

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه سمنان

طراحی کاربردی

سازه های فولادی

(جلد دوم)

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	ج ۲: ج. مصور، جدول.
شابک	ج ۱: ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۶۵-۳۱-۰ : ج ۲: ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۶۵-۵۴-۹
وضعیت فهرست نویسی	فیپا
یادداشت	ج ۲: (چاپ اول: ۱۳۹۳) (فیپا).
موضوع	سازه‌های فولادی -- طرح و ساختمان
شناسه افزوده	خاتمی، مصطفی، ۱۳۶۳ -
شناسه افزوده	دانشگاه سمنان
رده بندی کنگره	TA ۶۸۴/۴۴۶۴ ۱۳۹۳:
رده بندی دیویی	۶۲۴/۱۸۲۱:
شماره کتابشناسی ملی	۳۴۸۲۳۳۷:



انتشارات دانشگاه سمنان

طراحی کاربردی سازه‌های فولادی (جلد دوم)

تألیف: دکتر محسن گرامی - مهندس مصطفی خاتمی

طرح جلد: سید محمد مهدی خاتمی

ناشر: انتشارات دانشگاه سمنان

نوبت چاپ: اول - بهار ۱۳۹۴

شمارگان: ۴۰۰ جلد

بها: ۲۶۰۰۰۰ ریال

شابک جلد دوم: ۹۷۸-۶۰۰-۷۰۶۵-۵۴-۹ دوره: ۱-۹۷۸-۶۰۰-۷۰۶۵-۴۷-۱

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

وب سایت: www.press.semnan.ac.ir تلفن انتشارات دانشگاه سمنان: ۰۲۳-۳۳۸۳۳۷۰

پیشگفتار مولفین:

حمد و سپاس خداوند متعال را که توفیق عنایت فرمود "جلد دوم" کتاب "طراحی کاربردی سازه های فولادی" برای چاپ آماده گردد و در اختیار دانشجویان، مهندسان و سایر علاقمندان قرار گیرد. این جلد نیز همانند جلد اول، حاصل تجربیات حرفه ای، تحقیقات مولفین و ماحصل سالهای طولانی تدریس در دانشگاه های کشور است.

کتاب حاضر مشتمل بر هفت فصل است که سعی شده است تسلسل و پیایی بودن مباحث با مطالب ارائه شده در جلد اول کتاب، رعایت گردد. مجموعه مطالب ارائه شده در این دو جلد، اصول و ضوابط طراحی سازه های فولادی با توجه به جنبه کاربردی آنهاست. جنبه کاربردی کتاب بخصوص جهت استفاده حرفه ای مهندسان، مورد تاکید مولفین می باشد.

در فصل نهم کتاب، "طراحی اعضا تحت اثر لنگر پیچشی" ارائه می شود که به بررسی پیچش در مقاطع مختلف پرداخته و مبانی نظری پیچش آزاد و مقید اعضا بیان می گردد. در انتهای فصل، راه حل ساده برای تعیین تنش های ناشی از پیچش و تبدیل آن به خمش دو محوره، مورد بررسی قرار می گیرد و مثال های گوناگونی جهت آشنایی خوانندگان با موضوع پیچش ارائه می شود. "طراحی اتصالات پیچی" در فصل دهم، مورد بررسی قرار می گیرد. رئوس کلی این فصل شامل مزایا و معایب اتصالات پیچی، پیچ های معمولی و پرمقاومت، پیش تنیدگی در پیچ های پرمقاومت، اتصالات برشی و اصطکاک، مشخصات و فواصل سوراخ ها، تنش های مجاز و نحوه تعیین تنش در حالات مختلف بارگذاری در اتصالات پیچی است. مثال های گوناگون این فصل خواننده را با مفاهیم طراحی اتصالات پیچی آشنا می کند.

فصل یازدهم به "طراحی جوش" اختصاص دارد. در این فصل، فرآیندهای جوشکاری، انواع و نحوه انتخاب الکترود، انواع جوش، وضعیت های جوشکاری، معایب و نواقص جوش، علائم جوشکاری، آزمایش های غیرمخرب جوش و ضوابط و محدودیت های آیین نامه ای مورد بررسی قرار می گیرد. در انتهای فصل مثال های متنوعی از نحوه محاسبه و طراحی جوش آورده شده است. مثال ها بگونه ای طراحی شده است تا محاسبات مربوط به طراحی اتصالات رایج در فصل بعد، تسهیل گردد.

