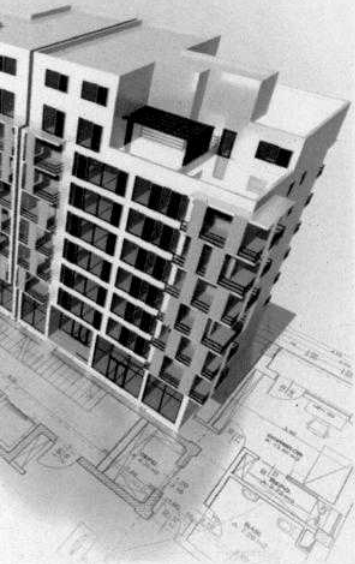




سرشناسه: فنانی، نادر، ۱۳۵۶

عنوان و نام پدیدآور: سازه‌های فولادی/ مؤلفان نادر فنانی، محسن حیدری.  
مشخصات نشر: تهران: مؤسسه انتشارات سری عمران قلم‌دآور: ماهیار  
علم و دانش، ۱۳۹۴.

مشخصات ظاهری: ۴۰۸ ص.: مصور، جدول، نمودار.

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۵۰۳-۴۱-۶

وضعیت فهرست‌نویسی: فیا

یادداشت: چاپ چهاردهم

موضوع: دانشگاه‌ها و مدارس عالی - ایران - آزمون‌ها

موضوع: سازه‌های فولادی - آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)

موضوع: سازه‌های فولادی - راهنمای آموزشی (عالی)

موضوع: آزمون دوره‌های تحصیلات تکمیلی - ایران

شناسه افزوده: حیدری، محسن

رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۴ س ۸۴ ف ۲۳۵۳ LB

رده‌بندی دیویی: ۳۷۸/۱۶۶۴

شماره کتابخانه ملی: ۴۰۴۰۸۰۹



سری عمران

مؤسسه انتشارات سری عمران قلم‌دآور

سازه‌های فولادی

ناشر: مؤسسه انتشارات سری عمران قلم‌دآور

عنوان کتاب: سازه‌های فولادی

مؤلفان: نادر فنانی - محسن حیدری

طراح جلد: منصور سمواتی

صفحه‌آرا: طاهره نجفی

لیتوگرافی، چاپخانه و صحافی: امین گراف، ثمین و ساعی

نوبت چاپ: چهاردهم

سال چاپ: ۱۳۹۴

شمارگان: ۲۲۰۰ نسخه

قیمت: ۳۴۰۰۰ تومان

نشانی: تهران، میدان هفت تیر، جنب مسجد الجواد، کوچه بهار مستیان، پلاک ۵۲، واحد ۹

تلفن: ۸۸۳۱۲۵۲۷ - ۸۸۳۰۰۴۷۴

ارسال کتاب با پیک: ۲۴ ۳۵۷۸۴ ۳۵۷۸۴ - ۹۱۹

تذکره: به موجب ماده ۵ قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان مصوب ۱۳۳۸/۱۰/۱۱ کلیه حقوق این کتاب برای مؤسسه انتشارات سری عمران محفوظ می‌باشد و هیچ شخص حقیقی یا حقوقی حق چاپ و برداشت تمام یا قسمتی از اثر را به صورت چاپ، فتوکپی، جزوه و حتی دست‌نویس ندارد و متخلفین به موجب این قانون تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

SERIE OMRAN

## سخن مدیر تألیف

### کتاب‌های ویژه آزمون نظام مهندسی

### کلاس‌های آمادگی آزمون نظام مهندسی

سپاس خداوند متعال را که در این سال‌ها لطف خود را از مؤسسه سری عمران دریغ نکرده و به ما انگیزه‌ای دو چندان داده است تا با تولید کتاب‌ها و برگزاری کلاس‌های ویژه آزمون نظام مهندسی و کارشناسی ارشد، قدمی هر چند کوچک برای موفقیت شما مهندسين عزيز بردارد.

