





**پارت سازه**  
**PART SAZE** STRUCTURAL  
ENGINEERING

**بررسی آزمایشگاهی عملکرد میراگر فلزی پره مثلثی TADAS**

**در آزمایشگاه سازه مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی**

**دی ماه ۱۳۹۳**

## مقدمه

به طور کلی به مجموعه عملیاتی که در راستای بهبود رفتار و عملکرد سازه در هنگام وقوع یک تحریک دینامیکی مانند زلزله انجام می‌گردد کنترل سازه گفته می‌شود. کنترل سازه‌ها خود بر چهار دسته‌ی کلی کنترل غیرفعال، کنترل فعال، کنترل نیمه‌فعال و کنترل ترکیبی تقسیم می‌شود که از این میان کنترل غیرفعال با توجه به سابقه‌ی طولانی‌تر، کاربردی‌تر و عملیاتی‌تر می‌باشد. در این نوع از کنترل سازه، وسیله (وسایل) کنترلی در قسمتی (قسمت‌هایی) از سازه قرار گرفته و در هنگام تحریک سازه عملیات کنترلی خود را انجام می‌دهند. بر خلاف سیستم‌های کنترل فعال و نیمه‌فعال که در هنگام وقوع تحریک قابلیت تغییر لحظه‌ای دارند، وسایل کنترل غیرفعال در حین تحریک مشخصات ثابتی خواهند داشت اما این وسایل برای انجام عملیات کنترلی خود نیازی به منبع انرژی خارجی ندارند و از انرژی تحریک دینامیکی استفاده می‌نمایند؛ این در حالی است که وسایل کنترلی سیستم‌های فعال و نیمه‌فعال برای انجام عملیات کنترلی وابسته به یک منبع انرژی خارجی هستند. از مزایای استفاده از سیستم‌های کنترلی می‌توان به افزایش ایمنی سازه و در عین حال بهبود کارایی و عملکرد آن اشاره نمود.

انواع سیستم‌های جدایش از پی و انواع مختلف میراگرهای غیرفعال اتلاف انرژی مانند میراگرهای ویسکوز، اصطکاکی، ویسکوالاستیک و فلزی از وسایل کنترل غیرفعال می‌باشند که امروزه به تولید انبوه و صنعتی رسیده و کاربرد فراوان در صنعت یافته‌اند. میراگرهای فلزی از نوع پره مثلثی (TADAS Triangular Added Damping And Stiffness) از جمله‌ی این وسایل می‌باشند که در دنیا در پروژه‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته و در حال حاضر توسط شرکت مهندسی پارت سازه ساینار ساخته می‌شود و در سازه نصب می‌گردد.

## فهرست مطالب

- هدف از انجام آزمایش..... ۶
- مشخصات میراگرهای مورد آزمایش..... ۶
- تنظیمات قاب و نحوه قرار گرفتن سنجشگرها بر روی قاب و میراگر ..... ۱۱
- آییننامه‌ی مورد استفاده در زمینه‌ی روش انجام آزمایش و ارزیابی کفایت میراگر ..... ۱۲
- گزارش اولیه آزمایش میراگرهای TADAS در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی... ۱۲

## هدف از انجام آزمایش

هدف از انجام این آزمایش، مطالعه بر روی میراگرهای فلزی پره مثلثی TADAS و تطبیق پیش‌بینی نرم‌افزاری با نتایج واقعی آزمایش و در نهایت اخذ نظریه فنی برای این نوع میراگرها شامل میراگر آزمایش‌شده و سایر میراگرهای TADAS ای که با شرایط یکسان مراحل ساخت را طی می‌نمایند و مصالح مشابهی در آنها به کار رفته است می‌باشد.

## مشخصات میراگرهای مورد آزمایش

به طور کلی در تمام میراگرهای فلزی از تبدیل انرژی تحریک ورودی به سازه به انرژی گرمایی از طریق تسلیم فلز به کار رفته در میراگر استفاده می‌شود. در میراگر فلزی پره مثلثی هر پره همانند یک تیر طره عمل می‌کند که سر گیردار آن اتصال به ورق فوقانی میراگر دارد و سر آزاد آن در قسمت پین‌ها می‌باشد که می‌تواند آزادانه در داخل شیارهای ورق کناری میراگر حرکت کنند. در این تیر طره بار از قسمت آزاد (پین) به صورت عمود بر محور طولی

وارد می‌شود و در نتیجه لنگر در طول این تیر طره به صورت خطی افزایش خواهد داشت؛ با توجه به اینکه ممان اینرسی مقطع تیر حول محور خمش نیز به صورت خطی از یک عدد کوچک تا مقدار حداکثر خود در سر گیردار تیر افزایش می‌یابد بنابراین تنش ناشی از خمش در مقطع تیر تقریباً ثابت خواهد ماند. این مسئله بدان معناست که تقریباً از درصد عمده‌ای از فلز موجود در پره در اتلاف انرژی تحریک ورودی به سازه استفاده خواهد شد.



