

عنوان:

اصول طراحی کمانشی پوسته‌های جدار نازک و مدور فلزی و کامپوزیتی تحت فشار خارجی (بر اساس روش‌های نظری، آزمایشگاهی، استاندارد‌های فنی و المان محدود)

تألیف و ترجمه:

مهندس میلاد ملکی، مهندس علی گل سوتربتی، یاسر قمری، مسعود ملکی

یراستار علمی: دکتر احمد قاسمی قلعه بهمن

نوبت چاپ: اول

ویرایش: اول

قطع رحلی

۴

شهریور ۹۵

اصول طراحی کمانشی پوسته‌های (مخازن) جدار نازک و مدور فلزی و کامپوزیتی تحت فشار خارجی =

Principles in designing of steel & composite made circular thin walled

shells(vessels) subjected to external pressure : بر اساس روش‌های

نظری، آزمایشگاهی، استانداردهای فنی و المان محدود/تالیف و ترجمه میلاد ملکی... [و دیگران]. ؛

ویراستار علمی احمد قاسمی قلعه بهمن.

تهران: میلاد ملکی، ۱۳۹۵.

ر، ۲۲۲ص. مصور، جدول، نمودار. ۲۲ × ۲۹ سم.

۳۰۰۰۰۰ ریال 6-5995-04-978:

فیبا

تالیف و ترجمه میلاد ملکی، مهسا ملکی، گل سوتربتی، یاسر قمری، مسعود ملکی.

پوسته‌ها و صفحه‌های ارتجاعی

Elastic plates and shells

سازه‌های جدار نازک

Thin-walled structures

خزش (مکانیک)

(Buckling (Mechanics

پوسته‌های بتن

Shells, Concrete

شکست سازه‌ها

Structural failures

مخزن‌های تحت فشار: طراحی و ساختمان

Pressure vessels -- Design and construction

مهندسی سازه

Structural engineering

ملکی، میلاد، ۱۳۶۷ -

قاسمی قلعه بهمن، احمد، ۱۳۵۵ -

۱۳۹۵ الف/۶/۹۳۵ QA

۵۳۱/۳۲

۴۳۹۴۵۰۲

مشخصات نشر

مشخصات ظاهری

شابک

وضعیت فهرست نویسی

یادداشت

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

موضوع

شناسه افزوده

شناسه افزوده

رده بندی کنگره

رده بندی دیویی

شماره کتابشناسی ملی

عنوان کتاب

اصول طراحی کمانشی پوسته‌های (مخازن) جدار نازک و مدور فلزی و

کامپوزیتی تحت فشار خارجی (بر اساس روش‌های نظری، آزمایشگاهی،

المان محدود و استانداردهای فنی)

مهندس میلاد ملکی، مهسا ملکی، گل سوتربتی، یاسر قمری، مسعود

ملکی

دکتر احمد قاسمی قلعه بهمن

میلاد ملکی

مهندس میلاد ملکی، مهسا ملکی، گل سوتربتی، یاسر قمری، مسعود

ملکی (ناشر مولف)