پس از ایجاد تغییرات اساسی در آیین‌نامه‌های رسمی کشور (مقررات ملی ساختمان)، تصمیم گرفتیم که با تلاش شبانه‌روزی، فعالیت‌های مؤسسه سری عمران را در زمینه تولید کتاب و برگزاری کلاس‌های آزمون نظام مهندسی ارتقاء دهیم که خلاصه این فعالیت‌ها به شرح زیر است:

۱- با تألیف نسل جدید کتاب‌های نظام مهندسی توسط اساتید برجسته و ممتاز، تلاش کرده‌ایم که مجموعه‌ای کم نقص در اختیار شما قرار گیرد. در این کتاب‌ها، ما به دنبال ویژگی‌های زیر بوده‌ایم:

۱- با بیانی ساده و روان، کلیه مفاهیم مورد نیاز را آموزش داده و در کنار آن درک و قضاوت مهندسی شما را افزایش دهیم.

۲- با توجه به ابهامات نسبتاً زیاد در آیین‌نامه‌های جدید، با حساسیت خاصی بندهای آیین‌نامه‌ها را شرح داده و سعی کرده‌ایم که کاربرد این بندها، با ارائه مثال‌های متنوع، کاملاً شفاف و واضح شوند.

۳- یک فایده‌اند سخت و دشوار، تست‌های آزمون سال‌های گذشته (از سال ۸۰ به بعد) را که بر مبنای آیین‌نامه‌های قدیم بوده است، با کمترین تغییر ممکن بر مبنای ویرایش جدید آیین‌نامه‌ها حل کرده و نسخه‌های جدیدی از آنها را نیز با توضیحات کامل آورده‌ایم.

۴- با ارائه فهرست مطالب همراه با جزئیات کامل آن در ابتدای کتاب، عملاً به داوطلبان کمک کرده‌ایم تا در جلسه آزمون، به سرعت مطالب مورد نیاز خود را برای حل سؤالات پیدا کنند.

همانطور که می‌دانید آیین‌نامه‌های آزمون به صورت کتاب باز (open book) برگزار می‌شود و با استفاده از این فهرست، می‌توانید در حین آزمون، به سرعت مطالب مورد نیاز خود را پیدا کنید.

۵- با ارائه فهرست نکات و مفاهیم تستی برای پاسخ‌دهی سریع به سؤالات، عملاً یک گام جلوتر از سایر داوطلبین هستید.

۶- با حل کلیه تست‌های آزمون‌های نظام مهندسی سالیان گذشته و همچنین حل تست‌های تألیفی مکمل، دید بسیار خوبی از نحوه طرح سؤال در آزمون پیدا می‌کنید.

قابل ذکر است که جهت کسب اطلاعات بیشتر از کلاس‌ها و کتاب‌های مؤسسه سری عمران می‌توانید به سایت [www.serieomran.com](http://www.serieomran.com) مراجعه نمایید.

امید است که تلاش مؤسسه سری عمران مورد قبول مهندسان گرامی قرار گیرد. ارائه پیشنهادها سازنده شما دوستان و همراهان گرامی، مجموعه را بهتر و پربارتر کرده و ما را که به دنبال کیفیت برتر هستیم یاری می‌کند.

۴-۱- نسبت لاغری در ستون ها ..... ۱۰۴  
 قسمت دوم: محاسبه مقاومت فشاری اعضای محوری ..... ۱۰۷  
 ۱-۱- اصول طراحی ستون ها ..... ۱۰۷  
 ۲-۱- محاسبه مقاومت فشاری، تنها با معیار کماتش خمشی ..... ۱۰۹  
 ۳-۱- محاسبه مقاومت خمشی، با همه معیارهای کماتش ..... ۱۱۶  
 قسمت سوم: ضوابط اعضای فشاری مرکب از چند نیمرخ ..... ۱۲۱  
 ۱-۱- اعضای فشاری مرکب با اتصال سراسری ..... ۱۲۱  
 ۲-۱- اعضای فشاری مرکب با بست های موازی (افقی) ..... ۱۲۲  
 ۳-۱- اعضای فشاری مرکب با بست های مورب ..... ۱۲۶  
 تست های فصل سوم ..... ۱۲۹

