

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه سمنان

طراحی کاربردی

سازه های فولادی

(جلد اول)

تألیف: دکتر محسن گرامی

عضو هیئت علمی و دانشیار دانشگاه سمنان

مهندس مصطفی خاتمی

دانشجوی دکتری مهندسی سازه و عضو هیئت علمی موسسه

آموزش عالی رشد دانش سمنان

سرشناسه: گرامی، محسن، ۱۳۴۳ -

عنوان و نام پدیدآور: طراحی کاربردی سازه‌های فولادی / تألیف محسن گرامی، مصطفی خاتمی.

مشخصات نشر: سمنان: دانشگاه سمنان، ۱۳۹۳ -

مشخصات ظاهری: ۲ ج: مصور، جدول.

شابک ج ۱: ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۶۵-۳۱-۰

وضعیت فهرست نویسی: فیا

موضوع: سازه‌های فولادی -- طرح و ساختمان

شناسه افزوده: خاتمی، مصطفی، ۱۳۶۳ -

شناسه افزوده: دانشگاه سمنان

رده بندی کنگره: ۱۳۹۳ ط ۴۴/۵۴۴۴/۵۴۸۴/۵۴۸۴

رده بندی دیویی: ۶۲۴/۱۸۳۱

شماره کتابشناسی ملی: ۳۴۸۳۳۳۷



طراحی کاربردی سازه‌های فولادی (جلد اول)

تألیف: دکتر محسن گرامی - مهندس مصطفی خاتمی

طرح جلد: سید محمد مهدی خاتمی

ناشر: انتشارات دانشگاه سمنان

نوبت چاپ: اول - تابستان ۱۳۹۳

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

بها: ۲۴۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۶۵-۳۱-۰

شابک دوره: ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۶۵-۴۷-۱

حق چاپ محفوظ و متعلق به انتشارات دانشگاه سمنان می باشد.

پیشگفتار مولفین:

درس طراحی سازه های فولادی از دروس اصلی دانشجویان رشته مهندسی عمران است. دانشجویان در طول دوره کارشناسی، پس از فراگیری دروس استاتیک، مقاومت مصالح و تحلیل سازه ها، با اصول طراحی سازه های فولادی آشنا می شوند.

کتابی که پیش رو دارید، با عنوان "طراحی کاربردی سازه های فولادی (جلد اول)"، حاصل بخشی از تجربیات، تحقیقات مولفین و ماحصل سالهای طولانی تدریس در دانشگاه های کشور است. تلاش در این جلد و جلد دوم بر آن بوده تا ضمن تشریح مطالب، اصول و ضوابط طراحی با تکیه بر جنبه کاربردی آنها مورد بررسی قرار گیرد. از این رو مطالب این مجموعه، علاوه بر دانشجویان می تواند مورد توجه مهندسان حرفه ای نیز قرار گیرد.

این کتاب مشتمل بر هشت فصل است که سعی شده ارتباط مطالب آن با مطالب ارائه شده در جلد دوم، رعایت گردد.

در فصل اول، "کلیاتی از اصول طراحی سازه های فولادی" مورد بررسی قرار می گیرد. رئوس کلی این فصل شامل یادآوری نکات مهم در دروس استاتیک و مقاومت مصالح، بارگذاری و تحلیل سازه و آشنایی با روشهای طراحی سازه است. همچنین معایب، مزایا و خواص و ویژگی های انواع فولاد مورد ارزیابی قرار می گیرد.

فصل دوم به "طراحی قطعات کششی" اختصاص دارد. در این فصل ضمن آشنایی با اصول و مبانی طرح نظری و آیین نامه ای، نحوه تعیین سطح مقطع خالص موثر، صلبیت قطعات کششی، اتصالات مفصلی اعضای کششی و چگونگی انتقال نیرو در اتصال قطعات کششی و محاسبه ضریب اتصال مورد بررسی قرار می گیرد. در انتهای این فصل طراحی میل مهار در ساختمان های صنعتی ارائه می گردد. مثالهای گوناگون این فصل خواننده را با مفاهیم طرح قطعات کششی آشنا می کند.

