

پروفیسور

آر. سی. ہیبلر

مقاومت مصالح

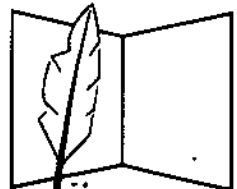
(مکانیک مواد)

ویرایش ہشتم همراه با حل مسائل

مترجم:

دکتر علی اصغر عطائی

مؤسسہ پژوهشی
تولید کتاب دانشگاهی



انتشارات علم و فن

تأسیس: ۱۳۶۰

سرشناسه	: هیلر، آر. سی. Hibbeler, R.C.
عنوان و نام پدیدآور	: مقاومت مصالح / آر. سی. هیلر؛ مترجم: علی اصغر عطائی.
مشخصات نشر	: تهران: انتشارات علمی و فنی، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	: ۹۷۶ ص.: مصور، جدول، نمودار، ۱ لوح فشرده.
شابک	: ۳۵۰۰۰۰ ریال: ۹۷۸-۹۶۲-۶۲۱۵-۶۹-۶
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیا
یادداشت	: عنوان اصلی: Mechanics of materials/8th ed
یادداشت	: واژه‌نامه.
یادداشت	: نمایه.
عنوان دیگر	: مقاومت مصالح.
موضوع	: مواد صنعتی: مکانیک عملی: مقاومت مصالح: سازه، تجزیه و تحلیل مهندسی مواد -- مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی) مکانیک عملی -- مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی) مقاومت مصالح -- مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی) سازه، تجزیه و تحلیل -- مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی)
شناسه افزوده	: عطائی، علی اصغر، ۱۳۲۶ - مترجم
رده‌بندی کنگره	: ۹۴۷ ۱۳۹۱ / ۵۸ / ۱۸۴۰۵
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۰ / ۱۱۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۹۱۱۰۷۸

این کتاب ترجمه ای است از کتاب

MECHANICS OF MATERIALS

EIGHTH EDITION
R. C. HIBBELER



کارنامه

تولید ترجمه کتاب

مقاومت مصالح

(مکانیک مواد)

ویرایش هشتم همراه با CD حل مسائل

پروفسور رابنل چارلز هیگلر

مترجمه دکتر علی اصغر عطایی

تاریخ عقد قرارداد ترجمه و ویرایش: ۷ آبان ۸۸

ترجمه و ویرایش ۸ به جانشینی و ویرایش ۷: اردیبهشت ۸۹

پایان ترجمه: ۸۹ آبان

تاریخ انتشار چاپ اول: شهریور ۹۱

سرپرستی علمی و سرپرستاری: مظاهری‌نیا، جمشید

مدیریت بخش هنری و طراح جلد: مظاهری‌نیا، امیرحسین

ویراستار نگارشی: کبکی، اکرم

مقابلۀ علمی: شاهمرادی، اکبر

سرپرست حروفچینی و صفحه‌آرایی: کاویانی، آناهیتا

گرافیکست حروفچین: سهله، لیزا

بازخوانی و مقابله: گل محمدی، شیدا - سلطانی، بهمن

ویرایش تصاویر: زتی، عماد

مسئول تولید و ناظر چاپ: ازواج محمد

۹۷۶ صفحه در ۱۱۰۰ نسخه، چاپ نور و شن

شابک: ۶-۶۹-۶۲۱۵-۱۶۸۱-۷۸

تلفن: ۸۸۷۲۹۱۹۸ و ۸۸۵۵۴۸۳۹ - فکس و پیامگیر: ۸۸۵۵۵۹۳۳ - پست الکترونیکی: elmi_fanni@yahoo.com

تهران: یوسف‌آباد، چهارراه اسدآبادی و فتحی‌شقایق، ساختمان شماره ۴ (پلاک ۳۲) طبقه سوم، واحدهای ۱۸ و ۱۸/۱

