

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



صفحات و پوسته های نازک

تئوری، تحلیل و کاربردها

(جلد دوم)

مترجمان:

دکتر عبدالحسین فریدون

دانشیار دانشگاه سیستان

مهندس حسین همیان

سرشناسه	ونتسل، ادوارد، ۱۹۲۷ م. - Ventisel, Eduard
عنوان و نام پدیدآور	صفحات و پوسته‌های نازک: تئوری، تحلیل و کاربردها/ ادوارد ونتسل، تئودور کروتمرا؛ مترجمان عبدالحسین فریدون، حسین همتیان
مشخصات نشر	سمنان: دانشگاه سمنان، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	۲ ج: مصور.
شابک	ج ۱: ۷۰-۷۰۰-۵۹۴۰-۶۰۰-۹۷۸-۶۰۰-۵۹۴۰-۷۱-۸-۲ ج ۲: ۷۱-۸-۲-۵۹۴۰-۶۰۰-۹۷۸-۶۰۰-۵۹۴۰-۷۱-۸-۲
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	عنوان اصلی: Thin plates and shells : theory, analysis, and applications. C, 2001.
موضوع	پوسته‌ها و صفحه‌های ارتجاعی
شناسه افزوده	کروتمرا، تئودور
شناسه افزوده	Theodor Krauthammer
شناسه افزوده	فریدون، عبدالحسین، ۱۳۳۴ - مترجم
شناسه افزوده	همتیان، حسین، ۱۳۶۶ - مترجم
رده بندی کنگره	۱۳۹۱ ص ۷/۴۵۱ QA
رده بندی دیویی	۶۲۴/۱۷۷۶
شماره کتابشناسی ملی	۲۹۰۹۹۸۵



انتشارات دانشگاه سمنان

صفحات و پوسته‌های نازک: تئوری، تحلیل و کاربردها (جلد دوم)

✓ مترجمان: دکتر عبدالحسین فریدون، مهندس حسین همتیان

✓ نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۱

✓ طرح جلد و صفحه آرایي: اسماعیل شجاعی

✓ ناشر: انتشارات دانشگاه سمنان

✓ شمارگان: ۲۰۰ جلد

✓ قیمت: ۱۵۰۰۰۰ ریال

شابک: ۷۱-۸-۲-۵۹۴۰-۶۰۰-۹۷۸-۶۰۰-۵۹۴۰-۷۱-۸-۲

حق چاپ محفوظ و متعلق به انتشارات دانشگاه سمنان می باشد.

تلفن انتشارات: ۰۲۳۱-۳۳۲۰۲۹۵

پیشگفتار

سازه های جدار نازک به شکل صفحات و پوسته ها در شاخه های مختلف تکنولوژی مانند عمران، مکانیک، هوافضا، زیر دریایی و مهندسی شیمی کاربرد دارند یک چنین استفاده وسیعی از سازه های صفحه ای و پوسته ای ناشی از خواص داخلی و ذاتی این سازه ها می باشد. وقتی حتی صفحات نازک و به خصوص پوسته ها مناسب طراحی شده باشند، می توانند بارهای زیادی را تحمل نمایند، بنابراین، آنها در حامل های هوافضایی که وزن سبک اساسی می باشد، استفاده شده اند.

در تهیه این کتاب، ما سه هدف اصلی داشتیم: اول، ارائه یک معرفی جامع، منظم و قابل درک بنیادی از تئوری صفحات و پوسته ها بر اساس بنیان های ریاضیاتی و مکانیکی قوی با تاکید بر دیدگاه های مهندسی می باشد. دوم، ما خواستیم مطالعه کنندگان را همزمان با روش های تحلیلی و عددی برای حل مسائل صفحات و پوسته های خطی و غیرخطی آشنا کنیم هدف سوم، اعمال تئوری ها و روش های بسط داده شده در کتاب برای تحلیل و طراحی سازه های صفحه-پوسته نازک در مهندسی می باشد این کتاب به عنوان کتاب درسی برای فارغ التحصیلان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی در مهندسی های معماری، مکانیک، شیمی، هوافضا، هوانوردی، مهندسی اقیانوس و مهندسی مکانیک ارائه گردیده است. آن می تواند به عنوان کتاب مرجع برای مهندسی های عملی، طراحان و تحلیل گران تنش که تحلیل و طراحی سازه های جدار نازک را انجام می دهند باشد.

