

تقدیم به همسر و دختر عزیزم

مقاومت مصالح

ویرایش چهارم بر اساس SI

FERDINAND P. BEER

استاد سابق دانشگاه Lehigh

E. RUSSELL JOHNSTON, JR.

استاد دانشگاه Connecticut

JOHN T. DEWOLF

استاد دانشگاه Connecticut

عکس روی جلد:

پل Golden Gate در شهر سن فرانسیسکو واقع در ایالت کالیفرنیا، آمریکا، سال ساخت ۱۹۳۷، مدت اجرا بیش از ۴ سال، طول دهانه میانی ۱۹۶۶ m، رکورددار بزرگترین دهانه پل به مدت ۲۷ سال، طول کل پل شامل ورودیها ۲۷۳۷ m، عرض پل ۲۷ m، ارتفاع متوسط آزاد از سطح آب ۶۷ m، ارتفاع دو برج از سطح آب ۲۲۷ m و ۱۵۲ m، مقطع هر پایه برج ۱۲×۱۶ m، وزن کل ۸۰۴۷۰۰ تن، قطر دو کابل اصلی ۰/۹۲ m، متشکل از ۲۷۵۷۲ سیم به طول ۲۹۰۰۰ km، طول هر کابل اصلی ۲۳۳۲ m، وزن هر کابل اصلی ۱۱۰۰۰ تن، تعداد پرچ ۱،۲۰۰،۰۰۰، تلفات جانی زمان ساخت ۱۱ نفر، هزینه زمان ساخت ۲۵ میلیون دلار، تعداد وسایل نقلیه عبوری در هر سال ۴۰ میلیون.

سرشناسه	: بیر، فردیناند پیر، ۱۹۱۵.
عنوان و نام پدیدآور	: مقاومت مصالح بر اساس SI / فردیناند پیر بیر، الوود راسل جانستون، جان تی د ولف؛ مترجم اردشیر اطمیابی.
مشخصات نشر	: تهران: جویبار، ۱۳۸۶.
مشخصات ظاهری	: ۶۲۰ ص.؛ مصور، جدول.
شابک	: ۱۱۰۰۰۰ ریال: ۱-۲۶-۶۷۴۵-۹۶۴
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Mechanics of Materials, 4th ed., 2006
یادداشت	: کتاب حاضر قبلاً توسط نشر علوم دانشگاهی با ترجمه ابراهیم واحدیان نیز منتشر شده است.
یادداشت	: چاپ اول: ۱۳۸۶ (فیپا)
موضوع	: مقاومت مصالح.
شناسه افزوده	: جانستون، الوود راسل، ۱۹۲۵-م.
شناسه افزوده	: Johnston, E. Russell (Elwood Russel)
شناسه افزوده	: د ولف، جان.
شناسه افزوده	: DeWolf, John T.
شناسه افزوده	: اطمیابی، اردشیر، ۱۳۳۹-، مترجم.
رده بندی کنگره	: ب ۱۳۸۶ م ۷ ب ۹ / ب ۴۰۵ / TA
رده بندی دیویی	: ۶۳۰ / ۱۱۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۰۸۷۴۸۰



نشر جویبار

مقاومت مصالح

John T. DeWolf, E. Russell Johnston, Jr., Ferdinand P. Beer

مترجم: اردشیر اطمیابی

ناشر: جویبار

نوبت چاپ: اول، پاییز ۱۳۸۶

تیراژ: ۲۰۰۰ جلد

حروفچینی: فریبا فروتن پور

چاپ: ناصح

قیمت: ۱۱۰۰۰ تومان

شابک: ۱-۲۶-۶۷۴۵-۹۷۸-۹۶۴-۹۷۸-۹۶۴-۶۷۴۵-۲۶-۱ ISBN: 978-964-6745-26-1

مراکز پخش:

موسسه خدمات فرهنگی فدک: خیابان انقلاب، خیابان اردیبهشت (منبری جاوید)، بین لبافی نژاد و جمهوری، ساختمان ۱۲۶

تلفن: ۶۶۴۸۲۲۲۱-۶۶۴۸۱۰۹۶-۶۶۴۶۵۸۳۱

فروشگاه یزد: میدان آزادی (باغ ملی)، ابتدای خیابان فرخی، جنب مجتمع ستاره، تلفن: ۰۳۵۱-۶۲۶۸۸۲۲-۶۲۶۵۴۹۱

