

## Design and Manufacture of Hybrid Two-phase Damper with SMA and Brake Pad

Mohammad Ghasem Vetr

Assistant Professor, Structural Engineering Research Center  
vetr@iiees.ac.ir

Mehdi Saeedian

Structural Control is a new method to enhance the behavior of structure. The performance of these systems to reduce damage and improve the behavior of structures in earthquakes is based on reducing the structural demand and absorb the energy of earthquake in additive damping system. Poor performance in earthquakes with seismic level less than design basis earthquake is a defect in conventional dampers. Since the dampers are considered for design basis earthquake, they have the best performance in that seismic level. However, if the structure is designed for a seismic level less than DBE, the design will undergo acceptable limit deformations. This defect in passive dampers is the main reason for using multi-stage dampers, which makes the structure to be able to absorb the energy of structure in different seismic level. In a dual-stage system, the first fuse works in the first seismic level and the second fuse remains undamaged for better performance in high seismic levels. This behavior is shown in Figure (1).

This study aimed to investigate a combined passive damper, which is a combination of two friction and alloy dampers in order to achieve an acceptable level in seismic performance. The alloy damper has superelasticity according to Figure (2).

The minimum damage level is expect to happen in the damper because of using a shape memory alloy damper, meanwhile in stronger earthquakes, the second fuse start to work simultaneously with the first fuse and increase the performance of the structure. The most advantage of proposed damper in compare to other two-phase dampers is that the first fuse remains undamaged in average level earthquakes because of using shape memory alloy and super-elasticity property which maintain the performance of the structure in future earthquakes without needing repairs. A two-stage performance is provided by horizontal slotted hole. The schematic of the proposed design is shown in Figure (3) and the multi-linear behavior of this system is expected to be obtained as shown in Figure (4).

In order to ensure the correct operation of the proposed damper, an experimental model is designed and evaluated in the structural laboratory of IIEES, Figure (5). One of the results of this test can be seen in Figure (6).

Moreover, the results obtained from the experiment were matched to the model created in the opensees software and a satisfactory adaptation was achieved. The desired

## طراحی و ساخت میراگر دوسطحی SMA و اصطکاکی

محمد قاسم وتر

استادیار پژوهشکده مهندسی سازه vetr@iiees.ac.ir

مهدی سعیدیان

کنترل سازه روش پیشنهادی نوینی در بهبود رفتار سازه است. نحوه عملکرد این سیستم‌ها برای کاهش خسارت و رفتار بهتر سازه‌ها در زلزله، کاهش تقاضای سازه و جذب انرژی زلزله در سیستمی الحاقی می‌باشد. یکی از کاستی‌های میراگرهای معمول، عملکرد نامناسب آنها در زلزله با سطح خطر کمتر از زلزله طرح می‌باشد. از آنجا که میراگرها برای زلزله طرح طراحی می‌شوند، بهترین رفتار را در آن سطح خطر خواهند داشت. با این وجود، اگر طراحی برای عملکرد مناسب در زلزله‌های با شدت کمتر از زلزله طرح، طراحی شود، در زلزله طرح تغییرشکل‌های بیش‌ازحد مجاز در سازه رخ خواهد داد. این کاستی در میراگرهای غیرفعال دلیل اصلی به وجود آمدن میراگرهای غیرفعال چند سطحی است که سیستم را قادر به اتلاف انرژی در سطوح مختلفی از زلزله می‌کند. در سیستم دوسطحی، در سطح اول زلزله فقط فیوز اول (فیوز فرعی) وارد عملکرد می‌شود و فیوز دوم (فیوز اصلی) بدون آسیب برای عملکرد هرچه بهتر در زلزله‌های شدیدتر باقی می‌ماند. این رفتار در شکل (۱) نمایش داده شده است.

در این طرح، میراگر ترکیبی غیرفعال که حاصل ترکیب دو میراگر آلیاژی و اصطکاکی می‌باشد، جهت تأمین دو سطح عملکرد در سازه معرفی شده است. میراگر آلیاژی رفتار فرا ارتجاعی مطابق شکل (۲) دارد و از این رو انتظار می‌رود در سطح اول میراگر، حداقل آسیب متحمل میراگر شود. این در حالی است که در زلزله شدید، فیوز دوم نیز به عملکرد سازه اضافه شده و به‌صورت موازی با فیوز اول کار خواهد کرد.

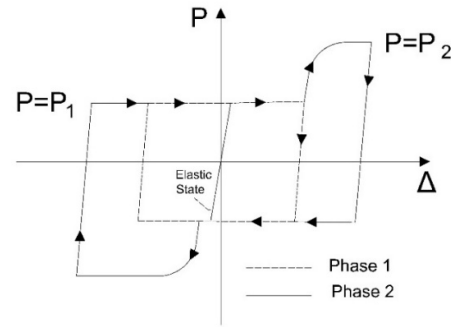
برای اطمینان از صحت عملکرد میراگر پیشنهادی، به‌صورت آزمایشگاهی با دستگاه یونیورسال در آزمایشگاه سازه پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله مورد بررسی قرار گرفته است، شکل (۵). یک نمودار از نتایج این آزمایش در شکل (۶) قابل مشاهده است.