قیمت: ۳۵ هزار تومان



از ناشر

طی ۲۱ سال تولید صرفاً کتاب دانشگاهی، آوردن واژه‌نامه زبان اصلی به فارسی و واژه‌نامه فارسی به زبان اصلی در بخش پایانی کتاب‌های ترجمه، از ضوابط این انتشارات بوده است؛ با تأکید بر اینکه در ذهنیت ما، آوردن واژه‌نامه زبان اصلی به فارسی، بویژه آنکه واژه‌های مهم در پانویست می‌آید، زاید به نظر می‌رسید. زیرا به خواننده در یافتن معنای واژه مورد نظر خود کمک تام و گسترده‌ای نمی‌کرد و او می‌بایست برای یافتن معنای واژه، به لغت‌نامه زبان اصلی به فارسی مراجعه کند. لیکن، نظر به اینکه آوردن هر دو قسمت در بخش پایانی کتاب در بررسی انتخاب کتاب سال دارای امتیاز است، انتشارات علمی و فنی خود را به آوردن هر دو قسمت ملزم می‌دانسته است.

اکنون به اعتبار اتفاق آرای حاصله از مشورت با استادان نویسنده عضو گروه‌های علمی این انتشارات که آنان نیز بخش واژه‌نامه زبان اصلی به فارسی را بی‌اثر تشخیص داده‌اند، مصمم شدیم این قسمت را از کتاب حذف نماییم. ضمناً، واژه‌نامه فارسی به زبان اصلی را که آوردن آن توجیه منطقی دارد با فهرست راهنما در هم ادغام کرده‌ایم تا خواننده بتواند هر دو مورد را در یک نگاه داشته باشد.

جمشید مظاهری‌نیا

تقدیم به همسر مهربان و فرزندان عزیزم که
پدید آمدن این کتاب حاصل شکیبایی آنان است.
علی اصغر عطائی

www.ketab.ir

آشنایی من با نویسنده کتاب به حدود بیست و پنج سال پیش برمی‌گردد؛ زمانی که در دانشگاه تهران دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک بودم و کتاب دینامیک ایشان به عنوان مرجع درسی تعیین شده بود و تصور روزی را نمی‌کردم که این ارتباط غیرمستقیم با نویسنده به شکل دیگری برقرار شود. اکنون که بیش از ده سال است به عنوان مدرس در دانشگاه تهران، درس مقاومت مصالح را تدریس می‌کنم، خوشترشم که مجدداً با نویسنده مرتبط شده‌ام، آن‌هم نه یک ارتباط صرفاً غیرمستقیم یا کتاب ایشان، بلکه در حین ترجمه این اثر موفق شدم از طریق ایمیل با آقای هیلر تماس ایجاد نموده و درباره موضوعات کتاب تبادل نظر داشته باشم.

من کتاب‌های متعددی را در زمینه مقاومت مصالح از نویسندگانی نظیر تیموشنکو، یویوف، بیر و جانستون، شیمز، ناس و... دیده‌ام، اما با تدقیق و بررسی کتاب آقای هیلر، به این نتیجه رسیدم که ایشان مطالب را با دیدگاه مهندسی از کاربردی‌تری ارائه نموده‌اند. بیان نظری مبانی مقاومت مصالح و پایه‌ریزی فرمول‌های مربوطه، ارائه نکات مهم در هر فصل و خصوصاً ویژگی شیوه تحلیل در هر بحث که مسیر را به صورت گام به گام برای دانشجو مشخص می‌سازد و ارائه مثال‌های متعدد در متن، با آوردن مسائل پایه به منظور ایجاد حرکت و انگیزه در دانشجو برای ادامه مسیر، ارائه مسائل متعدد در هر بخش به همراه پاسخ‌های انتهایی و در مواردی پاسخ‌های مفصل‌تر مراحل میانی. و آوردن مسائل مفهومی که مسائل جهان واقع را از دیدگاه مقاومت مصالح بررسی می‌کند، از امتیازات بارز این کتاب است؛ بخصوص که خوشبختانه آقای هیلر در قید حیات است و ویرایش‌های جدید کتاب‌هایشان بطور مداوم منتشر می‌شود که دانشجو با مطالعه آن، مطالب علمی را از سرچشمه اصلی و بسیار روشن و پر مغز دریافت می‌کند؛ نه چون ویرایش جدید آثاری که مؤلف آن فوت شده است و اضافه کردن نامی دیگر یدک‌کش نام نویسنده اصلی آن است.

