

عملکرد میراگرهای لوله در لوله و هم‌مرکز تحت بار چرخه‌ای در اتلاف انرژی

علی لاهوتی^۱، آرش سیاری^{۲*}، سالار منیعی^۳

^۱ فارغ‌التحصیل دکتری گروه مهندسی عمران، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج

^۲ استادیار گروه مهندسی عمران، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج

^۳ استادیار گروه مهندسی عمران، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج

دریافت: ۱۴۰۰/۸/۱۶، بازنگری: ۱۴۰۰/۹/۱، پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۷، نشر آنلاین: ۱۴۰۰/۹/۷

چکیده

میراگرهای فولادی، براساس رفتار پلاستیک فولاد، توانایی اتلاف انرژی زیادی دارند. انواع مختلف این میراگر در ده‌های اخیر معرفی شده‌اند که هرکدام ویژگی‌ها و ساختار منحصر به فردی دارند. در این مقاله، عملکرد میراگرهای لوله در لوله و هم‌مرکز تحت بار چرخه‌ای در اتلاف انرژی مطالعه می‌شود، سپس برای افزایش توانایی این نوع میراگرها در اتلاف انرژی، دو نوع میراگر لوله‌ای با ساختار هندسی اصلاح شده بررسی می‌شوند (میراگرهای لوله‌ای هم‌مرکز و میراگرهای لوله در لوله). نتایج مطالعه آزمایشگاهی نشان می‌دهد که میراگرهای لوله‌ای، رفتار انعطاف‌پذیری نشان می‌دهند و توانایی زیادی برای اتلاف انرژی دارند. همچنین رفتار سخت‌شوندگی سینماتیک (Cinematic) و رفتار چرخه‌ای پایدار در میراگرهای لوله‌ای آزمایش شده تحت بارهای چرخه‌ای مشاهده گردید. در ادامه آزمایش، از روش اجزای محدود و نرم‌افزار Abaqus برای مطالعه رفتار دو میراگر مدنظر استفاده گردیده است. در نتایج تحلیل اجزای محدود مشاهده گردید که قابلیت اتلاف انرژی را در مقایسه با میراگرهای لوله‌ای ساده به ترتیب به اندازه ۳/۴۱ و ۳/۲۱ برابر افزایش می‌دهند.

کلیدواژه‌ها: میراگر لوله‌ای، آزمایش، بارگذاری، میراگر لوله‌ای هم‌مرکز، تغییر شکل میراگر لوله در لوله، اتلاف انرژی.

۱- مقدمه

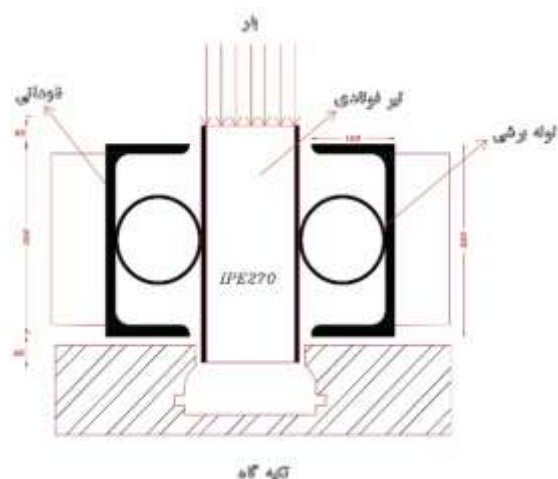
اخیراً نوع جدیدی از میراگرهای تسلیمی به نام میراگرهای لوله‌ای توسط محققان بیان گردیده است. تحقیقات انجام گرفته نشان می‌دهد که این میراگرها عملکرد خوبی در کاهش انرژی‌های ورودی دارند (Maleki و Bagheri، ۲۰۱۰؛ Maleki و Mahjoubi، ۲۰۱۳). بعد از بررسی عملکرد این میراگرها، موضوعات دیگری مانند تعداد و جایگذاری آن‌ها در قاب‌های فولادی مورد بررسی قرار گرفته است.

در سال ۲۰۱۸ Aghlraa، میراگرهای لوله‌ای را مورد آزمایش قرار داده است تا این که نتایج این مطالعه نشان می‌دهند که قطر و طول میراگرهای لوله‌ای، پارامترهای ضروری در کنترل اتلاف انرژی هستند (Aghlraa و Tahir، ۲۰۱۸). در سال ۲۰۱۸، Eskandari میراگرهای لوله‌ای را مورد بررسی قرار داده است. در این روش، لوله‌ها با آلیاژهای پرکننده (سرب) پر گردیده است. این حلقه‌ها با تغییر شکل برشی پلاستیکی، انرژی را از طریق سرب اتلاف می‌کنند. فازها را می‌توان به تعداد زیادی افزایش داد که

