



راهنمای جامع

## اجرای سازه‌های فولادی (۳)

ساخت و نصب، اجرای کامپوزیتها  
بهسازی، مدارک عین ساخت



مؤلف:

دکتر حسین خمسه پور



سرشناسه:  
عنوان و نام پدیدآور:  
مشخصات نشر:  
مشخصات ظاهری:  
شابک:  
وضعیت فهرست نویسی:  
یادداشت:  
یادداشت:  
مندرجات:  
موضوع:  
موضوع:  
موضوع:  
موضوع:  
رده بندی کنگره:  
رده بندی دیویی:  
شماره کتابشناسی ملی:  
اطلاعات رکورد کتابشناسی:

خمسه پور، حسین، ۱۳۴۴-  
راهنمای جامع اجرای سازه های فولادی / مولف حسین خمسه پور.  
تهران: نوآور، ۱۴۰۱  
۵۲۰ص.

دوره ۹-۱۵۰-۱۶۸-۶۰۰-۹۷۸: ج ۳-۷-۶۲۰-۱۶۸-۶۰۰-۹۷۸  
فیفا  
ج ۳ ( چاپ اول: ۱۴۰۱ ) ( فیفا ).  
کتابنامه.

ج ۳. ساخت و نصب، اجرای کامپوزیتها بهسازی، مدارک عین ساخت  
سازه های فولادی -- طراحی و ساخت -- راهنمای آموزشی (عالی)  
Steel structures -- Design and construction -- Study and teaching (Higher)\*  
کارگاه های ساختمانی -- وسایل و تجهیزات -- راهنمای آموزشی (عالی)  
Building sites -- Equipment and supplies -- Study and teaching (Higher)  
۶۸۴۳۸  
۱۸۲۱۰۷۶/۶۲۴  
۸۸۷۹۴۵  
فیفا

## راهنمای جامع اجرای سازه های فولادی (۳)



نشر نوآور

مؤلف: دکتر حسین خمسه پور

ناشر: نوآور

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

شابک دوره: ۹-۱۵۰-۱۶۸-۶۰۰-۹۷۸

شابک: ۷-۶۲۰-۱۶۸-۶۰۰-۹۷۸

مرکز پخش:

نوآور، تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان شهدای  
ژاندارمری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸  
طبقه اول، واحد ۳ تلفن: ۹۲-۶۶۴۸۴۱۹۱، www.noavarpub.com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و  
مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر  
نوآور می باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل  
هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع  
انتشار به صورت اینترنتی، سی دی، دی وی دی، فیلم فایل صوتی یا  
تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً حرام  
است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

لطفاً جهت دریافت الحاقات و اصلاحات احتمالی این کتاب به سایت انتشارات نوآور مراجعه فرمایید.

www.noavarpub.com @ Eitaa.ir/noavarpub Splus.ir/noavarpub https://telegram.me/noavarpub

