

الاستیسیته

مرجع کاربردی و محاسباتی

تألیف

مهندس سید فریدالدین حسینی
کارشناس ارشد مهندسی مکانیک

دکتر سعید جعفری مهرآبادی
عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی اراک



۱۳۹۵

سرشناسه	: جعفری مهرآبادی، سعید - ۱۳۴۷؛
عنوان و نام پدیدآور	: الاستیسته مرجع کاربردی و محاسباتی / تألیف سعید جعفری مهرآبادی، سید فریدالدین حسینی.
مشخصات نشر	: اراک: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	: ۲۰۵ ص: مصور (بخش رنگی)، جدول، نمودار.
فروست	: انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی اراک؛ ۳۱۵.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۴۲۹۳-۸
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: ارتجاع (فیزیک)
موضوع	: Elasticity
شناسه افزوده	: نی، سید فریدالدین، ۱۳۶۷-
شناسه افزوده	: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک
رده بندی کنگره	: ۱۳۰ / ۷ / ۹۳۱ QA
رده بندی دیویی	: ۵۳۱ / ۱۸۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۴۰۹۷۱۶



الاستیسته مرجع کاربردی و محاسباتی

مؤلفان: دکتر سعید جعفری مهرآبادی، مهندس سید فریدالدین حسینی

ناشر: انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی اراک

نوبت و سال چاپ: اول / ۱۳۹۵

ویراستار، حروفچینی و صفحه‌آرایی: مهندس سید فریدالدین حسینی

طرح جلد: مهندس سید فریدالدین حسینی

شمارگان: ۱۰۰۰

بها: ۱۵.۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۴۲۹۳-۸

نشانی: اراک، میدان امام خمینی(ره)، شهرک دانشگاه آزاد اسلامی اراک

دفتر انتشارات علمی - تلفکس: ۳۴۱۳۰۵۷۸

پیشگفتار مؤلفان

خداوند را شاکریم که توانستیم این اثر تحت عنوان "الاستیسیته، مرجع کاربردی و محاسباتی" را به اتمام برسانیم. تئوری الاستیسیته، به مفهوم علمی است که رفتار محیطهای جامدی که پس از حذف نیروهای اعمالی به شکل اولیه خود باز می گردند را مورد بررسی قرار میدهد. این علم مفاهیم حاکم بر محیط الاستیک را در قالبی فراگیر تر از مقاومت مصالح مورد تحلیل قرار می دهد. به عبارتی دیگر الاستیسیته در واقع بیان ریاضی مفاهیم مقاومت مصالح می باشد که با استفاده از مبانی و اصول آن می توان حل دقیق مسائل مقاومت مصالح را مورد بررسی و تحلیل قرار داد. درس الاستیسیته جزء دروس تخصصی و اصلی دانشجویان مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری رشته های مهندسی مکانیک، هوا فضا و مهندسی عمران می باشد و از اینکه این توفیق حاصل شد تا به حول و قوه الهی بتوانیم این اثر را به جامعه علمی کشورمان تقدیم و بخش اندکی از دین خود را ادا کنیم خداوند منان را سپاسگزاریم. امید است که کتاب حاضر نه تنها نیاز دانشجویان در سطوح مختلف (متوسط یا پیشرفته) در رشته های مهندسی مکانیک، هوا فضا و مهندسی عمران و سایر رشته های مرتبط را بر طرف سازد بلکه به عنوان کتاب مرجع درسی، مرجعی کاربردی و محاسباتی بسیار موثر و سودمند مورد استفاده اساتید، محققان و پژوهشگران قرار گیرد و به این نحو توانسته باشیم گامی هر چند کوچک در نوشتن متون مرجع تخصصی، در جهت غنای علمی و فنی کشور عزیزمان برداشته باشیم.

این مجموعه دارای هشت فصل می باشد و در یک تقسیم بندی کلی مطالب این کتاب به دو دسته مسائل الاستیسیته دو بعدی و سه بعدی تقسیم بندی می شود.

فصل اول دستگاه مختصات منحنی الخط متعامد را به صورتی جامع و کاربردی با روندی منطقی و تخصصی ارائه می دهد و به مباحث مهم و کاربردی همچون بیان مبانی ریاضی دستگاه مختصات منحنی الخط متعامد استوانه ای و کروی، معرفی اوپراتور یا عملگر ∇ در دستگاه های مختصات و کاربرد آن، محاسبه دیورژانس کمیت های برداری و تنسوری در دستگاههای مختصات مختلف، معادلات تعادل، سازگاری و روابط کرنش تغییر

مکان در سیستم مختصات منحنی الخط می پردازد.

