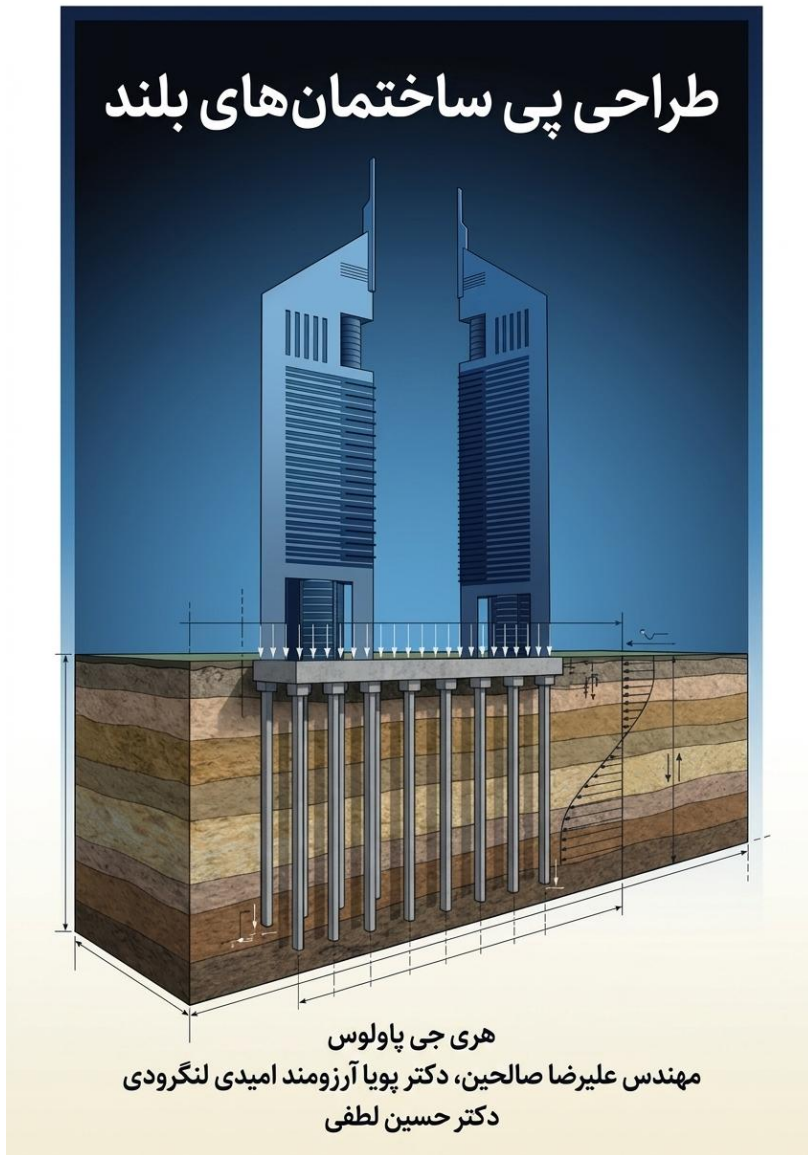


طراحی پی ساختمان‌های بلند



مؤلف: هری جی. پاولوس (Harry G. Poulos)

مترجمان: مهندس علیرضا صالحین، دکتر پویا آرزومند امید لنگرودی و

دکتر حسین لطفی



نشر علمی صالحین

نام کتاب: طراحی پی سازه های بلند

مؤلف: هری جی. پولوس (Harry G. Poulos)

مترجمان: مهندس علیرضا صالحین، دکتر پویا آرزومند امیدی لنگرودی و دکتر حسین لطفی

صفحه آرا: کتایون علی نوری

سال چاپ: ۱۴۰۵

نوبت چاپ: اول

شمارگان: ۱۰۰

بها: ۱۵۰۰۰۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۸۹۶۷۵-۹-۲

حق چاپ برای نشر علمی صالحین محفوظ می‌باشد

نشانی مرکز پخش: تهران، خیابان انقلاب، روبروی در اصلی دانشگاه، پاساژ فروزنده، طبقه اول