# فهرست مطالب

۲-۳- فرآیند نصب سازه‌های فولادی صنعتی ..... ۱۷۰

۳-۳- فرآیند نصب سازه‌های فولادی بلند مرتبه ..... ۱۹۴

۴-۳- فرآیند نصب سازه‌های فولادی ساختمان‌های معمولی ..... ۱۹۷

۵-۳- فرآیند نصب سوله‌های فولادی ..... ۱۹۹

۶-۳- فرآیند نصب سازه‌های فولادی سبک (LSF) .. ۲۱۰

۷-۳- فرآیند نصب سازه‌های فضایی ..... ۲۱۹

۸-۳- فرآیند نصب پل‌های فولادی ..... ۲۲۲

۹-۳- فرآیند اجرای پل‌های کامپوزیت ..... ۲۳۲

۱۰-۳- سازه‌های کابلی ..... ۲۳۲

۱-۱-۳- پل‌های کابلی ..... ۲۳۳

۱-۱-۱-۳- فرآیند اجرای پل‌های کابلی ترکه‌ای (پل‌های متکی بر کابل) ..... ۲۳۳

۱-۱-۱-۳- فرآیند اجرای پل‌های کابلی معلق ..... ۲۴۷

۲-۱-۳- سقف‌های کابلی ..... ۲۵۹

۱-۲-۱-۳- سقف‌های کابلی تک انحنایی ..... ۲۵۹

۲-۲-۱-۳- سقف‌های کابلی دو انحنایی ..... ۲۶۰

۳-۱-۳- پوشش‌های تزئینی کابلی ..... ۲۶۱

۱۱-۳- پل‌های تزئینی و پل‌های با جاذبه گردشگری ..... ۲۶۲

## فصل چهارم / اجرای کامپوزیت‌ها ..... ۲۶۴

۱-۴- مقدمه ..... ۲۶۴

۲-۴- مقاطع کامپوزیت ..... ۲۶۴

۱-۲-۴- مقاطع کامپوزیت با جداره فولادی پُر شده از بتن (CFST) ..... ۲۶۴

۱-۱-۲-۴- ستون‌های کامپوزیت CFST ..... ۲۶۴

۲-۱-۲-۴- تیرهای کامپوزیت CFST ..... ۲۷۰

۲-۲-۴- مقاطع کامپوزیت با پروفیل فولادی مدفون در بتن (SRC) ..... ۲۷۱

۱-۲-۲-۴- شمع‌های کامپوزیت SRC ..... ۲۷۱

۲-۲-۲-۴- ستون‌های کامپوزیت SRC ..... ۲۷۱

۳-۲-۲-۴- دیوارهای برشی کامپوزیت با ورق فولادی مدفون در بتن (SRC) ..... ۲۷۳

۴-۲-۲-۴- تیرهای کامپوزیت SRC ..... ۲۷۴

۳-۲-۴- مقاطع کامپوزیت جزئی محصور شده ..... ۲۷۴

۱-۳-۲-۴- ستون‌های کامپوزیت جزئی محصور شده ..... ۲۷۴

۲-۳-۲-۴- دیوارهای کامپوزیت جزئی محصور شده ..... ۲۷۵

۳-۳-۲-۴- تیرهای کامپوزیت جزئی محصور شده ..... ۲۷۵

پیشگفتار ..... ۸

مقدمه ..... ۹

## فصل اول / پی و شمع فولادی ..... ۱۱

۱-۱- مقدمه ..... ۱۱

۲-۱- انواع پی‌ها براساس مصالح مورد استفاده ..... ۱۱

۱-۲-۱- پی فولادی و نحوه اجرای آن ..... ۱۱

۳-۱- انواع پی‌ها به لحاظ طراحی ..... ۱۳

۱-۳-۱- پی‌های سطحی ..... ۱۳

۲-۳-۱- پی‌های عمیق (پی‌های همراه با شمع یا پی‌های شمع‌دار) ..... ۱۳

۱-۲-۳-۱- انواع شمع‌ها ..... ۱۴

۱-۱-۲-۳-۱- انواع شمع‌ها به لحاظ باربری ..... ۱۴

۲-۱-۲-۳-۱- انواع شمع‌ها به لحاظ تعداد در سازه (شمع منفرد و شمع‌های گروهی) ..... ۱۷

۳-۱-۲-۳-۱- انواع شمع‌ها به لحاظ زاویه اجرای شمع (شمع‌های قائم و مایل) ..... ۱۹

۴-۱-۲-۳-۱- انواع شمع‌ها به لحاظ جنس و مقطع طراحی شده ..... ۲۲

۲-۲-۳-۱- ظرفیت باربری شمع‌ها ..... ۲۳

۱-۲-۲-۳-۱- ظرفیت باربری شمع‌ها براساس رویکرد تئوریک ..... ۲۳

۲-۲-۲-۳-۱- ظرفیت باربری شمع‌ها براساس رویکرد ساختگاه ..... ۲۳

## فصل دوم / ساخت سازه‌های فولادی ..... ۸۲

۱-۲- مقدمه ..... ۸۲

۲-۲- نقشه کارگاهی (شاپ درایینگ) ..... ۸۲

۳-۲- مقاطع مورد استفاده در ساخت اعضای سازه‌های فولادی ..... ۹۲

۴-۲- پیش ساخت اعضای سازه‌های فولادی ..... ۱۰۸

۱-۴-۲- ساخت مقاطع تکی، دابل و یا سه تایی ..... ۱۰۸

۲-۴-۲- ساخت تیر لانه زنبوری ..... ۱۵۵

۳-۴-۲- ساخت تیرورق ..... ۱۵۷

۵-۲- نکات مهم در انتخاب بهترین کارخانه ساخت (پیمانکار ساخت) سازه فولادی ..... ۱۶۹

## فصل سوم / نصب سازه‌های فولادی ..... ۱۷۰

۱-۳- مقدمه ..... ۱۷۰

۳۹۸.....	۳-۷- تعمیر در سازه‌های فولادی	۳-۳-۲-۴- سقف‌های کامپوزیت جزئی محصور شده
۳۹۸.....	۴-۷- بازسازی در سازه‌های فولادی	..... (سقف‌های کامپوزیت) ۲۷۶
۳۹۸.....	۵-۷- جایگزینی در سازه‌های فولادی	۳-۲-۴- ۱-۴-۳-۲-۴- سقف‌های تام ۲۷۹
۳۹۹.....	۶-۷- تقویت اتصالات فولادی	۳-۲-۴- ۲-۴-۳-۲-۴- سقف‌های کامپوزیت معمولی ۲۸۱
.....	۷-۱- تقویت اتصالات صلب با استفاده از ورق روسری	۳-۲-۴- ۳-۴-۳-۲-۴- سقف‌های کامپوزیت کرومیت ۲۸۶
.....	و زیرسری مضاعف در بال فوقانی و تحتانی تیر	۳-۲-۴- ۴-۴-۳-۲-۴- سقف‌های کامپوزیت عرشه فولادی ۲۹۷
.....	۷-۲- تقویت اتصالات صلب با استفاده از ماهیچه در	۳-۲-۴- ۵-۴-۳-۲-۴- سقف‌های کامپوزیت روفیکس ۳۰۵
.....	بال فوقانی و تحتانی تیر	۳-۲-۴- ۶-۴-۳-۲-۴- سقف‌های نیازیت ۳۱۲
.....	۷-۳- تقویت اتصالات صلب با استفاده از لچکی‌های	۳-۲-۴- ۷-۴-۳-۲-۴- سقف‌های کامپوزیت معمولی با تیرچه
.....	قائم در بال فوقانی و تحتانی تیر	..... نیازیت ۳۱۵
.....	۷-۴- تقویت اتصالات با استفاده از ورق کناری (ورق	۳-۲-۴- ۸-۴-۳-۲-۴- سقف‌های عرشه فولادی با تیرچه نیازیت
.....	گونه) در بال فوقانی و تحتانی تیر	..... ۳۱۶
.....	۷-۵- تقویت اتصالات فولادی با استفاده از مقاطع T	۳-۲-۴- ۵-۳-۲-۴- عرشه پل‌های کامپوزیت ۳۱۶
.....	شکل در بال تحتانی تیر	
.....	۷-۶- تقویت اتصالات پیچی با گیرداری کامل به کمک	
.....	ورق انتهایی سخت شده	
.....	۷-۶- افزایش طول ورق انتهایی و استفاده از	
.....	سخت‌کننده در اتصال آرماتوری با ورق انتهایی	
.....	۷-۸- تقویت اتصالات فولادی با پیش‌تیندگی خارجی	
.....	به‌وسیله کابل کششی	
.....	۷-۷- تعمیر و جایگزینی نعل‌درگاه فولادی	
.....	۷-۸- تقویت سازه‌های فولادی	
.....	۷-۱- تقویت سازه فولادی با مهاربندهای معمولی	
.....	۷-۲- تقویت سازه فولادی با مهاربندهای کمانش‌تاب	
.....	(کمانش‌ناپذیر)	
.....	۷-۳- تقویت سازه فولادی با مهاربندهای میراگر	
.....	ویسکوز مایع (دمپر ویسکوز)	
.....	۷-۴- تقویت سازه‌های فولادی با اضافه نمودن دمپر	
.....	خاص	
.....	۷-۵- تقویت سازه فولادی با اضافه نمودن دیوار برشی	
.....	فولادی	
.....	۷-۶- تقویت سازه فولادی با اضافه نمودن دیوار برشی	
.....	کامپوزیت	
.....	۷-۷- تقویت سازه‌های فولادی با استفاده از نوارهای	
.....	FRP	
.....	۷-۹- تقویت سازه‌های بتنی با قطعات فولادی	
.....	۷-۱- تقویت اعضای بتنی با استفاده از ژاکت فولادی	
.....		
.....	۷-۲- تقویت ستون یا تیر بتنی با پوششی از نشی و	
.....	تسمه فولادی	
.....	۷-۳- تقویت سازه بتنی با اضافه نمودن مهاربندهای	