"طراحی قطعات فشاری"، موضوع فصل سوم است. در این فصل ضمن آشنایی با مبانی نظری پایداری ستون ها، مراحل گام به گام طراحی ستون های منفرد و ست دار (قید دار) ارائه می گردد. در انتهای فصل، ضوابط طرح لرزه ای ستونها بر مبنای مبحث دهم مقررات ملی ساختمان مورد بحث و بررسی قرار می گیرد.

در فصل چهارم، "طراحی قطعات خمشی" مطرح می گردد. این فصل به دو قسمت کلی طراحی تیر با و بدون مهارجانبی مناسب بال فشاری، تقسیم می شود. ضمناً کنترل برش و کنترل شرایط بهره برداری شامل کنترل تغییر مکان و ارتعاش تیرها از سایر مطالب طرح شده در این فصل

است. در انتهای فصل ضوابط طرح لرزه ای تیرها بر مبنای مبحث دهم مقررات ملی ساختمان به بحث گذاشته می شود. مثالهای متنوعی برای بخش های مختلف این فصل ارائه شده است.

فصل پنجم که شامل "مباحث تکمیلی در طراحی تیرهاست"، از تنوع مطالب برخوردار است. طرح تیرها با ورق تقویت، طرح تیرهای سراسری، طراحی تیرهای لانه زنبوری، کنترل های لازم در محل اعمال بارهای متمرکز و طرح تیرها تحت خمش دو محوره از زیر بخش های اصلی این فصل است.

در فصل ششم به "طراحی تیرهای مرکب فولادی و بتنی" پرداخته می شود. در این فصل ضمن آشنایی با نحوه طراحی تیرهای مرکب در دو حالت با و بدون شمع بندی، نحوه طراحی برشگیرها و کنترل تغییر مکان به همراه کنترل ارتعاش در تیرهای مرکب به بحث گذاشته می شود. نکته قابل توجه در این فصل، مثالهای کاربردی و متنوع آن است.

فصل هفتم به "طراحی تیرستون ها" اختصاص دارد. در این فصل ضمن بررسی روابط حاکم بر رفتار تیرستون ها، نکات جانبی و مراحل گام به گام طراحی آنها ارائه می گردد. وجود مثالهای متعدد و متنوع به جنبه آموزشی این فصل می افزاید.

در فصل آخر، "طراحی کف ستون ها" مطرح می شود. مراحل گام به گام طراحی کف ستون ها در دو نوع مفصلی و گیردار و در دو حالت با و بدون سخت کننده ارائه می شود. در قسمت انتهایی فصل، نحوه طراحی کف ستون تحت خمش دو محوره و کف ستون های گوشه و کناری در ساختمان ها مطرح می گردد که از نکات جالب و کلیدی برخوردار است. در انتهای این فصل نیز ضوابط طرح لرزه ای کف ستونها از دیدگاه مبحث دهم مقررات ملی ساختمان مطرح می شود.

از زحمات جناب آقای مهندس پویان فخاریان برای تایپ متون اصلی کتاب و سرکارخانم مهندس فاطمه رضایی به جهت ترسیم کلیه اشکال این مجموعه صمیمانه تقدیر و تشکر می نمایم. بدیهی است که این مجموعه خالی از خطاهای علمی و چاپی نیست. ارسال نقطه نظرات اساتید، دانشجویان، محققان و مهندسان عزیز از طریق پست الکترونیک به آدرس mgerami@semnan.ac.ir و یا m.khatami672@gmail.com ما را در تصحیح چاپهای بعدی یاری نموده و موجب غنای بیشتر مطالب خواهد شد.