فصل دوازدهم به "طراحی اتصالات جوشی" می پردازد. در بخش اول این فصل طراحی اتصالات ساده، مطرح شده و در بخش دوم طراحی اتصالات صلب ارائه می گردد. در این بخش با

توجه به ضوابط آیین نامه ای، اتصالات صلب در قابهای خمشی با شکل پذیری کم، متوسط و زیاد بررسی شده و برای هریک، مراحل گام به گامی ارائه می شود. مثال های ارائه شده بگونه ایست که تفاوت شکل پذیری های مختلف در طراحی ملموس گردد. در بخش سوم برخی از انواع اتصالات پیشنهادی جایگزین در قابهای خمشی ویژه پس از زلزله نورتریج تشریح می گردد. در انتهای فصل نیز ضوابط طراحی وصله تیرها و ستون ها مورد بررسی قرار می گیرد.

با توجه به اهمیت کاربرد تیرورق ها در سازه های با دهانه های بزرگ، تلاش شده است که علاوه بر تاکید بر روابط تئوری حاکم بر آنها، ضوابط آیین نامه ای "طراحی تیر ورق ها" نیز در فصل سیزدهم کتاب به دقت مورد بررسی قرار گیرد. مثال های متنوعی از انواع تیرورق ها به صورت دوسر ساده و سراسری ارائه شده است.

در فصل چهاردهم، "طراحی مهاربندها" ارائه می گردد. در این فصل مهاربندها به دودسته کلی همگرا و واگرا تقسیم بندی می شوند که در هریک ضوابط آیین نامه ای به همراه مثال هایی بیان شده و در انتهای فصل به تشریح ضوابط طراحی اتصالات مهاربندها به همراه مثال های کاربردی آن، پرداخته می شود.

در فصل آخر، "طراحی خرپا" مطرح می شود که به انواع خرپاها، شکل مقاطع خرپا و نحوه باربری آنها پرداخته می شود و اعضای خرپا به عنوان اعضای کششی، فشاری و تیرستون در مثال هایی مورد ارزیابی قرار می گیرند.

برخود لازم می دانیم 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 نماییم.

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

زمستان ۱۳۹۳

فصل ۹: طراحی اعضا تحت اثر لنگر پیچشی.....	۱
۱-۹- پیشگفتار	۳
۲-۹- پیچش در مقاطع مدور توپر و توخالی	۳
۳-۹- پیچش در مقاطع جدار نازک بسته	۵
۴-۹- پیچش در مقطع توپر مربع مستطیل	۶
۵-۹- پیچش آزاد اعضای جدار نازک باز (پیچش خالص)	۷
۶-۹- پیچش مقید اعضای جدار نازک باز (پیچش همراه با تابیدگی)	۹
۶-۹-۱- راه حل ساده برای تعیین تنش های ناشی از پیچش	۱۱
۷-۹- مسائل فصل نهم	۲۸
فصل ۱۰: طراحی اتصالات پیچی.....	۲۹
۱-۱۰- پیشگفتار	۳۱
۲-۱۰- پرچکاری	۳۱
۳-۱۰- مزایا و معایب اتصالات پیچی	۳۲
۱-۳-۱۰- مزایای اتصالات پیچی	۳۳
۲-۳-۱۰- معایب اتصالات پیچی	۳۴
۴-۱۰- پیچهای معمولی و پیچهای پر مقاومت	۳۴
۱-۴-۱۰- پیچهای معمولی	۳۵
۲-۴-۱۰- پیچهای پر مقاومت	۳۵
۵-۱۰- نیروی پیش تنیدگی در پیچ های پر مقاومت	۳۶
۶-۱۰- اتصالات اتکایی و اصطکاکی	۳۹
۱-۶-۱۰- اتصالات اتکایی	۳۹
۱-۶-۱-۱- کنترل گسیختگی کششی ورق	۴۱
۲-۶-۱-۲- کنترل گسیختگی برشی پیچ	۴۲
۳-۶-۱-۳- کنترل لهیدگی در بدنه پیچ و ورق اتصال	۴۲
۱-۶-۱-۱- کنترل پارگی ورق در اثر برش	۴۳

