

فردیناند پی. بی. یر، ای. راسل جانستون، جان تی. دی ولف

# مقاومت مصالح

ویراست چهارم

ترجمه دکتر ابراهیم واحدیان



نشر علوم دانشگاهی



نشر علوم دانشگاهی

### مقاومت مصالح (ویراست چهارم)

تألیف فردیناند پی. بی. پر، ای. راسل جانستون، جان تی. دی. ولف

ترجمه دکتر ابراهیم واحدیان

ویراسته محمد حسن پور

حروفچینی و صفحه‌آرایی: واحد تولید نشر علوم دانشگاهی

حروف نگار: ندا جبار

نسخه پرداز: فریبا ارجمندی خالیدی

اجرای تصاویر اسکنری: نوشین میرمسیب

اجرای جلد: محمدرضا میرایی

نشر علوم دانشگاهی، تهران

چاپ اول: ۱۳۸۶

۶۶۰۰ نسخه

لیتوگرافی، نورنگ

چاپ و صحافی، پژواک اندیشه

۸۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۶۱۸۶-۸۱-۱ EAN 978-964-6186-81-1

حقوق چاپ برای نشر علوم دانشگاهی محفوظ است

فهرست‌نویسی پیش از انتشار

Beer, Ferdinand pierre

سرشناسه: بیر، فردیناند پیر، ۱۹۱۵- م.

عنوان و پدیدآور: مقاومت مصالح / تألیف فردیناند پی. بی. پر، ای. راسل جانستون، جان تی. دی. ولف:

ترجمه ابراهیم واحدیان؛ ویراسته محمد حسن پور

مشخصات نشر: تهران: نشر علوم دانشگاهی، ۱۳۸۶.

مشخصات ظاهری: ۱۴، ۴۹۸ ص.، مصور، جدول.

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۶۱۸۶-۸۱-۱

وضعیت فهرست‌نویسی: فیا

Mechanics of materials, 4th ed, c2006

یادداشت: عنوان اصلی:

موضوع: مقاومت مصالح

شناسه افزوده: جانستون الود راسل، ۱۹۲۵- م.

شناسه افزوده: Johnston, Elwood Russell

شناسه افزوده: دولف، جان

شناسه افزوده: Dewolf, John T.

شناسه افزوده: واحدیان، ابراهیم، ۱۳۰۴-، مترجم.

