

مرجع طراحی

ساختمانهای فولادی

بر اساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان

تالیف:

سید مهدی حاجی میراسمعیل

سرشناسه	حاجی میراسمعیل، سیدمهدی، ۱۳۶۲-
عنوان و نام پدیدآور	مرجع طراحی ساختمانهای فولادی براساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان / تألیف سیدمهدی حاجی میراسمعیل
مشخصات نشر	تهران: کتاب پدیده، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	۳۱۲ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	978-600-5464-83-2
وضعیت فهرست نویسی	فیا
موضوع	سازه‌های فولادی -- طرح و ساختمان
موضوع	Steel structures -- Design and construction*
موضوع	ساختمان‌های فلزی -- طرح و ساختمان
موضوع	Building, Iron and steel -- Design and construction
رده بندی کنگره	TA۶۸۴ / ج۲م۴۱۳
رده بندی دیویی	۶۲۱.۲۱
شماره کتابشناسی ملی	۴۱۲۲۷

انتشارات کتاب پدیده

تهران - میدان انقلاب - خیابان سرب - پان منیری جاوید (اردیبهشت) پلاک ۱۹ - طبقه دوم
تلفن: ۶۶۴۱۱۰۶۰ - ۶۶۴۱۴۸۶۱

عنوان: مرجع طراحی ساختمانهای فولادی

تألیف: سید مهدی حاجی میراسمعیل

ناشر: انتشارات کتاب پدیده

شابک: 978-600-5464-83-2

نوبت چاپ: چاپ اول / زمستان ۱۳۹۵ ■ تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه ■ حروفچینی: زمستان / ۶۶۴۳۳۸۰
لیتوگرافی: باختر / ۶۶۹۵۴۱۴۳ ■ چاپ: فرشیوه / ۵۵۴۲۸۱۷۳ ■ صحافی: جواد / ۳۳۴۵۲۹۶۰

قیمت: ۳۰۰۰۰۰ ریال

مراکز پخش: تهران: انتشارات دانشگاهی کیان

تلفن: ۶۶۴۰۶۸۳۴-۶۶۴۱۱۷۱۵

اصفهان انتشارات علم گستر: ۹-۲۲۱۹۹۷۸-۰۳۱۱

اصفهان مهرگان: ۳۷۵۱-۲۲۱-۰۳۱۱

شیراز کتابفروشی جمالی: ۸۸-۲۳۱۸۳-۰۷۱۱

شیراز خوارزمی: ۳۷۷۱-۶۴۷-۰۷۱۱

قم فانوس اندیشه: ۹۲-۷۷۳۹۳-۰۲۵۳

یاسوج شهر کتاب: ۳۲۲۳۹۵۱-۰۷۴۳

مشهد ارسطو: ۱۷۶۱-۲۲۴-۰۵۱۳

تبریز بانک کتاب: ۵۳۲۷-۳۰۰-۰۹۱۴

۱۵	۱-۱- معیارهای طراحی
۱۵	۱-۱-۱- معیار مقاومت
۱۶	۲-۱-۱- معیار پایداری
۱۶	۳-۱-۱- معیار تغییر مکان
۱۶	۴-۱-۱- معیار خستگی
۱۶	۵-۱-۱- معیار ترد شکنی
۱۶	۶-۱-۱- معیار رفتار دینامیکی
۱۶	۲-۲- روش‌های طراحی
۱۷	۱-۲-۱- روش تنش مجاز (ASD)
۱۸	۲-۲-۱- روش طرح خمیری (PD)
۱۹	۳-۲-۱- روش ضرایب بار و مقاومت ($LRFD$)
۱۹	۳-۱- مقایسه روش‌های ASD و $LRFD$
۱۹	۴-۱- مبانی طراحی به روش حالات حدی ($LRFD$)
۲۰	۱-۴-۱- طراحی براساس حالت‌های حدی مقاومت
۲۱	۲-۴-۱- طراحی بر اساس حالت‌های حدی بهره‌برداری
۲۲	۵-۱- اصول تحلیل
۲۳	۶-۱- مشخصات مصالح فولادی

۲۵	۱-۲- مقدمه
۲۵	۲-۲- پهنای آزاد اجزای تقویت نشده (اجزای با یک لبه متکی)
۲۶	۳-۲- پهنای آزاد اجزای تقویت شده (اجزای با دو لبه متکی)

