

به نام خدا



مؤسسه فرهنگی هنری
دیارگران تهران

طراحی سازه‌های فولادی

(ویرایش دوم)

ویژه آزمونهای کارشناسی ارشد مهندسی عمران

مؤلفان

مهندس پیام اشتری

مهندس مجتبی اصفهانی

زیر نظر

دکتر حسن مقدم



هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی
ناشر ممنوع است. متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق
مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

طراحی سازه های فولادی (ویرایش دوم)

ویژه آزمونهای کارشناسی ارشد مهندسی عمران

مؤلفان: مهندس پیام اشتری - مهندس مجتبی اصفهانی

زیر نظر: دکتر حسن مقدم

ناشر: مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

حروفچینی و صفحه آرایی: مجتمع فنی تهران

طرح روی جلد: مجتمع فنی تهران

چاپ: مهدی

نوبت چاپ: اول

تاریخ نشر: خرداد ماه ۱۳۸۶

تیراژ: ۳۰۰۰ نسخه

قیمت: ۲۴۵۰۰ ریال

سروشخانه اشتری، پیام، ۱۳۵۵ -

عبدولی و نام پدیدآور: طراحی سازه های فولادی ویژه آزمون های کارشناسی ارشد مهندسی عمران

مؤلفان پیام اشتری، مجتبی اصفهانی، زیر نظر حسن مقدم

وحدت ویراست: (ویراست ۳)

تصحیحات: شوا قهرانی، مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران، ۱۳۸۶.

مشخصات ظاهری: ۲۵۲ ص - مجبور، جدول، نمودار.

شابک: 978-964-354-836-0

وضعیت فهرست نویسی: فیا

مادداشت: ویراست فنی کتاب حاضر تحت عنوان "بررسی های چهارگانه ای طراحی سازه های

فولادی" منتشر شد.

یادداشت: واژه نامه

یادداشت: سایه

عنوان دیگر: بررسی های چهارگانه ای طراحی سازه های فولادی.

موضوع: سازه های فولادی - طرح و محاسبه -- آزمون ها و تمرین ها (عالی).

موضوع: سازه های فولادی - طرح و محاسبه - مسائل - تمرین ها (عالی)

موضوع: آزمون دوره های تحصیلات تکمیلی -- ایران.

موضوع: دانشگاه ها و مدارس عالی -- ایران -- آزمون ها.

شماره افزوده: اصفهانی، مجتبی، ۱۳۵۲ -

شماره افزوده: مقدم، حسن، ۱۳۳۲ -

رده بندی کنگره: ۱۳۸۶ ۷۵۴-۳۵۴-۹۶۴-۷۷۸

رده بندی دیویی: ۶۲۲/۱۸۲۱

شماره کتابخانه ملی: ۱۰۳۵۳۲۱

شابک: ۰۰ - ۸۳۶ - ۳۵۴ - ۹۶۴ - ۹۷۸

ISBN : 978-964-354-836-0

آدرس: سعادت آباد، میدان کاج، خ سرو شرقی، روبه روی خ علامه، ساختمان شماره ۴۷

صندوق پستی: ۱۴۳۳۵/۹۴۳

تلفن: ۷ - ۲۲۰۹۸۴۴۶

فهرست مطالب

۷	مقدمه ناشر
۸	مقدمه مؤلفان
۹	مقدمه استاد
۱۰	پیشگفتار

فصل اول: فولاد و خواص آن

۱۳	۱-۱ انواع فولاد
۱۴	۱-۲ منحنی تنش- کرنش فولاد در درجه حرارت محیط
۱۵	۱-۳ عملکرد فولاد در درجه حرارتهای بالا
۱۶	۱-۴ تردشکنی
۱۷	۱-۵ چند تعریف
۱۸	۱-۶ بارهای جنبشی (دینامیک)
۱۸	۱-۷ پارگی لایه‌ای
۲۰	۱-۸ استحکام خستگی
۲۲	۱-۹ کار سرد و سخت گردانی کرنشی
۲۴	۱-۱۰ پرسشهای چهارگزینه‌ای
۲۷	۱-۱۱ پاسخنامه تشریحی