به عنوان یک کتاب درسی شامل مواد کافی برای دو ترم کارشناسی یا واحد فارغ التحصیلی روی تئوری و کاربردهای پوسته ها و صفحات نازک می باشد همچنین، کوشش های ویژه ای برای فصل بندی به منظور استقلال هر فصل از دیگری انجام شده، به طوریکه واحد را می توان در یک ترم با جدا کردن فصل های مناسب خاص و یا به طور مطالعه شخصی معادل تدریس نمود.

کتاب به دو بخش تقسیم می شود. قسمت I (فصول ۱ - ۹) تئوری های خمش صفحه و کاربرد آن را معرفی می کند و قسمت II (فصول ۱۰ - ۲۰) تئوری، تحلیل و اصول سازه های پوسته را در بر می گیرد.

کتاب به سبک زیر سازماندهی شده است، ابتدا، تئوری های خطی کلی صفحات و پوسته های الاستیک نازک با یک هندسه دلخواه با استفاده از مفروضات کلاسیک اصلی بسط داده شده اند روابط و معادلات کلی تئوری پوسته خطی نیز به بعضی آشنایی با عنوان های ریاضیات پیشرفته، حساب برداری، تئوری معادلات دیفرانسیل و تئوری سطوح می باشد. ما سعی کردیم که رفتار خیلی ضروری تئوری پوسته و اصول آن را حفظ کرده و در همین زמן کتاب را برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی و مهندسين و .. قابل مطالعه کننده تر سازیم.

بنابراین، با سینماتیک بنیادی و روابط استاتیک و المان های تئوری سطوح که برای ساختن تئوری پوسته اثبات و تایید لازم بوده را ارائه کردیم. به دست آوردن با جزئیات و اثبات روابط فوق و معادلات در ضمایم الف-ت آمده که علاقمندان می توانند به آن رجوع نمایند.

بعداً، معادلات دیفرانسیل حکم تئوری عمومی خطی در صفحات و پوسته های با شکل های هندسی خاص به کار رفته اند. در انجام این، تئوری های پوسته مهندسی تقریبی مختلف با معرفی بعضی فرضیات ملخدی به تئوری پوسته عمومی ارائه شده اند. فرمول بندی ریاضیات تئوری های پوسته فوق به عنوان یک قاعده ما را به سیستم معادلات دیفرانسیل جزئی هدایت می کند.

حل این معادلات توجه اصلی این کتاب می باشد. تاکید به روش های جهت دار کامپیوتری مانند روش های اختلاف محدود، المان محدود و روش های مجموعه مرزی، و به کاربرد آنها در مسائل صفحه و پوسته شده است. معهود، تاکید های صورت گرفته روی روش های عددی باعث انکار شایستگی روش های تحلیلی کلاسیک که در این کتاب معرفی شد، برای مثال گالر کین نشده است.

کوشش زیادی صرف تاکید مفاهیم فیزیکی تئوری های پوسته مهندسی، روابط ریاضیاتی، و مفروضات اصلی وفق داده شده و تکمیلی شده است. دقت نتایج عددی حاصل با استفاده از تئوری های فوق و حوزه های ممکن کاربردی آنها بحث شده اند. هدف اصلی، کمک به خواننده در درک چگونگی مقاومت سازه های صفحه و پوسته در مقابل بارهای وارده و بیان این درک به زبان فیزیکی به جای دیدگاه های صرف ریاضیاتی می باشد. این اواخر، ایده اصلی مدل های صفحه و پوسته در نظر گرفته شده با مقایسه های با مدل های ساده تر مانند تیرها و قوس ها نشان داده شده اند.

ایده اصلی آنست که برای مطالعه کنندگان آشنا با مقاومت مصالح بیشتر قابل درک می باشد. ما معتقدیم که درک رفتار سازه های صفحه و پوسته طراحان و آنالیزکنندگان تنش را قادر می سازد، تا دقت نتایج تحلیل سازه ای عددی را برای چنین سازه هایی که با کد کامپیوتری در دسترس بدست آمده را تایید و این نتایج را بطور صحیح تعبیر نمایند.