وب سایت: www.fadakbook.ir

مقدمه مترجم

مقاومت مصالح یکی از دروس پایه‌ای در علوم مهندسی و به ویژه مهندسی مکانیک و سازه است. بسته به رشته مهندسی و سطح آموزش، تمامی یا بخشهایی از این کتاب به دانشجویان تدریس می‌شود. کتابی که در دست دارید یکی از کتابهای شناخته شده در زمینه مفاهیم پایه‌ای علم مقاومت مصالح است. ویرایش اول این کتاب در سال ۱۹۸۱ به چاپ رسید و از آن زمان تاکنون ویرایشهای بعدی به ترتیب در سالهای ۱۹۹۲، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۶ از چاپ خارج شدند. این کتاب معمولاً در هر ویرایش به دو صورت تک واحدی (SI) و دو واحدی (SI و واحدهای آمریکایی) به چاپ می‌رسد. از آن جا که واحدهای SI در سطح جهانی به عنوان واحدهای اندازه‌گیری به رسمیت شناخته شده‌اند و تنها کشور آمریکا در میان کشورهای صنعتی است که به دلیل مشکلات موجود در تبدیل واحدها در صنعت و تولید دوران گذار را طی می‌کند، با انتشار ویرایش چهارم کتاب بر اساس SI و اهمیت این درس در آموزش مهندسی بر آن شدم تجربه خود را در سالها کار بر روی کتابها و متون مهندسی سازه، عمران و تأسیسات در ترجمه این ویرایش جدید به کار بندم. در ترجمه این کتاب سعی بر آن بوده است که علاوه بر ارائه متنی رسا و مفهوم، از واژه‌های فنی مهندسی رایج و معتبر استفاده شود. همچنین از آن جا که چاپ دو رنگ کتاب علاوه بر جذابیت ظاهری به درک مفاهیم درس کمک می‌کند، تصمیم به چاپ دورنگ کتاب گرفته شد. اما چاپ کتابی در حد کیفیت کتاب اصلی مستلزم بازسازی انبوه تصاویر گرافیکی کتاب بود و در این راستا بیش از حدود ۲۰۰۰ تصویر گرافیکی موجود در کتاب دوباره طراحی و بازسازی شد. در این ارتباط باید از زحمات و تلاش خانمها فریبا فروتن‌پور و فرانک تحفه‌چی در حرفچینی و بازسازی گرافیکی تصاویر تشکر کنم. امید است که این کتاب برای تمامی دانشجویان رشته‌های مختلف مهندسی و اساتید محترم دانشگاه کتاب مفیدی باشد.

فهرست مطالب

<p>۶۹ ۱۰-۲ مسایل شامل تغییر دما</p> <p>۷۸ ۱۱-۲ نسبت پواسون</p> <p>۷۹ ۱۲-۲ بارگذاری چندمحوری، قانون عمومی هوک</p> <p>۸۰ ۱۳-۲^o تغییر حجم واحد حجم، مدول حجمی</p> <p>۸۲ ۱۴-۲ کرنش برشی</p> <p>..... ۱۵-۲ بحث بیشتر درباره تغییر شکلهای زیر بارگذاری محوری،</p> <p>۸۴ رابطه میان E، ν و G</p> <p>۸۵ ۱۶-۲^o روابط تنش - کرنش مواد مرکب مسلح به الیاف</p> <p>..... ۱۷-۲ توزیع تنش، کرنش در بارگذاری محوری، اصل</p> <p>..... سن ونان</p> <p>۹۳ ۱۸-۲ تمرکز تنش</p> <p>۹۴ ۱۹-۲ تغییر شکل خمیری یا پلاستیک</p> <p>۹۶ ۲۰-۲^o تنشهای پسماند</p> <p>..... ۱۰۵ دوره و خلاصه مطالب فصل ۲</p>	<p>درباره نویسندگان ۸</p> <p>پیش گفتار ۹</p> <p>فهرست نمادها ۱۲</p> <p style="text-align: center;">فصل ۱ مقدمه - مفهوم تنش (۱۳)</p> <p>۱-۱ مقدمه ۱۴</p> <p>۲-۱ مرور کوتاهی بر روشهای استاتیکی ۱۴</p> <p>۳-۱ تنش در اعضای سازه ۱۵</p> <p>۴-۱ تحلیل و طراحی ۱۶</p> <p>۵-۱ بارگذاری محوری، تنش عمودی ۱۶</p> <p>۶-۱ تنش برشی ۱۸</p> <p>۷-۱ تنش تکیه گاهی در اتصالات ۱۹</p> <p>۸-۱ کاربرد تنش در تحلیل و طراحی سازه های ساده ۱۹</p> <p>۹-۱ روش حل مسئله ۲۱</p> <p>۱۰-۱ دقت عددی ۲۲</p> <p>۱۱-۱ تنش روی صفحه مایل در بارگذاری محوری ۲۸</p> <p>۱۲-۱ تنش در شرایط بارگذاری عمومی، مؤلفه های تنش ۳۰</p> <p>۱۳-۱ ملاحظات طراحی ۳۲</p> <p>..... ۴۱ دوره و خلاصه مطالب فصل ۱</p> <p style="text-align: center;">فصل ۲ تنش و کرنش - بارگذاری محوری (۴۸)</p> <p>۱-۲ مقدمه ۴۹</p> <p>۲-۲ کرنش عمودی در بارگذاری محوری ۴۹</p> <p>۳-۲ نمودار تنش - کرنش ۵۱</p> <p>۴-۲^o تنش حقیقی و کرنش حقیقی ۵۴</p> <p>۵-۲ قانون هوک، مدول الاستیسیته ۵۴</p> <p>۶-۲ رفتار الاستیک ماده در برابر رفتار پلاستیک ۵۵</p> <p>۷-۲ بارگذاری تکراری، خستگی ۵۷</p> <p>۸-۲ تغییر شکل اعضا در بارگذاری محوری ۵۸</p> <p>۹-۲ مسایل نامعین استاتیکی ۶۵</p>
<p style="text-align: center;">فصل ۳ پیچش (۱۱۴)</p> <p>۱۱۵ ۱-۳ مقدمه</p> <p>۱۱۶ ۲-۳ بحث مقدماتی تنش در محور گرد</p> <p>۱۱۷ ۳-۳ تغییر شکل در محور گرد</p> <p>۱۱۹ ۴-۳ تنشهای محدوده الاستیک</p> <p>۱۲۸ ۵-۳ زاویه پیچش در محدوده الاستیک</p> <p>۱۳۱ ۶-۳ محورهای نامعین استاتیکی</p> <p>۱۴۰ ۷-۳ طراحی محورهای انتقال نیرو</p> <p>۱۴۱ ۸-۳ تمرکز تنش در محورهای گرد</p> <p>۱۴۶ ۹-۳^o تغییر شکلهای پلاستیک یا خمیری در محورهای گرد</p> <p>..... ۱۰-۳^o محور گرد ساخته شده از ماده الاستوپلاستیک</p> <p>..... (ارتجاعی - خمیری)</p> <p>۱۴۷ ۱۱-۳^o تنشهای پسماند در محورهای گرد</p> <p>..... ۱۲-۳^o پیچش اعضای غیر گرد</p> <p>..... ۱۳-۳^o محورهای توخالی جدار نازک</p> <p>..... ۱۶۶ دوره و خلاصه مطالب فصل ۳</p>	