۲۹	۴-۲- طبقه‌بندی مقاطع فولادی از منظر کمناش موضعی برای فشار محوری
۳۰	۵-۲- طبقه‌بندی مقاطع فولادی از منظر کمناش موضعی برای خمش
۳۳	۶-۲- طبقه‌بندی مقاطع مختلط پر شده با بتن از منظر کمناش موضعی
۳۳	۱-۶-۲- مقاطع مختلط تحت فشار محوری
۳۴	۲-۶-۲- مقاطع مختلط تحت خمش
۳۴	۷-۲- الزامات لزره‌ای کمناش موضعی

فصل سوم: اعضای کششی

۳۹	۱-۳- مقدمه
۳۹	۲-۳- سطح مقطع دلخواه کششی (A_g)
۳۹	۳-۳- سطح مقطع خالص اعضای کششی (A_n)
۴۰	۱-۳-۳- انواع سوراخ‌ها
۴۱	۲-۳-۳- آرایش سوراخ‌ها
۴۴	۴-۳- سطح مقطع خالص مؤثر اعضای کششی (A_e)
۴۸	۵-۳- مقاومت کششی
۵۰	۶-۳- انتقال نیرو در اتصالات پیچی
۵۲	۷-۳- مقاومت برشی قالبی
۵۵	۸-۳- اعضای کششی مرکب از چند نیمرخ یا نیمرخ و ورق
۵۷	۹-۳- تسمه‌های لولا شده و تسمه‌های سر پهن
۵۷	۱-۹-۳- تسمه‌های لولا شده
۵۸	۲-۹-۳- تسمه‌های سر پهن
۵۹	۱۰-۳- کنترل لاغری

فصل چهارم: اعضای فشاری

۶۱	۱-۴- مقدمه
۶۱	۲-۴- معادله کمناش الاستیک اولر
۶۲	۱-۲-۴- تنش‌های پسماند
۶۵	۳-۴- طول مؤثر کمناش
۶۵	۱-۳-۴- ضریب طول مؤثر ستون‌های با شرایط تکیه‌گاهی ایده‌آل
۶۸	۲-۳-۴- ضریب طول مؤثر اعضای فشاری موجود در قاب‌ها
۷۴	۴-۴- کنترل ضریب لاغری
۷۶	۵-۴- مقاومت فشاری طرح
۷۸	۱-۵-۴- مقاومت فشاری طرح براساس کنترل حالت حدی کمناش خمشی
۱۰۰	۶-۴- محدودیت‌های ابعادی اجزای اعضای فشاری ساخته شده
۱۰۱	۱-۶-۴- اعضای فشاری مرکب از نیمرخ‌ها و ورق‌های سراسری

- ۱۰۲..... ۲-۶-۴- اعضای فشاری مرکب با لقمه
- ۱۰۳..... ۳-۶-۴- اعضای فشاری مرکب از نیمرخ‌ها و ورق‌های سوراخ‌دار
- ۱۰۴..... ۴-۶-۴- اعضای فشاری مرکب از نیمرخ‌ها و بست‌های مورب
- ۱۰۹..... ۵-۶-۴- اعضای فشاری مرکب از نیمرخ‌ها و بست‌های موازی