فصل دوم: قطعات کششی

۲۹	۲-۱ مقدمه
۳۰	۲-۲ اثر تنشهای پس ماند
۳۲	۲-۳ تنشهای مجاز
۳۶	۲-۴ میلگردهای کششی (Sag Rods)
۳۷	۲-۵ کنترل صلبیت خمشی قطعات کششی
۴۱	۲-۶ پرسشهای چهارگزینه‌ای
۴۵	۲-۷ پاسخنامه تشریحی

فصل سوم: پیچ و مهره

۴۹	۳-۱ پیچهای با مقاومت بالا
۴۹	۳-۲ پیچهای معمولی (۸۳۰۷)

۳-۳ فنون نصب پیچها در حالت اصطکاکی..... ۴۹

۳-۴ انواع و اندازه سوراخ پیچ..... ۵۰

۳-۵ طراحی یا کنترل پیچ و اتصال پیچی..... ۵۰

۳-۶ گسیختگی برشی و کششی پیچها..... ۵۲

۳-۷ گسیختگی برشی ورقها..... ۵۲

۳-۸ له شدگی ورقها..... ۵۳

۳-۹ برش قالبی..... ۵۵

۳-۱۰ پرسشهای چهارگزینه‌ای..... ۵۷

۳-۱۱ پاسخنامه تشریحی..... ۶۱

فصل چهارم: جوش

۴-۱ مقدمه..... ۶۵

۴-۲ انواع درزهای جوش..... ۶۵

۴-۳ انواع جوشها..... ۶۷

۴-۴ علایم جوشکاری..... ۶۹

۴-۵ وضعیتهای جوشکاری..... ۷۰

۴-۶ محدودیتهای ابعادی جوش گوشه..... ۷۱

۴-۷ سطح مؤثر جوشها..... ۷۱

۴-۸ مقاومت و ارزش جوش..... ۷۲

۴-۹ پرسشهای چهارگزینه‌ای..... ۷۵

۴-۱۰ پاسخنامه تشریحی..... ۷۹

فصل پنجم: ستونها

۵-۱ مقدمه..... ۸۳

۵-۲ کمانش ارتجاعی اولر..... ۸۳

۵-۳ کمانش غیرارتجاعی شانلی..... ۸۴

۵-۴ کمانش و فرمولهای استاندارد..... ۸۶

۵-۵ ضوابط کنترل کمانش موضعی..... ۸۶

۵-۶ ضریب طول مؤثر و جزئیات آن..... ۸۷

۵-۷ تأثیر برش در بار بحرانی ستونها..... ۸۷

۵-۸ ستونهای مرکب..... ۸۸

۵-۹ پرسشهای چهارگزینه‌ای..... ۸۹

۵-۱۰ پاسخنامه تشریحی ۹۵

فصل ششم: خمش در تیرهای دارای تکیه‌گاه جانبی

۶-۱ ظرفیت خمش در تیرها ۹۹

۶-۲ کنترل‌های موردنیاز ۱۰۰

۶-۳ مفاهیم اولیه خمش ۱۰۱

۶-۴ چند مسأله خاص ۱۰۲

۶-۵ پرسشهای چهارگزینه‌ای ۱۰۴

۶-۶ پاسخنامه تشریحی ۱۱۱

فصل هفتم: پیچش و کمانش جانبی تیرها

۷-۱ پیچش خالص مقاطع همگن ۱۱۵

۷-۲ تنشهای پیچشی در مقاطع فولادی I شکل ۱۱۷

۷-۳ کمانش پیچشی ۱۱۸

۷-۴ تشابه کمانشی با قطعات فشاری ساده ۱۱۸

۷-۵ کمانش ارتجاعی جانبی ۱۱۹

۷-۶ فاصله بین تکیه‌گاههای جانبی ۱۲۰

۷-۷ پرسشهای چهارگزینه‌ای ۱۲۴

۷-۸ پاسخنامه تشریحی ۱۲۶

فصل هشتم: تیر ورق

۸-۱ مقدمه ۱۲۹

۸-۲ کمانش قطری جان ۱۲۹

۸-۳ کمانش قائم جان ۱۳۱

۸-۴ تئوری میدان کششی ۱۳۱

۸-۵ پرسشهای چهارگزینه‌ای ۱۳۳

۸-۶ پاسخنامه تشریحی ۱۳۴

فصل نهم: تیر ستونها

۹-۱ مقدمه ۱۳۵

۹-۲ محاسبه پارامتر تشدید لنگر ۱۳۶

۹-۳ ضوابط خاص آیین‌نامه ۱۳۷

۹-۴ پرسشهای چهارگزینه‌ای ۱۳۸

۹-۵ پاسخنامه تشریحی ۱۴۱

فصل دهم: مبحث اتصالات

۱۴۳	۱۰-۱ انواع اتصالات
۱۴۳	۱۰-۲ اتصالات مفصلی (ساده)
۱۴۷	۱۰-۳ اتصالات صلب (گیردار)
۱۴۸	۱۰-۴ کف ستونها
۱۵۰	۱۰-۵ پرسشهای چهارگزینه‌ای