رده‌بندی کنگره: ۱۳۸۶ م ۹ ب ۴۰۵ TA

رده‌بندی دهویی: ۶۲۰/۱۱۲

شماره کتابخانه ملی: ۱۰۲۸۲۸۳

تهران: خیابان انقلاب، خیابان روانمهر، بین فخر رازی و دانشگاه، پلاک ۱۴۱،

کدپستی: ۱۳۱۴۸، صندوق پستی: ۳۱۴۵/۳۴۶، تلفن ۶۶۴۱۳۴۴۶ و ۶۶۴۶۶۸۲۵، نمابر ۶۶۴۱۹۶۰۸

## فهرست

|    |                                                                                     |      |       |                |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|----------------|
| ۴  | توزیع تنش و کرنش تحت بارگذاری محوری؛ اصل سن و نان                                   | ۱۷.۲ | پنج   | سخن ناشر       |
| ۶  | تمرکز تنش                                                                           | ۱۸.۲ | هفت   | پیشگفتار مترجم |
| ۷  | تغییر شکل مومسان                                                                    | ۱۹.۲ | نه    | درباره مؤلفان  |
| ۹  | تنشهای مانده                                                                        | ۲۰.۲ | یازده | پیشگفتار       |
| ۲۴ | دوره و خلاصه برای فصل ۲                                                             |      |       |                |
| ۱  | فصل ۱. مقدمه - مفهوم تنش                                                            |      |       |                |
| ۱  | ۱.۱ مقدمه                                                                           |      |       |                |
| ۱  | ۲.۱ مروری کوتاه از روشهای استاتیک                                                   |      |       |                |
| ۲  | ۳.۱ تنشها در عضوهای یک سازه                                                         |      |       |                |
| ۳  | ۴.۱ تحلیل و طراحی                                                                   |      |       |                |
| ۵  | ۵.۱ بارگذاری محوری؛ تنش عمودی                                                       |      |       |                |
| ۱  | ۶.۱ تنشهای برشی                                                                     |      |       |                |
| ۳  | ۷.۱ تنش تکیه گاهی در اتصالها                                                        |      |       |                |
| ۱۰ | ۸.۱ کاربرد تنش در تحلیل و طراحی سازه های ساده                                       |      |       |                |
| ۱۰ | ۹.۱ روش حل مسئله                                                                    |      |       |                |
| ۱۰ | ۱۰.۱ دقت عددی                                                                       |      |       |                |
| ۵  | ۱۱.۱ تنش وارد شده بر روی صفحه ای مایل تحت بارگذاری محوری                            |      |       |                |
| ۵  | ۱۲.۱ تنش در شرایط بارگذاری عمومی؛ مؤلفه های تنش                                     |      |       |                |
| ۱۳ | ۱۳.۱ نظریات طراحی                                                                   |      |       |                |
| ۲۰ | دوره و خلاصه برای فصل ۱                                                             |      |       |                |
| ۲۷ | فصل ۲. تنش و کرنش - بارگذاری محوری                                                  |      |       |                |
| ۲۷ | ۱.۲ مقدمه                                                                           |      |       |                |
| ۲۸ | ۲.۲ کرنش عمودی تحت بارگذاری محوری                                                   |      |       |                |
| ۲۹ | ۳.۲ نمودار تنش - کرنش                                                               |      |       |                |
| ۳۱ | ۴.۲ تنش حقیقی و کرنش حقیقی                                                          |      |       |                |
| ۳۱ | ۵.۲ قانون هوک، مدول کشسانی                                                          |      |       |                |
| ۳۳ | ۶.۲ رفتار کشسان ماده در برابر رفتار مومسان آن                                       |      |       |                |
| ۳۹ | ۷.۲ بارگذاری مکرر؛ خستگی                                                            |      |       |                |
| ۴۱ | ۸.۲ تغییر شکل عضوها در بارگذاری محوری                                               |      |       |                |
| ۴۶ | ۹.۲ مسئله هایی که از نظر استاتیکی نامعین اند                                        |      |       |                |
| ۴۸ | ۱۰.۲ مسئله هایی که در آنها دما تغییر می کند                                         |      |       |                |
| ۵۰ | ۱۱.۲ نسبت بواسون                                                                    |      |       |                |
| ۵۰ | ۱۲.۲ بارگذاری چندمحوری؛ تعمیم قانون هوک                                             |      |       |                |
| ۵۶ | ۱۳.۲ انبساط حجمی، مدول حجمی                                                         |      |       |                |
| ۶۱ | ۱۴.۲ کرنش برشی                                                                      |      |       |                |
| ۶۴ | ۱۵.۲ بحث بیشتر درباره تغییر شکلهای تحت بارگذاری محوری؛ رابطه میان $E$ ، $\nu$ و $G$ |      |       |                |
| ۷۱ | ۱۶.۲ روابط تنش - کرنش برای مواد ترکیب شده فیبر مسلح                                 |      |       |                |
| ۷۷ | دوره و خلاصه برای فصل ۲                                                             |      |       |                |
| ۱  | فصل ۳. پیچش                                                                         |      |       |                |
| ۱  | ۱.۳ مقدمه                                                                           |      |       |                |
| ۲  | ۲.۳ بحث مقدماتی درباره تنشهای موجود در میل گردان                                    |      |       |                |
| ۳  | ۳.۳ تغییر شکل در میل گردان دایره ای                                                 |      |       |                |
| ۵  | ۴.۳ تنشهای موجود در گستره کشان                                                      |      |       |                |
| ۱  | ۵.۳ زاویه پیچش در گستره کشسان                                                       |      |       |                |
| ۳  | ۶.۳ میل گردانهایی که از نظر استاتیکی نامعین اند                                     |      |       |                |
| ۱۰ | ۷.۳ طراحی میل گردانهای انتقال                                                       |      |       |                |
| ۱۰ | ۸.۳ تمرکز تنش در میل گردانهای دایره ای                                              |      |       |                |
| ۵  | ۹.۳ تغییر شکلهای پلاستیک (مومسان) در میل گردانهای دایره ای                          |      |       |                |
| ۵  | ۱۰.۳ میل گردانهای دایره ای ساخته شده از ماده کشان - مومسان                          |      |       |                |
| ۵  | ۱۱.۳ تنشهای مانده در میل گردان دایره ای                                             |      |       |                |
| ۱۳ | ۱۲.۳ پیچش عضوهای غیر دایره ای                                                       |      |       |                |
| ۱۴ | ۱۳.۳ میل گردانهای توخالی جدار - نازک                                                |      |       |                |
| ۲۰ | دوره و خلاصه برای فصل ۳                                                             |      |       |                |
| ۲۷ | فصل ۴. خمش خالص                                                                     |      |       |                |
| ۲۷ | ۱.۴ مقدمه                                                                           |      |       |                |
| ۲۸ | ۲.۴ عضو متقارن در خمش خالص                                                          |      |       |                |
| ۲۹ | ۳.۴ تغییر شکل عضو متقارن در خمش خالص                                                |      |       |                |
| ۳۱ | ۴.۴ تنشها و تغییر شکلهای ناحیه کشان                                                 |      |       |                |
| ۳۳ | ۵.۴ تغییر شکل در سطح مقطع عرضی                                                      |      |       |                |
| ۳۹ | ۶.۴ خمش عضو هایی که از چند ماده ساخته شده اند                                       |      |       |                |
| ۴۱ | ۷.۴ تمرکز تنش                                                                       |      |       |                |
| ۴۶ | ۸.۴ تغییر شکلهای مومسان                                                             |      |       |                |
| ۴۸ | ۹.۴ عضو هایی که از ماده کشان - مومسان ساخته شده اند                                 |      |       |                |
| ۵۰ | ۱۰.۴ تغییر شکلهای مومسان عضو های دارای یک صفحه تقارن                                |      |       |                |
| ۵۰ | ۱۱.۴ تنشهای مانده                                                                   |      |       |                |
| ۵۶ | ۱۲.۴ بارگذاری محوری خارج از مرکز در صفحه تقارن                                      |      |       |                |
| ۶۱ | ۱۳.۴ خمش نامتقارن                                                                   |      |       |                |
| ۶۴ | ۱۴.۴ حالت کلی بارگذاری محوری خارج از مرکز                                           |      |       |                |
| ۷۱ | ۱۵.۴ خمش عضو های خمیده                                                              |      |       |                |
| ۷۷ | دوره و خلاصه برای فصل ۴                                                             |      |       |                |

