

طراحی سازه‌های فولادی

(بر اساس طراحی به روش تنش مجاز و روش حدی)

(مبحث دهم از مجموعه مقررات ملی ساختمان)

(جلد دوم)

تألیف

شاپور طاحونی

(عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

سرشناسه	: طاحونی، شاپور، ۱۳۳۴ -
عنوان و نام پدیدآور	: طراحی سازه‌های فولادی (بر اساس طراحی به روش تنش مجاز و روش حدی) // تألیف شاپور طاحونی.
مشخصات نشر	: تهران: علم و ادب، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	: ج ۲ - مصور، جدول، نمودار
فروست	: مقررات ملی ساختمان ایران: مبحث دهم.
شابک	: ج. ۲- 8-70-7005-964-978
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: واژه‌نامه.
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: ساختمان‌های فلزی --- ایران --- استانداردها
موضوع	: ساختمان‌های فلزی -- طرح و ساختمان
رغ	: فولاد ساختمانی
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۱ ۶۲۶/۵۲۶۴۲۷ TA۶۸۴
رده بندی دی	: ۶۲۴/۱۸۳۱۰۲۱۸۵۵
شماره کتابخانه ملی	: ۲۹۰۷۶۱۴

طراحی سازه های فولادی (بر اساس طرح به روش تنش مجاز و روش حدی) (مبحث دهم مقررات ملی ساختمان) (چهارم + CD)

تألیف: شاپور طاحونی

ناشر: انتشارات علم و ادب

امور فنی و هنری: سازمان نقشه‌برداری

چاپ و صحافی: فرنگار رنگ

شمارگان: ۲۰۰۰ نسخه

نوبت چاپ: ویرایش دوم / چاپ اول / ۳۹۲

شابک دوره: ۲-۷۲-۷۰۰۵-۹۶۴-۹۷۸

شابک جلد ۲: ۸-۷۰-۷۰۰۵-۹۶۴-۹۷۸

قیمت: ۳۰۰۰۰ ریال

کلیه حقوق اعم از چاپ و تکثیر، نسخه برداری و ترجمه و جز اینها
برای «انتشارات علم و ادب» محفوظ است.

تهران: خیابان انقلاب، خیابان قدس، پلاک ۳، واحد ۲

تلفن: ۶۶۹۶۶۵۸۶

فهرست مطالب

پیشگفتار مؤلف	ط
مقدمه (برایش دوم)	ک
فصل ۱ پیچش	(۶۹۷ - ۷۵۴)
۱-۱۰ مقدمه	۶۹۷
۱-۱۰ پیچش - نص	۶۹۸
۳-۱۰ پیچش همراه شده همراه با تابیدگی	۷۰۵
۴-۱۰ پیچش - تنش در اعضای ساخته شده از نیمرخ‌های بالدار و ناودانی	۷۰۷
۵-۱۰ روش تقریبی برای سنجش تنش‌های قائم ناشی از پیچش ممانعت شده ...	۷۱۳
۶-۱۰ روش اصلاح شده	۷۱۸
۷-۱۰ حالات عملی بارگذار پیچشی	۷۲۲
۸-۱۰ طراحی برای اثر مشترک خمشی - تیر با اتکای جانبی	۷۲۶
۹-۱۰ پیچش مقاطع بسته جدار نازک (مقاطع قوطی و لوله)	۷۳۴
۱۰-۱۰ طراحی اعضا برای پیچش و نیروهای ترکیبی همراه با پیچش - روش حدی	۷۳۹
مسائل فصل دهم	۷۴۷
فصل ۱۱ تیرها بدون اتکای جانبی	(۷۵۵ - ۸۵۴)
۱-۱۱ مقدمه	۷۵۵
۲-۱۱ تکیه‌گاه‌های جانبی - مهار جانبی بال فشاری	۷۵۶
۳-۱۱ بررسی تحلیلی کمانش جانبی تیرها با نیمرخ I متقارن - حالت حدی	۷۶۰
۴-۱۱ طراحی تیرها بدون اتکای جانبی به روش تنش مجاز	۷۶۲
۵-۱۱ کمانش جانبی نیمرخ‌های ناودانی، Z و I غیرمتقارن - روش تنش مجاز	۷۸۹
۶-۱۱ طراحی تیرها بدون اتکای جانبی - روش حدی	۷۹۳
۷-۱۱ کفایت مهاربندی جانبی	۸۳۱
۸-۱۱ تنش فشاری مجاز در خمش دومحوره برای تیرها بدون اتکای جانبی	۸۴۰
مسائل فصل یازدهم	۸۴۹