۱۵۴	۱۰-۶ پاسخنامه تشریحی

فصل یازدهم: پرسشهای چندگزینه‌ای آزمونهای کارشناسی ارشد ۷۷ و ۷۸

۱۵۷	۱۱-۱ پرسشهای چندگزینه‌ای
۱۶۵	۱۱-۲ پاسخنامه تشریحی

فصل دوازدهم: مجموعه سؤالات تکمیلی

۱۷۱	۱۲-۱ پرسشهای چهارگزینه‌ای تا سال ۸۰
۲۰۲	۱۲-۲ پاسخنامه تشریحی
۲۱۹	۱۲-۳ پرسشهای چهارگزینه‌ای تا سال ۸۵
۲۳۳	۱۲-۴ پاسخنامه تشریحی
۲۴۱	پیوست ۱: اندیکس لغات کلیدی
۲۴۵	پیوست ۲: نمادها
۲۴۶	پیوست ۳: واژه‌نامه
۲۴۸	فهرست مراجع
۲۴۹	اصلاحیه

مقدمه ناشر

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بیکران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگ این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی دانشگاهی، علوم پایه و به ویژه علوم کامپیوتر و انفورماتیک گام‌هایی هر چند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم، مؤثر واقع شویم. گستردگی علوم و توسعه روزافزون آن، شرایطی را به وجود آورده که هر روز شاهد تحولات اساسی چشمگیری در سطح جهان هستیم. این گسترش و توسعه نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب را به عنوان قدیمی‌ترین و راحت‌ترین راه دستیابی به اطلاعات و اطلاع‌رسانی، بیش از پیش روشن می‌نماید. در این راستا، واحد انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران با همکاری جمعی از اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران، محققان و نیز پرسنل ورزیده و ماهر در زمینه امور نشر درصدد هستند تا با تلاش‌های مستمر خود برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پربار، معتبر و با کیفیت مناسب در اختیار علاقه‌مندان قرار دهند.

کتابی که در دست دارید با همت "مهندس پیام اشتری و مهندس مجتبی اصفهانی" و نظارت دکتر حسن مقدم و تلاش جمعی از همکاران انتشارات میسر گشته که شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

ویرایش و صفحه‌آرایی کامپیوتری: لیلا ترابی و ته‌مین کاشانیان

امور چاپ و نشر: حیدر شفیعی

ناظر چاپ: کریم براغ

در خاتمه از خوانندگان عزیز و دانش‌پژوهان گرامی خواهشمندیم ما را با ارایه پیشنهادهای و انتقادهای خود در بهبود کمی و کیفی کارهای انجام شده راهنمایی کنند تا بتوانیم در آینده کتاب‌هایی با کیفیت بهتر تقدیم حضورشان کنیم.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

publishing@mftmail.com

مقدمه مؤلفان

طرح سازه‌های فولادی یکی از شاخه‌های مهم دانش مهندسی سازه را تشکیل می‌دهد. بر این اساس درس‌های مربوط به طرح سازه‌های فولادی یکی از دروس اصلی مهندسی عمران است و در آزمون کارشناسی ارشد این رشته نیز جایگاه خاصی دارد.