محسن گرامی

مصطفی خاتمی

تابستان ۱۳۹۳

۱	فصل ۱: کلیاتی از اصول طراحی سازه های فولادی.....
۳	۱-۱- پیشگفتار
۵	۲-۱- انواع فولاد
۵	۱-۲-۱- فولاد ساختمانی
۷	۲-۲-۱- فولاد پیچ
۷	۳-۲-۱- فولاد الکترود
۸	۳-۱- خواص فولاد
۸	۱-۳-۱- منحنی تنش- کرنش فولاد
۱۱	۲-۳-۱- کارسرد بر روی فولاد
۱۳	۳-۳-۱- تردشکنی در فولاد
۱۴	۴-۳-۱- اثر حرارت بر فولاد
۱۵	۵-۳-۱- اثر خستگی در فولاد
۱۸	۶-۳-۱- ضربه فنری، ضربه طاق فولاد، ضربه چکش خواری فولاد
۱۹	۷-۳-۱- تورق در فولاد
۱۹	۸-۳-۱- معادل کربن
۲۶	۴-۱- مزایا و معایب فولاد
۲۶	۱-۴-۱- مزایای فولاد
۲۷	۲-۴-۱- معایب فولاد
۲۸	۵-۱- اصول طراحی
۲۹	۶-۱- بارهای وارده بر سازه
۲۹	۱-۶-۱- بار مرده
۲۹	۲-۶-۱- بار زنده (سربار)
۳۰	۳-۶-۱- بار برف
۳۰	۴-۶-۱- بار باد
۳۱	۵-۶-۱- بار زلزله
۳۲	۷-۱- تحلیل سازه به عنوان پیش نیاز طراحی

۳۲	۸-۱- معیارهای طراحی سازه
۳۲	۱-۸-۱- معیار مقاومت
۳۲	۱-۱-۸-۱- معیار تسلیم
۳۳	۲-۱-۸-۱- معیار خمیری یا پلاستیک شدن
۳۳	۲-۸-۱- معیار پایداری
۳۳	۳-۸-۱- معیار تغییر مکان
۳۴	۴-۸-۱- معیار رفتار دینامیکی
۳۴	۵-۸-۱- معیار خستگی
۳۴	۶-۸-۱- معیار تردشکنی
۳۴	۹-۱- فلسفه های طراحی
۳۴	۱-۹-۱- فلسفه طراحی بر اساس تنش مجاز
۳۶	۲-۹-۱- فلسفه طراحی بر اساس مقاومت نهایی
۳۹	۳-۹-۱- ضریب اطمینان
۴۰	۱۰-۱- آیین نامه های طراحی
۴۳	۱۱-۱- منحنی ظرفیت سازه، مفهوم سختی، مقاومت و شکل پذیری
۴۵	۱۲-۱- انواع پروفیل های متداول در ساختمانهای فولادی
۵۲	۱۳-۱- مقاطع اعضای سازه
۵۴	۱۴-۱- یادآوری استاتیک و مقاومت مصالح
۵۴	۱-۱۴-۱- انواع مشخصات سطح مقطع
۵۴	۱-۱-۱۴-۱- مشخصات پایه ای یا اصلی
۵۴	۲-۱-۱۴-۱- مشخصات نتیجه شده
۵۵	۲-۱۴-۱- مفهوم فیزیکی و محاسبه مشخصات مقطع
۵۵	۱-۲-۱۴-۱- مساحت و لنگر سطح
۵۷	۲-۲-۱۴-۱- مساحت برشی
۵۷	۳-۲-۱۴-۱- ثابت پیچشی
۵۸	۴-۲-۱۴-۱- ثابت اعوجاج
۵۸	۵-۲-۱۴-۱- محورها های اصلی

۵۹	۱-۱۴-۲-۶-اساس مقطع الاستیک
۵۹	۱-۱۴-۲-۷-اساس مقطع پلاستیک
۶۰	۱-۱۴-۲-۸-شعاع زیراسیون
۶۰	۱-۱۴-۲-۹-مرکز هندسی، مرکز پلاستیک و مرکز برش
۶۷	۱-۱۵-واحدهای مورد استفاده
۶۷	۱-۱۶-توجهات لازم
۶۸	۱-۱۷-مسائل فصل اول

فصل ۲: طراحی قطعات کششی

۷۳	۲-۱-پیشگفتار
۷۴	۲-۲-تنش های مجاز قطعات کششی
۷۶	۲-۳-سطح مقطع خالص (A_n)
۷۹	۲-۴-بررسی مسیرهای مایل در سطح مقطع خالص و تعیین سطح مقطع بحرانی
۸۱	۲-۵-سطح مقطع خالص نبشی و ناودانی
۸۳	۲-۶-سطح مقطع خالص موثر
۸۶	۲-۷-صلیبت قطعات کششی
۸۸	۲-۸-انتقال نیرو در اتصال قطعات کششی و محاسبه ضریب اتصال
۹۳	۲-۹-قطعات کششی مرکب
۱۰۱	۲-۱۰-طراحی میل مهار لایه در ساختمانهای صنعتی
۱۰۵	۲-۱۱-اتصالات مفصلی عضو کششی
۱۰۸	۲-۱۲-مسائل فصل دوم

