



مدیریت و اجرای فونداسیون و سازه‌های صنعتی (سیویل)



مؤلف:

امیرعباس کوشکی

کارشناسی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت



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

کوشکی، امیرعباس، ۱۳۵۳-
مدیریت و اجرای فونداسیون و سازه‌های صنعتی (سیویل)/مؤلف امیرعباس کوشکی.
تهران: نوآور، ۱۴۰۱.
۳۰۴ ص.
۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۶۶۳-۴
فیفا
کتابنامه: ص. ۳۰۳-۳۰۴.
Industrial buildings -- Foundations پی‌سازی
Foundations پی‌سازی
۴۵۱۱TH
۵۴/۶۹۰
۹۱۰۰۵۵۵
فیفا

مدیریت و اجرای فونداسیون و
سازه‌های صنعتی (سیویل)



نشر نوآور

مؤلف: امیرعباس کوشکی

ناشر: نوآور

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۶۶۳-۴

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 می‌باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل
هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، 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 بوده و شرعاً حرام
است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

@Noavarpub



صفحه رسمی انتشارات نوآور در شبکه‌های اجتماعی

فهرست مطالب

۵۵.....	۸۳-۲- تحویل قطعی.....	۹.....	مقدمه.....
۵۶.....	۴-۲- سازمان کارگاه.....	۱۳.....	فصل اول / پیشینه فونداسیون های ساختمانی
۵۶.....	۱-۴-۲- مدیر پروژه.....	۱۳.....	۱-۱- تاریخچه مهندسی عمران و معماری.....
۵۷.....	۲-۴-۲- سرپرست کارگاه.....	۱۳.....	۲-۱- نگاهی به تاریخچه «اهرام ثلاثه».....
۵۷.....	۳-۴-۲- معاونت ایمنی (HSE).....	۱۵.....	۳-۱- تاریخ معماری و مهندسی عمران در ایران.....
۵۷.....	۴-۴-۲- دفتر کارگاه.....	۱۹.....	۴-۱- دوره اسلامی.....
۵۷.....	۵-۴-۲- دبیرخانه.....	۲۴.....	۵-۱- معماری صنعتی.....
۵۸.....	۶-۴-۲- معاونت فنی.....	۲۶.....	۶-۱- دوران انقلاب اسلامی.....
۵۸.....	۷-۴-۲- نقشه برداری.....		
۵۹.....	۸-۴-۲- معاونت اجرایی.....		
۵۹.....	۹-۴-۲- معاونت خدمات و پشتیبانی.....		
۶۰.....	۱۰-۴-۲- معاونت اداری.....		
۶۰.....	۱۱-۴-۲- معاونت مالی.....		
	فصل سوم / روشهای اجرایی مرحله ای سازه های		فصل دوم / کلیات، تعاریف، تشریح اصول و
	صنعتی.....		مفاهیم کاربردی.....
۶۱.....	۱-۳- مطالعات ژئوتکنیک.....	۲۹.....	۱-۲- مقدمه.....
۶۲.....	۲-۳- خاک برداری و تسطیح.....	۲۹.....	۲-۲- تعاریف و مفاهیم.....
۶۳.....	۳-۳- حصار کشی اطراف کارگاه (کارخانه).....	۲۹.....	۱-۲-۲- موافقتنامه.....
۶۶.....	۴-۳- فونداسیون ساختمان.....	۲۹.....	۲-۲-۲- برنامه زمانی اجرای کار.....
۶۶.....	۱-۴-۳- تقسیم بندی فونداسیون ها.....	۳۰.....	۳-۲-۲- کارفرما.....
۶۶.....	۱-۴-۳- تقسیم بندی بر اساس نوع مصالح.....	۳۰.....	۴-۲-۲- پیمانکار.....
۶۶.....	۲-۴-۳- تقسیم بندی براساس عمق قرارگیری پی.....	۳۰.....	۵-۲-۲- مدیر طرح.....
۶۷.....	۲-۴-۳- تقسیم بندی براساس سیستم ساخت و عملکرد.....	۳۰.....	۶-۲-۲- مهندس ناظر.....
۶۷.....	۱-۲-۴-۳- شالوده منفرد.....	۳۰.....	۷-۲-۲- مدیر پروژه.....
۶۷.....	۲-۲-۴-۳- شالوده نواری.....	۳۰.....	۸-۲-۲- رئیس کارگاه.....
۶۸.....	۳-۲-۴-۳- شالوده گسترده (فونداسیون گسترده).....	۳۱.....	۹-۲-۲- تعریفی به مهندسی عمران و سیویل.....
۶۹.....	۴-۲-۴-۳- شالوده مرکب (مشترک).....	۳۱.....	۱۰-۲-۲- پیمانکار جزء.....
۷۰.....	۵-۲-۴-۳- شالوده باسکولی.....	۳۲.....	۱۱-۲-۲- کارگاه.....
۷۰.....	۶-۲-۴-۳- شالوده شمعی.....	۳۲.....	۱۲-۲-۲- تجهیز کارگاه.....
۷۴.....	۵-۳- ژئوممبران.....	۳۲.....	۳-۲- مناقصه تا برچیدن کارگاه.....
۷۵.....	۶-۳- روش اجرایی پی کنی.....	۳۲.....	۱-۳-۲- مناقصه.....
۷۷.....	۷-۳- بتن مگر.....	۳۳.....	۱-۱-۳-۲- تعریف شرایط عمومی پیمان.....
۷۹.....	۸-۳- بتن.....	۳۳.....	۲-۱-۳-۲- تعریف شرایط خصوصی پیمان.....
۷۹.....	۱-۸-۳- مواد تشکیل دهنده بتن.....	۳۳.....	۳-۱-۳-۲- تعریف شرایط عمومی پیمان فیدیک.....
۷۹.....	۱-۱-۸-۳- سیمان.....	۳۴.....	۲-۳-۲- انعقاد قرارداد.....
۷۹.....	۲-۱-۸-۳- آب.....	۳۴.....	۱-۲-۳-۲- قرارداد EPC.....
۷۹.....	۳-۱-۸-۳- دانه های سنگی (شن و ماسه).....	۳۵.....	۳-۳-۲- تحویل زمین.....
۸۰.....	۴-۱-۸-۳- مواد مضاف.....	۳۵.....	۴-۳-۲- تجهیز کارگاه.....
۸۰.....	۲-۸-۳- آزمایشگاه.....	۳۵.....	۱-۴-۳-۲- ساختمانهای پشتیبانی.....
۸۱.....	۱-۲-۸-۳- آزمایشات خاک.....	۴۶.....	۲-۴-۳-۲- ساختمان های عمومی.....
۸۴.....	۲-۲-۸-۳- آزمایشات بتن.....	۵۳.....	۳-۴-۳-۲- محوطه سازی.....
		۵۴.....	۴-۴-۳-۲- فعالیت های دیگر تجهیز کارگاه.....
		۵۵.....	۵-۳-۲- برچیدن کارگاه.....
		۵۵.....	۶-۳-۲- تحویل موقت.....
		۵۵.....	۷-۳-۲- صورت وضعیت قطعی.....

