فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل
سال پنجم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، (پیاپی ۲۰): صص ۵۱-۵۷

معرفی جاذب‌های انرژی ستون مربعی و لوله‌ای و ارائه مدل‌هایی جهت بهبود جذب انرژی آن‌ها

علیرضا نداف اسکویی[۱]، مجتبی پاکیان بوشهری[۲]، مسلم سهرابی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۱۲

چکیده

از جاذب‌های انرژی برگشت‌ناپذیر برای جذب انرژی جنبشی ناشی از ضربات استفاده می‌شود. این انرژی صرف غلبه بر تغییرشکل پلاستیک در جاذب می‌شود. در این مقاله، ابتدا به معرفی جاذب‌های انرژی ستون مربعی و لوله‌ای پرداخته و سپس دو روش برای بهبود جذب انرژی جاذب ستون مربعی و دو روش نیز برای جاذب لوله‌ای بیان می‌گردد. همان‌طور که می‌دانیم بهترین مد فروریزشی برای داشتن بیشترین جذب انرژی، مد کمانش پیشرونده متقارن محوری است. لذا باید وسایل جاذب انرژی را به گونه‌ای طراحی کرد که در این مد فروریزش کنند. در روش اول، برای جاذب ستون مربعی از الگوهای هرمی‌شکل روی دیواره جاذب استفاده شده است که باعث ایجاد مد فروریزشی متقارن محوری می‌شود و در روش دوم، از آغازگرهای کمانشی در گوشه‌های لوله، برای جلوگیری از خمش موضعی در هنگام بارگذاری مایل استفاده شده است. برای جاذب لوله‌ای نیز ابتدا با استفاده از رینگ فلزی که به‌صورت فشرده در بالای لوله جاسازی شده است، جذب این جاذب بهبود یافته است و در روش دوم با ایجاد شیارهای پهن روی لوله جدار ضخیم، شاهد کمانش‌های پیشرونده در این جاذب می‌شویم. با استفاده از الگوهای ارائه‌شده در این مقاله، ظرفیت جذب انرژی در این جاذب‌ها بهبود یافته است.

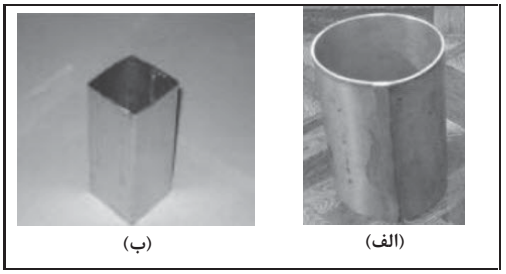
کلیدواژه‌ها: جذب انرژی، جاذب انرژی، پدافند غیرعامل، ستون‌های مربعی، لوله جدار نازک، لوله جدار ضخیم، کمانش پیشرونده

۱- استادیار و عضو هیئت علمی دانشگاه جامع امام حسین(ع) anadaf@ihu.ac.ir
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه جامع امام حسین(ع) Pakianm@chmail.ir - نویسنده مسئول
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه جامع امام حسین(ع) moslemsohrabi@chmail.ir

۱- مقدمه

جذب انرژی و وسایل جاذب انرژی از مولفه‌های بسیار مهمی هستند که در همه علوم مهندسی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و یکی از موضوعات مهم پدافند غیرعامل در استحکام‌سازی تجهیزات است. تجارب حاصل از جنگ‌های گذشته مؤید این مطلب است که کشور مهاجم جهت در هم شکستن توان نظامی و اقتصادی کشور مورد تهاجم، با اتخاذ راهبرد انهدام مراکز ثقل، توجه خود را صرف بمباران مراکز حیاتی و حساس می‌نماید، لذا بدیهی است که مستحکم کردن وسایل و تجهیزات در معرض خطر، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و این مهم در بررسی ساختار وسایل جاذب انرژی حاصل می‌شود. برخورد وسایل با یکدیگر، ضربات ناگهانی ایجاد می‌کند که در صورت کنترل نکردن و مهار نکردن آن، آسیب‌های جانی و مالی زیادی در پی خواهد داشت. سالانه جان باختن تعداد زیادی از هموطنان در حوادث رانندگی، اهمیت این موضوع را دو چندان می‌کند. این جاذب‌ها که برای کاهش شتاب توقف تجهیزات متحرک استفاده می‌شوند، انرژی جنبشی را با استفاده از کار پلاستیک جذب می‌نمایند. انرژی جنبشی صرف غلبه بر اصطکاک، تغییرشکل پلاستیک و یا شکست در قطعات می‌شود[۱].