## فصل ۵. تحلیل و طراحی خمش در تیرها

|     |                                                     |     |      |                                                                |
|-----|-----------------------------------------------------|-----|------|----------------------------------------------------------------|
| ۱.۵ | مقدمه                                               | ۱۸۳ | ۴.۹  | تعیین مستقیم منحنی کشسانی به کمک توزیع بار                     |
| ۲.۵ | نمودارهای برش و گشتاور خمشی                         | ۱۸۳ | ۵.۹  | تیرهای از نظر استاتیکی نامعین                                  |
| ۳.۵ | روابط بین بار، برش و گشتاور خمشی                    | ۱۸۵ | ۶.۹  | کاربرد توابع تکینی برای تعیین شیب و تغییر مکان در تیر          |
| ۴.۵ | طراحی تیرهای منشوری در خمش                          | ۱۹۱ | ۷.۹  | روش برهم‌نهی                                                   |
| ۵.۵ | استفاده از توابع تکینی برای تعیین برش و گشتاور خمشی | ۱۹۷ | ۸.۹  | کاربرد اصل برهم‌نهی برای تیرهایی که از نظر استاتیکی نامعین‌اند |
|     | در یک تیر                                           | ۲۰۳ | ۹.۹  | قضایای گشتاور سطح                                              |
| ۶.۵ | تیرهای غیرمنشوری                                    | ۲۱۱ | ۱۰.۹ | کاربرد قضیه گشتاور سطح در تیرهای یک‌سرگردار و                  |
|     | دوره و خلاصه برای فصل ۵                             | ۲۱۶ |      | تیرهای با بارگذاری متقارن                                      |

## فصل ۶. تنشهای برشی در تیرها و عضوهای جدار نازک

|     |                                                      |     |      |                                                                 |
|-----|------------------------------------------------------|-----|------|-----------------------------------------------------------------|
| ۱.۶ | مقدمه                                                | ۲۲۱ | ۱۱.۹ | نمودارهای جزء به جزء گشتاور خمشی                                |
| ۲.۶ | برش بر وجه افقی یک جزء تیر                           | ۲۲۱ | ۱۲.۹ | کاربرد قضایای گشتاور سطح برای تیرهای با بارگذاری نامتقارن       |
| ۳.۶ | تعیین تنشهای برشی در یک تیر                          | ۲۲۲ | ۱۳.۹ | تغییر مکان ماکزیمم                                              |
| ۴.۶ | تنشهای برشی $\tau_{xy}$ در انواع تیرهای متداول       | ۲۲۳ | ۱۴.۹ | استفاده از قضایای گشتاور سطح برای تیرهای از نظر استاتیکی نامعین |
| ۵.۶ | بحث بیشتر درباره توزیع تنشها در تیر مستطیل شکل باریک | ۲۲۴ |      | دوره و خلاصه برای فصل ۹                                         |
| ۶.۶ | برش طولی بر یک جزء تیر در برش دلخواه                 | ۲۲۵ |      |                                                                 |
| ۷.۶ | تنشهای برشی در عضوهای جدار نازک                      | ۲۳۰ |      |                                                                 |
| ۸.۶ | تغییر شکلهای مومسان                                  | ۲۳۱ |      |                                                                 |
| ۹.۶ | بارگذاری غیرمتقارن عضوهای جدار نازک؛ مرکزوار برش     | ۲۳۲ |      |                                                                 |
|     | دوره و خلاصه برای فصل ۶                              | ۲۳۹ |      |                                                                 |

## فصل ۷. تبدیلهای تنش و کرنش

|      |                                              |     |  |  |
|------|----------------------------------------------|-----|--|--|
| ۱.۷  | مقدمه                                        | ۲۴۷ |  |  |
| ۲.۷  | تبدیل تنش صفحه‌ای                            | ۲۵۲ |  |  |
| ۳.۷  | تنشهای اصلی؛ تنش برشی ماکزیمم                | ۲۵۲ |  |  |
| ۴.۷  | دایره مور برای تنشهای صفحه‌ای                | ۲۵۳ |  |  |
| ۵.۷  | حالت کلی تنش                                 | ۲۵۴ |  |  |
| ۶.۷  | کاربرد دایره مور در تحلیل سه‌بعدی تنش        | ۲۶۰ |  |  |
| ۷.۷  | معیارهای تسلیم مواد شکل‌پذیر تحت تنش صفحه‌ای | ۲۶۵ |  |  |
| ۸.۷  | معیار شکست مواد شکننده تحت تنش صفحه‌ای       | ۲۶۶ |  |  |
| ۹.۷  | تنش در مخازن تحت فشار جدار نازک              | ۲۶۸ |  |  |
| ۱۰.۷ | تبدیل کرنش صفحه‌ای                           | ۲۶۹ |  |  |
| ۱۱.۷ | دایره مور برای کرنش صفحه‌ای                  | ۲۷۵ |  |  |
| ۱۲.۷ | تحلیل سه‌بعدی کرنش                           | ۲۸۰ |  |  |
| ۱۳.۷ | اندازه‌گیری کرنش با گلبیگ کرنش               | ۲۸۲ |  |  |
|      | دوره و خلاصه برای فصل ۷                      | ۲۸۳ |  |  |

## فصل ۸. تنشهای اصلی تحت یک بارگذاری مفروض

|     |                                 |     |  |  |
|-----|---------------------------------|-----|--|--|
| ۱.۸ | مقدمه                           | ۲۹۵ |  |  |
| ۲.۸ | تنشهای اصلی در یک تیر           | ۲۹۵ |  |  |
| ۳.۸ | طراحی میل‌گردانه‌ای انتقال      | ۲۹۷ |  |  |
| ۴.۸ | تنشهای حاصل از بارگذاریهای مرکب | ۳۰۴ |  |  |
|     | دوره و خلاصه برای فصل ۸         | ۳۱۲ |  |  |

