



جهاد دانشگاهی استان کرمان

مکانهای فولادی

جلد دوم

نویسندگان:

دکتر سعید شجاعی باغینی

مهندس رسول محبی فرد

مهندس علی شمشیری پور

۱۳۹۳

سرشناسه	: شجاعی باغینی، سعید، ۱۳۵۷
عنوان و نام پدیدآور	: سازه‌های فولادی / نویسندگان: سعید شجاعی باغینی، رسول محبی فرد، علی شمشیری پور.
مشخصات نشر	: کرمان، جهاد دانشگاهی، واحد کرمان، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ج: مصور، جدول، نمودار.
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
یادداشت	: ج ۲ (چاپ اول: ۱۳۹۲). (فیا)
دداشت	: کتابنامه
موضوع	: سازه‌های فولادی
موضوع	: سازه‌های فولادی، طرح و محاسبه
شناسه افزوده	: شمشیری پور، علی، ۱۳۶۸.
شناسه افزوده	: محبی فرد، رسول، ۱۳۶۸.
شناسه افزوده	: جهاد دانشگاهی. واحد کرمان
رده‌بندی کنگره	: ۱۳ س ۶۸۴ / TA ۶۸۴
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۰
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۱۰۹۰۸۱:

نام کتاب	: سازه‌های فولادی، جلد دوم
مؤلفان	: سعید شجاعی باغینی، رسول محبی فرد، علی شمشیری پور.
ناشر	: جهاد دانشگاهی واحد کرمان
تاریخ انتشار	: ۱۳۹۳:
تیراژ	: ۵۰۰ جلد
نوبت چاپ	: اول
شابک دوره	: ۷-۰۵ - ۶۷۸۹ - ۶۰۰ - ۹۷۸
شابک	: ۲-۱۳ - ۶۷۸۹ - ۶۰۰ - ۹۷۸
قیمت	: ۲۲۰۰۰ تومان

پیشگفتار ناشر

توسعه همه‌جانبه کشور عزیزمان ایران، مستلزم توسعه تحقیق، پژوهش و بهره‌گیری از فناوریهای نوین است که بخش عمده‌ای از این مسئولیت بزرگ، بر عهده‌استادان، محققان، دانشجویان و مؤسسات علمی تحقیقاتی است. جهاد دانشگاهی نیز به عنوان نهادی برخاسته از انقلاب اسلامی با اهداف علمی، پژوهشی و فرهنگی، چاپ و نشر کتب علمی و دانشگاهی را که نتیجه تحقیق، پژوهش و تلاش علمی و اندیشه‌دانه همکاران محترم عضو هیأت علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی می‌باشد را در کنار دیگر مسئولیتهای بسیار خوب رسالتی مهم تلقی می‌نماید. امید که خداوند متعال ما را در انجام این مهم، بیش از پیش یاری فرماید.

دکتر رضا کامیاب مقدس

نائب جهاد دانشگاهی استان کرمان

«ن وَالْقَلَمِ وَمَا يَسْطُرُونَ»

طراحی سازه‌های فولادی در طول ۱۰۰ سال گذشته دست خوش تغییرات فراوانی شده و سیر تکاملی خود را از میان روش‌هایی مبتنی بر شناخت اولیه از مصالح فولاد و برخی مباحث ابتدایی علم ریاضیات تا مباحث گسترده‌تری مبتنی بر شناختی عمیق‌تر و گسترده‌تر از فولاد و همچنین بکارگیری علوم نظری و آزمایشگاهی مختلف پیموده و تجربیات متعدد و گرانمایه‌ای را کسب نموده است.

روند طراحی حاضر، به صورت عمده، ترکیبی است از مباحث تئوری مطرح در علوم همچون پایداری رده‌ها، مقاومت مصالح، تحلیل سازه‌ها و تئوری ورق‌ها و پوسته‌ها و همچنین تجربیات آزمایشگاهی و عملی معانی، پس از آن نیز گزینش یک حاشیه‌ی ایمنی مناسب، به صورت قوانینی تدوین شده و در آیین‌نامه‌های طراحی مختلف منعکس شده‌اند.

