

بسم الله الرحمن الرحيم

مکانیک سازه های پروالاستیک

تألیف و ترجمه:

دکتر کرامت ملک زاده فرد

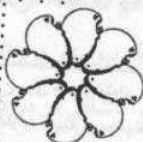
(استاد دانشگاه صنعتی مالک اشتر)

مهندس محسن غلامی

(کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)

مهندس نیلوفر ملک زاده فرد

(دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی)



افشارت شبازی

سرشناسه	ملک‌زاده فرد، کرامت، ۱۳۴۷ -
عنوان و نام پدیدآور	مکانیک سازه‌های پروالاستیک/مؤلفین کرامت ملک‌زاده‌فرد، محسن غلامی، نیلوفر ملک‌زاده‌فرد.
مشخصات نشر	تهران: شهبازی، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	۳۵۰ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	978-600-8155-10-2: ۳۲۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
موضوع	مواد متخلخل -- طرح و ساختمان Porous materials – Design and construction
موضوع	مواد متخلخل -- دینامیک سیالات -- الگوهای ریاضی
موضوع	Porous materials--Fluid dynamics--Mathematical models
موضوع	مواد متخلخل -- خواص مکانیکی Porous materials – Mechanical properties
شناسه افزوده	غلامی، محسن، ۱۳۶۴ -
شناسه افزوده	ملک‌زاده‌فرد، نیلوفر، ۱۳۷۰ -
رده بندی گره	۱۳۹۵ م ۷/۹/۴۱۸ Ta
رده بندی یوبی	۶۲۰/۱۱۶
شماره ثبت ملی	۴۳۱۱۲۰۵

عنوان:	مکانیک سازه‌های پروالاستیک
مؤلفین:	کرامت ملک‌زاده‌فرد، محسن غلامی، نیلوفر ملک‌زاده‌فرد
ناشر:	انتشارات شهبازی
مدیر مسئول انتشارات:	جواد شهبازی کرمی
ناظر فنی:	سید حمید سجادی
حروفچینی و صفحه آرایی:	قاسمی (رها)
طراحی جلد:	مجتبی فرهادی
چاپ و صحافی:	چاپ گنجینه نگار
نوبت چاپ:	اول ۱۳۹۵
شمارگان:	۵۰۰ جلد
قیمت:	۳۲۰۰۰۰ ریال
شابک:	978-600-8155-10-2 ISBN: ۹۷۸-۶۰۰-۸۱۵۵-۱۰-۲

تلفن: ۴۴۱۳۸۶۴۴ همراه: ۰۹۱۲۱۸۳۴۱۴۴

ایمیل: ShahbaziPub@gmail.com وب سایت: WWW.ShahbaziPub.ir

نمایندگی فروش تهران: بخش علوم پویا، میدان انقلاب، خیابان اردیبهشت (منیری جاوید)، نبش کوچه نوروز، پلاک ۵۱، واحد ۱، تلفن: ۶۶۴۹۶۰۷۷۳-۶۶۴۱۹۵۶۷ تلفکس: ۶۶۹۶۰۷۷۲

توجه: کلیه حقوق مادی و معنوی چاپ و نشر، طرح روی جلد و عنوان کتاب با توجه به قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان، مصوب سال ۱۳۴۸ برای انتشارات شهبازی محفوظ است. هرگونه استفاده بدون مجوز کتبی از ناشر تخلف بوده و بر اساس بند (۵) ماده ۲۳ قانون قابل پیگیری در محاکم قضایی می باشد.

مواد متخلخل نوع جدیدی از مواد مهندسی می باشد که مردم به طور کلی از آنها آگاه نیستند، اما این مواد به دلیل ویژگی های ارزشمند خود از عملکرد و ساختار، ارزش قابل توجهی یافتند. چنین موادی در مکانیکی، بیومکانیکی، مهندسی عمران و هوافضا به کار گرفته می شود.