مطالعاتی در مورد استفاده از جاذب‌های انرژی در مقاوم‌سازی صفحات فولادی در مقابل موج انفجار و ضربه صورت گرفته است[۲]. محققان دریافتند که با استفاده از وسایل جاذب انرژی، در بعضی موارد بار تخریبی اعمالی به ورق فولادی تا ۸۹ درصد می‌تواند افزایش یابد. جاذب‌های انرژی سیستم‌های فداشونده‌ای هستند که با از بین بردن خود، سازه را ازخطرات احتمالی حفظ می‌کنند[۳]. لوله‌ها و ستون‌های مربعی جدار نازک سال‌های زیادی است که به عنوان وسایل جاذب انرژی در صنعت خودرو، قطار، کشتی و هواپیما مورد مطالعه قرار می‌گیرند. شکل (۱) نمونه‌ای از این دو جاذب را نشان می‌دهد.

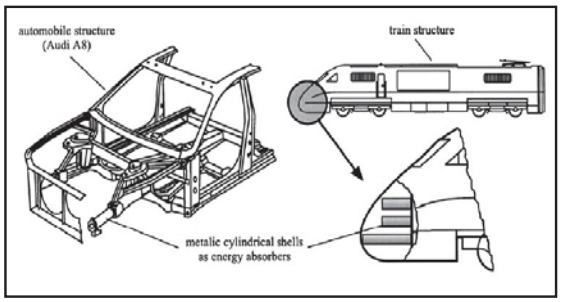


(ب) (الف)

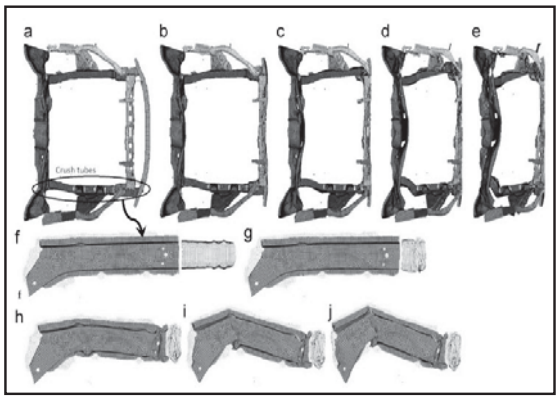
شکل ۱- نمونه‌ای از جاذب الف) لوله‌ای ب) ستون مربعی[٤]

طیف گسترده‌ای از سازوکار تغییر شکل در جاذب‌های ستون مربعی و لوله‌ای وجود دارند که شامل چین‌خوردگی محوری[۵]، پهن شدن جانبی[۶]، شکاف[۷]، وارونگی[۸]، خمش[۹] و انبساط[۱۰] است.

اما از میان همه سازوکارهای بالا، مکانیسم فروریزش محوری که منجر به ایجاد چین‌خوردگی‌هایی در طول جاذب‌ها می‌شوند از نظر جذب انرژی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این سازوکار، نیروی بیشینه صرف ایجاد اولین چین‌خوردگی می‌شود. بالا بودن این نیرو از نظر جذب انرژی مطلوب نیست. لذا باید جاذب‌ها را به گونه‌ای طراحی کرد که این نیرو کاهش یابد. ادامه فرآیند چین‌خوردگی به پارامترهایی از قبیل جنس جاذب، نسبت ضخامت به طول، نسبت قطر به طول برای جاذب لوله‌ای و عوامل دیگری بستگی دارد. شکل (۲) استفاده از جاذب لوله‌ای تحت مکانیسم فروریزش محوری را در شاسی خودرو و جلوی قطار نشان می‌دهد. و همچنین شکل (۳) نمونه‌ای از جاذب ستون مربعی را نشان می‌دهد که در شاسی خودروی تویوتا یاریس تحت فروریزش محوری قرار گرفته است.