شکل شماره ۱ - شکل میراگر شش پره TADAS مورد آزمایش در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



لازم به ذکر است که در این آزمایش میراگر TADAS در داخل قابی با اتصالات مفصلی (تیر به ستون و ستون به کف قوی آزمایشگاه) قرار گرفته است؛ طریقه‌ی اتصال قاب به میراگر در شکل بعد مشخص گردیده است. بر خلاف برخی از انواع میراگرها مانند میراگرهای ویسکوز و ... با توجه به شکل و هندسه‌ی این میراگر نمی‌توان آن را به تنهایی و بدون حضور قاب مورد آزمایش قرار داد؛ بنابر این با توجه به اینکه هدف ارزیابی، بررسی، مطالعه و در نهایت اخذ نظریه فنی در زمینه‌ی قابلیت خود میراگر بدون توجه به قاب بوده است در این آزمایش از قاب مفصلی با گیرداری و سختی بسیار پایین استفاده شده است تا حتی الامکان رفتار کلی مجموعه شبیه رفتار خود میراگر باشد؛ هر چند سنجش گره‌های کافی به منظور بررسی رفتار موضعی میراگر نیز پیش‌بینی شده است.



شکل شماره ۲- نصب میراگر TADAS بر روی قاب در آزمایش مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

## تنظیمات قاب و نحوه‌ی قرار گرفتن سنجش‌گرها بر روی قاب و میراگر

در این دو آزمایش برای بارگذاری از دو جک هیدرولیک با ظرفیت نیرویی ۶۰ تن و بازه‌ی پیستون ۲۵ سانتی‌متر در دو سمت قاب و به صورت هم‌محور با محور طولی تیر بالای قاب استفاده شده است و بار به صورت شبه استاتیکی اعمال گردیده است. همچنین برای دریافت پاسخ قاب به بار اعمال‌شده از سه نوع سنجش‌گر استفاده شده است:

۱- نیروسنج (Load Cell): در هر دو آزمایش از دو نیروسنج - یکی در پشت هر کدام از جک‌های بارگذاری - استفاده شده است.

۲- کرنش‌سنج (Strain Gauge): در آزمایش اول از دو کرنش‌سنج یکی در بالای یکی از پره‌های مثلثی شکل و دیگری در پایین همان پره و در آزمایش دوم از سه کرنش‌سنج که دو تای آنها بر روی بادبندها و سومی در پایین یکی از پره‌های مثلثی شکل نصب گردید استفاده شده است.

۳- جابه‌جایی‌سنج (LVDT): در هر دو آزمایش از تعداد هفده جابه‌جایی‌سنج استفاده شده است.

## **آیین‌نامه‌ی مورد استفاده در زمینه‌ی روش انجام آزمایش و ارزیابی کفایت میراگر**

در این آزمایش از آیین‌نامه‌ی ۱۳-۴۱-SEI/ASCE قسمت ۱۴ - ۳ که مربوط به سیستم‌های اتلاف انرژی غیرفعال می‌باشد استفاده شده است. در این بخش ضوابط انجام آزمایش و معیارهای ارزیابی نتایج آزمایش بیان شده است. بر این اساس لازم است که دو نمونه‌ی یکسان و در ابعاد واقعی و مشابه آنچه در اجرا استفاده خواهد شد مورد آزمایش قرار گیرند؛ البته با صلاحدید مراجع ذیصلاح و با این شرط که مراحل ساخت و کنترل میراگرهای ساخته شده مشابه باشد می‌توان از سازه‌های دیگر نیز برای آزمایش و بررسی استفاده نمود. از نمونه‌هایی که در آزمایش استفاده شده است مگر با کسب اجازه مکتوب از مراجع ذیصلاح نمی‌توان در اجرای سازه استفاده نمود. بر اساس این آیین‌نامه پروتکل بارگذاری برای میراگرهایی که برای تحمل بار باد طراحی نمی‌شوند و با هدف تحمل بارهای لرزه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند.

## **گزارش اولیه آزمایش میراگرهای TADAS در مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی**

در این مرکز همانگونه که قبلاً عنوان گردید دو نمونه‌ی مشابه از میراگر شش پره‌ی TADAS طبق بارگذاری و تعداد چرخه عنوان شده در آیین‌نامه مورد آزمایش قرار گرفت که توانست ضوابط آیین‌نامه‌ی را اغنا کند.



شکل شماره ۳- شکل تغییر شکل یافته میراگر در آخرین چرخه از آزمایش دوم