

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

طراحی سازه‌های فولادی

به روش‌های حالات حدی و تنش مجاز
(مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران)

جلد اول

طراحی اعضای فولادی

تألیف: حمید تمیزی

(عضو هیئت علمی گروه عمران دانشگاه آزاد اسلامی مشهد)

سرشناسه	: تمیزی، حمید، ۱۳۴۰ -
عنوان و نام پدیدآور	: طراحی سازه‌های فولادی به روش‌های حالات حدی و تنش مجاز (مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران) / تألیف حمید تمیزی.
وضعیت ویراست	: ویراست ۲
مشخصات نشر	: مشهد: انتشارات خراسان، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ج.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۲۰۰۰۰۰ ریال: ج. ۱. ۹۷۸-۹۶۴-۶۳۴۲-۹۲-۷
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا
مندرجات	: ج. ۱. طراحی اعضای فولادی
موضوع	: سازه‌های فولادی -- طرح و ساختمان
موضوع	: Steel structures - - Design and construction*
موضوع	: ساختمان‌های فلزی
رده‌بندی مگره	: ۱۳۹۶ ط ۴۸۳ / ت ۸۴ / ۴۸۶۸۴
رده‌بندی دیویی	: ۱۸۲۱/۶۲۴
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۸۹۶۹۷۷



نام کتاب: طراحی سازه‌های فولادی

مؤلف: حمید تمیزی

ناشر: انتشارات خراسان

صفحه‌آرا: معصومه برک

نوبت چاپ: اول - ویرایش دوم

سال چاپ: تابستان ۹۶

تعداد صفحات: ۳۸۲ صفحه

قطع کتاب: وزیری

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۲۰۰۰۰ تومان

چاپخانه: سروش

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۶۳۴۲-۹۲-۷

حق چاپ برای مؤلف محفوظ می‌باشد.

مشهد: تلفن: ۰۵۱۳۸۴۵۳۱۵۲ - htamizi76@yahoo.com

مقدمه مؤلف

آئین نامه طراحی سازه های فولادی AISC^۱ که از معتبرترین آئین نامه های طراحی سازه های فولادی در دنیا، محسوب می شود، تا سال ۱۹۸۶ عمدتاً مبتنی بر روش تنش مجاز (ASD)^۲ بوده است و از آن سال به بعد به تدریج روش حالات حدی (LRFD)^۳ در این آئین نامه مطرح گردیده است.

آئین نامه سازه های فولادی ایران (مبحث ۱۰ - مقررات ملی ساختمان ایران) در سال ۱۳۸۷ با حفظ روش طراحی تنش مجاز که تا حدودی منطبق بر آئین نامه AISC-ASD ۸۹ می باشد، روش حالات حدی را به موازات روش طراحی تنش مجاز به طور رسمی مطرح کرده است. روش اخیر تطابق بالایی با آئین نامه AISC-LRFD ۰۵ دارد، که به طور گسترده برای طراحی سازه های فولادی مورد استفاده قرار می گیرد.

در یک دهه اخیر، رابط و ضوابط اساسی طراحی سازه های فولادی، تغییرات فاحشی نسبت به روش طراحی تنش مجاز مطرح شده در مبحث ۱۰ (مقررات ملی ساختمان ایران) پیدا کرده و به جرأت می توان گفت که این روابط و ضوابط بدین طراحی سازه های فولادی، در کتاب های مرجع جدید سازه های فولادی دیده نمی شود.

متأسفانه با گذشت حدود ۵ سال از طرح شدن روش حالات حدی در آئین نامه سازه های فولادی ایران، هنوز این روش جایگاه اصلی خود را به دست نیاورده و بعضی از مراکز آموزش عالی، روش سنتی تنش مجاز را برای طراحی سازه های فولادی به دانشجویان رشته های عمران و معماری آموزش می دهند. هدف اصلی اینجانب در نگارش این کتاب، آموزش روش طراحی حالات حدی به مهندسين و دانشجویانی است که با روش سنتی تنش مجاز آشنا هستند و یادگیری روش حالات حدی، تنها به کمک آئین نامه، برایشان سخت و مشکل می باشد.