فصل ۴

خمش خالص

(۱۷۵)

۱-۴	مقدمه	۱۷۶
۲-۴	عضو متقارن در خمش خالص	۱۷۷
۳-۴	تغییر شکلهای عضو متقارن در خمش خالص	۱۷۸
۴-۴	تنشها و تغییر شکلهای محدوده الاستیک	۱۸۰
۵-۴	تغییر شکل در مقطع عرضی	۱۸۳
۶-۴	خمش عضوهای ساخته شده از چند ماده مختلف	۱۹۰
۷-۴	تمرکز تنش	۱۹۳
۸-۴ ^۰	تغییر شکلهای پلاستیک یا خمیری	۲۰۰
۹-۴ ^۰	اعضای ساخته شده از ماده الاستوپلاستیک (ارتجاعی - خمیری)	۲۰۱
۱۰-۴ ^۰	تغییر شکلهای پلاستیک عضوهای دارای یک صفحه تقارن	۲۰۵
۱۱-۴ ^۰	تنشهای پسماند	۲۰۵
۱۲-۴	بارگذاری محوری برون مرکز در صفحه تقارن	۲۱۲
۱۳-۴	خمش نامتقارن	۲۱۹
۱۴-۴	حالت کلی بارگذاری محوری برون مرکز	۲۲۳
۱۵-۴ ^۰	خمش اعضای خمیده	۲۳۲
	دوره و خلاصه مطالب فصل ۴	۲۴۱

فصل ۵

تحلیل و طراحی تیرها برای خمش

(۲۴۸)

۱-۵	مقدمه	۲۴۹
۲-۵	نمودارهای نیروی برشی و گشتاور خمشی	۲۵۱
۳-۵	روابط میان بار، نیروی برشی و گشتاور خمشی	۲۵۹
۴-۵	طراحی تیرهای منشوری برای خمش	۲۶۷
۵-۵ ^۰	استفاده از توابع تکینی برای تعیین نیروی برشی و گشتاور خمشی در تیر	۲۷۴
۶-۵ ^۰	تیرهای غیرمنشوری	۲۸۵
	دوره و خلاصه مطالب فصل ۵	۲۹۱

فصل ۶

تنشهای برشی در تیرها و اعضای جدار نازک

(۲۹۷)

۱۶۰	مقدمه	۲۹۸
-----	-------	-----

۲-۶	برش بر روی سطح افقی جزء کوچکی از تیر	۲۹۹
۳-۶	تعیین تنشهای برشی در تیر	۳۰۱
۴-۶	تنشهای برشی در انواع معمول تیرها	۳۰۱
۵-۶ ^۰	بحث بیشتر درباره توزیع تنشها در تیر مقطع مستطیلی باریک	۳۰۳
۶-۶	برش طولی بر روی جزیی از تیر با شکل اختیاری	۳۱۰
۷-۶	تنشهای برشی در اعضای جدار نازک	۳۱۱
۸-۶ ^۰	تغییر شکلهای خمیری با پلاستیک	۳۱۳
۹-۶ ^۰	بارگذاری نامتقارن اعضای جدار نازک، مرکز برش	۳۲۱
	دوره و خلاصه مطالب فصل ۶	۳۳۰

فصل ۷

تبدیلهای تنش و کرنش

(۳۳۷)

۱-۷	مقدمه	۳۳۸
۲-۷	تبدیل تنش صفحه‌ای	۳۳۹
۳-۷	تنشهای اصلی: تنش برشی حداکثر	۳۴۰
۴-۷	دایره مور برای تنشهای صفحه‌ای	۳۴۷
۵-۷	حالت کلی تنش	۳۵۴
۶-۷	کاربرد دایره مور در تحلیل سه بعدی تنش	۳۵۵
۷-۷ ^۰	معیارهای تسلیم مواد شکل پذیر تحت تنش صفحه‌ای	۳۵۸
۸-۷ ^۰	معیارهای گسیختگی مواد شکننده تحت تنش صفحه‌ای	۳۶۰
۹-۷	تنشهای موجود در مخازن تحت فشار جدار نازک	۳۶۷
۱۰-۷ ^۰	تبدیل کرنش صفحه‌ای	۳۷۳
۱۱-۷ ^۰	دایره مور برای کرنش صفحه‌ای	۳۷۵
۱۲-۷ ^۰	تحلیل سه بعدی کرنش	۳۷۷
۱۳-۷ ^۰	اندازه‌گیری کرنش، گلبزرگ کرنش	۳۸۰
	دوره و خلاصه مطالب فصل ۷	۳۸۷

فصل ۸

تنشهای اصلی تحت شرایط بارگذاری معین

(۳۹۵)