کتاب حاضر مشتمل بر یازده فصل است. فصل اول در مورد نظریه ی پروالاستیسیته، مدل های پروالاستیک و تحقیقات انجام شده در باره ی مواد پروالاستیک پرداخته شده است. در فصل دوم دسته بندی مواد متخلخل یا پروالاستیک انجام می گیرد که شامل دو دسته کلی طبیعی و مصنوعی می باشند و چند روش اندازه گیری تخلخل معرفی می شود. دسته بندی اولیه برای مواد متخلخل، از جمله فلزات متخلخل، سرامیک متخلخل، فوم پلیمر، و گروه های اصلی خود و ویژگی های آنها، کاربردها و ساختارهای مواد متخلخل هم معرفی شده است که شامل تصفیه و جداسازی، جذب صدا، انتقال گرما و الکترون متخلخل و غیره می باشد. در فصل سوم معادله حاکم یک تیر پروالاستیک اینزوتروپیک عرضی (اینزوتروپیک عرضی در سطح مقطع) بر اساس تئوری تغییر شکل کوچک که بارهای محوری و یا عرضی به آن اعمال شده است ارائه می شود، در فصل چهارم راه حل های تحلیلی برای مسائل خمشی تیرها در حالت شبه استاتیکی ارائه می شود. در فصل پنجم روش المان محدود برای تیرها و تیرهای به استاتیکی تحت خمش کوچک به کار گرفته می شود. در فصل ششم، حل هایی برای حالت ارتعاش آزاد و اجباری تیرهای پروالاستیک به دست می آید، حل های فرم بسته مسائل مقدار اولیه برای تیرهایی با تکیه گاه ساده با بارگذاری کمره وسیله تابع تغییر لاپلاس به دست می آید. فصل هفتم با تغییر شکل بزرگ تیرها سروکار دارد. در فصل هشتم مقاومت ستون های پروالاستیک مورد بحث و بررسی قرار می گیرد و به سه مساله کمانش، پس کمانش و تارنتینامیکی پرداخته می شود. در فصل نهم فرموله ها برای ورق های پروالاستیک اشباع شده از سیال شامل یک ماده ای که انتشار در آنها تنها در جهت های درون صفحه ای ممکن است، هم برای بارگذاری خمشی و هم بارگذاری درون صفحه ای ارائه می شود. در فصل دهم نشان داده شده که از لحاظ نوع حفره ها، فوم های فلزی دارای سه گونه: حفره های بسته و ترکیبی از هر دو می باشند و سپس تاریخچه ای از فوم های فلزی بیان می شود. علاوه بر آن، کاربردهایی از فلزات متخلخل و پنل های ساندویچی در حمل و نقل دریایی و هوافضا بیان شده است. در نهایت در فصل یازدهم یک مدل تیر متشکل از یک ساختار الاستیکی گسسته که شامل یک سیال است را ارائه می دهیم که با یکدیگر در یک حالت یکسان به صورت تیر متشکل از یک پیوستار پروالاستیک مورد استفاده در فرمول بندی فصل سوم رفتار خواهند کرد. این مدل گسسته یک ارزش اکتشافی در درک و احساس پدیده ها دارد. نشان می دهیم که چطور سازگاری پارامترهای فیزیکی مواد و پارامترهای هندسی، بر گسترش تاثیر پروالاستیک ترغیب کننده است.

تلاش‌های این کتاب برای تشکیل یک ارائه منطقی کامل، شامل طیف گسترده‌ای از مسائل مربوط به تجزیه و تحلیل‌هایی از نوع ساختار پروالاستیک در نظر گرفته شده است. امید است که این کتاب به عنوان یک منبع الهام‌بخش، راهنما و مرجع برای به کار بردن این چنین اجزایی در مسائل مکانیکی، بیومکانیکی، مهندسی عمران و هوافضا به کار گرفته شود.