در دهه ۱۹۷۰، پوپوف و همکاران نقشه‌هایی برای ساخت مفاصل پلاستیکی در قاب‌ها با مهاربندی خارج از مرکز به منظور افزایش اتلاف انرژی ارائه کردند (Egor و Roeder، ۱۹۷۸) و از اواخر دهه ۱۹۸۰، استفاده از میراگرهای فولادی در کشورهایی مانند ژاپن و اندونزی رایج گردیده است. از آن زمان انواع مختلف میراگرهای فولادی استفاده شده‌اند به‌طور مثال میراگرهای ADAS، X شکل و لانه‌زنبوری برخی از میراگرهای فولادی هستند که هنوز در حال توسعه هستند و مطالعات تحقیقاتی درباره آن‌ها انجام شده است (Askariani و همکاران، ۲۰۲۰؛ Bae و همکاران، ۲۰۲۰؛ Choi و Kim، ۲۰۰۶؛ Chukka و همکاران، ۲۰۱۹؛ Guo و همکاران، ۲۰۲۰a؛ Guo و همکاران، ۲۰۲۰b؛ Javanmardi و همکاران، ۲۰۲۰؛ Kamble و Umare، ۲۰۱۹؛ Kim و همکاران، ۲۰۱۲؛ Lee و همکاران، ۲۰۱۷؛ Liyanage و همکاران، ۲۰۲۰؛ Park و همکاران، ۲۰۱۲؛ Xia و Hanson، ۱۹۹۲).

* نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۰۹۱۸۳۳۲۳۴۱۴

در این دو نوع میراگرها با میراگر ساده کار شده توسط Singh و همکارش نیز شده است. در این آزمایش قطر لوله‌ها ۱۴۰mm، ضخامت آن‌ها ۴mm و طول هرکدام ۷۵mm است. تنش تسلیم لوله‌ها، ۳۵۵MPa و تنش نهایی ۴۱۰MPa است. این مقادیر از آزمایش کششی استاندارد ASTM-A370 محاسبه شدند (ASTM A370، ۲۰۰۲).



شکل ۱- جزئیات نمونه آزمایش شده



شکل ۲- فرایند آماده‌سازی نمونه

جدول ۱- مقاطع به کار رفته در آزمایش عملی

مقاطع	عمق مؤثر	ضخامت	عرض	ضخامت unp
IPE۲۷۰	۲۷۰mm	۱۰/۲mm	۱۳۵mm	۶/۶mm
UNP۳۰۰	۳۰۰mm	۱۶mm	۱۰۰mm	۱۰mm

جدول ۲- مشخصات مکانیکی اجزای لوله

مقطع	لوله
قطر	۱۴۰mm
ضخامت	۴mm
ضرایب الاستیک	۲۰۰ GP
تنش تسلیم	۳۵۵ Mpa
تنش نهایی	۴۱۰ Mpa
کرنش گسیختگی	٪۲۵

۳- تشریح آزمایش عملی

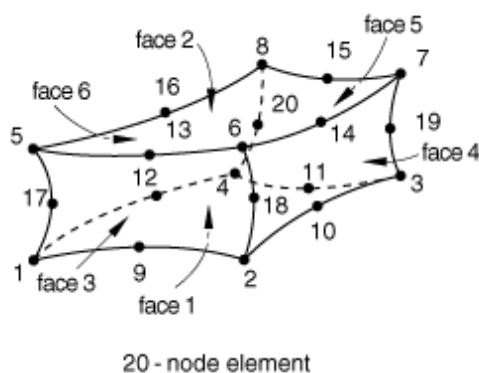
با توجه به نتایج آزمایش چرخه‌ای انجام شده روی نمونه و نمونه شبیه‌سازی شده با روش اجزای محدود (شکل (۳)) و انطباق

نتیجه آن تغییر شکل زیاد میراگر با اتلاف انرژی زیاد و خستگی کم میراگر است (Eskandari و Pournamazian، ۲۰۱۸). در مطالعه Ghaedi و همکاران (۲۰۱۸)، گروهی از میراگرهای لوله‌ای با مقاطع کوچک ارائه شد. نتایج این مطالعه نشان داد که عملکرد این میراگرها می‌تواند تغییرشکل و اتلاف انرژی زیادی ایجاد کنند. هدف این تحقیق مطالعه عملکرد رفتار چرخه‌ای میراگرهای لوله‌در لوله و هم‌مرکز تحت بارهای چرخه‌ای در اتلاف انرژی است به طوری که باعث افزایش توانایی میراگر در اتلاف انرژی می‌گردد. برای این هدف دو میراگر لوله‌ای هم‌مرکز و میراگر لوله در لوله طرح گردیده و با توجه به آزمایش عملی و بارگذاری چرخه‌ای انجام شده روی یک نمونه میراگر لوله‌ای ساده مطابق با مشخصات فنی Singh و Civjan (۲۰۰۳)، دو نمونه میراگر لوله‌ای هم‌مرکز و میراگر لوله در لوله با استفاده از روش اجزای محدود مورد مطالعه قرار گرفته و میزان اتلاف انرژی این میراگرها در مقایسه با میراگر لوله‌ای ساده مورد مقایسه و بررسی قرار گرفته است. به غیر از آزمایشات عملی، شبیه‌سازی‌های غیرخطی سه‌بعدی با استفاده از روش اجزای محدود و نرم‌افزار Abaqus برای آنالیز استفاده گردیده است (ABAGUS، ۲۰۱۲).