## فصل ۹. تغییر مکان تیرها

|     |                                 |     |  |  |
|-----|---------------------------------|-----|--|--|
| ۱.۹ | مقدمه                           | ۳۱۷ |  |  |
| ۲.۹ | تغییر شکل تیر تحت بارگذاری عرضی | ۳۱۷ |  |  |
| ۳.۹ | معادله منحنی کشسانی             | ۳۱۸ |  |  |
|     |                                 | ۳۱۹ |  |  |

## فصل ۱۰. ستونها

|      |                                                         |
|------|---------------------------------------------------------|
| ۱.۱۰ | مقدمه                                                   |
| ۲.۱۰ | پایداری سازه                                            |
| ۳.۱۰ | فرمول اویلر برای ستونهای انتها-پین‌دار                  |
| ۴.۱۰ | تعمیم فرمول اویلر برای ستونهایی با شرایط انتهایی متفاوت |
| ۵.۱۰ | بارگذاری خارج از مرکز؛ فرمول سکانت                      |
| ۶.۱۰ | طراحی ستونهای تحت بار مرکزی                             |
| ۷.۱۰ | طراحی ستونهای تحت بار خارج از مرکز                      |
|      | دوره و خلاصه برای فصل ۱۰                                |

## فصل ۱۱. روشهای انرژی

|       |                                                     |
|-------|-----------------------------------------------------|
| ۱.۱۱  | مقدمه                                               |
| ۲.۱۱  | انرژی کرنش                                          |
| ۳.۱۱  | چگالی انرژی کرنش                                    |
| ۴.۱۱  | انرژی کرنش کشسان برای حالت تنشهای عمودی             |
| ۵.۱۱  | انرژی کرنش کشسان برای حالت تنشهای برشی              |
| ۶.۱۱  | انرژی کرنش برای حالت کلی تنش                        |
| ۷.۱۱  | بارگذاری ضربه‌ای                                    |
| ۸.۱۱  | طراحی براساس بارهای ضربه‌ای                         |
| ۹.۱۱  | کار و انرژی تحت بار منفرد                           |
| ۱۰.۱۱ | تعیین تغییر مکان ناشی از بار منفرد با روش کار-انرژی |
| ۱۱.۱۱ | کار و انرژی برای حالت اعمال چند بار                 |
| ۱۲.۱۱ | قضیه کاستیگلیانو                                    |
| ۱۳.۱۱ | تعیین تغییر مکان با استفاده از قضیه کاستیگلیانو     |
| ۱۴.۱۱ | سازه‌هایی که از نظر استاتیکی نامعین‌اند             |
|       | دوره و خلاصه برای فصل ۱۱                            |

## پیوستها

### پاسخ مسائل

### واژه‌نامه فارسی-انگلیسی

### واژه‌نامه انگلیسی-فارسی

### نمایه

## سخن ناشر

### به نام آنکه جان را فکرت آموخت

نشر علوم دانشگاهی مؤسسه‌ای است که از سال ۱۳۶۵ با هدف ارائه کتابهای درسی مناسب برای دانشجویان آغاز به کار کرد و در این راه کوشید با استفاده از تجربیات مؤسساتی که قبلاً در این راه گام برداشته بودند، از آسیب‌پذیری رایج در عرضه کتابهای دانشگاهی بکاهد. خوشبختانه این تلاش با حسن نظر استادان و دانشجویان روبه‌رو شد. استقبال وسیع از کتابهای این مؤسسه، صرف‌نظر از دلگرم‌کردن ما، مسئولیت ما را در ارائه خدمات بهتر افزون ساخت. هدفهایی که مؤسسه ما پیش روی خود قرار داده عبارت‌اند از:

۱. کیفیت علمی بالاتر از طریق تعمق بیشتر در حیطه‌های ترجمه، تألیف و ویرایش؛
۲. ارائه کتاب با خصوصیات ظاهری بهتر برای ماندگاری کتاب و استفاده بهینه از آن؛
۳. تا حد امکان ارزان ارائه کردن کتاب به نحوی که خرید آن برای دانشجویان آسانتر باشد؛
۴. روز آمد کردن کتابهای مؤسسه از طریق انطباق ترجمه‌های موجود با آخرین ویراست متن اصلی؛
۵. تأمین نیاز دانشجویان به صورت پیوسته به نحوی که کتابهای ما به بازار سیاه راه پیدا نکنند.

حیطه‌های کار نشر علوم دانشگاهی عبارت‌اند از علوم پایه، فنی و مهندسی. از استادان، مؤلفان و مترجمان این حوزه‌ها می‌خواهیم با ارائه نقد و نظر درباره کتابهای این مؤسسه و پیشنهادهای ترجمه و تألیف، ما را یاری دهند.