- ۱۱۳..... ۱-۵- مقدمه
- ۱۱۳..... ۲-۵- تار خنثی الای تیک (E. N. A)
- ۱۱۴..... ۳-۵- ممان اینرسی
- ۱۱۵..... ۴-۵- اساس مقطع الایک (S)
- ۱۱۶..... ۵-۵- شعاع ژیراسیون (r)
- ۱۱۸..... ۶-۵- مرکز برش (C. S.)
- ۱۱۹..... ۷-۵- لنگر تسلیم مقطع (S_y)
- ۱۱۹..... ۸-۵- لنگر پلاستیک مقطع (M_p)
- ۱۲۰..... ۱-۸-۵- ضریب شکل (S. F.)
- ۱۲۲..... ۹-۵- مقاومت خمشی طرح
- ۱۲۵..... ۱-۹-۵- ضریب اصلاح کمناش پیچشی- جانر (C)
- ۱۲۵..... ۲-۹-۵- مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع / شکل با دو محور تقارن و اعضای با مقطع ناودانی فشرده تحت خمش حول محور قوی
- ۱۳۰..... ۳-۹-۵- مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع / شکل با دو محور تقارن با بال‌های غیر فشرده و جان فشرده حول محور قوی
- ۱۳۴..... ۲-۹-۵- محاسبه مقاومت خمشی اسمی، براساس حالت حدی کمناش موضع بال فشاری غیر فشرده
- ۱۳۵..... ۴-۹-۵- مقاومت خمشی اسمی سایر اعضای با مقطع / شکل با یک یا دو محور تقارن با بال‌های فشرده یا غیر فشرده و جان فشرده یا غیر فشرده حول محور قوی
- ۱۳۵..... ۵-۹-۵- مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع / شکل با یک یا دو محور تقارن با بال‌های فشرده و جان لاغر حول محور قوی
- ۱۳۹..... ۶-۹-۵- مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع / شکل و ناودانی حول محور ضعیف
- ۱۴۳..... ۷-۹-۵- مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع قوطی شکل حول محورهای قوی و ضعیف
- ۱۴۵..... ۸-۹-۵- مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع لوله‌ای شکل
- ۱۴۶..... ۹-۹-۵- مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع سپری و نبشی جفت با بارگذاری در صفحه تقارن
- ۱۴۷..... ۱۰-۹-۵- مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع تک نبشی
- ۱۴۹..... ۱۱-۹-۵- مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع توپر دایره‌ای و چهارگوش
- ۱۵۴..... ۱۲-۹-۵- مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع نامتقارن
- ۱۵۵..... ۱۰-۵- تناسب ابعادی مقطع اعضای خمشی
- ۱۵۸..... ۱-۱۰-۵- اعضای خمشی با مقاطع دارای بال کششی سوراخ‌دار

۱۵۹	۲-۱۰-۵- اعضای با مقطع / شکل دارای یک محور تقارن
۱۶۰	۳-۱۰-۵- ملاحظات ورق‌های تقویتی در بال مقاطع اعضای خمشی
۱۶۳	۱۱-۵- مقاومت برشی طرح
۱۶۴	۱-۱۱-۵- روش‌های محاسبه مقاومت برشی
۱۶۵	۲-۱۱-۵- مقاومت برشی اعضا بدون توجه به عمل میدان کششی
۱۶۸	۳-۱۱-۵- مقاومت برشی اعضا با توجه به عمل میدان کششی
۱۷۱	۴-۱۱-۵- مقاومت برشی اعضای با مقطع نبشی تک
۱۷۲	۵-۱۱-۵- مقاومت برشی اعضای با مقطع قوطی شکل
۱۷۳	۶-۱۱-۵- مقاومت برشی اعضای با مقطع لوله‌ای
۱۷۴	۷-۱۱-۵- مقاوه برشی اعضای که تحت اثر برش در امتداد عمود بر محور ضعیف مقطع قرار دارند
۱۷۴	۸-۱۱-۵- تیرها، سازه‌تیرهای دارای بازشو در جان مقطع
۱۷۵	۱۲-۵- الزامات حالت‌های حدی در مبرداری
۱۷۵	۱-۱۲-۵- پیش‌خیز (تغیر شکل رو به بالا)
۱۷۶	۲-۱۲-۵- تغییر شکل‌ها
۱۷۷	۳-۱۲-۵- ارتعاش و لرزش

۱۸۵	۱-۶- مقدمه
۱۸۶	۲-۶- محدودیت‌های مصالح در اعضای با مقطع مختلط
۱۸۷	۳-۶- روش‌های محاسبه مقاومت اسمی اعضای با مقطع مختلط
۱۸۸	۴-۶- اعضای محوری با مقطع مختلط
۱۸۸	۱-۴-۶- اعضای محوری با مقطع مختلط محاط در بتن
۱۹۲	۲-۴-۶- اعضای محوری با مقطع مختلط پر شده با بتن
۱۹۴	۵-۶- اعضای خمشی با مقطع مختلط
۱۹۴	۱-۵-۶- عرض مؤثر بال
۱۹۵	۲-۵-۶- ضخامت دال بتنی
۱۹۵	۳-۵-۶- مقاومت در حین اجرا
۱۹۵	۴-۵-۶- مقاومت خمشی مقاطع مختلط دارای برشگیر
۲۰۰	۵-۵-۶- مقاطع مختلط به همراه ورق‌های فولادی شکل داده شده
۲۰۳	۶-۵-۶- مقاومت خمشی مقاطع مختلط محاط در بتن
۲۰۵	۷-۵-۶- مقاومت خمشی مقاطع مختلط پر شده با بتن
۲۰۹	۶-۶- برش در مقاطع مختلط
۲۱۰	۱-۶-۶- مقاطع مختلط متکی بر دال بتنی و دارای برشگیر
۲۱۰	۲-۶-۶- مقاطع مختلط محاط در بتن و پر شده با بتن
۲۱۰	۷-۶- انتقال بار در اعضای خمشی با مقطع مختلط