ومن لکن‌التوفیق

دکتر کرامت‌ملکه زاده فرد

پائیز ۱۳۹۵

www.ketab.ir

فهرست مطالب

۹	فصل اول: مقدمه
۱۹	فصل دوم: دسته‌بندی مواد پروالاستیک و کاربردهای آن
۱۹	۱-۲ دسته‌بندی مواد پروالاستیک طبیعی
۱۹	۲-۱-۲ انواع تخلخل بر اساس اندازه حفرات
۲۰	۲-۲ انواع تخلخل بر اساس زمان تشکیل
۲۸	۲-۲ دسته‌بندی مواد پروالاستیک مصنوعی
۲۸	۲-۲-۱ فوم‌ها و کاربردهای آن
۴۱	۲-۲-۲ مواد نانومتخلخل
۴۵	فصل سوم: مدل‌سازی تیرهای پروالاستیک
۴۵	۱-۳ معادلات اولیه
۵۳	۲-۳ زمان‌های مشخصه
۵۶	۳-۳ تیری که در آنها نوا ناپذیر باشد
۵۷	۴-۳ معادلات در حالت پیچیدگی
۶۱	فصل چهارم: راه حل تحلیلی برای تیرهای شبه‌استاتیک
۶۱	۱-۴ تیری با تکیه‌گاه ساده و دو انتهای ناپذیر
۶۳	۲-۴ تیرهای تحت اعمال بارگذاری ناگهانی و ثوابت پس از آن
۶۴	۱-۲-۴ یک تیر با تکیه‌گاه ساده با دو انتهای نفوذناپذیر
۶۶	۳-۲-۴ یک تیر با تکیه‌گاه ساده با دو انتهای نفوذناپذیر
۷۲	۴-۲-۴ یک تیر یک سرگیردار با یک انتها ثابت نفوذپذیر و یک انتها آزاد نفوذناپذیر
۷۳	۵-۲-۴ یک تیر یک سرگیردار با دو انتهای نفوذناپذیر (انتشا با تیر)
۷۹	فصل پنجم: راه حل و فرمول‌بندی‌های اجزای محدود برای تیرهای شبه‌استاتیک
۷۹	۱-۵ مقدمه
۸۰	۲-۵ اصول تغییرات
۸۴	۳-۵ فرمول‌بندی اجزای محدود
۹۱	۴-۵ مثال‌ها، بحث و گفتگو
۹۹	۱-۴-۵ تیر یک انتها گیردار که تنها در نیمه چپ به صورت یکنواخت بارگذاری شده است
۹۹	۲-۴-۵ تیر یک سرگیردار یک سر آزاد در معرض تغییر شکل واحد در انتهای آزاد
۱۰۲	۳-۴-۵ ستونی که در معرض توزیع بار عمودی یکنواخت قرار دارد

فصل ششم: ارتعاشات تیرهای پروالاستیک ۱۰۷

۱-۶ مسائل مقدار اولیه ۱۰۸

۲-۶ ارتعاشات هارمونیک اجباری ۱۲۱

فصل هفتم: تجزیه و تحلیل تغییر شکل بزرگ تیرهای پروالاستیک ۱۲۷

۱-۷ معادلات حاکم ۱۲۷

۲-۷ معادلات در حالت بی‌بعد زمانی که $\varepsilon_0 = 0$ ۱۳۳

۳-۷ فرمول‌بندی عددی ۱۳۵

۴-۷ فرآیند عددی برای روش تفاضلی محدود ۱۴۲

۵-۷ مثال‌ها، بحث، گفتگو ۱۴۵

۱-۵-۷ یک تیر یک سر گیردار تحت توزیع بار گسترده یکنواخت ۱۴۵

۲-۵-۷ یک تیر یک سر گیردار تحت تغییر شکل لحظه‌ای ۱۴۹

۳-۵-۷ یک تیر با تکیه‌گاه ساده تحت توزیع بار گسترده یکنواخت ۱۵۲

۴-۵-۷ یک تیر در هر دو انتها گیردار تحت توزیع بار گسترده یکنواخت ۱۵۳

۵-۵-۷ یک تیری که در یک انتها گیردار و در انتهای دیگر تکیه‌گاه ساده، تحت توزیع بار

