

ارائه مدل رفتاري براي ميراگرهاي ويسكوز انقباض محوري

سیده شکیبا موسوی الله، منصور ضیایی فر

۱- کارشناسی ارشد مهندسی عمران- مهندسی زلزله، پژوهشگاه بینالمللی زلزلهشناسی و مهندسی زلزله ۲- دکترای مهندسی عمران- مهندسی زلزله، عضو هیئتعلمی پژوهشگاه بینالمللی زلزلهشناسی و مهندسی زلزله

* S.mousavi@iiees.ac.ir

تاریخ پذیرش: [۹٥/۰۷/۱۹]

تاریخ دریافت: [۹٥/٠٢/٠٤]

چکیدہ

در دهههای اخیر پژوهش های گستردهای در ارتباط با قطعات مستهلک کننده انرژی انجام شده و چگونگی عملکرد آنها در کاهش پاسخ لرزهای سازههای مختلف، بررسی شده است. در این میان میراگرهای ویسکوز، بخش مهمی از این پژوهش ها را به خود اختصاص دادهاند. مطالعات انجام شده نشان می دهد که رفتار این میراگرها تنها با ثابت میرایی آنها قاپلینان نیست بلکه عواملی از قبیل رفتار غیرخطی وابسته به تغییر مکان یا سرعت، سختی محوری و اصطکاک داخلی از عوامل دیگر تأثیرگذار در رفتار این سیستمهای جاذب انرژی هستند. همچنین دامنه فرکانسی اعمال بار، انعط فپذیری غلاف پیرامونی میراگر، تراکمپذیری سیال درونی آن و آثار حرارتی نیز در تعیین مشخصه های رفتار راین میراگرها تأثیرگذارند. در این مطاف پذیری غلاف نمونهای از میراگر، تراکمپذیری سیال درونی آن و آثار حرارتی نیز در تعیین مشخصه های رفتاری این میراگرها تأثیرگذارند. در این مطالعه اقدام به ساخت نمونهای از میراگر ویسکوز انقباض محوری، با ظرفیت ۵۰۰ کیلونیوتن و دامنهی تغییر مکانی ۱۰۰ ± میلی متر شده است. در این مطالعه اقدام به ساخت آزمایش های چرخهای بررسی و مشخصه های عمومی رفتاری آن در یک مدل ساده شده ارائه شده است. میراگر ساخته سنده است. میراگر میا تأثیرگذارند. در چرخه های مختلف بارگذاری به شکل متوسط دارای ۱۰ کیلونیوتن نیروی اصطکاک اولیه بوده است. همچنین با توجه به چگونگی ساخت میراگر، افزون بر نیروی میرایی ویسکوز، نیروی اصطکاکی ثانویه ای وابسته به فشار روغن به میزان ۵۰ کیلونیوتن در این میراگر بوجود آمده که باعث افزایش ظرفیت عملکردی و بهبود نیسی در منحنی های رفتاری آن شده است. در انته با استفاده از مدل ماکسول به ارائه مدل رفتاری این میراگر اقدام گردیده است.

واژ گان کلیدی: میراگر ویسکوز انقباض محوری، مشخصههای عملکردی، آزمایش های چرخهای، مدل های رفتاری

۱- مقدمه

روش متداول طراحی لرزهای سازه ها بالا بردن مقاومت و شکل پذیری اعضای اصلی سازه برای بهبود عملکرد آن در مقابل زمین لرزه است. در این روش، سازه در رویارویی با زلزل ه های شدید با تشکیل مفاصل پلاستیک، انرژی ورودی زلزل به به سازه را کاسته و آن را مستهلک مینماید. این امر به سازه امکان میدهد تا در برابر بارهای لرزهای مقاومت کرده و دچار فروریزی و تخریب نشود. هرچند این روش طراحی لرزهای کاهش مر گومیرهای ناشی از زلزله را به همراه دارد اما بعد از وقوع زلزله خرابی های به

دست آمـده در سـاختمان ممکـن اسـت موجـب توقـف کـاربری آن شود.

