بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده :

مهندسی مکانیک

گروه :

طراحی کاربردی

تحلیل عددی وتجربی کمانش و پس کمانش استوانه های ترک دار فولادی تحت بار خارج از مرکز

مهدی صدیقی

اساتید راهنما :

دکتر محمود شریعتی

دکتر حمیدرضا ایپک چی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

ماه و سال انتشار:

خرداد ۸۹

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مکانیک

گروه طراحی کاربردی

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای مهدی صدیقی قروتخوار

تحت عنوان:

بررسی عددی و تجربی کمانش پانل های ترک دار تحت بار خارج از مرکز

در تاریخ ۸۹/۳/۱۷ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه .....عالی..... مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی : **محمود شریعتی**		نام و نام خانوادگی :	
نام و نام خانوادگی : **حمیدرضا ایپک چی**		نام و نام خانوادگی :	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی : **علی کیهانی**		نام و نام خانوادگی : **مهدی قناد کهتوئی**	
نام و نام خانوادگی : **محمد جعفری**			
نام و نام خانوادگی :			
نام و نام خانوادگی :			

نردبان این جهان ما و منی است

عاقبت این نردبان افتادنی است

لاجرم هرکس که بالاتر نشست

استخوانش سخت تر خواهد شکست

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

که در تمام لحظات زندگی حامی و راهنمای من بودند.

تقدیر و تشکر

خدای یکتا را سپاسگزارم که در دو سال اخیر، فرصت شاگردی در کلاس علم و ادب استادان فرهیخته ای را داشته ام. به ویژه از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر شریعتی تشکرکنم که در جوار ایشان نه تنها علم بلکه اخلاق نیز آموختم. بی‌شک بدون وجود کمک و راهنمایی استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر شریعتی ، که در تمامی مراحل پایان نامه حامی و راهنمای صبور من بودند، اتمام پروژه از محالات بود. همچنین در این قسمت لازم می‌دانم از راهنمایی‌های آقای دکتر حمید رضا ایپک چی و مهندس جعفر صائمی قدردانی نمایم. در طول انجام پروژه مشکلاتی بوجود می‌آید که توسط مجموعه‌ای از انسانها برطرف می‌شود، لذا از خداوند متعال برای کلیهٔ کسانی که مرا در انجام این پروژه یاری نمودند ، موفقیت و سربلندی همراه با آرامش در تمام مراحل زندگی خواستارم.

مهدی صدیقی
Hamoon47@yahoo.com
خرداد ماه ۱۳۸۹

پیوست شماره ۳

دانشجو تأیید می نماید که مطالب مندرج دراین پـایان نامه (رساله) نتیجه تحقیقات خودش می باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات ، آزمایشات و نو آوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد .

ماه و سال

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه:

مقالات ژورنالی (ISI):

1- M. Shariati, **M.Sedigh,** Jafar Saemi, H.R.Eipakchi, "An experimental study on buckling and post-buckling behavior of cylindrical panels with clamped and simply supported ends", **Indian Journal of Engineering and Material Sciences**, Vol.17, April 2010, pp.86-90.

2- M. Shariati, **M.Sedigh,** Jafar Saemi, H.R.Eipakchi, "Experimental study on ultimate strength of CK20 steel cylindrical panels subjected to compressive axial load". accepted , **Archive of Civil and Mechanical Engineering.**

3- M. Shariati, **M.Sedigh,** Jafar Saemi, H.R.Eipakchi, "Experimental and numerical studies on buckling of cylindrical panels subjected to compressive axial load". **Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering**, answered to rivesed paper.

4- M. Shariati, **M.Sedigh,** Jafar Saemi, H.R.Eipakchi, "Numerica analysis and experimental study on buckling of thin cylindrical panels". **Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering**, answered to rivesed paper.

5- M. Shariati, **M.Sedigh,** Jafar Saemi, H.R.Eipakchi, "Experimental and numerical studies on buckling of cracked cylindrical shells under combined loading". **Mechanika**, answered to rivesed paper.

6- M. Shariati, Jafar Saemi, **M.Sedigh,** , H.R.Eipakchi, "Study on buckling of cracked cylindrical panel under axial load". Under review.