شکل ۲- نمونه‌ای از جاذب لوله‌ای به‌کاررفته در اتومبیل و قطار[۱۱]



شکل ۳- نمونه‌ای از جاذب ستون مربعی به‌کاررفته در شاسی تویوتا یاریس (a) 0 ms, (b) 10 ms, (c) 20 ms, (d) 30 ms, (e) 40 ms, (f) 0 ms, (g) 10 ms, (h) 20 ms, (i) 30 ms, (j) 40ms [۱۲]

آبرامویچ[1] و جونز[2] مطالعاتی را روی ستون‌های مربعی تحت بار محوری انجام دادند. آن‌ها رابطه‌ای را برای نیروی فشردگی میانگین این ستون‌ها به‌دست آوردند[۱۳]. علوی‌نیا و لیاقت، فشردگی

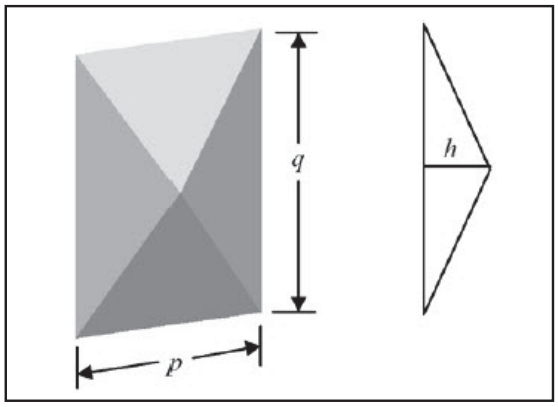
1- Abramowicz
2- Jones

ستون‌های مربعی جدار نازک را تحت ضربه پرتابه استوانه‌ای بررسی و کمترین سرعت ممکن برای ایجاد تاخوردگی را محاسبه کردند[۱۴]. الجاوی[1] و همکارانش نیز روی ستون‌های مربعی فولادی تحقیق آزمایشگاهی و عددی انجام دادند. آن‌ها مشاهده کردند که وقتی این ستون‌ها پر از فوم باشد نیروی بیشینه فروریزش حدود ۱۰٪ کاهش می‌یابد[۱۵].

اولین مطالعات روی فروریزش محوری لوله‌ها تحت بار محوری توسط الکساندر[2] انجام شد[۱۶]. مامالیس[3] و همکارانش به‌صورت آزمایشگاهی تأثیر شیارهای محیطی روی سطح بیرونی لوله‌ها را بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که شیارها می‌توانند نیروی بیشینه اولیه را در طول فروریزش کاهش دهند[۱۷]. بنابراین مطالعات گسترده‌ای روی این دو جاذب انجام شده و تمامی این تلاش‌ها، جهت افزایش جذب انرژی انجام گرفته است. اما تجربه نشان داده است که این جاذب‌ها زمانی بیشترین جذب انرژی را دارند که در مد متقارن محوری فروریزش کنند. لذا باید طراحی را به سمتی هدایت کرد که این جاذب‌ها در این مد فروریزش کنند. در ادامه چهار مدل ارائه می‌گردد که باعث فروریزش متقارن محوری این جاذب‌ها می‌شود.

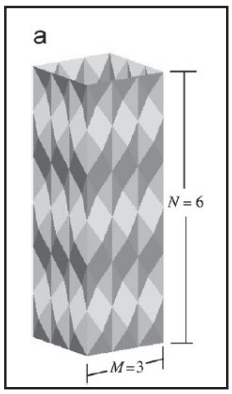
جاذب جدار نازک ستون مربعی با الگوهای هرمی‌شکل

در این روش، الگوهای هرمی‌شکلی معرفی می‌شوند که روی دیواره‌های ستون‌ها با سطح مقطع مربع ایجاد شده و باعث ایجاد مدهای فروریزشی متقارن محوری می‌شود و ظرفیت جذب انرژی را تحت فشردگی محوری افزایش می‌دهد. الگوها با یک ترتیب مناسب از مجموعه‌ای با المان‌های هرمی‌شکل همانند ساخته شده‌اند که نمونه‌ای از یک المان آن در شکل (۴) نشان داده شده است.



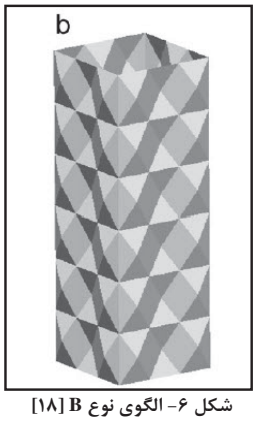
شکل ۴- یک المان هرمی‌شکل پایه‌ای[۱۸]

الگوی اول که الگوی نوع A می‌باشد با قرار دادن المان‌های هرمی‌شکل در کنار هم که تشکیل یک سطر بسته را می‌دهند، تشکیل می‌شود و سپس با تکرار آن در دیگر سطرها، جاذب ایجاد می‌گردد. نکته قابل توجهی که در دو سطر مجاور هم وجود دارد این است که راس هرم‌های دو سطر از داخل به بیرون، در جهت مخالف هم هستند. این مدل در شکل (۵) نمایش داده شده است. M و N به‌ترتیب تعداد المان‌ها در جهت عرض و طول ستون مربعی است. در اینجا M و N به ترتیب ۳ و ۶ است.