در نگارش این کتاب، سعی شده که از مطالب غیر مفید و غیر کاربردی استفاده نشود تا موجبات خستگی خواننده را از مطالعه کتاب به وجود نیاورد.

با توجه به تجربه آموزشی نویسنده، ضوابط آئین نامه ای به زبان ساده ارائه شده و هر چه که لازم بوده است در خصوص ضوابط و دستورالعمل های آئین نامه، توضیحات مبسوطی داده شده است.

در تهیه این کتاب از جدیدترین مراجع طراحی سازه های فولادی در دنیا استفاده شده که در آخر هر فصل به آن ها اشاره شده است و سعی شده اشکالات چاپی موجود در مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان، در این کتاب در حد امکان برطرف گردد.

این کتاب، جلد اول طراحی سازه های فولادی می باشد که به طراحی اعضای فولادی شامل اعضای کششی، اعضای فشاری، اعضای خمشی، اعضای کششی - خمشی، اعضای فشاری - خمشی و در حالت

1- American Institute of Steel Construction

2- Allowable Stress Design

3- Load and Resistance Factor Design

جامع، طراحی اعضای فولادی تحت اثر نیروهای ترکیبی کشش یا فشار با خمش و برش و با پیچش اختصاص داده شده است و برای دانشجویانی که درس سازه‌های فولادی را در دوره کارشناسی مهندسی عمران و معماری اخذ نموده‌اند، می‌تواند مرجع مفید و سازنده‌ای باشد.

همچنین این کتاب به صورتی تهیه و تدوین شده که برای داوطلبان شرکت در دوره‌های کارشناسی ارشد و دکترا و متقاضیان پروانه اشتغال به کار مهندسی در رشته عمران نیز قابل استفاده و مفید باشد.

این کتاب حاصل تجربه حدود ۲۵ سال از فعالیت آموزشی اینجانب در مراکز آموزش عالی و همچنین خدمات طراحی، محاسبه و نظارت سازه‌های فولادی بلند مرتبه در مهندسين مشاور می‌باشد.

اینجانب خود را مدیون محبت‌های بی‌دریغ دانشجویان سابقم که هم اکنون در مراکز آموزش عالی در سطح کشور به تدریس این درس مشغولند، می‌دانم. شاید اگر تشویق‌های آن‌ها نبود، این اثر به وجود نمی‌آمد در اینجا لازم می‌دانم که از همه آن عزیزان تشکر و قدردانی نمایم.

این اثر تماماً خالی از اشکال نبوده و نقطه نظرات کلیه اساتید معظم برای بهبود کیفیت این اثر در ویرایش‌های بعدی بسیار ارزشمند خواهد بود و دست کلیه صاحب‌نظران سازه‌های فولادی را برای ارائه پیشنهادات ارزنده به نویسنده می‌فشارم.

حمید تمیزی

عضو هیئت علمی گروه عمران دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه

۱-۱	۱	مصالح فولادی
۲-۱	۴	پروفیل‌های مورد استفاده در سازه‌های فولادی
۳-۱	۶	انواع سازه‌های فولادی متداول
۴-۱	۶	مبانی طراحی سازه‌ها
۵-۱	۷	روش‌های طراحی سازه‌ها
۱-۵-۱	۷	طراحی به روش تنش مجاز
۲-۵-۱	۸	طراحی روش حالت حدی
۶-۱	۱۰	بارهای محاسباتی
۱-۶-۱	۱۰	بارهای مرده
۲-۶-۱	۱۱	بارهای زنده
۳-۶-۱	۱۳	بار برف
۴-۶-۱	۱۳	بارهای ناشی از اثر باد
۵-۶-۱	۱۳	بارهای ناشی از اثر زلزله
۶-۶-۱	۱۴	بارگذاری‌های خاص
	۱۵	مراجع فصل ۱
	۱۶	مسئله فصل ۱