۲- آزمایش عملی

شکل (۱) شماتیک نمونه میراگر لوله‌ای آزمایش شده را نشان می‌دهد. مشخصات آزمایش شبیه به نمونه آزمایش شده توسط Singh و Civjan (۲۰۰۳) است. در نمونه مطالعه شده، دو لوله متقارن به وسیله اتصال جوشکاری به فلنج‌های یک تیر با مقطع IPE270 و دو ناودانی UNP300 متصل شدند که به تکیه‌گاه‌ها وصل شده‌اند. شکل (۲) فرایند آماده‌سازی نمونه را نشان می‌دهد. این آزمایش توسط یک جک ده تنی از بالاترین نقطه IPE27 بار را با سرعت ۰/۰۴mm/s در نمونه اعمال می‌کنیم. جدول (۱) مقاطع UNP300 و IPE270 استاندارد به کار رفته در نمونه را نشان می‌دهد. همچنین مشخصات لوله‌های به کار رفته در نمونه اندازه-گیری شده در جدول (۲) بیان گردیده است. همچنین بارگذاری نیز به صورت چرخه‌ای (رفت و برگشت) به نمونه در سه مرحله اعمال گردیده است. (در مرحله اول ۳۰ درصد بار نهایی نمونه Singh و در مرحله دوم ۶۰ درصد بار نهایی و در مرحله سوم ۹۰ درصد بار نهایی) مشخصات فنی نمونه آزمایشگاهی مورد مطالعه همانند مشخصات آزمایش نمونه آزمایش شده توسط Singh و Civjan (۲۰۰۳) می‌باشد. همچنین در پژوهش‌های که از قبل دیگران در خصوص میراگر از نوع لوله انجام گردیده است فقط در خصوص میراگرهای لوله‌ای ساده بوده می‌باشد. لذا در ادامه این پژوهش، میراگرهای لوله‌ای هم‌مرکز و میراگرهای لوله در لوله که به عنوان طرح نوآوری می‌باشد مقایسه‌ای در خصوص اتلاف انرژی

که درباره نمونه آزمایش شده بیان شد، رفتار سخت‌شوندگی سینماتیک در نمونه مشاهده می‌شود. به علاوه در شبیه‌سازی‌ها، کاربرد رفتار سخت‌شوندگی سینماتیک، در مقایسه با رفتار سخت‌شوندگی همسان‌گرد، تناسب بهتری با نمونه آزمایش شده نشان می‌دهد (Aghlraa و Tahir، ۲۰۱۸).

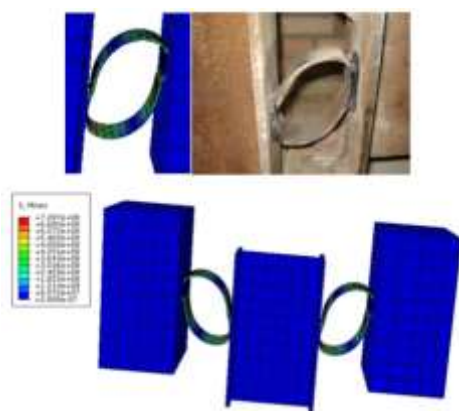


شکل ۴- المان شش‌وجهی ۲۰ گره‌ای



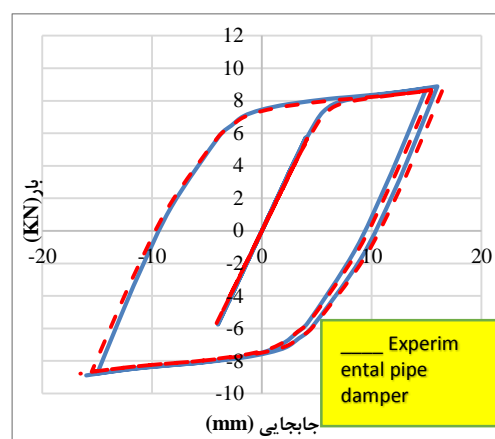
شکل ۵- مش‌بندی نمونه شبیه‌سازی شده

شکل (۶) مقایسه‌ای از نمونه تغییر شکل یافته در آزمایشگاه و نمونه شبیه‌سازی شده و تنش‌های لوله تحت نیروی برشی وابسته به جابه‌جایی را نشان می‌دهد.



شکل ۶- مقایسه نمونه تغییر شکل یافته در آزمایشگاه و نمونه شبیه‌سازی شده و تنش‌های لوله به خاطر نیروی برشی ایجاد شده با جابه‌جایی

آن‌ها با هم، سخت‌شوندگی سینماتیک و سختی ایجاد شده به خاطر مقاومت پلاستیکی در بارگذاری کنترل شده با جابه‌جایی به دلیل ویژگی‌های پلاستیک فولاد، در نمونه مشاهده گردیده است و همچنین در خصوص صحت‌سنجی نمونه‌ها در بخش بعدی این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۳- رفتار چرخه‌ای نمونه آزمایش شده و رفتار چرخه‌ای شبیه‌سازی شده با روش اجزای محدود