فصل ۳: طراحی قطعات فشاری

۱۱۵	۳-۱-پیشگفتار
۱۱۵	۳-۲-پدیده کمانش در اعضای فشاری
۱۱۷	۳-۳-محاسبه بار بحرانی برای ستون دوسر مفصل
۱۲۱	۳-۴-کمانش ارتجاعی
۱۲۲	۳-۵-کمانش غیر ارتجاعی

۱۲۲	۳-۶- تنش های مجاز قطعات فشاری
۱۲۷	۳-۷- ضریب لاغری ستون یا ضریب طول موثر قطعه فشاری
۱۲۹	۳-۷-۱- تعیین طول موثر در قابهای ساختمانی
۱۳۵	۳-۸- مراحل گام به گام طراحی اعضای فشاری
۱۳۶	۳-۹- نکات مهم در طراحی اعضای فشاری
۱۵۲	۳-۱۰- کنترل کماتش موضعی
۱۵۳	۳-۱۰-۱- عناصر فشاری تقویت نشده
۱۵۵	۳-۱۰-۲- عناصر فشاری تقویت شده
۱۵۷	۳-۱۰-۳- مراحل گام به گام طراحی اعضای فشاری در صورت وجود کماتش موضعی
۱۶۵	۳-۱۱- طراحی ستونهای مرکب
۱۶۶	۳-۱۱-۱- ضوابط طراحی ستونهای مرکب
۱۶۸	۳-۱۱-۲- ستونهای بست دار (قید دار یا پیوند دار)
۱۷۱	۳-۱۱-۲-۱- مراحل گام به گام طراحی ستونهای بست دار با بست موازی
۱۷۷	۳-۱۱-۲-۲- مراحل گام به گام طراحی ستونهای بست دار با بست های مورب
۱۹۷	۳-۱۲- طرح لرزه ای ستون ها
۱۹۷	۳-۱۲-۱- الزامات عمومی
۱۹۹	۳-۱۲-۲- قابهای خمشی
۱۹۹	۳-۱۲-۲-۱- ستون ها در قابهای خمشی ویژه
۲۰۱	۳-۱۲-۲-۲- ستون ها در قابهای خمشی متوسط
۲۰۱	۳-۱۲-۲-۳- ستون ها در قابهای خمشی معمولی
۲۰۴	۳-۱۳- مسائل فصل سوم
۲۰۹	فصل ۴: طراحی قطعات خمشی.....
۲۱۱	۴-۱- پیشگفتار
۲۱۴	۴-۲- نظریه خمش الاستیک و پلاستیک در تیرها
۲۱۴	۴-۲-۱- نظریه خمش الاستیک
۲۱۷	۴-۲-۲- نظریه خمش پلاستیک
۲۲۰	۴-۳- روش طرح ارتجاعی تیرهای مهار شده

۲۲۵	۴-۴- روش طرح خمیری
۲۲۸	۴-۵- کنترل برش در تیرها
۲۳۱	۴-۶- کنترل شرایط بهره برداری در تیرها
۲۳۱	۴-۶-۱- محاسبه حداکثر خیز موجود تیر
۲۳۳	۴-۶-۲- خیز مجاز تیر و مقادیر آیین نامه ای
۲۳۴	۴-۶-۳- کنترل ارتعاش تیر
۲۳۵	۴-۶-۴- پیش خیز (خیز منفی در تیرها)
۲۳۸	۴-۷- مهارهای جانبی بال فشاری (مهارهای خمشی)
۲۴۰	۴-۸- تعیین تنشهای مجاز خمشی حول محور قوی پروفیل براساس فواصل مهار جانبی
۲۴۳	۴-۸-۱- تعیین (r_y)
۲۴۴	۴-۸-۲- محدودیت های کاربرد دسته روابط الف وب
۲۴۵	۴-۸-۳- تعیین ضریب یکنواختی نمودار لنگر در فاصله دو مهار (C_b)
۲۴۷	۴-۸-۴- تعیین مقطع بحرانی در تیر
۲۶۲	۴-۹- طرح لرزه ای تیرها طبق مبحث دهم مقررات ملی ساختمان
۲۶۲	۴-۹-۱- تیرها در قابهای خمشی ویژه
۲۶۲	۴-۹-۱-۱- محدودیت ها
۲۶۴	۴-۹-۱-۲- طراحی برای خمش و برش
۲۶۵	۴-۹-۱-۳- مهاربندی جانبی تیرها
۲۶۶	۴-۹-۲- تیرها در قابهای خمشی متوسط
۲۶۶	۴-۹-۲- تیرها در قابهای خمشی معمولی
۲۷۰	۴-۱۰- مسائل فصل چهارم

