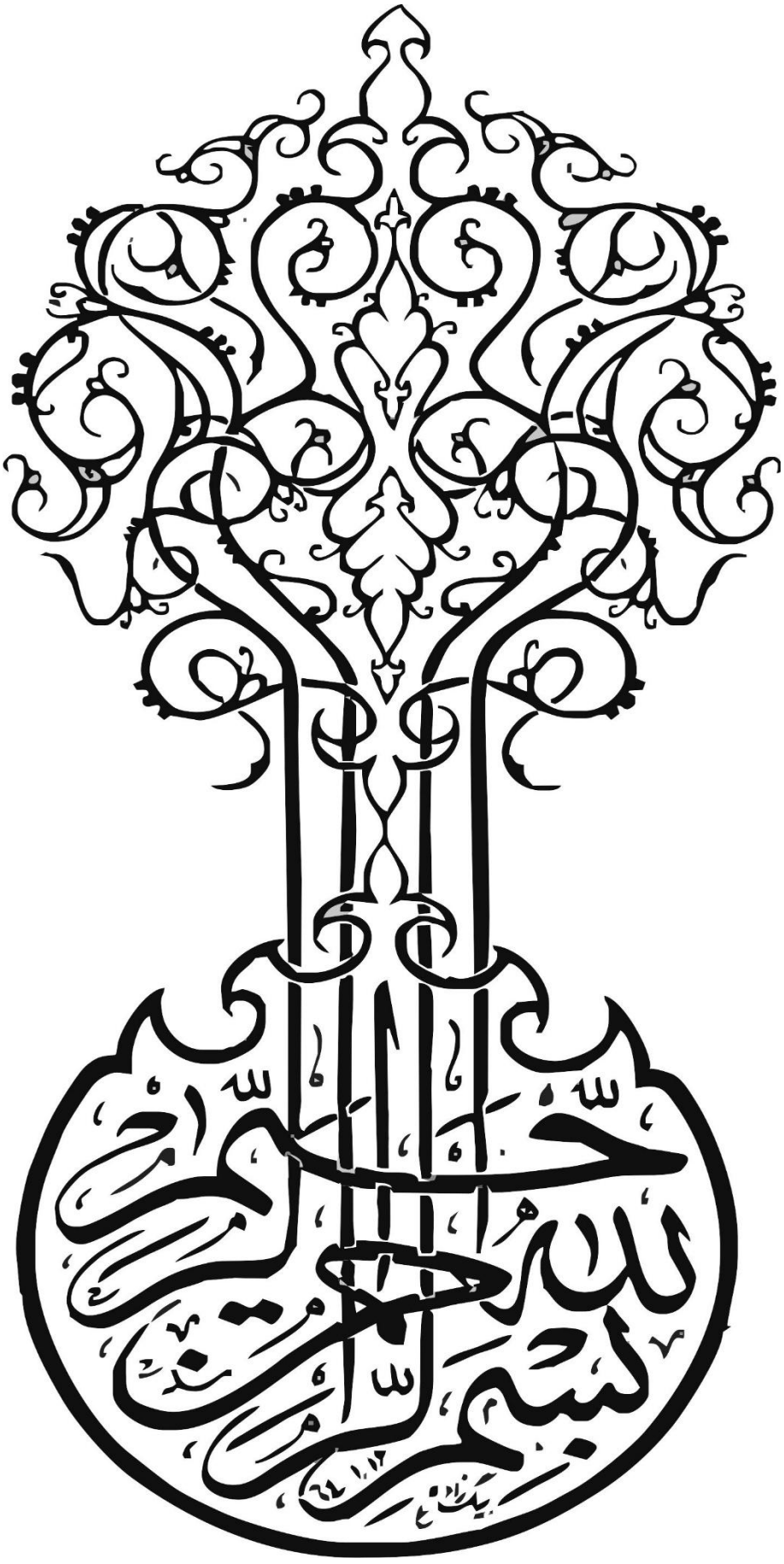
بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده مهندسی مکانیک

بررسی تجربی و عددی تیوب‌های مشبک تحت بارگذاری ضربه‌ای به عنوان جاذب انرژی

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی

دانشجو:

علی قدس بین جهرمی

استاد راهنما:

دکتر محمد دامغانی نوری

شهریور ۱۳۹۳

تقدیم به پدر و مادر عزیزم که همواره پشتیبانم بوده اند.