دانشجویان تحصیلات تکمیلی، تحلیل گران تنش و مهندسين به سر فصل های پیشرفته در سازه های صفحه ای و پوسته ای، شامل تئوری اصلاح شده صفحات نازک ارتوتروپیک و صفحات و پوسته های چند لایه ای سازه ای صفحه و پوسته ساندویچی، صفحات غیر خطی هندسی و تئوری های پوسته علاقه مند خواهند شد.

بیشتر توجهات نیز به صفحات و پوسته های ارتوتروپیک و تقویت شده، همچنین سازه های چند پوسته ای که عموماً در کاربرد های مهندسی مواجه شده اند، می باشد ویژگی های رفتاری و حالات تنش سازه های جدار نازک فوق با جزئیات تحلیل شده اند.

چون شکست سازه های جدار نازک بیشتر اغلب با کمانش اتفاق افتاده، به موضوع تحلیل کمانش خطی و غیر خطی صفحات و پوسته ها توجه بیشتری در این کتاب شده است. تاکید ویژه روی فرمول بندی معیار پایداری الاستیک و تحلیل ویژگی های فرآیند کمانش برای پوسته های نازک صورت گرفته است.

تحلیل کمانش صفحات و پوسته های ارتوتروپیک، تقویت شده، ساندویچ معرفی شده است. مطالب مهم رفتار پس کمانش صفحات و پوسته ها بخصوص، ظرفیت حمل بار صفحات و پوسته های تقویت شده یا جزئیات بحث شده است. بعضی ملاحظات پایداری طراحی برای سازه های پوسته نیز در این کتاب فراهم شده است.

معرفی ارتعاشات صفحات و پوسته ها بصورت فشرده داده شده و مفاهیم بنیادی تحلیل دینامیکی برای ارتعاشات آزاد و اجباری سازه های صفحات و پوسته تقویت شده و نشده مورد بحث قرار گرفته است. کتاب درک پدیده اصلی ارتعاشات در پوسته و صفحه را تاکید می کند ما امیدواریم که این مواد برای مهندسين در جلوگیری از شکست و برای کارشناسان علم اصوات در کنترل پارازیت مفید باشد.

هر بخش شامل مثال های کار شده و مسائل تمرین کاملی است که قبلا از کاربرد مهندسين گرفته شده است. مسائل نمونه دو هدفه می باشند برای درک مطالعه کنندگان اصول اصلی و روش های به کار رفته تئوری های صفحه و پوسته و نشان دادن کاربرد تئوری های فوق و روش ها در طراحی مهندسی می باشد.

انتخاب، ترتیب و ارائه مواد با بیشترین دقت، براساس یادداشت های درس برای واحد درس داده شده توسط اولین مولف در دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا برای سال های متمادی و نیز قبلا در مهندسی عمران دانشگاه فنی خارکف اوکراین می باشد. تحقیق، طراحی عملی و تجارب مباحثه هر دو مولف نیز در انتشار مطالب دخیل بوده است.

مولف اول آرزومند است قدرشناسی خودش را به دکتر آر. مکنایت، برای تشویق حمایت های بدون تردید و نصایح ارزشمند در فرم نهایی کردن این کتاب بیان کند. همچنین تشکر به تعدادی از دانشجویان تحصیلات تکمیلی که در زمانیکه پیش نویس این کتاب به عنوان یک کتاب درس استفاده شده بود، پیشنهاد های شکلی ارائه نمودند. تشکرات ویژه به دکتر آی. گینس برگ برای وقت گذاشتن ساعت های طولانی در مرور و نهایی کردن این کتاب. ما از خانم جی. فنما برای تفوق او در ترسیم شکل های فراوان تشکر می کنیم.

در آخر، ما از مارسل دکر، و بخصوص آقای بی. جی. کلارک برای فداکاری و تداوم و رسیدگی در آماده سازی این کتاب تشکر می کنیم.