۹-۳-۱-۴ اجرای گروت زیر بیس پلیت.....	۱۴۰
۹-۳-۱-۴ اجرای تشکیل‌دهنده معماری سوله.....	۱۴۲
۹-۳-۱-۴ آبرو یا گاتر.....	۱۴۲
۹-۳-۲-۴ فلاشینگ.....	۱۴۳
۹-۳-۱-۲-۴ انواع فلاشینگ.....	۱۴۳
۹-۳-۳-۴ پوشش.....	۱۴۶
۹-۳-۱-۳-۴ پوشش سقف.....	۱۴۶
۹-۳-۲-۳-۴ پوشش دیوارهای خارجی.....	۱۴۷
فصل پنجم / عملیات بنایی.....	۱۴۹
۱-۵-۱-۴۹ مقدمه.....	۱۴۹
۲-۵-۲-۴۹ سفت‌کاری ساختمان.....	۱۴۹
۳-۵-۳-۴۹ نازک‌کاری ساختمان.....	۱۴۹
۴-۵-۴-۴۹ تعاریف و توضیحات اجرایی آئین‌های کاری.....	۱۴۹
۱-۴-۵-۴-۹ آجر چینی.....	۱۴۹
۲-۴-۵-۴-۹ کرسی چینی.....	۱۵۱
۳-۴-۵-۴-۹ سنگ ازاره و قرنیز.....	۱۵۳
۴-۴-۵-۴-۹ اندودکاری.....	۱۵۴
۱-۴-۴-۵-۹ اندودکاری سطوح داخلی ساختمان.....	۱۵۴
۲-۴-۴-۵-۹ اندودکاری سطوح خارجی ساختمان.....	۱۵۷
۵-۵-۵-۵-۹ ایزولاسیون.....	۱۵۹
۱-۵-۵-۵-۹ قیرگونی.....	۱۵۹
۲-۵-۵-۵-۹ ایزوگام.....	۱۶۰
۵-۵-۵-۵-۹ کاشی‌کاری.....	۱۶۱
۷-۵-۵-۵-۹ حفر چاه.....	۱۶۳
۵-۵-۵-۵-۹ چاه ارت و سیستم ارتینگ.....	۱۶۵
۹-۵-۵-۵-۹ نصب پله.....	۱۶۷
۱۰-۵-۵-۵-۹ کف‌سازی.....	۱۶۸
۱۱-۵-۵-۵-۹ تاسیسات ساختمان.....	۱۷۱
۱-۱۱-۵-۵-۹ طراحی و اجرای تاسیسات ساختمانی.....	۱۷۱
۲-۱۱-۵-۵-۹ انواع تاسیسات ساختمان.....	۱۷۲
۱-۲-۱۱-۵-۵-۹ تاسیسات مکانیکی.....	۱۷۲
۲-۲-۱۱-۵-۵-۹ تاسیسات برقی.....	۱۷۲
۱۲-۵-۵-۵-۹ نما.....	۱۷۳
۱-۱۲-۵-۵-۹ نمای آجری.....	۱۷۳
۲-۱۲-۵-۵-۹ نمای سنگی.....	۱۷۶
۳-۱۲-۵-۵-۹ نمای سیمانی.....	۱۷۶
۴-۱۲-۵-۵-۹ نمای کامپوزیتی.....	۱۷۸
۵-۱۲-۵-۵-۹ نمای شیشه‌ای.....	۱۷۸
۱۲-۵-۵-۵-۹ نمای چوبی.....	۱۸۰
۱۳-۵-۵-۵-۹ محوطه‌سازی.....	۱۸۰
۱-۱۳-۵-۵-۹ تسطیح.....	۱۸۰
۲-۱۳-۵-۵-۹ جدول‌بندی و کانال‌های آب‌های سطحی.....	۱۸۱
۳-۱۳-۵-۵-۹ جاده‌سازی (خیابان‌سازی).....	۱۸۳
۱-۱۳-۵-۵-۹ زیرسازی.....	۱۸۳
۹-۳-۱-۴ آرماتوربندی، قالب‌بندی، قطعات دفنی و بتن‌ریزی در فونداسیون.....	۸۸
۹-۳-۱-۴ آرماتوربندی.....	۸۸
۹-۳-۱-۴ وصله کردن آرماتور.....	۸۹
۹-۳-۲-۴ قالب‌بندی.....	۹۲
۹-۳-۳-۴ قطعات دفنی.....	۹۴
۹-۳-۴-۴ بتن‌ریزی.....	۹۶
۹-۳-۱-۴-۴ کیورینگ (عمل‌آوری).....	۱۰۱
۹-۳-۲-۴-۴ نمونه‌برداری بتن تازه.....	۱۰۳
۹-۳-۵-۴-۴ قالب‌برداری.....	۱۰۴
۹-۳-۶-۴ آرماتوربندی، قالب‌بندی، قطعات دفنی و بتن‌ریزی در مقاطع دیوار، ستون، پدستال، سقف و تیر.....	۱۰۵
۱۰-۳-۱-۴-۴ آب‌بندی.....	۱۱۲
۱۰-۳-۱-۴-۴ انواع آب‌بندی بتن.....	۱۱۲
۱۰-۳-۱-۴-۴ آب‌بندی اولیه.....	۱۱۲
۱۰-۳-۲-۴-۴ آب‌بندی ثانویه.....	۱۱۴
۱۱-۳-۱-۴-۴ پرایمر.....	۱۱۷
۱۱-۳-۱-۴-۴ انواع پرایمر.....	۱۱۷
۱۱-۳-۱-۴-۴ پرایمر قیری.....	۱۱۷
۱۱-۳-۲-۴-۴ پرایمر اپوکسی.....	۱۱۷
۱۱-۳-۳-۴-۴ پرایمر اپوکسی-پلیمری.....	۱۱۷
۱۲-۳-۱-۴-۴ جوش ترمیت.....	۱۱۸
۱۲-۳-۱-۴-۴ مزیت‌ها و محدودیت‌های جوشکاری ترمیت.....	۱۱۹
۱۳-۳-۱-۴-۴ بکفیل.....	۱۲۰
فصل چهارم / اسکلت فلزی (استراکچر).....	۱۲۲
۱-۴-۱-۴۲ مقدمه.....	۱۲۲
۲-۴-۱-۴۲ مراحل قبل از اجرای اسکلت فلزی.....	۱۲۵
۱-۴-۲-۴۲ چپینگ.....	۱۲۵
۲-۴-۲-۴۲ پدگذاری.....	۱۲۵
۱-۴-۲-۴۲ انواع پدگذاری.....	۱۲۶
۳-۴-۱-۴۲ مسایل ایمنی در نصب اسکلت فلزی.....	۱۲۸
۴-۴-۱-۴۲ معرفی سوله.....	۱۲۸
۵-۴-۱-۴۲ اجزای تشکیل‌دهنده سازه‌ای و نصب سوله.....	۱۲۸
۱-۵-۴-۱-۴۲ قاب اصلی (ستون‌ها و تیرها).....	۱۲۸
۲-۵-۴-۱-۴۲ لایه یا پرلین پروفیل (U و Z).....	۱۳۲
۳-۵-۴-۱-۴۲ میل مهارهای سقفی یا سگ‌راد.....	۱۳۳
۴-۵-۴-۱-۴۲ لایه جانبی یا گیرت.....	۱۳۳
۵-۵-۴-۱-۴۲ استرات.....	۱۳۴
۶-۵-۴-۱-۴۲ مهاربندی‌های (بادبند) اصلی قائم.....	۱۳۵
۷-۵-۴-۱-۴۲ مهاربندی‌های (بادبند) سقفی.....	۱۳۶
۸-۵-۴-۱-۴۲ وال پست.....	۱۳۶
۹-۵-۴-۱-۴۲ سینه بند.....	۱۳۷
۴-۵-۴-۱-۴۲ جرثقیل.....	۱۳۸
۷-۴-۵-۴-۱-۴۲ سفت‌کاری و شاقولی.....	۱۳۸