فصل ۵: مباحث تکمیلی در طراحی تیرها..... ۲۷۷

۲۷۹	۵-۱- پیشگفتار
۲۷۹	۵-۲- طراحی تیرها با استفاده از ورق تقویت
۲۸۰	۵-۲-۱- روابط تقریبی برای حدس ابعاد ورق تقویت
۲۸۳	۵-۲-۲- روابط دقیق برای تعیین ابعاد ورق تقویت
۲۸۵	۵-۲-۳- مراحل گام به گام طراحی تیرها با ورق تقویت

۲۸۸	۳-۵- طراحی تیرهای سراسری
۲۸۸	۱-۳-۵- تحلیل تیرهای سراسری به کمک قضیه سه لنگر
۲۹۳	۲-۳-۵- مکانیزم انهدام در تیرهای سراسری
۲۹۴	۳-۳-۵- بازتوزیع لنگر
۲۹۵	۴-۳-۵- مراحل گام به گام طراحی تیرهای سراسری
۲۹۶	۵-۳-۵- تیرهای سراسری با تقویت در ناحیه لنگر منفی
۲۹۶	۶-۳-۵- مراحل گام به گام طراحی تیرهای سراسری با ورق تقویت
۳۰۸	۴-۵- طراحی تیرهای لانه زنبوری
۳۱۰	۱-۴-۵- مشخصات هندسی سوراخ ها
۳۱۴	۲-۴-۵- معیارهای طراحی در تیرهای لانه زنبوری
۳۲۹	۳-۴-۵- راه حل ساده برای طراحی تیرهای لانه زنبوری
۳۳۵	۵-۵- بررسی های لازم برای تیرها در محل اعمال بارهای متمرکز
۳۳۵	۱-۵-۵- کنترل جاری شدن موضعی جان
۳۳۷	۲-۵-۵- کنترل لهیدگی در جان تیر
۳۳۸	۳-۵-۵- کنترل کمانش توام با انتقال جانبی در جان تیر
۳۳۹	۴-۵-۵- تعبیه سخت کننده های فشاری در محل بارهای متمرکز
۳۴۱	۵-۵-۵- طراحی ورق های زیرسری و ورق تقسیم فشار در تیرها
۳۵۰	۶-۵- طراحی تیرها تحت اثر خمش دو محوره
۳۵۷	۷-۵- مسائل فصل پنجم

فصل ۶: طراحی تیرهای مرکب فولادی و بتنی ۳۶۳

۳۶۵	۱-۶- پیشگفتار
۳۶۵	۲-۶- تئوری رفتار تیرهای مرکب
۳۶۸	۳-۶- مزایا و معایب تیرهای مرکب
۳۶۸	۱-۳-۶- مزایای تیرهای مرکب
۳۶۸	۲-۳-۶- معایب تیرهای مرکب
۳۶۹	۴-۶- محاسبات طراحی تیرهای مرکب
۳۶۹	۱-۴-۶- تعیین عرض موثر دالهای بتنی