تاکنون کتب متعددی در زمینه طرح سازه‌های فولادی به زبان فارسی ترجمه یا تألیف شده است. این متون اکثراً مباحث کاربردی را با تفصیل زیاد در کنار مباحث پایه طراحی مطرح می‌کنند و از این رو غالب دانشجویان فرصت مطالعه کامل مباحث آن را نمی‌یابند. به علاوه فرصت محدودی که معمولاً برای آمادگی به منظور شرکت در آزمون کارشناسی ارشد وجود دارد ضرورت وجود یک متن خلاصه و نسبتاً کامل را محسوس‌تر می‌کند.

در این کتاب مؤلفین کوشیده‌اند تا با استفاده از منابع موجود در این زمینه و نیز دانسته‌های خود، به چنین نیازی پاسخ دهند. علاوه بر مباحث کلی در مورد طرح سازه‌های فولادی در هر فصل پرسش‌های چهارگزینه‌ای به علاوه تست‌های آزمون‌های سال‌های مختلف به تفکیک موضوع آمده است تا خواننده بیشتر با موضوع آشنا شود.

مؤلفین وظیفه خود می‌دانند که از استاد ارجمند آقای دکتر حسن مقدم که از مطالب ارزنده و مفاهیم عمیق جلسات درس فولاد ایشان استفاده شده است و نیز استاد گرامی آقای دکتر شروین ملکی که مؤلفین افتخار شاگردی ایشان را نیز داشته‌اند، کمال تشکر را به عمل آورند. در پایان بار دیگر از تلاش‌های بی‌دریغ و راهنمایی‌های نویسنده و محقق گرانقدر آقای دکتر حسن مقدم صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

پیام اشتری

مجتبی اصفهانی

مقدمه استاد

کتابی که تحت عنوان طراحی سازه‌های فولادی در اختیار دانش‌دوستان و علاقه‌مندان این رشته قرار گرفته است منتخبی است از اصلی‌ترین مباحث درس طراحی سازه‌های فولادی که در سطح کارشناسی در دانشگاه‌های کشور تدریس می‌شود. در هر بخش از این مجموعه ابتدا چکیده‌ای از مطالب جهت آشنایی و یادآوری خواننده ارائه شده و سپس به طرح سؤالاتی پرداخته‌اند که نوعاً در کنکور از آن استفاده می‌شود و برای جواب به آن، ضمن آنکه باید با محورهای اصلی مباحث درس فولاد آشنا بود، توجه به بعضی نکات و ریزه‌کاریها نیز ضروری و سودمند است. از این رو، مطالعه این مجموعه ضمن آنکه به تقویت مباحث و آرایش مجدد آنها در ذهن کمک می‌کند موجب ترغیب خواننده به مطالعه مجدد و عمیق‌تر این موضوعات در مراجع اصلی می‌شود. جا دارد، این کوشش ارزنده را به آقایان استری و اصفهانی تبریک بگویم.

دکتر حسن مقدم
دانشیار دانشگاه صنعتی شریف

پیشگفتار

به نام ایزد یکتا

شکر خدا را که هر چه طلب کردم از خدا
بر منتهای مطلب خود کامران شدم

«حافظ»

از ابتدا این گونه نبود؛ یک ایده خام، یک جرقه. شاید دنبال بهانه‌ای بودا شاید منتظر گوشه چشمی و شاید زمینه‌ای مساعد و هزاران شاید دیگر، اما سرانجام در زمستان اول شکوفا شد و در زمستان دیگر به بار نشست! بهانه‌اش دوستی و صمیمیت، ادعایش خدمت، گوشه چشمش حرکت و ابزارش اراده. آنچه گذشت شرح حال تحفه‌ای است که پیش روی شماست.