جرثقیل‌های چرخ زنجیری بوم تلسکوپي	۲۱۶
۲-۱۱- جرثقیلهای ثابت	۲۱۶
ماشین‌آلات و تجهیزات بتن	۲۱۹
۱۲- بچینگ پلانت	۲۱۹
۱۳- پمپ‌های بتن	۲۲۱
۱۴- تراک میکسر	۲۲۳
۱۵- بونکر سیمان	۲۲۴
۱۶- سیلوی سیمان	۲۲۵
۱۷- ویراتور	۲۲۶
۱-۱۷- تقسیم‌بندی دستگاه‌های لرزاننده بتن	۲۲۷
ماشین‌آلات و ابزار متفرقه	۲۳۰
۱۸- دستگاه خم و برش میلگرد	۲۳۰
۱-۱۸- دستگاه برش میلگرد	۲۳۱
۲-۱۸- دستگاه خم میلگرد	۲۳۲
۱۹- کمپرسور باد	۲۳۴
۲۰- ژنراتور	۲۳۵
۲۱- انواع ژنراتور	۲۳۵
۱-۲۱- ژنراتور ثابت	۲۳۵
۲-۲۱- ژنراتور متحرک	۲۳۶
۲۲- دستگاه جوش پلی‌اتیلن	۲۳۷
۲۳- پمپ بتن پاش	۲۴۰
۲۴- انواع شاتکریت	۲۴۰
۱-۲۴- شاتکریت خشک	۲۴۰
۲-۲۴- شاتکریت تر	۲۴۱
۲۵- ایرلس و پیستوله رنگ	۲۴۱
۲۶- دستگاه سند بلاست و شات بلاست	۲۴۴
۱-۲۶- دستگاه سندبلاست	۲۴۴
۲-۲۶- دستگاه شات بلاست	۲۴۵
۲۷- دستگاه‌های جوشکاری	۲۴۷
۱-۲۷- ترانس‌های قدیمی	۲۴۷
۲-۲۷- دستگاه‌های جوش دارای مولدهایی به نام دینام جوشکاری	۲۴۸
۳-۲۷- دستگاه جوش‌های رکتی فایر و (یکسوکننده)	۲۴۸
۴-۲۷- دستگاه جوش اینورتر (دستگاه جوش مرکب DC و AC)	۲۴۸
ضمیمه ۱	۲۵۰
اجرای عملیات خاکبرداری (Excavation)	۲۵۰
مراحل اجرایی فنس (FANCE)	۲۵۱
مراحل اجرایی نصب بچینگ پلان (BACHINGH PLANT)	۲۵۲
مراحل اجرای سازه آسیاب (MILLING)	۲۵۴
مراحل اجرای فونداسیون مخازن ذخیره‌سازی الکل (STORAGE ALCOHOL)	۲۵۶
نصب بدنه و سقف مخازن	۲۵۷