فصل ۱۲ تیر - ستون‌ها (۸۵۵ - ۹۴۰)

۸۵۵	مقدمه	۱ - ۱۲
۸۵۶	معادله دیفرانسیل برای اثر توأم فشار محوری و لنگر خمشی - تیرستون ...	۲ - ۱۲
۸۶۲	ضریب تشدید لنگر - روش ساده برای تیر - ستون‌ها بالانحنای ساده ...	۳ - ۱۲
۸۶۶	ضریب تشدید لنگر - اعضا با انحنای مضاعف بدون انتقال جانبی دو انتها	۴ - ۱۲
۸۶۸	تعیین C_m برای تیر - ستون‌های مهارشده	۵ - ۱۲
۸۷۲	ضریب تشدید لنگر برای تیر - ستون‌هایی که انتقال جانبی دو انتهای آن ...	۶ - ۱۲
۸۷۵	جمع‌بندی قسمت‌های ۱۲ - ۱ تا ۱۲ - ۶	۷ - ۱۲
۸۷۵	ظرفیت باربری نهایی تیر - ستون‌ها (بدون توجه به اثر کمانش)	۸ - ۱۲
۸۷۹	روابط محاسباتی آیین‌نامه در مورد تیر - ستون‌ها	۹ - ۱۲
۸۸۷	بار محوری معادل	۱۰ - ۱۲
۹۰۱	ستون‌های سالن‌های صنعتی	۱۱ - ۱۲
۹۱۱	روش برای طراحی اعضا تحت اثر توأم فشار محوری و خمش	۱۲ - ۱۲
۹۳۶	مسائل فصل سیزدهم	

فصل ۱۳ تیروورق‌ها (۹۴۱ - ۱۰۱۸)

۹۴۱	معرفی	۱ - ۱۳
۹۴۶	مفاهیم عمومی	۲ - ۱۳
۹۴۷	ناپایداری‌های بال فشردگی	۳ - ۱۳
۹۴۸	ناپایداری‌های جان تیروورق	۴ - ۱۳
۹۸۸	مسائل متفرقه طراحی	۵ - ۱۳
۱۰۱۵	مسائل فصل سیزدهم	

فصل ۱۴ اتصالات (۱۰۱۹ - ۱۱۵۶)

۱۰۱۹	اتصال تیر به ستون	۱ - ۱۴
۱۰۲۱	اتصال ساده	۲ - ۱۴
۱۰۲۱	اتصال نیمه‌صلب	۳ - ۱۴
۱۰۲۲	اتصال صلب	۴ - ۱۴
۱۰۲۲	رفتار اتصالات	۵ - ۱۴
۱۰۲۸	اتصال ساده تیرها به وسیله نبشی جان	۶ - ۱۴
۱۰۴۰	اتصال ساده با نبشی نشیمن	۷ - ۱۴
۱۰۵۲	نشیمن تقویت‌شده	۸ - ۱۴

۱۰۶۲	۹ - ۱۴	اتصالات صلب تیر به ستون
۱۱۲۳	۱۰ - ۱۴	اتصال‌های مهاربندها
۱۱۳۲	۱۱ - ۱۴	اتصالات پای ستون (صفحات پای ستون یا کف ستون‌ها)
۱۱۵۰		مسائل فصل چهاردهم