در فصل دوم به بررسی رفتار اجسام الاستیک خطی و روابط بین تنش ها و کرنش ها در آنها پرداخته شده که در آن مواد به صورت سه بعدی، جامع و کاملاً تخصصی، برای اولین بار در بین همه کتب الاستیسیته مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته و در پایان فصل محدوده تغییرات ضرایب ارتجاعی در مصالح همسانگرد و روابط بنیادی ترموالاستیسیته بیان شده اند.

فصل سوم مفاهیم تنش و تعادل را ارائه می دهد که در آن تعریف تنش، تنش های نرمال اصلی، تنش های برشی ماکزیمم و مینیمم، تنسور تنش انحرافی، کروی و هشت وجهی و فون میسر، تبدلات تنش، معادلات حرکت و تعادل در دستگاه مختصات استوانه ای و کروی ارائه شده است.

در فصل چهارم مفاهیم روابط کرنش - تغییر مکان مورد بحث و بررسی قرار گرفته است که در آن مباحثی هم چون تعریف کرنش، تغییر شکل های کلی، کرنش های اصلی، کرنش انحرافی، معادلات سازگاری، تبدیل کرنش اثر تنش و کرنش موضعی - اصل سنت و نانت، تنسور کرنش، روابط کرنش - تغییر مکان و معادلات سازگاری در دستگاه مختصات استوانه ای و کروی مورد بررسی قرار گرفته اند.

فصل پنجم فرمول بندی و حل مسائل الاستیسیته دو بعدی را ارائه می دهد که در این فصل انواع مسائل الاستیسیته و شرایط مرزی و معادلات بلترامی، دیریشل، معادلات ناویر، حل مسائل الاستیسیته دو بعدی، حالت تنش مسطح، و حالت کرنش مسطح مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است.

فصل ششم به حل مسائل الاستیسیته دو بعدی در مختصات قطبی می پردازد که در این فصل به بررسی حالت خاصی از مسائل الاستیسیته در مختصات قطبی، برخی از توابع تنش ایری در مختصات قطبی، حل مسائل الاستیسیته در محیط های نیمه بی نهایت و تعیین تابع ϕ برای اینگونه مسائل، توزیع تنش در گوه ها پرداخته شده است.

در فصل هفتم مفاهیم پیچش و ثنوری پیچش مقاطع، توضیحات تکمیلی در رابطه با پیچش مقاطع دایره ای، جمع بندی مطالب برای حل مسائل پیچش و تابع تنش پراندتل

ارائه شده است.

فضل هشتم فرمول بندی و حل مسائل الاستیسیته سه بعدی را مورد بحث و بررسی قرار می دهد و در آن نتایجی از تئوری میدان ها، قضیه هلمهولتز، معادلات حاکم بر مسائل همگن تئوری ارتجاعی و تعیین جوابهای خاص، پتانسیل های عددی و برداری - پتانسیل کرنشی لامه، بردار گالرکین، تابع کرنشی لاو، مسائل کلون و سروتی، توابع نوبر - پاپکوویچ، و مسئله بوسینسک مورد بررسی قرار گرفته اند.

بدیهی است که اصولاً امکان این که یک کتاب علمی بتواند غاری از هر نوع نقص و اشتباهی باشد وجود ندارد و ممکن است در این کتاب نیز با وجود تمام دقت هایی که اعمال شده است نواقص مشاهده گردد. لذا ضمن پوزش قبلی، بدین وسیله از صاحب نظران و اساتید، دانشجویان و خوانندگان محترم تقاضا داریم که ما را از وجود این نواقص آگاه سازند تا در چاپ ای بعدی اصلاح شود. قبلاً از این همکاری شما صمیمانه تشکر و قدردانی می شود.

سید فریدالدین حسینی
farid.hosseini2@yahoo.com

دکتر سعید جعفری مهرآبادی
sjmamir@gmail.com
s-jafari@iau-arak.ac.ir

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول: دستگاه مخصات منحنی الخط متعامد

- ۱-۱- دستگاه مخصات منحنی الخط متعامد، استوانه ای و کروی ۱
- ۲-۱- معرفی اپراتور یا سنگر ∇ در دستگاه های مختصات و کاربرد آن ۱۱
- ۳-۱- محاسبه دیورژانس کمیت های برداری و تنسوری در دستگاه های مختصات مختلف ۱۲
- ۴-۱- محاسبه کرل کمیت های برداری و تنسوری در دستگاه های مختصات مختلف ۱۷
- ۵-۱- معادلات تعادل - سازگاری و روابط کشش - تغییر مکان در سیستم مختصات منحنی الخط ۲۲
- مسائل ۲۵