۲-۳-۱۳-۵- روسازی	۱۸۵
------------------	-----

فصل ششم / مدیریت و معرفی ماشین‌آلات در اجرای فونداسیون‌های صنعتی..... ۱۸۹

۱- اهمیت ماشین‌آلات	۱۸۹
ماشین‌آلات گودبرداری و خاکبرداری و دیگر ماشین‌آلات	۱۹۰
۲- بولدوزر	۱۹۰
۱-۲- موارد کاربرد	۱۹۱
۲-۲- رپیپر	۱۹۱
۳-۲- انواع رپیپر	۱۹۲
۴-۲- ایمنی کار با بولدوزر	۱۹۲
۳- لودر	۱۹۲
۱-۳- ایمنی کار با لودر	۱۹۲
۴- بیل مکانیکی	۱۹۴
۱-۴- انواع بیل مکانیکی رایج	۱۹۴
۱-۱-۴- بیل مکانیکی چرخ زنجیری	۱۹۴
۲-۱-۴- بیل مکانیکی چرخ لاستیکی	۱۹۶
۵- کامیون (کمپرسی)	۱۹۷
۶- تریلی	۱۹۹
۷- کفی تراکتور	۲۰۰
۸- دامپر	۲۰۲
ماشین‌آلات راه‌سازی و آسفالت	۲۰۳
۹- گریدر	۲۰۳
۱۰- غلتک	۲۰۴
۱-۱۰- انواع غلتک‌ها بر اساس اجزای تشکیل‌دهنده و قابلیت	۲۰۴
۲-۱۰- شرح و کاربرد غلتک‌ها	۲۰۴
۱-۲-۱۰- غلتک‌های پاچه‌بزی	۲۰۴
۲-۲-۱۰- غلتک‌های شبکه‌ای	۲۰۵
۳-۲-۱۰- غلتک‌های ارتعاشی	۲۰۶
۴-۲-۱۰- غلتک‌های با چرخ فولادی صاف	۲۰۸
۵-۲-۱۰- غلتک‌های پنوماتیک چرخ لاستیکی	۲۰۸
۶-۲-۱۰- غلتک‌های کشک‌دار	۲۰۹
۷-۲-۱۰- غلتک‌های شبه بولدوزر	۲۱۰
ماشین‌های بالابر	۲۱۰
۱۱- جرثقیل	۲۱۰
۱-۱۱- جرثقیل‌های متحرک	۲۱۰
۱-۱-۱۱- جرثقیل‌های کامیونی	۲۱۰
۲-۱-۱۱- جرثقیل‌های متحرک چرخ لاستیکی	۲۱۲
جرثقیل‌های چرخ لاستیکی بوم تلسکوپي	۲۱۲
جرثقیل‌های چرخ لاستیکی بوم خشک (بوم شبکه‌ای)	۲۱۴
۳-۱-۱۱- جرثقیل‌های چرخ زنجیری	۲۱۵
جرثقیل‌های چرخ زنجیری بوم شبکه‌ای	۲۱۵

مرحل اجرایی فونداسیون‌های سیلو (SILO)..... ۲۵۹	مرحل اجرایی فونداسیون‌های (SEPARATION UNIT & CONCENTRATION UNIT)..... ۲۶۱
TRUCK LABORATORY BUILDING)..... ۲۷۹	مرحل اجرایی فونداسیون‌های DDGS STORAGE (BUILDING)..... ۲۶۳
نمونه‌های اجرا شده واتراستاپ در فونداسیون و دیوار	مرحل اجرایی ساختمان استراحت رانندگان (REST BUILDING)..... ۲۶۴
سازه‌های بتنی آیند..... ۲۸۰	مرحل اجرایی ایستگاه تقویت فشار گاز (GAS STATION)..... ۲۶۵
مرحل اجرایی کیورینگ بتن (CURING)..... ۲۸۱	مرحل اجرایی باسکول (TRUCK WEIGHING & CONTROL ROOM)..... ۲۶۶
اجرایی دیوار حائل سنگی و بندکشی..... ۲۸۳	مرحل اجرایی سازه بویلر- دیگ بخار (BOILER BUILDING)..... ۲۶۷
ضمیمه ۲..... ۲۸۴	مرحل اجرایی پایپرک بتنی (CONCERET PIPERACK)..... ۲۶۸
نصب اسکلت فلزی (سالن تغلیظ (CONCENTRATE (HALL)..... ۲۸۵	اجرایی انواع پایپرک..... ۲۶۹
نصب پوشش سالن کنسانتره (تغلیظ)..... ۲۸۶	مرحل اجرایی فونداسیون خشک‌کن (DRYING PELLETIZING BUILDING)..... ۲۷۰
مرحل اجرایی انبار کنسانتره (CONCENTRATE (STORAGE)..... ۲۸۷	مرحل اجرایی فونداسیون برج تقطیر (DISTILLATION UNIT & DEHYDRATION UNIT)..... ۲۷۱
مرحل اجرایی تیکتر (THICKENER)..... ۲۸۸	مرحل اجرایی ساختمان اداری (ADMINISTRATIVE BUILDING)..... ۲۷۲
مرحل اجرایی آب‌بندی تیکتر (THICKENER SEALING)..... ۲۹۰	مرحل اجرایی ساختمان برق (ELECTRICAL SUBSTATION)..... ۲۷۳
مرحل اجرایی استوک پایل (STOCK PILE)..... ۲۹۱	مرحل اجرایی ساختمان کنترل برق (CONTROL ROOM & LABORATORY BUILDING)..... ۲۷۴
فونداسیون‌های سنگین تجهیزات (HEAVY (EQUIPMENT FOUNDATION)..... ۲۹۲	مرحل اجرایی سوله تعمیرگاه (Workshop)..... ۲۷۵
محوطه‌سازی (LANDSCAPING (SITE WORK)..... ۲۹۳	مرحل اجرایی فونداسیون مخازن تخمیر (FERMENTATION UNIT)..... ۲۷۷
اجرایی زیرسازی و بتن پرکننده مخزن ۱۰۰۰۰ مترمکعبی	مرحل اجرایی ساختمان تقویت فشار هوا..... ۲۷۸
جهت ژئوممبران..... ۲۹۴	
اجرایی ژئوممبران مخزن ۱۰۰۰۰ مترمکعبی (TANKS)..... ۲۹۵	
اجرایی محوطه مخزن (FENCING)..... ۲۹۶	
اجرایی (COOLING TOWER)..... ۲۹۹	
اجرایی شمع کوبی (PILE DRIVING) (کوبشی)..... ۳۰۰	
برج تقطیر..... ۳۰۱	
اجرایی مخازن (TANKS)..... ۳۰۲	
منابع و مأخذ..... ۳۰۳	

تقدیم‌نامه

عزیزانم که از تلاشهای صمیمانه حمایت کردند.
شرکتهای بزرگ EPC و پرتلاشی که در سخت‌ترین شرایط در میدان ماندند و شرافت
حرفه مهندسی را به منفعتهای کوچک فروختند.
همه کسانی که با کمترین انتظارات بزرگترین افتخارات را آفریدند.

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.

بالبین 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 مبرا از نقص و اشکال دانست. ازسوی 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 دراین راستا، از شما فرهیخته گرامی تقاضا داریم درصورتی 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، درصورتی که اصلاحات درست و بجا باشند، متناسب با میزان اصلاحات، به‌رسم 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 درصورتی 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 می‌نمایند.