<b>فصل پنجم / کارهای فولادی در دیوارهای باربر با مصالح بنایی و اجزای غیرسازه‌ای ساختمان‌ها .. ۳۱۷</b>	
.....	۱-۵- مقدمه ۳۱۷
.....	۲-۵- نعل‌درگاه ۳۱۸
.....	۳-۵- ضوابط اجرایی و نحوه اجرای دیوارهای باربر با مصالح بنایی غیرمسلح ۳۲۴
.....	۴-۵- ضوابط اجرایی و نحوه اجرای دیوارهای غیرباربر با مصالح بنایی ۳۳۲
.....	۵-۱-۴- دیوار خارجی و دیوار داخلی (تیغه) ۳۳۳
.....	۵-۲-۴- جان‌پناه ۳۵۷
.....	۵-۳-۴- راه‌پله ۳۶۲
.....	۵-۴-۴- نمای داخلی و خارجی ۳۶۶
.....	۵-۴-۵- سقف کاذب ۳۷۴
<b>فصل ششم / کاربرد فولاد در روش‌های اجرایی در زیر آب و بهسازی خاک ..... ۳۷۹</b>	
.....	۱-۶- مقدمه ۳۷۹
.....	۲-۶- کیسون ۳۸۰
.....	۳-۶- شمع ورقی یا شیت پایل (سپر فلزی) ۳۸۲
.....	۴-۶- شمع‌های نگهبان فلزی ۳۸۶
.....	۵-۶- خرپاهای حائل (سازه نگهبان خرابایی) ۳۸۷
.....	۶-۶- مهارگذاری فشاری خاک (استرات) ۳۸۸
.....	۷-۶- دیوار برلنی ۳۹۰
<b>فصل هفتم / بهسازی سازه‌های فولادی ..... ۳۹۶</b>	
.....	۱-۷- مقدمه ۳۹۶
.....	۲-۷- ترمیم قطعات فولادی ۳۹۸

۴-۸- دستورالعمل تهیه مدارک Mark Up As-Built  
۴۲۵.....

**پیوست ۱ / نقشه‌ها و مدارک شاپ دراینگ یک  
سازه فولادی (تهیه شده با نرم‌افزار تکلا استراکچر)**  
۴۳۱.....

نقشه‌های مهندسی ..... ۴۳۲.....

مدل ..... ۴۴۲.....

نقشه‌های نصب (Erection Drawing) ..... ۴۴۳.....

نقشه‌های مونتاژ (Assembly Drawing) (۱۰ برگ نقشه  
از ۴۰۱ برگ نقشه کل) ..... ۴۵۷.....

Part List ..... ۴۶۷.....

Bolt List ..... ۴۸۳.....

Assembly List ..... ۴۸۴.....

**پیوست ۲ / نمونه فرم‌های کنترل کیفیت (QC) ۴۹۳..**

**پیوست ۳ / دتایل‌های پیشنهادی جهت مهار دیوارهای**

**بلوکی غیرباربر با ارتفاع بیش از ۳/۵ متر (براساس**

**تجربیات مولف) ۵۰۸.....**

نمونه اول / برای دیوار بلوکی با ارتفاع ۶ متر ..... ۵۰۹.....

نمونه دوم / برای دیوار بلوکی با ارتفاع زیر ۶ متر ..... ۵۱۲.....

**منابع و مأخذ ۵۱۹.....**

معمولی فولادی ..... ۴۱۰.....

۴-۹-۷- تقویت سازه‌های بتنی با اضافه نمودن مهاربند

کمانش تاب (کمانش‌ناپذیر) ..... ۴۱۰.....

۵-۹-۷- تقویت سازه‌های بتنی با اضافه نمودن

مهاربندهای میراگر ویسکوز مایع (دمپر ویسکوز) ..... ۴۱۱.....

۶-۹-۷- تقویت سازه بتنی با اضافه نمودن دیوار برشی

فولادی ..... ۴۱۲.....

۷-۹-۷- تقویت سازه بتنی با اضافه نمودن دیوار برشی

کامپوزیت ..... ۴۱۳.....

۸-۹-۷- تقویت سازه بتنی با افزودن قاب خمشی فولادی

..... ۴۱۳.....

۹-۹-۷- تقویت سازه‌های بتنی با استفاده از نوارهای

FRP و ورق فولادی ..... ۴۱۴.....

۱۰-۹-۷- تقویت برشی ستون با استفاده از دستک برشی

..... ۴۱۷.....

۱۱-۹-۷- مقاوم‌سازی و تقویت سقف بتنی با تیر فولادی

..... ۴۱۸.....

۱۲-۹-۷- مقاوم‌سازی سقف بتنی با استفاده از ورقه‌های

فولادی ..... ۴۱۸.....

۱۰-۷- مقاوم‌سازی و تقویت سازه‌ها با استفاده از جرم

متمرکز پاندولی ..... ۴۱۹.....