مقالات کنفرانسی:

۱- محمود شریعتی، جعفر صائمی، **مهدی صدیقی**، حمیدرضا ایپک‌چی "بررسی استحکام نهایی پوسته-های ترک‌دار با مقطع مربعی تحت بار پیچشی " نهمین کنفرانس انجمن هوافضای ایران تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، بهمن ۱۳۸۸، صفحه ۹۵-۹۶

۲- محمود شریعتی، جعفر صائمی ، **مهدی صدیقی** "بررسی عددی استحکام نهایی پانلهای استوانه ای ترک دار" نهمین کنفرانس انجمن هوافضای ایران تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، بهمن ۱۳۸۸،صفحه ۱۰۵-۱۰۶

۳- محمود شریعتی، جعفر صائمی ، **مهدی صدیقی** "کمانش و پس کمانش استوانه های ترک دار تحت بار پیچشی " نهمین کنفرانس انجمن هوافضای ایران تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، بهمن ۱۳۸۸،صفحه ۱۶۵-۱۶۶

۴- محمود شریعتی، جعفر صائمی ، **مهدی صدیقی**، حمید رضا ایپک چی "بررسی عددی و تجربی کمانش پانل‌های استوانه‌ای ترک‌دار" نهمین کنفرانس انجمن هوافضای ایران تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، بهمن ۱۳۸۸، پذیرفته شده به صورت پوستر

۵- محمود شریعتی، **مهدی صدیقی**، جعفر صائمی، حمیدرضا ایپک‌چی "بررسی عددی و تجربی کمانش و پس کمانش پانل‌های استوانه‌ای با تکیه‌گاه‌های ساده و گیردار "هجدهمین کنفرانس سالانه بین المللی مهندسی مکانیک کنفرانس- تهران، دانشگاه صنعتی شریف ، اردیبهشت ۱۳۸۹،صفحه ۲۱۹

۶- محمود شریعتی، **مهدی صدیقی**، جعفر صائمی، حمیدرضا ایپک‌چی "تحلیل عددی و تجربی کمانش پوسته‌های استوانه‌ای ترک‌دار تحت بار خارج از مرکز "هجدهمین کنفرانس سالانه بین المللی مهندسی مکانیک کنفرانس- تهران، دانشگاه صنعتی شریف، اردیبهشت ۱۳۸۹،صفحه ۲۲۱

چکیده

بررسی اثر وجود ترک بر روی ظرفیت تحمل بار و رفتار کمانش پوسته های استوانه‌ای دارای اهمیت بوده و در طراحی اینگونه سازه‌ها باید در نظر گرفته شود. در این پایان نامه پوسته‌های استوانه‌ای جدار نازک با طولها و قطرهای مختلف حاوی ترک به کمک روش عددی و تجربی مورد تحلیل قرار گرفته و اثر موقعیت ترک، نسبت طول ترک به محیط آن، زاویه ترک و نسبت طول به قطر پوسته بر روی رفتار کمانش و پس کمانش پوسته های استوانه‌ای ترک‌دار مورد تحلیل قرار گرفته است. برای چندین نمونه، تست تجربی کمانش به کمک دستگاه سرو هیدرولیک INSTRON 8802 انجام شد و نتایج حاصل با نتایج عددی مقایسه گردید. تطابق بسیار خوبی بین نتایج حاصل از تحلیل عددی و نتایج تجربی وجود دارد. در پایان به کمک نتایج تجربی و عددی بدست آمده، تاثیر هر کدام از پارامترهای ذکر شده بر روی رفتار کمانش و پس کمانش پوسته های استوانه‌ای ترک دار بررسی شده است.

واژگان کلیدی: پوسته‌های استوانه‌ای ترک‌دار، کمانش و پس کمانش، روش المان محدود، روش تجربی.