روش‌های تنش مجاز و حالات حدی تا به امروز به عنوان دو روش اصلی طراحی شناخته شده و به صورتی مجزا در آیین‌نامه‌ها منعکس می‌شدند. در دهه اخیر، آیین‌نامه‌های طراحی سازه‌های فولادی از جمله AISC روش تنش مجاز و روش حالت حدی را تحت عنوان مقاومت مجاز جایگزین نموده و روابط و ضوابط مربوط به دو روش حدی و مقاومت مجاز را در یک یکپارچه و در آیین‌نامه‌ای واحد ذکر نموده‌اند. مبحث دهم مقررات ملی ساختمان نیز به عنوان آیین‌نامه‌ی رسمی کشور تا سال‌ها، تنها روش تنش مجاز را در خود جای داده بود ولی اخیراً در پی انتشار ویرایش سوم این آیین‌نامه در سال ۱۳۸۷ توسط وزارت مسکن و شهرسازی، در کنار روش تنش مجاز، روابط و ضوابط طراحی با استفاده از حالات حدی نیز ارائه گردید. این ویرایش از مبحث دهم با هدف پیمودن دوره‌ی گذار از روش کلاسیک تنش مجاز به روش‌های دقیق‌تر حدی و مقاومت مجاز تألیف شده بود و این دوره‌ی گذار، اکنون در سال ۱۳۹۲ با انتشار ویرایش چهارم این مبحث به پایان خواهد رسید و دو روش مذکور به عنوان تنها روش‌های رسمی و قانونی شناخته خواهند شد. تغییر اساسی دیگری که در ویرایش ۱۳۹۲ مبحث دهم اعمال شده است، تطبیق آن با ویرایش ۱۰ آیین‌نامه‌ی AISC است.

ایجاد تغییرات در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان و ضوابط طراحی سازه‌های فولادی، ما را بر آن داشت تا همگام با این تغییرات پیش رویم. این تغییر نگرش در شیوه‌ی طراحی نیازمند به‌کارگیری روش‌های آموزشی در سطح دانشگاه‌ها و مهندسين مرتبط با این حوزه است. در این راستا سعی خود را بر آن داشتیم تا نگارش این کتاب به گونه‌ای باشد که خوانندگان بتوانند از یک سو با ضوابط جدید طراحی سازه‌های فولادی آشنا شوند و از سوی دیگر تشابه و تغییرات آن‌ها را با ضوابط پیشین طراحی مقایسه نمایند. مولفین بر این باور هستند که با این شیوه مخاطبین راحت‌تر با روش‌های جدید ارتباط برقرار می‌نمایند.

کتاب پیش رو، مجموعه‌ای است که با هدف آشنایی مهندسان و دانشجویان عزیز با مبانی طراحی با

استفاده از سه روش فوق، درک مباحث مربوط به ضوابط مطرح شده در آیین‌نامه‌ها و آموزش چگونگی استفاده از آن‌ها نگاشته شده است. در تدوین مباحث این کتاب، حفظ شیوایی و روانی متون و پرهیز از پیچیدگی مطالب، به عنوان یک اصل مهم در دستور کار مولفین بوده است. بنابراین در فصل‌های مختلف کتاب، بیش از آن‌که به بیان مباحث تئوریک و آزمایشگاهی پیچیده‌تر که در پس روابط و الزامات آیین‌نامه‌ای نهانند پرداخته شود، به ذکر مفاهیم و نتایج کاربردی حاصل از این مباحث بسنده شده و خوانندگان مشتاق برای ادامه‌ی مطالعات به سایر مراجع فارسی و یا لاتین ارجاع داده می‌شوند.