با تشکر از استاد گرامی جناب آقای دکتر محمد دامغانی نوری که مساعدت و راهنمایی‌های لازم را در انجام این پروژه مبذول نمودند. همچنین تشکر و قدردانی از کلیه عزیزانی که در تهیه این پروژه مرا یاری نمودند.

چکیده:

امروزه به منظور کاهش خسارات ناشی از برخورد از جاذب‌های انرژی استفاده می‌کنند. سازه‌های جدار نازک محبوب‌ترین سازه‌هایی هستند که به عنوان جاذب انرژی در اشکال مختلف استفاده می‌شوند.

در این تحقیق به بررسی تجربی و عددی جاذب‌های استوانه‌ای ساخته‌شده از ورق‌های مشبک تحت بارگذاری ضربه‌ای پرداخته شده است. ورق‌های مشبک به دلیل دارا بودن وزن کم و مکانیزم فروریزش کارآمد دارای ظرفیت جذب انرژی بالایی هستند. دو نوع جاذب با زاویه سلول‌های متفاوت مورد بررسی قرار گرفتند. ابتدا به جاذب با زاویه سلول α=۰ و سپس به جاذب با زاویه سلول α=۹۰ پرداخته شده است. بررسی تجربی به وسیله دستگاه سقوط وزنه و بررسی عددی به وسیله‌ی نرم‌افزار المان محدود آباکوس صورت گرفته است. خروجی دستگاه سقوط وزنه به صورت نمودار شتاب-زمان می‌باشد که به وسیله شتاب سنجی که روی وزنه ضربه زننده قرارگرفته نمایش داده می‌شود. همچنین خروجی نرم‌افزار آباکوس به صورت نمودار نیرو-جابه جایی نمایش داده می‌شود. در این پژوهش به بررسی تجربی و عددی نوع فروریزش، نمودارهای نیرو-جابه جایی و پارامترهای موثر پرداخته شده است. همین طور در نهایت به مقایسه نتایج تجربی و عددی با یکدیگر پرداخته شده است و مشاهده شد که این دو نتایج انطباق خوبی با یکدیگر دارند. از نتایج بدست آمده مشاهده شد که جاذب‌های با زاویه سلول α=۰ دارای فروریزش متقارن بوده و ظرفیت جذب انرژی بالایی داشتند و جاذب های با زاویه سلول α=۹۰ دچار کمانش کلی شده و مقدار جذب انرژی مناسبی نداشتند.

کلمات کلیدی: جاذب‌های انرژی مشبک، ظرفیت جذب انرژی، بارگذاری دینامیکی محوری، تاثیر نیروی ضربه‌ای، اجزاء محدود