۲۱۰	۱-۷-۶- نواحی لنگر خمشی مثبت
۲۱۱	۲-۷-۶- نواحی لنگر خمشی منفی
۲۱۲	۸-۶- انتقال بار در اعضای محوری با مقطع مختلط
۲۱۳	۱-۸-۶- مقاومت اتکایی در اعضای محوری با مقاطع مختلط
۲۱۳	۲-۸-۶- برش طولی مورد نیاز در مقاطع مختلط محاط در بتن و پر شده با بتن
۲۱۵	۹-۶- برشگیرها
۲۱۵	۱-۹-۶- برشگیرها در اعضای خمشی با مقطع مختلط
۲۱۸	۲-۹-۶- برشگیرها در ستون‌ها و تیر ستون‌های با مقطع مختلط
۲۲۰	۱۰-۶- الزامات حالت ای حدی بهربرداری

۲۲۱	۱-۷- مقدمه
۲۲۲	۲-۷- انواع اتصالات جوشی
۲۲۲	۳-۷- انواع جوش
۲۲۳	۱-۳-۷- جوش گوشه
۲۲۹	۲-۳-۷- جوش شیاری
۲۳۲	۳-۳-۷- جوش‌های کام و انگشته
۲۳۳	۴-۷- علائم جوشکاری
۲۳۶	۵-۷- مقاومت جوش
۲۳۸	۶-۷- ارزش نهایی جوش
۲۳۹	۷-۷- الکترودهای سازگار با مصالح فلز پایه
۲۳۹	۸-۷- طراحی جوش
۲۳۹	۱-۸-۷- جوش شیاری با نفوذ کامل
۲۴۱	۲-۸-۷- جوش شیاری با نفوذ نسبی
۲۴۲	۳-۸-۷- جوش گوشه

۲۵۵	۱-۸- مقدمه
۲۵۵	۲-۸- انواع پیچ‌ها
۲۵۵	۱-۲-۸- پیچ‌های معمولی
۲۵۶	۲-۲-۸- پیچ‌های پر مقاومت
۲۵۷	۳-۸- سوراخکاری در قطعات فولادی
۲۵۸	۱-۳-۸- انواع سوراخ‌ها در اتصالات پیچی
۲۵۸	۲-۳-۸- محدودیت ابعاد اسمی سوراخ‌ها و دامنه کاربرد آنها
۲۵۹	۳-۳-۸- محدودیت فواصل سوراخ‌ها

۲۶۱	۴-۸- انواع اتصالات پیچی
۲۶۱	۴-۸-۱- اتصالات انکابی
۲۷۶	۴-۸-۲- اتصالات اصطکاکی
۲۸۳	۵-۸- نواحی تأثیرپذیر اجزای اتصال دهنده و وسایل اتصال
۲۸۳	۵-۸-۱- مقاومت برشی اعضا در مجاورت ناحیه اتصال
۲۸۴	۵-۸-۲- مقاومت فشاری اعضا در مجاورت ناحیه اتصال
۲۸۴	۵-۸-۳- مقاومت خمشی اعضا در مجاورت ناحیه اتصال