۱۱-۷- مقاوم‌سازی سازه‌ها با استفاده از جداگرهای لرزه‌ای

..... ۴۱۹.....

**فصل هشتم / مدارک عین ساخت (AS-Built)**

**۴۲۲.....**

۱-۸- مقدمه ..... ۴۲۲.....

۲-۸- آشنایی با مدارک فرآیند تهیه As-Built ..... ۴۲۲.....

۳-۸- فرآیند تهیه مدارک As-Built ..... ۴۲۳.....

نشر نوآور ضمن ارج نهادن و قدردانی از اعتماد شما به کتاب‌های این انتشارات، به استحضارتان می‌رساند که همکاران این انتشارات، اعم از مؤلفان و مترجمان و کارگروه‌های مختلف آماده‌سازی و نشر کتاب، تمامی سعی و همت خود را برای ارائه کتابی درخور و شایسته شما فرهیخته گرامی به‌کار بسته‌اند و تلاش کرده‌اند که اثری را ارائه نمایند که از حداقل‌های استاندارد یک کتاب خوب، هم از نظر محتوایی و غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد.

با این وجود، علی‌رغم تمامی تلاش‌های این انتشارات برای ارائه اثری با کمترین اشکال، باز هم احتمال بروز ایراد و اشکال در کار وجود دارد و هیچ اثری را نمی‌توان الزاماً مبرماً از نقص و اشکال دانست. از سوی دیگر، این انتشارات بنابه تعهدات حرفه‌ای و اخلاقی خود و نیز بنابه اعتقاد راسخ به حقوق مسلم خوانندگان گرامی، سعی دارد از هر طریق ممکن، به‌ویژه از طریق فراخوان به خوانندگان گرامی، از هرگونه اشکال احتمالی کتاب‌های منتشره خود آگاه شده و آن‌ها را در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی رفع نماید.

لذا در این راستا، از شما فرهیخته گرامی تقاضا داریم در صورتی که حین مطالعه کتاب با اشکالات، نواقص و یا ایرادهای شکلی یا محتوایی در آن برخورد نمودید، اگر اصلاحات را بر روی خود کتاب انجام داده‌اید پس از اتمام مطالعه، کتاب ویرایش شده خود را با هزینه انتشارات نوآور، پس از هماهنگی با انتشارات، ارسال نمایید، و نیز چنانچه اصلاحات خود را بر روی برگه جداگانه‌ای یادداشت نموده‌اید، لطف کرده عکس یا اسکن برگه مزبور را با ذکر نام و شماره تلفن تماس خود به ایمیل انتشارات نوآور ارسال نمایید، تا این موارد بررسی شده و در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی کتاب اعمال و اصلاح گردد و باعث هرچه پربارتر شدن محتوای کتاب و ارتقاء سطح کیفی، شکلی و ساختاری آن گردد.

نشر نوآور، ضمن ابراز امتنان از این عمل متعهدانه و مسئولانه شما خواننده فرهیخته و گرانقدر، به‌منظور تقدیر و تشکر از این همدلی و همکاری علمی و فرهنگی، در صورتی که اصلاحات درست و بجا باشند، متناسب با میزان اصلاحات، به رسم ادب و قدرشناسی، نسخه دیگری از همان کتاب و یا چاپ اصلاح شده آن و نیز از سایر کتب منتشره خود را به‌عنوان هدیه، به انتخاب خودتان، برایتان ارسال می‌نماید، و در صورتی که اصلاحات تأثیرگذار باشند در مقدمه چاپ بعدی کتاب نیز از زحمات شما تقدیر می‌شود.

همچنین نشر نوآور و پدیدآورنده کتاب، از هرگونه پیشنهادات، نظرات، انتقادات و راه‌کارهای شما عزیزان در راستای بهبود کتاب، و هرچه بهتر شدن سطح کیفی و علمی آن صمیمانه و مشتاقانه استقبال می‌نماید.



نشر نوآور

تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۸۴۱۹۱

[www.noavarpub.com](http://www.noavarpub.com)

[info@noavarpub.com](mailto:info@noavarpub.com)

## تقدیم‌نامه

کتاب حاضر را به همسر عزیزم سرکار خانم مهندس سیما موسوی نژاد که در تمامی لحظات رفیق راهم بوده، تقدیم می‌نمایم. اگر تشویق‌ها و حمایت‌های ایشان نبود، هیچ‌گاه این مجموعه تهیه نمی‌گردید.

## سپاسگزاری

از همسر عزیزم، سرکار خانم مهندس سیما موسوی نژاد که سپیدی را بر تخته سیاه زندگیم نگاشت، تشکر می‌کنم. ایشان مشوق اصلی در ثبت تجربیات اجرایی من می‌باشند، لذا لازم می‌دانم با تمام وجود از ایشان سپاس‌گزاری نمایم. همچنین می‌بایست از دانشجویان عزیزی که طی چندین سال تدریس درس اجرای سازه‌های فولادی، در جمع‌آوری برخی از عکس‌ها به من کمک نموده‌اند و از کلیه دوستان و همکاران گرامی در پروژه‌های مختلف صنایع نفت، گاز و پتروشیمی که تجربیات خود را به اینجانب منتقل کرده‌اند صمیمانه تشکر، قدردانی و سپاس‌گزاری می‌نمایم.

در عرش، قلم قامت خود تا که بیاراست

بر سجده سر آورد که دلدار کتاب است

هر نکته که بر چهره آثار نشسته

در سینه لوح، همدم و معیار کتاب است

اعجاز حقیقت به طریقت دو رقم زد

اول به قلم، بعد به رخسار کتاب است

(خیراندیش)

خوب به خاطر دارم به دلیل محدود بودن دروس اجرایی در رشته مهندسی عمران، اساتید و دانشجویان، بیشتر به بحث پیرامون تئوری اجرای اجزای فولادی سازه‌ها می‌پرداختند که گاهی باعث به وجود آمدن نقاط تاریک و مبهم در ذهن دانشجویان در خصوص نحوه ساخت و مونتاژ قطعات فولادی سازه‌ها می‌گردید. متأسفانه در دوران کارآموزی نیز به دلیل محدودیت زمانی این دوره، دانشجویان می‌توانستند فقط با بخشی از اجرای یک پروژه آشنا شوند و بعد از پایان این دوره نیز سئوالات متعددی در ذهن دانشجویان در خصوص روش‌های اجرای فعالیت‌های آتی پروژه، به وجود می‌آمد که گاهی نیز تا بعد از فراغت از تحصیل و شروع به کار، بدون پاسخ باقی می‌ماند.