فهرست مطالب

۱- مقدمه ای در مورد پوسته وکاربرد آن ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- کاربرد پوسته‌ها ۲

۱- ۳- بررسی روشهای مختلف حل مسئله کمانش پوسته‌ها ۴

۱- ۴- مروری برتحقیقات انجام شده ۵

۱- ۵- جمع بندی ۹

۲- تحلیل عددی پوسته‌های استوانه‌ای ترک‌دار ۱۰

۲-۱- مقدمه ۱۱

۲-۲- معرفی نرم افزار ABAQUS/CAE ۱۲

۲- ۳- مدل سازی و ابعاد نمونه‌ها ۱۴

۲-۴- نامگذاری نمونه‌ها ۱۴

۲-۵- خواص مکانیکی ماده ۱۵

۲-۶- شرایط مرزی نمونه ۱۶

۲-۷- المان بندی نمونه ها ۱۷

۲-۸- تعیین نوع تحلیل ۱۸

۲-۸-۱- تحلیل Buckle ۱۹

۲-۸-۲- تحلیل Static, Riks ۲۰

۲-۹- نتایج تحلیل عددی پوسته‌های استوانه‌ای بدون ترک تحت بار فشاری محوری ۲۰

۲-۹-۱- نتایج تحلیل عددی پوسته‌های استوانه‌ای از جنس فولاد Ck20 ..... ۲۱

۲-۹-۲- نتایج تحلیل عددی پوسته‌های استوانه‌ای از جنس فولاد St37 ..... ۲۱

۲-۱۰- نتایج تحلیل عددی پوسته های استوانه‌ای دارای ترک تحت بار فشاری محوری ۲۲

۲-۱۰-۱- بررسی تأثیر تغییر موقعیت ترک بر روی رفتار کمانش پوسته‌های استوانه‌ای ۲۳

۲-۱۰-۲- بررسی تأثیر تغییر طول ترک بر روی رفتار کمانش پانل‌های استوانه‌ای ۲۹

۲-۱۰-۳- بررسی تأثیر تغییر زاویه ترک بر روی رفتار کمانش پوسته‌های استوانه‌ای ۳۴
۲-۱۱- نتایج تحلیل عددی پانل‌های استوانه‌ای ترک دار تحت بار خارج از مرکز ۳۷
۲-۱۲- اثر طول پوسته بر بار بحرانی کمانش ۴۰
۳- تحلیل تجربی پوسته‌های استوانه‌ای ترک‌دار ۴۳
۳-۱- مقدمه ۴۴
۳-۲- نتایج تست کشش ۴۴
۳-۳- شرایط آزمایش کمانش پوسته های استوانه ای ۴۵
۳-۴- نتایج تحلیل تجربی پوسته‌های استوانه‌ای بدون ترک تحت بار محوری ۴۶
۳-۴-۱- نتایج تحلیل تجربی پوسته‌های استوانه‌ای از جنس فولاد Ck20 ۴۶
۳-۴-۲- نتایج تحلیل تجربی پوسته‌های استوانه‌ای از جنس فولاد St37 ۴۷
۳-۵- نتایج تحلیل تجربی پانل استوانه‌ای ترک دار تحت بار محوری ۴۸
۳-۵-۱- بررسی تأثیر تغییر موقعیت ترک بر روی رفتار کمانش پوسته‌های استوانه ای ۴۸
۳-۵-۲- بررسی تأثیر تغییر طول ترک بر روی رفتار کمانش پوسته‌های استوانه ای ۵۰
۳-۵-۳- بررسی تأثیر زاویه ترک بر روی رفتار کمانش پوسته‌های استوانه ای ۵۳
۳-۶- نتایج تحلیل تجربی پوسته‌های استوانه‌ای دارای ترک تحت بار خارج از مرکز ۵۵
۴- مقایسه نتایج تحلیل عددی و روش تجربی ۶۰
۴-۱- مقدمه ۶۱
۴-۲- مقایسه نتایج عددی و تجربی مربوط به تحلیل موقعیت ترک ۶۱
۴- ۳- مقایسه نتایج عددی و تجربی مربوط به تحلیل زوایای ترک و طول ترک در پانل ۶۳
۴- ۴- مقایسه منحنی‌های بار- جابجایی، حاصل از تحلیل‌های عددی و تجربی ۶۴
۵- نتایج و پیشنهادها ۷۶
۵-۱- مقدمه ۷۷
۵-۲- نتایج ۷۷
۵-۳- پیشنهادات ۷۹
مراجع ۸۰