فصل ۲: طراحی اعضای کششی

۲-۱	۱۷	کلیات
۲-۲	۱۷	محدودیت لاغری اعضای کششی
۳-۲	۲۰	مقاطع محاسباتی در اعضای کششی
۱-۳-۲	۲۰	سطح مقطع کل (A_g)
۲-۳-۲	۲۰	سطح مقطع خالص (A_n)
۳-۳-۲	۲۵	سطح مقطع مؤثر (A_e)
۱-۳-۳-۲	۲۶	ضریب تأخیر برش U مطابق آئین‌نامه
۱-۱-۳-۳-۲	۲۶	ضریب تأخیر برش U در روش تنش مجاز
۲-۱-۳-۳-۲	۲۷	ضریب تأخیر برش U در روش حالات حدی
۴-۲	۳۱	اعضای کششی مرکب

۳۳	۵-۲ اعضای کششی با اتصالات لولایی
۳۳	۱-۵-۲ تسمه‌های سرپهن
۳۴	۲-۵-۲ تسمه‌های لولا شده
۳۵	۶-۲ معیار مقاومت در طراحی اعضای کششی
۳۶	۱-۶-۲ معیار مقاومت به روش تنش مجاز
۴۴	۲-۶-۲ معیار مقاومت به روش حالات حدی
۵۶	مراجع فصل ۲
۵۷	مسائل فصل ۲

فصل ۳: طراحی اعضای فشاری

۶۱	۱-۳ نیات
۶۱	۳-۱ ایده کمانش در اعضای فشاری
۶۲	۱-۲-۳ کمانش خمشی
۶۲	۱-۲-۳-۱ کمانش خمشی ارتجاعی
۶۴	۲-۲-۳-۲ کمانش غیر ارتجاعی
۶۵	۲-۲-۳ کمانش پیچشی
۶۶	۳-۲-۳ کمانش خمشی - پیچشی
۶۶	۴-۲-۳ کمانش موضعی
۶۷	۳-۳ بررسی ضوابط آئین‌نامه‌ای طراحی اعضای فشاری
۶۷	۱-۳-۳ پایداری سازه‌ها
۷۲	۲-۳-۳ ضوابط آئین‌نامه‌ای به روش تنش مجاز
۷۲	۱-۲-۳-۳ کمانش خمشی
۷۳	۲-۲-۳-۳ کمانش پیچشی و کمانش خمشی - پیچشی
۷۵	۳-۲-۳-۳ کمانش موضعی
۸۰	۳-۳-۳ ضوابط آئین‌نامه‌ای به روش حالات حدی
۸۱	۱-۳-۳-۳ کمانش خمشی
۸۴	۲-۳-۳-۳ کمانش موضعی
۸۴	۳-۳-۳-۳ کمانش پیچشی
۸۵	۴-۳-۳-۳ کمانش خمشی - پیچشی
۸۵	۱-۴-۳-۳-۳ مقاطع با یک محور تقارن
۸۹	۲-۴-۳-۳-۳ مقاطع نامتقارن
۹۰	۵-۳-۳-۳ ثابت پیچشی و ثابت تابیدگی C_w
۹۱	۶-۳-۳-۳ مقاومت فشاری اسمی اعضای فشاری با مقاطع نبشی تک
۱۱۵	مراجع فصل ۳