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه **۱**

۱-۱-مقدمه ۲

۱-۲- اهداف پروژه ۷

فصل دوم: مروری بر منابع **۸**

۲-۱- مقدمه ۹

۲-۲- تعاریف، اصول و مبانی نظری ۹

۲-۲-۱- مکانیزم فروریزش محوری ۱۰

۲-۲-۲- بررسی پارامتر ها ۱۳

۲-۲-۳- نیروی بیشینه اولیه ۱۴

۲-۲-۴ نیروی میانگین (P_m) ۱۴

۲-۲-۵- ظرفیت جذب انرژی ۱۵

۲-۲-۶- انرژی جذب شده بر واحد جرم ۱۵

۲-۲-۷- ضریب شکل(η) ۱۵

۲-۳- مروری بر ادبیات موضوع ۱۵

۲-۳-۱- تاثیر خواص مواد و نرخ کرنش در جذب انرژی ۲۰

۲-۳-۱-۱- تئوری جانسون-کوک ۲۳

۲-۳-۲- تاثیر تزریق فوم در جذب انرژی ۲۵

۲-۳-۳-تاثیر سطح مقطع و هندسه سازه ۲۶

۲-۳-۴- تاثیر بارگذاری دینامیکی ۲۸

۲-۴- جمع بندی ۲۹

فصل سوم: شبیه‌سازی عددی **۳۰**

۳-۱- مقدمه ۳۱

۳-۲- روش تحقیق ۳۱

۳-۲-۱- مشخصات نمونه‌ها ۳۱

۳-۲-۲- ابعاد سلول ۳۳

۳-۲-۳-جنس جاذب ۳۳

۳-۲-۴- مش بندی ۳۴

۳-۲-۵- نوع بارگذاری و شرایط مرزی ۳۴

۳-۲-۶- نتایج عددی ۳۶

۳-۲-۷- بررسی نتایج ۴۳

۳-۳- جمع‌بندی ۴۵

فصل چهارم: بررسی تجربی **۴۷**

۴-۱- مقدمه ۴۸

۴-۲- روش تحقیق ۴۸

۴-۲-۱- مشخصات دستگاه ۴۸

۴-۲-۲- مشخصات نمونه‌ها ۴۹

۴-۳- نتایج آزمایش ۵۱

۴-۴- بررسی نتایج ۶۱

۴-۵- جمع‌بندی ۶۴

فصل پنجم: مقایسه نتایج عددی با نتایج تجربی **۶۶**

۵-۱- مقدمه ۶۷

۵-۲- بررسی نتایج ۶۷

۵-۳- جمع‌بندی ۷۲

فصل ششم: جمع‌بندی و پیشنهادها **۷۳**

۶-۱- مقدمه ۷۴

۶-۲- محتوا ۷۴

۶-۲-۱ جمع‌بندی ۷۴

۶-۲-۲- نوآوری..... ۷۶
۶-۲-۳- پیشنهادها..... ۷۶
مراجع **۷۷**

فهرست اشکال

شکل (۲-۱) فلزات بسط داده‌شده..... ۱۰

شکل(۲-۲) زاویه الگوها..... ۱۰

شکل (۲-۳) شماتیک الگوی سلول..... ۱۱

شکل (۲-۴) نیرو و گشتاور اعمال‌شده..... ۱۱

شکل (۲-۵) نمای مقابل و جانبی سلول..... ۱۲

شکل (۲-۶) شماتیک جاذب استوانه‌ای بسط داده‌شده..... ۱۳

شکل(۲-۷) تعیین نیروی بیشینه اولیه و نیروی میانگین..... ۱۴

شکل(۲-۸) مکانیزم فروریزش تیوب برای $\alpha = ۰$..... ۱۸

شکل(۲-۹) مکانیزم فروریزش تیوب برای $\alpha = ۹۰$..... ۱۹

شکل(۲-۱۰) تاثیر افزایش تعداد ستون‌ها بر نمودار نیرو-جابه جایی و نیروی بیشینه اولیه..... ۲۰