۱-۸ ^۰	مقدمه	۳۹۶
۲-۸ ^۰	تنشهای اصلی در تیر	۳۹۶
۳-۸ ^۰	طراحی محورهای انتقال نیرو	۳۹۸
۴-۸ ^۰	تنشهای تحت شرایط بارگذاری مرکب	۴۰۶
	دوره و خلاصه مطالب فصل ۸	۴۱۷

۵۳۳	۲-۱۱ انرژی کرنشی
۵۳۴	۳-۱۱ چگالی انرژی کرنشی
۵۳۵	۴-۱۱ انرژی کرنشی الاستیک تنشهای عمودی
۵۳۸	۵-۱۱ انرژی کرنشی الاستیک تنشهای برشی
۵۴۰	۶-۱۱ ^۰ انرژی کرنشی در حالت کلی تنش
۵۴۹	۷-۱۱ بارگذاری ضربه‌ای
۵۵۱	۸-۱۱ طراحی برای بارهای ضربه‌ای
۵۵۱	۹-۱۱ کار و انرژی تحت بار منفرد
۱۰-۱۱	تعیین تغییر شکل ناشی از بار منفرد به روش کار-انرژی
۵۵۳	کار-انرژی
۵۶۰	۱۱-۱۱ کار و انرژی تحت بارهای متعدد
۵۶۲	۱۲-۱۱ قضیه کاستیلیانو
۵۶۳	۱۳-۱۱ تعیین تغییر شکلها با استفاده از قضیه کاستیلیانو
۵۶۵	۱۴-۱۱ سازه‌های نامعین استاتیکی
۵۷۴	دوره و خلاصه مطالب فصل ۱۱

پیوست الف گشتاور سطوح

۵۸۲	الف-۱ گشتاورهای اول سطح- مرکز سطح
۵۸۳	الف-۲ تعیین گشتاور اول و مرکز سطح یک سطح مرکب
	الف-۳ گشتاور دوم سطح یا گشتاور لختی سطح، شعاع چرخش یا ژیراسیون
۵۸۵	الف-۴ قضیه محورها موازی
۵۸۸	الف-۵ تعیین گشتاور لختی سطح مرکب

پیوست ب خصوصیات معمول مواد انتخابی مورد

۵۸۹	استفاده مهندسی
۵۹۱	پیوست ج خصوصیات مقاطع فولادی نورد شده
۵۹۷	پیوست د تغییر شکل خمشی و شیب تیرها
۵۹۸	پیوست ه مبانی آزمون مهندسی
۵۹۹	پاسخ مسایل
۶۱۳	مرکز سطح سطوح و خطوط معمول
۶۱۴	گشتاور لختی اشکال هندسی معمول
۶۱۵	پیشوندهای SI
۶۱۵	واحدهای اصلی SI مورد استفاده در مکانیک
۶۱۶	واژه‌نامه

فصل ۹

تغییر شکل خمشی تیرها

(۴۲۳)

۴۲۴	۱-۹ مقدمه
۴۲۵	۲-۹ تغییر شکل خمشی تیر تحت بارگذاری عرضی
۴۲۶	۳-۹ معادله منحنی الاستیک یا تغییر شکل تیر
۴۳۰	۴-۹ ^۰ تعیین مستقیم منحنی الاستیک یا تغییر شکل از روی توزیع بار
۴۳۱	۵-۹ تیرهای نامعین استاتیکی
۴۴۰	۶-۹ ^۰ استفاده از توابع نکینی جهت تعیین شیب و تغییر شکل خمشی تیر
۴۴۸	۷-۹ روش برهم نهی یا جمع آثار قوا
۴۵۰	۸-۹ کاربرد اصل برهم نهی در مورد تیرهای نامعین استاتیکی
۴۵۸	۹-۹ ^۰ قضایای گشتاور سطح
۴۶۰	۱۰-۹ ^۰ کاربرد قضایای گشتاور سطح در مورد تیرهای طره و تیرهای با بارگذاری متقارن
۴۶۲	۱۱-۹ ^۰ ترسیم جزء به جزء نمودار گشتاور خمشی
۴۶۹	۱۲-۹ ^۰ کاربرد قضایای گشتاور سطح در مورد تیرهای با بارگذاری نامتقارن
۴۷۱	۱۳-۹ ^۰ حداکثر تغییر شکل خمشی
۴۷۳	۱۴-۹ ^۰ استفاده از قضایای گشتاور سطح برای تیرهای نامعین استاتیکی
۴۸۰	دوره و خلاصه مطالب فصل ۹

فصل ۱۰

ستونها

(۴۸۹)

۴۹۰	۱-۱۰ مقدمه
۴۹۰	۲-۱۰ پایداری سازه‌ها
۴۹۲	۳-۱۰ رابطه اولر برای ستونهای دوسر مفصل
۴۹۴	۴-۱۰ تعیین رابطه اولر به ستونهای با دیگر شرایط انتهایی
۵۰۱	۵-۱۰ ^۰ بارگذاری برون مرکز، رابطه سکانت
۵۰۹	۶-۱۰ طراحی ستونهای تحت بار مرکزی
۵۲۰	۷-۱۰ طراحی ستونهای تحت بار برون مرکز
۵۲۷	دوره و خلاصه مطالب فصل ۱۰

فصل ۱۱

روشهای انرژی

(۵۳۴)

۵۳۳	۱-۱۱ مقدمه
-----	------------

درباره نویسندگان



Ferdinand P. Beer و Russell Johnston, Jr.