فصل دوم: بررسی رفتار اجسام الاستیک خطی و روابط بین تنش ها و کرنش ها در آنها

- ۱-۲- رفتار ارتجاعی مصالح و ارتباط تنش ها با کرنش ها - تابع برشی کرنشی ارتجاعی ۲۷
- ۲-۲- مصالح متقارن و ناهمسانگرد ۳۲
- ۱-۲-۲- مصالح تری کلینیک ۳۳
- ۲-۲-۲- مصالح مونوکلینیک ۳۴
- ۳-۲- مصالح ارتوتروپیک ۳۶
- ۴-۲- مصالح ایزوتروپیک عرضی ۳۹
- ۵-۲- مصالح ایزوتروپیک ۴۵
- ۶-۲- تعیین محدوده مدول الاستیسیته و ضریب پواسن ۴۹
- ۷-۲- روابط ترموالاستیک بین تنش ها و کرنش ها در مصالح ارتجاعی خطی ایزوتروپیک ۵۰
- مسائل ۵۲

فصل سوم: تنش و تعادل

۵۳	۱-۳ مقدمه
۵۳	۲-۳ تعریف تنش
۵۷	۳-۳ تنش های نرمال اصلی
۵۹	۴-۳ تنش های برشی ماکزیمم و مینیمم
۶۲	۵-۳ تنسور تنش انحرافی، کروی، هشت وجهی و فون میسر
۶۳	۶-۳ تبدیلات تنش
۶۵	۷-۳ معادلات تعادل
۶۷	۸-۳ معادلات حرکت و تعادل در دستگاه مختصات استوانه ای و کروی
۷۴	مسائل

فصل چهارم: کرنش - تغییر مکان

۷۵	۱-۴ تعریف کرنش
۷۸	۲-۴ تغییر شکل های کلی
۸۰	۳-۴ کرنش های اصلی
۸۱	۴-۴ کرنش های انحرافی
۸۱	۵-۴ معادلات سازگاری
۸۷	۶-۴ تبدیل کرنش
۸۸	۷-۴ اثر تنش و کرنش موضعی - اصل سنت و نانت
۹۱	۸-۴ بردار جابجایی، تنسور کرنش، روابط کرنش - تغییر مکان، معادلات سازگاری در دستگاه مختصات استوانه ای و کروی
۹۵	مسائل

فصل پنجم: فرمول بندی و حل مسائل الاستیسیته دو بعدی

۹۷	۱-۵ مسائل الاستیسیته
۹۸	۲-۵ انواع مسائل الاستیسیته
۹۸	۱-۲-۵ شرایط مرزی و تقسیم بندی مسائل الاستیسیته
۹۹	۲-۲-۵ معادلات بلترامی - میشل
۱۰۹	۳-۲-۵ معادلات ناویر
۱۱۰	۳-۵ حل مسائل الاستیسیته دو بعدی

۱۱۰	۵-۳-۱- حالت تنش مسطح
۱۱۲	۵-۳-۲- حالت کرنش مسطح
۱۲۴	مسائل

فصل ششم: حل مسائل الاستیسیته دو بعدی در مختصات قطبی

۱۲۷	۶-۱- مقدمه
۱۳۱	۶-۲- بررسی حالت خاصی از مسائل الاستیسیته در مختصات قطبی
۱۴۰	۶-۳- برخی از توابع تنش ایری در مختصات قطبی
۱۴۶	۶-۴- حل مسائل الاستیسیته در محیط های نیمه بی نهایت و تعیین تابع ϕ برای این گونه مسائل
۱۵۶	۶-۵- توزیع تنش در ده ها
۱۵۸	مسائل

فصل هفتم: پیچش

۱۶۱	۷-۱- تئوری پیچش مقاطع
۱۶۶	۷-۲- توضیحات تکمیلی در رابطه با پیچش مقاطع دایره ای
۱۶۹	۷-۳- جمع بندی مطالب برای حل مسائل پیچش
۱۷۳	۷-۴- تابع تنش پراوندتل
۱۷۸	مسائل

فصل هشتم: فرمول بندی و حل مسائل الاستیسیته سه بعدی

۱۸۱	۸-۱- مقدمه
۱۸۲	۸-۲- نتایجی از تئوری میدان ها
۱۸۴	۸-۳- قضیه هلمهولتز
۱۸۵	۸-۴- معادلات همگن تئوری ارتجاعی و تعیین جوابهای خاص
۱۸۷	۸-۵- پتانسیل های عددی و برداری - پتانسیل کرنشی لامه
۱۸۹	۸-۶- بردار گالرکین تابع کرنشی لاو، مسائل کلوین و سروتی
۱۹۸	۸-۷- توابع نوبر پاکویچ، مسئله بوسینسک
۲۰۳	مسائل
۲۰۵	منابع