۱۳۹۵

رحلی

۹۷۸-۶۰۰-۰۴-۵۹۹۵-۶

پدیدآورندگان

ویراستار علمی

طراح جلد

ناشر

سال نشر

قطع

شابک

تیراژ
۳۰۰ نسخه
نوبت چاپ
اول - زمستان ۹۵
قطع
رحلی

قیمت
۳۰۰۰۰ ریال
ویرایش
اول

فهرست مطالب

فهرست جدول ها	۱
فهرست تصاویر	۲
چکیده	۳
فصل اول	۴
مقدمه : مفهوم کماتر ، رفتار کمانشی سازه های پوسته ای ؛ ضرورت و کاربردها	۵
۱. مقدمه	۶
۱-۱ عوامل شکست در سازه ها	۷
۱-۲ کمانش پوسته ها	۸
۱-۲-۱ فرو ریزش غیر خطی	۹
۱-۲-۲ کمانش دو رami	۱۰
الف) رفتار خنثی پس از کمانش	۱۱
ب) رفتار غیرمقارن پس از کمانش	۱۲
ج) رفتار دینامیک پس از کمانش	۱۳
د) رفتار ناپایدار پس از کمانش	۱۴
۱-۳ تعاریف و مفاهیم	۱۵
۱-۴ جمع بندی و نتیجه گیری	۱۶
فصل دوم	۱۷
نظریات حاکم بر پوسته ها و کمانش پوسته ها	۱۸
۲. پوسته ها	۱۹
۲-۱ مقدمه ای بر نظریه پوسته عمومی ؛ پوسته ها در سازه های مهندسی	۲۰
۲-۲ تعاریف کلی و ساختاری پوسته ها	۲۱
۲-۳ تفاوت ورق ، پوسته و غشاء	۲۲
۲-۴ مکانیزم های حمل بار پوسته ها	۲۳
۲-۵ نظریات خطی پوسته ها	۲۴
۲-۶ فرضیات اساسی نظریه خطی عمومی پوسته ها	۲۵
۲-۷ انواع وضعیت های تنش برای پوسته های نازک	۲۶
۲-۸ استفاده از فرم و عبارات کامل برای نظریه آدینتیک غیر خطی	۲۷

۲۹	۲-۹. نظریه پوسته غیر خطی هندسی؛ مقدمه ای بر نظریات پوسته ها
۲۹	۲-۹-۱. مقدمه
۳۱	۲-۹-۲. نظریه غیر خطی هندسی پوسته های کم عمق
۳۴	۲-۱۰. روش های حل مسائل کماتش پوسته ها
۳۴	۲-۱۰-۱. روش معادل
۳۷	۲-۱۰-۲. روش انرژی
۳۸	۲-۱۰-۳. مسئله مقدار ویژه
۴۱	۲-۱۰-۴. پهن درآمدی بر اجزاء محدود
۴۳	۲-۱۱. مراحل حل مسئله به روش المان محدود
۴۴	۲-۱۲. جمع بندی و نتیجه گیری
۴۵	فصل سوم
	تدوین معادلات اساسی برای کماتش پوسته های استوانه ای فیزی و راهکارهایی بهبود مقاومت کماتشی آنها، روابط بحرانی و
۴۵	استانداردهای صنعتی
۴۶	۳-۱. پیشینه پژوهش تحلیل کماتش پوسته های استوانه ای فیزی
۴۸	۳-۲. بخش نظری
۴۸	۳-۲-۱. تحلیل کماتش خطی پوسته های استوانه ای
۴۹	۳-۲-۲. کماتش پوسته های استوانه ای تحت فشار خارجی
۵۲	۳-۲-۳. معادله دانیل برای کماتش پوسته استوانه ای تحت فشار خارجی با توجه به دو لبه انتیابی
۵۳	۳-۲-۴. معادله سموشکو و فون مایز برای کماتش پوسته استوانه ای تحت فشار خارجی با توجه به ساده
۵۳	۳-۲-۵. معادله بار بحرانی کماتش پوسته استوانه ای (لوله) تحت فشار خارجی
۵۴	توسعه
۵۴	۳-۲-۶. معادله بار بحرانی کماتش پوسته استوانه ای تقویت شده محیطی تحت فشار خارجی بر اساس نظریه کدرنگ
۵۵	۳-۲-۷. معادله بار بحرانی کماتش پوسته استوانه ای تقویت شده محیطی تحت فشار خارجی بر اساس نظریه برناب
۵۵	۳-۲-۸. معادله غیر خطی Koiter در مورد کماتش پوسته استوانه ای دارای ناکملی تحت فشار خارجی
۵۶	۳-۳. ارزیابی قرار داشتن بار بحرانی کماتش در ناحیه الاستیک
۵۷	۳-۴. بخش صنعتی
۵۷	۳-۴-۱. کماتش پوسته های استوانه ای بر اساس استاندارد صنعتی EN-1993-1-6 مربوط به طراحی کماتشی پوسته
۵۷	۳-۴-۲. قواعد طراحی
۵۷	۳-۴-۳. استاندارد اروپایی EN 1993-1-6 و پیسپاداب اروپایی ECCS EDR5 (2008) برای تحلیل کماتش پوسته های فولادی
۵۸	۳-۴-۴. انواع تحلیل کماتش پوسته در استاندارد EN 1993-1-6
۵۸	۳-۴-۵. تحلیل خطی (LA)