شکل ۵- الگوی نوع A [۱۸]

الگوی دومی که الگوی نوع B نامیده می‌شود از چیدن منظم المان‌ها در طول ستون مربعی، که تشکیل یک ستون را می‌دهد و سپس این روش در تمام سطح ستون تکرار می‌شود به دست می‌آید. مانند الگوی قبلی، در این روش نیز رأس هرم‌ها از داخل به بیرون در هر سطر معکوس یکدیگر و در جهت مخالف هم هستند. شکل (۶) این الگو را نمایش می‌دهد.



شکل ۶- الگوی نوع B [۱۸]

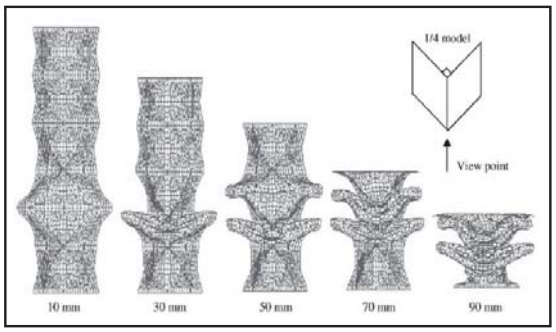
برای مطالعه و آنالیز این جاذب‌ها روش عددی اجزاء محدود انتخاب شده و از نرم‌افزار اجزاء محدود LS-DYNA برای شبیه‌سازی استفاده شده است.

1- Aljawi
2- Alexander
3- Mamalis

نتایج نشان می‌دهد نیروی فشردگی میانگین ستون‌های مربعی با الگوی نوع A تا حدود ۱۵٪ الی ۳۲٪ در مقایسه با ستون‌های مربعی معمولی مشابه، (ستون‌های بدون الگو) افزایش یافته است. جرم اضافه‌شده به علت ایجاد الگوها کمتر از ۵٪ برای همه جاذب‌ها است.

یک مد فروریزشی جدید برای ستون‌ها با الگوی نوع B مشاهده شده که دارای جذب انرژی بسیار بالا است. مد فروریزشی جدید، مد فروریزشی هشت‌ضلعی نامیده شده است. نتایج نشان می‌دهد که جذب انرژی این جاذب‌ها تا حدود ۵۴٪ الی ۹۳٪ در مقایسه با ستون‌های معمولی افزایش یافته است. همه این جاذب‌ها در مد فروریزشی هشت ضلعی گسترش یافتند[۱۸].

فرآیند تغییر شکل نمونه‌ای از این جاذب با اندازه سطح مقطع‌های مختلف در شکل (۷) آورده شده است.



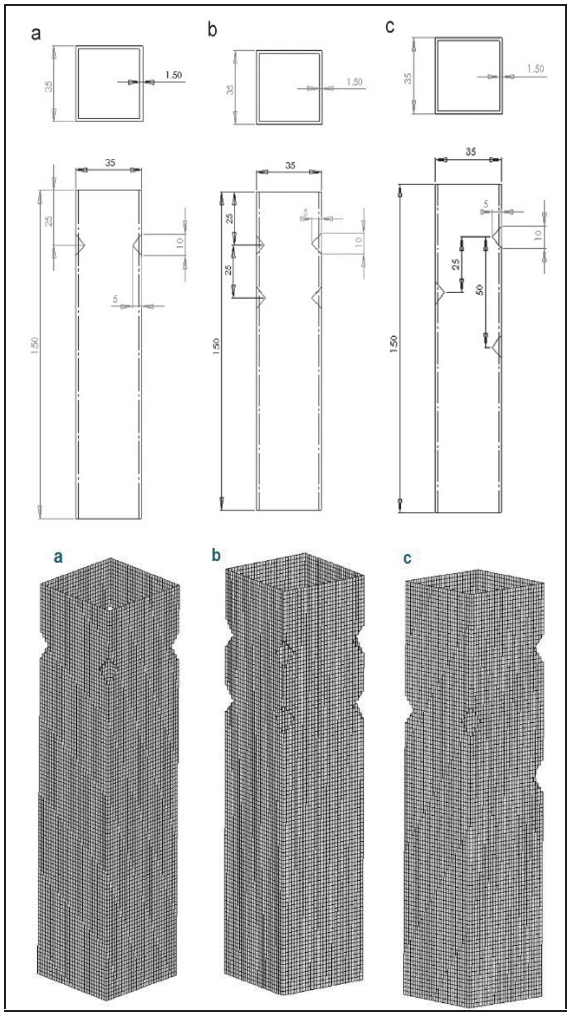
شکل ۷- فرایند تغییر شکل لوله با الگوی نوع B [۱۸]