در مکاتبات متعدد صمیمانه‌ای که با آقای هیلر داشتم، ایشان را در آماده‌سازی ویرایش‌های جدید کتاب‌های متعدد خود، بسیار پراثری یافتیم و بی‌دلیل نیست که دانشگاه‌های معتبر آمریکا و اروپا کتاب‌های ایشان را به عنوان مرجع درسی انتخاب نموده‌اند.

از جمله عواید مکاتبات من با آقای هیلر، کسب نظر مساعد ایشان برای اصلاح برخی مطالب و ایرادات جزئی در کتاب بود که در این ترجمه مدنظر قرار گرفته و اعمال شده است. در مواردی نیز طبق توافق با نویسنده جمله‌هایی به متن افزوده شده است تا مباحث به شکل کامل‌تری ارائه شده باشد. این‌گونه موارد در داخل علامت [] آورده شده‌اند.

این کتاب بسیار حجیم، برای دو یا سه درس کارشناسی در شاخه‌های مهندسی مکانیک، عمران، متالورژی، معدن و ... در نظر گرفته شده است. بطور قطع و یقین ترجمه یک چنین حجمی از مطالب نمی‌توانست خالی از اشکال باشد و بدون سخت‌کوشی و وسواس در ترجمه و بدون اعمال مدیریت دقیق و کارشناسانه در مراحل ویراستاری و انجام اصطلاحات، مسلماً درک آن برای دانشجویان آسان نبود.

خدا را شاکرم و خوشحالم که این کتاب در انتشارات علمی و فنی به تولید و انتشار رسیده است، مؤسسه‌ای که مدیریت محترم آن در انتشار کتاب‌های دانشگاهی صاحب سبک است و خود در رسالت پژوهش شناخت کتاب‌های جدید و برتر و انتخاب آن برای تولید، به معنای بودن کتاب پرفسور هیلر دست‌انته و آن را برای ترجمه و انتشار تصویب نموده است.

باید اشاره کرد که حدود سی ماه زمان صرف تولید این کتاب شده است؛ کارشناسانی که با کمال میل و علاقه، انجام امور فرهنگی، هنری و فنی کتاب را مسئولانه مدیریت کرده‌اند، من خود را وامدار زحمات آنان در بخش‌های گرافیک و طراحی، ویراستاری، حرفه‌چینی و نمونه‌خوانی و مقابله می‌دانم و سپاسگزار همه آنان هستم؛ و امیدوارم حاصل این زحمات مورد پسند و قبول همکاران دانشمند و دانشجویان عزیز واقع شود و سپاسگزار خراهم شد که ایرادات و کاستی‌های محتمل را به اینجانب منعکس نمایند.

علی اصغر عطائی

دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه تهران

ataee@ut.ac.ir

هدف از این کتاب فراهم نمودن بیانی روشن و کامل از نظریه و کاربرد اصول مقاومت مصالح برای دانشجویان است. برای رسیدن به این هدف، این اثر در طول سالیان با توسل به نقطه نظرات و پیشنهادات سدها بر در شاخه مهندسی مکانیک و نیز نظرات بسیاری از دانشجویانم شکل گرفته است. ویرایش هشتم در مقایسه با ویرایش‌های قبلی بطور چشمگیری توسعه یافته است، و امید است که هم مدرسان و هم دانشجویان از این تغییرات اکمالی بهره‌مند شوند.