متأسفانه نظام آموزش جاری در دانشگاه‌ها با التفات به مشکلات و عدم کارایی مطلوب، نه تنها پاسخگوی نیاز واقعی دانشجوی نیست، بلکه امکان رقابت و گزینش صحیح را به دلیل فقدان توزیع عادلانه امکانات تحصیلی در سراسر کشور از نسل جوان سلب کرده است.

جای بسی تعجب است که فرهنگها و نظامهای جوانتر از ما، اهمیت مغزهای انسانی را در پیشرفت جامعه خویش، مدتهاست که درک کرده‌اند، تا آنجا که امپراطوریهایی آینده را از آن مغزهای انسانی می‌دانند؛ اما در کشور ما از حرف تا عمل، در این زمینه، فاصله زیادی وجود دارد.

از شاخصهای توسعه و پیشرفت در هر کشوری میزان توجه عمومی به کتاب و کتابخوانی و میزان چاپ و نشر آن است، از این رو هر قلمی که به منظور مکتوب کردن مطالبی بر سطور کاغذ حرکت می‌کند ارزشمند بوده و چه بهتر که قشر تحصیلکرده و بخصوص دانشجویان، خود برای رفع کمبودها و نواقص علمی گام بردارند. کتاب حاضر که جزیی از یک مجموعه هفت جلدی است با همین نیت تهیه شده است.

- قدردانی

ارج گذاشتن به افراد و شخصیتها و نهادهایی که در شکل‌گیری شخصیت یا حداقل تأثیرگذاری در فرد، مؤثر بوده است، متاعی است بس ارزشمند، اگر به صورت یک ارزش در جامعه جاری شود. مجله عمران شریف به عنوان یک نهاد نسبتاً موفق و کوشا در عرصه فعالیتهای علمی و دانشجویی، حرکتهای ارزنده‌ای را در طول هشت سال سابقه کاری خود بر جای گذاشته است که دست‌اندرکاران این مجموعه به عنوان افرادی که از این نهاد تأثیر گرفته و بر آن تأثیر گذارده‌اند بر خود فرض می‌دانند، شمه‌ای از این حرکتها را به عنوان الگوهای (نه چندان کامل) کار دانشجویی و مشارکتی بیان دارند.

برگزاری اولین کنفرانس دانشجویی سراسری عمران، انتشار بیش از بیست‌وسه شماره مجله تخصصی عمران در تیراژ بالا، انتشار کتاب آزمایشگاه مکانیک خاک، خبرنامه، بولتن تخصصی، برگزاری دهها سمینار و کارگاه علمی و مشارکت در شکل‌گیری دبیرخانه دائمی کنفرانسهای دانشجویی عمران

و ایجاد بستری مناسب و مساعد برای حضور دانشجویان با هر تفکر و سلیقه‌ای در این نهاد از جمله دستاوردهای این نهاد دانشجویی است.

جمع حاضر گرد هم آمدن خود را به طور تشکیلاتی و هدفمند، مرهون عزیزانی است که با تلاش بی‌ادعای خود این نهاد را ایجاد کرده‌اند و تردیدی نیست که جسارت در انجام کار حاضر جز با تجربه‌اندوژی در فعالیتهای مختلف مجله عمران شریف میسر نبوده است.

- معرفی اساتید همکار

تهیه این مجموعه بدون مساعدت، راهنمایی و آرایه نظرات اساتید گرامی میسر نبود. لذا جا دارد صمیمانه از زحمات ایشان سپاسگزاری شود:

جناب آقای دکتر همایون استکانچی در کتاب مقاومت مصالح

جناب آقای دکتر فیاض رحیمزاده در کتاب تحلیل سازه‌ها

جناب آقای دکتر فردین جعفرزاده در کتاب مکانیک خاک و پی

جناب آقای دکتر مسعود تجریشی در کتاب سیالات و هیدرولیک کانالهای باز

جناب آقای دکتر حسن مقدم در کتاب طراحی سازه‌های فولادی

- معرفی افراد گروه علمی

کتاب مقاومت مصالح: آقایان شهاب الدین اسماعیلی، علی اکبر احمدی، نادر فنایی و مهدی ذوالفقاریان، دانشجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شریف.