۲۸۵	۹-۱- مقدمه
۲۸۵	۹-۲- انواع اتصالات
۲۸۵	۹-۲-۱- اتصال ساده
۲۸۹	۹-۲-۲- اتصال صلب
۲۹۱	۹-۲-۳- اتصال نیمه صلب
۲۹۲	۹-۳- الزامات ویژه بال‌ها و جان مقاطع اعضای تحت اثر بارهای متمرکز
۲۹۲	۹-۳-۱- خمش موضعی بال در مقابل نیروی متمرکز کششی
۲۹۴	۹-۳-۲- تسلیم موضعی جان (ستون) در مقابل نیروی متمرکز کششی و فشاری
۲۹۶	۹-۳-۳- لهیدگی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری
۲۹۷	۹-۳-۴- کمانش جانبی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری
۲۹۸	۹-۳-۵- کمانش فشاری جان در مقابل یک جفت نیروی متمرکز فشاری
۲۹۹	۹-۳-۶- برش در چشمه اتصال
۳۰۱	۹-۳-۷- پایداری ورق‌های چشمه اتصال
۳۰۲	۹-۳-۸- مقررات تکمیلی برای سخت کننده‌ها در مقابل نیروهای متمرکز و در تیرها و شاه تیرها
۳۰۲	۹-۴- ورق‌های پرکننده
۳۰۴	۹-۵- وصله‌ها
۳۰۴	۹-۶- مقاومت انکابی سطوح متکی به هم
۳۰۵	۹-۷- کف ستون‌ها
۳۰۷	۹-۷-۱- طراحی ورق کف ستون

۱-۱- معیارهای طراحی

در طراحی سازه‌ها و یا به عبارت دیگر در طراحی اعضای باربر سازه‌ها معیارهایی به عنوان ضوابط و معیارهای طراحی در نظر گرفته می‌شود و براساس این معیارها، مشخصات و ابعاد مقاطع اعضای سازه تعیین می‌گردد. معیارهای کلی که در طرح یک سازه فولادی بایستی مراعات شود به شرح زیر می‌باشد:

۱-۱-۱- معیار مقاومت

این معیار که از اصلی‌ترین و مهم‌ترین معیارهای طراحی است، باید در طراحی تمامی سازه‌ها در نظر گرفته شود. طراحی سازه‌ها براساس معیار مقاومت به یکی از دو صورت زیر خواهد بود:

۱- معیار تسلیم: در طراحی سازه‌های فولادی براساس معیار تسلیم، فرض می‌گردد که اگر در یک نقطه از سازه تنش‌های ناشی از بارهای خارجی به حدی رسید که تسلیم فولاد برسد سازه در آن نقطه مقاومت خود را در برابر تحمل بار از دست می‌دهد.

بنابراین با اعمال یک ضریب اطمینان مناسب و با توجه به رفتار الاستیک فولاد، سازه مورد نظر تحلیل می‌گردد و تنش‌ها و تغییر شکل‌ها مشخص می‌شود. با مقایسه تنش‌ها و تغییر شکل‌ها با مقادیر مجاز متناظر آن‌ها اعضای مختلف سازه طراحی می‌شوند. این روش طراحی را اصطلاحاً روش طراحی براساس تنش‌های مجاز یا (ASD) *Allowable Stress Design* می‌نامند.

۲- معیار خمیری (پلاستیک شدن): همانطوریکه گفتیم در طراحی بر مبنای معیار تسلیم فرض بر این است که چنانچه نقطه‌ای از سازه به تنش تسلیم برسد، کل سازه مقاومت خود را از دست می‌دهد. لیکن در طراحی بر مبنای معیار خمیری (پلاستیک شدن) این فرض اعتبار خود را از دست می‌دهد و به عبارت دیگر لزوماً تسلیم موضعی، باعث تسلیم کل سازه نخواهد شد.

در معیار خمیری فرض می‌شود که بعد از تسلیم شدن اولین نقاط از سازه، بر اثر تنش‌های دیگر نقاط در این نقاط اتفاق می‌افتد سایر نقاط مقطع نیز به تسلیم می‌رسند بطوریکه در مقطع مورد نظر هیچ‌یک از الاستیک تشکیل نمی‌گردد.

پس از این مرحله مجدداً فرض می‌شود که سازه مقاومت کلی خود را از دست نداده و با توزیع مجدد بار با توجه به سختی اعضای مختلف، در نقاط دیگری نیز مفصل پلاستیک تشکیل می‌شود تا در ادامه، کل سازه به مکانیزم تبدیل شده و ناپایدار گردد. بدیهی است که با توجه به این فرضیات، در معیار خمیری (پلاستیک شدن) از ظرفیت حداکثر سازه استفاده شده و طرح اقتصادی‌تری نسبت به معیار تسلیم (تنش مجاز) بدست می‌آید.