ادوارد ونت سل

تئودور کراووس هامر

پیشگفتار مترجمین

صفحات و پوسته ها به عنوان عام‌ترین سازه ها در حوزه‌های مهندسی عمران، مکانیک، هوافضا، دریایی و مهندسی شیمی کاربرد دارند. با طراحی مناسب این سازه ها در عین سبکی قادرند بارهای زیادی را تحت شرایط مختلف تحمل کنند. صفحات و پوسته ها به طور وسیع در سازه‌ها و ابر سازه‌های ساختمانی، فضایی، دریایی و انواع ماشین‌ها در ابعاد و اشکال مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. امروزه این سازه ها با مواد مختلف و ساختارهای متعدد توسعه یافته‌اند و به دلیل ویژگی‌های منحصر به فردشان کاربردهای وسیعی دارند. کاربردهای مهندسی و عملی این سازه ها ضرورت تحلیل آنها در مقیاس‌های ماکرو، میکرو و حتی نانو را ایجاب نموده است. پیچیدگی تحلیل این سازه ها، استفاده از روش‌های حل عددی را نیز ضروری ساخته و تحقیقات زیادی هر روز در مورد صفحات و پوسته ها با مواد و شرایط مرزی مختلف انجام می‌شود. تدریس مطالب تئوری و کاربردهای صفحات و پوسته ها و دیدگاه‌های فیزیکی و ریاضیاتی آنها برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی مکانیک و عمران اجتناب‌ناپذیر است. لذا نیاز به کتابی جامع که در برگیرنده تعاریف، تئوری‌های مختلف و تحلیل صفحات و پوسته ها باشد، کاملاً مشهود می‌باشد. با عنایت به تجربه تدریس درس تئوری صفحات و پوسته ها در سال‌های متمادی و تحقیقات و ارائه مقالاتی در این زمینه، ترجمه کتاب حاضر تحقق یافته است. با توجه به تنوع مطالب و حجم فوق‌العاده کتاب چاپ آن در دو جلد اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسید. لذا جلد اول به تئوری و کاربردهای صفحات و جلد دوم به تئوری و کاربردهای پوسته ها اختصاص یافت. کتاب حاضر با توجه به جامعیت آن می‌تواند نیازهای اساسی دانشجویان تحصیلات تکمیلی و مهندسين و محققين این حوزه را برطرف نماید. راهنمایی‌ها، نظرات و پیشنهادهای شما محققین گرامی، ما را در اصلاح هرچه بهتر این کتاب یاری نموده و بر کیفیت آن خواهد افزود. در پایان لازم می‌دانیم تا از زحمات حوزه معاونت پژوهشی دانشکده و دانشگاه و انتشارات دانشگاه سمنان که در چاپ این کتاب ما را یاری نموده‌اند، تشکر نماییم.

مترجمین

فهرست

۷	۱۰- مقدمه ای بر تئوری پوسته عمومی
۷	۱-۱۰ پوسته ها در سازه های مهندسی
۹	۱۰-۲ تعاریف کلی و ساختاری پوسته ها
۱۰	۱۰-۳ مطلب مختصری پیرامون تئوری های پوسته خطی
۱۷	۱۰-۴ مکانیزم های حمل بار پوسته ها
۲۱	مراجع
۲۴	۱۱- هندسه سطح میانی
۲۴	۱۱-۱ سیستم مختصات سطح
۲۶	۱۱-۲ جهات اصلی و خطوط انحناء
۲۹	۱۱-۳ اولین و دومین شکل های درجه دوم صفحات
۳۳	۱۱-۴ انحناءهای اصلی
۳۴	۱۱-۵ بردار های یکپه
۳۵	۱۱-۶ معادلات کودازی و گاوش، انحنای گاوش
۳۷	۱۱-۷ طبقه بندی سطوح پوسته ای
۳۷	۱۱-۷-۱ طبقه بندی براساس شکل هندسی
۴۰	۱۱-۷-۲ طبقه بندی براساس انحنای پوسته
۴۰	۱۱-۷-۳ طبقه بندی براساس قابلیت توسعه هندسی
۴۱	۱۱-۸ اختصاص هندسه پوسته
۴۱	۱۱-۸-۱ پوسته های دورانی
۴۷	۱۱-۸-۲ پوسته های استوانه ای
۴۸	۱۱-۸-۳ پوسته های مخروطی
۵۰	۱۱-۸-۴ پوسته های کم عمق
۵۲	مسائل
۵۳	مراجع
۵۴	۱۲- تئوری خطی عمومی پوسته ها
۵۴	۱۲-۱ فرضیات اساسی
۵۵	۱۲-۲ سینماتیک پوسته ها
۵۵	۱۲-۲-۱ تغییر جابجایی ها در سراسر ضخامت پوسته
۵۷	۱۲-۲-۲ روابط کرنش- جابه جایی
۶۳	۱۲-۳ استاتیک پوسته ها
۶۴	۱۲-۳-۱ قانون هوک برای پوسته های نازک
۶۶	۱۲-۳-۲ منتهج های تنش و ممان های تنش در پوسته ها
۶۹	۱۲-۳-۳ تعادل المان پوسته
۷۱	۱۲-۳-۴ معادلات ساختاری (روابط منتهج های تنش-کرنش و ممان های تنش-انحناء)
۷۳	۱۲-۴ انرژی کرنشی پوسته ها
۷۴	۱۲-۵ شرایط مرزی