به منظور محافظت سازه ها در برابر خسارت های ناشی از زمین لرزه و باد، مسئله کنترل خسارت آن ها مطرح شده است. کنترل خسارت در سازه به این معنی است که با در نظر گرفتن سازه به عنوان یک سیستم دینامیکی، برخی از ویژگی های آن مانند سختی، جرم و یا میرایی بایستی به گونه ای تنظیم شود که آثار دینامیکی نیروی وارد به سازه تا سطح قابل قبولی کاهش یابد. با این کار فرکانس های طبیعی سازه، اشکال مودی و همچنین مقادیر میرایی متناظر

آنها طوری تغییر میکند که نیروهای دینامیکی ناشی از بارهای محیطی کاهش یابند. سیستمهای کتترل خسارت سازهای را می توان به کترل غیرفعال، فعال، دو گانه و نیمه فعال تقسیم نمود.

پس از زلزله های لوما پریتا (۱۹۸۹)، نورتریج (۱۹۹٤) و کوب (۱۹۹۵) که در آن ها آسیب های فراوانی به سیستم های باربر لرزهای - ثقلی سازه ها وارد شد، توسعه و ساخت سیستم های غیرفعال جاذب انرژی شدت بیشتری یافت. در این سیستم ها کاهش پاسخ سازه ها از طریق افزایش پریود و میرایی صورت می گیرد و در عمل نیاز جدی به در نظر گرفتن رفتار غیرخطی در سازه نیست. این امر سبب می شود که نیاز به محاسبات پیچیده و دقت و عمل موجب خواهد شد تا در آینده ساخت سازههای با مطح عملکرد بالاتر با استفاده از تجهیزات جاذب انرژی رواج یابد [3, 2, 1].

روند جدید طراحی سازهای مقاوم در برابر زلزله برمبنای افزایش میرایی آنها با استفاده از ابزار آلات اتلاف انرژی است. تجهیزات جاذب انرژی به گونهای قرار داده می شوند که بخش عمدهای از انرژی ورودی زلزله به وسیلهی آنها اتلاف شود و درنتیجه خسارت وارد شده به سازه که ناشی از اتلاف انرژی به صورت هیسترتیک است، کاهش یابد [4].

ازجمله این ابزار آلات میراگرهای ویسکوز است. نوع متداول این میراگرها بهصورت سیلندر و پیستونی است که در شکل (۱) مدل شماتیک آن نشان داده شده است. در این نوع از میراگرها وجود آببند رزینی مابین سیلندر و پیستون و همچنین وجود کاسهنمد در محل اتصال سیلندر به محور میراگر انجام بازدیدهای دورهای از میراگر را در فواصل زمانی معین الزامی می سازد. بازدیدهای دورهای اغلب مستلزم صرف هزینه و زمان زیادی است که در عمل استفاده از این نوع میراگر را با اشکال مواجه می سازد [5]. در همین راستا نمونه ی اولیه میراگر ویسکوز انقباض

محوری در مطالعه ی فروغی کیا و ضیایی فر [6] ساخته شد. این میراگر با توجه به آنکه دارای ظرفیت نیرویی و دامنه ی تغییر مکانی پایینی بود، عملکرد مناسبی از خود نشان داد. در ساخت نمونه بعدی از این نوع میراگر، ضمن افزایش ظرفیت نیرویی و دامنه ی تغییرمکانی آن، امکان ایجاد رفتار غیرخطی نیز در آن فراهم شد. در همین ارتباط نیز مدل های ساده رفتاری که بیانگر رفتار این میراگر بود در فرم مدل کلوین و یا ماکسول برای این نوع از میراگرها معرفی و مشخصههای رفتاری میراگر ساخته شده بر اساس آنها ماخت نمونه ای در ابعاد و اندازه های واقعی برای کاربرد در ساختمان های بزرگ پرداخته شده و به ارائه مدل های رفتاری مناسب برای این میراگر اقدام گردیده است.