## پیشگفتار مترجم

جای بسی خوشوقتی است که خدمت هر چند ناچیز اینجانب مورد استقبال استادان ارجمند، علاقمندان و دانشجویان عزیز قرار گرفته است. مسلماً استقبالی که از کتابهای استاتیک، دینامیک و مقاومت مصالح ویراستهای قبل شده، باعث تشویق و ترغیب اینجانب گردید، تا موفق به ترجمه کتاب مقاومت مصالح «ویراست چهارم» شوم و در اختیار دانش پژوهان قرار دهم. ویراست جدید، نسبت به چاپهای قبلی، آنچنان که مؤلفان نیز در مقدمه آورده‌اند، مزایایی چه از نظر اولویت موضوعها به طریق عقلانی و منطقی و چه از نظر روابط بین فصلها و انتخاب عناوین از مطالب ساده به مشکل دارد. هر فصل با مقدمه‌ای شامل اهداف آن فصل به‌طور خلاصه و گویا شروع و به دنبال آن مثالهای زیاد برای تفهیم آن فصل و همچنین مسئله‌های نمونه به جهت روش حل مسئله‌ها به‌طریقه مرتب و منظم و یادگیری دانشجویان در حل مسئله آورده شده است.

از طرف دیگر دنباله هر فصل چندین مسئله تکلیفی که بیشتر کاربرد عملی داشته و مطابق با ذوق دانشجویان رشته مهندسی و برای درک اصول بنیادی مقاومت مصالح می‌باشد، طراحی شده‌اند. امیدوارم ویراست جدید بیش از پیش مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به اینکه ویراست قبلی بیشتر با واحدهای متریک SI همراه بود، و دانشجویان می‌بایست هم به روش محاسبات SI و هم به روش U.S. متداول در کشورهای انگلیسی‌زبان آشنا باشند، کتاب حاضر، این مزیت را دارد که تقریباً نیمی از محاسبات با روش متریک و نیمی دیگر با محاسبات U.S. است. با این حال استادان معظم می‌توانند بنابر مقتضیات زمان و مکان کلاس، سیستم یکاهای دلخواه را انتخاب نمایند. به‌همین منظور بعضی از بخشها و مسئله‌هایی که علامت ستاره دارند اختیاری در نظر گرفته شده به‌طوری که در تفهیم سایر مطالب محدودیتی فراهم نکند و تدریس آنها نیز به‌نظر استادان درس واگذار شده است.

از آقای مهندس جمشید واحدیان که با صرف وقت مرا در کاربرد واژه‌های مصطلح دانشگاهی و همچنین ویرایش کتاب همراهی کردند قدردانی می‌کنم.

انجام امور، حروفچینی، نمونه‌خوانی، اسکن تصاویر و صفحه‌آرایی کتاب در واحد تولید نشر علوم دانشگاهی انجام شده، از همکاری و دقت عمل همکاران واحد تولید سپاسگزارم.

مسئولیت امور فنی تولید به عهده آقای محمد حسن پور بوده که بدین وسیله از زحمات بسیار دقیق و ارزشمند ایشان تقدیر خالصانه‌ام را تقدیم می‌دارم.

از دقت و ممارستی که مدیر محترم «نشر علوم دانشگاهی» در چاپ کتاب به بهترین وجه به عمل آورده‌اند سپاسگزارم.

با تمام کوششی که در انجام ترجمه و چاپ کتاب به عمل آمده امکان لغزش در ترجمه یا چاپ وجود دارد. از همکاران گرامی و دانشجویان عزیز تمنا دارم که نظرات و پیشنهادهای اصلاحی خود را از طریق ناشر محترم اطلاع دهند، تا در چاپهای بعدی اصلاح گردد. قبلاً از این همکاری و مساعدت شما سپاس فراوان دارم.

زمستان ۱۳۸۵

ابراهیم واحدیان

## درباره مؤلفان

از من به عنوان ناشر کتابهای تألیف فرد بی‌یر و راسل جانستون، اغلب این سؤال مطرح شده است، چطور شد که آنها کتابهایشان را با هم می‌نویسند، در صورتی که یکی از آنها در لی‌های و دیگری در دانشگاه کانکتیکات<sup>۱</sup> به سر می‌برند.

جواب این سؤال ساده است. راسل جانستون، در بخش مهندسی عمران دانشگاه لی‌های بود. او در آنجا فرد بی‌یر را که در آن چهارتمان دوسالی مشغول تدریس بود و مسئولیت تدریس درسهایی از مکانیک را به عهده داشت، ملاقات کرد. فرد بی‌یر متولد فرانسه بود و در فرانسه و سوئیس تحصیل کرده بود (درجه کارشناسی ارشد خود را از مورین و درجه دکتری خود را در مکانیک نظری از دانشگاه ژنو گرفته بود). فرد پس از گذراندن دوره سربازی در ارتش فرانسه، در اوایل جنگ جهانی دوم به ایالات متحده آمریکا آمده و مدت چهار سال در کالج ویلیام در برنامه مهندسی و هنر ویلیانز تدریس کرده بود. راسل جانستون کارشناسی خود را در رشته مهندسی عمران، از دانشگاه دی‌لاوار، و مهندسی سازه را از MIT با درجه دکتری دریافت کرده بود.

