

## Experimental Study on the Behavior of a Retractable Viscous Dashpot and a Hydraulic Isolator

Mansour Ziyaeifar

Associate Professor, Structural Engineering Research Center  
mansour@iiees.ac.ir

Shakiba Mousavi

New approaches in seismic design of structures are based on adding to the flexibility and damping characteristics of the system using seismic-isolator and energy-dissipater devices. In this study, experimental studies have been conducted on two new devices that can be used in such structural systems (a viscous dashpot and an elastomeric isolator).

A new viscous damper in which the main body of the device has been made of retractable steel bellows (developed earlier in IIEES) is chosen for experimental studies. The nominal force capacity of the dashpot is 500 KN and its stroke is around  $\pm 150$  mm. Experimental studies were carried out to determine certain characteristics of the device including displacement and velocity nonlinearities, internal friction, axial stiffness (due to compressibility of fluid and elasticity of bellows) and its sensitivity to the excitation frequency. Figure (1) shows the device concept and the dashpot specimen that was tested.

The study was based on using direct results from force and displacement time histories of the device during various types of harmonic excitations (in terms of frequency and amplitude). Using the results of this experiment, some of the main characteristics of the device such as internal friction and its velocity nonlinearity have been identified. Later an analytical model for the dashpot that is a combination of Maxwell and Kelvin models is introduced to cover the velocity nonlinearity and internal friction characteristics of the device. According to the results of this experiment, the dashpot has a constant internal friction at about 10 KN that can be considered as a lock barrier switch for the device in case of low amplitude vibrations in the structural system. This level of internal friction can be easily enlarged to 50 KN using shrink fit operation on certain parts of the device during manufacturing process. In addition, the results of the experiment have shown a secondary type of internal friction in the device that appears in terms of high velocity in the system. The level of this friction force was about 50 KN when the dashpot reaction has reached to 310 KN. This feature was due to expanding of compressed oil camber and rubbing its outer body to the covering metal jacket. This

## طراحی و ساخت ایزولاتورهای هیدرولیکی و میراگرهای انقباض محوری در مقیاس واقعی

منصور ضیایی فر

دانشیار پژوهشکده مهندسی سازه mansour@iiees.ac.ir

شکبیا موسوی

در این تحقیق، به معرفی دو ابزار جدید، یک میراگر ویسکوز ۵۰۰ کیلو نیوتنی و یک ایزولاتور هیدرولیکی، که در روش‌های نوین طراحی لرزه‌ای سازه‌ها کاربرد دارند پرداخته شده و نمونه‌های ساخته شده آنها مورد آزمایش قرار داده شده است. همچنین برای میراگر ویسکوز گفته شده مدل رفتاری ارائه گردیده و نقش استفاده از آن در کاهش پاسخ لرزه‌ای سازه‌های هفت طبقه از طریق از روش‌های عددی بررسی گردیده است.

استفاده از میراگرهای ویسکوز در روش‌های نوین طراحی لرزه‌ای متداول است و سهم زیادی از هزینه‌های تحقیقات صنعتی را در راستای ارائه میراگری با عملکرد مناسب و هزینه‌های پایین به خود اختصاص داده است. با این وجود اطلاعات مناسبی در خصوص مشخصه‌های عملکردی و پارامترهای مؤثر در عملکرد آنها در دسترس نیست. رفتار این میراگرها تنها با ظرفیت، ثابت میرایی و یا میزان رفتار غیرخطی سرعتی آنها قابل بیان نیست و عواملی همانند سختی محوری و اصطکاک داخلی نیز از عوامل تأثیرگذار در رفتار این تجهیزات هستند. علاوه بر آن تحریکات در فرکانس‌های مختلف، انعطاف‌پذیری غلاف محصورکننده مایع درون میراگر، تراکم‌پذیری مایع درون سیلندر و سیستم ذخیره تراکم درون آن، تغییر در رفتار غیرخطی سرعتی در جهت محور طولی میراگر، اثرات حرارت و غیره نیز در تعیین مشخصه‌های رفتاری این میراگرها مؤثرند. در مطالعاتی که تاکنون بروی این میراگرها صورت پذیرفته ارتباط تعریف شده‌ای بین موارد ذکر شده با رفتار این میراگرها به صورت یک مدل رفتاری مشخص کمتر دیده شده است. در تحقیق حاضر، نمونه‌ای از یک میراگر انقباض محوری گفته شده با دامنه تغییر مکانی  $\pm 150$  mm که در مطالعات پیشین طراحی شده بود تحت آزمایشات چرخه‌ای قرار داده شد. شکل (۱)، مدل عملکردی این میراگر و همچنین نمونه ساخته شده آن را نشان می‌دهد.