مجموعه کتاب‌های راهنمای جامع اجرای سازه‌های فولادی مجموعه‌ای است که من هرگز نمی‌خواستم آن را بنویسم و همیشه آرزو داشتم آن را داشته باشم. ولی تقدیر چنان رقم زد که به جمع‌آوری این مجموعه پرداختم. شاکله اصلی این مجموعه در طی چندین سال تدریس درس اجرای سازه‌های فولادی به منظور آموزش دانشجویان عزیز شکل گرفت و تلاش گردید مطالب نگارش شده به روز بوده و روش‌های نوین اجرای سازه‌های فولادی در آن ارائه گردند. مجموعه حاضر علاوه بر جمع‌آوری مطالب فنی از کتب، آئین‌نامه‌ها و استانداردهای ذکر شده در فهرست منابع، شامل تجربیات اجرایی سی و دو ساله مولف در اجرای پروژه‌های صنایع نفت، گاز و پتروشیمی نیز می‌باشد.

مجموعه کتاب‌های راهنمای جامع اجرای سازه‌های فولادی تلاشی جهت بیان روش‌های اجرای سازه‌های فولادی به منظور آشنایی و استفاده دانشجویان و افرادی که در بخش اجرای سازه‌های فولادی فعالیت دارند، می‌باشد. لذا به خوبی می‌دانم که این مجموعه، خالی از اشتباه نمی‌باشد. به همین دلیل، از کلیه کسانی که در امر اجرا تبحری دارند، از اساتید ارجمند و از دانشجویان عزیز، تقاضا می‌شود، نقاط ضعف، لغزش‌های علمی و اشتباهات مولف را اعلام نموده تا به خواست یزدان، در چاپ‌های بعدی مجموعه لحاظ گردند.

با توجه به رویکرد مجموعه کتاب‌های راهنمای جامع اجرای سازه‌های فولادی که ارائه روش‌های اجرای سازه‌های فولادی می‌باشد، به شما خواننده محترم این مجموعه، توصیه می‌گردد، جهت کسب اطلاعات کامل‌تر و بیشتر در خصوص مباحث فنی، به کتب مرجع مراجعه فرمائید.

حسین خمسه‌پور



سازه فولادی مجموعه‌ای از اعضای باربر است که به کمک اتصالات به یکدیگر متصل می‌شوند. اعضای باربر عموماً از نیمرخ‌های فولادی و یا ورق ساخته می‌شوند. در سازه‌های فولادی جهت ساخت اعضا و اتصال آنها به یکدیگر از پرچ، پیچ، جوش و یا ترکیبی از پیچ و جوش استفاده می‌شود. امروزه در سازه‌های معمولی استفاده از جوش جهت ساخت اعضا و اتصال آنها به یکدیگر و در سازه‌های مرتفع و یا صنعتی استفاده از جوش جهت ساخت اعضا و استفاده از پیچ جهت اتصال آنها به یکدیگر (ترکیبی از پیچ و جوش) بسیار رایج می‌باشد. در گذشته نیز استفاده از پرچ جهت ساخت اعضا و اتصال آنها به یکدیگر بسیار رایج بود.

با گذر زمان، پیشرفت‌های قابل توجهی در شناخت جوش و توسعه فن‌آوری‌های مربوط به آن صورت گرفته است. اما هنوز هم نگرانی‌هایی در خصوص رفتار اتصالات جوشی در ذهن مهندسين وجود دارد. صدمات به‌وجود آمده در اتصالات جوشی ساختمان‌های بلندمرتبه تحت اثر زلزله، عاملی برای افزایش این نگرانی‌ها می‌باشد. با وجود این معضلات هنوز هم نمی‌توان جانشین مناسبی برای اتصالات جوشی متصور بود. کارشناسان معتقدند اگر استانداردهای طراحی و اتصالات جوشی به‌درستی در طراحی و اجرا رعایت گردند، با توجه به خواص متالورژیک و مکانیکی ناحیه جوش شده، نمی‌بایست اشکال خاصی در رفتار اتصال جوشی به‌وجود آید. گواه این ادعا استفاده موفق از جوش در صنایع کشتی‌سازی، اتومبیل‌سازی، ظروف تحت فشار، خطوط انتقال نفت و گاز، پالایشگاه‌های نفت و گاز، صنایع پتروشیمی و ... می‌باشد. در مجموعه کتاب‌های راهنمای جامع اجرای سازه‌های فولادی به بیان مطالب زیر پرداخته خواهد شد.

۱- در کتاب اول، کلیات تجهیز کارگاه پروژه‌های مربوط به اجرای سازه‌های فولادی، معرفی انواع فولادها، تشریح روش‌های نام‌گذاری فولادها و معرفی انواع سازه‌های فولادی مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۲- در کتاب دوم پس از معرفی انواع اتصالات در سازه‌های فولادی و آشنایی با ابزارهای اتصال (پرچ، پیچ و جوش)، به تشریح و بحث پیرامون موارد مرتبط با جوش شامل نمادهای (علامت، نشان و یا سمبل) جوش کاری در نقشه‌ها، دستورالعمل روش جوش کاری (WPS)، گزارش تایید دستورالعمل جوش کاری (PQR)، تایید صلاحیت جوش کار (WQR، WPQ) یا (WQT)، عیوب جوش، معیار پذیرش عیوب جوش، بازرسی جوش (روش‌های غیرمخرب و مخرب) و نحوه تشخیص عیوب در جوش پرداخته می‌شود.

