

۱۳۶۶۵۱۰

۹۵/۵۱۰

به نام آن که جان را فکرت آموخت

طراحی سازه‌های فولادی به روش حدی

LRFD

(جلد اول)

تألیف

میلاد شهبانین

احمد رضا جعفری

ناظر علمی

دکتر سید مهدی زهرایی

(عضو هیئت علمی دانشگاه تهران)



سرشناسه	: شعبانیان، میلاد، ۱۳۶۴ -
عنوان و نام پدیدآور	: طراحی سازه‌های فولادی به روش حدی LRFD / مولفان میلاد شعبانیان، احمدرضا جعفری
مشخصات نشر	: تهران: فدک ایستایس، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	: ۲۲۰ ص: مصور
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۰-۲۳۷-۵
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
موضوع	: سازه‌های فولادی - طرح و ساختمان
موضوع	: فولاد ساختمانی - طرح و ساختمان
موضوع	: ساختمان‌های فلزی - طرح و ساختمان
شناسه افزوده	: جعفری، احمدرضا، ۱۳۵۵-
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۵ ۷۷۵۴/ش/۷۸۶۸۴
هیندی دیویی	: ۶۲۴/۱۸۲۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۱۹۱۷۱۶

طراحی سازه‌های فولادی به روش حدی LRFD

فدک
ایستایس

تألیف	: میلاد شعبانیان، احمدرضا جعفری
صفحه‌آرایی	: واحد تولید انتشارات فدک ایستایس
مدیر تولید	: رضا کرمی شاه‌تپه
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۵
تیراژ	: ۵۰۰
قیمت	: ۲۵۰۰۰ ریال
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۰-۲۳۷-۵

فروشگاه : تهران - خیابان انقلاب - بین خیابان فروردین و منیری جاوید - رویروی دبیرخانه دانشگاه تهران - کتابفروشی فلاح
تلفن: ۶۶۴۱۰۳۵۴
دفتر انتشارات : تهران - خیابان انقلاب - خیابان اردیبهشت - بین لیافی‌نژاد و جمهوری - ساختمان ۱۰
تلفن: ۶۶۴۶۵۸۳۱ - ۶۶۴۸۱۰۹۶ - ۶۶۴۸۲۲۲۱
ایمیل و وبسایت : www.fadakbook.ir - fadakbook@gmail.com

کلیه حقوق و حق چاپ متن و عنوان کتاب که به ثبت رسیده است؛ مطابق با قانون حقوق مولفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ و متعلق به انتشارات فدک ایستایس می‌باشد. هرگونه برداشت، تکثیر، کپی برداری به هر شکل (چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی) بدون اجازه کتبی از انتشارات فدک ایستایس ممنوع بوده و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

معاونت حقوقی
انتشارات فدک ایستایس

مقدمه

ساختمانها بر حسب مصالح استفاده شده جهت سیستم باربر آنها به چند دسته کلی تقسیم می‌شوند: ساختمانهای بتنی، فولادی و مصالح بنائی. بخش قابل توجهی از ساختمانها در دنیا دارای اسکلت فولادی می‌باشند. در این نوع ساختمانها برای ساختن اسکلت ساختمان به‌عنوان سیستم باربر آن از فولاد استفاده می‌شود. اسکلت ساختمان مجموعه‌ای از عناصر افقی، عمودی و مورب هستند که وظیفه انتقال نیروها از ساختمان به پی زیر آن را دارند. اصطلاح فولاد یا فولاد برای آلیاژهای آهن که بین ۰/۰۲ درصد تا ۲/۱ درصد وزن خود کربن دارند بکار می‌رود. فولادهای آلیاژی غالباً با فلزهای دیگری نیز همراهند. خواص فولاد به درصد کربن موجود در آن، عملیات حرارتی انجام شده بر روی آن و فلزهای آلیاژدهنده موجود در آن بستگی دارد. فولاد پرمصرفترین فلز صنعتی است و مصرفش پیوسته در حال افزایش می‌باشد. امروزه تولید فولاد جهان نزدیک به هزار و سیصد میلیون تن در سال است. گفته می‌شود فولاد سازی از کشور هندوستان به ایران آمده است. برای ساختن فولاد، کربن آهن خام سفید را می‌سوزانند، تا از ۵/۳ تا ۶۰٪ کربن ۲٪ تا ۱/۵٪ ورنش کاهش یابد، عنصرهای دیگر را نیز در آن اندازه می‌کنند تا فولاد موردنظر ساخته شود.