به عنوان ناشرین کتابهای Ferd Beer و Russ Johnston اغلب از ما پرسیده می‌شود که چگونه آنها با همکاری یکدیگر به نگارش این کتابها پرداخته‌اند، در حالی که یکی از آن دو در دانشگاه Lehigh و دیگری در دانشگاه Connecticut مشغول تدریس بوده است.

پاسخ این پرسش ساده است. اولین کار تدریس Russ Johnston در دانشکده مهندسی عمران و مکانیک دانشگاه Lehigh بوده است. در آن جا وی با Ferd Beer آشنا شد که دو سال زودتر به این دانشکده پیوسته بود و مسئولیت دروسهای مکانیک را بر عهده داشت. Ferd در فرانسه متولد شده است و پس از پایان تحصیلات خود در فرانسه و سوئیس (با مدرک کارشناسی ارشد از دانشگاه Sorbonne و مدرک دکترای علوم در حوزه مکانیک نظری از دانشگاه Geneva) و خدمت در ارتش فرانسه، در اوایل جنگ جهانی دوم به ایالات متحده آمد و به مدت چهار سال در کالج Williams در برنامه مشترک هنر و مهندسی Williams-MIT به تدریس پرداخت. Russ متولد فیلادلفیا است و مدرک کارشناسی خود را در مهندسی عمران از دانشگاه Delaware و مدرک دکترای علوم خود را در حوزه مهندسی سازه از MIT دریافت کرده است.

Ferd متوجه شد که مرد جوانی که بیشتر برای تدریس دروس پیشرفته مهندسی سازه استخدام شده است، نه تنها برای کمک به سازماندهی مجدد دروس مکانیک علاقمند است، بلکه به این کار اشتیاق دارد. هر دو بر این عقیده بودند که این درسها باید از اصول پایه تدریس شوند و در صورت ارائه تصویری مطالب، دانشجویان نه تنها درک بهتری از مفاهیم مختلف خواهند داشت، بلکه مطالب را بهتر به خاطر خواهند سپرد. این دو به همراه یکدیگر مطالب درسی استاتیک و دینامیک را تدریس کردند و در مرحله بعد مسایلی را به آن افزودند که فکر می‌کردند برای مهندسين آینده جذاب خواهند بود. بدین ترتیب نسخه دست‌نویس اولین ویرایش کتاب «مکانیک برای مهندسين» آماده شد. Russ Johnston ویرایش دوم «مکانیک برای مهندسين» و ویرایش اول «مکانیک برداری برای مهندسين» را در «مؤسسه پلی‌تکنیک Worcester» و ویرایشهای بعدی را در دانشگاه Connecticut تدوین کرد. در این ضمن Ferd و Russ هر دو در دانشکده‌های خود مسئولیتهای اداری داشتند و هر دو به کار تحقیق، مشاوره و نظارت بر دانشجویان کارشناسی مشغول بودند، در زمینه فرآیندهای تصادفی و ارتعاشهای تصادفی و Russ در زمینه پایداری الاستیک و تحلیل و طراحی سازه. با این حال علاقه آنها به بهبود روش تدریس دروسهای پایه‌ای مکانیک فروکش نکرد و هر دو در ضمن اصلاح متون درسی خود و تدریس بخشهایی از این دروس، به کمک یکدیگر به نگارش نسخه دست‌نویس اولین ویرایش کتاب «مقاومت مصالح» پرداختند.

نقش Ferd و Russ در آموزش مهندسی برای آنها افتخارات و جوایزی به ارمغان آورد. آنها جایزه نقدی Western Electric را به دلیل برتری در آموزش دانشجویان مهندسی از بخشهای منطقه‌ای «انجمن آموزش مهندسی آمریکا» و جایزه «استاد برجسته» را از بخش مکانیک همان انجمن دریافت کردند. Russ در سال ۱۹۹۱ جایزه «مهندس برجسته عمران» را از بخش Connecticut «انجمن مهندسين عمران آمریکا» و Ferd در سال ۱۹۹۵ دکترای افتخاری مهندسی را از دانشگاه Lehigh دریافت کرد.

John T. DeWolf پرفسور مهندسی عمران در دانشگاه Connecticut به عنوان نویسنده و ویرایش دوم کتاب «مقاومت مصالح» به گروه Beer و Johnston پیوست. John مدرک کارشناسی خود را در مهندسی عمران از دانشگاه Hawaii و مدرک کارشناسی ارشد و دکترای خود را در مهندسی سازه از دانشگاه Cornell دریافت کرده است. حوزه تحقیقاتی وی در پایداری الاستیک، مراقبت پل و تحلیل و طراحی سازه است. وی یکی از اعضای هیئت بررسی «مهندسان حرفه‌ای Connecticut» است.

پیش‌گفتار

اهداف

هدف اصلی از درس مکانیک پایه توانا ساختن دانشجویان مهندسی در تحلیل یک مسئله معین به روشی ساده و منطقی و استفاده از چند اصل اساسی و کاملاً مفهوم در این راه است. این کتاب که به عنوان اولین درس مقاومت مصالح تدوین شده است، به دانشجویان سال دوم مهندسی تدریس می‌شود. نویسندگان کتاب امیدوارند که این کتاب نیز همانند دیگر کتابهای درسی آنها در موضوع استاتیک و دینامیک، به اساتید دانشگاه به دستیابی به این هدف در این درس کمک کند.