۴۴	۱۰-۶-۲- اتصالات اصطکاکی
۴۶	۱۰-۷-۷- مشخصات و فواصل سوراخهای پیچ
۴۶	۱۰-۷-۱- انواع سوراخ در اتصالات پیچی
۴۷	۱۰-۷-۲- فواصل حداقل سوراخ ها از یکدیگر
۴۸	۱۰-۷-۳- فواصل حداقل سوراخ ها از لبه
۵۰	۱۰-۷-۴- فواصل حداکثر سوراخ ها
۵۰	۱۰-۸-۸- تنش های مجاز در اتصالات اتکایی و اصطکاکی
۵۰	۱۰-۸-۱- تنش های مجاز کششی و برشی در پیچ ها
۵۲	۱۰-۸-۲- تنش مجاز لهیدگی در جدار سوراخ های پیچ
۵۹	۱۰-۹-۹- اتصالات پیچی تحت اثر برش با خروج از مرکزیت
۶۶	۱۰-۱۰-۱۰- طراحی اتصالات پیچی تحت اثر کشش
۶۷	۱۰-۱۱-۱۱- طراحی اتصالات پیچی تحت اثر توام کشش و برش
۶۸	۱۰-۱۱-۱- اثر توام کشش و برش در اتصالات اتکایی
۷۰	۱۰-۱۱-۲- اثر توام کشش و برش در اتصالات اصطکاکی
۷۴	۱۰-۱۲-۱۲- طراحی اتصالات پیچی تحت اثر خمش
۷۴	۱۰-۱۲-۱- پیچ های اتصال فاقد پیش تنیدگی اولیه هستند
۸۰	۱۰-۱۲-۲- پیچ های اتصال دارای پیش تنیدگی اولیه هستند
۸۵	۱۰-۱۳- مسائل فصل دهم

فصل ۱۱: طراحی جوش..... ۹۱

۹۳	۱۱-۱-۱- پیشگفتار
۹۳	۱۱-۲-۲- فرآیندهای جوشکاری
۹۴	۱۱-۲-۱- جوش گازی
۹۵	۱۱-۲-۲- جوشکاری توسط قوس الکتریکی
۹۶	۱۱-۲-۲-۱- جوشکاری دستی با الکتروود. روکش دار
۹۷	۱۱-۳-۳- انواع و نحوه انتخاب الکتروود
۹۷	۱۱-۳-۱- انواع الکتروود بر اساس مقاومت و نحوه مصرف
۹۸	۱۱-۳-۲- انتخاب الکتروود

۹۸	۱۱-۴- انواع اتصالات جوشی
۱۰۱	۱۱-۵- انواع جوش
۱۰۴	۱۱-۶- وضعیت های جوشکاری
۱۰۵	۱۱-۷- علائم جوشکاری
۱۰۶	۱۱-۸- معایب و نواقص جوش
۱۰۷	۱۱-۸-۱- نفوذ ناقص
۱۰۷	۱۱-۸-۲- اختلاط ناقص
۱۰۷	۱۱-۸-۳- تخلخل جوش
۱۰۸	۱۱-۸-۴- حبس سرباره
۱۰۸	۱۱-۸-۵- بریدگی کناره جوش
۱۰۹	۱۱-۸-۶- ترک در جوش
۱۱۰	۱۱-۹- آزمایش های جوش
۱۱۰	۱۱-۹-۱- آزمایش های غیرمخرب
۱۱۳	۱۱-۹-۲- آزمایش های مخرب
۱۱۳	۱۱-۱۰- سطح مقطع موثر و محدودیت های جوش شیاری
۱۱۳	۱۱-۱۰-۱- سطح مقطع موثر جوش شیاری
۱۱۴	۱۱-۱۰-۲- محدودیت های جوش شیاری
۱۱۴	۱۱-۱۱- سطح مقطع موثر و محدودیت های جوش گوشه
۱۱۴	۱۱-۱۱-۱- سطح مقطع موثر جوش گوشه
۱۱۵	۱۱-۱۱-۲- محدودیت های جوش گوشه
۱۱۸	۱۱-۱۲- سطح مقطع موثر و محدودیت های جوش انگشانه و کام
۱۱۸	۱۱-۱۲-۱- سطح مقطع موثر جوش انگشانه و کام
۱۱۸	۱۱-۱۲-۲- محدودیت های جوش انگشانه و کام
۱۱۹	۱۱-۱۳- تنش های مجاز جوش
۱۲۱	۱۱-۱۴- ارزش جوش
۱۲۷	۱۱-۱۵- طرح اتصال متعادل
۱۲۹	۱۱-۱۶- طرح جوش تحت اثر برش و پیچش