فهرست نمودار ها و شکل ها

شکل ۱-۱- نمونه هایی از سازه های پوسته ای ۳

شکل ۲-۱- هندسه پوسته ترک دار ۱۴

شکل ۲-۲- نمودار تنش- کرنش برای فولاد Ck20 **..... ۱۵**

شکل ۲-۳- نمودار تنش- کرنش برای فولاد St37**..... ۱۵**

شکل۲-۴-شرایط مرزی نمونه..... ۱۶

شکل۲-۵-شرایط مرزی نمونه برای ایجاد بارگذاری خارج مرکز ۱۷

شکل۲-۶- نحوه مش بندی نوک ترک..... ۱۸

شکل۲-۷-دو شکل مد کمانش برای نمونه $D42-L150-\theta 90^{\circ}-\lambda 0.3-C0.5$ **..... ۱۹**

شکل۲-۸-دو شکل مد کمانش برای نمونه $D42-L150-\theta 90^{\circ}-\lambda 0.3-C0.25$ **..... ۲۰**

شکل ۲-۹- نمودار بار- جابجائی برای طول های مختلف پوسته‌های استوانه‌ای از جنس فولاد Ck20 ..... ۲۱

شکل ۲-۱۰- نمودار بار- جابجائی برای طول های مختلف پوسته‌های استوانه‌ای از جنس فولاد St37..... ۲۲

شکل۲-۱۱- منحنی‌های بار – موقعیت ترک ۲۳

شکل۲-۱۲-منحنی‌های بار–جابجایی،کانتورهای تنش و نمیزز برای نمونه $D42-L150-\theta 90^{\circ}-\lambda 0.3-C0.5$ **..... ۲۶**

شکل۲-۱۳- منحنی‌های بار – جابجایی، کانتورهای تنش ون میزز برای نمونه $D42-L150-\theta 90^{\circ}-\lambda 0.3-C0.25$ **..... ۲۷**

شکل۲-۱۴- منحنی‌های بار – جابجایی، کانتورهای تنش ون میزز برای نمونه $D42-L150-\theta 90^{\circ}-\lambda 0.3-C0.33$ **..... ۲۸**

شکل۲-۱۵- منحنی‌های بار – جابجایی پوسته ترک دار برای طول ترک های مختلف a) $L100-\theta 0^{\circ}-C0.5$**،**

b) $L250-\theta 90^{\circ}-C0.5$ **..... ۳۰**

شکل۲-۱۶- منحنی‌های بار – جابجایی پوسته ترک دار برای طول ترک های مختلف a) $L100-\theta 0^{\circ}-C0.5$**،**

b) $L250-\theta 90^{\circ}-C0.5$ **..... ۳۱**

شکل۲-۱۷- منحنی‌های بار – جابجایی پوسته ترک دار برای زاویه ترک های مختلف a) $L100-\lambda 0.2-C0.5$**،**

b) $L250-\lambda 0.4-C0.5$ **..... ۳۵**

شکل۲-۱۸- منحنی‌های بار – جابجایی پوسته ترک دار برای زاویه ترک های مختلف a) $L150-\lambda 0.2-C0.5$**،**

b) $L150-\lambda 0.4-C0.5$ **..... ۳۶**

شکل۲-۱۹- شرایط بار گذاری خارج از مرکز..... ۳۷

شکل۲-۲۰- منحنی‌های بار – جابجایی، برای نمونه $D42-L150-\theta 0^{\circ}-\lambda 0.3-C0.5$ **..... ۳۸**

شکل۲-۲۱- منحنی‌های بار – جابجایی، برای نمونه $D42-L150-\theta 45^{\circ}-\lambda 0.3-C0.5$ **..... ۳۹**