## فصل چهارم: طراحی اعضای خمشی ▼

قسمت اول: پارامترهای اساسی در محاسبات اعضای خمشی ..... ۱۳۶

۱-۱- مروری بر مفاهیم اولیه خمش ..... ۱۳۶

۲-۱- لنگر تسلیم ( $M_y$ ) و لنگر پلاستیک ( $M_p$ ) ..... ۱۳۸

۳-۱- ضربه اصلاح کمناش پیچشی - جانبی ( $C_b$ ) ..... ۱۴۲

۴-۱- شعاع ژیراسیون مؤثر در کمناش پیچشی - جانبی ( $r_{ts}$ ) ..... ۱۴۸

قسمت دوم: محاسبه مقاومت خمشی مقاطع I شکل فشرده با دو محور تقارن ..... ۱۵۲

۱-۲- موارد تأثیرگذار در طراحی تیرها ..... ۱۵۲

۲-۲- اصول طراحی تیرهای پرده‌روش  $LRFD$  ..... ۱۵۳

۳-۲- طراحی تیرهای I شکل فشرده با دو محور تقارن بدون اثر کمناش پیچشی - جانبی ..... ۱۵۴

۴-۲- طراحی تیرهای I شکل فشرده با دو محور تقارن با اثر کمناش پیچشی - جانبی ..... ۱۵۸

قسمت سوم: محاسبه مقاومت خمشی در انواع مقاطع ..... ۱۶۵

۱-۳- تشخیص نوع حالت‌های حدی حاکم بر طراحی عضو خمشی ..... ۱۶۵

۲-۳- مقاومت خمشی مقاطع I شکل و ناودانی حول محور قوی ..... ۱۶۷

۳-۳- مقاومت خمشی مقاطع I شکل و ناودانی حول محور ضعیف ..... ۱۷۳

۴-۳- مقاومت خمشی مقاطع قوطی شکل ..... ۱۷۵

۵-۳- مقاومت خمشی مقاطع لوله‌ای شکل ..... ۱۷۷

۶-۳- مقاومت خمشی مقاطع نبشی جفت و سپری ..... ۱۷۸

۷-۳- مقاومت خمشی مقاطع نبشی تک، مقاطع توپر و مقاطع نامتقارن ..... ۱۸۰

قسمت چهارم: سلب ابعادی مقاطع اعضای خمشی ..... ۱۸۲

۱-۴- اعضای با مقطع دایره‌ای بال کششی سوراخ‌دار ..... ۱۸۲

۲-۴- محدودیت ابعادی مقاطع I شکل تحت خمش ..... ۱۸۳

۳-۴- ورق‌های تقویتی بال تیرها ..... ۱۸۴

تست‌های فضا جها ..... ۱۸۸

فصل پنجم: طراحی اعضای بارش، پیچش

قسمت اول: کنترل تیرها برای نیروی برشی - بخش ۱ ..... ۱۹۴  
 ۱-۱- معیار کنترل برش در تیرها ..... ۱۹۴  
 ۲-۱- مقاومت برشی تیرها بدون عمل میدان کششی ..... ۱۹۵  
 ۳-۱- مقاومت برشی تیرها با عمل میدان کششی ..... ۲۰۰  
 قسمت دوم: کنترل تیرهای نیروی برشی - بخش ۲ ..... ۲۰۴  
 ۱-۲- طراحی ورق‌های سیخ‌کننده عرض جان ..... ۲۰۴  
 ۲-۲- مقاومت برشی در امتداد عمود بر محور ضعیف ..... ۲۰۶  
 ۳-۲- محاسبه مقاومت برشی مقاطع غیر اشکال ..... ۲۰۷  
 ۴-۲- مقاومت برشی اعضا در مجاورت ناحیه اتصال ..... ۲۱۱  
 قسمت سوم: طراحی تیرهای تحت اثر لنگر پیچشی ..... ۲۱۲  
 ۱-۳- مقاومت پیچشی مقاطع لوله‌ای ..... ۲۱۲  
 ۲-۳- مقاومت پیچشی مقاطع فوطی شکل ..... ۲۱۳