نشر نوآور

تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۸۴۱۹۱

www.noavarpub.com

info@noavarpub.com

پیشرفت حاصل از توسعه اقتصادی و اجتماعی جوامع، موجب گسترش فعالیتها در ارتباط با طرحها و پروژههای مهندسی و بروز تحولات وسیعی در مدیریت و اجرای فونداسیونهای صنعتی شده است. صنعت ساخت و ساز در پروژههای مهندسی در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی و پالایشگاه، بدلیل نیازهای روزافزون جوامع و تاثیر بیشتر زمان، هزینه و کیفیت در ارزیابیها و تصمیمگیریها، نیازمند توسعه سیستمهای اجرای پروژهها و استفاده از روشهای جدید بودهاند.

در این کتاب سعی بر آن داشتم تا خوانندگان ارجمند، با اصول مدیریت و اجرای فونداسیونهای صنعتی آشنا شوند، لذا آشنایی با این کتاب از اساسیترین مسائلی است که یک مدیر پروژه و رئیس کارگاه میبایستی از آن آگاهی کامل داشته باشد. در عصر حاضر یک شرکت ساختمانی بزرگ هنگامی می تواند در کارهایش موفق باشد که بتواند قبل از هر چیز شناختهای لازم را در اداره امور شرکت و یا کارگاه داشته باشد و مسؤولین متخصص و با تجربه کافی را برای اداره امور مختلف آن انتخاب کند.

مطالبی که در این مجموعه به عنوان «مدیریت و اجرای فونداسیون و سازههای صنعتی (سیویل)» گردآوری و تألیف شده است در شش فصل جداگانه ارائه می شود که حاصل دخالت مستقیم و تجربیات مدیریتی، سرپرستی و اجرایی مؤلف با بیش از دودهمه در پروژههای بزرگ EPC بوده که در ویرایش اول آن به منظور جمع بندی نهایی حدود دو سال و اندی زمان صرف شده است. تصور می کنم این مجموعه هم برای دانشجویان رشته عمران، معماری و هم برای دست اندرکاران (پیمانکاران) در اجرای کار سیویل کارخانههای صنعتی، مناسب و مفید باشد. خصوصاً کسانی که تازه فارغ التحصیل شده و می خواهند در این زمینه مشغول به کار شوند، با مطالعه این کتاب، از سردرگمی و نا مجهولی اجرای پروژه رها یافته و می توانند کمبودها و کاستیهای کاری در این زمینه را جبران نمایند و همانند یک مهندس با تجربه و با سابقه به فعالیت خود بپردازند، و از آینده این شغل در این راستا منظره ای با تمام آنچه که هست را مشاهده نمایند.

علاوه بر این، سعی شده است تا متون کتاب حاضر، به ساده ترین، خلاصه ترین و اجرایی ترین شکل ممکن تهیه گردد و مهندسين را از مراجعه و مطالعه به منابع متعدد و پراکنده ای که دسترسی به آنها اغلب با صرف وقت فراوان همراه است، بی نیاز می کند و به آنان این امکان را می دهد که مطالب مورد نیاز (به صورت کلی) خود را، در اسرع وقت تهیه و در اجرای پروژههای بزرگ فونداسیونهای صنعتی اعمال کنند.

امید است با تألیف این کتاب بتوانم خدمتی هرچند ناچیز به دست اندرکاران فن ساخت و ساز در این رشته کاری نموده باشم و امیدوارم گامی در جهت پیشرفت و آگاهی علاقمندان به اجرای فونداسیونهای صنعتی بزرگ از قبیل پتروشیمی، پالایشگاه، نیروگاه و... را همراه باشد.

مجموعه موجود، یک مرور کلی و نسبتاً جامع بر مباحث اصول مدیریت و اجرای فونداسیونهای صنعتی در شش فصل طبق مباحث ذیل ارائه شده است:

فصل اول: پیشینه فونداسیونهای صنعتی

در این فصل قدمت اجرای فونداسیون و پی در سازه‌های کوچک و بزرگ، از زمان قدیم تا کنون مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. با آغاز وجود زندگی بشر، مهندسی یک نمود از زندگی بوده است. با وجود بلایای طبیعی مثل سیل، طوفان و زلزله که در طبیعت از قدیم وجود داشته است، بشر اولیه از احداث سدها و آبندها برای حفاظت از خانه‌های خود در برابر سیل استفاده می‌کرده است و تحقیقات نشان می‌دهد تمدن‌های باستان هم دانش ساخت ساختمان مقاوم در برابر زلزله را داشته اند، که ساخت این سازه‌ها نیاز به پی و فونداسیون داشته است. از ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ سال قبل از میلاد تا مصری‌ها، آریایی‌ها، هخامنشیان و تاکنون که سازه‌های صنعتی بزرگ ساخته می‌شود، از فونداسیون و پی در سازه‌های مختلف استفاده شده و می‌شود.

فصل دوم: کلیات، تعاریف، تشریح اصول و مفاهیم کاربردی

در این فصل مفاهیم و تعاریف کاربردی از تحویل زمین تا مناقصه، قرارداد، اجرای کار، تحویل موقت و قطعی تا برچیدن کارگاه به صورت مفهومی تعریف و توضیح داده شده است. شرح وظایف افراد دخیل در پروژه مانند کارفرما، مشاور و پیمانکار و نفرات زیر مجموعه پیمانکار که سازمان کارگاه ساخت را تشکیل می‌دهند توضیح داده شده است. در تجهیز کارگاه ساختمانهای پشتیبانی از قبیل تعمیرگاه، انبارها، حمام و سرویسهای بهداشتی و ساختمانهای عمومی از قبیل دفاتر، آشپزخانه، سالن غذاخوری و خوابگاه به طور کامل توضیح داده شده است.

فصل سوم: روشهای اجرایی مرحله‌ای سازه‌های صنعتی

در این فصل به ترتیب اولویت کارهایی که برای اجرای فونداسیونهای صنعتی از قبیل ژئوتکنیک و خاکبرداری تا اجرای آرماتوربندی، قالب‌بندی و عملیات بتن‌ریزی گام به گام مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. همچنین توضیحاتی در مورد اجزای تشکیل دهنده بتن، آزمایشگاه خاک و بتن، آبنبندی و بک فیل سازه‌ها ارائه شده است.

فصل چهارم: اسکلت فلزی (استراکچر)

در این فصل بعد از اتمام عملیات بتن‌ریزی مراحل و اقدامات اولیه برای نصب اسکلت فلزی از قبیل: چپینگ، پدگذاری، نصب اسکلت فلزی و قطعات آن، سفت کاری و شاقولی، اجرای گروت و معرفی اجزای تشکیل دهنده معماری سوله مثل: آبروها، فلاشینگ، پوشش سقف و دیوار مختصر و مفید شرح داده شده است.