۷۸.....	۱۲- ۶ بحث روی معادلات حاکم بر تئوری پوسته خطی عمومی.....
۸۰.....	۱۲- ۷ انواع وضعیت های تنش برای پوسته های نازک.....
۸۳.....	مسائل.....
۸۴.....	مراجع.....
۸۵.....	۱۳- تئوری غشایی پوسته ها.....
۸۵.....	۱۳- ۱ توضیحات اولیه.....
۸۶.....	۱۳- ۲ معادلات اساسی تئوری غشایی پوسته های نازک.....
۸۸.....	۱۳- ۳ کار برد تئوری غشایی.....
۹۰.....	۱۳- ۴ تئوری غشایی پوسته های دورانی.....
۹۵.....	۱۳- ۵ پوسته های دوران تحت بار متقارن.....
۱۰۱.....	۱۳- ۶ تحلیل غشایی پوسته های استوانه ای و مخروطی.....
۱۰۲.....	۱۳- ۶- ۱ پوسته های استوانه ای کلی.....
۱۰۶.....	۱۳- ۶- ۲ پوسته های مخروطی.....
۱۰۹.....	۱۳- ۷ تئوری غشایی پوسته های به شکل دلخواه در مختصات کارتزین.....
۱۱۵.....	مسائل.....
۱۱۷.....	مراجع.....
۱۱۸.....	۱۴- کاربرد تئوری غشایی در تحلیل سازه های پوسته ای.....
۱۱۸.....	۱۴- ۱ تحلیل غشایی سازه های پوسته ای سقفی.....
۱۱۸.....	۱۴- ۱- ۱ سقف های گنبدی بارگذاری شده متقارن محوری.....
۱۲۵.....	۱۴- ۱- ۲ سقف های مخروطی، بارگذاری متقارن محوری.....
۱۲۸.....	۱۴- ۱- ۳ سقف های پوسته استوانه ای.....
۱۳۲.....	۱۴- ۱- ۴ سقف های پوسته ای به شکل یک مقطع مخروطی بیضوی یا نواحی مستطیلی پوشش هذلولی گون.....
۱۳۶.....	۱۴- ۱- ۵ گنبدهای بارگذاری شده متقارن محوری: بارگذاری باد.....
۱۴۰.....	۱۴- ۲ تحلیل غشایی تاسیسات ذخیره سیال.....
۱۴۰.....	۱۴- ۲- ۱ مقدمه.....
۱۴۳.....	۱۴- ۲- ۲ مخزن ذخیره کروی یا نکیه گاه هایی در صفحه قطری آن: بارگذاری متقارن محوری.....
۱۴۶.....	۱۴- ۲- ۳ مخزن استوانه ای با نه به شکل هذلولی گون دوار: بارگذاری متقارن محوری.....
۱۵۰.....	۱۴- ۲- ۴ تانکر اینتر با بار متقارن محوری.....
۱۵۴.....	۱۴- ۲- ۵ تاسیسات مخزن مایع با بارگذاری متقارن محوری: بار باد.....
۱۵۶.....	۱۴- ۳ ظروف تحت فشار متقارن محوری.....
۱۶۱.....	مسائل.....
۱۶۷.....	مراجع.....
۱۶۸.....	۱۵- تئوری خمشی پوسته های استوانه ای مدور.....
۱۶۸.....	۱۵- ۱ مقدمه.....
۱۶۹.....	۱۵- ۲ پوسته های استوانه ای مدور تحت بار های کلی.....
۱۷۴.....	۱۵- ۲- ۱ تحلیل پوسته های استوانه ای بسته.....
۱۷۶.....	۱۵- ۲- ۲ تحلیل پوسته های استوانه ای باز.....
۱۸۰.....	۱۵- ۳ پوسته های استوانه ای مدور تحت بار متقارن محوری.....