۳- در کتاب سوم، اجرای پی و شمع فولادی، نحوه ساخت سازه‌های فولادی، بیان روش نصب انواع سازه‌های فولادی، معرفی و روش اجرای اعضای کامپوزیت سازه‌ها، آشنایی با کارهای فولادی در دیوارهای باربر با مصالح بنایی غیرمسلح و دیوارهای غیرباربر با مصالح بنایی، آشنایی با کاربرد سازه‌های فولادی در فعالیت‌های زیر آب و بهسازی خاک و معرفی روش‌های بهسازی سازه‌های فولادی مورد بررسی قرار خواهند گرفت. در خاتمه این کتاب نیز نحوه تهیه مدارک عین ساخت پروژه (As-Built) بیان خواهد گردید.

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب سال ۱۳۴۸ و آیین‌نامه اجرایی آن مصوب ۱۳۵۰، برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر نوآور است. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از مطالب، اشکال، نمودارها، جداول، تصاویر این کتاب در دیگر کتب، مجلات، نشریات، سایت‌ها و موارد دیگر، و نیز هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از کتاب به هر شکل از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، تایپ از کتاب، تهیه پی‌دی‌اف از کتاب، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم، فایل صوتی یا تصویری و غیره بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع و غیرقانونی بوده و شرعاً نیز حرام است، و متخلفین تحت پیگرد قانونی و قضایی قرار می‌گیرند.

با توجه به اینکه هیچ کتابی از کتب نشر نوآور به صورت فایل ورد یا پی‌دی‌اف و موارد این چنین، توسط این انتشارات در هیچ سایت اینترنتی ارائه نشده است، لذا در صورتی که هر سایتی اقدام به تایپ، اسکن و یا موارد مشابه نماید و کل یا قسمتی از متن کتب نشر نوآور را در سایت خود قرار داده و یا اقدام به فروش آن نماید، توسط کارشناسان امور اینترنتی این انتشارات، که مسئولیت اداره سایت را به عهده دارند و به طور روزانه به بررسی محتوای سایت‌ها می‌پردازند، بررسی و در صورت مشخص شدن هرگونه تخلف، ضمن اینکه این کار از نظر قانونی غیرمجاز و از نظر شرعی نیز حرام می‌باشد، وکیل قانونی انتشارات از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، پلیس فتا (پلیس رسیدگی به جرایم رایانه‌ای و اینترنتی) و نیز سایر مراجع قانونی، اقدام به مسدود نمودن سایت متخلف کرده و طی انجام مراحل قانونی و اقدامات قضایی، خاطیان را مورد پیگرد قانونی و قضایی قرار داده و کلیه خسارات وارده به این انتشارات از متخلف اخذ می‌گردد.

همچنین در صورتی که هر کتابفروشی، اقدام به تهیه کپی، جزوه، چاپ دیجیتال، چاپ ریسو، آفست از کتب انتشارات نوآور نموده و اقدام به فروش آن نماید، ضمن اطلاع‌رسانی تخلفات کتابفروشی مزبور به سایر همکاران و مؤذرعین محترم، از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، اتحادیه ناشران، و انجمن ناشران دانشگاهی و نیز مراجع قانونی و قضایی اقدام به استیفای حقوق خود از کتابفروشی متخلف می‌نماید.

**خرید، فروش، تهیه، استفاده و مطالعه از روی نسخه غیراصل کتاب،**

**از نظر قانونی غیرمجاز و شرعاً نیز حرام است.**

انتشارات نوآور از خوانندگان گرامی خود درخواست دارد که در صورت مشاهده هر گونه تخلف از قبیل موارد فوق، مراتب را یا از طریق تلفن‌های انتشارات نوآور به شماره‌های ۰۲-۶۶۴۸۴۱۹۱ و ۰۲۱-۰۸۹۹۱۰۲۹۹۱ (تلگرام انتشارات) و یا از طریق ایمیل انتشارات به آدرس [info@noavarpub.com](mailto:info@noavarpub.com) و یا از طریق منوی تماس با ما در سایت [www.noavarpub.com](http://www.noavarpub.com) به این انتشارات ابلاغ نمایند، تا از تزییع حقوق ناشر، پدیدآورنده و نیز خود خوانندگان محترم جلوگیری به عمل آید و نیز به‌عنوان تشکر و قدردانی، از کتب انتشارات نوآور نیز هدیه دریافت نمایند.

## فصل اول

### پی و شمع فولادی



#### ۱-۱- مقدمه

پی‌ها به روش‌های متعددی طبقه‌بندی می‌شوند. در این فصل به دو روش طبقه‌بندی پی‌ها که مرتبط با سازه‌های فولادی می‌باشند، پرداخته شده و انواع پی‌ها و شمع‌های فولادی مرتبط با موضوع کتاب معرفی و نحوه اجرای آنها شرح داده خواهد شد.