فصل ۱۵ ساختمان‌های فولادی (۱۱۵۷ - ۱۳۴۲)

۱۱۵۷	۱ - ۱۵	مقدمه
۱۱۵۸	۲ - ۱۵	سیستم‌های سازه‌های فولادی
۱۱۵۸	۳ - ۱۵	سیستم‌های ساختمان‌های متعارف ($H/B \leq 3$)
۱۱۶۴	۴ - ۱۵	سیستم‌های خاص $3 < H/B \leq 6$
۱۱۷۰	۵ - ۱۵	ضوابط طرح لرزه‌ای
۱۱۷۷	۶ - ۱۵	مقاومت خمشی
۱۱۹۵	۷ - ۱۵	مهاربندهای همگرا
۱۲۱۵	۸ - ۱۵	مهاربندهای واگرا
۱۲۳۹	۹ - ۱۵	دیوارهای برشی فولادی
۱۲۶۳	۱۰ - ۱۵	سختی جانبی و مرکز مقاومت در برابر نیروی زلزله
۱۲۷۰	۱۱ - ۱۵	مرکز سختی
۱۲۷۱	۱۲ - ۱۵	لنگر پیچشی ایجادشده در طبقه I
۱۲۷۳	۱۳ - ۱۵	توزیع نیروی برشی و لنگر پیچشی در طبقه در پلان
۱۲۷۶	۱۴ - ۱۵	طراحی سازه ساختمانی
۱۳۰۰	۱۵ - ۱۵	طراحی سازه صنعتی
۱۳۳۵	۱۶ - ۱۵	طراحی سقف خرپایی

۱۳۴۳	پیوست ۱	مشخصات هندسی نیمرخ‌های ساختمانی
۱۳۶۵	پیوست ۲	روابط تیرها و تیرهای سراسری و قاب‌ها
۱۳۹۱	پیوست ۳	نرم‌افزار طراحی اتصالات سازه‌های فولادی IDSC-91-S
۱۴۳۵		واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
۱۴۴۳		واژه‌نامه فارسی به انگلیسی
۱۴۵۱		فهرست منابع و مراجع

پیش‌گفتار مؤلف

نزدیک به ۶ سال از انتشار مبحث ۱۰ از مجموعه مقررات ملی ساختمان تحت عنوان طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی می‌گذرد. طی این مدت، این آیین‌نامه جایگاه خود را نزد مهندسين عمران پیدا نموده و در طراحی سازه‌های فولادی به‌جای آیین‌نامه‌های غیرملی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌مراتب کاربردهای عملی، در اکثر دانشکده‌های مهندسی نیز مآخذ آیین‌نامه‌ای مدرسين دانشگاهی قرار گرفته است.

در کنار متن اصلی آیین‌نامه، وزارت مسکن تا به‌حال دو راهنما برای آیین‌نامه که هر یک شامل دیدگاه‌های کلی بود، منتشر نموده است. با اینکه این دو راهنما مشکلات عمده‌ای را در درک مفاهیم آیین‌نامه برطرف نمودند، لیکن هنوز فقدان یک کتاب درسی برای آموزش مفاهیم این آیین‌نامه به دانشجویان احساس می‌شود. با توجه به تجربه‌ای که در تهیه کتاب طراحی سازه‌های فولادی بر مبنای آیین‌نامه AISC وجود داشت، اقدام به تهیه کتاب درسی حاضر بر مبنای آیین‌نامه فولاد ایران (مبحث ۱۰ از مجموعه مقررات ملی ساختمان ایران) گردید. آیین‌نامه فولاد ایران هرچند که با اقتباس از آیین‌نامه AISC تنظیم شد، لیکن باید گفت که دارای دیدگاه‌های خاص خود می‌باشد و باید به‌طور مستقل مورد توجه قرار گیرد.