فصل ۴: طراحی اعضای خمشی

۱-۴	کلیات	۱۱۹
۲-۴	رفتار خمشی اعضا	۱۱۹
۳-۴	پایداری اعضای خمشی	۱۲۶
۴-۴	کمانش موضعی اجزای مقطع	۱۲۸
۱-۴-۴	طبقه‌بندی مقاطع	۱۲۸
۵-۴	ضوابط آئین‌نامه‌ای طراحی اعضای خمشی	۱۲۸
۱-۵-۴	ضوابط آئین‌نامه‌ای به روش تنش مجاز	۱۲۹
۱-۱-۵-۴	تنش‌های خمشی مجاز نیمرخ‌های I شکل و ناودانی	۱۲۹
۲-۱-۵-۴	تنش‌های خمشی مجاز برای مقاطع بسته (قوطی شکل و لوله‌ای)	۱۳۲
۳-۱-۵-۴	تنش‌های خمشی مجاز برای اعضای با مقطع I، تسمه‌ها و ورق‌های مستطیلی و مقاطع توپُر سبک و محور ضعیف	۱۳۳
۴-۱-۵-۴	تنش‌های برش مجاز	۱۳۹
۵-۱-۵-۴	اثر سوراخ در آله‌های کششی تیرها	۱۴۱
۶-۱-۵-۴	تقویت بال‌های اعضای خمشی	۱۴۳
۷-۱-۵-۴	خمش دو محوره	۱۴۴
۸-۱-۵-۴	شرایط بهره‌برداری اعضای خمشی	۱۴۶
۲-۵-۴	ضوابط آئین‌نامه‌ای به روش حالات حدی	۱۴۸
۱-۲-۵-۴	معیار خمش در طراحی اعضا	۱۴۸
۱-۱-۲-۵-۴	مقاومت خمشی مقاطع قوطی شکل	۱۵۱
۲-۱-۲-۵-۴	مقاومت خمشی مقاطع لوله‌ای شکل	۱۵۴
۳-۱-۲-۵-۴	مقاومت خمشی مقاطع I شکل و ناودانی حول محور ضعیف	۱۵۵
۴-۱-۲-۵-۴	مقاومت خمشی مقاطع سپری و جفت نبشی با بارگذاری در محوره تقارن	۱۵۸
۵-۱-۲-۵-۴	ضریب یک‌نواختی نمودار لنگر خمشی (C_b)	۱۶۱
۶-۱-۲-۵-۴	مقاومت خمشی مقاطع توپر دایره‌ای و چهارگوش	۱۶۷
۷-۱-۲-۵-۴	مقاومت خمشی مقاطع نبشی تک	۱۷۰
۸-۱-۲-۵-۴	مقاومت خمشی مقاطع I شکل فشرده با دو محور تقارن و ناودانی با مقطع فشرده حول محور قوی	۱۷۵
۹-۱-۲-۵-۴	مقاومت خمشی مقاطع I شکل با دو محور تقارن و دارای جان فشرده و بال‌های غیر فشرده حول محور قوی	۱۸۱
۱۰-۱-۲-۵-۴	ضوابط کلی مقاطع خمشی	۱۸۲
۲-۲-۵-۴	معیار برش در طراحی اعضا	۱۸۳

۱۸۴.....	مقاومت برشی اسمی (V_n)	۱-۲-۵-۴
۱۸۶.....	مقاومت برشی نبشی‌های تک، نبشی‌های زوج و سپری‌ها	۲-۲-۵-۴
۱۸۷.....	مقاومت برشی مقاطع قوطی شکل	۳-۲-۵-۴
۱۸۸.....	مقاومت برشی مقاطع لوله‌ای شکل	۴-۲-۵-۴
.....	مقاومت برشی مقاطع با یک یا دو محور تقارن تحت اثر برش در امتداد عمود بر محور ضعیف	۵-۲-۵-۴
۱۸۹.....	محور ضعیف	
۱۹۱.....	شرایط بهره‌برداری اعضای خمشی	۳-۲-۵-۴
۱۹۱.....	افتادگی و ارتعاش	۱-۳-۲-۵-۴
۱۹۶.....	تیرهای سراسری	۳-۵-۴
۱۹۹.....	مراجع فصل ۴	
۲۰۰.....	مسائل فصل ۴	