- ۶-۳-۴. تحلیل خطی چند شعبگی (LBA) ۵۸
- ۷-۳-۴. تحلیل غیرخطی از نظر هندسی (GNA) ۵۸
- ۸-۳-۴. تحلیل غیرخطی از نظر ماده (MNA) ۵۹
- ۹-۳-۴. تحلیل غیرخطی هم از نظر هندسه و هم از نظر ماده (GMNA) ۵۹
- ۱۰-۳-۴. نمودارهای ظرفیت برای کماتش پوسته بر اساس استاندارد EN 1993-1-6 2007 ۶۰
- ۱۱-۳-۴. قواعد کنی استاندارد EN 1993-1-6 ۶۲
- ۱۲-۳-۴. راه حل های نظری برای استوانه های تحت فشار یکنواخت خارجی بر اساس استاندارد EN-1993-1-6 ۶۴
- ۱۳-۳-۴. در مورد فرمول بندی استوانه های کوتاه ۶۸
- ۱۴-۳-۴. مدل محاسباتی برای استوانه های تحت فشار یکنواخت خارجی ۶۹
- تحلیل چند مؤثر خطی کماتش ۶۹
- ۱۵-۳-۴. منحنی من محدود ۶۹
- ۱۶-۳-۴. مطالعه همگرایی منحنی ۶۹
- ۱۷-۳-۴. همگرایی منحنی بر حسب $\frac{r}{t}$ و تکیه گاه های BC1r و BC2f ۷۰
- ۱۸-۳-۴. فرمول کماتش پوسته استوانه ای تحت فشار خارجی بر اساس استاندارد NASA-8007 ۷۳
- ۱۹-۳-۴. محاسبه پایداری پوسته های کروی و استوانه ای نظری با آزمایشگاهی برای آنها ۷۷
- ۲۰-۳-۴. کماتش پوسته های استوانه ای تحت فشار خارجی بر اساس معادله Volmir ۷۸
- ۲۱-۳-۴. معادله تجربی کماتش پوسته استوانه ای تحت فشار خارجی پوسته رانتر ۷۹
- ۲۲-۳-۴. کماتش پوسته های استوانه ای بر اساس استاندارد DNV 1.10-C-002 ۷۹
- ۲۳-۳-۴. ارزیابی شکستی پیرامون مولفه های تاثیر گذار بر کماتش پوسته های کروی و استوانه ای ۸۰
- ۱-۳-۵. طراحی پوسته های متفرق مجزوی تحت فشار هیدرواستاتیک در بخش پایداری آنها ۸۰
- ۲-۳-۵. راهکارهای افزایش مقاومت نسبت به پدیده کماتش برای پوسته های استوانه ای استحکام جداره ثابت ۸۱
- ۳-۳-۶. جمع بندی و نتیجه گیری ۸۴
- فصل چهارم ۸۵
- تدوین معادلات حاکم بر کماتش پوسته های کروی فیزی تحت فشار خارجی ۸۵
- ۱-۴. مقدمه کماتش پوسته کروی ۸۶
- ۲-۴. پیش زمینه تاریخی کماتش در پوسته های کروی فلزی ۸۶
- ۳-۴. فرمول بندی Zoelly-Van der neut برای کماتش پوسته کروی ۸۷
- ۴-۴. فرمول بندی اصلاح شده برای پوسته های کروی Tsien و Von karman ۸۷
- ۵-۴. آزمایشات سخازن کروی Gill ۸۷
- ۶-۴. اثر ناکاملی اولیه بر کماتش پوسته های کروی ۸۸