هر فصل از کتاب، پس از تشریح مفاهیم مورد نیاز در طول فصل، ضوابط و روابط آیین‌نامه‌ای و الزامات پس‌های حادی، مقاومت مجاز و تنش مجاز ذکر شده و همزمان مقایسه‌ای بین این سه روش و همچنین ضوابط مندرج در میث دهم، نشریات سازمان برنامه و بودجه و آیین‌نامه‌های دیگر از جمله نشریات مختلف موسسه AISI بیان شده است. در قسمت‌های مختلف هر فصل نیز پس از بیان مباحث مورد نیاز، مثال‌های مفیدی به صورت مسئله طرح و حل شده است تا به درک هر چه بهتر مباحث کمک نماید. همچنین در انتهای فصل، مثال‌ها یا هدایت‌شده‌ها، آموخته‌های خواننده و تکمیل مثال‌ها آورده شده است. حل این تمرینات و مثال‌ها توسط خواننده ادامه است که به باور مولفین برای نیل به اهداف کتاب بسیار مفید خواهد بود.

کتاب حاضر در ۲ جلد و ۱۰ فصل تدوین شده که فصل‌ها گنجانده شده در هر جلد به شرح زیر می‌باشند:

جلد اول

فصل ۱- مقدمه‌ای بر طراحی سازه‌های فولادی

فصل ۲- طراحی اعضای کششی

فصل ۳- طراحی اعضای فشاری

فصل ۴- طراحی اعضای خمشی

فصل ۵- طراحی تیر ستون‌ها

جلد دوم

فصل ۶- کاربرد جوش در طراحی اتصالات

فصل ۷- کاربرد پیچ در طراحی اتصالات

فصل ۸- طراحی اتصالات

فصل ۹- طراحی مقاطع مرکب

فصل ۱۰- طراحی تیر ورق‌ها

در نگارش کتاب پیش رو سعی شده تا اکثر مطالب مطرح در زمینه‌ی طراحی سازه‌های متعارف فولادی پوشش داده شود، ولی مطالعه‌ی این کتاب به هیچ وجه به معنای بی‌نیازی از مطالعه‌ی دقیق و عمیق دیگر مراجع معتبر و بخصوص آیین‌نامه‌ها و راهنماهایی که بسته به مورد در قسمت‌های مختلف ذکر شده‌اند، نبوده و مطالعه‌ی آن‌ها در کنار این کتاب بسیار مفید خواهد بود.

در پایان، هر چند تمامی تلاشمان را در جهت به حداقل رساندن مشکلات و ایرادات؛ اعم از نگارشی، فنی و محتوایی متمرکز کرده‌ایم، ولی به هر حال دور از نظر ماندن تعدادی از این مشکلات همچنان محتمل است. به خصوص آنکه کتاب، اولین چاپ خود را تجربه می‌کند. از این رو دست تمامی اساتید و دانشجویان عزیز را در جهت ارائه‌ی پیشنهادها و رهنمودهای گرانقدرشان برای رفع نقایص باقی مانده به گرمی می‌فشاریم و از این بابت بی‌شائبه عذر خواهی می‌نماییم.