۲- میراگرهای ویسکوز متداول

ایـن میراگـر شـامل یـک پیسـتون اسـت کـه در داخـل یـک سیلندر محتوی سیال غیرقابل تراکم حرکت میکند. با حرکت پیستون داخل سیلندر جریان سیال از روزنههای پیستون عبور میکند و سبب اتلاف انرژی در حرکت پیستون می شود. زمانی که میراگر تحتفشار است، سیال با فشار از یکطرف پیستون بهطرف دیگر آن جاری میشود و برعکس وقتی میراگر در کشش است، سیال از طرف دیگر پیستون، تحتفشار از روزنههای پیستون عبور کرده و بمسمت دیگر آن بازمی گردد. عبور سیال با فشار زیاد از درون روزنههای پیستون سبب ایجاد اختلاف فشار در دو طرف پیستون و تولید نیرو در میراگر میشود. روزنههای این میراگرها میتوانند به گونههای متفاوتی طراحی شوند و رفتارهای مشخصی اعم از خطبی یا غیرخطبی را برای میراگرفراهم سازند. فشار عملکردی این میراگرها تا حدود (2) المراجع ميراگرها، از دما (1 س. ايس نوع ميراگرها، از دما تأثير زيادي نمي پذيرند و عملكرد آن ها را مي توان به فرم خطبي و يا غيرخطبي سرعتي و يا تغييرمكاني تنظيم كرد. عملکرد غیرخطی سرعتی بیشتر با رابطه ۲۵ ۴۰ FD نشان

فرکانس بارگذاری، کمتر وابسته است به کار گرفته می شود. در این مدل یک فنر نیز به همراه میراگر به صورت موازی قرار داده شده است. مدل رفتاری این میراگر به صورت رابطه نیرو، سرعت و جابه جایی به صورت ذیل نوشته می شود:

$$p(t) = K_{D}u(t) + C_{D}\dot{u}(t)$$
^(Y)

در این رابطه _م K سختی محوری، _c ثابت میرایی، (u(t) جابهجایی و (u(t) سرعت نسبی دو سر میراگر است.





Fig.3. Kelvin Model

در این مدل وجود رفتار غیرخطی سرعتی یا تغییرمکانی میتواند از طریق استفاده از توابع غیرخطی برای (t) u و u(t) در مدلسازی وارد شود.

۳-۲- مدل ماکسول

مدل متداول دیگری که برای بیان رفتار میراگرهای ویسکوز به کار میرود به مدل ماکسول معروف است. در این مدل، میراگر بهطور سری به یک فنر متصل است. شکل (٤) نشاندهندهی این مدل است. مدل ماکسول در فرم سه عضوی که در آن یک فنر دیگر بهصورت موازی با میراگر قرارگرفته باشد نیز به کار میرود. در مدل ماکسول رابطهی بین نیرو، جابهجایی و سرعت به شرح ذیل ارائهشده است.

$$F = C_D \left(\dot{u} - \frac{\dot{F}}{K} \right) \tag{(Y)}$$



Fig. 4. Maxwell model

داده می شود که در آن توان سرعت » اغلب برای عملکرد لرزهای، کمتر از واحد انتخاب می شود [8, 4]. در میراگرهای ویسکوز متداول که محور اصلی آنها ازیکطرف سیلندر خارج می شود از محفظه ذخیرهی روغن تحتفشار (آکومولاتور) برای تنظیم حجم و فشار روغن در دو طرف پیستون استفاده می شود. شکل (۱) اجزای سازندهی این میراگرها را نشان داده است.





Fig. 1. Viscous Damper

۳- مدلسازی میراگرهای ویسکوز

مدلسازی میراگرهای ویسکوز میتواند به چند روش صورت پذیرد. سادهترین مدل، مدل میراگر خطی ساده مطابق شکل (۲) است که از میراگر تنها تشکیل شده است. شکل (۲) مدل میراگر ساده[۱۰] س



Fig. 2. A Simple model for viscous damper

در این مدل _D ثابت میرایی و (i (t) سرعت نسبی دو سر میراگر است. رابطهی نیرو و سرعت نسبی دو سر میراگر بهصورت زیر ارائه شده است.

$$F = C \dot{u}(t)$$

۳–۱–مدل کلوین

(1)

مدل مرسوم دیگری که برای میراگر ویسکوز به کار میرود، مدل کلوین است که در شکل (۳) نشان داده شده است. این مدل بیشتر برای میراگری که رفتار آن به سیده شکیبا موسوی و منصور ضیاییفر

در این رابطـه F ^F نیـروی میراگـر، _{C b} ثابـت میرایـی و \dot{F} مبین مشتق زمانی نیروی میراگر است. در مدل ماکسول نیے امکان وجود رفتار غیرخطی سرعتی و یا تغییرمکانی برای میراگر با تغییر در پارامترهای مدل وجود دارد.