شکل(۲-۱۱) تاثیر افزایش تعداد ستون‌ها بر ظرفیت جذب انرژی..... ۲۰

شکل (۲-۱۲) شماتیک دستگاه هاپکینسون..... ۲۲

شکل(۲-۱۳) برازش منحنی جانسون-کوک..... ۲۴

شکل(۳-۱) شماتیک سلول..... ۳۳

شکل(۳-۲) نمودار تنش-کرنش برای فولاد با استحکام بالا و فولاد نرم..... ۳۳

شکل(۳-۳) نوع مش بندی سلول..... ۳۴

شکل(۳-۴) شرایط بارگذاری..... ۳۵

شکل(۳-۵) شماتیک ستون و شرایط مرزی..... ۳۶

شکل(۳-۶) تغییر شکل نمونه EMT_1..... ۳۷

شکل(۳-۷) نمودار نیرو-جابه جایی نمونه EMT_1..... ۳۷

شکل(۳-۸) فروریزش نمونه EMT_2..... ۳۸

شکل(۳-۹) نمودار نیرو-جابه‌جایی نمونه EMT_2..... ۳۸

شکل(۳-۱۰) فروریزش نمونه EMT_3 ۳۹
شکل(۳-۱۱) نمودار نیرو-جابه جایی نمونه EMT_3 ۳۹
شکل(۳-۱۲) فروریزش نمونه EMT_4 ۴۰
شکل(۳-۱۳) نمودار نیرو-جابه جایی نمونه EMT_4 ۴۰
شکل(۳-۱۴) فروریزش نمونه EMT_5 ۴۱
شکل(۳-۱۵) نمودار نیرو-جابه جایی EMT_5 ۴۱
شکل (۳-۱۶) فروریزش نمونه EMT_6 ۴۲
شکل(۳-۱۷) نمودار نیرو-جابه جایی EMT_6 ۴۲
شکل(۳-۱۸) نمودارهای نیرو-جابه جایی ۴۳
شکل(۳-۱۹) مقادیر جذب انرژی ۴۴
شکل(۳-۲۰) تاثیر تعداد سلول‌های طولی روی نیروی بیشینه اولیه ۴۶
شکل(۳-۲۱) تاثیر تعداد سلول‌های طولی روی جذب انرژی ۴۶
شکل(۴-۱) شماتیک دستگاه سقوط وزنه و سنسور شتاب سنج ۴۸
شکل(۴-۲) نمونه‌ها و نوع بارگذاری ۵۰
شکل(۴-۳) نمونه‌ها با زاویه سلول α =۰ ۵۱
شکل(۴-۴) نمونه‌ها با زاویه سلول α =۹۰ ۵۱
شکل(۴-۵) فروریزش نمونه EMT_1 ۵۲
شکل(۴-۶) نمودارهای نیرو-جابه جایی، تغییرات سرعت و جابه‌جایی نمونه EMT_1 ۵۲
شکل(۴-۷) فروریزش نمونه EMT_2 ۵۳
شکل(۴-۸) نمودارهای نیرو-جابه جایی، تغییرات سرعت و جابه‌جایی نمونه EMT_2 ۵۳
شکل(۴-۹) فروریزش نمونه EMT_3 ۵۴
شکل(۴-۱۰) نمودارهای نیرو-جابه جایی، تغییرات سرعت و جابه‌جایی نمونه EMT_3 ۵۴
شکل(۴-۱۱) فروریزش نمونه EMT_4 ۵۵
شکل(۴-۱۲) نمودارهای نیرو-جابه جایی، تغییرات سرعت و جابه‌جایی نمونه EMT_4 ۵۵

شکل(۴-۱۳) فروریزش نمونه EMT_1_1 ..... ۵۶
شکل(۴-۱۴) نمودارهای نیرو-جابه جایی، تغییرات سرعت و جابه‌جایی نمونه EMT1_1 ..... ۵۶
شکل(۴-۱۵) فروریزش نمونه EMT_2_2 ..... ۵۷
شکل(۴-۱۶) نمودارهای نیرو-جابه جایی، تغییرات سرعت و جابه‌جایی نمونه EMT2_2 ..... ۵۷
شکل(۴-۱۷) فروریزش نمونه EMT_3_3 ..... ۵۸
شکل(۴-۱۸) نمودارهای نیرو-جابه جایی، تغییرات سرعت و جابه‌جایی نمونه EMT3_3 ..... ۵۸
شکل(۴-۱۹) فروریزش نمونه EMT_4_4 ..... ۵۹
شکل(۴-۲۰) نمودارهای نیرو-جابه جایی، تغییرات سرعت و جابه‌جایی نمونه EMT4_4 ..... ۵۹
شکل(۴-۲۱) فروریزش نمونه EMT_5_5 ..... ۶۰
شکل(۴-۲۲) نمودارهای نیرو-جابه جایی، تغییرات سرعت و جابه‌جایی نمونه EMT5_5 ..... ۶۰
شکل(۴-۲۳) نمودارهای نیرو-جابه جایی نمونه‌های با زاویه α=۰ ..... ۶۱
شکل(۴-۲۴) نمودارهای نیرو-جابه جایی نمونه‌های با زاویه α=۹۰ ..... ۶۱
شکل(۴-۲۵) انرژی جذب‌شده توسط نمونه‌های با زاویه α=۰ ..... ۶۳
شکل(۴-۲۶) انرژی جذب شده توسط نمونه‌های با زاویه α=۹۰ ..... ۶۳
شکل(۵-۱) مقایسه تجربی و عددی نمودار نیرو-جابه جایی نمونه EMT_1 ..... ۶۷
شکل(۵-۲) مقایسه تجربی و عددی نمودار نیرو-جابه جایی نمونه EMT_2 ..... ۶۸
شکل(۵-۳) مقایسه تجربی و عددی نمودار نیرو-جابه جایی نمونه EMT_3 ..... ۶۸
شکل(۵-۴) مقایسه تجربی و عددی نمودار نیرو-جابه جایی نمونه EMT_4 ..... ۶۹
شکل(۵-۵) خطای نیروی بیشینه اولیه در شبیه‌سازی عددی و تست تجربی ۷۰
شکل(۵-۶) خطای نیروی میانگین در شبیه‌سازی عددی و تست تجربی ۷۰
شکل(۵-۷) خطای انرژی جذب شده در شبیه‌سازی عددی و تست تجربی ۷۰