قسمت اول: پارامترهای مورد نیاز برای طراحی اعضای کششی ... ۶۸

A-۱- مفاهیم اولیه طراحی اعضای کششی ... ۶۸

A-۲- مفهوم سطح مقطع کل و خالص عضو کششی ... ۶۹

A-۳- اثر سوراخ‌های زیگزگ در سطح مقطع خالص ... ۷۰

A-۴- سطح مقطع خالص مؤثر عضو کششی ... ۷۲

قسمت دوم: محاسبه مقاومت اعضای کششی ... ۷۵

B-۱- کنترل معیار مقاومت کششی ... ۷۵

B-۲- کنترل معیار برش قالی ... ۷۸

B-۳- کنترل معیار مقاومت اتکایی ... ۸۰

قسمت سوم: کنترل‌های اعضای کششی خاص ... ۸۳

C-۱- اعضای کششی مرکب از چند نیمرخ ... ۸۳

C-۲- اعضای کششی با تسمه لولا شده (با خار مغزی) ... ۸۵

C-۳- اعضای کششی با تسمه سر پهن (با خار مغزی) ... ۸۷

تست‌های فصل دوم ... ۹۰

قسمت اول: مفاهیم اولیه در رابطه با اعضای فشاری

۹۶-۱- بار کششی ستون ها

۹۷-۲- ضریب طول مؤثر ستون های با شرایط تکیه گاهی ایده آل

۹۹-۳- ضریب طول مؤثر ستون های داخل قاب

|     |                                                            |
|-----|------------------------------------------------------------|
| ۳۰۶ | ۶-۴ برش در چشمه اتصال                                      |
| ۳۱۰ | قسمت دوم: ضوابط کف ستون ها و مقاومت اتکایی سطوح متکی به هم |
| ۳۱۰ | ۱-B- طراحی کف ستون تحت اثر نیروی محوری خالص                |
| ۳۱۳ | ۲-B- طراحی کف ستون تحت اثر نیروی محوری و لنگر خمشی         |
| ۳۱۴ | ۳-B- موارد تکمیلی در رابطه با کف ستون ها                   |
| ۳۱۵ | ۴-B- مقاومت اتکایی سطوح متکی به هم                         |
| ۳۱۷ | تست های فصل هشتم                                           |

## فصل نهم: الزامات طراحی لرزه ای - بخش ۱

|     |                                                                          |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|
| ۳۲۴ | قسمت اول: مفاهیم مرتبط با طراحی لرزه ای                                  |
| ۳۲۴ | ۱-A- هدف و دامنه کاربرد                                                  |
| ۳۲۵ | ۲-A- حدود شکل پذیری سازه های فولادی                                      |
| ۳۲۶ | ۳-A- ناحیه حفاظت شده اعضا                                                |
| ۳۲۸ | ۴-A- پارامترهای مرتبط با مصالح و اتصالات ( $C_{pr}$ , $R_y$ )            |
| ۳۲۹ | ۵-A- ترکیبات بار زلزله تشدید یافته                                       |
| ۳۳۰ | ۶-A- الزامات لرزه ای کمانش موضعی                                         |
|     | قسمت دوم: الزامات لرزه ای ستون ها، وصله ستون ها، کف ستون ها و وصله تیرها |
| ۳۳۸ | ۱-B- الزامات طراحی لرزه ای ستون ها                                       |
| ۳۳۹ | ۲-B- الزامات طراحی لرزه ای وصله ستون ها                                  |
| ۳۴۲ | ۳-B- الزامات طراحی لرزه ای کف ستون ها                                    |
| ۳۴۶ | ۴-B- الزامات طراحی لرزه ای وصله تیرها                                    |
| ۳۴۸ | قسمت سوم: الزامات لرزه ای قاب های خمشی                                   |
| ۳۴۸ | ۱-C- تحلیل قاب خمشی با توجه به محل مفصل پلاستیک در تیرها                 |
| ۳۵۱ | ۲-C- محدودیت تیرها و ستون ها در قاب های خمشی                             |
| ۳۵۲ | ۳-C- مهار جانبی تیرها در قاب های خمشی متوسط و ویژه                       |
| ۳۵۴ | ۴-C- اتصالات تیر به ستون در قاب های خمشی معمولی                          |
| ۳۵۵ | ۵-C- مقاومت مورد نیاز تیرها در قاب های خمشی متوسط و ویژه                 |
| ۳۵۷ | ۶-C- سالات تیر به ستون در قاب های خمشی متوسط و ویژه                      |
| ۳۵۹ | ۷-C- ورقه بتنی چشمه اتصال (ورق مضاعف)                                    |
| ۳۶۰ | ۸-C- رده پیوستگی                                                         |
| ۳۶۳ | ۹-C- نسبت اسرس - مشی ستون به تیر در قاب های خمشی ویژه                    |
| ۳۶۶ | تست های فصل نهم                                                          |

