

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

طراحی سازه‌های فولادی

به روش‌های حالات حدی و تنش مجاز

(بحث دهم مقررات ملی ساختمان)

جلد اول

طراحی اعضای فولادی

(شامل یکصد سؤال امتحانی حل شده)

تألیف: حمید تمیزی

(عضو هیأت علمی گروه عمران دانشگاه آزاد اسلامی مشهد)

مدرس دی‌صلاح دوره‌های ارتقاء پایه سازمان نظام مهندسی ساختمان

عضو رسمی جامعه بهسازان لرزه‌ای ساختمان‌ها

سرشناسه : تمیزی، حمید - ۱۳۴۰
 عنوان و نام پدیدآور : طراحی سازه‌های فولادی به روش‌های حالت حدی و تنش مجاز
 (مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران) / تألیف حمید تمیزی.
 مشخصات نشر : مشهد: انتشارات خراسان، ۱۳۹۲
 مشخصات ظاهری : ۳۳۶ ص، مصور، جدول، نمودار
 شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۶۳۴۲-۸۳-۵ ج ۱
 وضعیت فهرست‌نویسی : فیا
 یادداشت : واژه‌نامه.
 یادداشت : کتابنامه.
 مندرجات : ج. ۱. طراحی اعضای فولادی شامل یک صد سوال امتحانی حل شده
 عنوان دیگر : طراحی سازه‌های فولادی به روش‌های حالت حدی و تنش مجاز.
 موضوع : سازه‌های فولادی -- طرح و محاسبه
 موضوع : ساختمان‌های فلزی
 موضوع : پی بار و مقاومت
 رده‌بندی کنگره : ۶۲۰/۴۱۰۹۲ ط ۶۸۴/ت TA
 رده‌بندی دیویی : ۶۰۰/۱۸۲۱
 شماره کتابشناسی ملی : ۳۲۶۵۷۵۶



انتشارات خراسان

طراحی سازه‌های فولادی (جلد اول)

مؤلف : حمید تمیزی

صفحه آرا: معصومه برک

نوبت چاپ: اول، پاییز ۱۳۹۲

تعداد صفحات: ۳۳۶ صفحه

قطع کتاب: وزیری

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۱۲۰۰۰ تومان

ناشر: انتشارات خراسان

چاپخانه: سروش

شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۶۳۴۲-۸۳-۵

حق چاپ برای مؤلف محفوظ است

مشهد- همراه: ۰۹۱۵۲۳۷۵۶۷۴ Htamizi76@yahoo.com

هرگونه کپی برداری و استفاده به هر عنوان از کلیه مطالب
این کتاب بدون اخذ مجوز رسمی از مؤلف ممنوع و
موجب پیگرد شدید قانونی خواهد بود. حق چاپ و امتیاز
نشر این کتاب برای مؤلف محفوظ می باشد.

www.ketab.ir

مقدمه مؤلف

آئین‌نامه طراحی سازه‌های فولادی AISC^۱ که از معتبرترین آئین‌نامه‌های طراحی سازه‌های فولادی در دنیا، محسوب می‌شود، 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 آئین‌نامه مطرح گردیده است.

آئین‌نامه سازه‌های فولادی ایران (مبحث ۱۰ - مقررات ملی ساختمان ایران) در سال ۱۳۸۷ با حفظ روش طراحی تنش مجاز که تا حدودی منطبق بر آئین‌نامه AISC-ASD^{۸۹} می‌باشد، روش حالات حدی را به موازات روش طراحی تنش مجاز به طور رسمی مطرح کرده است. روش اخیر تطابق بالایی با آئین‌نامه AISC-LRFD^{۲۰۰۵} دارد، که به طور گسترده برای طراحی سازه‌های فولادی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در یک دهه اخیر، روابط و ضوابط اساسی طراحی سازه‌های فولادی، تغییرات فاحشی نسبت به روش طراحی تنش مجاز طرح شده در مبحث ۱۰ (مقررات ملی ساختمان ایران) پیدا کرده و به جرأت می‌توان گفت که این روابط و ضوابط اساسی طراحی سازه‌های فولادی، در کتاب‌های مرجع جدید سازه‌های فولادی دیده نمی‌شود.

متأسفانه با گذشت حدود ۳۰ سال از طرح شدن روش حالات حدی در آئین‌نامه سازه‌های 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 سازه‌های فولادی، در دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی و معماری آموزش می‌دهند. هدف اصلی اینجانب در نگارش این کتاب، بررسی روش طراحی حالات حدی به مهندسين و دانشجویانی است که با روش سنتی تنش مجاز آشنا هستند و باگیری روش حالات حدی، تنها به کمک آئین‌نامه، پیرایشان سخت و مشکل می‌باشد.