اولین نشانه‌های استفاده از آهن به زمان **سریان و مصریان** بر می‌گردد که تقریباً ۴۰۰۰ سال قبل از میلاد با آهن کشف شده از شهاب سنگ‌ها آفلای کوچکی مثل سر نیزه و زیورآلات می‌ساختند. آهن برای اولین بار در اواسط هزاره دوم قبل از میلاد از کانی فلزی استخراج و مورد استفاده قرار گرفت. فراوانی ماده اولیه و قابلیت‌های فراوان آن از عواملی هستند که سبب شدند آهن در مدت کوتاهی جایگزین فلزات و مواد دیگر در ساخت بسیاری از ادوات و اشیاء شود. این استفاده تاثیر زیادی بر دستاوردهای مختلف تمدن بشری، بویژه ساختارهای اقتصادی گذاشت. بر اساس شواهد و قرائن موجود اقوام ساکن در ایرانای صغیر اولین کسانی بودند که موفق به تولید آهن از سنگ آهن شدند.

سر هنری بسمر، مهندس انگلیسی متولد ۱۹ ژانویه ۱۸۱۳، و مخترع فولاد پرمصرف است. وی همچنین بیش از ۱۰۰ اختراع دیگر نیز در زمینه شیشه، آهن و فولاد انجام داد اما هیچ‌کدام از اختراعاتش مانند فرایند تولید فولاد، برای بشر مثلاً خدمات نبود. در سال‌های دهه ۱۸۵۰ معرفی مراحل تولید بسمر، تولید انبوه فولاد (شکل سخت‌تر و در عین حال با تسلیم قابل توجه و بادوام‌تر) را امکان‌پذیر نمود. در مدت کوتاهی در آمریکا و بریتانیا فولاد در سطح وسیعی جای آهن را در زمینه‌های مختلفی چون صنایع کشتی‌سازی، خطوط راه‌آهن و معماری گرفت. گرچه طلوع عصر فولاد به خودی خود بر اندوخته علمی مهندسان ذوب فلزات عنصر تازه‌ای اضافه نکرد اما صرفاً از یک فلز قدیمی، فلز موثرتری به وجود آورد. بنابراین، در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم شاهد معرفی و عرضه فلزات جدید و ترقی فاحش تعداد آلیاژهای قابل دسترس بودیم. این اختراع بسمر، انقلاب عظیمی در صنعت ساختمان‌سازی ایجاد کرد زیرا ظهور این فلز مستحکم، باعث شد امکان احداث ساختمان‌هایی با ارتفاعات بالاتر، میسر شود.

رشد چشمگیر جمعیتی در جوامع بشری و کمبود زمین علی‌الخصوص در کلان شهرها مهندسان را مجبور به روی آوری به بلند مرتبه‌سازی نمود. به علت ارتباط تنگاتنگ ساختمان‌سازی با جان و مال مردم، حکومت‌ها بر آن شدند تا با تدوین قوانین و دستورالعمل‌هایی سازندگان را به رعایت حداقل موضوعات ایمنی در حین ساخت و بهره‌برداری بنمایند. در کشور ما نیز آیین‌نامه‌هایی در این زمینه تدوین شده است. عمده‌ترین آیین‌نامه‌ای که در این زمینه در کشور ما موجود است، مبحث دهم مقررات ملی ساختمان است. این آیین‌نامه یکی از مباحث بیست و یک‌گانه‌ای است که مقررات ملی ساختمان نامیده می‌شود و اجرای آن در کلیه ساخت و سازها در سطح کشور ایران اجباری است. این آیین‌نامه در زمانهای مختلف به دلیل نیازهای روز و تغییراتی که در آیین‌نامه‌های معتبر دنیا از جمله آیین‌نامه فولاد آمریکا (AISC) ایجاد شده بود، دچار تغییراتی شده است. در سال ۱۳۸۷ ویرایش جدیدی از مبحث ۱۰ ارائه گردید که در آن روش طراحی تنش مجاز و روش حدی (LRFD) بطور همزمان ارائه شده بود. در سال ۱۱ ویرایش نهایی مبحث ۱۰ ارائه شد که در آن روش طراحی تنش مجاز آورده نشده و روش طراحی حدی (LRFD) عنوان روش نهایی و قابل قبول طراحی سازه‌های فولادی ارائه گردید.