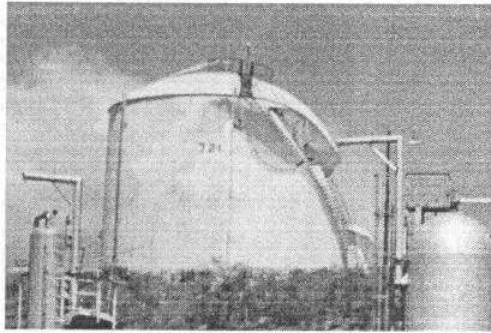
۴-۷	کمانش پوسته های کروی با ضخامت ثابت جداره بر اساس معادله Volmir و دانل- ماستری- ولاسوف	۹۰
۴-۸	معادله تنش و بار بحرانی کمانش پوسته کروی تحت فشار خارجی بر اساس رابطه Kollar	۹۳
۴-۹	بررسی مقاومت کمانش و مقاومت تسلیم در معادله Zoelly برای کمانش پوسته کروی تحت فشار خارجی توسط	۹۳
۴-۱۰	جمع بندی و نتیجه گیری	۹۵
۹۷	فصل پنجم	۹۷
۴-۱۰	کمانش پوسته های ناقص مخروطی فلزی تحت فشار خارجی	۹۷
۵-۱	کمانش پوسته های مخروطی تحت فشار خارجی بر اساس رابطه Ventsel	۹۸
۵-۲	معادلات رفتار کمانشی پوسته ناقص مخروطی بر اساس EN 1993-1-6	۹۹
۵-۲-۱	شرایط مرزی	۱۰۰
۵-۲-۲	هندسه	۱۰۰
۵-۲-۳	طراحی تنش های کمانشی : مخروط تحت فشار خارجی یکنواخت	۱۰۰
۵-۳	جمع بندی و نتیجه گیری	۱۰۲
۱۰۳	فصل ششم	۱۰۳
۵-۳	درآمدی بر مواد کامپوزیتی و رفتار مکانیکی آنها	۱۰۳
۶-۱	مواد کامپوزیتی	۱۰۴
۶-۲	ماتریس	۱۰۴
۶-۳	کاربرد کامپوزیت ها	۱۰۵
۶-۴	دسته بندی کامپوزیت های مهندسی از لحاظ فاز زمینه	۱۰۷
۶-۵	مراحل طراحی کامپوزیت ها	۱۰۷
۶-۶	مواد همسانگرد و ناهمسانگرد	۱۰۸
۶-۷	آسیب در مواد مرکب	۱۱۰
۶-۸	ترک جدایش بین صفحه ای	۱۱۱
۶-۹	جمع بندی و نتیجه گیری	۱۱۲
۱۱۳	فصل هفتم	۱۱۳
۱۱۳	تدوین معادلات حاکم بر کمانش پوسته های استوانه ای کامپوزیتی و ساندویچی	۱۱۳
۷-۱	روابط کمانش برای پوسته های استوانه ای کامپوزیتی تحت فشار خارجی	۱۱۴
۷-۱	پیشینه پژوهش	۱۱۴
۷-۲	کمانش پوسته های استوانه ای ارتوتروپیک و تقویت شده	۱۱۵
۷-۲-۱	پوسته های استوانه ای ارتوتروپیک تحت فشار خارجی Ventsel	۱۱۵
۷-۲-۲	پوسته های استوانه ای تقویت شده تحت فشار خارجی بر اساس رابطه Volmir	۱۱۷
۷-۳	پایداری پوسته های ساندویچی استوانه ای تحت فشار یکنواخت خارجی بر اساس روابط Ventsel	۱۲۱