فرد بی‌یر با خوشحالی بی‌یرد مرد جوانی که غالباً درسهای مهندسی سازه دوره کارشناسی ارشد را تدریس می‌کند علاقه‌مند است که به او در شناخت درسهای مکانیک کمک کند. هر دو بر این باور بودند که چنین درسهایی را باید بر مبنای چند اصل بنیادی تدریس کنند، و اگر مفاهیم مختلف آن به صورت ترسیمی آموخته شوند، تفهیم آن برای دانشجویان آسانتر است و بهتر می‌توانند آنها را به خاطر بسپارند. آنها با هم یادداشتهایی در ارتباط با درس استاتیک و دینامیک نوشتند؛ سپس مسئله‌هایی نیز به آن اضافه کردند که به نظرشان می‌رسید برای مهندسان آینده جالب باشد. به این ترتیب خیلی زود به تألیف اولین ویراست مکانیک مهندسی پرداختند. در ویراست دوم این کتاب و ویراست اول مکانیک برداری برای مهندسان، راسل جانستون در انستیتو پلی‌تکنیک ورجستر و هنگام ویراستهای بعدی در دانشگاه کانکتیکات بود. در این مدت هر دو در محل کار خود مسئولیتهای اجرایی داشتند و در کار پژوهش و راهنمایی دانشجویان دوره کارشناسی ارشد مشغول بودند. فرد در سطح فرایندهای استوکاستیک و ارتعاشات تصادفی، و راسل در سطح پایداری کشسان و تحلیل و طراحی سازه‌ها، ولی اشتیاق آنها به بهبود تدریس درسهای اصلی مکانیک کاهش نیافته بود، و هر دو آنها بخشهایی از این درسهارا تدریس می‌کردند، و ضمن تجدید نظر کتابهای قبلی، مشغول نگارش اولین ویراست مقاومت مصالح نیز بودند.

فرد و راسل مشترکاً برای تدریس درس مهندسی افتخاراتی و جوایزی کسب کردند. آنها برای دریافت جایزه عالی در رشته مهندسی سازه به فوند الکتریک و سترن مرتبط با تدریس دانشجویان مهندسی سازه در مجمع امریکایی در تدریس مهندسی معرفی شدند و آنها به عنوان درجه مهندسی از دانشگاه لی‌های نایل گردیدند. در ویراست جدید پروفیسور جان تی. دی‌ولف، استاد مهندسی عمران دانشگاه کانکتیکات به گروه بی‌یر و جانستون به عنوان نویسنده در ویراست دوم مکانیک مواد یا مقاومت مصالح اضافه شد. او مدرک کارشناسی خود در رشته مهندسی عمران را از دانشگاه هاوایی و کارشناسی ارشد و دکتری خود را در رشته مهندسی سازه از دانشگاه کرنل گرفته است. تحقیقات و پژوهش او درباره پایداری کشسان، کنترل و پایش پل، طراحی و تحلیل سازه‌ها بسیار با اهمیت و جالب است. او عضو بورد کانکتیکات طراحان سؤال برای مهندسان حرفه‌ای نیز هست.

## پیشگفتار

این گونه موضوعها با ترتیبی مناسب و در جایگاه منطقی خود آورده شده‌اند. بنابراین حتی اگر هم در درس از آنها استفاده نشود، چنانچه در دروسهای آتی و یا کار مهندسی خود به آنها نیاز پیدا کند، می‌تواند به سهولت به آنها مراجعه کند. برای آسانی تشخیص، تمام بخشهای اختیاری را با ستاره نشان داده‌ایم.

### ترتیب فصلها

این گونه انتظار می‌رود دانشجویانی که از این کتاب استفاده می‌کنند، پیش‌نیاز آن یعنی درس استاتیک را به‌طور کامل گذرانده باشند. اما فصل ۱ چنان طراحی شده تا فرصت مرور مفاهیم آموخته شده در آن درس را بدهد، در حالی که نمودارهای برش و لنگر خمشی به‌طور مشروح در بخشهای ۲.۵ و ۳.۵ آورده می‌شوند. خواص لنگرها و مرکزوارهای سطحها در پیوست الف آمده است؛ که از این مطلب برای تکمیل بحث در تعیین تنشهای قائم و برشی در تیرها (فصلهای ۴، ۵، و ۶) می‌توان استفاده کرد.

چهار فصل اول کتاب به تحلیل‌های تنشها و تغییر شکلهای متناظر با آن در سازه‌های مختلف اختصاص دارد و به این ترتیب بارگذاری محوری، پیچش و خمش خالص را شامل می‌شود. هرگونه تحلیل براساس مفاهیم اساسی، یعنی شرایط تعادل نیروهای وارد بر آن عضو، ارتباط موجود بین تنش و کرنش در ماده، و شرایط اعمال شده از طرف تکیه‌گاهها و بارگذاری در عضو بیان می‌شود. بررسی هر نوع بارگذاری همراه با تعداد زیادی مسئله‌های نمونه، و مسئله‌های تکلیفی تکمیل شده است و چنان طرح شده‌اند تا درک دانشجو را درباره آن موضوع تقویت کند.

مفهوم تنش در یک نقطه در فصل ۱ معرفی شده است که بسته به مقطع مورد نظر بار محوری می‌تواند علاوه بر تنش قائم، تنش برشی نیز ایجاد کند. در حقیقت، تنشها به سمت‌گیری سطحی که در آن محاسبه انجام می‌شود بستگی دارد، که در فصلهای ۳ و ۴ در حالت پیچش و خمش خالص بر این مطلب تأکید شده است. ولی بحث تکنیکهای محاسباتی، مانند دایره مور که در تبدیل تنش در یک نقطه به کار می‌رود تا فصل ۷، یعنی پس از آنکه دانشجویان فرصت حل مسئله‌های شامل ترکیبی از بارگذاریهای اصلی را دریافتند و خود به ضرورت وجود چنین تکنیکهایی پی برده‌اند.