سعید شجاعی

رسول محبی فرد - علی شمشیری پور

تابستان ۱۳۹۲

فهرست مطالب

فصل ۶- کاربرد جوش در طراحی اتصالات.....	۱
۱-۱-۶- انواع جوش قوسی	۱
۱-۱-۶-۱- جوش قوسی با الکتروود روکش دار (Shielded Metal Arc Welding).....	۱
۱-۱-۶-۲- جوش قوسی زیرپودری (Submerged Arc Welding).....	۹
۱-۱-۶-۳- جوش قوسی تحت حفاظت گاز با الکتروود فلزی (Gas Metal Arc Welding).....	۱۱
۱-۱-۶-۴- جوش قوسی با الکتروود توپودری (Flux Cored Arc Welding).....	۱۲
۱-۱-۶-۵- الکتروود سازگار.....	۱۳
۱-۱-۶-۶- انواع اتصالات.....	۱۷
۱-۱-۶-۱-۳- اتصال لب به لب.....	۱۸
۱-۱-۶-۲-۳- اتصال ریه به ریه (شش).....	۱۸
۱-۱-۶-۳-۳- اتصال گوشه به گوشه.....	۱۹
۱-۱-۶-۴-۳- اتصال تی شکل (س).....	۱۹
۱-۱-۶-۵-۳- اتصال لبه.....	۱۹
۱-۱-۶-۴- انواع جوش ها.....	۱۹
۱-۱-۶-۱-۴- جوش شیاری (Groove Weld).....	۲۰
۱-۱-۶-۲-۴- جوش گوشه (Fillet Weld).....	۲۱
۱-۱-۶-۳-۴- جوش های کام (Slot Weld) و انگشتانه.....	۲۲
۱-۱-۶-۵- علائم اختصاری جوش.....	۲۳
۱-۱-۶-۶- عوامل موثر در کیفیت جوش.....	۲۴
۱-۱-۶-۱- انتخاب الکتروود و وضعیت جوشکاری.....	۲۵
۱-۱-۶-۲- آماده سازی انتهای ورق های اتصال.....	۲۶
۱-۱-۶-۳- کنترل تابیدگی در قطعات.....	۲۷
۱-۱-۶-۷- معایب محتمل جوش.....	۲۹
۱-۱-۶-۱-۷- ذوب ناقص.....	۲۹
۱-۱-۶-۲-۷- نفوذ ناقص.....	۳۰
۱-۱-۶-۳-۷- تخلخل.....	۳۰
۱-۱-۶-۴-۷- بریدگی پای جوش.....	۳۰
۱-۱-۶-۵-۷- آلودگی جوش.....	۳۱
۱-۱-۶-۶-۷- ترک خوردگی.....	۳۱

۳۲	۸-۶- بازرسی جوش و کنترل کیفیت
۳۳	۱-۸-۶- بازرسی های مخرب جوش
۳۳	۲-۸-۶- بازرسی های غیر مخرب جوش
۳۴	۹-۶- سطح موثر جوش
۳۵	۱-۹-۶- جوش های شیار
۳۷	۲-۹-۶- جوش های گوشه
۳۹	۳-۹-۶- جوش های کام و انگستانه
۳۹	۱۰-۶- محدودیت های آیین نامه ای در تعیین هندسه جوش
۳۹	۱-۱۰-۶- جوش های شیار
۴۰	۲-۱۰-۶- جوش های گوشه
۴۶	۱۰-۶- جوش کام و انگستانه
۴۷	۱۱-۶- توزیع اتصالات از دیدگاه توزیع تنش
۴۷	۱۲-۶- طراحی اتصالات جوشی
۴۸	۱-۱۲-۶- جوش و مقاومت مجاز
۵۴	۲-۱۲-۶- روش های جوش
۵۵	۳-۱۲-۶- روش تحلیل الاستیک (بردار) در طراحی اتصالات جوشی
۷۹	۴-۱۲-۶- روش تحلیل مقاومت در طراحی اتصالات جوشی همراه با خروج از مرکزیت
۹۱	۱۳-۶- تمرین های فصل ششم
۹۵	فصل ۷- کاربرد پیچ در طراحی اتصالات
۹۷	۱-۷- انواع پیچ ها
۹۷	۱-۱-۷- پیچ های معمولی
۹۸	۲-۱-۷- پیچ های پر مقاومت
۹۸	۲-۷- مفهوم بار معیار
۹۹	۳-۷- رفتار اتکایی و اصطکاکی اتصالات پیچی
۹۹	۱-۲-۷- رفتار اصطکاکی
۱۰۰	۲-۳-۷- مفهوم پیش تنیدگی در پیچ ها
۱۰۱	۳-۳-۷- رفتار اتکایی
۱۰۱	۴-۷- انواع سوراخ ها
۱۰۲	۵-۷- مکانیزم های خرابی اتصالات پیچی
۱۰۲	۱-۵-۷- تسلیم و گسیختگی ورق