در آزمایشات انجام پذیرفته از نتایج تاریخچه زمانی حاصل شده برای میراگر در بازه‌های فرکانسی مختلف تحریک به طور مستقیم استفاده گردید و نتیجتاً پارامترهای مؤثر در رفتار میراگر از جمله اصطکاک داخلی آن در دامنه‌های مختلف نیرو-تغییر مکان و سختی محوری میراگر تعیین شد. از این طریق مدل رفتاری خاصی برای این میراگر ارائه گردید که در عمل تلفیق مدل کلوین و ماکسول با رفتار غیرخطی سرعتی و با لحاظ کردن اثرات اصطکاک داخلی تلقی می‌شود. در آزمایشات انجام پذیرفته مشخص شد که میراگر مورد نظر دارای اصطکاک داخلی ثابت اولیه ۱۰ کیلو نیوتنی است که وابسته به بارگذاری نیست و می‌تواند به عنوان فیوز عملیاتی برای جلوگیری از حرکت نسبی دو سر میراگر در ارتعاشات کم دامنه مورد استفاده قرار گیرد. این نیروی اصطکاک می‌تواند براحتی تا ۵۰ کیلو نیوتن نیز افزایش یابد (از طریق پیش گرم کردن قطعات میراگر قبل از اتصال آنها به یکدیگر). همچنین آزمایشات نشان داد که میراگر ساخته شده

is considered a promising feature in the device and lead to improve in its capacity amplitude and behavioral aspects. Figure (2) compares the behavior of the dashpot using actual test results and those from the analytical model.

Later, a seven story building that was equipped with above mention viscous device were studied using numerical models. According to the result of this study, adding to the frictional characteristics of the device (internal and secondary friction) can improve seismic performances of the structural system.

Also in this study, some experimental studies on a new type of elastomeric seismic isolator have been conducted. This device is called Hydraulic Isolator and was designed and manufactured in another project. Hydraulic isolator is lighter and less expensive than typical elastomeric isolators. They are also capable of behaving as three dimensional isolators needed for some industrial application. They can also be used for custom made energy dissipation using different type of viscous materials. Figure (3) shows the device concept and the specimen that was tested.

This isolator is consisted of fiber reinforced natural rubber in the form of thick shell connected to its metal caps. In this experiment, the viscous materials is chosen as a clay mixture. In this test, some of the defects that have been detected in previous experiment were solved (leakage of liquid in low amplitude of lateral deformation) and isolator has reached to a new milestone in its capacity of carrying vertical force and lateral deformation. A few changes have been done on design and assemblage process of the device for further investigation.

**Keywords:** Retractable viscous dashpot, Hydraulic isolator, Seismic design

دارای نیروی اصطکاک ثانویه‌ای در شرایط بارگذاری سریع است که ناشی از انبساط محفظه‌های روغن و تماس آنها با جداره بدنه است. این نیروی اصطکاک متغیر بوده و تا میزان ۵۰ کیلونیوتن در حین انجام آزمایش رسیده است و سبب افزایش ظرفیت میراگر و بهبود منحنی رفتاری آن شده است. نمونه‌ای از منحنی‌های عملکردی این میراگر در آزمایشات انجام گرفته در مقایسه با مدل رفتاری پیشنهادی در شکل (۲) نشان داده شده است.

در ادامه، رفتار یک سازه هفت طبقه مجهز شده به میراگرهای لرزه‌ای توسط یک مدل عددی مورد بررسی قرار گرفت. این تحقیق با استفاده از چندین نوع از میراگرهای ویسکوز با خصوصیات رفتاری متفاوت به انجام رسید. نتایج حاصله مبین آن بود که اختصاص دادن درصدی از ظرفیت میراگر به رفتار اصطکاک می‌تواند با بهبود بخشی به عملکرد این وسیله در کاهش پاسخ لرزه‌ای سازه مؤثر باشد.