فصل پنجم: عملیات بنایی

در این فصل عملیات معماری به ترتیب اولویت اجرا از قبیل عملیات: سفت کاری، نازک کاری، آجرچینی، اندودکاری، ایزولاسیون، کاشی کاری حفر چاه، کفسازی، تاسیسات، نما و محوطه سازی مثل: تسطیح، جدول کاری، کانال، جاده سازی و آسفالت به طور مختصر و مفید توضیح داده شده است.

فصل ششم: مدیریت و معرفی ماشین آلات در اجرای فونداسیون های صنعتی

در این فصل ماشین آلات خاکبرداری و گودبرداری از قبیل: بولدوزر، لودر، بیل مکانیکی و کامیون و دیگر ماشین آلات دیگر مثل: تریلی، کفی تراکتور، دامپر و ماشین آلات راهسازی و آسفالت از قبیل: گریدر و انواع غلتک و ماشین آلات باربرداری شامل انواع جرثقیل ها، دستگاه تولید بتن (بچینگ پلانت)، پمپ های بتن (زمینی و هوایی) و ماشین آلات متفرقه دیگر که در ساخت فونداسیون های صنعتی بکار گرفته می شود به صورت کلی و مفید شرح داده شده است.

در قسمت آخر کتاب ضامنه (ضمیمه ۲۱) تصاویر و عکسهایی که تهیه و چیدمان شده است مربوط به پروژه هایی است که مؤلف به طور مستقیم در اجرای فونداسیون های صنعتی از قبیل: ساخت کارخانه بایو اتانول داشت، ساخت کارخانه بایو اتانول کرمانشاه، ساخت و اجرای پروژه طرح توسعه ذوب (فلش) مس سرچشمه، ساخت پتروشیمی ایزوسیانات کارون فاز ۲ در بندر امام، ساخت کارخانه کنسانتره و گندله سازی سنگ آهن سنگان، ساخت کارخانه کنسانتره مس سونگون و ساخت کارخانه لوله بی درز اسفراین، دخیل بوده و سابقه مدیریتی، سرپرستی و اجرایی در این پروژه ها داشته است.

لازم می دانم مراتب تشکر و قدردانی خود را از همسر که در سایه همیاری و همدلی او به این منظور نائل آمدم و همچنین از آقایان مهندس امید کوشکی و مهندس امین آباد که در تهیه، ارسال و چیدمان تصاویر از پروژه های مختلف همکاری و مساعدت فرمودند و گرافیست محترم خانم مبینا کوشکی که ادیت تصاویر و طراحی جلد را بعهده داشتند، ابراز نمایم .
برخود لازم می دانم پیشاپیش از هرگونه راهنمایی و انتقادی که قطعاً این اثر خالی از اشکال نیست، در راستای بهبود مطالب و ارتقاء سطح فنی کتاب سپاسگزاری نمایم.

امیرعباس کوشکی

Noavar33@yahoo.com

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 پی دی اف از کتاب، عکس‌برداری، 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 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 پی دی اف 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 هر گونه 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 مؤذعین 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 ۰۲۱ ۶۶۴۸۴۱۹۱ و ۰۹۱۰۲۹۹۱۰۸۹ (تلگرام انتشارات) و یا از طریق ایمیل انتشارات به آدرس info@noavarpub.com و یا از طریق منوی تماس با ما در سایت www.noavarpub.com به این انتشارات ابلاغ نمایند، تا از تضییع حقوق ناشر، پدیدآورنده و نیز خود خوانندگان محترم جلوگیری به عمل آید و نیز به عنوان تشکر و قدردانی، از کتب انتشارات نوآور نیز هدیه دریافت نمایند.

فصل اول

پیشینه فونداسیون‌های ساختمانی

۱-۱- تاریخچه مهندسی عمران و معماری

مهندسی عمران یکی از شاخه‌های مهندسی است که به طراحی، نگهداری و ساخت سازه‌های طبیعی و مصنوعی شامل جاده‌ها، پل‌ها، کانال‌ها، سدها، کارخانجات و ساختمان‌ها می‌پردازد. معماری از قدیمی‌ترین هنرها در ایران است و عمر هنر در ایران را می‌توان به قدمت تاریخ دانست. آثار به جای مانده از معماری و مهندسی عمران نشان‌دهنده آن است که ایران از کانون‌های نخستین شهرسازی، سدسازی و مهندسی بوده است.

این هنر از پنج هزارسال، پیش از میلاد مسیح تا عصر حاضر ریشه روانده است. از ساخت هرم‌های مصری (۲۷۰۰-۲۵۰۰ سال پیش از میلاد مسیح) میتوان به عنوان اولین نظری اجمالی به معماری ایران در عهد باستان این ویژگی را آشکار می‌سازد که معماری ایران به سه اصل استحکام، آسایش و ارتباط پایه گذاری شده است.

از آغاز وجود بشر مهندسی یک نمود از زندگی بوده است. اولین تمرین‌های مهندسی عمران ممکن است از ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح در مصر باستان و بین‌النهرین، وقتی انسان کوچ نشینی را ترک کرد آغاز شده باشد، که بنا به علت نیاز به ساختمان برای پناهگاه بوده است. بلایای طبیعی مثل سیل، طوفان و زلزله همیشه وجود داشته‌اند و اجداد ما همیشه سعی کرده‌اند به نوعی از آنها اجتناب کنند، آنها از سدها و آب بندها برای حفاظت از خانه‌های خود در برابر سیل استفاده می‌کردند. تحقیقات تاریخی و باستانی نشان می‌دهند که تمدن‌های باستانی نشان می‌دهند که تمدن‌های باستان هم دانش ساخت ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله را داشته‌اند.