شیوه عمومی

در این کتاب بررسی مقاومت مصالح بر اساس درک چند مفهوم پایه و با استفاده از مدل‌های ساده انجام می‌شود. با این روش می‌توان تمامی روابط لازم را به شکلی منطقی و عقلانی به دست آورد و به روشنی شرایطی را که می‌توان از آنها به شکلی ایمن برای تحلیل و طراحی سازه‌های واقعی مهندسی و اجزای مکانیکی استفاده کرد، مشخص ساخت.

استفاده گسترده از نمودار جسم آزاد: در سرتاسر کتاب برای تعیین نیروهای داخلی یا خارجی از نمودار جسم آزاد استفاده می‌شود. همچنین استفاده از معادله‌های تصویری نیز به دانشجو در درک اصل برهم نهی یا جمع آثار قوای بارگذارها و تنشها و تغییر شکل‌های حاصل کمک می‌کند.

مطرح شدن مفاهیم طراحی در سرتاسر کتاب در موارد مناسب: موضوع استفاده از ضریب ایمنی در طراحی در فصل ۱ مورد بررسی قرار می‌گیرد که در آن هر دو مفهوم طراحی به روش تنش مجاز و طراحی بر اساس ضرایب بار و مقاومت مطرح می‌گردد.

بخشهای اختیاری از مباحث پیشرفته و ویژه: برای استفاده در درسهایی با گرایشهای مختلف، در بخشهای اختیاری عناوینی همچون تنشهای پسماند، پیچش اعضای غیر گرد جدار نازک، خمش تیرهای خمیده، تنشهای برشی در اعضای نامتقارن و معیارهای گسیختگی در نظر گرفته شده‌اند. برای حفظ انسجام موضوع، این عناوین در جای منطقی خود با ترتیب صحیح ارائه شده‌اند. بنابراین حتی در صورت مطرح نشدن در درس، به آسانی قابل مشاهده بوده و دانشجو می‌تواند در صورت ضرورت در درس بعدی یا کار مهندسی به آنها مراجعه کند. از نظر راحتی تمامی این بخشهای اختیاری با ستاره مشخص شده‌اند.

سازمان فصلها

فرض بر این است که دانشجویانی که از این کتاب استفاده می‌کنند، درس استاتیک را به پایان رسانده‌اند. با این حال فصل ۱ این کتاب به منظور دوره کردن مفاهیم مطرح شده در آن درس در نظر گرفته شده است و نمودارهای نیروی برشی و گشتاور خمشی به تفصیل در بخشهای ۲-۵ و ۳-۵ مطرح می‌شوند. خصوصیات گشتاورهای لختی سطح و مرکز سطح در پیوست الف شرح داده شده‌اند. از این مطالب می‌توان برای موضوع تعیین تنشهای عمودی و برشی در تیرها بهره گرفت (فصلهای ۴، ۵ و ۶).

در چهار فصل اول این کتاب به ترتیب به تحلیل تنشها و تغییر شکل‌های متناظر در اعضای سازه‌ای مختلف با توجه به بارگذاری محوری، پیچش و خمش خالص پرداخته می‌شود. هر تحلیل بر پایه چند مفهوم اساسی استوار است که عبارتند از: شرایط تعادل نیروهای وارد بر عضو، روابط موجود میان تنش و کرنش در مصالح و شرایط تکیه‌گاهی و بارگذاری عضو. بررسی هر نوع بارگذاری با استفاده از تعداد زیادی مثال، مسئله نمونه و مسایل تکلیف انجام می‌شود که همگی برای تقویت درک دانشجو از موضوع طراحی شده‌اند.

مفهوم تنش در یک نقطه در فصل ۱ مطرح می‌شود و در آن جا نشان داده خواهد شد که بسته به مقطع مورد نظر، بار محوری هم تنش برشی ایجاد می‌کند و هم تنش عمودی. در فصلهای ۳ و ۴ در موضوع پیچش و خمش خالص بر این واقعیت دوباره تأکید می‌شود که تنشها به جهت سطح مورد نظر بستگی دارند. با این حال بحث روشهای محاسبه‌ای همچون دایره مور تا فصل ۷ به توفیق انداخته می‌شود تا دانشجو پس از حل مسایل مربوط به ترکیب

بارگذاریها، خود از ضرورت این روشها آگاه شود.

بحث رابطه میان تنش و کرنش در مصالح مختلف که در فصل ۲ مطرح می‌شود، مواد مرکب مسطح به الیاف شیشه را نیز شامل می‌شود. همچنین بررسی تیرها در زیر بارهای عرضی نیز در دو فصل جداگانه مطرح می‌شود. فصل ۵ به تعیین تنشهای عمودی در تیر و طراحی تیرها بر اساس تنش عمودی مجاز در مصالح مورد استفاده اختصاص داده شده است (بخش ۴-۵). این فصل با موضوع نمودارهای نیروی برشی و گشتاور خمشی آغاز می‌شود (بخشهای ۵-۲ و ۳-۵) و بخشی اختیاری را در مورد استفاده از توابع تکین در تعیین نیروی برشی و گشتاور خمشی در تیر شامل می‌شود (بخش ۵-۵). این فصل با بخشی اختیاری در مورد تیرهای غیرمنشوری به پایان می‌رسد (بخش ۵-۶).