٤- میراگر ویسکوز انقباض محوری

حركت ييستون نسبت به سيلندر، نياز به استفاده از سازوكار آببندی را برای میراگر ایجاد میکند. با جایگزینی مخازنی بهجای سیلندر که خود قادر به تغییر شکل فیزیکی باشند می تـوان نیـاز بـه آببندی را از بین برد و به کاهش و یا حذف نیاز به بازرسی، های دورهای اقدام نمود. برای این کار، از اتصالات آکاردئونی ، تحت عنوان بلاوز مجره گرفته شده است، این اتصال در شکل (٥) نشان داده شدهاست. اتصالات آکاردئونی از جنس فلز (بهطورمعمول فولاد ضدزنگ) ساخته شدهاند و دارای قابلیت انعط اف بذیری قابل توجهي در جهت طولي ميباشند. تحمل درجه حرارت بالا و فشار از ویژگیهای اتصالات آکاردئونی است. این اتصالات در صنايع مختلفي مانند آب، نفت، گاز، نيروگاهها و.. كاربرد گسترده-اى دارد [6,7].



Fig. 5. A Section of the expansion joint

هدف اصلي از کاربرد بلوزها در ميراگر، بهرهگيري از قابليت انعطافیذیری محوری آنها است. برای ایجاد میراگر، از دو بلوز استفاده می شود که در میان آنها صفحهای فولادی قرار دارد. در داخل بلوزها میلهای از میان صفحهی فولادی عبور داده شده است

که در دو انتها به آنها وصل میشود. چگونگی قرارگیری و اتصال میله به صفحات ابتدا و انتهای میراگربه گونهای است کـه نیاز بـه کاسهنمد و آببندی ندارد. برای محافظت و جلوگیری از کمانش بلوزها از یک غلاف فلزی پیرامونی بهره گرفته شده است. شکل (٦) طرح کلی میراگر را نشان می دهد.



Fig. 6. A schematic representation for contractable viscous dashpots

نمونهی اولیه این میراگر، نشان داده شده در شکل (۷)، در مطالعه فروغي كيا و ضيايي فر ساخته شده بود [6]. اين نمونه دارای ظرفیت نیرویی پایین، در حدود ۵۰ کیلونیوتن و دارای دامنهی تغییرمکانی برابر ۳۰ ± میلیمتر بوده است. رفتار نمونه اوليه به صورت خطى ($F_{D} = Cu$) گزارش شده است.





Fig. 7. Primary sample of contractable viscous dashpot

در نمونهی بعدی نشان داده شده در شکل (۸)، به جای میلههای فولادی کناری در اطراف بلوزها از غلافی فلزی استفاده شد که ضمن کاهش احتمال کمانش بلوزها، نقش هدایتکننده حركت آنها را نيز به عهده داشته باشد [7]. اين ميراگر به صورت غیرخطی طراحی شده بود و ظرفیت نیرویی و دامنهی تغییر مکانی آن به ترتیب ۲۵۰ کیلونیوتن و **۲**۵ ± میلیمتر انتخاب شده بود. این میراگر در شکل (۸) نشان داده شده است.

¹ Expansion joint

² Bellows

 $u(t) = u_0 \sin \omega t$

با توجه به محدودیتهای موجود در شرایط بارگذاری، دامنه بیشینه آزمایش ها $120 \pm = {}_{0}u$ میلی متر انتخاب شده است. نمونه آزمایش شده تحت فرکانس های بارگذاری مختلفی قرارگرفته و پاسخ های تغییرمکانی و نیرویی به دست آمده از عکس العمل های میراگر به صورت تاریخچه زمانی ثبت شده است. کلیه آزمایش ها در قاب عکس العمل با کمک یک شده است. کلیه آزمایش ها در قاب عکس العمل با کمک یک انجام آزمایش ها در شکل (۱۰) نشان داده شده است. برای اعمال بارگذاری از جک محرک ۵۰۰ کیلونیو تنی استفاده طبقه بندی شده است. منحنی نیرو – تغیییر مکان به دست آمده از انجام یکی از این آزمایش ها در شکل (۱۱) نشان داده شده است. میده است. منحنی نیرو – تغییر مکان به دست آمده

(٤)

جدول (۱) آزمایشهای انتخابی برای مدلسازی رفتاری میراگر

f	ω	Disp	
(Hz)	(rad / sec)	(mm) _u	
0.1	0.628	120	
0.125	0.785	120	
0.167	1.047	120	
0.25	1.571	120	