واحد ۴۱۹، تلفن: ۰۹۱۲۴۸۸۶۴۹۸ - ۸۸۲۸۳۶۹۸ - ۱۴-۸۶۸۶۶۶۶۶-۰۳۰-۱۰۱۲۵۰۹۱۲۵

سرشناسه	: پولوس، اچ. جی.، ۱۹۴۰ - م. Poulos, H. G.
عنوان و نام پدیدآور	: طراحی پی ساختمان های بلند/ مولف هری جی. پولوس؛ مترجمان علیرضا صالحین، پویا آرزومندامیدی لنگرودی، حسین لطفی.
مشخصات نشر	: تهران: علمی صالحین، ۱۴۰۵.
مشخصات ظاهری	: ۵۷۵ ص.؛ مصور، جدول، نمودار.
شابک	: 978-622-89675-9-2 ۱۵۰۰۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
یادداشت	: عنوان اصلی: Tall building foundation design, 2017.
یادداشت	: کتاب حاضر با همین عنوان با ترجمه امید توسلی ... [و دیگران] توسط انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امضا، مرکز انتشارات در سال ۱۴۰۴ فیا دریافت کرده است.
یادداشت	: واژه نامه.
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۵۳۷ - ۵۷۴.
موضوع	: ساختمان‌های بلند - پی سازی Tall buildings - Foundations
شناسه افزوده	: صالحین، علیرضا، ۱۳۶۵ - ، مترجم
شناسه افزوده	: آرزومند امید لنگرودی، پویا، ۱۳۷۱-، مترجم
شناسه افزوده	: لطفی، حسین، ۱۳۶۲ خرداد-، مترجم
رده بندی کنگره	: TH۵۲۰۱
رده بندی دیویی	: ۶۲۴/۱۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۰۴۸۷۰۷۶
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیا

ميثاق نامه حقوقی مالکیت فکری و شرایط بهره‌برداری انتشارات علمی صالحین

حق نشر (Copyright) ۱۴۰۴

این میثاق نامه، میان «انتشارات علمی صالحین» (که از این پس «ناشر» نامیده می‌شود) از یک سو و «کاربر/خریدار اثر» (که از این پس «کاربر» نامیده می‌شود) از سوی دیگر، منعقد شده و ناظر بر کلیه نسخ چاپی و دیجیتال آثار منتشره توسط ناشر می‌باشد. تهیه، خرید، دانلود، دسترسی یا استفاده از هر یک از آثار ناشر، به منزله قبول کامل و بی‌قید و شرط مفاد این میثاق نامه از سوی کاربر است.

ماده ۱: تعاریف و دامنه شمول اثر

۱-۱. تعریف «اثر»

«اثر» شامل، اما نه محدود به، کلیه موارد زیر است:

۱. متون، نگارش‌ها، گفتارهای مکتوب، جملات، مثال‌ها، تمرین‌ها، پرسش‌ها و پاسخ‌ها؛
۲. نگاره‌ها، تصاویر، نمودارها، جدول، شکل‌ها، دیاگرام‌ها، داده‌نماها (اینفوگرافیک) و هر نوع محتوای بصری؛
۳. طرح جلد، صفحه‌آرایی (Layout)، تایپوگرافی، طراحی گرافیکی، نشانه‌ها (لوگوها) و اجزای بصری هویت اثر؛
۴. کدهای منبع و کدهای اجرایی (در نسخه‌های دیجیتال و تعاملی)، افزونه‌ها، اسکریپت‌ها، فایل‌های همراه و بسته‌های نرم‌افزاری وابسته؛
۵. فراداده‌ها (Metadata)، ساختار سازماندهی محتوا، نمایه‌ها، فصل‌بندی، شماره‌گذاری‌ها و هرگونه معماری اطلاعاتی اثر؛
۶. هرگونه محتوای مکمل (ضمائم، پیوست‌ها، بانک پرسش و پاسخ، محتواهای دانلودی ویدئوها و فایل‌های صوتی اختصاصی که ارتباط مستقیم با اثر دارند).