- ۱۳۶- ۱۷-۱۱- طرح جوش تحت اثر برش و خمش
- ۱۳۷- ۱۷-۱۱-۱- تخمین طول جوشی که تحت اثر لنگر خمشی است
- ۱۴۱- ۱۸-۱۱- مشخصات مصالح جوش در طرح لرزه ای
- ۱۴۲- ۱۹-۱۱- مسائل فصل یازدهم

فصل ۱۲: طراحی اتصالات جوشی..... ۱۴۵

- ۱۴۷- ۱-۱۲- پیشگفتار
- ۱۴۷- ۲-۱۲- اتصالات تیر به ستون
- ۱۴۸- ۱-۲-۱۲- طراحی اتصالات ساده
- ۱۴۸- ۱-۲-۱۲-۱- طراحی اتصال ساده با نبشی نشیمن
- ۱۵۷- ۲-۱-۲-۱۲- طراحی اتصال ساده با نبشی جان
- ۱۶۷- ۳-۱-۲-۱۲- طراحی اتصال ساده با نشیمن تقویت شده
- ۱۷۹- ۴-۱-۲-۱۲- طراحی اتصال خورجینی
- ۱۸۸- ۲-۲-۱۲- طراحی اتصالات صلب
- ۱۹۱- ۱-۲-۲-۱۲- ضوابط مشترک در طراحی اتصالات صلب قابهای خمشی
- ۲۰۵- ۲-۲-۲-۱۲- طراحی اتصالات صلب در قابهای خمشی با شکل پذیری معمولی
- ۲۱۷- ۳-۲-۲-۱۲- طراحی اتصالات صلب در قابهای خمشی با شکل پذیری متوسط
- ۲۲۸- ۴-۲-۲-۱۲- طراحی اتصالات صلب در قابهای خمشی ویژه
- ۲۵۸- ۳-۱۲- اتصالات پیشنهادی
- ۲۵۸- ۱-۳-۱۲- اتصالات خمشی تقویت شده با ورق کناری
- ۲۶۲- ۲-۳-۱۲- اتصالات خمشی با مقطع تیر کاهش یافته
- ۲۶۵- ۳-۳-۱۲- اتصالات خمشی تقویت شده با ماهیچه
- ۲۶۷- ۴-۳-۱۲- اتصالات خمشی تقویت شده با پشت بند
- ۲۷۰- ۵-۳-۱۲- اتصالات صلب پیچی با سپری انتهایی
- ۲۷۱- ۶-۳-۱۲- اتصالات صلب پیچی با صفحه انتهایی
- ۲۷۲- ۷-۳-۱۲- اتصالات خمشی پس کشیده
- ۲۷۵- ۴-۱۲- طراحی وصله تیرها و ستون ها
- ۲۷۵- ۱-۴-۱۲- طراحی وصله ستون ها

۲۷۵	۱۲-۴-۱-۱- انواع وصله ستون ها
۲۸۰	۱۲-۴-۱-۲- نیروهای طراحی در وصله ستون ها
۲۸۸	۱۲-۴-۲- طراحی وصله تیرها
۲۸۸	۱۲-۴-۲-۱- انواع وصله تیرها
۲۹۱	۱۲-۴-۲-۲- نیروهای طراحی در وصله تیرها
۲۹۹	۱۲-۵- مسائل فصل دوازدهم