کتاب تحلیل سازه‌ها: سرکار خانم بهناز خاکباز و آقای علی شیرازی، کارشناسان ارشد دانشگاه صنعتی شریف.

کتاب خاک و پی: آقایان علی بهرنگی، علی نقی‌بی و مهدی نواری، کارشناسان ارشد دانشگاه صنعتی شریف.

کتاب سیالات و هیدرولیک: آقایان امیر حسین جواهری و امین سارنگ، کارشناسان ارشد دانشگاه تهران و صنعتی شریف.

کتاب طراحی سازه‌های بتنی: آقای صمد دهقانی اسکویی، کارشناس ارشد دانشگاه صنعتی شریف.

کتاب راه‌سازی و حمل‌ونقل: آقایان جواد اقبالیان، حامد خانی، امیر جعفرپور و علی ادریسی کارشناسان ارشد دانشگاه صنعتی شریف و علم و صنعت.

کتاب طراحی سازه‌های فولادی: آقایان مجتبی اصفهانی و پیام اشتری کارشناسان ارشد دانشگاه صنعتی شریف.

در ادامه معرفی افراد گروه علمی قابل ذکر است که آقای صمد دهقانی اسکویی در کنکور کارشناسی ارشد سال ۷۷-۷۶ و آقای نادر فنایی در کنکور کارشناسی ارشد ۷۸-۷۹ به عنوان نفرات ممتاز در مرحله اول المپiad دانشجویی و کنکور کارشناسی ارشد شناخته شده‌اند. همچنین آقای علی

نقیسی دانشجوی رتبه اول در ورودی‌های ۷۲ دانشکده عمران دانشگاه صنعتی شریف و آقایان علی شیرازی و مجتبی اصفهانی و پیام اشتری به ترتیب دارای رتبه‌های اول، دوم و چهارم ورودی‌های ۷۳ در دانشکده عمران بوده‌اند.

معرفی گروه اجرایی

تهیه این مجموعه در تمام مراحل از یافتن ناشر تا پیگیری امور حروفچینی و نشر مرهون مشارکت و زحمات آقایان شهاب‌الدین اسماعیلی، ایمان زاهدی، امین سارنگ، مهدی ذوالفقاریان، سید کاظم فرهنگ، پدram صادقیان، مهدی نواری بوده است. در این بین زحمات آقای مسائلی و آقای مهندس تی‌تی‌دژ نیز قابل تقدیر است.

سخن آخر

بی‌تردید آنچه در این مجموعه گرد آمده است، به دلیل فقدان تجربه علمی و نگارشی عاری از اشتباه نیست، کمبود مطالب و کوتاهی در بسط برخی از موضوعات، اشکالات انتشاراتی و علمی و غیره مسلماً از اشکالات این مجموعه است. لذا با توجه به اینکه بر جامعه علمی کشور و بخصوص قشر دانشجوی فرض است که در جهت نقد سازنده هر موضوع و مطلبی که در حوزه تخصصی‌شان وارد می‌شود، برای باروری و پویایی جامعه تلاش کنند، نظرات، پیشنهادات و انتقادات شما خوانندگان عزیز را مشتاقانه پذیرا هستیم.

در پایان، سخن گوهریار استاد گرامی، دکتر علی شریعتی را به یاد می‌آوریم که همواره تأکید داشته‌اند «زندگی چیست؟ نان، آزادی، فرهنگ، ایمان و دوست داشتن ایمان و دوست داشتن این دو بس است. نان؟ من هیچگاه گرسنه نبوده‌ام. آزادی؟ همین است، آنچه ندارم. فرهنگ؟ خدا را سپاس که غنی‌ام. ایمان؟ زندگی‌م جز در آن نگذشته. دوست داشتن؟ وای که چقدر دل من می‌تواند دوست بدارد.»^۱

باشد که با بالهای ایمان و آزادی پروازی عاشقانه را به امید دیدار معبودمان بر قله رفیع انسانیت و خدمت تجربه کنیم.

هر گنج سعادت که خدا داد به حافظ

از یمن دعای شب و درس سحری بود

گروه مؤلفان