موارد جدید در این ویرایش

- محتوای به‌روز شده. برخی از بخش‌های کتاب بازنویسی شده‌اند تا واضح‌تر و مختصر و مفیدتر شوند. در این ارتباط، مثال‌های جدیدی اضافه شده‌اند و برخی مثال‌های دیگر اصلاح گردیده‌اند تا برای به‌کارگیری مفاهیم مهم تأکید بیشتری گردد. همچنین، جلوه‌های هنری در سرتاسر کتاب اصلاح شده‌اند تا با این تغییرات هماهنگ باشند.
- عکس‌های جدید. ما بیش از ۴۴ عکس جدید یا به‌روزشده از دنیای واقعی را در سرتاسر این کتاب آورده‌ایم که کاربردی بودن موضوع را منعکس نماییم. این عکس‌ها عموماً برای توضیح اینکه چگونه اصول مربوطه برای مسائل دنیای واقعی به‌کار می‌روند یا آنکه مواد تحت بار چگونه عمل می‌نمایند، مورد استفاده قرار گرفته‌اند.
- مسائل پایه. این مجموعه مسائل، درست بعد از هر گروه مسائل نمونه آورده شده‌اند. این مسائل کاربردهای ساده‌ای از مفاهیم تحت پوشش در هر بخش را به دانشجویان ارائه می‌کنند و بنابراین، این فرصت را برای آنها فراهم می‌سازند تا پیش از تلاش برای حل مسائل استاندارد آبی، مهارت‌های حل مسأله خود را توسعه دهند. مسائل پایه را می‌توان توسعه‌ای از مثال‌ها در نظر گرفت. چراکه معادلات کلیدی و پاسخ آنها برای این دسته از مسائل در انتهای کتاب آورده شده‌اند. به‌علاوه، وقتی این مسائل به دانشجویان محول شود، شیوه‌ای عالی به منظور آمادگی برای امتحانات را در اختیار آنها می‌گذارد، و بعداً می‌توان آنها را به قصد مطالعه برای میانی آزمون‌های مهندسی مرور نمود.
- مسائل مفهومی. در سرتاسر کتاب، معمولاً در انتهای هر فصل، مجموعه‌ای از مسائلی است که دربرگیرنده مشکلات مفهومی مربوط به کاربرد اصول مطرح شده در آن فصل است. این مسائل تحلیل و طراحی با این هدف آورده شده‌اند تا دانشجویان را درگیر تفکر درباره مسائل دنیای واقعی نشان

داده شده در تصاویر نمایند. این مسائل را می‌توان پس از آنکه دانشجویان مهارتی را در موضوع پیدا کرده‌اند به آنان محول نمود و در نظر گرفتن آنها برای پروژه‌های انفرادی یا تیمی نیز بسیار مناسب است. ۵ مسائل جدید. تقریباً ۳۵٪، یا حدود ۵۵۰ مسأله جدید در این ویرایش اضافه شده است، که دربرگیرنده کاربردها در بسیاری از زمینه‌های مختلف مهندسی است. همچنین، این ویرایش جدید تقریباً ۱۳۴ مسأله بیشتر از ویرایش قبلی دارد.

۶ مسائل دارای راهنما. با گنجاندن مسائل اضافی تمرینی در این ویرایش، هر مسأله‌ای که با یک نقطه رنگ (•) در جلوی شماره آن مشخص شده است شامل یک پیشنهاد، معادله کلیدی یا نتایج عددی اضافی‌ای است که همراه با پاسخ در انتهای کتاب ارائه شده است. به علاوه، این مسائل، با فراهم نمودن موارد بیشتر برای بررسی درستی حل، دانشجویان را تشویق می‌کند تا مسائل را خودشان حل کنند.

محتویات کتاب

موضوعات کتاب در ۱۴ فصل مرتب شده است. فصل ۱ با مروری بر مفاهیم مهم استاتیک شروع می‌شود، و بدنبال آن تعاریف دقیقی از تنش قائم و برشی، و بحثی درباره تنش قائم در اعضای تحت بار محوری و تنش برشی ناشی از برش مستقیم ارائه می‌گردد.