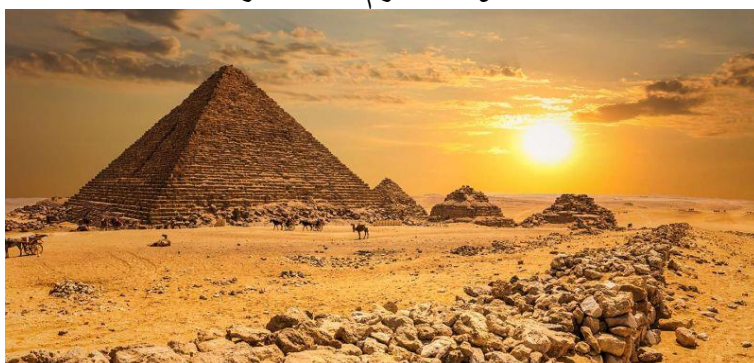
۲-۱- نگاهی به تاریخچه «اهرام ثلاثه»

هزاران سال از عمر اولین هرم بزرگ فراعنه می‌گذرد. بنای این اهرام که به عنوان یکی از عظیم‌ترین عجایب هفتگانه جهان به شمار می‌آید تا امروز نیز یکی از شاهکارهای تکنیک مهندسی محسوب می‌شوند. مصری‌ها زندگی کوتاه این جهان را فانی و مرگ را آغاز یک حیات نوین و جاویدان در دنیای دیگر می‌شناختند و اعتقاد داشتند که فراعنه پس از مرگ به خدایی می‌رسند. به همین دلیل منازل خود را با مصالحی مانند خشت و گل و مقابر را از مصالح با دوامی مانند سنگ می‌ساختند. ساخت اهرام مهم‌ترین و اصلی‌ترین سازندگی این دوره را تشکیل می‌دهد، این مهندسی بدیع خود موجد تحولی شگرف گردید و تمدن و فرهنگ فراغه به یک شکوفایی بی‌نظیر است یافت، به گونه‌ای که مشعل هدایتی برای صنعتگران مصری برای یک دوره سه هزار ساله بعدی شد. اهرام ثلاثه از بیش از ۲ میلیون قطع سنگی ساخته شده که هر کدام بیش از ۲ تن وزن دارند و فضایی به اندازه ۱۳ هکتار را در

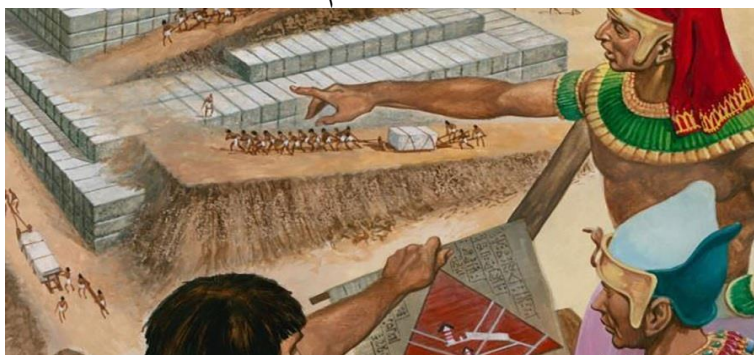
بر می‌گیرند. بر اساس نظریات محققان و دانشگاه لیورپول و موسسه فرانسوی باستان‌شناسی شرقی، کارگران فعال در ساخت اهرام مصر این تکه‌های سنگی بزرگ که هر کدام از آن‌ها صدها تن وزن و طول داشتند را با سورت‌مه‌های غول‌پیکر جابجا می‌کرده‌اند. عملیات ساخت اهرام به گونه‌ای بود که کارگران تا اتمام شدن کار ساخت بنا مجبور بودند در مجاورت معدن سنگی که بنای موردنظر باید با آن شکل می‌گرفت، زندگی کنند، از نکات جالب توجه‌ای که در ساخت بناهای شگفت‌آور مصر شایان ذکر است ساده بودن ابزار کارگران آن دوران در مقابل خلق این بناهای شگفت‌آور است. مصری‌ها در نزدیک به ۴۰۰۰ سال پیش از میلاد مسیح کار با مس را آموخته بودند. با ساخت ابزار مسی، دوره سنگ به پایان رسید. ساخت ابزار مسی به وسیله کندن اشکال موردنظر روی زمین انجام می‌گرفت، که گودال‌های ایجاد شده به وسیله مس مذاب پر، پس از سرد شدن مورد استفاده قرار می‌گرفت.



شکل (۱-۱): اهرام سه گانه مصر



شکل (۲-۱): اهرام مصر



شکل (۳-۱): جابجایی سنگ‌های اهرام ثلاثة

۱-۳- تاریخ معماری و مهندسی عمران در ایران

سرزمین ایران پیش از ورود آریایی‌ها، اقدام گوناگونی را در خود جای داده است. اقوامی مانند ماننا، لولویی، گوش، کاسی، ایلامی که هر یک دارای حکومت‌هایی بودند. آریایی‌ها پس از ورود با اقوام بومی امتزاج پیدا کرده و بعدها تمدن‌های درخشان ماد و هخامنشی، پارت و ساسانی پدیدار گردیدند. در یونان و ایران باستان تکنیک جدیدی بوجود آمد که در آن یک ماده متفاوت، مثل سرامیک و گل بین زمین و پی ساختمان تزریق می‌شد، بنابراین هنگام زمین لرزه یک لایه روی دیگر لایه دیگر می‌لغزید و آسیب ناشی از زمین لرزه را به حداقل می‌رساند. این یکی از قوی‌ترین روش‌های امروزی حفاظت از ساختمان در برابر زلزله است. در ساختمان‌های مدرن، مهندسان سازه از یاتاقان‌های لاستیکی، یاتاقان‌های توپی استفاده می‌کنند تا ساختمان را از زمین لرزان جدا کنند، به طور کلی تاریخ مهندسی و معماری ایران را می‌توان از ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح تاکنون تقسیم‌بندی کرد که از میان دوره‌های طی شده و دگرگونی‌های پدید آمده در تاریخ مهندسی و معماری ایران به بررسی چند دوره که تغییرات مهم‌تر با پیشرفت‌های بیشتری صورت گرفته می‌پردازیم.