شکل۲-۲۲- منحنی‌های بار – جابجایی، کانتورهای تنش ون میزز برای نمونه $D42-L150-\theta90^{\circ}-\lambda0.3-C0.25$ ۴۰
شکل۲-۲۳- منحنی‌های بار – جابجایی، برای سه طول مختلف از نمونه $D42-\theta90^{\circ}-\lambda0.3-C0.5$ ۴۱
شکل۲-۲۴- منحنی‌های بار – جابجایی، برای سه طول مختلف از نمونه $D42-\theta0^{\circ}-\lambda0.4-C0.5$ ۴۱
شکل۲-۲۵-منحنی‌های بار – جابجایی، برای سه طول مختلف از نمونه $D42-\theta45^{\circ}-\lambda0.3-C0.5$ ۴۲
شکل ۳-۱- فیکسچر مورد استفاده در آزمایش برای اعمال بار محوری**a**) تکیه گاه ساده، **b**) تکیه گاه گیردار..... ۴۵
شکل ۳-۲- فیکسچر مورد استفاده در آزمایش برای اعمال بار خارج از مرکز ۴۶
شکل ۳-۳- نمودار بار- جابجائی برای طول های مختلف پوسته‌های استوانه‌ای از جنس فولاد **Ck20**..... ۴۷
شکل ۳-۴- نمودار بار- جابجائی برای طول های مختلف پوسته‌های استوانه‌ای از جنس فولاد **St37** ۴۸
شکل ۳-۵-تعدادی از نمونه های آزمایش با دستگاه**INSTRON** ۴۹
شکل ۳-۶- منحنی های بار- جابجایی برای پوسته ترک دار با ترک در موقعیت های مختلف $D42-L150-\theta90^{\circ}-\lambda0.4$ ۵۰
شکل۳-۷-منحنی های بار- جابجایی برای طول های مختلف ترک نمونه $D42-L100-\theta45^{\circ}-C0.5$ ۵۰
شکل۳-۸- منحنی های بار- جابجایی برای طول های مختلف ترک نمونه $D42-L250-\theta90^{\circ}-C0.5$ ۵۱
شکل۳-۹- منحنی های بار- جابجایی برای طول های مختلف ترک نمونه $D42-L150-\theta45^{\circ}-C0.5$ ۵۱
شکل۳-۱۰- منحنی های بار- جابجایی برای طول های مختلف ترک نمونه $D42-L150-\theta0^{\circ}-C0.5$ ۵۲
شکل۳-۱۱-مراحل کمانش نمونه $D42-L100-\theta45^{\circ}-\lambda0.4-C0.5$ ۵۳
شکل۳-۱۲-منحنی های بار- جابجایی برای زاویه های مختلف ترک نمونه $D42-L150-\lambda0.4-C0.5$ ۵۴
شکل۳-۱۳- منحنی های بار- جابجایی برای زاویه های مختلف ترک نمونه $D42-L150-\lambda0.2-C0.5$ ۵۴
شکل۳-۱۴- منحنی های بار- جابجایی برای زاویه های مختلف ترک نمونه $D42-L250-\lambda0.4-C0.5$ ۵۵
شکل۳-۱۵-منحنی های بار- جابجایی برای نمونه $D42-L150-\theta0^{\circ}-\lambda0.3-C0.5$ تحت بارخارج از مرکز ۵۶
شکل۳-۱۶-منحنی های بار- جابجایی برای نمونه $D42-L150-\theta45^{\circ}-\lambda0.3-C0.5$ تحت بارخارج از مرکز ۵۷
شکل۳-۱۷-منحنی های بار- جابجایی برای نمونه $D42-L150-\theta90^{\circ}-\lambda0.3-C0.5$ تحت بارخارج از مرکز ۵۸
شکل۳- ۱۸ - منحنی های بار- جابجایی برای زاویه های مختلف ترک نمونه $D42-L150-\lambda0.3-C0.5$ ۵۹
شکل۴-۱- مقایسه منحنی‌های بار – جابجایی تجربی و عددی $D42-L250-\theta90^{\circ}-\lambda0.2-C0.5$ ۶۲
شکل۴-۲- منحنی‌های بار – جابجایی و تصاویر تغییر شکل یافته نمونه $D42-L250-\theta0^{\circ}-\lambda0.4-C0.5$ ۶۴
شکل۴-۳- منحنی‌های بار – جابجایی و تصاویر تغییر شکل یافته نمونه $D42-L250-\theta45^{\circ}-\lambda0.4-C0.5$ ۶۵
شکل۴-۴- منحنی‌های بار – جابجایی و تصاویر تغییر شکل یافته نمونه $D42-L250-\theta90^{\circ}-\lambda0.2-C0.5$ ۶۶
شکل۴-۵- منحنی‌های بار – جابجایی و تصاویر تغییر شکل یافته نمونه $D42-L150-\theta0^{\circ}-\lambda0.3-C0.5$ ۶۷

شکل۴-۶- منحنی‌های بار – جابجایی و تصاویر تغییر شکل یافته نمونه $D42-L150-\theta45^{\circ}-\lambda0.3-C0.5$ ۶۸