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

با توجه به تجربه آموزشی نویسنده، ضوابط آئین‌نامه‌ای به زبان ساده ارائه شده و هر جا که لازم بوده است در خصوص ضوابط و دستورالعمل‌های آئین‌نامه، توضیحات مبسوطی داده شده است.

در تهیه این کتاب از جدیدترین مراجع طراحی سازه‌های فولادی در دنیا استفاده شده که در آخر هر فصل به آن‌ها 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 سازه‌های فولادی می‌باشد 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 I 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 هم‌اکنون در مراکز آموزش عالی در سطح کشور به تدریس این درس مشغولند، می‌دانم. شاید اگر تشویق‌های آن‌ها نبود، این اثر به وجود نمی‌آمد. در این جا لازم می‌دانم که از همه آن عزیزان تشکر و قدردانی نمایم.

این اثر قطه‌ای خالص است که نبوده و نقطه نظرات کلیه اساتید معظم برای بهبود کیفیت این اثر در ویرایش‌های بعدی بسیار اسمند خواهد بود و دست کلیه صاحب‌نظران سازه‌های فولادی را برای ارائه پیشنهادات ارزنده به درسی می‌رسانم.

حمید تمیزی

فصلیات علمی گروه عمران دانشگاه آزاد اسلامی مشهد

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه

۱-۱	مصالح فولادی	۱
۲-۱	پروفیل های مورد استفاده در سازه های فولادی	۴
۳-۱	انواع سازه های فولادی متداول	۶
۴-۱	انواع طراحی سازه ها	۶
۵-۱	روش های طراحی سازه ها	۷
۱-۵-۱	طراحی به روش تنش مجاز	۷
۱-۵-۱	طراحی به روش حالت حدی	۸
۶-۱	بارهای محاسباتی	۱۰
۱-۶-۱	بارهای مرده	۱۰
۲-۶-۱	بارهای زنده	۱۱
۳-۶-۱	بار برف	۱۳
۴-۶-۱	بارهای ناشی از اثر باد	۱۳
۵-۶-۱	بارهای ناشی از اثر زلزله	۱۳
۶-۶-۱	بارگذاری های خاص	۱۴
۷-۱	ترکیبات بارگذاری	۱۵
۱-۷-۱	ترکیبات بارگذاری در روش تنش مجاز	۱۵
۲-۷-۱	ترکیبات بارگذاری در روش حالات حدی	۱۶
۸-۱	تحلیل سازه ها	۱۷
۱۸	مراجع فصل ۱	
۱۹	مسائل فصل ۱	

فصل ۲: طراحی اعضای کششی

۲-۱	کلیات	۲۱
۲-۲	محدودیت لاغری اعضای کششی	۲۱
۳-۲	مقاطع محاسباتی در اعضای کششی	۲۴
۱-۳-۲	سطح مقطع کل (A_g)	۲۴
۲-۳-۲	سطح مقطع خالص (A_n)	۲۴
۳-۳-۲	سطح مقطع مؤثر (A_e)	۲۹

۳۰	ضرب تأخیر برش U مطابق آئین نامه
۳۰	ضرب تأخیر برش U در روش تنش مجاز
۳۱	ضرب تأخیر برش U در روش حالات حدی
۳۵	اعضای کششی مرکب
۳۷	اعضای کششی با اتصالات لولایی
۳۷	تسمه های سرپهن
۳۸	تسمه های لولا شده
۳۹	معیار مقاومت در طراحی اعضای کششی
۴۰	معیار مقاومت به روش تنش مجاز
۴۸	معیار مقاومت به روش حالات حدی
۵۹	سیستم آبربردی روش های طراحی حالات حدی و تنش مجاز
۷۱	مراجع فصول
۷۲	مسائل فصل ۲