Table.1. Selective Testing for Behavioral Modeling Damper



Fig. 10. A Schematic representation of the Test Setup

شکل (۸) میراگر غیرخطی انقباض محوری[۷]



Fig. 8. Nonlinear contractable viscous dashpot

نمونهی ساختهشده در این پژوهش نوع بهبودیافتهی میراگر قبلی است و دامنهی تغییر مکانی آن ۱۵۰ ± میلیمتر و ظرفیت نیرویی آن ۵۰۰ کیلونیوتن طراحی شده است. این میراگر با توجه به ایده و چگونگی ساخت دارای مشخصه رفتاری اصطکاکی علاوه بر رفتار ویسکوز نیز است. میراگر ساختهشده در شکل (۹) نشان داده شده است.

شکل (۹) میراگر انقباض محوری در مقیاس واقعی



Fig.9. A Full-scale contractable viscous dashpot

٥- آزمایش ها تجربی
 الگوی بارگذاری میراگر به صورت کنترل تغییر مکانی با
 تحریک سینوسی به فرم رابطه ٤ در دامنه و فرکانس های
 مختلف بوده است.

شد. در این آزمایش نشان داده می شود که رفتار الاستیک میراگر در عمل به صورت غیر خطی است. با ساده سازی این رفتار، سختی محوری این میراگر در فرم خطی به میزان ۰۳۰ کیلونیوتن بر میلی متر به دست آمده است. منحنی رفتاری مدل سازی شده برای عملکرد اصطکاکی و الاستیک میراگر در شکل (۱۲– الف) با خطوط نقطه چین رسم شده است. شکل در ارا – الف) با خطوط نقطه چین رسم شده است. شکل ملکرد اصطکاکی و الاستیک میراگر در مرا – الف) با خطوط نقطه چین رسم شده است. شکل ملکره اصطکاکی و الاستیک میراگر در میلی میراگر میراگر مورد بحث در عملکرد اصطکاکی و الاستیک میراگر در میکر میراگر است.

شکل(۱۲) نتایج آزمایش و مدل رفتاری میراگر تحت بارگذاری سینوسی با زمان تناوب ٤٠ ثانیه



b. Frictional-Elastic Model of damper

Fig. 12. Test Results and Behavioral Model for damper subjected to excitation force with 40 sec. period

پس از تعیین سختی الاستیک و اصطکاک داخلی میراگر آزمایش های اصلی روی میراگر مطابق با جدول (۱) به انجام رسید. در انجام این آزمایش ها از نیرو و جابه جایی اندازه گیری شده در میراگر به صورت تاریخچه زمانی استفاده شده است. با داشتن جابه جایی نسبی دو سر میراگر سرعت شکل (۱۱) نمونهای ازمنحنی نیرو-تغییرمکان آزمایشهای انتخابی



Fig. 11. One of the Force – Displacement Curve for the Contractable Viscous Dashpot

با توجه به این نمودار میتوان دریافت که فرض رفتار غیرخطی برای میراگر بحث شده باید مورد بررسی قرار گیرد.

۲-ارائه مدل رفتاری

برای ارائه مدل رفتاری میراگر در ابتدا، بارگذاری سینوسی بسیار آرامی با زمان تناوب ۱۲۰ ثانیه و سیس ثانیه به میراگر اعمال میشود. در این دو حالت چون سرعت بارگذاری بسیار پایین است، رفتار ناشی از ویسکوزیته در میراگر دیده نخواهد شد و در نتیجه میزان سختی و اصطکاک اوليه در سيستم، قابل محاسبه خواهد بود. رفتار اصطكاكي باعث می شود تا منحنی نیرو-تغییر مکان در رفت و برگشت با یکدیگر اختلاف داشته باشند و در فاصلهی مساوی در جهتهای مثبت و منفی محورهای نیرو و تغییر مکان را قطع کنند. همچنین نیرویی متناسب با تغییر مکان وجود خواهد داشت که ناشی از رفتار الاستیک اتصالات آکاردئونی است. این نیرو منحنی نیرو تغییر مکان میراگر را از حالت افقی به فرم زاویهدار با محورهای نیرو-تغییرمکان متمایل میکند. نمونهای از این رفتار در شکل (۱۲) نشان داده شدهاست. مقدار نیرو در تغییر مکان صفر معادل با اصطکاک داخلی میراگر بوده و در چرخههای متوالی حدود ۸ تا ۱۰ کیلونیوتن است. در نمونهی ساختهشده قبلی این نیرو برابر با ۱/۲۵ کیلونیوتن برآورد شده بود. می توان از نیروی اصطکاک به دست آمده در این میراگر، بهعنوان فیوز عملکردی بهره برد و مانع از حرکت میراگر تحت ارتعاشات محیطی با دامنه کم