در فصل ۲، کرنش قائم و برشی تعریف می‌شوند، و در فصل ۳، بحثی در مورد برخی خواص مکانیکی مهم مواد ارائه می‌گردد. بررسی جداگانه بار محوری، پیچش و خمش به ترتیب در فصول ۴، ۵ و ۶ آورده شده است. در هر یک از این فصل‌ها هم رفتار ارتجاعی و هم رفتار پلاستیک ماده در نظر گرفته شده است. همچنین موضوعات مربوط به تمرکز تنش و تنش مانده در آن فصل‌ها گنجانده شده‌اند. برش عرضی، همراه با بحثی در مورد لوله‌های جدارنازک، جریان برش و مرکز برش در فصل ۷ ارائه شده است. فصل ۸ شامل بحثی در مورد مخازن تحت فشار جدار نازک است و مروری جزئی بر مطالب پوشش داده شده در فصل‌های قبلی را ارائه می‌نماید تا وضعیت تنش منتهی به بارگذاری‌های ترکیبی مشخص شود. در فصل ۹، مفاهیم تبدیل تنش چندمحوری ارائه گردیده است. به شیوه مشابه، فصل ۱۰ روش‌های تبدیل کرنش را مورد بحث قرار می‌دهد، و شامل به‌کارگیری نظریه‌های مختلف از کارافتادگی نیز می‌گردد. فصل ۱۱ جمع‌بندی و مرور بیشتر مطالب قبلی را از طریق پوشش دادن کاربردهای طراحی تیرها و محورها ارائه می‌کند. در فصل ۱۲، روش‌های مختلف برای محاسبه تغییرشکل تیرها و محورها پوشش داده شده‌اند. همچنین در این فصل بحثی در مورد یافتن واکنش‌های این اعضا در صورت استاتیکی نامعین بودن ارائه شده است. فصل ۱۳ بحثی در مورد کماتش ستون‌ها ارائه می‌کند، و در نهایت در فصل ۱۴، مسأله ضربه و به‌کارگیری روش‌های مختلف انرژی برای محاسبه تغییرشکل‌ها در نظر گرفته می‌شود.

بخش‌هایی از کتاب که شامل مطالب پیشرفته‌تر هستند با علامت ستاره (*) مشخص شده‌اند. در صورتی که زمان اجازه دهد، برخی از این موضوعات را می‌توان در درس گنجانده. به علاوه، این مطالب

مرجع مناسبی برای اصول پایه همین مباحث در درس‌های دیگر است و می‌توان آن را به‌عنوان مبنایی برای تخصیص پروژه‌های خاص مورد استفاده دانشجویان قرار داد.

➤ **روش دیگر پوشش دادن مطالب درس.** برخی مدرسان ترجیح می‌دهند قبل از بحث درباره کاربردهای خاص بار محوری، پیش‌ش، خمش و برش، ابتدا موضوع تبدیل تنش و کرنش را پوشش دهند. یک راه ممکن برای انجام این کار این است که ابتدا تنش و تبدیل آن (فصل ۱ و فصل ۹) پوشش داده شود و به دنبال آن، کرنش و تبدیل آن، فصل ۲ و بخش ابتدایی فصل ۱۰ مطرح گردد. مباحث و مسائل نمونه در این فصل‌های آخر به‌گونه‌ای که این کار امکانپذیر بوده است ترتیب یافته‌اند. همچنین، مجموعه مسائل طوری تقسیم شده‌اند که این مطالب را می‌توان بدون دانش قبلی درباره فصول میانی پوشش داد. سپس، می‌توان فصول ۳ تا ۸ را بدون از دست دادن پیوستگی مطالب مطرح نمود.

نکات برجسته این ویرایش

➤ **سازماندهی و رویکرد.** محتویات هر فصل در بخش‌های مشخص طوری سازماندهی شده‌اند که شامل توضیحات موضوع خاص، مثال‌های روشن‌کننده و مجموعه‌ای از مسائل تمرینی باشند. موضوعات هر بخش در زیرگروه‌هایی با عنوان مناسب قرار گرفته‌اند. هدف از این کار ارائه یک روش سازمان یافته برای معرفی هر تعریف یا مفهوم جدید است تا ارجاع بعدی به کتاب و مرور آن را آسان سازد.

➤ **محتویات فصل.** هر فصل با یک تصویر تمام صفحه آغاز می‌شود که بیانگر کاربرد محدوده وسیع مطالب آن فصل است. سپس «اهداف فصل» ارائه می‌گردد تا دیدگاهی کلی از مطالب تحت پوشش آن فصل را فراهم نماید.