۱۸۵.....	۱۵-۳-۱ تحلیل پوسته های استوانه ای طویل
۱۸۸.....	مثال ۱۵-۱
۱۸۹.....	مثال ۱۵-۲
۱۹۳.....	مثال ۱۵-۳
۱۹۵.....	مثال ۱۵-۴
۱۹۸.....	مثال ۱۵-۵
۲۰۰.....	۱۵-۳-۲ تحلیل پوسته های استوانه ای کوتاه
۲۰۳.....	مثال ۱۵-۶
۲۰۵.....	مثال ۱۵-۷
۲۰۷.....	۱۵-۴ پوسته استوانه ای مدور با ضخامت متغیر تحت بار گذاری متقارن محوری
۲۰۹.....	مثال ۱۵-۸
۲۱۲.....	مسائل
۲۱۵.....	مراجع
۲۱۶.....	۱۶- تنوری خمشی پوسته های دورانی
۲۱۶.....	۱۶-۱ مقدمه
۲۱۷.....	۱۶-۲ معادلات حاکم
۲۲۱.....	۱۶-۳ پوسته های دورانی تحت بار گذاری متقارن محوری
۲۲۹.....	۱۶-۴ روش تقریبی برای حل معادلات حاکم ۱۶-۳
۲۳۵.....	۱۶-۵ پوسته های کروی متقارن محوری، تحلیل وضعیت تنش اثر اتصال کره به استوانه
۲۳۵.....	مثال ۱۶-۱
۲۳۸.....	مثال ۱۶-۲
۲۴۱.....	مثال ۱۶-۳
۲۴۷.....	۱۶-۶ پوسته های مخروطی تحت بار گذاری متقارن محوری
۲۵۱.....	مثال ۱۶-۴
۲۵۲.....	۱۶-۷ تغییر شکل متقارن محوری پوسته های چنبری
۲۵۴.....	مسائل
۲۵۷.....	مراجع
۲۵۸.....	۱۷- تنوری های تقریبی آنالیز پوسته و کاربردهای آنها
۲۵۸.....	۱۷-۱ مقدمه
۲۵۸.....	۱۷-۲ تنوری نیمه غشایی پوسته های استوانه ای
۲۵۹.....	۱۷-۲-۱ معادلات دیفرانسیل حاکم بر تنوری نیمه غشایی
۲۶۳.....	۱۷-۲-۲ تحلیل پوسته های استوانه ای براساس تنوری نیمه غشایی
۲۶۵.....	مثال ۱۷-۱
۲۷۲.....	۱۷-۳ تنوری دانه ماشتری-ولاسوف برای پوسته های نازک
۲۷۷.....	۱۷-۴ تنوری پوسته های کم عمق
۲۸۲.....	مثال ۱۷-۲
۲۸۹.....	۱۷-۵ تنوری اثر لبه
۲۹۶.....	مسائل