## فصل دهم: الزامات طراحی لرزه ای - بخش ۲

|     |                                                               |
|-----|---------------------------------------------------------------|
| ۳۷۸ | قسمت اول: الزامات لرزه ای باب ۱: مهاربندی شده همگرا           |
| ۳۷۸ | ۱-A- ضوابط فشردگی اعضا در قاب های مهاربندی شده همگرا          |
| ۳۷۹ | ۲-A- تیر دهانه V و A در قاب های مهاربندی شده همگرا معمولی     |
| ۳۷۹ | ۳-A- اتصالات مهاربندی ها در قاب های مهاربندی شده همگرا معمولی |
| ۳۸۰ | ۴-A- تیرها و ستون ها در قاب مهاربندی شده همگرا ویژه           |
| ۳۸۱ | ۵-A- اتصالات مهاربندی ها در قاب مهاربندی شده همگرا ویژه       |
| ۳۸۳ | قسمت دوم: الزامات لرزه ای قاب های مهاربندی شده واگرا          |
| ۳۸۳ | ۱-B- محدودیت های اعضا در قاب های مهاربندی واگرا               |
| ۳۸۴ | ۲-B- مقاومت برشی تیر پیوند                                    |
| ۳۸۶ | ۳-B- طول تیر پیوند                                            |
| ۳۸۸ | ۴-B- دوران تیر پیوند                                          |
| ۳۹۰ | ۵-B- طراحی اعضای خارج از ناحیه پیوند                          |
| ۳۹۰ | ۶-B- اتصالات تیرهای پیوند به ستون                             |
| ۳۹۲ | ۷-B- سخت کننده های تیرهای پیوند                               |
| ۳۹۵ | قسمت سوم: اتصالات گیردار از پیش تأیید شده                     |
| ۴۰۲ | تست های فصل دهم                                               |

|     |                                              |
|-----|----------------------------------------------|
| ۲۱۴ | ۳-C- مقاومت پیچشی سایر مقاطع                 |
| ۲۱۵ | قسمت چهارم: طراحی اعضای تحت اثر ترکیب نیروها |
| ۲۲۰ | قسمت پنجم: بررسی همزمان معیارهای مختلف طراحی |
| ۲۲۳ | تست های فصل پنجم                             |

## فصل ششم: طراحی مقاطع مختلط

|     |                                                  |
|-----|--------------------------------------------------|
| ۲۲۸ | قسمت اول: مفاهیم اولیه در مورد مقاطع مختلط       |
| ۲۲۸ | ۱-A- مزایای استفاده از مقاطع مختلط               |
| ۲۳۰ | ۲-A- کنترل فشردگی در مقاطع مختلط                 |
| ۲۳۲ | ۳-A- عرض مؤثر دال بتنی در تیرهای مختلط           |
| ۲۳۳ | ۴-A- محاسبه خصوصیات تیرهای مختلط در حالت الاستیک |
| ۲۳۴ | ۵-A- محدودیت ها و جزئیات بندی مقاطع مختلط        |
| ۲۳۸ | قسمت دوم: محاسبه مقاومت خمشی تیرهای مختلط        |
| ۲۴۴ | قسمت سوم: طراحی برشگیرها در تیرهای مختلط         |
| ۲۴۸ | تست های فصل ششم                                  |