نکته مهمی که در تهیه این مجموعه مورد توجه قرار گرفته است، سادگی و روانی و عاری بودن از هرگونه مفاهیم نظری پیچیده می‌باشد که لزومی نظری نمی‌بین آنها در سطح آموزش کارشناسی مشاهده نمی‌شود. از این‌رو مجموعه حاضر به‌مراتب ساده‌تر، روان‌تر و کاربردی‌تر از کتاب طراحی سازه‌های فولادی بر مبنای AISC است و در آن مثال‌های عملی بیشتری گردآوری شده و مبانی نظری روابط با سادگی بیشتری عنوان گردیده است. از این به‌بعد هر کتاب به‌طور مستقل به‌موازات هم منتشر خواهند گردید.

این مجموعه در ۱۵ فصل تنظیم شده است که عناوین فصول آن به‌قرار زیر می‌باشد:

فصل ۱ - معرفی سازه‌های فولادی

فصل ۲ - مشخصات هندسی نیمرخ‌ها

فصل ۳ - طراحی اعضای کششی

فصل ۴ - وسایل اتصال (پیچ و پرچ)

فصل ۵ - وسایل اتصال (جوش)

فصل ۶ - کماتش موضعی اجزای تحت فشار

فصل ۷ - طراحی ستون‌ها تحت بار محوری

فصل ۸ - تیرها با اتکای جانبی

فصل ۹ - تیرهای سراسری

فصل ۱۰ - پیچش

فصل ۱۱ - تیرها بدون اتکای جانبی

فصل ۱۲ - تیرستون‌ها

فصل ۱۳ - تیروورها

فصل ۱۴ - اتصالات

فصل ۱۵ - ساختمان‌های فولادی

در کنار مثال‌های عملی متعددی که در هر فصل ارائه شده، در فصل پانزدهم پس از معرفی اصول کلی طراحی سازه‌های فولادی، دو مثال کلی برای طراحی یک ساختمان فولادی و یک ساختمان صلب ارائه شده است.

امید است این کتاب مورد توجه دانشجویان و مهندسين طراحی قرار گیرد. در خاتمه از زحمات بی‌شماره آقای مهندس آرشد نیری در آماده‌سازی کتاب و ارائه پیشنهادات ارزنده سپاس‌گزارم. آقای ط. حسن‌پور و خانم م. عزب‌دفتری عهده‌دار حروفچینی و صفحه‌آرایی این کتاب بودند. کد زحمات آنها مورد امتنان می‌باشد. همچنین از زحمات مدیریت محترم انتشارات علم و ادب و نیز این کتاب تشکر می‌شود. تذکر این نکته لازم است که با توجه به عوامل متعدد تأثیرگذار در طراحی سازه، پذیرش هرگونه مسئولیتی در قبال نتایج حاصل از روابط موجود در کتاب، برای نگارنده غیرممکن است. طراحی سازه در قلمرو تجربه مهندس سازه با صلاحیت تجربه کافی در زمینه طراحی است.

زمستان ۱۳۷۷

شاپور طاحونی

مقدمه مؤلف (ویرایش دوم)

حدود ۱۴ سال از انتشار کتاب طراحی سازه‌های فولادی بر مبنای آیین‌نامه فولاد ایران می‌گذشت و طی این مدت کتاب ۱۸ بار با تیراژ حدود ۹۰۰۰۰ جلد تجدید چاپ شده است. با توجه به اهمیت که طی این مدت رخ داده انتشار آیین‌نامه فولاد ایران (مبحث دهم) بر مبنای سازه‌های فولادی است (۱۳۸۷).