اثر آغازگرهای کمانشی بر رفتار ستون‌های مربعی جدار نازک تحت بارگذاری مایل

سازه‌های جدا نازک تحت بارگذاری مایل، اغلب در مد کمانشی اویلر فروریزش می‌کنند. همان‌طور که می‌دانیم ظرفیت جذب انرژی و اثر نیروی فشردگی در این نوع فروریزش پایین است. در این روش از آغازگرهای کمانشی برای بهبود جذب انرژی و تغییر رفتار فروریزشی این جاذب‌ها استفاده شده است. این آغازگرها به صورت برش‌هایی در گوشه‌های نمونه ایجاد شدند. شکل (۸) سه مدل از این نمونه‌ها را با محل قرارگیری آغازگرها نشان می‌دهد.

نیروی بیشینه، P_{max}، بیشینه نیروی اولیه است که در خلال بارگذاری اعمال شده و باعث ایجاد اولین کمانش می‌شود.

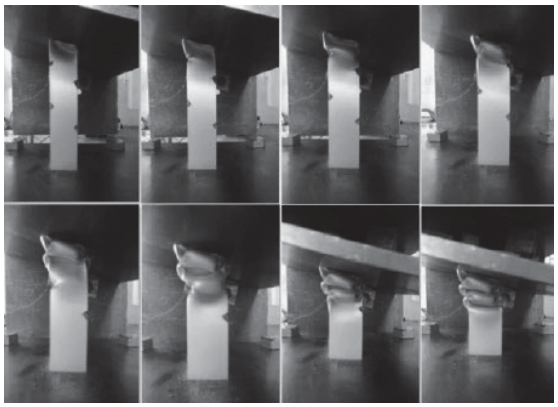
این نیرو یک پارامتر مهم در طراحی جاذب‌های انرژی است که تا آنجا که امکان دارد، باید این نیرو کاهش یابد- بدون آنکه ظرفیت جذب انرژی کاهش یابد-. نمونه‌هایی که در آن‌ها، آغازگرها در انتهای بالایی ستون قرار دارند کمترین مقدار نیروی بیشینه را دارند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که نزدیک بودن آغازگر اول به لبه بالای جاذب که در سمت برخورد با فک ماشین است تاثیر بزرگی بر کاهش این نیرو دارد. این تاثیر زمانی زیاد است که آغازگر در طرفی که ضربه اعمال می‌شود قرار داشته باشد. علاوه‌بر این زاویه اعمال بار باعث کاهش نیروی بیشینه می‌شود.



شکل ۸- خصوصیات هندسی برخی نمونه‌ها با آغازگرهای کمانشی (a) دو آغازگر کمانشی در بالای نمونه، (b) دو جفت آغازگر کمانشی، (c) آغازگرهای نامتقارن[۱۹]

نیروی فشردگی میانگین P_{mean}، یک معیار خوب برای مقایسه ظرفیت جذب انرژی است. این نیرو زمانی که جاذب در مد فروریزشی متقارن محوری فروریزش کند، بیشترین مقدار را داراست. آغازگرهای کمانشی باعث به تاخیر انداختن کمانش کلی و در صورت مناسب بودن باعث ایجاد کمانش پیش‌رونده می‌شود. این دلیل خوبی برای جذب انرژی بالای این نمونه‌ها است که در مد کمانش پیش‌رونده فروریزش می‌کنند. برای جاذب‌های خیلی بلند فقط یک آغازگر برای

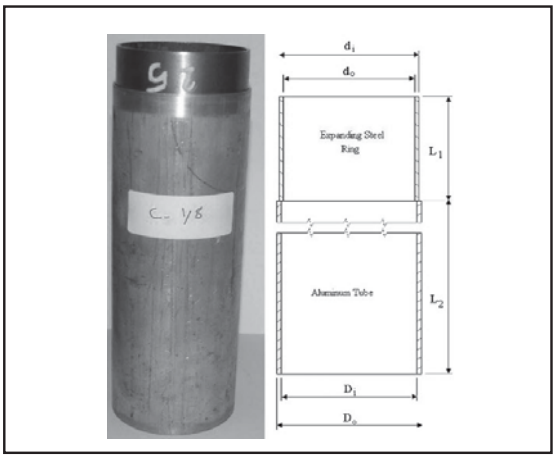
تغییرشکل در مد کمانش پیش‌رونده کافی نیست و باید از آغازگرهای بیشتری در طول ستون استفاده کرد[۱۹].
شکل (۹) مراحل تغییر شکل یک نمونه از این جاذب را نشان می‌دهد.