## فصل هفتم: خواص جوش و پیچ

|     |                                                               |
|-----|---------------------------------------------------------------|
| ۲۵۲ | قسمت اول: آشنایی با انواع جوش و محدودیت های آیین نامه ای آنها |
| ۲۵۲ | ۱-A- آشنایی با انواع جوش ها                                   |
| ۲۵۳ | ۲-A- جوش گوشه و محدودیت های آنها                              |
| ۲۵۶ | ۳-A- جوش شیار و محدودیت های آنها                              |
| ۲۵۷ | ۴-A- جوش های کام و انگشانه و محدودیت های آنها                 |
| ۲۵۸ | ۵-A- مشخصات هندسی نوار جوش                                    |
| ۲۶۰ | قسمت دوم: طراحی جوش تحت اثر نیروها                            |
| ۲۶۰ | ۱-B- مقاومت طراحی جوش و ارزش نهایی جوش                        |
| ۲۶۰ | ۲-B- جوش گوشه تحت اثر نیروی برشی خالص                         |
| ۲۶۶ | ۳-B- جوش گوشه تحت اثر توأم لنگر پیچشی و نیروی کششی            |
| ۲۶۹ | ۴-B- جوش گوشه تحت اثر توأم لنگر خمشی و نیروی برشی             |
| ۲۷۲ | قسمت سوم: آشنایی با انواع پیچ ها و نحوه انتقال نیرو در آنها   |
| ۲۷۲ | ۱-C- مشخصات انواع پیچ ها                                      |
| ۲۷۴ | ۲-C- نحوه انتقال نیرو در اتصالات پیچی                         |
| ۲۷۴ | ۳-C- آشنایی با اتصالات اتکایی                                 |
| ۲۷۵ | ۴-C- آشنایی با اتصالات اصطکاکی                                |
| ۲۷۶ | ۵-C- انواع سوراخ های مورد استفاده در اتصالات پیچی             |
| ۲۷۸ | قسمت چهارم: طراحی پیچ ها تحت اثر نیروهای مختلف                |
| ۲۷۸ | ۱-D- کنترل مقاومت اتکایی و گسیختگی قالبی                      |
| ۲۸۰ | ۲-D- مقاومت برشی پیچ ها                                       |
| ۲۸۱ | ۳-D- اتصالات پیچی تحت اثر لنگر پیچشی خالص                     |
| ۲۸۳ | ۴-D- طراحی اتصالات پیچی تحت اثر نیروی برشی و لنگر پیچشی       |
| ۲۸۵ | ۵-D- طراحی اتصالات پیچی تحت اثر نیروی کششی خالص               |
| ۲۸۶ | ۶-D- طراحی اتصالات پیچی تحت اثر نیروی کششی و نیروی برشی       |
| ۲۸۸ | ۷-D- ضوابط طراحی اتصالات اصطکاکی                              |
| ۲۹۱ | تست های فصل هفتم                                              |

## فصل هشتم: اتصالات فولادی

|     |                                                                       |
|-----|-----------------------------------------------------------------------|
| ۲۹۸ | قسمت اول: الزامات ویژه بال ها و جان مقاطع اعضای تحت اثر بارهای متمرکز |
| ۲۹۸ | ۱-A- خمش موضعی بال در مقابل نیروی متمرکز کششی                         |
| ۲۹۹ | ۲-A- تسلیم موضعی جان در مقابل نیروی متمرکز کششی و فشاری               |
| ۳۰۱ | ۳-A- لهدیگی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری                           |
| ۳۰۲ | ۴-A- کمانش جانبی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری                      |
| ۳۰۴ | ۵-A- کمانش فشاری جان در مقابل یک جفت نیروی متمرکز فشاری               |