

تئوری

صفحات و پوسته‌ها

تألیف:

دکتر محمد مهدی علی‌نیا

استاد دانشکده عمران

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۱۳۸۹

سرشناسه
 عنوان و نام پدیدآور : تئوری صفحات و پوسته‌ها / تألیف محمد مهدی علی‌نیا.
 وضعیت ویراست : [ویراست ۲]
 مشخصات نشر : تهران: آشیان، ۱۳۸۹.
 مشخصات ظاهری : ۳۵۲ ص.
 شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۷۵۱۸-۵۳-۶
 وضعیت فهرست‌نویسی : فیبا.
 یادداشت : کتابنامه: ص. ۳۵۱-۳۵۲.
 موضوع : صفحه‌ها (مهندسی)
 موضوع : پوسته‌ها (مهندسی)
 موضوع : بارگذاری
 رده‌بندی کنگره : الف ۱۳۸۹ ع ۷۶۸ ص / TA۶۶۰
 رده‌بندی دبیری : ۶۲۴/۱۷۷۶
 شماره کتابشناسی ملی : ۲۱۳۸۱۸۶



انتشارات آشیان

محمد مهدی علی‌نیا

تئوری صفحات و پوسته‌ها

امور هنری: کارگاه گرافیک اخوان ۶۶۴۸۲۷۲۸

چاپ اول با تجدیدنظر و اضافات: ۱۳۸۹

تیراژ: ۱۱۰۰ نسخه

قیمت: ۱۲۰۰۰۰ ریال

مرکز فروش: خیابان انقلاب، خیابان اردیبهشت، خیابان شهدای زاندارمیری، بن‌بست مرکزی،

پلاک ۲۶۶، تلفن: ۶۶۹۶۵۳۷۷ - ۶۶۹۷۲۷۹۲

ashian2002@yahoo.com

ISBN: 978-964-7518-53-6

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۷۵۱۸-۵۳-۶

فهرست مطالب

صفحه	
۹	آشنایی با ورق و پوسته
۹	تعریف ورق و پوسته
۱۲	یادآوری روابط ثنوری الاستیسیته
۲۱	۱- روابط اساسی خمش ورق‌ها
۲۱	رابطه بین گشتاور خمشی و انحناء
۳۰	گشتاورهای داخلی در جهت‌های مختلف ورق
۳۲	انحنای پیچشی در ورق‌ها
۳۹	۲- خمش ورق‌های مستطیل شکل
۳۹	معادله‌ی تعادل تیرها
۴۱	معادله‌ی تعادل ورق‌ها
۴۴	شرایط تکیه‌گاهی
۵۱	کاربرد سری فوریه
۵۷	خمش ورق‌های مستطیل شکل تحت بارهای عمود بر سطح
۷۸	روش لوی
۸۲	خمش ورق‌های اورتوتروپیک
۸۶	شبکه‌ها
۸۹	۳- خمش ورق‌های دایره شکل
۹۶	تحلیل یک ورق دایره شکل تحت اثر بار گسترده یکنواخت عمود بر سطح
۹۸	ورق دایره شکل بدون گشودگی مرکزی
۱۰۰	ورق دایره شکل با گشودگی مرکزی
۱۰۷	۴- تحلیل خمش ورق‌ها با روش انرژی
۱۱۲	تحلیل دقیق