	فصل ۳: طراحی اعضای فشاری
۷۶	۱-۳ کلیات
۷۶	۲-۳ پدیده کمانش در اعضا فشاری
۷۷	۱-۲-۳ کمانش خمشی
۷۷	۱-۱-۲-۳ کمانش خمشی ارتجاعی
۷۹	۲-۱-۲-۳ کمانشی خمشی غیر ارتجاعی
۸۰	۲-۲-۳ کمانش پیچشی
۸۱	۳-۲-۳ کمانش خمشی - پیچشی
۸۱	۴-۲-۳ کمانش موضعی
۸۲	۳-۳ ضوابط آئین نامه ای طراحی اعضای فشاری
۸۲	۱-۳-۳ پایداری سازه ها
۸۷	۲-۳-۳ ضوابط آئین نامه ای به روش تنش مجاز
۸۷	۱-۲-۳-۳ کمانش خمشی
۸۸	۲-۲-۳-۳ کمانش پیچشی و کمانش خمشی - پیچشی
۹۰	۳-۲-۳-۳ کمانش موضعی
۹۵	۳-۳-۳ ضوابط آئین نامه ای به روش حالات حدی
۹۶	۱-۳-۳-۳ کمانش خمشی
۹۹	۲-۳-۳-۳ کمانش موضعی
۹۹	۳-۳-۳-۳ کمانش پیچشی
۱۰۰	۴-۳-۳-۳ کمانش خمشی - پیچشی

۱۰۰	مقاطع با یک محور متقارن.....	۱-۴-۳-۳-۳
۱۰۴	مقاطع نامتقارن.....	۲-۴-۳-۳-۳
۱۰۵	ثابت پیچشی Z_0 ثابت تاییدگی C_w	۵-۳-۳-۳
۱۰۶	مقاومت فشاری اسمی اعضای فشاری با مقاطع نبشی تک.....	۶-۳-۳-۳
۱۲۹	اعضای فشاری مرکب (ساخته شده).....	۷-۳-۳-۳
۱۲۹	اعضای فشاری مرکب از نیمرخ ها و ورق های سراسری.....	۱-۷-۳-۳-۳
۱۳۰	اعضای فشاری مرکب با لقمه.....	۲-۷-۳-۳-۳
۱۳۵	ضرایب کاهش سختی خمشی اعضای فشاری.....	۸-۳-۳-۳
۱۳۹	مقایسه کار بردی روش های طراحی حالات حدی و تنش مجاز.....	۴-۳-۳
۱۴۵	مراجع فصل ۳.....	
۱۴۶	مسائل فصل ۳.....	

فصل ۴: طراحی اعضای خمشی

۱۴۹	۱-۴ کلیات.....	
۱۴۹	۲-۴ رفتار خمشی.....	
۱۵۶	۳-۴ پایداری اعضای خمشی.....	
۱۵۸	۴-۴ کماتش موضعی اجزای مقطع.....	
۱۵۸	۱-۴-۴ طبقه بندی مقاطع.....	
۱۵۸	۵-۴ ضوابط آئین نامه ای طراحی اعضای خمشی.....	
۱۵۹	۱-۵-۴ ضوابط آئین نامه ای به روش تنش مجاز.....	
۱۵۹	۱-۱-۵-۴ تنش های خمشی مجاز نیمرخ ها و شکل ناودانی.....	
۱۶۲	۲-۱-۵-۴ تنش های خمشی مجاز برای مقاطع بسته (لوله ای و لوله ای).....	
	۳-۱-۵-۴ تنش های خمشی مجاز برای اعضای با مقطع I و ورق های مستطیلی و مقاطع توپر نسبت به محور ضعیف.....	
۱۶۳	تنش های برش مجاز.....	۴-۱-۵-۴
۱۶۹	اثر سوراخ در بال های کششی تیرها.....	۵-۱-۵-۴
۱۷۱	تقویت بال های اعضای خمشی.....	۶-۱-۵-۴
۱۷۳	خمش دو محوره.....	۷-۱-۵-۴
۱۷۴	شرایط بهره برداری اعضای خمشی.....	۸-۱-۵-۴
۱۷۶	۲-۵-۴ ضوابط آئین نامه ای به روش حالات حدی.....	
۱۷۸	۱-۲-۵-۴ معیار خمش در طراحی اعضا.....	
۱۸۱	۱-۱-۲-۵-۴ مقاومت خمشی مقاطع قوطی شکل.....	
۱۸۴	۲-۱-۲-۵-۴ مقاومت خمشی مقاطع لوله ای شکل.....	
۱۸۵	۳-۱-۲-۵-۴ مقاومت خمشی مقاطع I شکل و ناودانی حول محور ضعیف.....	