شکل ۹- مراحل تغییر شکل یک نمونه با آغازگرهای کمانشی[۱۹]

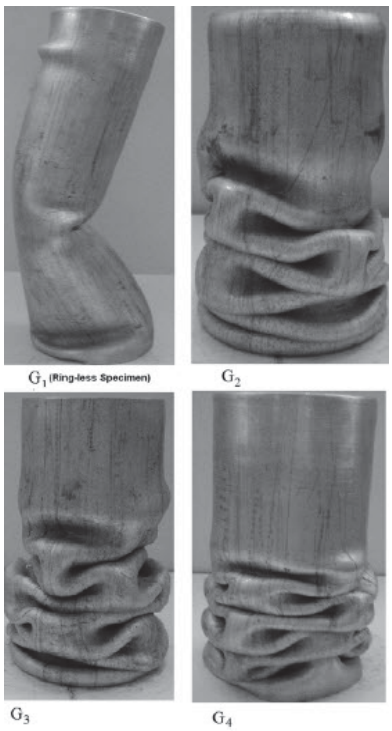
لوله‌های جدار نازک با رینگ صلب جاسازی‌شده به صورت فشاری

در این مدل از رینگ‌های فلزی استفاده می‌شود که به‌صورت پرس در بالای لوله آلومینیوم جاسازی شده است. جهت قرار گرفتن رینگ در بالای این لوله‌ها، اطراف آن‌ها به اندازه ۳ میلی‌متر ماشین‌کاری شدند. شکل (۱۰) نوعی از این لوله را که برای تست فشردگی آماده شده است نشان می‌دهد.



شکل ۱۰- نمونه‌ای از لوله با رینگ صلب جاسازی‌شده[۲۰]

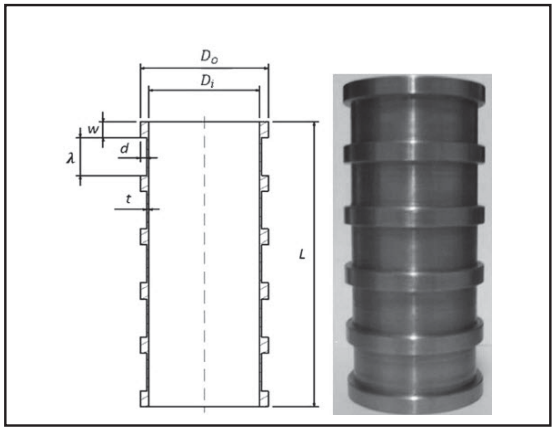
عملکرد این جاذب به این گونه است که در هنگام اعمال بار فشاری، رینگ به داخل لوله نفوذ می‌کند و سپس لوله از انتهای پایینی‌اش شروع به کمانش پیش‌رونده می‌کند. شکل نهایی این نمونه با رینگ‌های مختلف و همچنین بدون رینگ بعد از تست فشردگی در شکل (۱۱) نشان داده شده است.
مقایسه میان شکل‌های فشردگی لوله‌های معمولی با لوله‌های رینگ‌دار، نشان می‌دهد که عملکرد این رینگ‌ها برای جلوگیری از کمانش موضعی نمونه‌ها با طول ۳۰۰ و ۳۵۰ میلی‌متر است[۲۰].



شکل ۱۱- شکل فشرده‌شده نمونه ۳۵۰ میلیمتر بدون رینگ (G_1) و با رینگ (G_2، G_3 و G_4) [۲۰]

لوله جدار ضخیم با شیارهای پهن خارجی

از لوله‌های جدار ضخیم برای جذب انرژی‌های بالا در برخورد سازه‌های غول‌پیکر استفاده می‌شود. اما این لوله‌ها نمی‌توانند در مد متقارن، فروریزش کنند. برای بهبود مد فروریزشی، در این مدل از شیارهای پهن استفاده شده است که روی سطح بیرونی لوله ماشین‌کاری می‌شود. با این روش در حقیقت لوله جدار ضخیم به چند لوله جدار نازک کوتاه تبدیل می‌شود. شکل (۱۲) نمونه آماده شده جهت تست فشردگی را نشان می‌دهد[۲۱].
شکل (۱۳) فشردگی نمونه‌ها را بعد از تست فشردگی نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که مد فروریزشی متقارن محوری در فشردگی محوری لوله‌ها به‌وسیله روش پیشنهادی ایجاد می‌گردد[۲۰].