۱-۲. دامنه حقوق مادی

کلیه حقوق مادی (Economic Rights) ناشی از پدیدآوردن و نشر این اثر، شامل و نه محدود به:

حق تکثیر، نشر، پخش، عرضه، اجرا، ترجمه، اقتباس، توزیع، در دسترس‌گذاری (Making Available) واکذارى بهره‌برداری و بهره‌برداری در هر قالب و فرمت (چاپی، صوتی، تصویری، الکترونیکی، تعاملی، چندرسانه‌ای) و در هر بستر (فیزیکی، سایبری، شبکه‌های بسته، سامانه‌های آموزشی، اپلیکیشن‌های موبایل، متاورس و سایر فضاهای واقعی یا مجازی که اکنون موجود است یا در آینده ایجاد شود)، به موجب قراردادهای معتبر قانونی، به صورت انحصاری، مطلق، غیرقابل رجوع و برای تمام مدت حمایت قانونی به ناشر تعلق دارد. هیچ شخص حقیقی یا حقوقی بدون اخذ مجوز کتبی و جداگانه از ناشر، حق استفاده از این حقوق را ندارد، مگر در حدود استثنائات قانونی مصرح در این میثاق نامه.

۱-۳. حقوق معنوی اثر

حقوق معنوی اثر، از جمله حق انتساب اثر به نام پدیدآورنده/پدیدآورندگان و حق تمامیت اثر، طبق ماده ۴ «قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸» برای پدیدآورنده/پدیدآورندگان محفوظ است.

با این حال:

۱. حق انحصاری پیگیری و صیانت از حقوق معنوی اثر، در برابر هرگونه تحریف، تغییر، حذف یا آسیب به تمامیت اثر، به ناشر تفویض شده است؛
۲. ناشر مجاز است در چارچوب قرارداد یا پدیدآورنده و با رعایت قوانین لازم‌الاجرا، نسبت به ویرایش ویراست‌های جدید، اصلاحات علمی، ادبی، فنی و ظاهری اثر اقدام نماید، بدون آن‌که این اقدامات به معنای نقض حقوق معنوی پدیدآورنده باشد، مشروط به حفظ اصول اساسین انتساب و اصالت علمی/ادبی.

۱-۴. دامنه شمول شخصی و مکانی

این میثاق نامه نسبت به کلیه کاربران، خریداران، استفاده‌کنندگان و هر شخصی که به هر نحو متعارف یا غیرمتعارف به اثر دسترسی پیدا می‌کند (اعم از افراد حقیقی، حقوقی، نهادهای آموزشی، سازمان‌ها، کتابخانه‌ها، موسسات، پلتفرم‌ها و سامانه‌های آنلاین)، در هر نقطه از قلمرو جمهوری اسلامی ایران و همچنین خارج از آن، در حدودی که قوانین ایران و قواعد حقوق بین‌الملل خصوصی اجازه می‌دهد، نافذ و لازم‌الاجرا است.

ماده ۲: ماهیت حقوقی تملک و بهره‌برداری

۲-۱. تفکیک مالکیت فیزیکی و مالکیت فکری (نسخ چاپی)

خرید نسخه فیزیکی اثر، صرفاً موجب انتقال مالکیت بر «عین کالا» (صفحات، جلد، چاپ فیزیکی) مطابق با مقررات عقد بیع در قانون مدنی می‌شود. این خرید:

۱. هیچ‌گونه حقی نسبت به مالکیت محتوای اثر، حق تکثیر، حق نشر، حق ترجمه، حق اقتباس، حق اسکن یا هر نوع بهره‌برداری تجاری از محتوای اثر برای خریدار ایجاد نمی‌کند؛
۲. تحت هیچ عنوان، قاعده‌ای به نام «مالکیت نسخه»، «استفاده منصفانه» یا «استفاده آموزشی» مجوزی برای اسکن کامل یا جزئی، فتوکپی گسترده، تهیه نسخه دیجیتال، انتشار در گروه‌ها و کانال‌ها یا ذخیره‌سازی در سرورهای شخصی/سازمانی در مقیاس فراتر از استفاده شخصی و محدود نیست؛
۳. هرگونه اسکن، فتوکپی یا تکثیر سیستماتیک (به‌ویژه برای استفاده در کلاس‌های درس، موسسات آموزشی، آموزشگاه‌ها، سامانه‌های LMS، یا در قالب بسته‌های آموزشی) بدون مجوز کتبی ناشر ممنوع و مشمول ضمانت اجراهای ماده ۳ و ۹ است.