فهرست جداول

جدول(۳-۱) مشخصات نمونه‌ها..... ۳۲
جدول(۳-۲) خواص ماده..... ۳۳
جدول(۳-۳) ضرایب جانسون-کوک..... ۳۴
جدول(۳-۴) نتایج عددی..... ۴۴
جدول(۴-۱) مشخصات نمونه‌ها با زاویه سلول α =۰..... ۴۹
جدول(۴-۲) مشخصات نمونه‌ها با زاویه سلول α =۹۰..... ۵۰
جدول(۴-۳) نتایج تجربی مربوط به نمونه‌های با زاویه α=۰..... ۶۲
جدول(۴-۴) نتایج تجربی مربوط به نمونه‌های با زاویه α=۹۰..... ۶۲
جدول(۵-۱) مقایسه عددی و تجربی نیروی بیشینه اولیه..... ۶۹
جدول(۵-۲) مقایسه عددی و تجربی نیروی میانگین..... ۷۰
جدول(۵-۳) مقایسه عددی و تجربی مقدار انرژی جذب شده..... ۷۰

فهرست علائم اختصاری

نیرو..... (N) P

شتاب..... (m/s^2) a

تنش..... $(Pa)\ \sigma$

کرنش..... $\mathcal{E}$

نرخ کرنش..... $\dot{\varepsilon}_s$

انرژی..... $(j)\ E$

ضریب شکل..... η

انرژی ویژه..... $(j/gr)\ SEA$

زاویه..... $(degree)\ \alpha$

دما..... c^o

سرعت..... $(m/s)\ V$

جرم..... $(kg)\ m$

فصل اول

مقدمه

۱-۱-مقدمه

در بسیاری از سیستم‌های مهندسی، به خصوص در دستگاه‌های متحرک برای جلوگیری از خسارت یا کاهش آن از سیستم‌های جذب انرژی استفاده می‌کنند. سازه‌های جدار نازک سازه‌هایی دارای استحکام به وزن بالایی هستند و قابلیت جذب انرژی بالایی دارند؛ به همین دلیل مورد توجه صنایع مختلف به خصوص خودروسازی قرار دارد.