#### ۱-۲- انواع پی‌ها براساس مصالح مورد استفاده

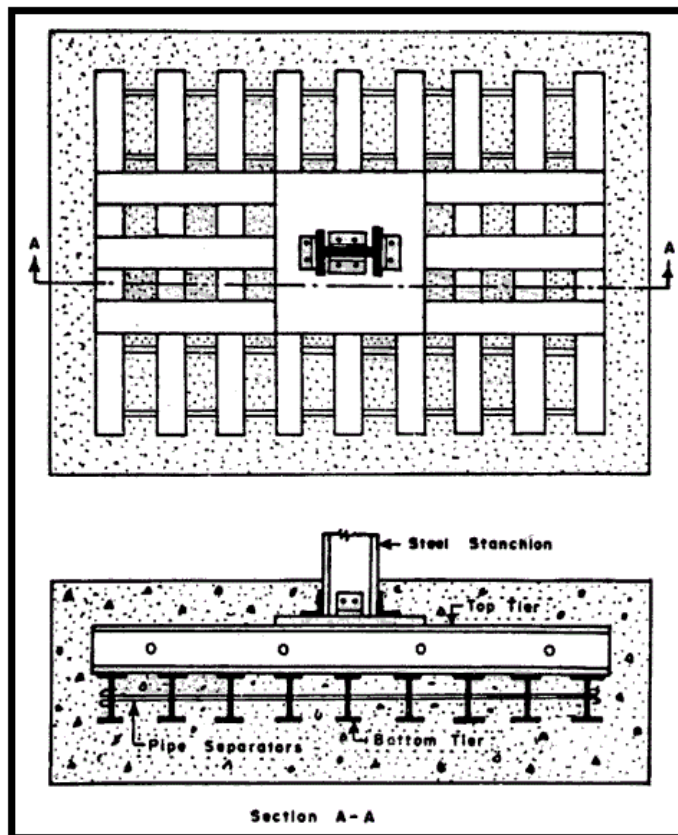
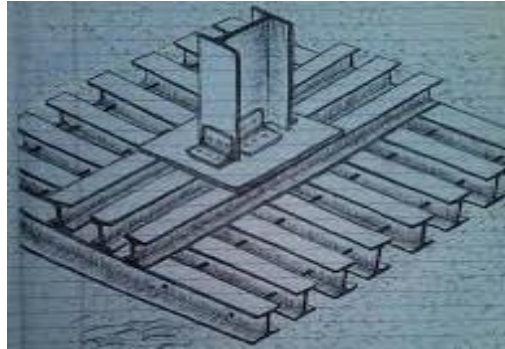
پی‌ها به لحاظ مصالح مصرفی به پی‌های سنگی، آجری، بلوک سیمانی، شفته آهکی، بتنی (مسلح یا غیرمسلح)، ابتکاری و فولادی تقسیم‌بندی می‌شوند.

#### ۱-۲-۱- پی فولادی و نحوه اجرای آن

پی فولادی (Grillage Foundation) زمانی استفاده می‌شود که مقاومت فشاری خاک کم و بارهای وارد شده به پی زیاد باشد. در برخی موارد برای ستون‌های فولادی از پی‌های فولادی استفاده می‌شود. استفاده از فولاد در ساخت پی از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست، لذا اجرای پی‌های بتن مسلح در مقایسه با پی‌های فولادی در صنعت ساختمان کاربرد بیشتری دارند.

برای اجرای پی فولادی، محل پی به طول و عرض مورد نظر و به عمق ۹۰ تا ۱۵۰ سانتیمتر گودبرداری شده و کف محل گودبرداری رگلاژ می‌شود. سپس Mass Concrete (در صورتی که ساختمان

کوچک و بارهای وارد شده به پی کم باشد از بتن غیرمسلح برای اجرای پی استفاده می‌شود. به این نوع بتن در اصطلاح Mass Concrete می‌گویند) با ضخامت ۳۰ سانتیمتر بر روی کف گودبرداری اجرا و متراکم می‌گردد. در مرحله بعد بر روی Mass Concrete، تیرهای فولادی را با فاصله‌های مشخص قرار داده و فاصله بین آنها را با بتن پُر می‌کنند. در صورت لزوم می‌توان بر روی تیرهای فولادی اجرا شده یک ردیف تیر دیگر نیز اجرا نمود و در نهایت تمام قسمت‌ها را با بتن پُر کرد. پس از گرفتن و سخت شدن بتن پُر کننده، سازه فلزی ساختمان را بر روی این پی اجرا می‌نمایند (شکل شماره ۱-۱).





شکل شماره ۱-۱- پی فولادی

### ۱-۳- انواع پی‌ها به لحاظ طراحی

پی‌ها را به لحاظ اصول طراحی به دو دسته پی‌های سطحی و پی‌های عمیق (پی‌های همراه با شمع) و به شرح زیر تقسیم‌بندی می‌نمایند.

#### ۱-۳-۱- پی‌های سطحی

این پی‌ها نزدیک سطح زمین ساخته می‌شوند. اگر عمق استقرار پی را در نظر گرفته و آن را به طول پی تقسیم کنیم، در این پی‌ها باید عدد حاصل مساوی سه و یا کمتر از آن باشد. به تعریفی دیگر اگر عمق مدفون پی (فاصله سطح زمین تا کف پی) کوچک‌تر و مساوی ۴ تا ۵ برابر عرض پی باشد پی را سطحی در نظر می‌گیرند. این پی‌ها به هفت گروه پی منفرد، پی و شناژ، پی کلاف‌دار (باسکولی)، پی مرکب، پی نواری (نواری یک‌طرفه)، پی شبکه‌ای (نواری دوطرفه) و پی گسترده تقسیم‌بندی می‌شوند.

#### ۱-۳-۲- پی‌های عمیق (پی‌های همراه با شمع یا پی‌های شمع‌دار)

شمع اساساً یک استوانه طولانی یا مقطعی با اشکال دیگر از مصالحی با مقاومت بالا می‌باشد که در خاک اجرا و یا در آن رانده می‌شود تا به‌عنوان تکیه‌گاهی محکم برای سازه ساخته شده روی آن عمل کند. توضیح این که پی‌های اجرا شده با شمع به‌عنوان پی برای ستون، دیوار و یا تجهیز روی آن ایفای نقش می‌کند، به‌طوری‌که تکیه آنها روی شمع‌های زیرین می‌باشد. نیاز به اجرای شمع در مرحله طراحی پی و براساس مطالعات ژئوتکنیک، مشخص می‌شود. این بررسی، نتایج زیر را در اختیار طراحان قرار می‌دهد.

۱- تعیین تکلیف استفاده و یا عدم استفاده از پی‌های شمع‌دار

۲- شرایط زیر سطحی و محیطی خاک

۳- ملاحظات اقتصادی

۴- انتخاب نوع پی عمیق (درجا یا کوبیدنی)

۵- جنس شمع (پیش‌تنیده، بتنی، فولادی و یا چوبی)

۶- تجهیزات و امکانات ساخت و اجرای شمع

## ۷- عمق شمع

پی‌های اجرا شده با شمع، توانایی تحمل بارهای بیشتری را نسبت به پی‌های سطحی دارند. این پی‌ها در مواقع زیر استفاده می‌شوند.