بحث در فصل ۲، ارتباط بین تنش و کرنش در مواد مختلف از جمله فیبر تقویت شده و مواد ترکیبی را شامل می‌شود. همچنین تیرهای تحت بارگذاری عرضی را در دو فصل جداگانه مطالعه می‌کند. فصل ۵ به تعیین تنشهای عمودی در تیر و طراحی تیرها براساس تنش عمودی مجاز در مواد به کار رفته اختصاص دارد (بخش ۴.۵). این فصل با بحث برش و نمودارهای گشتاور-خمشی

موضوع درس. هدف اصلی از درس بنیادی مکانیک می‌بایست ارتقاء توانایی دانشجویان مهندسی برای تحلیل مسئله‌ای مفروض به‌صورتی ساده و منطقی و نیز کاربرد چند اصل بنیادی که خوب درک شده در حل آن مسئله باشد. این کتاب برای نخستین درس مقاومت مصالح یا مکانیک مواد نوشته شده است که در سال اول یا دوم به دانشجویان ارائه می‌شود. مؤلفان امید دارند که این کتاب به درسان کمک کند، تا در این درس بخصوص به هدف بالا دست یابند. چنانکه کتابهای استاتیک و دینامیک نیز احتمالاً چنین کمکی کرده‌اند.

**رهیافت کلی.** در این کتاب مقاومت مصالح بر مبنای درک چند اصل بنیادی و کاربرد مدل‌های ساده شده بررسی شده است. این رهیافت امکان بسط فرمولهای نرم را به‌طریقی عقلانی و منطقی فراهم می‌سازد، و همچنین شرایطی را که تحت آن بتوان از چنین فرمولهایی با اطمینان و به روشنی، برای طراحی و تحلیل سازه‌های واقعی مهندسی و اجزای ماشین استفاده کرد، مهیا می‌کند.

**نمودارهای جسم آزاد در همه‌جا به کار رفته است.** نمودارهای جسم آزاد در سرتاسر کتاب برای تعیین نیروهای خارجی و داخلی به کار رفته است. استفاده از معادلات تصویری «همچنین به دانشجویان به یادگیری برهم‌نهی بارگذاری و نتایج تنشها و تغییر شکلهای کمک خواهد کرد.

**مفاهیم طراحی در سرتاسر این کتاب هرکجا مناسب بود مورد بحث قرار گرفته است.** بخشی از کاربرد ضریب ایمنی برای طراحی را می‌توان در فصل ۱، در جایی که هم مفاهیم طراحی تنش مجاز و هم طراحی ضریب مقاومت مطرح است به دست آورد.

**موازنه‌ای دقیق بین یکاهای SI و U.S.** به‌طور سازگار نگهداری شده. به سبب اینکه لازم است دانشجویان قابلیت دسترسی به هر دو یکاهای SI و U.S. را داشته باشند، نیمی از مثالها، مسئله‌های نمونه، و مسئله‌های تعیین شده برحسب SI و نیمی دیگر برحسب یکاهای متداول در U.S. بیان شده است. از آنجاکه تعداد زیادی مسئله در دسترس است، بنابراین مدرسان می‌توانند مسئله‌های مورد نظر خود را مشخص کنند و آنها را مطابق و متناسب با زمان و مکان در کلاس خود انتخاب کنند.

**بخشهای اختیاری پیشنهاد شده پیشرفته یا عناوین تخصصی.** چنین موضوعهایی مانند تنش پسماند، پیچش عضوهای غیر دایره‌ای و عضوهای جدار نازک، خمش تیرهای خمیده، تنش برشی در عضوهای نامتقارن، و معیار شکست در بخشهای اختیاری آورده شده است تا در دروسهایی که بر مطالب مختلف تأکید دارند به کار روند. برای در نظر گرفتن روش کلی موضوعها،



(بخشهای ۲.۵ و ۳.۵) شروع می شود و یک بخش اختیاری برای کاربرد توابع تکنیکی جهت تعیین برش و گشتاور خمشی در یک تیر (بخش ۵.۵) را شامل می شود. این فصل به یک بخش اختیاری دیگر برای تیرهای غیر منشوری (بخش ۶.۵) منتهی می شود.

فصل ۶ به تعیین تنشهای برشی در تیرها و عضوهای جدار نازک تحت بارگذاری عرضی اختصاص یافته است. فرمولهایی برای جریان برش،  $q = VQ/I$ ، به راه قدیمی و سستی به دست آورده شده است. انتظارات بسیار پیشرفته طراحی تیرها، مانند تعیین تنشهای اصلی در اتصال بال و جان تیر - W، در فصل ۸ آمده است، یک فصل اختیاری که ممکن است پس از تبدیل تنشها که در فصل ۷ بحث شده بود، پوشش دهد.

مسئله های استاتیکی - نامعین را نخست در فصل ۲ مطرح کرده ایم و در تمام کتاب برای شرایط بارگذاری مختلف در نظر گرفته ایم. بنابراین دانشجویان در ابتدای کار با روشی آشنا می شوند که تحلیل تغییر شکلها را با تحلیل متداول نیروها در استاتیک ترکیب می کند. در این روش دانشجویان در پایان کار با این روش اساسی آشنایی کامل پیدا می کنند. به علاوه چنین رهیافتی به آنها کمک می کند تا پی ببرند که تنش استاتیکی - نامعین است و فقط با در نظر گرفتن کرنش متناظر می توان آن را محاسبه کرد.