در تحقیق حاضر به بررسی رفتار نمونه‌ای از جداسازهای هیدرولیکی که قبلاً طراحی و ساخته شده بود، پرداخته شد. این جداسازها قابلیت ساخت کم‌هزینه‌تری را داشته و همچنین امکان طراحی آنها برای ایزولاسیون لرزه‌ای همزمان افقی و قائم در مصارف خاص صنعتی فراهم است. جداسازهای گفته شده دارای توان اتلاف انرژی لرزه‌ای بالایی بوده و تنظیم میزان و نوع میرایی در آنها به سهولت صورت می‌پذیرد. شکل (۳) نمونه جداساز مورد آزمایش قرار داده شده را نشان می‌دهد.

این جداساز از لاستیک مسلح به الیاف تشکیل شده و در مدل آزمایش شده مایع هیدرولیکی داخل آن رس اشباع انتخاب شده بود. در آزمایش انجام شده بروی این جداساز بسیاری از مشکلات نمونه‌های قبلی مرتفع شده بود و نمونه مورد نظر دارای عملکرد پیش‌بینی شده در این مرحله از کار بود. برخی از نقاط ضعف جدید این جداساز در جریان آزمایش انجام شده مشخص گردید که در طراحی نمونه‌های آتی بایستی مد نظر قرار داده شوند.

**واژه‌های کلیدی:** ایزولاتورهای هیدرولیکی، میراگرهای انقباض محوری، میراگرهای ویسکوز، طراحی لرزه‌ای

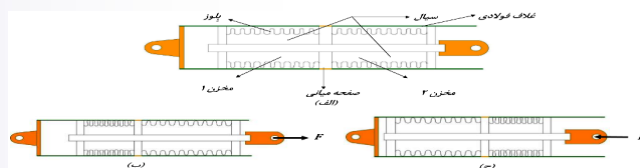


Figure 1: Axial retractable viscous dashpot

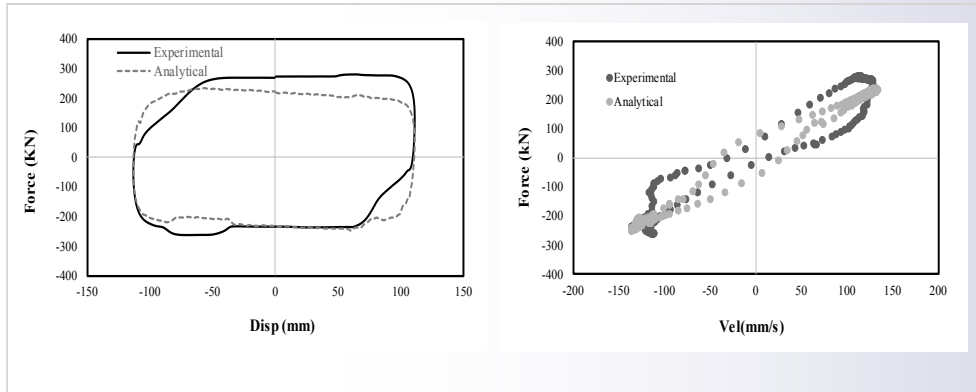


Figure 2: Force-displacement and force-velocity behavior at 0.25 Hz excitation frequency

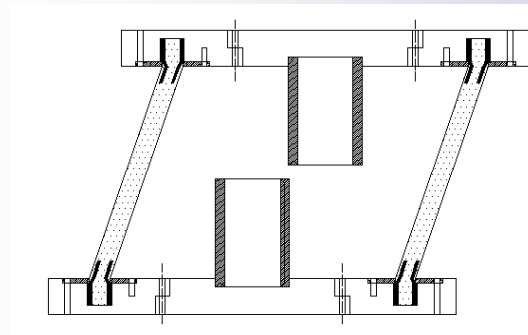


Figure 3: Hydraulic Elastomeric Isolator