۲-۲. پروانه بهره‌برداری (License) در نسخ دیجیتال

دریافت، دانلود، دسترسی یا استفاده از نسخه‌های الکترونیکی و دیجیتال اثر (اعم از PDF، ePub، اپلیکیشن، محتوای آنلاین، فایل صوتی/تصویری و نظایر آن)، ماهیت «بیع» ندارد؛ بلکه اعطای یک پروانه بهره‌برداری محدود (License Agreement) از سوی ناشر به کاربر است. این پروانه:

۱. شخصی است؛ فقط مختص شخصی است که هزینه را پرداخت کرده یا حساب کاربری به نام او ثبت و تأیید شده است؛
۲. محدود است؛ صرفاً برای مطالعه و استفاده متعارف و شخصی کاربر بوده و فاقد هرگونه حق تکثیر، انتشار، توزیع، نمایش عمومی، آموزشی یا تجاری است، مگر آن‌که مجوزی کتبی و جداگانه از ناشر اخذ شده باشد؛
۳. غیرانحصاری است؛ ناشر می‌تواند پروانه‌های مشابه را به اشخاص دیگری نیز اعطا کند؛
۴. غیرقابل انتقال است؛ کاربر حق فروش، انتقال واکذارى، اجاره، امانت دادن، هدیه واکذارى لایسنس، انتقال حساب کاربری، اشتراک‌گذاری حساب، یا در اختیار گذاشتن نام کاربری و رمز عبور خود به اشخاص ثالث را ندارد؛
۵. موقت و قابل تعلیق/فسخ است؛ ناشر حق دارد در صورت نقض مفاد این میثاق نامه، نقض حقوق مالکیت فکری، یا سوءاستفاده از حساب کاربری، دسترسی کاربر به نسخه دیجیتال را به‌طور موقت یا دائم تعلیق یا فسخ نماید، بدون آن‌که کاربر مستحق هرگونه مطالبه خسارت یا استرداد وجه باشد.

۲-۳. حساب کاربری و احراز هویت

کاربر مسئول صحت و نگهداری اطلاعات حساب خود است. هرگونه استفاده از حساب کاربری به نام کاربر، در حکم استفاده‌ی خود کاربر تلقی می‌شود و کاربر در برابر ناشر نسبت به آن مسئول است، مگر آن‌که به‌طور مستند، سوءاستفاده غیرمجاز توسط ثالث را اثبات کند.

ماده ۳: ممنوعیت‌های صریح و نقض کی‌رایت

هرگونه فعل یا ترک فعلی که منجر به نقض حقوق انحصاری ناشر گردد، مستند به مواد ۱، ۲، ۱۲، ۲۳، ۲۴ و ۲۵ «قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸» و نیز مواد ۶۸ و ۷۴ «قانون تجارت الکترونیکی» و مواد ۲۵ تا ۲۷ قانون جرایم رایانه‌ای، جرم و تخلف مدنی تلقی شده و علاوه بر الزام به جبران کامل خسارات وارده (اعم از مادی، معنوی و از دست رفتن منافع آینده، خسارت به شهرت و برند ناشر)، موجب پیگرد کیفری (حبس و جزای نقدی) خواهد بود.

مصادیق نقض، حصری نبوده و شامل موارد زیر و هر مورد مشابه است:

۳-۱. بازتولید و تکثیر غیرمجاز

۱. هرگونه عکس‌برداری، اسکن، فتوکپی جزئی یا کامل، ضبط صوتی (روخوانی متن)، بازنویسی دستی یا تایپی، OCR و ذخیره‌سازی محتوای اثر در پایگاه‌های داده و آرشیوهای دیجیتال، خارج از استفاده‌ی شخصی محدود کاربر؛
۲. تکثیر نسخه‌های دیجیتال (کی‌فایل‌ها، تهیه نسخه‌های متعدد، شکستن قفل‌ها و حذف محدودیت‌های کی‌فایل).

۳-۲. توزیع، در دسترس‌گذاری و انتشار شبکه‌ای

- بارگذاری (Upload)، اشتراک‌گذاری، ارسال، نشر یا در دسترس‌گذاری اثر (کامل یا بخش‌های اساسی آن) در:
۱. وبسایت‌ها و بلاگ‌ها، انجمن‌ها، پلتفرم‌های محتوا؛
 ۲. فضای ابری (Cloud)، سامانه‌های ذخیره‌سازی، درایوهای اشتراکی؛
 ۳. شبکه‌های اجتماعی (از جمله ولی نه محدود به: تلگرام، اینستاگرام و واتساپ، سروش، ایتا و سایر پلتفرم‌ها)؛
 ۴. سامانه‌های اشتراک فایل (FTP، P2P، Torrent عمومی) و اینترنت‌ها و شبکه‌های داخلی سازمانی؛
 ۵. گروه‌ها و کانال‌های آموزشی، دانشگاهی، مدرسه‌ای و موسسات خصوصی.