دوره هفدهم / شماره ۱ / سال ۱۳۹٦

شکل (۱٤) منحنیهای رفتاری میراگر در فرکانس ۱۲۵۰ هرتز با فرض مدل کلوین



a. Force – displacement Curve – (kelvin Model)

ب- منحنی نیرو – سرعت



Fig. 14. Behavioral Curves for Damper in Ferequicy 0.125

Hz – Kelvin Model

نمودارهای به دست آمده برای مدل کلوین، نشانگر آن است که این مدل به خوبی نتوانسته است بیانگر نتایج حاصل از انجام آزمایش باشد. برای بررسی بیشتر، استفاده از مدل ماکسول برای بیان رفتار میراگر در دستور کار قرار گرفت. دراینارتباط پس از کسر نیروهای ناشی از سختی محوری میراگر و نیروی اصطکاک اولیه، نیروی ویسکوز میراگر به دست میآید. در این مرحله با حل معادله ماکسول (معادلهی ۳) با سعی و خطا و هماهنگی مدل با نتایج به دست آمده از آزمایش، میتوان پارامترهای مدل را تخمین زد. نتایج حاصل لحظهای میراگر قابلمحاسبه بوده و ثابت میرایی ویسکوز آن معین خواهد شد.

در این پژوهش ابتدا با فرض استفاده از مدل کلوین مطابق شکل (۱۳) که در آن یک فنر الاستیک به همراه یک میراگر ویسکوز خطی بهطور موازی وجود دارد به برآورد پارامترهای این مدل رفتاری پرداخته شد. ثابت فنر الاستیک با استفاده از نتایج آزمایش قبلی برابر ($\frac{kN}{mm}$) 35.0 = $K_D = 0.35$ فرض شد ولی ملاحظه شد که میزان اصطکاک داخلی میراگر با افزایش سرعت بارگذاری متفاوت خواهد بود. نتایج به دست آمده برای ثابت میرایی T که حاصل تقسیم نیروی میراگر بدون اثر اصطکاک بر سرعت لحظهای میراگر است نیز میراگر بدون اثر اصطکاک بر سرعت لحظهای میراگر است نیز مین تغییر در میزان ثابت میرایی برحسب سرعت بارگذاری بود.



Fig. 13. Kelvin-linear model with the effect of internal friction

جدول (۲) نتایج مدلسازی با استفاده از مدل خطی کلوین

0.9	0			•
f (HZ)	ω (rad / sec)	C_D (N.sec/mm)	K_{D}	f _d (kN)
0.1	0.628	2200	0.35	8.15
0.125	0.785	2000	0.35	9.51
0.167	1.047	1950	0.35	14
0.25	1.571	1900	0.35	17.4

Table.2. The Results of Modeling by Kelvin-Linear Model

نتایج به دست آمده از این آزمایش ها در جدول (۲) نشان داده شدهاست. منحنی نیرو – تغییر مکان و نیرو– سرعت به دست آمده برای این آزمایش در مقایسه با منحنی حاصله از مدل کلوین در شکل (۱٤) آورده شده است.

ارائه مدل رفتاری برای میراگرهای ویسکوز انقباض محوری ...

از مدلسازی میراگر با مدل ماکسول (شکل ۱۵) در (جدول ۳) نشان دادهشده است. نتایج به دست آمده از آزمایش برای نیرو – تغییر مکان در فرکانس تحریک ۱۲۵۰ هرتز در مقایسه با مدل ماکسول در (شکل ۱٦) نشان دادهشده است.