فصل ۱۳: طراحی تیرورق ها..... ۳۰۱

۳۰۳	۱۳-۱- پیشگفتار
۳۰۵	۱۳-۲- اصول و کلیات طراحی تیرورق ها
۳۰۵	۱۳-۲-۱- ناپایداری بال فشاری تیرورق
۳۰۶	۱۳-۲-۲- ناپایداری جان تیرورق
۳۱۲	۱۳-۲-۳- تعیین مساحت بال تیرورق
۳۱۴	۱۳-۲-۴- تعیین ارتفاع اقتصادی تیرورق
۳۱۵	۱۳-۳- مراحل گام به گام طراحی تیرورق ها
۳۲۵	۱۳-۴- نکات ضروری در طراحی تیرورق ها
۳۶۷	۱۳-۵- مسائل فصل سیزدهم

فصل ۱۴: طراحی مهاربندها..... ۳۷۱

۳۷۳	۱۴-۱- پیشگفتار
۳۷۴	۱۴-۲- مهاربندی همگرا
۳۷۶	۱۴-۲-۱- تحلیل دقیق و تقریبی مهاربندی های همگرا
۳۷۹	۱۴-۲-۲- طراحی قابهای مهاربندی شده همگرای ویژه
۳۸۰	۱۴-۲-۲-۱- توزیع نیروی جانی
۳۸۰	۱۴-۲-۲-۲- طراحی اعضای قطری مهاربند
۳۸۳	۱۴-۲-۲-۳- طراحی تیرهای قابهای مهاربندی شده ۸و ۷
۳۸۴	۱۴-۲-۲-۴- طراحی ستون های مهاربند
۳۸۴	۱۴-۲-۳- طراحی قابهای مهاربندی شده همگرای معمولی

۳۸۴	۱۴-۲-۳-۱- طراحی اعضای قطری مهاربند
۳۸۵	۱۴-۲-۳-۲- طراحی تیرهای قابهای مهاربندی شده ۷ و ۸
۳۹۴	۱۴-۳- مهاربندی واگرا
۳۹۶	۱۴-۳-۱- طراحی قابهای مهاربندی شده واگرای ویژه
۳۹۷	۱۴-۳-۱-۱- طراحی تیر پیوند
۴۰۲	۱۴-۳-۱-۲- طراحی تیر خارج از ناحیه پیوند
۴۰۳	۱۴-۳-۱-۳- طراحی اعضای قطری مهاربند
۴۰۵	۱۴-۳-۱-۴- طراحی ستون ها در قابهای مهاربندی شده واگرا
۴۰۵	۱۴-۳-۲- طراحی قابهای مهاربندی شده واگرای معمولی در داخل قاب ساده
۴۱۲	۱۴-۴- طراحی اتصالات در قابهای مهاربندی شده
۴۱۲	۱۴-۴-۱- طراحی اتصالات در مهاربندهای همگرا
۴۱۳	۱۴-۴-۱-۱- طراحی اتصال عضو مهاري به صفحه اتصال
۴۱۴	۱۴-۴-۱-۲- طراحی اتصال صفحه اتصال به تیر و ستون
۴۱۶	۱۴-۴-۱-۳- طراحی صفحه اتصال
۴۱۹	۱۴-۴-۱-۴- طراحی اتصال عضو مهاري به صفحه اتصال میانی
۴۲۸	۱۴-۴-۲- طراحی اتصالات در مهاربندهای واگرا
۴۲۹	۱۴-۴-۲-۱- طراحی اتصال تیر پیوند به ستون
۴۳۰	۱۴-۴-۲-۲- طراحی اتصال عضو مهاري به تیر طبقه
۴۳۳	۱۴-۵- مسائل فصل چهاردهم

فصل ۱۵: طراحی خرپا..... ۴۳۷

۴۳۹	۱۵-۱- پیشگفتار
۴۴۱	۱۵-۲- انواع خرپاهای متداول
۴۴۲	۱۵-۳- شکل مقاطع خرپا
۴۴۶	۱۵-۴- نحوه باربری خرپاها

پیوست ۱..... ۴۶۱

مراجع و منابع..... ۴۷۷