۳-۳. آثار اشتقاقی و تبدیلی بدون مجوز

- هرگونه ایجاد، تولید یا انتشار آثار مبتنی بر این اثر، بدون اخذ مجوز کتبی و صریح از ناشر، از جمله:
۱. ترجمه به هر زبان؛
 ۲. تلخیص، خلاصه‌نویسی سیستماتیک، بازآرایی محتوا، تدوین جزوات یا کتاب‌های کمک‌آموزشی مبتنی بر اثر؛
 ۳. تبدیل به نمایشنامه، فیلم‌نامه، سناریو، محتوای آموزشی ویدیویی یا صوتی؛
 ۴. تولید کتاب کار، بانک سوال، آزمون، دوره‌های آنلاین یا حضوری، مبتنی بر ساختار یا محتوای اثر؛
 ۵. «خلاصه‌سازی سازمانی» برای توزیع درون سازمان‌ها، دانشگاه‌ها یا موسسات آموزشی.

۳-۴. بهره‌برداری تجاری و سازمانی ثانویه

۱. فروش مجدد نسخه‌های دیجیتال یا فیزیکی فراتر از انتقال معمول مالکیت نسخه‌ی فیزیکی در حد متعارف مصرف‌کننده؛
۲. اجاره دادن نسخه‌های چاپی یا دیجیتال در مقیاس تجاری، به استثنای کتابخانه‌های عمومی یا دانشگاهی که دارای مجوز و قرارداد کتبی معتبر یا ناشر هستند؛
۳. استفاده از اثر در بسته‌های آموزشی انتفاعی، دوره‌ها، کارگاه‌ها، کلاس‌ها، سامانه‌های LMS و پلتفرم‌های آموزشی، بدون قرارداد مکتوب و مجوز ناشر.

۳-۵. مسئولیت مشترک در نقض

هر شخصی که آگاهانه و عمدانه:

۱. در تهیه، تکثیر، انتشار، توزیع یا تسهیل دسترسی غیرمجاز به اثر مشارکت کند؛
 ۲. از نسخه‌های غیرمجاز استفاده‌ی انتفاعی یا آموزشی نماید؛
- شریک یا معاون در نقض حقوق ناشر تلقی شده و مسئولیت تضامنی در جبران خسارات و تحمل مجازات‌های مقرر خواهد داشت.

ماده ۴: هوش مصنوعی، داده‌کاوی و فناوری‌های نوین

با توجه به پیشرفت‌های فناوری اطلاعات، هوش مصنوعی و داده‌کاوی و به منظور صیانت از حقوق مالکیت فکری ناشر و پدیدآورندگان، موارد زیر صراحتاً ممنوع بوده و نقض آن به منزله سرقت محتوای علمی/ادبی و نقض حقوق مؤلف محسوب می‌گردد:

۴-۱. داده‌کاوی و پردازش ماشینی (Data Mining & Text)

۱. هرگونه استخراج ماشینی متن، تحلیل خودکار داده‌ها، خزش (Crawling)، اسکرپینگ (Scraping)، اندیس‌گذاری سیستماتیک و استخراج انبوه محتوا، چه توسط اشخاص حقیقی و چه توسط ربات‌ها، خزنده‌ها، اسکرپیت‌ها و نرم‌افزارها، بدون مجوز کتبی ناشر؛
۲. ایجاد پایگاه داده، کورپوس (Corpus)، مجموعه آموزشی یا منابع زبان/متن مبتنی بر اثر.

