۷۰۰	۳۵۰۰۰	۲۲۱۸۰
قاب معمولی		۳۳۱۰۴	۴۲۳۴۷	۲۲۳۵۸	



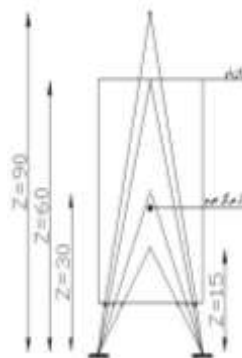
جدول (۳) : مقادیر برش پایه و پرپود قابهای ۱۰ طبقه

سازه	فاصله مرکز آنی دوران تا سطح فونداسیون-m		برش پایه (kg)		
			Tabas	Northridge	Chichi
قاب ۱۰ طبقه	بدون میراگر	۸	۴۹۱۸۰	۶۵۵۰۷	۵۹۰۲۸
		۱۶	۴۹۹۴۲	۹۷۵۸۳	۴۸۳۴۲
		۳۰	۴۹۲۰۹	۱۰۱۰۳۷	۵۰۱۷۰
		۴۵	۵۰۱۱۱	۱۰۳۰۰۰	۵۵۵۰۰
	با میراگر	۸	۴۶۵۴۱	۷۶۶۴۹	۵۹۷۵۸
		۱۶	۲۸۷۹۳	۵۵۵۳۱	۳۴۳۸۶
		۳۰	۵۲۶۳۱	۸۳۷۹۹	۴۹۴۰۶
		۴۵	۵۱۳۲۵	۹۵۴۸۶	۵۲۳۰۰
قاب معمولی		۵۰۹۷۶	۱۰۸۰۲۰	۵۸۴۰۶	



جدول (۴) : مقادیر برش پایه و پرپود قابهای ۲۰ طبقه

سازه	فاصله مرکز آنی دوران تا سطح فونداسیون-m		برش پایه (kg)		
			Tabas	Northridge	Chichi
قاب ۲۰ طبقه	بدون میراگر	۱۵	۳۷۴۸۱	۷۷۱۱۲	۵۵۲۵۹
		۳۰	۳۴۵۵۶	۸۵۲۸۱	۶۰۴۴۳
		۶۰	۳۴۵۳۷	۸۵۶۲۴	۵۹۱۷۱
		۹۰	۳۵۰۴۳	۸۵۷۴۳	۶۱۲۳۴
	با میراگر	۱۵	۴۸۱۱۳	۶۷۳۱۲	۱۱۱۹۸۸
		۳۰	۲۶۸۸۶	۵۷۵۱۲	۸۳۷۲۶
		۶۰	۱۳۳۸۷	۵۸۰۱۲	۴۰۵۹۴
		۹۰	۲۹۱۲۳	۵۸۲۲۴	۴۵۲۲۴
قاب معمولی		۳۵۴۳۳	۸۴۳۰۹	۵۶۸۹۴	



طبق نتایج بدست آمده از آنالیز تاریخیچه زمانی غیر خطی، در قابهای ۵ و ۱۰ طبقه در حالتی که مرکز آنی دوران در حدفاصل مرکز جرم تا تراز بام سازه قرارگیرد و مرکز آنی دوران به مرکز جرم نزدیک تر باشد، بیشترین کاهش برش پایه را خواهیم داشت. اما در قابهای ۲۰ طبقه نتایج متفاوت با دو حالت دیگر می باشد و بهترین حالت برای قاب ۲۰ طبقه حالتی است که مرکز آنی دوران در تراز بام قرار گیرد ولی در هر حالت کاهش برش پایه را خواهیم داشت و کاهش برش پایه در ۲۰ طبقه کمتر می باشد. لازم بذکر است که در هر سه حالت ۱۰، ۲۰ و ۲۰ طبقه اگر تراز مرکز آنی دوران زیر مرکز جرم قرار گیرد سازه درحالتی ناپایدار و یا بدون حرکت قرار می گیرد و مانع از رفتار قابل پیش بینی برای سازه دارای سیستم پیشنهادی در طبقه اول می شود. [۹].