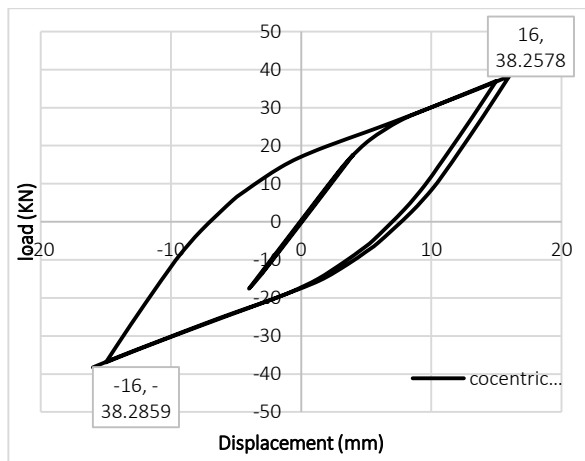
۴- شبیه‌سازی اجزای محدود

به منظور اعتبارسنجی میراگر لوله‌ای نمونه آزمایشگاهی که در بخش قبل توضیح داده شد در نرم‌افزار اجزای محدود Abaqus آنالیز گردیده است. که در جزئیات مدل‌سازی آن از المان نوع shell و المان شش‌وجهی ۲۰ گره‌ای می‌باشد (شکل (۴)) و در خصوص مش از روش مش‌بندی structure استفاده شده و همچنین درجات آزادی، شش درجه آزادی که سه درجه آزادی آن انتقالی در طول محورهای x, y, z و سه درجه آزادی چرخشی در طول این محورها می‌باشد. با توجه به اتصال جوشی بودن لوله‌ها با تیرآهن در مدل‌سازی برای اتصال جوشی از روش TIE و برای شبیه‌سازی دقیق‌تر رفتار غیرخطی روش انتگرال کاهش یافته حذف گردیده و از شبیه‌سازی رفتار غیرخطی المان لوله‌های الاستیک و پلاستیک با رفتار سخت‌شوندگی سینماتیک چندخطی استفاده شده است. شکل (۵) مش‌بندی نمونه شبیه‌سازی شده را نشان می‌دهد به طوری که مشخصات مکانیکی لوله همانند مقادیر ارائه شده در جدول (۲) در نرم‌افزار شبیه‌سازی استفاده گردیده است.

با توجه به انطباق منحنی نیرو- جابه‌جایی (هیستریزس) نمونه آزمایشگاهی تحت بار چرخه‌ای و مدل شبیه‌سازی در نرم‌افزار (شکل (۳)) مشاهده می‌شود که تناسب نسبتاً خوبی بین منحنی نیرو- جابه‌جایی نمونه آزمایش شده و نمونه شبیه‌سازی شده وجود دارد. که این موضوع بیان‌گر دقت شبیه‌سازی می‌باشد. همان‌طور

۵-۲- آنالیز عددی عملکرد نمونه‌ها

شیب منحنی نیرو- جابه‌جایی (هیستریزیس) سختی نمونه‌ها را نشان می‌دهد لذا با توجه به شکل‌های (۹) و (۱۰) در خصوص میراگر لوله‌ای هم‌مرکز مقدار سختی $4/8$ و در خصوص میراگر لوله در لوله مقدار سختی $3/28$ می‌باشد در نهایت با مقایسه این دو میراگر می‌توان گفت که سختی میراگر لوله‌ای هم‌مرکز نسبت به میراگر لوله در لوله افزایش یافته است. همچنین عملکرد چرخه‌ای میراگر لوله‌ای هم‌مرکز نسبت به میراگر لوله در لوله افزایش یافته است. حداکثر مقدار نیرو در حداکثر جابه‌جایی به کار رفته در این نمونه در مقایسه با میراگر لوله‌ای ساده در محدوده فشار و تنش، به اندازه $4/36$ برابر افزایش می‌یابد و تقارن در منحنی نیرو- جابه‌جایی این نمونه، پایداری عملکرد نمونه برای بارهای چرخه‌ای را بیان می‌نماید که خود یک مزیت برای این میراگر می‌باشد.



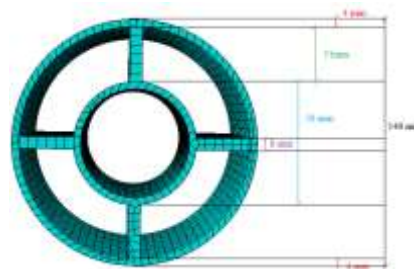
شکل ۹- منحنی نیرو- جابه‌جایی میراگر هم‌مرکز

شکل (۱۰) نمودار نیرو- جابه‌جایی میراگر لوله در لوله را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، کاهش قابل توجهی در بارگذاری چرخه‌ای وجود دارد. نسبت حداکثر نیرو به حداکثر جابه‌جایی در این نمونه در مقایسه با میراگرهای لوله‌ای ساده در محدوده‌های تنش و فشار به اندازه $3/24$ برابر افزایش یافته است. با تمرکز بر منحنی نیرو- جابه‌جایی این نمونه، می‌توانیم درک کنیم رفتار غیرخطی در این نمونه واضح‌تر از میراگر هم‌مرکز است. با توجه به شکل‌های (۹) و (۱۰) منحنی‌های نیرو- جابه‌جایی میراگر لوله‌ای هم‌مرکز و میراگر لوله در لوله مقدار ضریب شکل‌پذیری (نسبت جابه‌جایی نهایی به جابه‌جایی اولیه نمونه) به ترتیب $2/14$ و 3 می‌باشد و در خصوص میراگر لوله‌ای ساده مقدار ضریب شکل‌پذیری $1/4$ می‌باشد. شکل‌پذیری میراگر لوله در لوله نسبت به میراگر هم‌مرکز کاهش یافته است ولی نسبت به میراگر لوله‌ای