تحلیل تقریبی

- ۱۱۴
- ۱۲۳ ۵- تأثیر بارهای میان صفحه‌ای و انحنای اولیه بر خمش ورق‌ها
- ۱۲۳ تأثیر بارهای میان صفحه‌ای بر رفتار ورق‌ها
- ۱۳۱ تأثیر انحنای اولیه بر رفتار ورق‌ها
- ۱۳۷ ۶- پایداری و کمانش محوری ورق‌ها
- ۱۴۰ کاربرد روش انرژی در کمانش تیرها
- ۱۴۲ کمانش محوری ورق‌ها
- ۱۴۷ کاربرد روش انرژی در محاسبه تنش بحرانی ورق‌ها
- ۱۵۱ کمانش ورق‌های تحت بارهای محوری فشاری دو طرفه
- ۱۵۵ ۷- کمانش محوری ورق‌ها با شرایط تکیه‌گاهی متنوع
- ۱۵۶ لبه‌های طولی گیردار- لبه‌های عرضی ساده
- ۱۵۹ یک لبه طولی گیردار- لبه دیگر ساده- لبه‌های عرضی ساده
- ۱۶۱ یک لبه طولی گیردار- لبه دیگر آزاد- لبه‌های عرضی ساده
- ۱۶۲ یک لبه طولی ساده- لبه دیگر آزاد- لبه‌های عرضی ساده
- ۱۶۴ لبه‌های طولی ساده- لبه‌های عرضی گیردار
- ۱۶۶ هر چهار لبه گیردار
- ۱۶۸ لبه‌های طولی الاستیک (فنر ارتجاعی)- لبه‌های عرضی ساده
- ۱۷۱ ۸- کمانش ورق‌ها تحت اثر نیروهای محوری متغیر خطی
- ۱۷۷ ۹- کمانش برشی ورق‌ها
- ۱۷۷ تنش بحرانی ورق تحت برش خالص
- ۱۸۷ کمانش ورق‌ها تحت اثر همزمان بارهای مختلف میان صفحه‌ای
- ۱۸۷ ترکیب بارهای برشی و محوری یکنواخت
- ۱۸۸ ترکیب بارهای برشی و لنگر میان صفحه‌ای
- ۱۸۹ ترکیب بارهای محوری، خمشی و برشی
- ۱۹۳ ۱۰- نقش عناصر تقویت‌کننده در کمانش ورق‌ها
- ۱۹۵ ورق‌های تحت تأثیر نیروهای محوری یکنواخت فشاری
- ۲۰۱ تعبیه عنصر تقویتی در یک سوی ورق
- ۲۰۲ وجود دو تقویت‌کننده طولی
- ۲۰۳ وجود سه تقویت‌کننده طولی و بیشتر
- ۲۰۶ ورق‌های دارای تقویت‌کننده‌های متعدد طولی و عرضی

۲۰۷	تقویت ورق‌های دارای لبه آزاد
۲۱۰	شکل هندسی عناصر تقویت‌کننده
۲۱۰	مودهای خرابی ورق‌های تقویت شده
۲۱۱	تقویت ورق‌های تحت تاثیر لنگر خمشی میان‌صفحه‌ای
۲۱۴	تقویت ورق‌های تحت برش
۲۱۹	۱۱- رفتار پس کمانشی ورق‌ها
۲۲۲	رفتار پس از کمانش محوری ورق‌ها
۲۲۸	تاثیر انحنای اولیه بر رفتار پس از کمانش ورق‌ها
۲۳۰	رفتار پس از کمانش برشی ورق‌ها
۲۳۳	۱۲- تیروورق و دیوار برشی فولادی
۲۳۳	تیروورق
۲۴۹	مکانیزم‌های شکست تیروورق‌ها
۲۵۰	دیوار برشی فولادی
۲۵۴	مزایا و معایب عمومی دیوارهای برشی فولادی
۲۵۵	رفتار دیوار برشی فولادی تحت بار جانبی
۲۵۹	ضوابط آیین‌نامه‌های طراحی موجود
۲۶۵	۱۳- مفاهیم پایه در پوسته‌های جدار نازک
۲۶۵	انحنا در پوسته‌ها
۲۶۶	انواع هندسی پوسته‌ها
۲۶۸	روش‌های تحلیل پوسته‌ها
۲۶۹	تنش در پوسته‌ها
۲۷۳	روابط بین نیرو- کرنش و لنگر- انحنا
۲۷۵	۱۴- تحلیل غشایی پوسته‌های استوانه‌ای
۲۸۱	حالت‌های خاص پوسته استوانه‌ای
۲۸۵	۱۵- تحلیل خمشی پوسته‌های استوانه‌ای
۲۸۶	تحلیل خمشی پوسته‌ها تحت بار متقارن
۲۹۲	تحلیل خمشی پوسته‌ها تحت بار نامتقارن
۲۹۶	تغییر در انحناهای پوسته
۳۰۳	روابط کرنش‌های محوری و برشی
۳۰۵	روابط نیرو-تغییر مکان