دوره هخامنشیان

مهندسان هخامنشی دو هزار و ۵۰۰ سال پیش برای جلوگیری از ریزش سازه‌های مجموعه پاسارگاد که در منطقه زلزله خیز ساخته شده‌اند، از روش ابتکاری در پی به صورت پی دو پوشه استفاده کرده‌اند که امروز در ساخت پی نیروگاه‌های هسته‌ای و سازه‌های حساس به کار گرفته می‌شود. روش پی دو پوشه، تکنیکی از مهندسی سازه و زلزله است که کارشناسان قبل از ساخت سازه، از دو پی روی هم استفاده می‌کنند. پی اول به صورت ثابت است و پی دوم روی پی اول ساخته شده و دارای قابلیت ارتعاش است. استفاده از این روش باعث می‌شود که مقاومت سازه‌ها تا بیش از ۷ ریشتر بالا رود و در هنگام زلزله با حرکت سازه‌ها در قسمت پی، ضربه زلزله گرفته شده و سازه آسیب نبیند. از این روش هم اکنون در ساخت سازه‌های حساس در کشورهای زلزله خیز از جمله ژاپن استفاده می‌شود. زیر سازه‌های مجموعه پاسارگاد دویی وجود دارد، پی اول از جنس سنگ و ملات ساروج است و پی دوم که روی سطح کاملاً صاف پی اول جای گرفته تنها از جنس سنگ ساخته شده و می‌تواند روی پی ثابت اول ارتعاش پیدا کند. بررسی‌های انجام شده در سازه‌های پاسارگاد بخصوص تل تخت و زندان اسکندر یا آرامگاه کمبوجیه نشان می‌دهد که مهندسان هخامنشی علاوه بر استفاده از پی دو پوشه با توجه به سست بودن خاک منطقه و سنگینی سازه‌ها، پی این مجموعه را در عمق زیاد و سطح گسترده‌تری ساخته‌اند. آرامگاه کوروش بزرگ یکی از برجسته‌ترین بخش مجموعه پاسارگاد می‌باشد که پی بنا به ایجاد (۱۳/۳۵ * ۱۲/۳۰ متر)، از شش لایه پلکانی ساخته شده‌اند، که بلندی آن حدود ۱۱ متر می‌باشد. لایه اول یا پایه، از سنگ‌هایی تشکیل شده که با ملات مخلوط گچ آهک و خاکستر با ماسه به هم متصل شده و سپس صاف شده‌اند. لایه بالای از بلوک‌های سنگی ساخته شده که با میله‌های فلزی بهم بسته شده‌اند، اما به پایه متصل نیستند. این به لایه‌های بالایی اجازه می‌دهد هنگام زلزله روی لایه اول بلغزند. چنین سیستمی شامل ساخت یک ساختمان شناور در بالای پی آن و بر روی یاتاقان‌های سرب-لاستیک که حاوی هسته سربی پیچیده شده در لایه‌های متناوب لاستیک و فولاد است. صفحات فولادی، یاتاقان‌ها را به ساختمان و پی آن متصل می‌کنند و پس از آنکه زمین لرزه اتفاق بیفتد، فونداسیون حرکت می‌کند، بدون اینکه ساختمان بلرزد.

از آثار دیگر این دوره می‌توان به تل تخت (تخت سلیمان)، کاخ دروازه، مجموعه کاخ‌ها و باغ شاهی، کاخ بار عام کوروش، کاخ اختصاصی کوروش، باغ پاسارگاد، مقبره کمبوجیه، پل پاسارگاد، کاخ آپادانا و معبد آپادانا نام برد.

در ساخت بناهای دوران هخامنشیان از چهار نوع مصالح اصلی استفاده شده است: سنگ، آجر، خشت خام و چوب. چوب بیشتر برای پوشاندن درب و سقف کاربرد داشت و در برخی جاها تنه کلفت درختان را برای ستون استفاده می‌کردند. خشت خام برای پرکردن دیوارها و بعضی اوقات هم برای لایه‌گذاری سکوها بکار می‌رفت.

ملاتی که بین آجرها بکار می‌رفت یک نوع قیر طبیعی بود که از نفوذ آب جلوگیری می‌کرد. سنگ‌های مورد استفاده در آن زمان سنگ سپید رنگ آهکی به نام مرمر و دیگر سنگی کبود که به سختی سنگ خارا بود و در جاهایی از سنگ سیاه مرمرین که شکننده بود استفاده می‌شد. سنگ‌های سپید مرمر را از کوه سیوند و سنگ‌های سیاه مرمرین را از کوه تنگ سیاه و کوه تنگ بلاغی می‌آوردند.



شکل (۴-۱): استفاده از پی دوپوشه در ساخت بناهای پاسارگاد



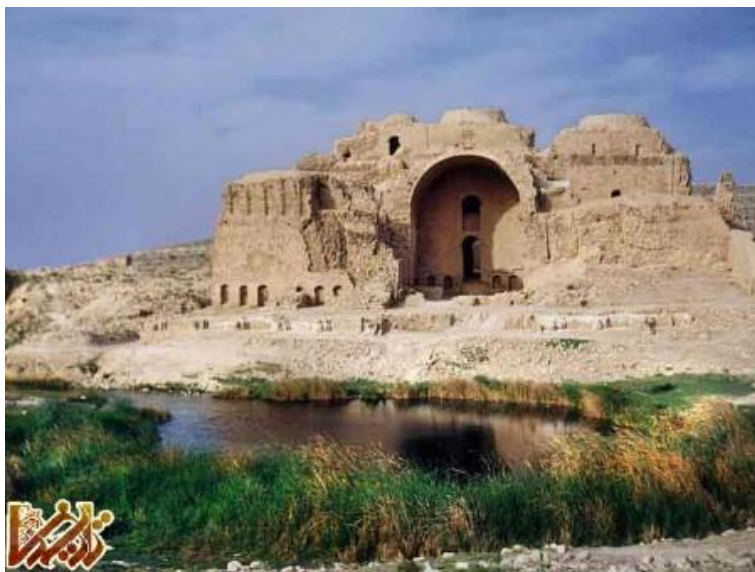
شکل (۵-۱): استفاده از پی دوپوشه در ساخت زندان اسکندر

دوره اشکانیان

اشکانیان یا پارتیان در حدود ۲۵۰ سال پیش از میلاد مسیح، پس از سلوکیان در ایران به قدرت رسیدند. معماری و مهندسی دوره اشکانیان حیاطهای چهارگوش مرکزی با ایوانهای چهارسوی آن و همچنین ساختن گنبد و توجه به نمای ساختمان مورد توجه قرار گرفت. قوم پارت به دلیل اینکه بناهای خود را بیشتر ساده و با خشت خام می ساختند، اکثر بناهای مربوط به آن زمان بر اثر عوامل طبیعی مانند زلزله و تغییرات آب و هوایی از بین رفته اند. پارت ها شهرهایی را بنیاد گذاشتند که براساس نقشه دایره شکل بودند، مانند شهرهای مرو و تیسفون.



شکل (۶-۱): آتشکده آناهیتا در کنگاور



شکل (۷-۱): کاخ بیشاپور