۳۰۰.....	مراجع
۳۰۱.....	۱۸- عناوین پیشرفته.....
۳۰۱.....	۱۸- ۱ تنش حرارتی در پوسته های نازک.....
۳۰۱.....	۱۸- ۱-۱ عمومی.....
۳۰۳.....	۱۸- ۱-۲ پوسته های استوانه ای مدور تحت گرمایش غیریکنواخت متقارن محوری.....
۳۰۵.....	مثال ۱-۱۸.....
۳۰۶.....	مثال ۲-۱۸.....
۳۰۹.....	۱۸- ۱-۳ تحلیل تنش حرارتی پوسته های کم عمق.....
۳۱۰.....	۱۸- ۲ تئوری پوسته غیر خطی هندسی.....
۳۱۰.....	۱۸- ۲-۱ مقدمه.....
۳۱۲.....	۱۸- ۲-۲ تئوری غیر خطی پوسته های کم عمق.....
۳۱۷.....	مثال ۳-۱۸.....
۳۲۱.....	۱۸- ۳ پوسته های ارتوتروپیک و تقویت شده.....
۳۲۱.....	۱۸- ۳-۱ مقدمه.....
۳۲۲.....	۱۸- ۳-۲ پوسته های ارتوتروپیک.....
۳۲۴.....	۱۸- ۳-۳ پوسته های تقویت شده.....
۳۳۱.....	۱۸- ۴ پوسته های چند لایه.....
۳۳۴.....	۱۸- ۵ پوسته های ساندویچی.....
۳۳۸.....	۱۸- ۶ معرفی اجزاء محدود پوسته ها.....
۳۳۸.....	۱۸- ۶-۱ مقدمه.....
۳۴۰.....	۱۸- ۶-۲ تحلیل اجزاء محدود پوسته های دورانی تحت بارگذاری متقارن محوری.....
۳۴۵.....	۱۸- ۶-۳ تحلیل پوسته های کم عمق با انحنای دوگانه با استفاده از FEM.....
۳۵۱.....	۱۸- ۷ روش های تقریبی و عددی برای حل معادلات غیر خطی.....
۳۵۲.....	۱۸- ۷-۱ روش تقریب های متوالی.....
۳۵۳.....	۱۸- ۷-۲ روش پارامتر کوچک.....
۳۵۵.....	۱۸- ۷-۳ روش بارگذاری های متوالی (بار های افزایشی) [18].....
۳۵۷.....	۱۸- ۷-۴ روش نیوتن.....
۳۵۹.....	مثال ۴-۱۸.....
۳۶۱.....	مثال ۵-۱۸.....
۳۶۲.....	مسائل.....
۳۶۵.....	مراجع.....
۳۶۶.....	۱۹- کماتش پوسته ها.....
۳۶۶.....	۱۹- ۱ مقدمه.....
۳۶۶.....	۱۹- ۲ منابع انسانی پایداری پوسته های نازک.....
۳۷۱.....	۱۹- ۲-۱ روش تعادل.....
۳۷۵.....	۱۹- ۲-۲ روش انرژی.....
۳۷۷.....	۱۹- ۳ تحلیل کماتش خطی پوسته های استوانه ای مدور.....
۳۷۷.....	۱۹- ۳-۱ مفهوم کلی.....