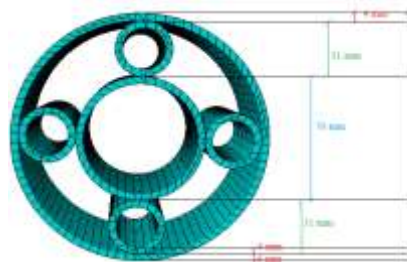
مطابق با این شکل، بعد از جابه‌جا شدن جک، لوله بیضی‌شکل گردیده و تنش‌های موجود در لوله در بخش زیادی از لوله پخش شده است. این دلیل رفتار پایدار نمونه با کاربرد جابه‌جایی می‌باشد.

۵- بررسی‌های عددی درباره میراگرهای لوله هم‌مرکز و میراگرهای لوله در لوله با روش اجزای محدود

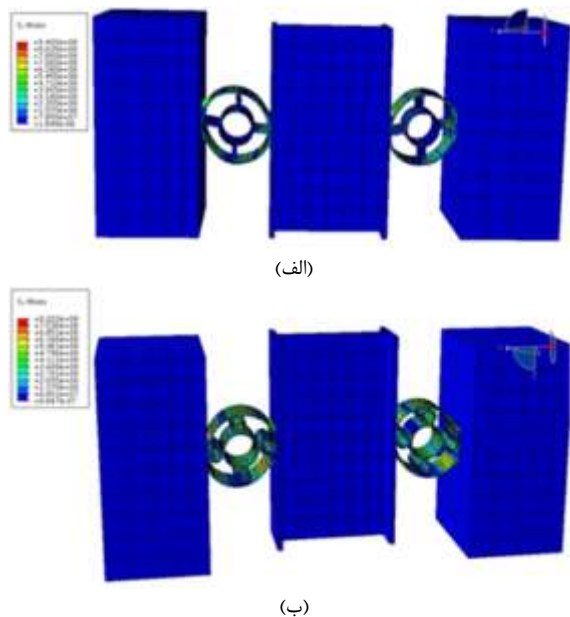
۵-۱- میراگر لوله هم‌مرکز و میراگر لوله در لوله همان‌طور که در قسمت‌های قبلی بیان گردید افزایش قدرت اتلاف انرژی میراگرهای لوله‌ای چالش اصلی این پژوهش می‌باشد. برای این منظور در این پژوهش تغییر شکل هندسی اصلاح‌شده در میراگر لوله‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. در نوع اول، یک لوله داخلی به لوله بیرونی اضافه می‌شود و لوله‌های هم‌مرکز درونی و بیرونی به وسیله چهار المان مستطیلی به هم متصل گردیده است که این میراگر در این پژوهش با توجه به شکل (۷) میراگر لوله‌ای هم‌مرکز نامیده می‌شود. قطر لوله بیرونی، مانند یک میراگر ساده، 140 mm و قطر لوله درونی 70 mm و ضخامت لوله درونی و بیرونی 4 mm می‌باشد به طوری که این دو لوله به وسیله چهار المان مستطیلی با ضخامت 8 mm به هم متصل گردیده است. نوع دوم میراگر لوله‌ای با هندسه اصلاح‌شده، میراگر درونی که با اتصال چهار المان لوله‌ای به میراگر بیرونی می‌باشد. این میراگر مطابق شکل (۸) در این پژوهش، میراگر لوله در لوله نامیده می‌شود. ضخامت میراگر لوله در لوله 4 mm ، قطر لوله بیرونی 140 mm ، قطر لوله درونی 70 mm و قطر چهار لوله دیگر 31 mm می‌باشد. مشخصات مکانیکی دو میراگر برابر با ویژگی‌های مکانیکی نمونه آزمایش شده در جدول (۲) می‌باشند.