ضربه‌گیرها و جاذب‌های انرژی از جمله اجزایی هستند که در برخی سامانه‌ها برای جذب انرژی جنبشی و تبدیل آن به صورت دیگر انرژی استفاده می‌شود. ضربه‌گیرهای مکانیکی انرژی جنبشی را توسط انجام کار پلاستیک جذب می‌کند. مرسوم‌ترین نوع ضربه‌گیرها، پوسته‌های استوانه‌ای هستند که با فروریزش در اثر بار محوری نیرو را هدر می‌دهند. این نوع ضربه‌گیرها برگشت ناپذیر هستند و بعد از تغییر شکل دیگر قابل استفاده نمی‌باشند. [۱]

انرژی می‌تواند به وسیله تغییر شکل سازه‌ها نظیر تیوب ها، ستون‌ها و سازه‌های لانه‌زنبوری تحت بارگذاری‌های مختلف جذب شود. توانایی جذب انرژی در بسیاری از سازه‌ها مثل اتومبیل که در آن‌ها برخورد اتفاق می‌افتد بسیار مهم است. انرژی به وسیله‌ی مکانیزم های مختلف شکست از جمله تغییر شکل پلاستیک و شکستگی هدر می رود. در طی دو دهه اخیر کارهای تجربی و عددی زیادی برای بررسی مکانیزم های شکست انجام گرفته است. این مطالعات به منظور درک بهتر از جذب انرژی برای کاهش خسارات ناشی از برخورد مهم هستند. [۲]

در سال‌های اخیر به صورت پایدار به رفتار سازه‌های جدار نازک تحت بار محوری که دارای جذب انرژی کارآمد هستند پرداخته شده است. بررسی جامع در مورد این موضوع را می‌توان در بررسی‌های تئوری و تجربی انجام‌شده بر روی فروریزش این سازه‌ها تحت بار محوری، نیروی بیشینه اولیه آن‌ها، متوسط نیروی محوری و ویژگی‌های جذب انرژی مشاهده کرد.

تقاضا برای افزایش ایمنی به ویژه در ارتباط با صرفه‌جویی در وزن سازه‌های خودرو، منجر به ترویج استفاده از فولادهای با استحکام بالا، آلیاژ آلومینیوم و غیره شده است. اگر چه استفاده از آلیاژهای آلومینیوم در ساخت و سازهای هواپیما و هلیکوپتر شایع است.

اکثر مطالعات نظری بر ویژگی‌های جذب انرژی ستون‌های دایره‌ای در یک فرآیند فروریزش محوری به طور متوسط با توجه به مسیر بارگذاری واقعی نیست. با این حال مسیر بارگذاری در مسائل دینامیکی مهم است.

اگر چه خصوصیات مواد از دیدگاه‌های مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است؛ اما تاثیر آن‌ها در تصادفات هنوز مورد بررسی قرار دارد. فروریزش محوری دینامیکی تیوب های استوانه‌ای تحت تاثیر اینرسی و نرخ کرنش دارای جذب انرژی کارآمد است. هر دو عامل سازه ای و تاثیر مواد به منظور جذب انرژی بهتر در نظر گرفته شده است.

به منظور بررسی نقش اینرسی و خواص مواد بر روی مشخصات تیوب های استوانه‌ای زمانی که به عنوان جاذب انرژی استفاده می‌شود مطالعاتی به خصوص از لحاظ نیروی بیشینه اولیه و کمانش زمانیکه تحت بار ضربه‌ای می‌باشد صورت گرفته است. [۳]

تئوری رفتار دینامیکی سازه، ساخته‌شده از مواد انعطاف‌پذیر به طور ایده آل صلب یا کاملا پلاستیک تا حد زیادی در سال ۱۹۶۰ توسعه یافت و تخمین بسیار خوبی برای پاسخ این مسائل پیدا شد. با توجه به نتایجی که به تازگی بدست آمده این نوید را می‌دهد که تئوری های صلب-پلاستیک در سال‌های آینده گسترش یابد. برای در نظر گرفتن حساسیت نرخ کرنش مواد، به اثرات نیروی برشی عرضی و چندین معیار شکست پرداخته شده است. این روش‌های تحلیلی به وسیله‌ی آزمایشات مختلف که انجام‌شده مورد حمایت قرار می‌گیرد.