شکل۴-۷- منحنی‌های بار – جابجایی و تصاویر تغییر شکل یافته نمونه $D42-L150-\theta90^{\circ}-\lambda0.3-C0.25$ ۶۹

شکل۴-۸- منحنی‌های بار – جابجایی و تصاویر تغییر شکل یافته نمونه $D42-L100-\theta45^{\circ}-\lambda0.4-C0.5$ ۷۰

شکل۴-۹ - منحنی‌های بار – جابجایی و تصاویر تغییر شکل یافته نمونه $D42-L100-\theta90^{\circ}-\lambda0.3-C0.5$ ۷۱

شکل۴-۱۰- منحنی‌های بار – جابجایی و تصاویر تغییر شکل یافته نمونه $D42-L150-\theta0^{\circ}-\lambda0.3-C0.5$ ۷۳

شکل۴-۱۱- منحنی‌های بار – جابجایی و تصاویر تغییر شکل یافته نمونه $D42-L150-\theta45^{\circ}-\lambda0.3-C0.5$ ۷۴

شکل۴-۱۲- منحنی‌های بار – جابجایی و تصاویر تغییر شکل یافته نمونه $D42-L150-\theta45^{\circ}-\lambda0.3-C0.5$ ۷۵

فهرست جداول

جدول۲-۱- نتایج تحلیل های عددی برای قطر ۴۲ میلی متر ۳۲

جدول۲-۲- نتایج تحلیل های عددی برای قطر ۵۰ میلی متر ۳۳

جدول ۳-۱- مشخصات هندسی و مکانیکی هر دو نمونهSt37 وCk20 ..... ۴۴

جدول۴-۱- نتایج تحلیل های عددی و تجربی همراه با درصد اختلاف مربوط به تحلیل موقعیت ترک ۶۱

جدول۴-۲- نتایج تحلیل های عددی و تجربی همراه با درصد اختلاف برای همه نمونه های ازمایش شده ۶۳

فصل اول

مقدمه ای در مورد پوسته ها

و کاربرد آن

۱-۱- مقدمه

ورقها و پوسته‌ها سازه‌هایی هستند که شکل اولیه آنها به ترتیب تخت و خمیده می‌باشد و ضخامت آنها نسبت به دو بعد دیگر بسیار کوچکتر است. معیاری که برای تعریف یک ورق یا پوسته نازک بکار برده می‌شود؛ این است که باید نسبت ضخامت به طول ضلع کوچکتر ورق کمتر از ۰/۰۵ باشد. این نسبت در مواردی به کمتر از ۰/۱ نیز می‌رسد.

۱-۲- کاربرد پوسته‌ها

امروزه پوسته‌ها و ورقها بخش اعظمی از سازه‌های صنایع مختلف را به خود اختصاص داده‌اند. پوسته‌ها به دلیل وزن کم و مقاومت زیاد کاربرد وسیعی در صنایع دارند. این خواص ناشی از طبیعت هندسی پوسته است. سازه‌های پوسته‌ای از نظر تحمل بارهای فشاری و ضربه‌ای از بهترین سازه‌ها محسوب می‌شوند و به همین دلیل در طبیعت نیز پوشش اندام گیاهان و جانوران، ماهیت پوسته‌ای دارد. با درک ویژگی‌های مهم سازه‌های پوسته‌ای از جمله قدرت تحمل بار، استحکام بالا و راحتی ساخت، مهندسین همواره از سازه‌های پوسته‌ای در طراحی و ساخت سازه‌های مختلف استفاده می‌کنند. از کاربردهای پوسته‌ها می‌توان در سازه‌های هوایی برای بدنه هواپیماها، روکش بال و دم هواپیما، بدنه موشک و غیره اشاره کرد. استفاده از ورقها و پوسته‌ها در صنایع دیگر نظیر خودرو سازی، شناور سازی، مخازن نفت و گاز در صنایع پتروشیمی، خطوط لوله، مخازن نگهداری مایعات و سیلوهای انبار دانه‌های نباتات و غلات، مخازن تحت فشار، سرپوشها یا کله‌گیها و غیره رایج است (شکل(۱-۱)). در این تحقیق حالت خاصی از پوسته‌های متقارن محوری یعنی پوسته‌های استوانه‌ای دارای گشودگی مورد بحث قرار می گیرد. همانطور که بیان شد این نوع پوسته‌ها در سازه‌هایی مانند بدنه موشکها، بالگردها، هواپیماها، پایه سکوهای دریایی، کندانسور و دودکش نیروگاهها و تجهیزات ورزشی استفاده فراوان دارند.