۴-۲. استفاده در آموزش و بهبود سامانه‌های هوش مصنوعی

استفاده از تمام یا بخشی از این اثر، به‌عنوان:

۱. «داده ورودی» (Input Data) در مقیاس سازمانی یا گسترده؛
 ۲. «داده آموزشی» (Training Set) یا «داده ارزیابی» (Evaluation Data)؛
 ۳. داده جهت «تنظیم دقیق» (Fine-tuning) هر نوع سامانه هوش مصنوعی، مدل‌های زبانی بزرگ (LLMs)، سامانه‌های ترجمه ماشینی، هوش مصنوعی مولد (Generative AI)، سامانه‌های پیشنهادگر (Recommender Systems) و هرگونه الگوریتم یادگیری ماشینی؛
- بدون اخذ مجوز کتبی و قراردادی جداگانه از ناشر، ممنوع است.

۴-۳. تولید خودکار محتوای مشتق از اثر

استفاده از تجهیزاتی هوش مصنوعی یا نرم‌افزارها برای تولید خروجی‌هایی که به صورت اساسی مبتنی بر متن، ساختار، مثال‌ها، تمرین‌ها یا پرسش‌های این اثر بوده و جایگزین تجاری یا آموزشی اثر محسوب شوند، بدون مجوز کتبی ناشر، ممنوع و مشمول مسئولیت‌های مقرر در این میثاق‌نامه است.

ماده ۵: استثنائات قانونی و حدود استفاده مجاز

صرفاً استفاده‌هایی که مشمول ماده ۷ «قانون حمایت حقوق مؤلفان» و سایر استثنائات محدود قانونی باشد، بدون اخذ مجوز اضافی، مجاز تلقی می‌شود. این استفاده‌ها شامل:

۱. نقل قول مستقیم یا غیرمستقیم از بخش‌های مختصر اثر، منحصرأ برای اهداف نقد، تحلیل، آموزش و پژوهش علمی، در حدی که به ماهیت رقابتی یا اثر منجر نشود و جایگزین خرید اثر یا استفاده از نسخه‌های قانونی آن نگردد؛

۲. استفاده در فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی در حدی که از حد «استفاده‌ی منصفانه‌ی واقعی» (در مفهوم قانونی آن) فراتر نرفته و به توزیع گسترده یا سیستماتیک منتهی نشود.
شرط الزامی:

در تمامی موارد فوق:

۱. ذکر کامل منبع (عنوان اثر، نام مؤلف/پدیدآورنده، نام ناشر، سال نشر و در صورت امکان شماره صفحه) الزامی است؛
۲. عدم ذکر منبع، حتی در استفاده‌ی جزئی، سرقت علمی (Plagiarism) محسوب شده و علاوه بر مسئولیت اخلاقی و حرفه‌ای، می‌تواند موجب مسئولیت مدنی و انتظامی در مراجع ذی‌ربط گردد؛

۳. اگر برداشت از اثر از حد نقل قول محدود فراتر رود و ماهیت جایگزین تجاری/آموزشی پیدا کند، نیازمند اخذ اجازه کتبی و قراردادی از ناشر خواهد بود.

ماده ۶: تدابیر فنی حفاظتی (DRM)، امنیت و مهندسی معکوس

۶-۱. تدابیر فنی حفاظتی

در صورتی که اثر (فیزیکی یا دیجیتال) حاوی یکی از موارد زیر باشد:

۱. قفل‌های نرم‌افزاری (DRM)، محدودیت‌های کپی/چاپ، کدهای فعال‌سازی؛
 ۲. واترمارک (Watermark) آشکار یا پنهان، شماره سریال، کدهای رهگیری؛
 ۳. هولوگرام، برچسب‌های امنیتی، یا هرگونه تدابیر حفاظتی فنی دیگر؛
- هرگونه اقدام جهت:

- خنثی‌سازی، شکستن قفل، کرک (Crack)، حذف یا تغییر واترمارک،
- مهندسی معکوس، دی‌کامپایل (Decompile)، دی‌کد (Decode)،
- دور زدن یا تضعیف تدابیر حفاظتی،

طبق مواد ۷۱ تا ۷۳ قانون تجارت الکترونیکی و مواد ۲۵ تا ۲۷ قانون جرایم رایانه‌ای، جرم مستقل محسوب شده و مستوجب مجازات حبس و جریمه نقدی است.

۶-۲. تجهیزات و خدمات واسط

استفاده از هرگونه نرم‌افزار وبسایت، افزونه، اپلیکیشن، VPN، ربات یا هر خدمت واسط که به صورت مستقیم یا غیرمستقیم، برای شکستن DRM، حذف واترمارک، دانلود غیرمجاز، ضبط جریان (Stream) محافظت‌شده یا اشتراک‌گذاری غیرمجاز محتوا به کار می‌رود، ممنوع است. کاربر در استفاده از چنین تجهیزاتی، مسئولیت کامل حقوقی و کیفری عمل خود را می‌پذیرد.