همچنین در این نسخه از آیین‌نامه، روش حدی نسبت به ویرایش قبل (۱۳۸۷) تغییرات قابل ملاحظه‌ای داشته و بطور کلی تطابق بسیار زیادی با آیین‌نامه AISC 2010 داشته است. این تغییرات باعث گردیده در حال حاضر مرجع کاربردی و جامعی برای آن در دسترس وجود نداشته باشد لذا بر آن شدیم تا مرجعی نسبتاً کامل به همراه مثالهای کاربردی از تمامی فصول آیین‌نامه در ۳ جلد جهت استفاده دانشجویان و مهندسين عزیز کشور ارائه نماییم.

در جلد اول کتاب، به طراحی المانهای اصلی سازه، شامل اعضای کششی، فشاری، خمشی، برشی، تیر-ستون و صفحه ستون پرداخته شده است. در جلد دوم، بطور کلی به مباحث تیر و اتصالات می‌پردازیم و نهایتاً در جلد سوم مباحث تکمیلی شامل ضوابط لرزه خیزی بیان می‌گردد.

در پایان بر خود لازم می‌دانیم از زحمات مهندس نیما شهبانیان و مهندس علیرضا حق‌طلب که در اصلاح و پیشبرد کتاب ما را یاری رسانده‌اند تشکر و قدردانی به عمل آوریم.

قطعاً این اثر نیز مشابه هر اثر دیگر دارای ایرادات و ضعف‌هایی می‌باشد که امید است با مطالعه آن توسط دانشجویان و مهندسين عزیز، مشخص گردد تا در چاپ‌های بعدی اصلاح گردد. لذا خواهشمند است هرگونه نظرات و انتقادات خود را به ایمیل مولفین جهت بهبود کتاب ارائه فرمایید.

milad_shabanian_2000@yahoo.com

arjafari2004@gmail.com

فهرست مطالب

۱ روش های طراحی سازه های فلزی

- ۱.۱ کلیات ۲
- ۲.۱ روش های طراحی ۳
- ۳.۱ روش های آیین نامه ای

۱.۱ کمانش موضعی

- ۱.۲ کلیات ۱۲
- ۲.۲ لنگر الاستیک و پلاستیک مقطع ۲۲

۳۱ طراحی اعضای کششی

- ۱.۳ کلیات ۳۲
- ۲.۳ طراحی یک عضو کششی ۳۲
- ۳.۳ مقاومت کششی طرح در حالت حدی ۴۳
- ۴.۳ مقاومت برشی قالبی در حالت حدی ۴۶
- ۵.۳ اعضای کششی مرکب از چند نیمرخ یا نیمرخ و ورق ۵۵
- ۶.۳ مقاومت کششی اعضای کششی با تسمه لولا شده یا خار مغزی ۵۷
- ۷.۳ مقاومت کششی اعضای کششی با تسمه سر پهن ۵۹

۶۷ طول موثر کمانشی

- ۱.۴ کلیات ۶۸

- ۲.۴ محاسبه ضریب K ۶۹
- ۳.۴ کلیات ۶۹
- ۴.۴ مشخصات هندسی مقاطع (یادآوری) ۷۹
- ۵.۴ مقاومت فشاری طرح در روش حالت حدی ۸۱
- ۶.۴ اعضای فشاری مرکب (ساخته شده از پروفیل و ورق) ۱۰۵