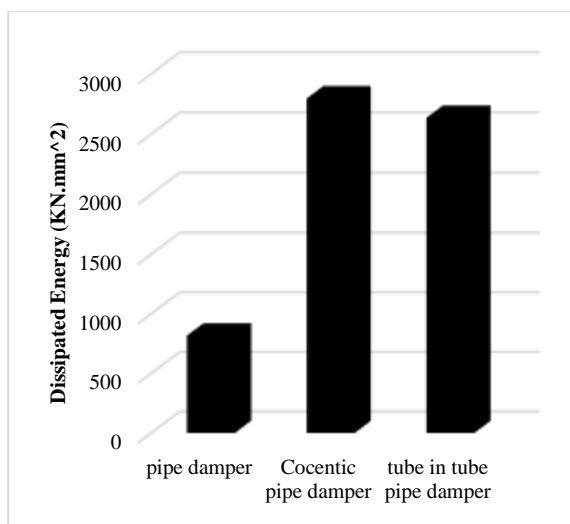
شکل ۷- میراگر هم‌مرکز



شکل ۸- میراگر لوله در لوله



شکل ۱۱- تنش فون میسز: الف) میراگر هم‌مرکز، ب) میراگر لوله در لوله

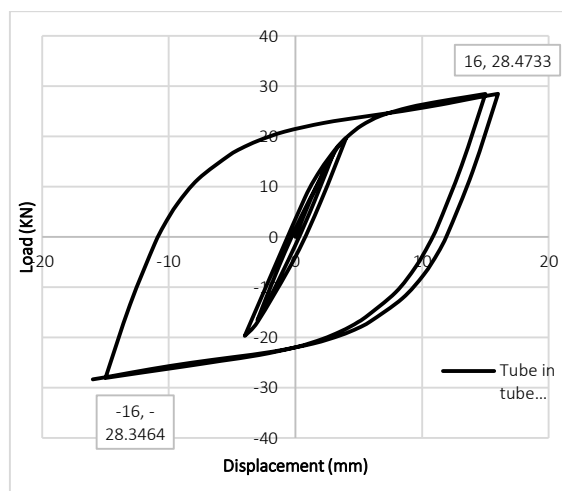


شکل ۱۲- اتلاف انرژی نمونه‌های مطالعه شده

۶- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، عملکرد میراگرهای لوله در لوله و هم‌مرکز تحت بارهای چرخه‌ای و میراگرهای لوله‌ای در خصوص اتلاف انرژی بررسی شده است. نتایج تحقیقات آزمایشگاهی نشان می‌دهند که میراگرهای لوله‌ای، توانایی قابل قبولی برای اتلاف انرژی بارهای چرخه‌ای داشته و به‌علاوه رفتار سخت‌شوندگی سینماتیک در عملکرد میراگرهای لوله‌ای مشاهده گردید و با توجه به انطباق خوبی که بین نمونه شبیه‌سازی شده و نمونه آزمایشگاهی مشاهده گردید. که این موضوع دقت روش شبیه‌سازی را تأیید می‌کند. در ادامه، دو نوع میراگر لوله‌ای هم‌مرکز و میراگر لوله در

ساده افزایش حدود ۵۰ درصدی داشته است که در جدول (۳) مقدار ضریب شکل‌پذیری میراگرها نمایش داده شده است



شکل ۱۰- نمودار نیرو- جابه‌جایی میراگر لوله در لوله

جدول ۳- مقدار ضریب شکل‌پذیری میراگرها

نوع میراگر	میراگر لوله‌ای ساده	میراگر لوله‌ای هم‌مرکز	میراگر لوله در لوله
ضریب شکل‌پذیری α	۱/۴	۳	۲/۱۴

شکل (۱۱) تنش فون میسز را در میراگرهای لوله‌ای هم‌مرکز و میراگرهای لوله در لوله نشان می‌دهد. مطابق با این شکل، تنش‌های موجود در میراگر لوله در لوله در بخش وسیع‌تری پراکنده می‌شوند، و لوله‌های درونی و بیرونی، سهم متعادل‌تری از تنش‌های تولیدشده در نمونه را تحمل می‌کنند. اگرچه در مورد میراگر لوله‌ای هم‌مرکز، سهم لوله بیرونی در تنش‌های جابه‌جایی بیشتر از لوله درونی است.

اتلاف انرژی ایجادشده با بار چرخه‌ای یکی از اصلی‌ترین وظایف میراگر است. در این پژوهش، اتلاف انرژی با مساحت نمودار هیستریزس نمونه‌ها با توجه به نرم‌افزار استخراج شده است. شکل ۱۲ مقدار انرژی اتلاف شده با میراگرهای ساده، هم‌مرکز و لوله در لوله استخراجی از نرم‌افزار را نشان می‌دهد. اتلاف انرژی این سه نمونه به ترتیب ۸۱۹/۰۶۶، ۲۷۹۶/۸۶ و ۲۶۳۶ kN/mm² است. این اعداد افزایش ۳/۴۱ و ۳/۲۱ برابری در مصرف انرژی میراگرهای هم‌مرکز و لوله در لوله را در مقایسه با میراگرهای لوله‌ای ساده می‌باشد.