از نظر تاریخچه، AISC در سال ۱۹۸۹ آیین‌نامه طراحی سازه‌های فولادی به روش حدی (LRFD) را منتشر کرد. با این نظر که طراحی به روش تنش مجاز (ASD) به تدریج در سایه آن قرار گرفته و منسوخ گردد، لیکن چاپ ۲۰۰۵ این آیین‌نامه، دو رخداد مهم داشت. در این چاپ، روش حدی (LRFD) به تکامل خود رسید و فصولی که در چاپ‌های قبلی به صورت پیوست ارائه شده بودند، در فصل‌بندی اصلی آیین‌نامه قرار گرفت. لیکن موضوع مهمتر ارائه شکل جدیدی از «اصول طراحی به روش تنش مجاز» با نام «طراحی به روش مقاومت مجاز» بود. بنابراین عملاً دیدگاه طراحی به روش تنش مجاز به فراموشی سپرده شد.

مبحث دهم از مجموعه مقررات ملی ایران به توجه به این موضوع، در ویرایش ۱۳۸۷ خود با حفظ طراحی به روش تنش مجاز در بخش ۱۰-۱۱ و بخش ۱۰-۲ طراحی به روش حدی را معرفی نمود. با این دید که با حفظ اعتبار روش تنش مجاز و روش تنش مجاز، طراحی به روش حدی، نیز به رسمیت شناخته شود.

با توجه به تغییرات فوق در آیین‌نامه‌های طراحی، لازم بود تغییرات کلی در کتاب رخ داده و با دانش روز مهندسی هماهنگ گردد. به همین منظور تجدیدنظر اساسی در کتاب صورت گرفت. اصل مهم در این تجدیدنظر، حفظ طراحی به روش تنش مجاز و ارائه طراحی به روش حالات حدی بود. از این رو در سازمان‌دهی هر فصل تصمیم گرفته شد که ابتدا مطالب عمومی، سپس طراحی به روش تنش مجاز، و در انتها طراحی به روش حالات حدی معرفی شود. برای تمایز، صفحاتی از کتاب که به طراحی به روش حدی اختصاص

دارد، با خط تیره قائم در سمت راست صفحه مشخص گردید.

فصل اول کتاب مجدداً بازنویسی شد تا مسائل تولید فولاد در آن به دقت مورد بررسی قرار گیرد. در تهیه این فصل همکار ارجمند آقای مهندس بهرام شلالوند همکاری نموده‌اند که بدین‌وسیله از ایشان قدردانی می‌گردد.

در فصول دیگر نیز تغییرات عمده‌ای از نظر ارائه مفاهیم، مثال‌ها، شکل‌ها و ارائه بخش طراحی به روش‌های تنش مجاز و حدی صورت گرفته است که پرداختن به جزئیات آنها خارج از حوصله می‌باشد.

فصل چهاردهم (اتصالات) نیز به‌طور کامل بازنویسی شده تا نقطه‌نظرهای طرح لرزه‌ای سازه‌های فولادی در آن ارائه شود.

در فصل پنجم کتاب تحت عنوان ساختمان‌های فولادی، سیستم‌های ساختمان‌های فولادی مورد توجه قرار گرفته و مقررات طراحی لرزه‌ای ساختمان‌های فولادی در آن مورد بررسی قرار گرفته است.

در پیوست سوم کتاب، ضمائم مهندسی برای طراحی اتصالات فولادی ارائه شده است که توسط همکار ارجمند آقای دکتر قاسم سحاب تهیه شده است. بدین‌وسیله از ایشان که نسخه دانشجویی این کتاب را در اختیار اینجانب قرار داده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

آقای مهندس مسعود پهلوان در بازخوانی کتاب پیشنهادهای سازنده‌ای ارائه نمودند که بدین‌وسیله از ایشان تشکر می‌شود.

سرکار خانم عزب‌دفتری عهده‌دار امور هنری و رسم‌های کتاب بودند که همواره مدیون زحمات ایشان می‌باشم.

امید است کتاب در شکل جدید نیز مورد توجه خوانندگان دانشجو و استادان قرار گرفته و با ارائه انتقادات و اظهارنظرها، در جهت بهبود و تکامل آن گام برداشته شود.

شاپور طاحونی

عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۱۳۹۱/۵/۹