Fig. 15. Maxwell model with the effect of internal friction





a. Force - Displacement curve - (Maxwell Model)

ب – منحنی نیرو – سرعت



b. Force – Velocity curve – (Maxwell Model)

Fig. 16. Behavioral Curves for damper in ferequncy 0.125 Hz - Maxwell Model

سیده شکیبا موسوی و منصور ضیاییفر

جدول (۳) نتایج مدلسازی ماکسول								
f (HZ)	Ø (rad / sec)	C_{D} (N.sec/mm)	<i>K</i> (<i>N / m m</i>)	f _d (kN)				
0.1	0.628	2200	6000	8.158				
0.125	0.785	2000	12000	9.518				
0.167	1.047	1950	18000	14.04				
0.25	1.571	1800	50000	17.14				

 Table.3. The Results of Modeling by Maxwell Model

از عدم هماهنگی مناسب منحنی آزمایشگاهی با منحنی به دست آمده از مدل ماکسول در شکل (۱٦) می توان دریافت که افزون بر نیروی به دست آمده از مدل ماکسول ((F (t)) نیروی دیگری نیز وجود دارد که باعث افزایش ظرفیت نیروی میراگر شده است. بررسیها نشان می دهد که این نیرو مرتبط با فشار روغن و در ارتباط مستقیم با تغییر مکان نسبی دو سر میراگر است. میزان این نیرو به طور متوسط ٤٥ تا ٥٠ کیلونیوتن برآورده شده است که در نمودار شکل (۱۷) برای فرکانس ۱۲۵ هرتز نشان داده شده است.

این نیرو در عمل به سبب اصطکاک جداره ی خارجی بلوزهای فلزی با غلاف فولادی اطراف آنها اتفاق افتاده است. علت آنکه این نیرو با فشار روغن در ارتباط است، آن است که با افزایش فشار داخلی میراگر، عدم تقارن نسبی در ساخت نمونه سبب می شود تا محور بلوزها با محور غلاف زاویه پیدا کند و باعث ایجاد نیروی اصطکاک مابین غلاف و بلوز شود. این ویژگی در عمل به افزایش ظرفیت میراگر می-انجامد. ممکن است بتوان از این ویژگی در آینده برای طراحی نسلهای بعدی این میراگر به شکل مؤثری سود برد.



Fig. 17. Primary and Secondary Friction Force Curve in Ferequicy 0.125 Hz

References

[1] FEMA 445. Next-Generation Performance-Based Seismic Design Guidelines 2000, Federal Emergency Management Agency: Washington DC, USA.

[2] ASCE/SEI Seismic Rehabilitation Standards Committee 2007, Seismic rehabilitation of existing buildings (ASCE/SEI 41-06). American Society of Civil Engineers, Reston, VA.

[3] Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance. Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings. European Standard EN 1998-1:2004, Comite European De Normalisation : Brussels, Belgium, 2004.
[4] Soong T.T. & Dargush G.F. 1997 Passive Energy Dissipation Systems in Structural Engineering. Wiley, New York.

[5] Lavan O. & Dargush G.F. 2009 Multi-objective evolutionary seismic design with passive energy dissipation systems. Journal of Earthquake Engineering, 13(6), 758-790.

[6] Fouroughikia B. 2007 Recommend, Build and Test a Viscous Damper Controllable with Modern Features. Master's thesis, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology. (In Persian)

[7] Pezeshki H. 2010 Experimental Studies on a Controllable Nonlinear Viscous Dashpot for Near-field Application in Base Isolated Buildings. Master's thesis, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology. (In Persian)

[8] Taylor D. P. & Constantinou M. C. 1998 Fluid dampers for applications of seismic energy dissipation and seismic isolation. Taylor Devices, Incorporated.
[9] Dong B., Sause R. & Ricles J. M. 2016 Seismic response and performance of a steel MRF building with nonlinear viscous dampers under DBE and MCE. Journal of Structural Engineering, 142(6), 04016023.

[10]Whittaker A. S. & Constantinou M. C. 2004 Chapter 12, Seismic Energy Dissipation Systems for Buildings. Borzognia and Bertero (eds), CRC Press LLC.

[11] Mousavi Sh. 2014 Investigation On The Behavior of a New Contractable Viscous Dashpot In Mass Isolation Building(Experimental Studies). Master's thesis, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology. (In Persian)