فصل ۶ به تعیین تنشهای برشی در تیرها و اعضای جدار نازک در زیر بارهای عرضی اختصاص داده شده است. رابطه جریان برش ($q=VQ/I$) به سبک سنتی به دست می‌آید. جنبه‌های پیشرفته‌تر طراحی تیرها مانند تعیین تنشهای اصلی در محل تقاطع بال و جان تیرهای W در فصل ۸ مطرح می‌شود، فصلی اختیاری که به دنبال موضوع تبدیلهای تنش در فصل ۷ خواهد آمد. طراحی محورهای انتقال نیرو و همین‌طور تعیین تنشها در زیر بارگذاریهای مرکب نیز به همین دلیل در این فصل مطرح می‌شود و بدین ترتیب اکنون می‌توان تعیین تنشهای اصلی، صفحات اصلی و حداکثر تنش برشی در یک نقطه معین را نیز بررسی کرد.

مسائل نامعین استاتیکی که ابتدا در فصل ۲ مطرح می‌شوند، در سرتاسر کتاب برای شرایط مختلف بارگذاری مورد استفاده قرار می‌گیرند. بدین ترتیب دانشجویان در مرحله نخست با روش حلی آشنا می‌شوند که در آن تحلیل تغییر شکلها همراه با تحلیل مرسوم مورد استفاده نیروها در استاتیک انجام می‌شود. با این شیوه دانشجویان در پایان درس با این روش اساسی کاملاً آشنا خواهند بود. به علاوه این شیوه به دانشجویان به درک این موضوع کمک می‌کند که تنشها به خودی خود از نظر استاتیکی نامعین‌اند و آنها را تنها می‌توان با در نظر گرفتن توزیع کرنشهای متناظر محاسبه کرد.

مفهوم تغییر شکل خمیری یا پلاستیک در فصل ۲ در موضوع تحلیل اعضا در زیر بارگذاری محوری مطرح می‌شود. مسایل مربوط به تغییر شکل پلاستیک محورهای گرد و تیرهای منشوری نیز در بخشهای اختیاری فصلهای ۳، ۴ و ۶ مطرح می‌شوند. اگر چه استاد به اختیار خود می‌تواند برخی از این مطالب را حذف کند، اما گنجانیدن آنها در این کتاب به درک دانشجویان از محدودیتهای فرض رابطه خطی تنش - کرنش کمک می‌کند و به آنها در مورد استفاده نادرست از روابط پیچش و خمش الاستیک هشدار می‌دهد.

چگونگی تعیین تغییر شکل خمشی تیرها در فصل ۹ مورد بررسی قرار می‌گیرد. نیمه نخست این فصل به روش انتگرال‌گیری و روش برهم نهی یا جمع آثار قوا و بخشی اختیاری (بخش ۹-۶) در مورد استفاده از روابط تکین اختصاص دارد (از این بخش تنها باید در صورتی استفاده کرد که پیش از آن بخش ۵-۵ مطرح شده باشد). نیمه دوم فصل ۹ حالت اختیاری دارد. در این قسمت روش گشتاور-سطح در دو درس مطرح می‌شود.

فصل ۱۰ به ستونها اختصاص دارد و مطالب مربوط به طراحی ستونهای فولادی، آلومینیومی و چوبی را شامل می‌شود. در فصل ۱۱ به روشهای انرژی شامل قضیه کاستیلیانو (Castigliano) پرداخته می‌شود.

ویژگیهای آموزشی

هر فصل با مقدمه‌ای شامل اهداف فصل و شرح ساده مطالب مطرح شده و کاربرد آنها در حل مسایل مهندسی آغاز می‌شود.

درسهای فصل: متن این کتاب به قسمتهایی تقسیم‌بندی شده که در هر یک از آنها یک یا چند بخش نظری و به دنبال آن مسایل ساده و تعداد زیادی مسایل تکلیف آمده است. هر قسمت به عنوان مشخصی اختصاص دارد که معمولاً آن را می‌توان در یک درس مطرح ساخت.

مثالها و مسایل نمونه: در بخشهای نظری مثالهای زیادی به منظور به تصویر کشیدن مطالب و آسان ساختن درک آنها ارائه می‌شود. مسایل نمونه به منظور نشان دادن برخی از کاربردهای تئوری در حل مسایل مهندسی آورده شده‌اند. از آن جا که این مسایل بیشتر به همان شیوای تنظیم شده‌اند که دانشجوی باید در حل تکالیف خود از آن پیروی کند، مسایل نمونه وظیفه دوگانه شرح مطلب و به تصویر کشیدن شیوه کار تمیز و مرتبی را بر عهده دارند که دانشجوی باید در حل مسایل خود آن را به کار بندد.

مجموعه مسایل تکلیف: بیشتر مسایل ماهیت عملی دارند و از این نظر باید برای دانشجویان مهندسی جذاب باشند. با این حال این مسایل در وهله نخست برای به تصویر کشیدن مطالب ارائه شده در کتاب و کمک به دانشجوی در درک اصول اساسی مورد استفاده در مقایسه مصالح طراحی شده‌اند.

مسائل بر اساس مطالبی که به تصویر می‌کشند، دسته‌بندی شده‌اند و به ترتیب دشوارتر می‌شوند. مسائل دارای نکات ویژه با ستاره مشخص شده‌اند. پاسخ مسائل در انتهای کتاب آورده شده است، البته به جز مواردی که شماره مسئله با حروف ایتالیک نوشته شده است.

دوره و خلاصه مطالب فصل: هر فصل با دوره و خلاصه کردن مطالب فصل به پایان می‌رسد. یادداشتهای حاشیه به منظور کمک به دانشجو در درک مطالب دوره شده آورده شده‌اند و برای کمک به پیدا کردن بخشهایی از مطالب جهت توجه ویژه نیز مراجعی ذکر شده است.