➤ **شیوه‌هایی برای تحلیل.** این ویژگی‌های مختصر به‌فرد که آن را در بسیاری از بخش‌های کتاب می‌توان یافت، روشی منطقی و منظم را در کاربرد نظریه به دانشجویان ارائه می‌دهد که مثال‌ها با استفاده از این روش طرح‌ریزی شده حل شوند تا به‌کارگیری عددی آن را روشن سازند. بدیهی است هنگامی که دانشجو بر اصول مربوطه مسلط شد و قضاوت و اعتقاد به شس کافی کسب کرد، می‌تواند شیوه خودش را برای حل مسائل توسعه دهد.

➤ **عکس‌ها.** تصاویر بسیاری در سرتاسر کتاب مورد استفاده قرار گرفته است تا درک مفهومی موضوعات را توسعه داده و روشن سازد که اصول مقاومت مصالح چگونه در مسائل دنیای واقعی به‌کار می‌روند.

➤ **نکات مهم.** این ویژگی، مرور یا جمع‌بندی‌ای را از مهمترین مفاهیم یک بخش ارائه می‌دهد و عمده‌ترین نکات را که باید در هنگام به‌کارگیری نظریه برای حل مسأله به آنها توجه شود برجسته می‌سازد.

➤ **مثال‌ها.** تمامی مثال‌ها به‌صورت مختصر و به شیوه‌ای که درک آن آسان است ارائه شده‌اند.

مسائل. مسائل متعدد در این کتاب مشکلات واقع‌بینانه را که در کاربردهای مهندسی با آن مواجهیم به تصویر می‌کشند. امید است که این واقع‌بینی علاقه دانشجوی را به موضوع ترغیب کرده و راهی را برای توسعه مهارت در ساده‌سازی چنین مسائلی، از وضعیت پیچیده فیزیکی آن به یک مدل یا نمایش ساده که اصول را می‌توان به آن اعمال نمود، فراهم آورد. در سرتاسر کتاب بطور تقریباً متعادل مسائل در سیستم واحدهای SI یا FPS وجود دارند. به‌علاوه، در هر مجموعه مسائل، تلاش شده است تا مسأله‌ها براساس افزایش سختی مرتب شوند. پاسخ تمام مسائل، بجز آنهایی که شماره آنها مضرب چهار است، در انتهای کتاب آورده شده‌اند. برای آگاه ساختن دانشجو از مسائل بدون پاسخ، یک ستاره (*) در جلوی شماره مسأله گذاشته شده است. پاسخ‌ها تا سه رقم معنی‌دار گزارش شده‌اند، ولواینکه اطلاعات مربوط به خواص مواد یا دقت کمتری ممکن است اعلام شده باشند. گرچه این کار ممکن است یک شیوه ضعیف باشد که صرفاً جهت سازگاری انجام گرفته است و نیز اینکه به دانشجو اجازه دهد فرصت بهتری برای بررسی صحت حل خود داشته باشد. مربع تیره (■) برای مشخص نمودن مسائلی بکار رفته است که نیاز به تحلیل محاسبات عددی یا کاربرد کامپیوتری دارند.

ضمائم. ضمیمه کتاب منبجی را برای مرور و فهرست نمودن داده‌های جدولی فراهم می‌سازند. ضمیمه (آ) اطلاعاتی را دربارهٔ مرکز سطح و گشتاور دوم سطح ارائه می‌دهد. ضمیمه‌های (ب) و (پ) داده‌های جدولی را برای اشکال سازه‌ای و حیر و شیب انواع مختلف تیرها و محورها فهرست نموده‌اند.

قدردانی

می‌خواهم از تمامی دانشجویانم که ویرایش قبلی را مورد مطالعه و استفاده قرار داده و پیشنهاداتی دربارهٔ آن داشته‌اند تا محتویاتش بهبود یابد، تشکر نمایم. اگر در هر زمان نقطه نظرات یا پیشنهاداتی دربارهٔ محتویات این ویرایش دارید، صمیمانه دوست دارم آنها را از شما بشنوم.