شکل ۱۲- نمونه با شیارهای پهن خارجی و با جزییات طراحی[۲۰]

شکل ۱۳- نمونه شیاردار بعد از تست فشردگی محوری[۲۰]

نتیجه‌گیری

جاذب‌های ستون مربعی و لوله‌ای، بهترین جاذب‌های انرژی هستند که سال‌های متمادی است مورد مطالعه قرار می‌گیرند. اما این جاذب‌ها به صورت ساده و بدون ایجاد طراحی‌های لازم، عملکرد مناسبی ندارند. یکی از پارامترهای مهمی که منجر به عملکرد نامناسب جاذب در سازوکار فروریزش محوری می‌شود، بالا بودن نیروی بیشینه اولیه است که باعث ناپایداری جاذب در هنگام فروریزش می‌شود. بنابراین یکی از عملکردهای مهم چهار مدل ارائه‌شده، کاهش این نیرو است که باعث ایجاد کمانش‌های متقارن پیش‌رونده در طول جاذب می‌شوند و همچنین با مقایسه هر کدام از مدل‌های ارائه‌شده با نمونه ساده و بدون الگو، میزان افزایش جذب انرژی آن‌ها در حالتی که دارای الگو هستند مشخص شده است. به‌طور مثال در الگوهای هرمی‌شکل نوع B روی دیواره جاذب ستون مربعی شاهد افزایش ۵۴٪ تا ۹۳٪ جذب انرژی هستیم و در بارگذاری مایل اغلب این جاذب‌ها در مد اویلر که از نقطه نظر جذب انرژی پایین است فروریزش می‌کنند. لذا می‌توان با استفاده از آغازگرهای کمانشی ارائه‌شده، مد فروریزشی آن‌ها را به کمانش پیشرونده تغییر داد. با بررسی رفتار فروریزش این جاذب‌ها در شبیه‌سازی عددی می‌توان با تغییراتی در ساختار آنها، هنوز هم جذب انرژی آن‌ها را بهینه کرد. استفاده از این جاذب‌ها در خودروها، می‌تواند سالانه جان بسیاری از هموطنان را نجات دهد. لذا پیشنهاد می‌شود که تحقیقی در مورد استفاده از این جاذب‌ها با مدل‌های ارائه‌شده در خودروها انجام گیرد. روند تولید ساختار جاذب‌ها رو به افزایش است و طراحی به سمتی می‌رود که جاذب‌ها بتوانند تنش‌هایی در حد تنش نهایی از یک ماده را تحمل کنند. در آینده‌ای نه چندان دور ممکن است جاذب‌هایی طراحی شوند که بتوانند در برابر ضربات مقاومت کنند و در تصادفات وسایل نقلیه جان انسان‌ها را نجات دهند.

مراجع

۱. قمریان، علی؛ فارسی، محمدعلی؛ تحلیل آزمایشگاهی و عددی فروریزش محوری سازه‌های جدار نازک. فصلنامه مکانیک هوا و فضا. جلد ۸، شماره ۱، بهار، صص ۹۹ الی ۱۰۹، (**۱۳۹۱**).

۲. سعید منیر، حبیب؛ ناصر، علی؛ احمدی، حسن؛ واحدی، جعفر؛ بررسی رفتار جاذب‌های انرژی در مقاوم‌سازی صفحات فولادی در مقابل موج انفجار و ضربه. هشتمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، شیراز، دانشگاه شیراز، (**۱۳۸۸**).

3. Graciano C, Martınez G, Smith D. "Experimental investigation on the axial collapse of expanded metal tubes". Int J Thin-Walled Structures 47, 953–961, (**2009**).
4. AlaviNia A, Hamedani J H. "Comparative analysis of energy absorption and deformations of thin walled tubes with various section geometries". Int J Thin-Walled Structures 48, 946–954, (**2010**).
5. Abedi MM, Niknejad A, Liaghat GH, ZamaniNejad M."Theoretical and experimental study on empty and foam-filled columns with square and rectangular cross section under axial compression". Int Journal of Mechanical Sciences 65, 134–46, (**2012**).
6. Niknejad A, Elahi SA, Liaghat GH. "Experimental investigation on the lateral compression in the foam-filled circular tubes". Materials and Design 36, 24–34, (**2012**).
7. Yuen SCK, Altenho f W, Opperman CJ, Nurick GN. "Axial splitting of circular tubes by means of blast load". Int Journal of Impact Engineering 53, 17–28, (**2013**).
8. Niknejad A, Moeinifard M. "Theoretical and experimental studies of the external inversion process in the circular metal tubes". Materials and Design 40, 324–30, (**2012**).
9. Shin KC, Lee JJ, Kim KH, Song MC, Huh JS. "Axial crush and bending collapse of an aluminum/ GFR Phybrid square tube and its energy absorption capability". Composite Structures 57, 279–87, (**2002**).