تیرلبه‌ها

۳۰۶

پوسته‌های استوانه‌ای پیوسته

۳۰۹

۱۶- تحلیل غشایی پوسته‌های دورانی

۳۱۱

پوسته‌های دورانی با بارگذاری متقارن محوری

۳۱۳

پوسته‌های مخروطی

۳۱۷

پوسته استوانه‌ای دایروی

۳۲۰

پوسته نیم‌کره

۳۲۰

تغییر شکل‌های پوسته‌های دورانی تحت بار متقارن محوری

۳۲۲

پوسته‌های دورانی با بارگذاری عمومی

۳۲۶

۱۷- تحلیل خمشی پوسته‌های دورانی

۳۳۱

معادلات تعادل نیروها

۳۳۲

معادلات حاکم بر تغییر مکان‌های متقارن

۳۳۵

روابط تغییر در انحناء

۳۳۶

۱۸- تحلیل غشایی پوسته‌ها با شکل هندسی عمومی

۳۴۱

مشخصه‌های هندسی

۳۴۱

تعادل نیروها

۳۴۵

فهرست منابع و مراجع

۳۵۱

پیش‌گفتار

سازه‌های جدار نازک به سازه‌هایی نسبت داده می‌شوند که اجزای تشکیل دهنده‌ی آن دارای ضخامت بسیار کمتری نسبت به ابعاد دیگرشان باشند؛ از این رو این عناصر در رسته‌ی سازه‌های دوبعدی به حساب می‌آیند.

اگر این اجزای دو بعدی، تخت و بدون انحنا باشند، ورق؛ و در صورتی که در یک یا دو جهت متعامد دارای انحنا باشند، پوسته نامیده می‌شوند. پوسته‌های دارای یک انحنا را پوسته‌های استوانه‌ای و پوسته‌های با دو انحنا را غیر صفر را پوسته‌های گنبدی یا دورانی می‌نامند.

به دلیل نازک بودن این سازه‌ها، اصولاً مقاومت عمود بر سطح آنها کم است؛ و بنا بر شاخصه‌ی فیزیکی‌شان، نیروهای خارجی را به وسیله‌ی مقاومت غشایی جذب می‌کنند. از این رو سازه‌های جدار نازک معمولاً در ترکیب‌هایی به کار می‌روند که از سختی میان صفحه‌ای‌شان استفاده گردد.

تیورق‌ها از جمله سازه‌هایی هستند که اجزای تشکیل دهنده‌ی آنها، یعنی بال‌ها و جان، از طریق ظرفیت میان صفحه‌ای خود بارهای سنگین ثقلی را تحمل می‌کنند. در سوی دیگر، انحنا وجود در پوسته‌ها، این سازه‌ها را قادر می‌سازد تا بارهای عمود بر سطح‌شان را از طریق تنش‌های غشایی جذب نمایند. سقف‌های استوانه‌ای و گنبدی، مخازن، شناورهای دریایی و سازه‌های هوا فضایی از خواص یاد شده استفاده می‌کنند. بدین ترتیب شکل هندسی و ضخامت پوسته‌ها، نقش‌های اساسی در رفتار این گونه سازه‌ها ایفا می‌کنند.

این کتاب در دو قسمت کلی ارائه می‌شود. در قسمت نخست، ورق‌ها و سپس پوسته‌ها بررسی و تحلیل می‌گردند. در بخش اول، پس از معرفی روابط اساسی خمش ورق‌ها، روش‌های تعادل و انرژی در تحلیل ورق‌های مستطیل شکل و دایره‌ای شرح داده می‌شود؛ و در ادامه رفتار کمانشی و پس‌کمانشی ورق‌ها تحت تأثیر انواع بارهای میان صفحه‌ای تجزیه و تحلیل خواهد شد.

در قسمت دوم، پوسته‌های استوانه‌ای و گنبدی بررسی می‌شوند و کاربرد تئوری‌های غشایی و خمشی در آنها مورد بحث و تحلیل قرار خواهد گرفت.

اولین نسخه‌ی این کتاب در سال ۱۳۶۹ و نسخه‌ی ویرایش دوم آن در سال ۱۳۷۹ به چاپ رسید. اکنون پس از بیست سال، مجموعه‌ای مختصر و نهایی در قالب درس تئوری صفحات و پوسته‌ها تهیه گردیده که تصور می‌شود بتواند مفاهیم اولیه‌ی رفتار ورق‌ها و پوسته‌ها را برای مهندسين و دانشجویان تحصیلات تکمیلی رشته‌های مهندسی عمران، هوا فضا، کشتی‌سازی و مکانیک به همراه داشته باشد.

در پایان باید از کلیه دوستانی که در طی سالیان گذشته اینجانب را در تکمیل و کاهش کاستی‌های نسخه‌های پیشین و ارائه‌ی این نسخه راهنمایی و تشویق نمودند، سپاسگزاری گردد. در تهیه‌ی کتاب حاضر، بر خود لازم می‌دانم مراتب تشکر و قدردانی خود را از یاری خانم‌ها و آقایان، پی‌تام، امانی و حبشی؛ و به‌ویژه آقای امیر قیطاسی اعلام نمایم.

م.م. علی‌نیا

۱۳۸۹