۳۷۱	۲-۴-۶- خصوصیات هندسی مقطع مرکب
۳۷۴	۳-۴-۶- طراحی تیرهای مرکب باو بدون استفاده از شمع بندی
۳۷۴	۱-۳-۴-۶- طرح تیرهای مرکب با اجرای شمع بندی
۳۷۵	۲-۳-۴-۶- طرح تیرهای مرکب بدون اجرای شمع بندی
۳۷۷	۵-۶- طراحی برشگیرها
۳۸۴	۶-۶- کنترل تغییر مکان در تیرهای مرکب
۴۰۸	۷-۶- کنترل تغییر مکان در تیر مرکب همراه با اثر خزش و جمع شدگی بتن
۴۰۸	۱-۷-۶- کنترل تغییر مکان در تیر مرکب همراه با اثر خزش بتن
۴۰۹	۲-۷-۶- کنترل تغییر مکان در تیر مرکب همراه با اثر جمع شدگی بتن
۴۱۲	۸-۶- کنترل ارتعاش تیر مرکب
۴۱۵	۹-۶- مسائل فصل ششم

فصل ۷: طراحی تیرستون ها (ترکیب خمش و نیروی محوری)..... ۴۱۹

۴۲۱	۱-۷- پیشگفتار
۴۲۲	۲-۷- اثرات $P-\Delta$ در معادلات حاکم بر رفتار تیرستونها
۴۲۵	۳-۷- ضوابط آیین نامه برای طراحی تیرستون ها
۴۲۵	۱-۳-۷- مقدمه
۴۲۶	۲-۳-۷- روابط آیین نامه ای
۴۲۷	۳-۳-۷- تعیین ضریب C_m
۴۲۹	۴-۷- تعیین جهت قرارگیری مقطع تیرستون
۴۲۹	۵-۷- انتخاب مقطع اولیه طراحی تیرستون ها
۴۳۱	۶-۷- مقطع بحرانی در تیرستون ها
۴۳۱	۷-۷- مراحل گام به گام طراحی تیرستون ها
۴۶۳	۸-۷- مسائل فصل هفتم

فصل ۸: طراحی کف ستون ها..... ۴۶۹

۴۷۱	۱-۸- پیشگفتار
۴۷۲	۲-۸- اصول طراحی کف ستونها

۴۷۲	۳-۸- تعیین تنش مجاز فشاری مصالح فونداسیون
۴۷۴	۴-۸- طراحی کف ستون تحت اثر بار محوری تنها بدون خروج از مرکزیت
۴۷۹	۵-۸- طراحی کف ستون تحت اثر بار محوری همراه با خروج از مرکزیت
۴۸۱	۱-۵-۸- طراحی کف ستون با خروج از مرکزیت کم
۴۸۶	۲-۵-۸- طراحی کف ستون با خروج از مرکزیت متوسط
۴۹۰	۳-۵-۸- طراحی کف ستون با خروج از مرکزیت زیاد
۴۹۱	۶-۸- طراحی میل مهار
۵۰۱	۷-۸- طراحی کف ستون با استفاده از سخت کننده (لچکی)
۵۳۱	۸-۸- موارد ویژه در طراحی کف ستون
۵۳۱	۱-۸-۸- اثر خمش دو محوره در طراحی کف ستون
۵۳۲	۱-۱-۸-۸- راه حل ساده برای طراحی کف ستون با خمش دو محوره
۵۴۱	۲-۸-۸- طراحی کف ستون با ستون مفصلی کنار
۵۴۶	۳-۸-۸- طراحی کف ستون با ستون گیردار کنار
۵۵۱	۴-۸-۸- طراحی کف ستون با ستون مفصلی گوشه
۵۵۹	۵-۸-۸- طراحی کف ستون با ستون گیردار گوشه
۵۶۸	۶-۸-۸- نکات اجرایی
۵۶۸	۱-۶-۸-۸- میل مهارها
۵۶۹	۲-۶-۸-۸- کف ستون
۵۷۱	۳-۶-۸-۸- اتصال ستون به کف ستون
۵۷۲	۴-۶-۸-۸- اتصال سخت کننده ها به ستون و کف ستون
۵۷۲	۵-۶-۸-۸- گروت
۵۷۳	۹-۸- ضوابط ویژه برای طرح لرزه ای
۵۷۴	۱۰-۸- مسائل فصل هشتم

پیوست ۱- جداول نیمرخ های ساختمانی..... ۵۷۸

مراجع و منابع..... ۵۹۵