۱۰۳.....	۲-۵-۷- لهدگی ورق
۱۰۴.....	۳-۵-۷- گسیختگی برشی ورق
۱۰۶.....	۴-۵-۷- گسیختگی قالبی
۱۰۶.....	۶-۷- محدودیت‌های آیین‌نامه‌ای در تعیین فواصل پیچ‌ها
۱۰۶.....	۱-۶-۷- محدودیت‌های حداقل فاصله سوراخ‌ها
۱۰۷.....	۲-۶-۷- محدودیت‌های حداکثر فاصله سوراخ‌ها
۱۰۸.....	۷-۷- طراحی پیچ‌ها تحت نیروی برشی تنها
۱۰۸.....	۷-۷- رفتار اتکایی
۱۱۱.....	۲-۷- رفتار اصطکاکی
۱۱۳.....	۸-۷- اجزای تحت نیروی برشی و لنگر پیچشی
۱۱۴.....	۷-۸-۱- برش تسلیم الاستیک
۱۱۶.....	۷-۸-۲- روش تحلیل مقاومت
۱۲۸.....	۷-۹- طراحی پیچ‌ها تحت نیروی کششی تنها
۱۲۸.....	۷-۹-۱- طراحی با فرض رفتار سلب ورق‌های اتصال
۱۳۰.....	۷-۹-۲- طراحی با فرض رفتار انعطاف پذیر ورق‌های اتصال و عمل اهرمی
۱۳۹.....	۷-۱۰- طراحی پیچ‌ها تحت نیروی کششی و نیروی کششی
۱۳۹.....	۷-۱۰-۱- اتصالات اتکایی
۱۴۲.....	۷-۱۰-۲- اتصالات اصطکاکی
۱۴۷.....	۷-۱۱- طراحی پیچ‌ها تحت نیروی برشی و ممان خمشی
۱۴۸.....	۷-۱۱-۱- اتصالات اتکایی
۱۴۸.....	۷-۱۱-۲- اتصالات اصطکاکی
۱۵۳.....	۷-۱۲- تمرین‌های فصل هفتم
۱۵۹.....	فصل ۸- طراحی اتصالات
۱۶۱.....	۸-۱- صلبیت اتصال
۱۶۶.....	۸-۲- شکل‌پذیری اتصال
۱۶۷.....	۸-۲-۱- اتصالات صلب تیر به ستون در قاب‌های خمشی ویژه (با شکل‌پذیری زیاد)
۱۷۰.....	۸-۲-۲- اتصالات صلب تیر به ستون در قاب‌های خمشی متوسط (با شکل‌پذیری متوسط)
۱۷۱.....	۸-۲-۳- اتصالات صلب تیر به ستون در قاب‌های خمشی معمولی (با شکل‌پذیری کم)
۱۷۱.....	۸-۲-۴- ناحیه‌ی حفاظت شده
۱۷۲.....	۸-۳- اتصالات ساده‌ی تیر به ستون