این روش‌ها در طراحی سازه‌ها بسیار مفید هستند و عدم وجود اطلاعات در مورد رفتار دینامیکی مواد در هنگام بارگذاری ضربه‌ای باعث ایجاد مشکل می‌شود. تئوری صلب-پلاستیک برای انتخاب محدوده مقادیر آزمایشگاهی بسیار مفید هستند که گاهی اوقات برای موقعیت‌های بحرانی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

روش‌های ارائه‌شده برای بهبود حفاظت از سیستم های سازه ای و ارزیابی قابلیت‌های سازه که تحت بارهای دینامیکی و ضربه‌ای استفاده می‌شود. آن‌ها همچنین بینش فیزیکی خوبی از پاسخ‌های پلاستیک دینامیک سازه می‌دهد که در گسترش طراحی سازه تحت بارهای ضربه‌ای بسیار مفید هستند. [۴]

سازه‌های جدار نازک به دلیل ارزانی به طور گسترده برای جذب انرژی جنبشی استفاده می‌شود و عملکرد جذب انرژی بالا و وزن کارآمدی دارد. آن‌ها می‌توانند مقدار زیادی انرژی جنبشی را از طریق تغییر شکل پلاستیک و شکست در صورت برخورد پراکنده کنند. این تیوب ها به عنوان جاذب‌های انرژی خوب در اثر فروریزش طولی مورد پژوهش قرار گرفته است.

بهبود ظرفیت جذب انرژی و کاهش وزن سازه، هدفی است که مهندسان و دانشمندان برای طراحی جاذب انرژی به دنبال آن هستند. راندمان جذب انرژی ستون‌های جدار نازک به عوامل زیادی بستگی دارد. مانند خواص مواد، بیشینهربندی سطح مقطع، ضخامت دیواره و شرایط مرزی. [۵]

بر اساس فاکتور های تاثیر گذار در جذب انرژی، در بارگذاری محوری لوله‌های مدور موثرترین سازه‌ها هستند. علاوه بر این مقاطع چند سلولی تاثیر مقاطع جدار نازک را افزایش می‌دهد.

در تصادفات شدید عضو واقعی ساختاری (مثلا چهارچوب خودرو) می‌تواند طوری طراحی شود که به گونه‌ی مشخص تغییر شکل داده و انرژی بیشتری جذب کند.

در سال‌های اخیر محققان استفاده از مواد دیگر نظیر آلیاژهای آلومینیوم و فولاد با مقاومت بالا را امتحان کرده‌اند. هر گونه مقایسه جذب انرژی برای مواد مختلف مشکل است زیرا عوامل مختلفی نظیر تغییر شکل وجود دارد. بعضی به صورت متقارن و بعضی به صورت نامتقارن تغییر شکل می‌دهند. همچنین عواملی نظیر حساسیت نرخ کرنش مواد و شکست آن وجود دارد. برای مثال مواد با استحکام بالا در بارگذاری استاتیکی در مقایسه با فولاد نرم بهتر است. اما در بارگذاری دینامیکی نرخ کرنش مواد با استحکام بالا، کمتر از فولادهای نرم است و مقاومت شکست آن کمتر از حالت معمول است. برخی از مزیت‌های مشاهده‌شده در بارگذاری استاتیکی در بارگذاری دینامیکی از بین می رود. به هر حال با آزمایشات انجام‌شده

مشخص شد که استفاده از تیوب های ساخته‌شده با فولاد با مقاومت بالا در مقایسه با فولاد نرم، دارای مزیت بهتری است. [۶]

اکثر جاذب‌های انرژی یک بار مصرف هستند. یک‌بار که تغییر شکل پلاستیک می‌دهند دور انداخته می‌شوند. بنابراین الزام طراحی برای چنین دستگاهی معمولا دستیابی به جذب انرژی بالا با جرم کمتر و با تکیه بر جذب انرژی مخصوص بالا[1] می‌باشد.

در طراحی جاذب‌های انرژی، سازه‌های لوله‌ای جدار نازک وسیع‌ترین طیف گزینه‌ها را فراهم می‌کند. آن‌ها می‌توانند مسطح، فاصله‌دار، یا خمیده تحت بارگذاری عرضی و به صورت جداجدا و توسعه‌یافته ساخته شوند.