- Seismic Motions", Tr Civil Eng & Arch, 2018, 1 (3), TCEIA.MS.ID.000115, 2018.
- Guo W, Ma Ch, Yu Y, Bu D, Zeng Ch, "Performance and optimum design of replaceable steel strips in an innovative metallic damper", Engineering Structures, 2020a, 205, 110118.
- Guo W, Wang X, Chen X, Li S, Fang W, Zeng Ch, Wang Y, Bu D, "Experimental study of a steel damper with X-shaped welded pipe halves", Journal of Constructional Steel Research, 2020b, 170, 106087.
- Javanmardi A, Ibrahim Z, Ghaedi K, Benisi Ghadim H, Hanif U, "State-of-the-art review of metallic dampers: Testing, development and implementation", Archives of Computational Methods in Engineering, 2020, 27 (2), 455-478.
- Kamble DS, Umare M, "Seismic response of open ground storey with metallic damper", International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology, 2019, 7 (5), 316-319.
- Kim Y, Ahn T, Kim H, Jang D, "Development of new steel damper for seismic retrofit of existing structures", In: 15th world congress of earthquake engineering, Lisboa, Portugal, 2012.
- Lee M, Lee J, Kim J, "Seismic retrofit of structures using steel honeycomb dampers", International Journal of Steel Structures, 2017, 17 (1), 215-29.
- Liyanage UDD, Perera TN, Maneetes H, "Analysis of X-shaped and Double X-shaped Metallic Dampers on Multistorey Frames", Journal of the University of Ruhuna, 2020, 7 (1), 12.
- Maleki S, Bagheri S, "Pipe damper, part I: experimental and analytical study", Journal of Constructional Steel Research, 2010, 66, 1088-1095.
- Maleki S, Mahjoubi S, "Dual-pipe damper", Journal of Constructional Steel Research, 2013, 85, 81-91.
- Park J, Lee J, Kim J, "Cyclic test of buckling restrained braces composed of square steel rods and steel tube", Steel and Composite Structures, 2012, 13, 423-436.
- Roeder CW, Egor PP, "Eccentrically braced steel frames for earthquakes", Journal of the Structural Division, 1978, 104 (3), 391-412.
- Xia C, Hanson RD, "Influence of ADAS element parameters on building seismic response", Journal of Structural Engineering, 1992, 118 (7), 1903-1918.
- لوله ارائه گردید. نتایج آنالیز اجزای محدود مشخص کرد که میراگر لوله‌ای هم‌مرکز، رفتار سخت‌شوندگی سینماتیک بیشتری در مقایسه با میراگر لوله‌ای ساده نشان می‌دهد و اتلاف انرژی در این میراگر به مقدار $2796/86 \text{ kN/mm}^2$ بوده که در مقایسه با میراگر لوله‌ای ساده $3/41$ برابر افزایش یافته است. با در نظر گرفتن رفتار سخت‌شوندگی، نقاط اتصال لوله‌های درونی و بیرونی در برابر تنش دارای اهمیت بوده و طراحی اتصال دو لوله باید به گونه‌ای باشد که اتصال دو لوله در چرخه‌های بارگذاری از بین نرود. اتلاف انرژی در این پژوهش بر اساس مساحت منحنی هیستریزس می‌باشد و از طرفی کاهش سختی در رفتار چرخه‌ای میراگر لوله در لوله نسبت به میراگر هم‌مرکز و رفتار غیرخطی میراگر هم‌مرکز در این نمونه مشاهده گردید. همچنین در خصوص میراگر لوله در لوله مقدار اتلاف انرژی در این میراگر، 2636 kN/mm^2 گزارش گردید که افزایش $3/21$ برابری در مقایسه با میراگر لوله‌ای ساده را نشان می‌دهد.
- #### ۷- مراجع
- ABAQUS Analysis user's manual version 6.12. ABAQUS Inc. 2012.
- Aghlaraa R, Tahir M, "A passive metallic damper with replaceable steel bar components for earthquake protection of structures", Engineering Structures, 2018, 159, 185-197.
- Askariani SS, Sadegh Garivani S, "Introducing and numerical study of a new brace-type slit damper", Structures, 2020, 27, 702-717.
- ASTM A370. Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products, West Conshohocken (PA, USA), 2002.
- Bae J, Lee C, Park M, Alemayehu RW, Ryu J, Ju YK, "Modified Low-Cycle Fatigue Estimation Using Machine Learning for Radius-Cut Coke-Shaped Metallic Damper Subjected to Cyclic Loading", International Journal of Steel Structures; 2020. <https://doi.org/10.1007/s13296-020-00377-7>
- Choi H, Kim J, "Energy-based seismic design of buckling-restrained braced frames using hysteretic energy spectrum", Engineering Structures, 2006, 28 (2), 304-311.
- Chukka N, Kumar Reddy D, Krishnamurthy M, "Comparison of X-shaped metallic dampers with fluid viscous dampers and influence of their placement on seismic response of the building", Asian Journal of Civil Engineering, 2019, 20 (6), 869-882.
- Civjan SA, Singh P, "Behavior of shear studs subjected to fully reversed cyclic loading", Journal of Structural Engineering, ASCE, 2003, 129 (11), 1466-1474.
- Eskandari M, Pournamazian Najafabadi E, "Experimental and analytical study of telescopic lead yielding damper", Journal of Constructional Steel Research, 2018, 150, 371-383.
- Ghaedi Kh, Ahad Javanmardi A, Ibrahim Z, "A New Passive bar Damper Device for Alleviation of Structural Damages of Structures Subjected to

EXTENDED ABSTRACTS

Performance of Pipe Dampers in Pipe and Center under Cyclic Load in Energy Dissipation

Ali Lahooti, Arash Sayari *, Salar Manie

Department of Civil Engineering, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran

Received: 07 November 2021; Review: 22 November 2021; Accepted: 28 November 2021

Keywords:

Tube dampers, Concentric tube dampers, Tube-in-tube dampers deformation, Energy dissipation, Analysis, Damper analysis.