۷-۴	معادله تجربی برای پوسته های کروی تقویت شده تحت فشار خارجی بر اساس رابطه Buchert	۱۲۴
۷-۵	تحلیل کماتش مخازن کامپوزیتی ارتوتروپیک (دارای یک محور اصلی) استوانه ای با کلگی نیم کروی بر اساس نظریه Sanders	۱۴۵
۷-۵-۱	نظریه غیر خطی پوسته های نازک ساندروز	۱۳۵
۷-۵-۲	معدلات کماتش	۱۳۷
۷-۵-۳	روش محاسبه	۱۳۰
۷-۵-۴	نتایج عددی	۱۳۱
۷-۵-۶	مخزن تحت فشار از جنس ماده کامپوزیتی با کلگی نیم بیضوی	۱۳۳
۷-۶	پوسته استوانه ای کامپوزیتی ارتوتروپیک تحت فشار یکنواخت خارجی بر اساس استاندارد NASA 8007	۱۳۴
۷-۷	ثوابت الاستیک	۱۳۶
۷-۸	استوانه های ارتوتروپیک تقویت شده چند لایه ای بر اساس استاندارد NASA 8007	۱۳۶
۷-۹	استوانه های از جنس هسپالگرد تقویت شده با رینگ ها بر اساس NASA 8007	۱۳۸
۷-۹-۱	معرفی بقیه	۱۴۰
۷-۱۰	جمع بندی و نتیجه گیری	۱۴۰
	فصل هشتم	۱۴۱
	مدولین معادلات خاکه بر کماتش پوسته های کروی با یوزینی تحت فشار خارجی	۱۴۱
۸-۱	محاسبه بار کماتشی پوسته کروی تحت فشار خارجی	۱۴۲
۸-۱-۱	تست بروکس	۱۴۳
۸-۱-۲	تحلیل منحنی کماتش	۱۴۳
۸-۲	جمع بندی و نتیجه گیری	۱۴۹
	فصل نهم	۱۵۱
	تست آزمایشگاهی پوسته های چدار نازک	۱۵۱
۹-۱	نمونه هایی از فعالیت های آزمایشی در زمینه کماتش پوسته های چدار مرکب	۱۵۴
	بیشینه بروکس آزمایش کماتش پوسته ها	۱۵۲
۹-۲	آزمایش روی استوانه از جنس کربن/ایوکسی	۱۵۵
۹-۲-۱	آزمایش روی استوانه از جنس شیشه/ایوکسی	۱۵۵
۹-۳	معرفی سیستم آزمایش و ابزار اندازه گیری	۱۵۹
۹-۳-۱	طریقه نصب نمونه ها و ابزار های مورد نیاز آزمایش	۱۵۹
۹-۳-۲	روش انجام آزمایش	۱۶۰
۹-۴	جمع بندی و نتیجه گیری	۱۶۱
	فصل دهم	۱۶۲
	محسل و اعتبار سنجی چند نمونه کار بردی مقالات معتبر ISI و پایان نامه های معتبر بین المللی	۱۶۲
۱۰-۱	اعتبار سنجی تحلیل کماتش پوسته استوانه ای فولادی تحت فشار یکنواخت خارجی	۱۶۳

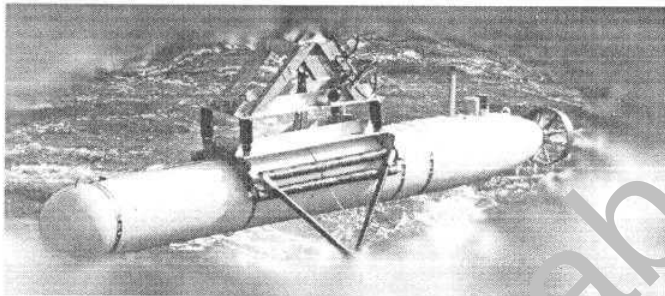
۱۰-۲.	تحلیل و اعتبار سنجی پوسته استوانه ای الومینیومی در عمق تحت فشار خارجی با مقاله معتبر ISI	۱۶۸
۱۰-۳.	اعتبار سنجی و تحلیل کماتش پوسته کروی فولادی تحت فشار خارجی بکنواخت با مقاله ISI	۱۷۱
۱۰-۴.	اعتبار سنجی و تحلیل کماتش پوسته استوانه ای کامپوزیتی تحت فشار خارجی	۱۷۷
۱۰-۵.	اعتبار سنجی و تحلیل کماتش پوسته کروی کامپوزیتی تحت فشار خارجی	۱۸۳
۱۰-۶.	جمع بندی و نتیجه گیری	۱۸۹
۱۹۰.	فصل یازدهم (مثال های کاربردی و صنعتی)	
	طراحی کماتشی پوسته زیر دریایی تحت فشار خارجی با استفاده از استاندارد BS 5500 و اعتبار سنجی بروش اتمان محدود و چند مثال کاربردی از استانداردهای EN 1993-1-6 2007 ، DNV-RP-C202 و NASA 8007 بمنظور نحوه اعمال این استانداردها در طراحی	
۱۹۰.		
۱۱-۱.	طراحی پوسته های منور بر اساس استاندارد صنعتی بریتانیا BS 5500	۱۹۱
۱۱-۲.	خواص و ابعاد مدل	۱۹۱
۱۱-۳.	تحلیل و بررسی مدل مورد استفاده	۱۹۲
۱۱-۷.	حل مثال های خارجی بر اساس استاندارد های صنعتی برای تحلیل کماتش پوسته استوانه ای تحت فشار خارجی بر اساس استانداردهای EN 1993-1-6 2007 ، DNV-RP-C202 و NASA 8007	۲۰۳
۱۱-۷-۱.	تحلیل کماتش خشی و غیر خطی با استفاده از استاندارد EN 1993-1-6	۲۰۳
۱۱-۷-۲.	بدست آوردن بار بحرانی کماتش پوسته استوانه ای تحت فشار خارجی با استفاده از استاندارد بسمه تجوی ۸۰۰۷ پوسته NASA برای پوسته های استوانه ای تحت فشار خارجی	۲۰۷
۱۱-۷-۳.	بررسی کماتش محیطی پوسته استوانه ای تحت فشار خارجی بر اساس استاندارد DNV RP-C202	۲۰۹
۱۱-۸.	جمع بندی و نتیجه گیری	۲۱۱
۲۱۲.	فصل دوازدهم	
۲۱۲.	جمع بندی ، نتیجه گیری نهایی و ارائه راهکارهای طراحی	
۲۱۳.	جمع بندی و نتیجه گیری	۲۱۳