مسائل دوره

در پایان هر فصل یک مجموعه مسائل دوره آورده شده است. این مسائل به دانشجو فرصت بیشتری می‌دهند تا اکثر مفاهیم مهم مطرح شده در فصل را به کار بندد.

مسائل کامپیوتری

دسترسی به کامپیوترهای شخصی به دانشجویان مهندسی امکان می‌دهد تا تعداد بیشتری از مسائل دشوار را حل کنند. در پایان هر فصل مجموعه‌ای از شش یا تعداد بیشتری از مسائل جهت حل کامپیوتری ارائه شده است. تدوین الگوریتم مورد نیاز حل یک مسئله معین به دو روش به دانشجو کمک می‌کند: (۱) کمک به درک بهتر اصول مکانیک، (۲) فراهم ساختن فرصتی برای به کار بستن مهارتهای کسب شده در درس برنامه‌ریزی کامپیوتر در حل یک مسئله مهندسی هدفمند.

مبانی آزمون مهندسی

مهندسی که به دنبال دریافت پروانه اشتغال «مهندس حرفه‌ای» هستند باید در دو آزمون شرکت کنند. اولین آزمون یعنی «مبانی آزمون مهندسی» شامل مطالب موضوعی مقاومت مصالح است. در پیوست ه فهرست عناوینی از «مقاومت مصالح» که در این آزمون مطرح می‌شوند به همراه مسایلی که به دوره کردن این مطالب کمک می‌کند، آورده شده است.

سپاسگزاری

نویسندگان از شرکتهای بسیاری که عکسهایی را برای ویرایش جدید در اختیار گذاشته‌اند، سپاسگزاری می‌کنند. همچنین از تلاش راسخانه و شکیبایی جستجوگر این تصاویر خانم Sabina Dowell قدردانی می‌شود.

از Dennis Ormand از شرکت Fine Line Illustrations of Farmingdale, New York به دلیل تصاویر هنرمندانه‌اش که تأثیر متن را دو چندان کرده است، تشکر می‌شود.

سپاسگزاری ویژه خود را از پروفیسور Dean Updike از دانشکده مهندسی مکانیک و مکانیک دانشگاه Lehigh به دلیل شکیبایی و همکاری در بررسی حل و پاسخ تمامی مسائل این ویرایش جدید ابراز می‌داریم.

همچنین از همیاری، اظهار نظر و پیشنهادات ارائه شده توسط خوانندگان و ویرایشهای پیشین کتاب «مقاومت مصالح» سپاسگزاری می‌شود.

فهرست نمادها

بار نهایی (LRFD)	P_f	ثابت، فاصله	a
نیروی برشی در واحد طول، جریان برش	q	نیرو، واکنش	C, B, A, \dots
نیرو	Q	نقاط	\dots, C, B, A
گشتاور اول سطح	Q	سطح	(t, l)
شعاع، شعاع چرخش	r	فاصله، عرض	b
نیرو، واکنش	R	ثابت، فاصله، شعاع	c
شعاع، مدول گسیختگی	R	مرکز سطح	C
طول	s	ثابت انتگرال گیری	\dots, C_1, C_2
اساس مقطع الاستیک	S	ضریب پایداری ستون	C_p
ضخامت، فاصله، انحراف مماسی	t	فاصله، قطر، عمق	d
گشتاور پیچشی	T	قطر	D
دما	T	فاصله، برون مرکزی، انبساط واحد حجم	e
مختصات عمودی	U, u	مدول الاستیسیته	E
چگالی انرژی کرنشی	u	بسامد (فرکانس)، تابع	f
انرژی کرنشی، کار	U	نیرو	F
سرعت	v	ضریب ایمنی	$F.S.$
نیروی برشی	v	مدول برشی	G
حجم، برش	V	فاصله، ارتفاع	h
عرض، فاصله، بار در واحد طول	w	نیرو	H
وزن، بار	W, w	نقطه	K, J, H
مختصات عمودی، فاصله، تغییر مکان، تغییر شکل	x, X, Δ	گشتاور لختی سطح (ممان اینرسی)	I, I_1, I_2
مختصات مرکز سطح	x, X	حاصل ضرب لختی سطح	I
اساس مقطع پلاستیک	Z	گشتاور لختی قطبی سطح	J
زاویه	θ, θ_0	ثابت فنر، ضریب شکل، مدول الاستیسیته حجمی	k
ضریب انبساط حرارتی	α	ضریب تمرکز تنش، ثابت فنر پیچشی	k_s
کرنش برشی، وزن مخصوص	γ	طول، دهانه	l
ضریب بار، بار مرده (LRFD)	γ_D	طول، دهانه	l
ضریب بار، بار زنده (LRFD)	γ_L	طول مؤثر	l_e
تغییر شکل، تغییر مکان	δ	جرم	m
کرنش عمودی	ϵ	کوپل	M
زاویه، شیب	θ	گشتاور خمشی	\dots, M_1, M_2
کسینوس هادی	λ	گشتاور خمشی، بار مرده (LRFD)	M_D
نسبت پواسون	ν	گشتاور خمشی، بار زنده (LRFD)	M_L
شعاع انحناء، فاصله، جرم مخصوص	ρ	گشتاور خمشی، بار نهایی (LRFD)	M_U
تنش عمودی	σ	عدد، نسبت مدولهای الاستیسیته، جهت عمودی	n
تنش برشی	τ	فشار	p
زاویه، زاویه پیچش، ضریب مقاومت	ϕ	نیرو، بار متمرکز	P
سرعت زاویه‌ای	ω	بار مرده (LRFD)	P_D
		بار زنده (LRFD)	P_L