راسل چارلز هیببلر

Russell Charles Hibbeler



۳	فصل ۱ تنش
۳	۱.۱ مقدمه
۴	۲.۱ تعادل اجسام تغییر شکل پذیر
۲۳	۳.۱ تنش
۲۵	۴.۱ تنش قائم متوسط در میله تحت بارگذاری محوری
۳۴	۵.۱ تنش برشی متوسط
۴۹	۶.۱ تنش مجاز
۵۰	۷.۱ طراحی اتصالات ساده



۶۹	فصل ۲ کرنش
۶۹	۱.۲ تغییر شکل
۷۰	۲.۲ کرنش



۸۵	فصل ۳ خواص مکانیکی مواد
۸۵	۱.۳ آزمایش کشش و فشار
۸۷	۲.۳ نمودار تنش - کرنش
۹۰	۳.۳ رفتار تنش - کرنش مواد شکل پذیر و مواد ترد
۹۵	۴.۳ قانون هوک
۹۷	۵.۳ انرژی کرنشی
۱۰۸	۶.۳ نسبت پواسون
۱۱۱	۷.۳ نمودار تنش برشی - کرنش برشی
۱۱۴	۸.۳* ازکار افتادگی مواد بر اثر خزش و خستگی



۱۲۷	فصل ۴ - ر محوری
۱۲۷	۱.۴ اصل سنت - ونت
۱۲۹	۲.۴ تغییر شکل ارتجاعی عضو تحت بار محوری
۱۴۴	۳.۴ اصل جمع آثار
۱۴۴	۴.۴ عضو استاتیکی نامعین تحت بارگذاری محوری
۱۵۲	۵.۴ روش نیرو در تحلیل اعضای تحت بار محوری
۱۶۱	۶.۴ تنش حرارتی
۱۶۹	۷.۴ ترک تنش
۱۷۳	۸.۴* تغییر شکل محوری غیرارتجاعی
۱۷۵	۹.۴* تنش پسماند



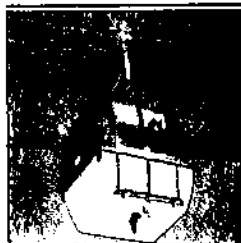
۱۹۱	فصل ۵ پیچش
۱۹۱	۱.۵ تغییر شکل خمشی محور دایره‌ای
۱۹۴	۲.۵ فرمول پیچش
۲۰۲	۳.۵ انتقال قدرت
۲۱۳	۴.۵ زاویه پیچش
۲۳۰	۵.۵ اعضای استاتیکی نامعین تحت بار پیچشی
۲۳۸	۶.۵ محوره‌ای غیردایره‌ای توپر
۲۴۱	۷.۵ لوله‌های جدارنازک با مقطع بسته
۲۵۲	۸.۵ تمرکز تنش
۲۵۵	۹.۵* پیچش غیرارتجاعی
۲۵۸	۱۰.۵* تنش پسماند



۲۷۵	فصل ۶ خمش
۲۷۵	۱.۶ نمودارهای برش و خمش
۲۸۳	۲.۶ روش ترسیمی تشکیل نمودارهای برش و خمش
۳۰۲	۳.۶ تغییر شکل خمشی عضو مستقیم
۳۰۶	۴.۶ فرمول خمش
۳۲۵	۵.۶ خمش نامتقارن
۳۳۶	۶.۶* تیرهای مرکب
۳۳۹	۷.۶* تیرهای بتون مسلح
۳۴۴	۸.۶* تیرهای خمیده
۳۵۲	۹.۶ تمرکز تنش
۳۶۲	۱۰.۶* خمش غیر ارتجاعی



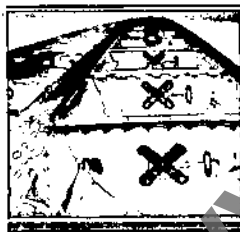
۳۸۹	فصل ۷ برش عرضی
۳۸۹	۱.۷ برش در اعضای مستقیم
۳۹۱	۲.۷ فرمول برش
۴۰۹	۳.۷ جریان برش در اعضای چند پارچه
۴۲۰	۴.۷ جریان برش در اعضای جدارنازک
۴۲۵	۵.۷* مرکز برش برای مقاطع باز



۴۳۹	فصل ۸ بارگذاری ترکیبی
۴۳۹	۱.۸ مخازن تحت فشار جدارنازک
۴۴۶	۲.۸ وضعیت تنش بر اثر بارگذاری ترکیبی