شکل ۱-۱-نمونه‌هایی از سازه‌های پوسته‌ای

این سازه‌ها ممکن است تحت بارهای محوری فشاری قرار گرفته و دچار کمانش شوند. به علاوه، این اجزا اغلب در بعضی قسمتها ناپیوستگی‌هایی مانند گشودگی‌ها دارند که این ناپیوستگی‌ها می‌توانند در پایداری سازه ها تأثیرگذار باشند. برای طراحی یک پوسته استوانه‌ای تحت بار فشاری لازم است باری که پوسته تحت آن بار کمانش می‌کند، محاسبه شود. کمانش به مفهوم تغییر شکل ناگهانی سازه در برابر بار وارده به آن است. این بار غالباً به صورت فشاری به سازه اعمال می‌گردد. اگرچه برای محاسبه بار کمانش پوسته استوانه‌ای تحقیقات متعددی انجام شده است، ولی تاکنون رابطه دقیقی برای محاسبه بار بحرانی کمانش ارائه نشده است و روابط موجود با کمک فرضیات ساده کننده حاصل شده‌اند. همچنین به علت پیچیدگی معادلات و شرایط مرزی حاکم بر پوسته‌های استوانه‌ای دارای گشودگی، تاکنون رابطه دقیقی برای بار کمانش این پوسته‌ها ارائه نشده است و تحقیقات انجام شده در این زمینه محدود به روشهای عددی و تجربی هستند. در ادامه مروری بر کارهای صورت گرفته در این زمینه، ارائه خواهد شد.

۱-۳- بررسی روشهای مختلف حل مسئله کمانش پوسته‌ها

استفاده بسیار وسیع از ورقها و پوسته‌ها به عنوان المانهای سازه‌ای باعث شده است که تحقیقات دیرینه و بسیار وسیعی پیرامون آنها انجام شود. تحقیقات به یکی از سه روش زیر استوار هستند:

۱ - بررسی تحلیلی سازه‌ها

۲ - بررسی عددی سازه‌ها

۳ - بررسی تجربی سازه‌ها

امروزه سه روش فوق رایج بوده و گاهی از هر سه روش برای انجام یک تحقیق استفاده می‌شود. حل تحلیلی سازه‌ها، روشی است که بر یک یا چند اصل فیزیکی استوار است؛ که توسط روشهای ریاضی توسعه داده شده‌اند. این روش حل عمدتاً برای مسائل و سازه‌های با هندسه‌های ساده و بارگذاری‌ها و شرایط مرزی متقارن جوابهای دقیقی ارائه می دهد و حل بسیاری از مسائل ساده در کتابهای منتشر شده موجود است. از روشهای تحلیلی سازه‌ها می توان به تحلیل تنش یک مخزن استوانه‌ای تحت فشار داخلی یا خارجی و یا یک ورق تحت کشش که یک سوراخ در آن ایجاد شده است اشاره نمود. در روش تحلیلی اگر اندکی مسئله از لحاظ هندسه، بارگذاری یا شرایط مرزی پیچیده شود دست یافتن به جواب دقیق بسیار دشوار و حتی غیر ممکن می‌گردد. در مواردی نیز جوابهای تقریبی برای حل تحلیلی سازه‌ها بدست می‌آید. شاید دلیل تقریبی بودن این جوابها فرضهای ساده کننده‌ای باشد که برای حل معادلات بکار رفته‌اند. عدم توانایی در حل معادلات دیفرانسیلی که از حل‌های تحلیلی حاصل می‌شوند، از مهمترین مشکلات انجام حل تحلیلی می‌باشد.

حل عددی سازه‌ها نیز روش دیگری است که امروزه توسط برنامه‌های قدرتمند المان محدود به بازار صنعت آمده است. این روش بسیار ارزان قیمت و مقرون به صرفه است و همواره می‌توان از آن بهره برد. زمانی که استفاده از