۱۷۲.....	۸-۳-۱- اتصال ساده با نبشی نشیمن
۱۸۲.....	۸-۳-۲- اتصال ساده با نشیمن سخت شده (پراکت)
۱۹۱.....	۸-۴- اتصالات صلب تیر به ستون
۱۹۳.....	۸-۴-۱- اتصال با ورق روسری و زیرسری به صورت پیچی (BFP)
۲۰۹.....	۸-۴-۲- اتصال با ورق روسری و زیرسری به صورت جوشی (WFP)
۲۲۵.....	۸-۴-۳- اتصال مستقیم تیر با مقطع کاهش یافته (RBS)
۲۲۸.....	۸-۴-۴- اتصال با صفحه‌ای انتهایی
۲۴۵.....	۸-۵- اتصالات صلب ستون به کف ستون
۲۴۵.....	۸-۵-۱- کف ستون‌های تحت بار محوری تنها
۲۵۱.....	۸-۵-۲- کف ستون‌های تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی
۲۵۴.....	۸-۵-۳- اتصالات میل مهارها
۲۶۸.....	۸-۶- تمرین‌های فصل هشتم
۲۷۱.....	فصل ۹- طراحی خاص مرکب
۲۷۲.....	۹-۱- معرفی مفاهیم مرکب
۲۷۳.....	۹-۲- آیین‌نامه‌های سررد استفاده در طراحی مقاطع مرکب
۲۷۳.....	۹-۳- روش‌های تحلیل و طراحی مقاطع مرکب
۲۷۳.....	۹-۳-۱- روش عمومی سازگاری
۲۷۴.....	۹-۳-۲- روش توزیع تنش پلاستیک
۲۷۵.....	۹-۴- مقاطع مرکب تحت اثر خمش
۲۷۶.....	۹-۴-۱- تیرهای مرکب با اتصالات برشی
۳۲۷.....	۹-۴-۲- تیرهای مرکب محصور شده و پر شده
۳۳۳.....	۹-۵- مقاطع مرکب محصور شده و پر شده تحت اثر فشار
۳۳۴.....	۹-۵-۱- انتقال بار بین بتن و فولاد و مکانیزم‌های آن
۳۳۷.....	۹-۵-۲- طراحی ستون‌های مرکب محصورشده به روش حدی و مقاومت محصور
۳۴۱.....	۹-۵-۳- طراحی ستون‌های مرکب پرشده به روش حدی و مقاومت مجر
۳۵۲.....	۹-۶- مقاطع مرکب تحت اثر مشترک فشار و خمش
۳۵۳.....	۹-۶-۱- روش‌های بررسی کفایت مقاومت مقاطع مرکب تحت اثر مشترک فشار و خمش
۳۷۰.....	۹-۷- تمرین‌های فصل نهم
۳۷۳.....	فصل ۱۰- طراحی تیرورق‌ها
۳۷۵.....	۱۰-۲- تیرها و تیرورق‌ها

۳۷۶	۳-۱۰- کمانش قائم بال فشاری
۳۷۸	۱-۳-۱۰- روش تنش مجاز
۳۷۸	۲-۳-۱۰- روش حدی و مقاومت مجاز
۳۷۸	۴-۱۰- مقاومت خمشی
۳۷۹	۱-۴-۱۰- روش تنش مجاز
۳۸۰	۲-۴-۱۰- روش حدی و مقاومت مجاز
۳۸۴	۵-۱۰- کاهش مقاومت خمشی - کمانش خمشی جان
۳۸۵	۱-۵-۱۰- روش تنش مجاز
۳۸۵	۵-۱۰- روش حدی و مقاومت مجاز
۳۸۸	۶-۱۰- مقاومت برشی - کاهش برشی جان
۳۸۹	۱-۶-۱۰- روش تنش مجاز
۳۹۳	۲-۶-۱۰- روش حدی و مقاومت مجاز
۳۹۵	۷-۱۰- مقاومت برشی - کاهش برشی جان
۳۹۶	۱-۷-۱۰- روش تنش مجاز
۳۹۶	۲-۷-۱۰- روش حدی و مقاومت مجاز
۳۹۷	۸-۱۰- اثر مشترک لنگر خمشی و نیروی برشی
۴۱۱	۹-۱۰- جان تیرورق تحت اثر بارهای متمرکز
۴۱۲	۱-۹-۱۰- روش تنش مجاز
۴۱۵	۲-۹-۱۰- روش حدی و مقاومت مجاز
۴۱۷	۱۰-۱۰- سخت کننده‌های عرضی
۴۱۷	۱-۱۰-۱۰- شرایط حذف سخت کننده‌های عرضی
۴۱۸	۲-۱۰-۱۰- مشخصات سخت کننده‌های عرضی
۴۲۲	۱۱-۱۰- سخت کننده‌های فشاری
۴۲۲	۱۲-۱۰- انتخاب ابعاد بهینه برای تیرورق‌ها
۴۲۳	۱-۱۲-۱۰- مساحت بهینه‌ی بال
۴۲۵	۲-۱۲-۱۰- ارتفاع بهینه‌ی جان
۴۲۷	۳-۱۲-۱۰- تغییر در ابعاد ورق بال
۴۵۳	۱۳-۱۰- تمرین‌های فصل دهم