جدول(۵): بررسی اثر میراگرهای چرخشی اصطکاکی و ستونهای مایل در میزان جابجایی و پیروید سازه

تراز مرکز آنی دوران تا سطح فونداسیون در حالت بهینه (m)	پیروید سازه در حالت جداسازی شده با سیستم ستون های مایل sec-	پیروید سازه در حالت ستون های عمودی و ثابت = sec	میانگین تغییر مکان بام سازه دارای ستون های مایل بدون میراگر اصطکاکی = (cm)	میانگین تغییر مکان بام سازه دارای ستون های مایل و میراگر اصطکاکی = (cm)	میانگین تغییر مکان بام سازه دارای ستون های ثابت و عمودی = (cm)	تعداد طبقات
۸	۱/۶	۰/۸۹	۶/۲	۴/۹	۹/۵	۵
۱۶	۲/۵۲	۱/۲۸	۱۸/۷	۱۳/۷۲	۲۲/۸	۱۰
۶۰	۲/۴۱	۲/۳۲۹	۳۸/۰۹	۳۶/۰۲	۴۰/۵۶	۲۰

بیشترین کاهش جابجایی طبقات در قابهای ۵ و ۱۰ طبقه وقتی ایجاد می شود که مرکز آنی دوران در حد فاصل مرکز جرم و تراز بام قرار گیرد و در قابهای ۲۰ طبقه درسیستم پیشنهادی نسبت به حالت های ۵ و ۱۰ موثر نمی باشد لازم بذکر است که وجود اعضاء مایل شرط لازم برای این سیستم پیشنهادی می باشد اما شرط کافی نیست و در بررسی های انجام گرفته اعضاء مایل به همراه میراگر چرخشی اصطکاکی مؤثرتر از حالتی است که اعضا مایل به تنهایی مورد استفاده قرار گیرند. همچنین سیستم پیشنهادی باعث افزایش پیروید سازه در مدل های ارائه شده در این پژوهش میگردد. منظور از حالت بهینه حالتی از قرار گیری محل تلاقی ستونهای مایل (تراز مرکز آنی دوران) می باشد که بیشترین مقدار کاهش نیروهای جانبی وارد بر سازه را ایجاد نمایند.

در ادامه سیستم پیشنهادی را بر طبق آئین نامه مبحث ۱۰ و استاندارد ۲۸۰۰ طراحی و میزان فولاد مصرفی که می تواند در اقتصاد طرح و یا به عبارت دیگر در کاهش هزینه ها موثر باشد مورد بررسی قرار داده و این نتیجه حاصل شد که کاهش آهن مصرفی در قاب های ۵ و ۱۰ طبقه بیشتر از قاب ۲۰ طبقه می باشد. در انجام این پژوهش منابع [۱۱-۱۲] مورد مطالعه و استفاده قرار گرفته اند.

جدول (۶) : نتایج حاصل از بررسی سیستم پیشنهادی از لحاظ اقتصادی

تراز مرکز آبی دوران تا تراز پی در حالت بهینه - متر	میزان کاهش فولاد مصرفی - درصد	مقدار فولاد مصرفی قاب ها با ستون های مایل در طبقه اول (kg)	مقدار فولاد مصرفی قاب ها با ستون های قائم در طبقه اول (kg)	مقطع ستون در طبقه اول با ستون های مایل	مقطع ستون در طبقه اول با ستون های ثابت و عمودی	تعداد طبقات
۸	۱۹	۵۵۸۰	۶۹۰۰	IPB200	IPB240	۵
۱۶	۲۷	۱۳۴۰۵	۱۸۳۰۵	IPB240	IPB350	۱۰
۶۰	۱/۲۵	۳۹۷۱۰	۴۰۲۱۵	IPB450	IPB450	۲۰

۵- نتیجه گیری:

طبق بررسیهای انجام گرفته در این پژوهش، استفاده از ستونهای مایل به همراه میراگرهای چرخشی اصطکاکی به عنوان یک سیستم مستهلک کننده انرژی جدید در طبقه اول نرم باعث کاهش برش پایه و تغییر مکان ها در رو سازه نسبت به حالتی که ستونها عمود هستند می گردند و ذکر این نکته ضروری است که طبق نتایج بدست آمده استفاده از میراگر های چرخشی اصطکاکی به همراه اعضا مایل موثر تر از استفاده از اعضا مایل به تنهایی می باشند و باعث کاهش بیشتر برش پایه خواهد شد و به همین دلیل باعث کاهش نیروهای داخلی و سطح مقطع اعضا گردیده که در اقتصاد طرح و کاهش هزینه ها می تواند موثر باشد . هر چه میزان سختی سازه بیشتر باشد ، روسازه همانند یک جسم تقریبا صلب رفتار می کند ، میزان تغییر مکان جانبی سازه در تراز سقف طبقه اول نسبت به بام سازه بیشتر می باشد و رفتار سازه به رفتار قابل پیش بینی برای سیستم پیشنهادی که همان رفتار آونگی است، نزدیکتر می باشد. در سازه دارای سیستم مستهلک کننده انرژی جدید پر یود سازه افزایش یافته و باعث شکل پذیری بالای سازه در هنگام زلزله شده و در واقع مانع از رخ دادن پدیده رزنانس در سازه می شود. و با توجه به تحلیل های انجام شده و نتایج حاصل برای محدوده مدلهای مورد مطالعه می توان نتیجه گرفت که سیستم پیشنهادی به عنوان یک میراگر - جداساز سازه ای جدید در طبقه اول نرم می تواند باعث بهبود عملکرد لرزه ای سازه شود. در بررسیهای انجام گرفته سیستم پیشنهادی در سازه های کوتاه (۵ طبقه) و متوسط (۱۰ طبقه) نسبت به سازه های بلند (۲۰ طبقه) موثر تر می باشد.

. لازم بذکر است که سیستم ارائه شده سیستمی جدید می باشد و تحقیقات بیشتر در خصوص رفتار این سیستم توسط نویسندگان در حال انجام می باشد.

- 1- Pall, A.S. And Pall, R. (1989). "Friction-Dampers Used For Seismic Control Of New And Existing Building in Canada", ATC-17-1, Proceeding Of A Seminar And Workshop On Base Isolation And Passive Energy Dissipation, Applied Technology Council, 675-686.
- 2-Grigorian, C.E., Yang, T.S., And Popov, E.P. (1993). "Slotted Bolted Connection Energy Dissipaters", Earthquake Spectra, 9(3), 491-504.
- 3- Filiatrault, A. And Cherry, S. (1987). "Performance Evaluation Of Friction Damped Steel Frame Under Simulated Earthquake Loads", Earthquake Spectra, 3(1), 57-78.
- 4-Butterworth, J.W.(2000). "Ductile Concentrically Braced Frames Using Slotted Bolted Joints" Journal Of The Structural Engineering Society New Zealand(Inc), Sesoc,13, (1), 39-48.
- 5-Wu,B.,Zhang,J.,and Williams,M.(2003)."Testing And Numerical Analysis Of The Braces Of Pall Frictional Dampers", Proceedings Of 16th Asce Engineering Mechanics Conference,University Of Washington , Seattle
- 6-Pall,A., Vezina,S., Proulx, O., And Pall, R. (1993)."Friction-Dampers For Seismic Control Of Canadian Space Agency Headquarters", Earthquake Spectra,9(3),547-557.
- 7-Pall,R., Gauthier, G., And Pall, A .(2000). "Friction-Dampers For Seismic Upgrade Of Quebec Police Headquarters, Montreal", Proceeding On The 12th World Conference On Earthquake Engineering, Paper No. 2014.
- 8-Filiatrault, A. And Cherry, S. (1990). "Seismic Design Spectra For Friction- Damped Structures", Journal Of Structures", Journal Of Structural Engineering, 116(5), 1334- 1355.

۹- صحاف ، ا و رازانی ، ر (استاد راهنما). بررسی رفتار لرزه ای یک نوع میراگر - جداساز سازه ای جدید متشکل از قاب طبقه اول نرم دارای ستونهای مایل بلند شونده با اتصالات چرخشی اصطکاکی، پایان نامه کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات فارس ۱۳۹۲

۱۰- خالقیان، ف و تهرانی زاده، م. مجله علمی-پژوهشی زلزله شناسی و مهندسی زلزله (JSEE)، سال ۹، شماره ۴.

۱۱- کمیته دائمی بازنگری آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله، «آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله» استاندارد ۲۸۰۰، مرکز تحقیقات ساختمان ومسکن، ویرایش سوم، ۱۳۸۴.

۱۲- طاحونی، ش. طراحی سازه های فولادی بر مبنای آئین نامه فولاد ایران. چاپ پنجم، تهران، ایران.. مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. ۱۳۸۱