پوسته ها به عنوان عام ترین سازه ها در حوزه های مهندسی سازه ، مکانیک ، هوافضا ، زیر دریایی و مهندسی شیمی کاربرد دارند . با طراحی مناسب این سازه ها در عین سبکی قادرند بارهای زیادی را تحت شرایط مختلف تحمل کنند . پوسته ها بطور وسیع در سازه ها و ابر سازه های ساختمانی ، فضایی ، دریایی و انواع ماشین ها در ابعاد و اشکال مختلف مورد استفاده قرار می گیرند . امروزه این سازه ها با مواد مختلف و ساختارهای مختلف توسعه یافته اند و بدلیل ویژگی های منحصر بفرد سازه کاربرد های وسیعی دارند . کاربردهای مهندسی و عملی این سازه ها ، ضرورت تحلیل آنها در مقیاس ماکرو ، میکرو و حتی نانو را ایجاب نموده است . از انکیزه های تحقیقاتی محققان در طول تاریخ زمینه تحقیقاتی کمانش سازه ها در فشار خارجی ، توسعه معادلات و راهکارهایی برای طراحی سازه های است که با فشار خارجی در شرایط عملی وجود اجزند که از مهم ترین آنها ، بهبود طراحی زیر دریایی ها با هر گونه کاربردی ، صنایع فراساحل نفت و گاز می باشد . به تازگی تحلیل این سازه ها ، استفاده از روش های حل عددی را نیز ضروری ساخته و تحقیقات زیادی هر روز در مورد پوسته ها با مواد و شرایط مرزی مختلف انجام می شود . مطالب نظری و کاربردهای پوسته ها و دیدگاه های فیزیکی و ریاضی آنها برای مهندسی سازه و مکانیک اجتناب ناپذیر است . لذا نیاز به کتابی جامع که در بر گیرنده تعاریف ، نظریات و مختلف پوسته ها در سالیان متمادی و تحقیقات و ارائه مقالاتی در این زمینه ، کتاب حاضر تحقق یافته است . با توجه به تنوع مطالب از حجم وسیعی از منابع معتبر خارجی برای تدوین چنین کتابی بهره برده ایم . کتاب حاضر با توجه به جمعیت ان می تواند نیازهای اساسی مهندسیین و متخصصین و محققین فعال در این حوزه را بر طرف نماید . با توجه به استفاده از حجم وسیعی از منابع مطالعاتی استفاده شده در این زمینه که زمینه های تحقیقاتی کاملاً متفاوتی را در بر می گیرد ، می توان کتاب حاضر را کتابی جامع برای طراحی کمانشی بدنه مخازن تحت فشار خارجی ، زیر دریایی ها ، موافق حل زیر سطحی و هر سازه پوسته ای که در معرض فشار خارجی می بایست طراحی گردد ، دانست . همچنین این کتاب می تواند بعنوان منبع جامع و خوبی مورد استفاده طراحان و مهندسان بخش سازه های فراساحل و زیر دریایی و حتی هوافضا و سازه قرار گیرد . کتاب حاضر را می توان به سه بخش نظری ، آزمایشگاهی و صنعتی تقسیم نمود .