۴۷۵	فصل ۹ تبدیل تنش
۴۸۰	۱.۹ تبدیل تنش صفحه‌ای
۴۸۴	۲.۹ معادلات کلی تبدیل تنش صفحه‌ای
۵۰۲	۳.۹ تنش‌های اصلی و حداکثر تنش برشی داخل صفحه
۵۱۷	۴.۹ دایره مور - تنش صفحه‌ای
	۵.۹ حداکثر تنش برشی مطلق



۵۳۱	فصل ۱۰ تبدیلات کرنش
۵۳۱	۱.۱۰ کرنش صفحه‌ای
۵۴۱	۲.۱۰ معادلات کلی تبدیل کرنش صفحه‌ای
۵۴۲	۳.۱۰* دایره مور - کرنش صفحه‌ای
۵۵۱	۴.۱۰* حداکثر کرنش برشی مطلق
۵۵۴	۵.۱۰ کرنش سنج‌های گلیبرگی
۵۵۹	۶.۱۰ روابط دربرگیرنده خواص مواد
۵۷۳	۷.۱۰* نظریه‌های ازکار افتادگی



۵۹۳	فصل ۱۱ طراحی تیرها و محورها
۵۹۳	۱.۱۱ مبنای طراحی تیر
۵۹۶	۲.۱۱ طراحی تیر منشوری
۶۱۲	۳.۱۱* تیرهای کاملاً تنش‌دار
۶۱۶	۴.۱۱* طراحی محورها



۶۲۹	فصل ۱۲ خیز تیرها و محورها
۶۲۹	۱.۱۲ منحنی ارتجاعی
۶۳۴	۲.۱۲ محاسبه شیب و خیز از طریق انتگرالگیری
۶۵۳	۳.۱۲* نواح نابوستگی
۶۶۵	۴.۱۲* تعیین شیب و تغییر مکان با روش لنگر - سطح
۶۸۱	۵.۱۲ روش برهم‌نهی
۶۸۹	۶.۱۲ تیرها و محورهاى استاتیکی نامعین
۶۹۰	۷.۱۲ تیرها و محورهاى استاتیکی نامعین - روش انتگرالگیری
۶۹۵	۸.۱۲* تیرها و محورهاى استاتیکی نامعین - روش لنگر - سطح
۷۰۱	۹.۱۲ تیرها و محورهاى نامعین - روش برهم‌نهی



۷۲۱	فصل ۱۳ کمانش ستون‌ها
۷۲۱	۱.۱۳ بار بحرانی
۷۲۴	۲.۱۳ ستون پشته‌ال با تکیه‌گاه‌های لولایی
۷۳۰	۳.۱۳ ستون‌های با انواع مختلف تکیه‌گاه‌ها
۷۴۵	۴.۱۳* فرمول سکانت
۷۵۳	۵.۱۳* کمانش غیرارتنجاعی
۷۶۱	۶.۱۳* طراحی ستون‌ها برای بارگذاری مرکزی
۷۷۳	۷.۱۳* طراحی ستون‌ها برای بارگذاری خارج از مرکز



۷۸۹	فصل ۱۴ روش‌های انرژی
۷۸۹	۱.۱۴ کار خارجی و انرژی کرنشی
۷۹۳	۲.۱۴ انرژی کرنشی ارتجاعی برای انواع بارگذاری‌ها
۸۰۷	۳.۱۴ بقای انرژی
۸۱۲	۴.۱۴ بارگذاری ضربه‌ای
۸۲۷	۵.۱۴* اصل کار مجازی
۸۳۱	۶.۱۴* به‌کارگیری روش نیروهای مجازی برای خراباها
۸۳۸	۷.۱۴* به‌کارگیری روش نیروهای مجازی برای تیرها
۸۴۷	۸.۱۴* قضیه کاستیگلیانو
۸۴۱	۹.۱۴* به‌کارگیری قضیه کاستیگلیانو برای خراباها
۸۵۲	۱۰.۱۴* به‌کارگیری قضیه کاستیگلیانو برای تیرها

ضمیمه‌ها

۸۵۹	بخشی از حل و پاسخ‌های مسائل پایه
۸۹۱	پاسخ به مسائل منتخب
۹۱۱	فهرست راهنما
۹۳۹	