در میان طراحی‌های مختلف فرآیند لهیدگی محوری معمولا شامل سه مرحله می‌باشد.

اول، نیروی لهیدگی به بیشینه اولیه می‌رسد تا بر مقاومت اولیه تیوب غلبه کند.

دوم، نیرو کاهش و نوسان پیدا می‌کند. چون که خردشدگی پیشرفت می‌کند.

سوم، نیرو به سرعت افزایش می‌یابد و قسمت‌های له شده را افزایش می‌دهد تا به پایان لهیدگی برسد.[۷]

[1] SEA

به طور کلی فولادهای بسط داده‌شده[1] (مشبک) در صنعت تزئینی و اهداف حفاظتی استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر فلزات بسط داده‌شده در صنعت خودروسازی جایگاه مهمی پیدا کرده است. اعضای فلزی بسط داده‌شده ممکن است به وسیله‌ی تکنیک بسط دادن ورق‌های بریده‌شده ساخته شود. به طور خاص این مواد در سازه‌های حساس مانند سازه‌های جدار نازک استفاده می‌شود. تیوب های فلزی بسط داده‌شده به طور گسترده به عنوان سازه‌هایی برای جذب انرژی در حجم بالا در صنایع خودروسازی، قطار و کشتی‌سازی استفاده می‌شود. علاوه بر اینکه سازه‌های جدار نازک دارای جذب انرژی بالایی هستند؛ نسبتا ارزان و دارای وزن کمی می‌باشند. جاذب‌های انرژی وسیله‌ی طراحی‌شده‌ای برای جذب انرژی و دفع نیروی ضربه‌ای به صورت کنترل شده هستند. در نتیجه، یک جاذب انرژی باید قادر به جذب انرژی جنبشی ناشی از نیروی ضربه و پراکنده کردن آن به شکل نیروهای دیگر باشد. این ایده به صورت بازگشت‌ناپذیر می‌باشد.[۸]

مکانیزم فروریزش در تیوب‌های مشبک بدین صورت است که در ابتدا سلول‌ها با افزایش بار بسته می‌شوند و یک گشتاور پلاستیک نسبت به تقاطع مقطع‌ها در گره‌ها اعمال می‌شود. این تغییرات پلاستیک به تدریج گسترش می‌یابد. مکانیزم شکست به طور مشخص به صورت لولای پلاستیک در اتصال سلول‌ها می‌باشد. پاسخ نمودارهای نیرو-جابه‌جایی نشان می‌دهد که نیرو به صورت تدریجی افزایش می‌یابد. این رفتار برای یک سیستم جذب انرژی مطلوب است که در آن باید نیرو به صورت کنترل شده هدر رود.

از شکست نمونه مکانیکی استوانه بسط داده‌شده و مشاهده پیکربندی تغییر شکل آن می‌توان نتیجه گرفت که مکانیزم تغییر شکل به صورت لایه‌ای است.[۹]

[1] Expanded Metal Tube

۱-۲- اهداف پروژه

هدف از انجام این پروژه بررسی نوع فروریزش و ظرفیت جذب انرژی در جاذب‌های مشبک می‌باشد.

ورق‌های مشبک به صورت استوانه‌ای به عنوان جاذب انرژی در نظر گرفته شده است. دلیل انتخاب این نوع جاذب‌ها این است که ورق‌های مشبک دارای وزن کم هستند و مکانیزم فروریزش آن‌ها به صورت متقارن بوده و سبب جذب بهتر انرژی در بارگذاری ضربه‌ای می‌شود.

در این مطالعه به بررسی تاثیر پارامتر ارتفاع جاذب در میزان جذب انرژی پرداخته شده است. بررسی مقدار جذب انرژی به وسیله‌ی انجام آزمایش توسط دستگاه سقوط وزنه[1] و همچنین به صورت عددی توسط نرم‌افزار آباکوس[2] صورت گرفته است. نتایج حاصل از این دو با یکدیگر مقایسه شده و در ادامه به آن پرداخته شده است.

[1] Drop Hammer
[2] Abaqus