همچنین رفتار به‌دست‌آمده از آزمایش، با مدل ایجادشده در نرم‌افزار opensees مطابقت داده‌شد و انطباق قابل قبولی حاصل شد. با گردآوری و بررسی نتایج در کلیه آزمایش‌ها هدف اصلی یعنی عملکرد دوسطحی میراگرها محقق شده است و شاهد میرایی معادلی در حدود ۲۰٪ بوده‌ایم. همچنین اگر اثر اصطکاک ناخواسته ایجادشده در سطح اول صرف‌نظر شود، نمونه‌ها در فاز اول رفتار بازگشت‌پذیر بسیار خوبی داشته و بدون آسیب بوده‌اند. در نهایت، با مطالعه پارامتریک و مدلسازی ۱۵ حالت مختلف از میراگر FD-SMA2 با مشخصه‌های مختلف، مشخص شد که میراگر با مقدار مساوی نیروی جاری شدن سیم SMA و لغزش صفحات اصطکاکی، بهترین رفتار را داشته است.

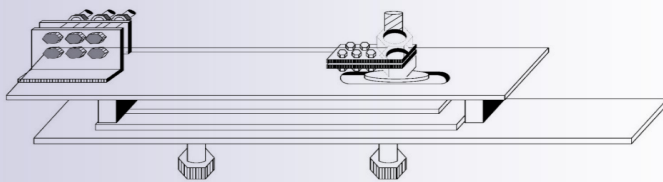
واژه‌های کلیدی: میراگر ترکیبی غیرفعال، سیستم دوسطحی، آلیاژ حافظه‌دار شکلی، میراگر اصطکاکی

performance for dual-stage dampers are achieved in all laboratory tests and in all tests, 20% equivalent damping coefficients are obtained. However, if unwanted friction is not considered, the entire specimen have an acceptable elastic behavior and remain undamaged. Finally, with the parametric study and modeling of 15 different models of FD-SMA2 damper, optimal damper was identified

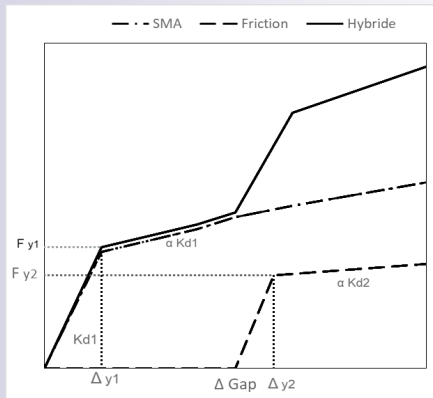
**Keyword:** Hybrid passive damper, Two-phase system, Shape memory alloy, Friction damper



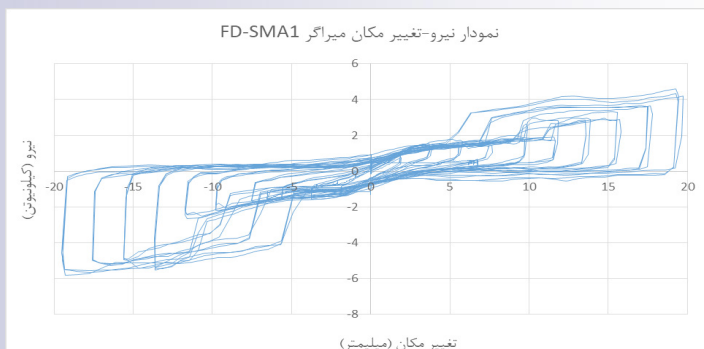
شکل (۱): منحنی رفتاری ایده‌آل برای یک سیستم دوسطحی



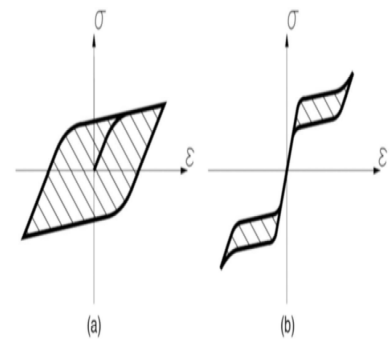
شکل (۳): هندسه میراگرهای ترکیبی



شکل (۴): منحنی چندخطی نیرو و تغییر مکان برای میراگر ترکیبی

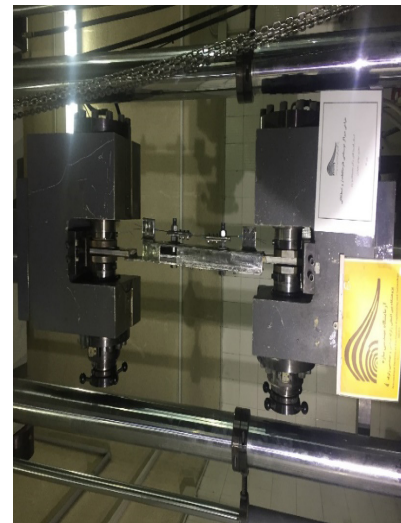


شکل (۶): نمودار نیرو-تغییر مکان میراگر FD-SMA1



شکل (۲): نمودار تنش- کرنش رفتار فرا ارتجاعی آلیاژ حافظه‌دار

برتری اصلی میراگر پیشنهادی با سایر میراگرهای دوسطحی، آسیب ندیدن فیوز اولیه در مقابل زلزله‌های متوسط به دلیل استفاده از آلیاژ حافظه‌دار شکلی و خاصیت فرا ارتجاعی آن است که منجر به حفظ عملکرد و عدم نیاز به تعمیر آن برای زلزله احتمالی آینده می‌شود. قابلیت عملکرد دوسطحی با تعبیه یک تأخیر فاز تغییر مکانی توسط سوراخ‌های لوبیایی افقی فراهم شده است. شمای کلی طرح پیشنهادی در شکل (۳) آورده شده است و انتظار می‌رود رفتار چندخطی این سیستم، مطابق شکل (۴) حاصل شود



شکل (۵): قرارگیری میراگر FD-SMA در دستگاه یونیورسال