10. Yang J, Luo M, Hua Y, Lu G. "Energy absorption of expansion tubes using a conical–cylindrical die: experiments and numerical simulation". Int Journal of Mechanical Sciences 52, 716–25, (**2010**).
11. Marzbanrad J, Ebrahimi MR. "Multi-Objective Optimization of aluminum hollow tubes for vehicle crash energy absorption using a genetic algorithm and neural networks". Int Journal Thin-Walled Structures 49, 1605–1615, (**2011**).
12. Bambach MR. "Fibre composite strengthening of thin-walled steel vehicle crush tubes for frontal collision energy absorption". Int Journal Thin-Walled Structures 66, 15–22, (**2013**).
13. Abramowicz W, Jones N. "Dynamic axial crushing of square tubes". Int Journal Impact Energy, 2(2):179–208, (**1984**).
14. Alavi Nia A, Liaghat GH. "Dynamic crushing of thin walled columns under impact of projectiles", In: Proc 12th Annu. 8th Int Conf Mech Eng, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran, (**2004**).
15. Aljawi. AAN, Abd-Rabou M, Asiri S. "Finite element and experimental analysis of square tubes under dynamic axial crushing". ECCOMAS (**2004**).
16. Alexander JM. "An approximate analysis of the collapse of thin cylindrical shells under axial loading". Q Journal Mech Appl Math 13, (1):10–5, (1960).
17. Mamalis AG, Manolakos DE, Saigal S, Viegelahn G, Johnson W. "Extensible plastic collapse of thin-wall frusta as energy absorbers". Int Journal Mech Sci 28(4), 219–29, (**1986**).
18. Zhanga X, Chenga G, Youb Z, Zhanga H. "Characteristics of inversion tube under axial loading". Int Journal Mech Engng Sci 14, 370–81, (**1972**).
19. AlaviNia A, FallahNejad Kh, Badnava H. Farhoudi HR. "Effects of buckling initiators on mechanical behavior of thin-walled square tubes subjected to oblique loading". Int Journal Thin-Walled Structures 59, 87–96, (**2012**).
20. Salehghaffari S, Tajdari M, Panahi M, Mokhtarnezhad F. "Attempts to improve energy absorption characteristics of circular metal tubes subjected to axial loading". Int Journal Thin-Walled Structures 48, 379–390, (**2010**).

Introducing Square Column and Tube Energy Absorbers and Presenting Models to Improve Their Energy Absorption

A. R. Naddaf Oskouei[1]
M. Pakian Bushehri[2]
M. Sohrabi[3]

Abstract

Irrevocable energy absorbers are used to absorb kinetic energy resulting from impacts. This energy is used to dominate plastic deformity in the absorber. In this article, we first introducesquare column and tube energy absorbers and then two methods are explained to improvethe energy absorption of square column absorbers and two other methods for that of tube absorbers, as well. As it is evident, the best yield mode to have the highest energy absorption is the advancing axial symmetric curvature mode. Therefore; energy absorption tools should be designed in a manner so as to yieldin this mode. In the first method, pyramidal patterns on absorption walls are used for square column absorption which causes axial symmetric yield modeand in the second method, bow initiators in tube corners are used to prevent position curvature while slant loading. Regarding the tube absorber, at first, using a metal ring which is placed and compressed above the tube, the absorption of this absorber is improved and in the second method, by creating wide grooves on the thick wall tube, we can witness advancing curvature in this absorber. Utilizing the presented patterns in this article, the capacity of energy absorption in these absorbers are found to have improved.

Key Words: *Energy Absorption, Energy Absorbers, Passive Defense, Square Columns, Thin Wall Tube, Thick Wall Tube, Advancing Curvature*

1. Assistant Professor and Academic Member of Imam Hussein Comprehensive University (anadaf@ihu.ac.ir)
2. M.S Candidate of Mechanical Engineering, Imam Hussein Comprehensive University, Writer-in-Charge (Pakianm@chmail.ir) - Writer-in-Charge
3. M.S Candidate of Mechanical Engineering, Imam Hussein Comprehensive University