۴-۱-۲-۵-۴	مقاومت خمشی مقاطع سپری و جفت نبشی با بارگذاری در صفحه تقارن ۱۸۷
۵-۱-۲-۵-۴	ضریب یکنواختی نمودار لنگر خمشی (C _B) ۱۹۱
۶-۱-۲-۵-۴	مقاومت خمشی مقاطع نوپر دایره‌ای و چهارگوش ۱۹۶
۷-۱-۲-۵-۴	مقاومت خمشی مقاطع نبشی تک ۱۹۹
۸-۱-۲-۵-۴	مقاومت خمشی مقاطع I شکل فشرده با دو محور تقارن و ناودانی با مقطع فشرده حول محور قوی ۲۰۴
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 ۲۱۰
۱۰-۱-۲-۵-۴	ضوابط کلی مقاطع خمشی ۲۱۱
۲-۲-۵-۴	معیار برش در طراحی اعضا ۲۱۲
۱-۲-۲-۵-۴	مقاومت برشی اسمی (V_n) ۲۱۳
۲-۲-۲-۵-۱	مقاومت برشی نبشی‌های تک، نبشی‌های زوج و سپری‌ها ۲۱۵
۲-۲-۵-۴	مقاومت برشی مقاطع قوطی شکل ۲۱۶
۴-۲-۵-۴	مقاومت برشی مقاطع لوله‌ای شکل ۲۱۷
۵-۱-۵-۴	مقاومت برشی مقاطع با یک یا دو محور تقارن تحت اثر برش در امتداد عمود بر محور ضعیف ۲۱۸
۳-۲-۵-۴	شرایط بهره‌برداری اعضای خمشی ۲۲۰
۱-۳-۲-۵-۴	افتادگی و انحراف ۲۲۰
۳-۵-۴	بررسی موارد خاص طراحی اعضای خمشی ۲۲۵
۱-۳-۵-۴	تیرهای سراسری ۲۲۶
۲-۳-۵-۴	تسلیم موضعی جان اعضای خمشی ۲۲۷
۳-۳-۵-۴	لهیدگی جان اعضای خمشی ۲۲۹
۴-۵-۴	مقایسه کاربردی روش‌های طراحی حالات حاد تنش مجاز ۲۳۷
	مراجع فصل ۴ ۲۳۹
	مسائل فصل ۴ ۲۴۰

فصل ۵: طراحی اعضا برای ترکیبات نیروهای محوری، برشی، لنگرهای خمشی و پیچشی

۱-۵	کلیات ۲۴۳
۲-۵	طراحی اعضا برای ترکیب نیروی محوری و لنگرهای خمشی ۲۴۴
۱-۲-۵	بررسی آثار مرتبه دوم - لنگر ثانویه ۲۴۴
۲-۲-۵	ضوابط آئین‌نامه‌ای برای طراحی اعضا ۲۴۶
۱-۲-۲-۵	ضوابط آئین‌نامه‌ای به روش تنش مجاز ۲۴۶
۱-۱-۲-۲-۵	اعضای کششی - خمشی ۲۴۷
۲-۱-۲-۲-۵	اعضای فشاری - خمشی ۲۴۷

۲۶۱	ضوابط آئین‌نامه‌ای به روش حالات حدی	۲-۲-۲-۵
۲۶۱	آثار مرتبه دوم - لنگر ثانوی	۱-۲-۲-۲-۵
	اعضا با مقاطعی دارای حداقل یک محور تقارن تحت اثر توأم نیروی کششی و لنگر خمشی	۲-۲-۲-۲-۵
۲۶۷	اعضا با مقاطعی دارای حداقل یک محور تقارن تحت اثر توأم نیروی فشاری و لنگر خمشی	۳-۲-۲-۲-۵
۲۷۳	طراحی اعضا برای لنگر پیچشی و نیروهای ترکیبی همراه با آن	۳-۵
۲۸۰	ضوابط آئین‌نامه‌ای به روش تنش مجاز	۱-۳-۵
۲۸۴	ضوابط آئین‌نامه‌ای به روش حالات حدی	۲-۳-۵
۲۸۶	مقاطع لوله‌ای و قوطی شکل (مقاطع بسته)	۱-۲-۵
۲۸۶	مقاطع باز (غیر تو خالی مانند مقاطع I شکل)	۲-۲-۵
۲۹۲	طراحی اعضا با مقاطع مرکب (ساخته شده)	۴-۵
۲۹۷	اعضا با مقاطع مرکب، متشکل از مقاطع نورد شده و صفحات سراسری	۱-۴-۵
۲۹۸	اعضا مرکب با لقمه	۲-۴-۵
۳۰۰	اعضای مرکب با بست‌های مؤرب	۳-۴-۵
۳۰۴	اعضای مرکب با بست موازی	۴-۴-۵
۳۱۲	مراجع فصل ۵	
۳۱۳	مسائل فصل ۵	
۳۱۶	واژه‌نامه فارسی - انگلیسی	
۳۱۹	واژه‌نامه انگلیسی - فارسی	
۳۲۲	اعلام به کار گرفته شده برای اعضای فولادی	