فصل ۵: طراحی اعضای رای ترکیبات نیروهای محوری، برشی، لنگرهای خمشی و پیچشی

۲۰۳.....	کلیات	۱-۵
۲۰۴.....	طراحی اعضای ترکیب نیروی محوری و لنگرهای خمشی	۲-۵
۲۰۴.....	بررسی آثار مرتبه دوم - لنگر ثانویه	۱-۲-۵
۲۰۶.....	ضوابط آئین‌نامه‌ای برای طراحی اعضای	۲-۲-۵
۲۰۶.....	ضوابط آئین‌نامه‌ای به روش تنش مجاز	۱-۲-۲-۵
۲۰۷.....	اعضای کششی - حاد	۱-۱-۲-۲-۵
۲۰۷.....	اعضای فشاری - خمشی	۲-۱-۲-۲-۵
۲۲۱.....	ضوابط آئین‌نامه‌ای به روش حالات حاد	۲-۲-۲-۵
۲۲۱.....	آثار مرتبه دوم - لنگر ثانوی	۱-۲-۲-۲-۵
.....	اعضا با مقاطعی دارای حداقل یک - در تقارن تحت اثر توأم نیروی کششی و لنگر خمشی	۲-۲-۲-۲-۵
۲۲۷.....	لنگر خمشی	
.....	اعضا با مقاطعی دارای حداقل یک محور تقارن تحت اثر توأم نیروی فشاری و لنگر خمشی	۳-۲-۲-۲-۵
۲۳۳.....	لنگر خمشی	
۲۴۰.....	طراحی اعضا برای لنگر پیچشی و نیروهای ترکیبی همراه با آن	۳-۵
۲۴۴.....	ضوابط آئین‌نامه‌ای به روش تنش مجاز	۱-۳-۵
۲۴۶.....	ضوابط آئین‌نامه‌ای به روش حالات حدی	۲-۳-۵
۲۴۶.....	مقاطع لوله‌ای و قوطی شکل (مقاطع بسته)	۱-۲-۳-۵
۲۵۲.....	مقاطع باز (غیر تو خالی مانند مقطع I شکل)	۲-۲-۳-۵
۲۵۷.....	طراحی اعضا با مقاطع مرکب (ساخته شده)	۴-۵
۲۵۷.....	اعضا با مقاطع مرکب، متشکل از مقاطع نورد شده و صفحات سراسری	۱-۴-۵
۲۵۸.....	اعضای مرکب بالقمه	۲-۴-۵

۲۶۰	۳-۴-۵	اعضای مرکب با بست های مؤرب
۲۶۴	۴-۴-۵	اعضای مرکب با بست های موازی
۲۷۲	مراجع فصل ۵	
۲۷۳	مسائل فصل ۵	

پیوست ۱: مشخصات هندسی مقاطع فولادی

۲۷۶	پ ۱-۱	مقدمه
۲۷۶	پ ۲-۱	سطح مقطع کلی (A)
۲۷۷	پ ۳-۱	مرکز سطح
۲۷۸	پ ۴-۱	ممان اینرسی (I)
۲۸۳	پ ۵-۱	شعاع ژیرایون (r)
۲۸۹	پ ۶-۱	اساس مقطع الاستیک (S)
۲۹۰	پ ۷-۱	اساس مقطع لاستیک (Z)
۲۹۶	پ ۸-۱	ثابت پیچیدگی (J)
۲۹۸	پ ۹-۱	ثابت تابیدگی (C_w)
۳۰۴	پ ۱۰-۱	مرکز برش (S. C.)

پیوست ۲: پرسش های چهار گزینه ای کنکور، اسامی و نظام مهندسی ساختمان

۳۰۶	پ ۱-۲	مصالح فولادی و الزامات عمومی طراحی
۳۱۰	پاسخنامه ی تشریحی پ ۱-۲	
۳۱۳	پ ۲-۲	طراحی اعضای کششی
۳۱۸	پاسخنامه ی تشریحی پ ۲-۲	
۳۲۴	پ ۳-۲	طراحی اعضای فشاری
۳۲۸	پاسخنامه ی تشریحی پ ۳-۲	
۳۳۲	پ ۴-۲	طراحی اعضای خمشی
۳۴۰	پاسخنامه ی تشریحی پ ۴-۲	
۳۵۲	پ ۵-۲	طراحی اعضا برای ترکیبات نیروهای محوری، برشی، لنگرهای خمشی و پیچشی
۳۵۶	پاسخنامه ی تشریحی پ ۵-۲	

۳۶۱	واژه نامه فارسی - انگلیسی
۳۶۴	واژه نامه انگلیسی - فارسی
۳۶۷	اعلام به کار گرفته شده برای اعضای فولادی