در این یژوهش به ساخت و آزمایش میراگر ویسکوز انقباض محوری در ابعاد واقعی برای به کارگیری در سازهها پرداخته شده است. نمونه ساختهشده در آزمایش به بیشینه نیروی ۳۱۰ کیلونیوتن در فرکانس ۲۵/۰ هرتز رسید و امکان ادامه بارگذاری تا حد طراحی شده ۰۰۰ کیلونیو تن میسر نشد. این مبراگر در عمل دارای رفتاری غیرخطی است و امکان ایجاد رفتار غیرخطی مؤثرتری در آن نیز وجود دارد. از ویژگیهای مهم این میراگر عدم نیاز آن به ساخت قطعات با دقت بالا و هزینه های زیاد است. همچنین از آنجایی که آببندی مخازن اين ميراگر بهوسيله جوش بين قطعات حاصل مي شود، مسئله نشت روغن از آن وجود ندارد و این ویژگی به کاستن هزینه-های عملیاتی آن خواهد انجامید. علاوه بر این میراگر ساختهشده به سبب دارا بودن اصطکاک داخلی، دارای عملکرد فیوز اصطکاکی نیز هست که برای جلوگیری از عملکرد میراگر در زمان وقوع تحریکات کم دامنه مؤثر خواهد بود. در این پژوهش همچنین به ارائه مدلی برای رفتار میراگر مذکور پرداخته شده است که نوع تغییر یافتهی مدل ماکسول است. در این مدل اثر اصطکاک داخلی میراگر نیز مدنظر قرارگرفته است. با تصحيحات انجامگرفته روى اين مدل، توانایی آن در تخمین رفتار میراگر در فرکانسهای بارگذاری انجام شده بهبود یافته است.

۸-تشکر و قدردانی

ایسن پیژوهش بیا کمکهای مالی پژوهشگاه بین اللملی زلزلهشناسی و مهندسی زلزله تحت پروژهی پژوهشی شماره ۷۱٤٤ به انجام رسیده است. مؤلفین از همکاری شرکت ارتعاش صنعت آریا و آزمایشگاه سازه پژوهشگاه زلزلهشناسی و مهندسی زلزله در انجام این پژوهش کمال تشکر را دارند.

Constitutive Model for Contractible Viscous Dashpots

Sh. Mousavi^{1*}, M. Ziyaeifar^{2*}

1- M.Sc., Earthquake Engineering, Structural Research Center of International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES)

2- Assoc. Prof., Structural Research Center, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES)

** S.mousavi @iiees.ac.ir, *Mansour@iiees.ac.ir

Abstract:

New techniques in seismic design of structural systems are based on flexibility and energy dissipation approach. In this approach, the role of energy dissipaters is quite important. The behaviors of these devices and the way they dissipate energy have always been a concern for many researchers to improve the efficiency of these important parts of the structural systems. There has been a large number of investigations on behavioral aspects of energy dissipating devices capable of using in seismic design of structural systems. The concept of adding dissipating supplemental devices to a structure assumes that much of the energy imposed to the structure from a transient will be absorbed, not by the structure itself, but rather by supplemental damping elements. Among them, viscous devices have received considerable attention. The behavior of these energy dissipaters are dependent, not only on the relative velocity, but also on a large number of viscous devices are also dependent on the frequency of excitation and their thermal conditions. Determination of mechanical characteristics of these devices is usually based on experimental studies including cyclic tests in different amplitudes and frequencies.

In this study, a new type of viscous dashpot in which the main body of the device has been made of contractible steel bellows (developed in IIEES) is chosen for experimental studies. The viscous device has the capacity of 500 kN and axial deformability of ± 150 mm . The tests have been carried out using an actuator capable of providing axial forces up to 300 kN in cyclic tests with displacement range of ± 120mm . Axial forces on dashpot and resulted deformations on the device during experiments have been used to find the relationships between applied forces and induced relative displacement and velocity on the device. According to the results, the dashpot shows a dominant viscous behavior. It also represents a small frictional behavior in order of 10 kN (on average). The device also shows a frictional feature that is proportional to its internal fluid pressure. This feature is due to a small asymmetry in manufacturing some parts of the device, but it can be used later to improve the behavior of contractible dashpots. To be able to develop a model for this device, the test results are used in the form of cyclic behavior and time series. The time series results show the fact that there is not a linear proportionality between forces and velocity experienced by the dashpot in all the range of excitation frequencies. In addition, according to the test results, damping constants for this device is also dependent on the excitation frequency. Different types of behavioral models have been examined for the device. The proper model is proposed based on the three element type Maxwell model. The model can be further improved to represent the pressure dependent frictional forces in this dashpot.

Keywords: Energy Dissipaters, Experimental Studies, Contractible Dashpots, Frictional Behavior, Viscous Behavior