اعضای خمشی (تیرها) ۱۳۱

- ۱.۵ کلیات ۱۳۲
- ۲.۵ مقدمه بر طراحی حالت حدی ۱۳۳
- ۳.۵ ضریب اصلاح کمناش بیهشی - جانبی (C_b) (ضریب یکنواختی لنگر) در روش حالت حدی ۱۳۵
- ۴.۵ مقارنت خمشی اسمی اعضای با مقاطع I شکل با دو محور تقارن و ناودانی تحت خمش حول محور قوی، با اعضای (باله جان) فشرده ۱۳۷
- ۵.۵ مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقاطع I شکل با دو محور تقارن و با بالهای غیر فشرده و جان فشرده حول محور قوی ۱۳۸
- ۶.۵ مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقاطع I شکل با یک یا دو محور تقارن و با بالهای فشرده یا غیر فشرده و جان فشرده یا غیر فشرده حول محور قوی ۱۳۹
- ۷.۵ مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقاطع I شکل با یک یا دو محور تقارن و با بالهای فشرده یا غیر فشرده و جان لاغر حول محور قوی ۱۵۹
- ۸.۵ مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقاطع I شکل و دودنایی حول محور ضعیف ۱۶۵
- ۹.۵ مقاومت خمشی مقاطع قوطی شکل حول محورهای قوی و ضعیف ۱۶۸
- ۱۰.۵ مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقاطع لوله‌ای شکل ۱۷۰
- ۱۱.۵ مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقاطع سبزی و نبشی جفت با یک یا دو محور تقارن در صفحه تقارن ۱۷۴
- ۱۲.۵ مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع نبشی تک ۱۷۹
- ۱۳.۵ مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع توپر دایره‌ای و چهارگوش ۱۸۰
- ۱۴.۵ مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع نامتقارن ۱۸۷
- ۱۵.۵ تناسب ابعادی مقطع اعضای خمشی ۱۹۰

طراحی اعضا برای برش ۲۲۷

- ۱.۶ کلیات ۲۲۸
- ۲.۶ یادآوری ۲۲۸
- ۳.۶ مقررات عمومی ۲۲۹

طراحی اعضاء برای ترکیب نیروی محوری لنگر خمشی و پیچشی ۲۳۹

- ۱.۷ کلیات ۲۴۰
- ۲.۷ بررسی چند موضوع مهم ۲۴۱
- ۳.۷ روش تحلیل مرتبه دوم از طریق تحلیل الاستیک مرتبه اول تشدید یافته ۲۴۶
- ۴.۷ روش‌های قابل قبول تحلیل و طراحی ۲۵۰
- ۵.۷ طراحی اعضایی تحت اثر همزمان لنگر خمشی و نیروی محوری فشاری ۲۵۶
- ۶.۷ اعضاء تحت اثر لنگر پیچشی و ترکیب پیچش، خمش، برش با یا بدون نیروی محوری ۲۷۳

طراحی اعضاء مختلط (کامپوزیت) ۲۸۱

- ۱.۸ کلیات ۲۸۲
- ۲.۸ مقاومت اسمی اعضاء محوری با مقطع مختلط ۲۸۲
- ۳.۸ اعضای خمشی با مقطع مختلط ۳۱۱
- ۴.۸ اعضای خمشی با مقطع مختلط و ورق فولادی (سقف عرشه فولادی) ۳۳۳

ضوابط بهره‌برداری ۲۵۹

- ۱.۹ کلیات ۳۶۰
- ۲.۹ خیز ۳۶۰
- ۳.۹ ارتعاش ۳۶۱
- ۴.۹ پیش خیز ۳۶۲

طراحی صفحه ستون ۳۶۵

- ۱.۱۰ کلیات ۳۶۶
- ۲.۱۰ طراحی صفحه ستون با عملکرد گیردار ۳۶۸
- ۳.۱۰ روند طراحی صفحه ستون با فرض برقراری ۳۶۹
- ۴.۱۰ روند طراحی صفحه ستون با فرض برقراری $\frac{B}{6} \leq r \leq 11$ ۳۹۱
- ۵.۱۰ روند طراحی صفحه ستون با فرض برقراری $\frac{B}{6} < r$ ۳۹۵
- ۶.۱۰ روند طراحی صفحه ستون با خروج از مرکزیت و توزیع تنش بکخواخت ۴۰۱