1. Introduction

In the 1970, Popov et al. Developed plans to make plastic joints in frames with eccentric bracing to increase energy dissipation (Roeder and Egor, 1978), and since the late 1980s, the use of steel dampers has been common in countries such as Japan and Indonesia. Has been. Different types of steel dampers have been used since then, for example ADAS, X-shaped and honeycomb dampers are some of the steel dampers that are still under development and research studies have been done on them (Askariani et al. 2020).

2. Practical test

The test specimen is similar to the specimen tested by Siojan and Sang (2003). In the study sample, two symmetrical pipes were connected by welding connection to one-beam flanges with IPE270 cross section and two UNP300 studs which were connected to the supports. Fig. 2 shows the sample preparation process. We perform this test with a ten-ton jack from the highest point of IPE27 load at a speed of 0.04mm/s in the sample (Fig. 1).

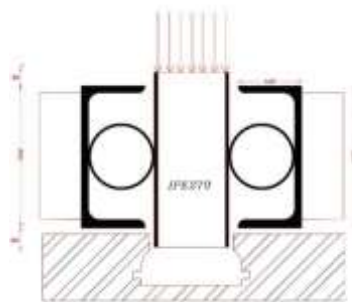


Fig. 1. Details of the sample tested

We apply this test with a ten-ton jack from the highest point of IPE27 load at a speed of 0.04mm/s in the sample. Table 1 shows the standard UNP300 and IPE270 sections used in the sample. Also, the specifications of the pipes used in the measured sample are given in Table 2. Also, the loading is applied cyclically (back and forth) to the sample in three stages (In the first stage, 30% of the final load of Mr. Singh's sample, in the second stage, 60% of the loads, and in the third stage, 90% of the final load).

* Corresponding Author

E-mail addresses: l_civil_ali@yahoo.com (Ali Lahootia), a.sayari@iausdj.ac.ir (Arash Sayaria), smanie@iausdj.ac.ir (Salar Maniea).

3. Numerical analysis of sample performance

The slope of the displacement force curve (hysteresis) shows the stiffness of the specimens. Finally, by comparing these two dampers, it can be said that the stiffness of a concentric tube damper has increased compared to the tube damper in the tube. Also, the performance of concentric tube dampers has been significantly increased compared to simple tube dampers. The maximum amount of force in the maximum displacement used in this sample increases by 4.36 times compared to a simple tube damper in the pressure and stress range, and the symmetry in the displacement force curve of this sample expresses the stability of the sample performance for cyclic loads (Fig. 2).

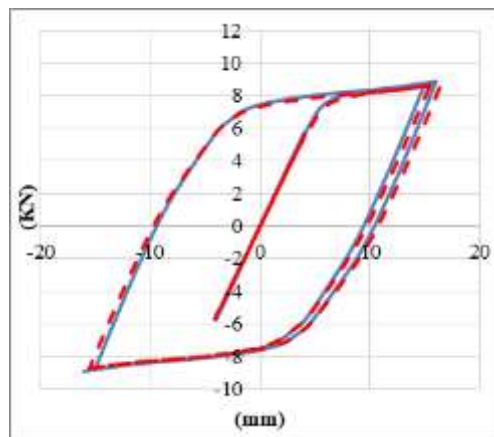


Fig. 2. Cycle behavior of the tested sample and cycle behavior simulated by the finite element method

4. Conclusions

In this research, the performance of pipe dampers in the pipe and the center under cyclic loads and pipe dampers in terms of energy loss has been investigated. The results of laboratory research show that tube dampers have an acceptable ability to dissipate energy of cyclic loads and in addition kinematic hardening behavior was observed in the performance of tube dampers and due to the good agreement between the simulated sample and the laboratory sample was observed. This confirms the accuracy of the simulation method. Then, two types of concentric tube dampers and tube-in-tube dampers were presented. The results of finite element analysis showed that the concentric tube damper shows a more kinematic hardening behavior compared to the simple tube damper and the energy loss in this damper was 2796.86 kN/mm² compared to the simple tube damper. Increased 3 times. Considering the stiffening behavior, the connection points of the inner and outer pipes are important against stress, and the connection of the two pipes should be designed in such a way that the connection of the two pipes is not lost in the load cycles. Energy loss in this study is based on the area of the hysteresis curve and on the other hand a decrease in stiffness in the behavior of the tube-in-tube damping cycles in relation to the concentric damping and nonlinear behavior of the concentric damping was observed in this sample. Also, regarding the pipe damper in the pipe, the amount of energy loss in this damper was reported to be 2636kN/mm², which shows an increase of 3.21 times.

5. References

- ABAQUS Analysis user's manual version 6.12. ABAQUS Inc. 2012.
- Aghlaraa R, Tahir M, "A passive metallic damper with replaceable steel bar components for earthquake protection of structures", *Engineering Structures*, 2018, 159, 185-197.
- Askariani SS, Sadegh Garivani S, "Introducing and numerical study of a new brace-type slit damper. *Structures*", 2020, 27, 702-717.