۳۷۷.....	۱۹- ۲- ۲ بار بحرانی برای استوانه فشرده شده محوری.....
۳۸۵.....	۱۹- ۲- ۳ کماتش پوسته های استوانه ای تحت فشار خارجی.....
۳۸۹.....	۱۹- ۳- ۴ کماتش پوسته های استوانه ای مدور تحت بار های محوری و فشار خارجی.....
۳۹۱.....	۱۹- ۳- ۵ تحلیل کماتش پوسته های استوانه ای تحت پیچش.....
۳۹۳.....	۱۹- ۴ تحلیل پس کماتش پوسته های استوانه ای مدور.....
۴۰۰.....	۱۹- ۵- ۵ کماتش پوسته های استوانه ای ارتوتروپیک و تقویت شده.....
۴۰۰.....	۱۹- ۵- ۱ پوسته های استوانه ای ارتوتروپیک تحت فشار خارجی.....
۴۰۱.....	۱۹- ۵- ۲ پوسته های استوانه ای تقویت شده.....
۴۰۵.....	۱۹- ۶ پایداری پوسته های ساندویچی استوانه ای.....
۴۰۸.....	۱۹- ۷ پایداری پوسته های کم عمق تحت فشار عمودی خارجی.....
۴۱۱.....	۱۹- ۸ کماتش پوسته های مخروطی.....
۴۱۳.....	۱۹- ۹ کماتش پوسته های کره ای.....
۴۱۵.....	۱۹- ۱۰ تحلیل پایداری سازه.....
۴۱۷.....	۱۹- ۱۰- ۱ کماتش پوسته های استوانه ای تقویت نشده.....
۴۱۹.....	۱۹- ۱۰- ۲ کماتش پوسته های کره ای تحت فشار خارجی.....
۴۲۰.....	۱۹- ۱۰- ۳ کماتش پوسته های مخروطی تقویت شده.....
۴۲۰.....	۱۹- ۱۰- ۴ پوسته های تقویت شده.....
۴۲۲.....	مسائل.....
۴۲۲.....	مراجع.....
۴۲۶.....	۲۰- ارتعاشات پوسته ها.....
۴۲۶.....	۲۰- ۱ مقدمه.....
۴۲۷.....	۲۰- ۲ ارتعاشات آزاد پوسته های استوانه ای.....
۴۲۷.....	۲۰- ۲- ۱ عمومی.....
۴۲۷.....	۲۰- ۲- ۲ ارتعاشات خمشی آزاد متقارن محوری پوسته های استوانه ای.....
۴۳۱.....	۲۰- ۲- ۳ ارتعاشات خمشی نامتقارن آزاد پوسته های استوانه ای مدور.....
۴۳۴.....	مثال ۱- ۲۰.....
۴۳۶.....	مثال ۲- ۲۰.....
۴۳۸.....	۲۰- ۳ ارتعاشات آزاد پوسته های مخروطی.....
۴۳۹.....	۲۰- ۴ ارتعاشات آزاد پوسته های کم عمق.....
۴۴۲.....	مثال ۳- ۲۰.....
۴۴۳.....	۲۰- ۵ ارتعاشات آزاد پوسته های تقویت شده.....
۴۴۶.....	۲۰- ۶ ارتعاشات اجباری پوسته ها.....
۴۴۹.....	مثال ۴- ۲۰.....
۴۵۱.....	مسائل.....
۴۵۳.....	مراجع.....
۴۵۴.....	ضمائم.....
۴۵۴.....	ضمیمه الف) بعضی داده های مرجع.....
۴۵۴.....	الف- ۱ نمونه خواص مواد مهندسی منتخب در درجه حرارت اتاق (واحدهای امریکایی).....

۴۵۵.....	الف-۲ نمونه خواص مواد مهندسی منتخب در درجه حرارت اتاق (سیستم بین المللی SI)
۴۵۶.....	الف-۳ واحد ها و ضرایب تبدیلات
۴۵۶.....	الف-۴ بعضی داده های مورد استفاده
۴۵۶.....	الف-۵ نمونه مقادیر بارهای مجاز
۴۵۷.....	الف-۶ معیار شکست
۴۵۷.....	الف-۶-۱ معیار شکست شکننده
۴۵۷.....	۱- معیار تنش نرمال ماکزیمم
۴۵۸.....	۲- معیار موهر
۴۵۸.....	الف-۶-۲ معیار شکست اجسام شکل پذیر (معیار تسلیم)
۴۵۹.....	ضمیمه ب) بسط سری فوریه
۴۵۹.....	ب-۱ شرایط دیریکله
۴۵۹.....	ب-۲ مجموع سری ها
۴۶۰.....	ب-۳ ضرایب سری فوریه
۴۶۰.....	ب-۴ اصلاح روابط برای ضرایب سری های فوریه
۴۶۱.....	ب-۵ مرتبه ضرایب سری های فوریه
۴۶۴.....	ب-۶ سری های فوریه دوگانه
۴۶۵.....	ب-۷ تسریع همگرایی سری های فوریه
۴۶۶.....	مراجع
۴۶۷.....	ضمیمه پ) تایید روابط تئوری سطح
۴۶۷.....	پ-۱ هندسه منحنی های فضایی
۴۷۰.....	پ-۲ هندسه یک سطح
۴۷۳.....	پ-۳ مشتقات بردارهای مختصات یکه
۴۷۷.....	پ-۴ تایید معادلات کدازی و گاوسی
۴۷۹.....	ضمیمه ت) به دست آوردن روابط بین کرنش - جابجایی
۴۷۹.....	ت-۱ تغییرات جابجایی در امتداد ضخامت پوسته
۴۸۲.....	ت-۲ مولفه های کرنش پوسته
۴۸۵.....	ضمیمه ث) تایید معادلات تعادل
۴۸۹.....	نمایه