پوسته ها نیز همانند ورق ها و اعضای تک محوری تحت اثر نیروی های فشاری کمانه می کنند . در صورت اعمال تدریجی بار های فشاری و در مراحل اولیه بارگذاری ، پوسته تنها کرنشهای محوری را تجربه کرده و پدیده خاصی رخ نمی دهد . با افزایش تدریجی میزان بار ، پوسته دچار تغییر شکل ناکهانی و یک باره بزرگ خارج از محور شده و بعبارتی کمانش می کند . باری که باعث کمانش پوسته می شود بار بحرانی نام دارد .



شکل ۱-۱. تصویری از یک مخزن ذخیره که دچار کماتش تحت فشار باد شده است.



شکل ۱-۲. بسته جدار نازک زیر دریایی کوچک در شرایط عملیاتی

مخازن تحت فشار خارجی را به شکل های متفاوت می سازند. این مخازن ممکن است به شکل کره، استوانه، مخروطی و گنبدی باشد. بهترین شکل پوسته جهت مقاومت برابر فشار خارجی، شکل کره می باشد، اما معمولاً مخازن تحت فشار خارجی را بدین شکل نمی سازند؛ زیرا این شکل دارای معایبی از جمله ساخت و تعمیرات مشکل و اشکالاتی که در موقع نصب تجهیزات در آن بوجود می آید، می باشد. [۱]

پوسته ها از جمله اصلی ترین عناصر سازه ای می باشند که استفاده از آن ها در شاخه های مختلف مهندسی به عنوان یک نیاز اساسی محسوب می گردد. پوسته ها سازه هایی هستند که شکل اولی شان خمیده و ضخامت آنها بسیار کوچکتر از دو بعد دیگر است. معمولاً در پوسته های استوانه ای نسبت ضخامت به شعاع به $1/3000$ می رسد. [۲]

وجود نقص های هندسی اولیه در پوسته های استوانه ای جدار نازک موجب تغییر شکل های قبل و بعد از کماتش و به دنبال آن پیدایش رفتار غیر خطی هندسی در اینگونه سازه ها می گردد. از سوی دیگر اثر تغییر ضخامت در ظرفیت کماتش اینگونه سازه ها بسیار مهم است. زیرا بر اساس نتایج بدست آمده ظرفیت بار بحرانی پوسته های استوانه ای هنگامی که تحت اثر فشار یکنواخت بیرونی می باشند، وابسته به دو نسبت لاغری طول به شعاع و شعاع به ضخامت است. [۳] معادلات اساسی این پوسته ها نخستین بار به وسیله Flugge و Donnell در دهه ۱۹۳۱ ارائه شد و پس از آن پژوهشگران بسیاری در جهت رفتارشناسی این سازه ها تلاش نمودند. از نتایج به دست آمده می توان به حساسیت بالای رفتار ناپایداری این سازه ها نسبت به ضخامت اشاره نمود. بنابراین طبیعتاً وجود تغییر ضخامت در سطح پوسته

ها، اثرات قابل توجهی بر رفتار کمانشی آن ها بر جای می گذارد. همان طور که اشاره شد پوسته های استوانه ای در صنایع مختلف از جمله صنایع نفت بعنوان مخازن ذخیره نفت کاربردهای گسترده ای دارند.