مفهوم تغییر شکل مومسان در فصل ۲، جایی که تحلیل عضوهای تحت بارگذاری محوری به کار رفته است، بیان می شود. مسئله های شامل تغییر شکل مومسان محورهای دایره ای و تیرهای منشوری در بخشهای اختیاری فصلهای ۳، ۴ و ۶ بیان شده اند. هر چند بعضی از این مطالب را می توان با انتخاب مدرسان حذف کرد، ولی گنجاندن آنها در کتاب به دانشجویان کمک می کند تا به محدودیتهای فرض رابطه خطی بین تنش و کرنش پی ببرند و این خود هشدار است در مقابل استفاده نادرست و نامناسب از فرمولهای پیچشی و خمشی کسان. تعیین تغییر مکان تیرها در فصل ۹ شرح داده شده است. اولین قسمت از این فصل به روش انتگرال گیری و روش برهم نهی اختصاص دارد. به همراه آن با یک بخش اختیاری (بخش ۶.۹) براساس استفاده از توابع تکنیکی روبه رو می شوید. (این بخش را می توان تنها به کار برد، اگر قبلاً بخش ۵.۵ را درس داده باشند). قسمت دوم فصل ۹ اختیاری است. روش گشتاور - سطح در دو درس نشان داده شده است.

فصل ۱۰ به ستونها و مواد طراحی فولاد، آلومینیم، و ستونهای چوبی اختصاص دارد. فصل ۱۱ به روشهای انرژی، شامل نظریه گاستینگلیانو اختصاص دارد.

## چگونگی کیفیت آموزش

هر فصل با یک بخش مقدمه شروع می شود که هدف و انگیزه آن فصل را بیان می کند و با جملات ساده مواد در برگیرنده را شرح می دهد و کاربرد آنها را در حل مسئله های مهندسی بیان می کند.

فصول دروسها. تمام بدنه کتاب به واحدهایی تقسیم می شود که هر واحد شامل یک یا چند بخش تئوری و سپس مسئله های نمونه و شمار زیادی از مسئله های تکلیفی است. هر واحد به نحوی مطلوب تنظیم شده است که می تواند یک جلسه درسی را پوشش دهد.

مثالها و مسئله های نمونه. بخشهای نظری شامل مثالهای زیادی است تا از این طریق مطلب گفته شده تشریح شود و درک آن آسان گردد. مسئله های نمونه برای نشان دادن بعضی از کاربردهای مطالب نظری در حل مسئله های مهندسی

آورده شده است. این گونه مسئله های نمونه درست مشابه مسئله های حل طراحی شده اند و دو هدف را بر آورده می سازند. ابتدا فهم مطالب کتاب را تا می کنند و دیگر اینکه کار مرتب و تمیزی را که دانشجویان باید در حل مسئله رعایت کنند، نشان می دهند.

مجموعه مسئله های تکلیفی. بیشتر مسئله ها کاربرد عملی دارند و م ذوق دانشجویان مهندسی اند، اما به طور اساسی برای تشریح مطالب گفته شده کتاب و کمک به دانشجویان برای درک اصول بنیادی مقاومت مصالح شده اند. این مسئله نسبت به مطالبی که تشریح می کنند، از آسان به مرتبه پیچیدگی شده اند. مسئله هایی که به دقت و توجه مخصوصی نیازمندند، علامت ستاره مشخص شده اند. پاسخ تمام مسئله ها، بجز مسئله هایی که ش آنها با حروف کج (ایتالیک) تایپ شده، در انتهای کتاب آورده شده است.

مرور و خلاصه فصل. در انتهای هر فصل مرور و خلاصه ای از آن به منظور توجهاتی شامل کمک به دانشجویان برای نظم در مرور کاری و از آنها برای کمک به یافتن قسمتهایی از مواد درسی که نیاز به دقتی ویژه دارد، شده است.

مسئله های دوره ای. مجموعه ای از مسئله های دوره ای در انتهای هر فصل آورده شده است. این مسئله ها به دانشجویان فرصت بیشتری می دهد به کاربردن مفاهیم مهم عرضه شده در فصل کوشا تر باشند.

مسئله های کامپیوتری. در دسترس بودن کامپیوترهای شخصی این امکان به دانشجویان مهندسی می دهد تا تعداد زیادی از مسئله های مشکل را حل گروهی شامل ۶ مسئله یا بیشتر برای حل با کامپیوتر طراحی شده که در انتهای فصل آورده شده است. در انتهای هر فصل پیشرفت الگوریتم از دو جنبه در مسئله های داده شده سودمند است: (۱) کمک به درک بهتر اصول مکانیک فرصت به کار بردن مهارتهای لازم در درس برنامه ریزی کامپیوتری را برای بامعنی مسئله های مهندسی فراهم می کند.

مبانی آزمونهای مهندسی. مهندسانی که قصد دریافت پروانه مهندسی حرفه ای را دارند باید دو آزمون از آنها گرفته شود. اولین آزمون، آزمون مهندسی است که مبحث مقاومت مصالح را شامل می شود. در پیوست ه کتاب فهرست عناوین مباحثی از مقاومت مصالح که در این آزمون به کار می آورده شده است. بدیهی است که با دوره کردن این مباحث و حل مسئله مربوط کمک شایانی به دانشجویان خواهد شد.

## سپاسگزاری

مؤلفان از تمامی شرکتهایی که در تهیه تصاویر این کتاب یاری می رسانند تشکر می کنند. تقدیر و تشکر ویژه مؤلفان از پروفیسور دین اپدیک استاد برجسته مهندسی مکانیک از دانشگاه لی های که با صبر و حوصله و همکاری فراوان ت حلها و پاسخها را واری کردند.

از تمامی عزیزانی که با تذکرها و پیشنهادهای مناسب خود از ویراست قبلی کتاب، ما را در ارائه این ویراست یاری کردند قدر دانی به عمل می آید.