۱- زمانی که لایه رویی خاک، سست می‌باشد و توانایی تحمل وزن سازه را ندارد، بنابراین بارهای وارده از سازه می‌بایست از این لایه و از طریق شمع عبور کرده و به لایه مقاوم‌تری از خاک منتقل شود که زیر لایه سست قرار دارد و یا این‌که از طریق اصطکاک بدنه شمع با خاک، بارهای وارده را به خاک لایه سست منتقل نماید.

۲- زمانی که سازه بسیار سنگین می‌باشد، به‌عنوان مثال در ساختمان‌های بلند مرتبه، پل‌ها، مخازن آب و یا ...

۳- زمانی که تراز آب زیرزمینی در خاک زیرین افت و خیز زیادی داشته باشد.

۴- زمانی که سطح آب زیرزمینی بالا بوده و هزینه پمپاژ آب جهت خشک نمودن محل حفاری شده جهت اجرای پی، بسیار هزینه‌بر باشد.

۵- زمانی که اجرای پی گسترده بسیار هزینه‌بر و یا در عمل غیرممکن باشد.

۶- زمانی که سازه روی ساحل دریا و یا بستر رودخانه می‌بایست اجرا شود.

۷- زمانی که از شمع‌ها به‌عنوان مهار خاک استفاده شود.

۸- زمانی که از شمع‌ها برای تحمل نیروهای جانبی و یا فشارهای uplift استفاده می‌شود.

## ۱-۲-۳-۱- انواع شمع‌ها

## ۱-۲-۳-۱- انواع شمع‌ها به‌لحاظ باربری

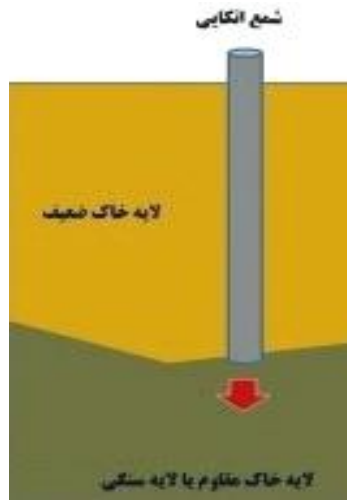
شمع‌ها به‌لحاظ باربری به دو دست زیر تقسیم‌بندی می‌شوند.

## ۱- شمع‌های باربر

شمع‌های باربر به دو نوع زیر تقسیم‌بندی می‌شوند که هر یک برای منظور خاصی به‌کار می‌روند.

## ۱-۱- شمع‌های اتکایی

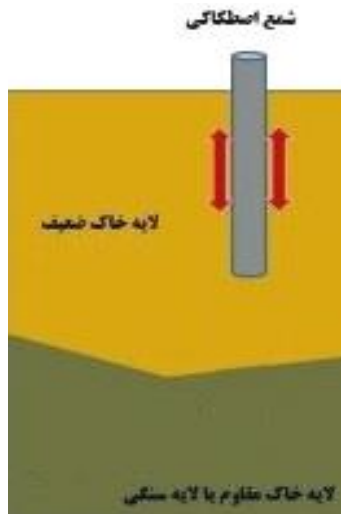
در شمع‌های اتکایی (End Bearing Piles)، نوک شمع روی لایه بسیار مقاوم خاک یا بستر سنگی قرار می‌گیرد و بار سازه از طریق شمع به لایه مقاوم زیرین منتقل می‌شود. به معنایی دیگر، می‌توان گفت که این شمع‌ها مانند ستون عمل می‌کنند. اصل اساسی در این شمع‌ها آن است که نوک شمع روی سطحی قرار دارد که محل تماس لایه ضعیف و قوی خاک است. بنابراین بار سازه از لایه ضعیف عبور کرده و به‌صورت ایمن به لایه مقاوم خاک منتقل می‌شود. لازم به‌ذکر است اگر بستر سنگی و یا لایه خیلی متراکم (لایه شبیه سنگ) در عمق منطقی قرار داشته باشد شمع را می‌توان تا آن لایه ادامه داد (شکل شماره ۱-۲). باربری این شمع‌ها بستگی به ظرفیت باربری بستر سنگی واقع در نوک شمع خواهد داشت. از این رو است که به این نوع شمع‌ها، اتکایی گفته می‌شود. با تخمین عمق بستر سنگی از روی گمانه‌های حفاری، طول شمع‌ها تعیین می‌شود. همچنین در صورتی که به‌جای بستر سنگی، لایه سخت و متراکم خاک در عمقی منطقی وجود داشته باشد، می‌توان شمع را چند متر در این لایه ادامه داد.



شکل شماره ۱-۲- عملکرد شمع‌های اتکایی

### ۲-۱- شمع‌های اصطکاکی

در شمع‌های اصطکاکی (Friction Piles)، شمع بار سازه را به واسطه اصطکاکی که در تمام طول خود با خاک اطراف دارد به زمین منتقل می‌کند. به عبارت دیگر تمامی سطح شمع برای انتقال نیروها به خاک، درگیر می‌شود. در این نوع شمع‌ها میزان بار قابل تحمل توسط شمع بستگی مستقیم به طول آن خواهد داشت (شکل شماره ۱-۳).



شکل شماره ۱-۳- عملکرد شمع‌های اصطکاکی

### ۲- شمع‌های غیرباربر (شمع و شیت پایل)

نوع دیگری از شمع‌ها هستند که باربر نیستند و معمولاً به عنوان حائل جهت حفاظت از دیواره گودها و انجام عملیات خاکبرداری در زمین‌های سست و ریزشی و نگه‌دارنده شیروانی‌ها به کار می‌روند. این شمع‌ها برای تحمل بارهای قائم طراحی نمی‌شوند (شکل شماره ۱-۴).