شکل ۳-۱. کمانش مخزن در اثر فشار خارجی باد

چکیده

امروزه استفاده از سازه های پوسته ای، در بسیاری از صنایع از جمله صنایع، دریایی، نفت و گاز، هوافضا و خودرو سازی و غیره بدلیل سبک وزن، دین در عین حال به نسبت کارایی بالا، حائز اهمیت زیادی شده است. در طراحی زیر دریایی ها و موشک ها و شناورهای زیرسطحی، یک طراحی مهندسی مناسب که از شکست سازه در عمق دریا جلوگیری نماید، بسیار حیاتی است؛ دلیل آن نیروی کمانش است که نوعی تغییر شکل ناپایدار است که حتی قبل از اینکه سازه به تنش تسلیم ماده خود برسد، دچار شکست گردد. در این پروژه نتیجه می گیریم که بهترین طراحی برای کاربردهای زیر دریا که پوسته، تحت فشار خارجی می باشد، طراحی بر اساس یافتن بار بحرانی کمانش و تنش محیطی بحرانی معادل آن است؛ علاوه بر این می توان با روابطی که در اینجا ذکر شده است بار قرار داشتن در ناحیه الاستیک پوسته های دچار کمانش شده اطمینان حاصل نمود. از نقاط قوت پروژه حاضر پرداختن به تدوین معادلات حاکم بر پوسته های مدور تحت فشار خارجی با سه رویکرد مختلف نظری، آزمایشگاهی و مبتنی بر استانداردهای صنعتی روز دنیا می باشد. با توجه گستردگی و وجود دامنه وسیع تحقیق ما در ابتدا به توصیفی مفهومی از پدیده کمانش پرداخته ایم و سپس به تدوین معادلات حاکم بر کمانش پوسته های استوانه ای فلزی و کامپوزیتیو ساندویچی، کره های فلزی و کامپوزیتی، مخروط فلزی و کامپوزیتی و پرداخته ایم و برای استوانه و کره فلزی، محاسبه بار بحرانی کمانش را با لحاظ نمودن ناکاملی بررسی نموده ایم و بر اساس استاندارد های EN 1993-1-6، 2007، DNV-RP-C202، NASA 8007 و BS 5500، کمانش پوسته استوانه ای تحت فشار خارجی را تدوین نموده ایم. همچنین به بررسی نحوه آزمایش کمانش پوسته های مدور تحت شرایط آزمایشگاهی پرداخته ایم. بمنظور آشنایی عزیزان متخصصین سازمان مذکور با نحوه تحلیل و اعتبار سنجی نتایج مقالات علمی بمنظور آشنایی با تحقیقاتی در این زمینه و همچنین نحوه مدلسازی صحیح به کمک نرم افزار نیرومند المان محدود ANSYS، چند مثال کاربردی از میان مقالات و پایان نامه های معتبر علمی بین المللی انجام گردید و نتایج آن مطابقتی عالی با نتایج منابع مورد استفاده داشته اند. همچنین بمنظور آشنایی عزیزان متخصص سازمان با نحوه استفاده از استانداردهای صنعتی ذکر شده، چند مثال کاربردی دیگر نیز حل شده است و در ادامه، با استفاده از استاندارد BS 5500 مربوط به طراحی مخازن تحت فشار، یک زیر دریایی با استفاده از این استاندارد طراحی گردیده و با استفاده از نرم افزار ANSYS مورد تحلیل کمانش قرار گرفته است. و در آخر، بمنظور آشنایی متخصصان با نحوه استفاده از استانداردهای EN 1993-1-6، 2007، DNV-RP-C202، NASA 8007 در مورد تحلیل کمانش پوسته استوانه ای تحت فشار خارجی، مثال هایی کاربردی با استفاده از این استانداردها حل شده است و نتایج آن با نتایجی که حاصل از اعتبار سنجی تحلیل المان محدود با مقالات معتبر ISI مورد مقایسه قرار گرفته است. استفاده از رینگ های تقویتی، بالا بردن ضخامت (که توصیه نمی شود)، استفاده از ماده ای دیگر در پوسته های فلزی از راهکارهای بالا بردن مقاومت کمانش این سازه ها می باشد و علاوه بر این در پوسته های کامپوزیتی لایه چینی بهینه نیز می تواند تا حدی مقاومت کمانشی سازه را افزایش دهد. با توجه به قدمتی در حدود ۳۰۰ سال برای پیدایش زمینه مطالعاتی کمانش در سازه ها، پیشرفت های شگرفی در توسعه

روابط و معادلات حاکم بر پوسته های استوانه ای را شاهد بوده ایم ، اگر چه این میزان در پوسته های با اشکال دیگر و حتی از جنس کامپوزیتی بسیار کمتر از پوسته های استوانه ای فلزی بوده است و این خود گواهیست بر موضوع روز بودن کمانش در این نوع پوسته ها . پس از بررسی رفتار کمانشی پوسته های مختلف ، نتیجه گیری هایی سودمند را برای طراحان سازه های زیر دریایی ارائه می دهیم .

کلید واژه : کمانش ، پوسته های جدار نازک مدور ، بار بحرانی کمانش ، فشار یکنواخت خارجی .

www.ketab.ir