گسترده یکنواخت ۱۵۵

فصل هشتم: مقاومت ستون‌های پروالاستیک ۱۵۷

۱-۸ کماتش ستون‌ها ۱۵۷

۲-۸ حدود بارهای بحرانی ۱۵۹

۳-۸ وابسته به زمان بودن بارهای بحرانی و تغییر شکل‌ها ۱۶۱

۴-۸ پس‌کمانش: فرمول‌بندی ۱۶۷

۵-۸ پس‌کمانش: نتایج، بحث و گفتگو ۱۷۱

۶-۸ حساسیت نقص ۱۷۴

۷-۸ مقاومت دینامیکی ستون‌های پروالاستیک ۱۷۷

۸-۸ شرایط پایداری (مقاومت) و دامنه بار بحرانی ۱۸۰

فصل نهم: تجزیه و تحلیل ورق‌های پروالاستیک ۱۸۷

۱-۹ معادلات اصلی برای ورق‌های نازک ۱۸۷

۲-۹ معادلات خمش در حالت بی‌بعد ۱۹۷

۱۹۸.....	۳-۹ راه حل‌های تحلیلی برای خمش شبه استاتیکی
۲۰۱.....	۳-۹-۱ یک ورق مستطیلی که تمامی مرزهای آن نفوذپذیر و با تکیه‌گاه ساده است
۲۱۰.....	۴-۹ ارتعاشات عرضی ورق‌هایی با تکیه‌گاه ساده
۲۱۲.....	۴-۹-۱ ارتعاشات آزاد
۲۱۵.....	۴-۹-۲ ارتعاشات اجباری
۲۱۹.....	۵-۹ مثال‌ها، بحث و گفتگو
۲۲۷.....	فصل دهم: فوم‌ها و پل‌های ساندویچی و کاربردهای آن‌ها در صنایع هوایی و دریایی
۲۲۷.....	۱۰-۱ فوم‌های فلزی
۲۲۸.....	۱۰-۲ ریخته فوم فلزی
۲۲۸.....	۱۰-۲-۱ فوم سارل باز
۲۲۹.....	۱۰-۲-۲ ورود، مل فومی
۲۲۹.....	۱۰-۲-۳ فوم سان مصارت مستقیم از طریق ذوب
۲۳۰.....	۱۰-۲-۴ اساس فوم
۲۳۰.....	۱۰-۳ روش‌های تولید فوم‌های فلزی
۲۳۰.....	۱۰-۳-۱ ریخته‌گری
۲۳۱.....	۱۰-۳-۲ رسوب فلزی
۲۳۲.....	۱۰-۳-۳ متالورژی پودر
۲۳۳.....	۱۰-۴ خواص فوم‌های فلزی
۲۳۳.....	۱۰-۴-۱ خواص مکانیکی
۲۳۳.....	۱۰-۴-۲ خواص جذب انرژی
۲۳۴.....	۱۰-۴-۳ خواص اکوستیکی (جذب صوت)
۲۳۴.....	۱۰-۴-۴ نفوذپذیری
۲۳۴.....	۱۰-۴-۵ خواص رسانایی
۲۳۵.....	۱۰-۵ مدل‌سازی
۲۴۴.....	۱۰-۵-۱ همگرایی نتایج با سازه‌های متفاوت مش
۲۴۴.....	۱۰-۵-۳ عدم تقارن در مدل
۲۴۴.....	۱۰-۵-۴ بررسی نقاط تمرکز تنش در فوم
۲۴۸.....	۱۰-۶ کاربرد فوم در صنعت هوافضا
۲۴۹.....	۱۰-۶-۱ کاربرد فوم آلومینیومی در صنعت هوافضا
۲۵۱.....	۱۰-۶-۲ کاربرد فوم کربید سیلیسیم در صنعت هوافضا

۲۵۲	۱۰-۶-۳ کاربرد فوم پلی‌یورتان در صنعت هوافضا
۲۵۳	۱۰-۶-۴ کاربرد فوم ملامین در صنعت هوافضا
۲۵۶	۱۰-۷ استفاده از فوم در صنعت دریایی
۲۵۶	۱۰-۷-۱ استفاده از فوم فلزی در صنعت حمل و نقل دریایی
۲۵۹	۱۰-۷-۲ ساخت زیردریایی‌ها
۲۶۰	۱۰-۸ پنل‌های ساندویچی
۲۶۲	۱۰-۸-۱ انواع هسته یا مغزی در پنل ساندویچی
۲۶۳	۱۰-۸-۲ معرفی هسته با جنس بالسا
۲۶۴	۱۰-۸-۲ معرفی هسته با جنس فوم
۲۶۵	۱۰-۸-۳ مقایسه دو هسته فوم و بالسا در پنل‌های ساندویچی
۲۶۶	۱۰-۹ رفتار جذب انرژی و تغییر شکل پنل ساندویچی با هسته فوم آلومینیوم
۲۶۹	۱۰-۱۰ کاربرد پنل‌های ساندویچ در صنایع هوایی و دریایی
۲۷۳	فصل یازدهم: جمع‌بندی
۲۸۱	ضمیمه‌ها
۲۸۱	ضمیمه الف: روش حساب تغییرات و اصل کم‌مغای
۳۲۶	ضمیمه ب: اثبات اصول تغییرات
۳۳۱	ضمیمه ج: المان محدود برای تیرهای پروالاستیک
۳۳۳	ضمیمه د: چندین تبدیلات لاپلاس معکوس کاربردی
۳۳۴	ضمیمه ه: ضرایب در فرمول‌های تفاضل
۳۳۶	ضمیمه و: تعیین مقادیر مرزی در $X1$ برای روش تفاضل محدود
۳۳۹	مراجع