ماده ۷: سلب مسئولیت (Disclaimer) و حدود ضمانت

۷-۱. ماهیت علمی/آموزشی محتوا

ناشر و پدیدآورندگان، نهایت تلاش خود را برای صحت، دقت، اتقان علمی و فنی و به‌روز بودن محتوا به کار بسته‌اند. با این وجود:

۱. هیچ‌گونه ضمانتی (صریح یا ضمنی) مبنی بر بی‌عیب بودن، بدون خطا بودن، کامل بودن، همیشگی بودن به‌روزرسانی، یا تناسب محتوا برای یک هدف خاص (Fitness for a Particular Purpose) ارائه نمی‌شود؛
۲. محتوا جایگزین مشاوره تخصصی حرفه‌ای (در حوزه‌هایی مانند پزشکی، حقوقی، مالی، فنی و...) نیست و کاربر در صورت نیاز، مکلف به مراجعه به متخصص ذی‌صلاح است.

۷-۲. محدودیت مسئولیت ناشر

۱. مسئولیت هرگونه استفاده از اطلاعات، دستورالعمل‌ها، توصیه‌ها، مثال‌ها یا داده‌های موجود در این اثر و عواقب ناشی از آن (اعم از خسارات مستقیم، غیرمستقیم، تبعی، جانی، مالی، از دست رفتن داده، از دست رفتن فرصت تجاری یا آموزشی) تماماً بر عهده کاربر است؛
۲. در هر حال، در صورتی که به موجب رأی قطعی مرجع صالح، مسئولیت مدنی ناشر در قبال کاربر احراز گردد، سقف مسئولیت مالی ناشر در هر دعوا و نسبت به هر کاربر، حداکثر معادل مبلغ واقعی پرداختی آن کاربر برای خرید اثر مربوطه خواهد بود؛
۳. ناشر در قبال خسارات ناشی از موارد خارج از کنترل متعارف خود (قوه قاهره/فورس ماژور)، از جمله اختلالات زیرساختی اینترنت، حملات سایبری، محدودیت‌های حکومتی یا قطعی سرویس‌های ثالث، مسئولیتی نخواهد داشت.

۷-۳. عدم تضمین تداوم دسترسی دیجیتال

در مورد نسخه‌های دیجیتال و آنلاین:

۱. ناشر حق دارد در هر زمان، به تشخیص خود، نسبت به به‌روزرسانی، تغییر، انتقال به پلتفرم دیگر، یا خاتمه عرضه‌ی نسخه‌ی دیجیتال اقدام نماید؛
۲. ناشر تلاش متعارف خود را برای اطلاع‌رسانی قبلی و فراهم کردن راه‌حل جایگزین به کار می‌بندد ولی تضمینی برای تداوم نامحدود دسترسی ارائه نمی‌کند.

ماده ۸: قانون حاکم، حل اختلاف و صلاحیت محلی

۸-۱. قانون حاکم

این میثاق‌نامه از هر حیث، اعم از اعتبار، تفسیر، اجرا، نقض و آثار آن، تابع قوانین و مقررات لازم‌الاجرای جمهوری اسلامی ایران است.

۸-۲. حل اختلاف و مرجع صالح

در صورت بروز هرگونه اختلاف، ادعا، مطالبه یا دعوا ناشی از یا مرتبط با این میثاق‌نامه و آثار ناشر:

۱. ناشر حق دارد حسب صلاحیت خود، موضوع را از طریق مراجع قضایی صالح یا از طریق داوری پیگیری نماید؛
۲. در صورت انتخاب مرجع قضایی، دادگاه‌های عمومی و کیفری مستقر در شهر تهران (یا محل اقامتگاه قانونی ناشر در زمان طرح دعوا) صالح خواهند بود؛
۳. کاربر با تهیه این اثر، صلاحیت محلی دادگاه‌های تهران را پذیرفته و حق هرگونه ایراد به صلاحیت محلی را از خود سلب و ساقط می‌نماید؛
۴. در صورت توافق جداگانه بر داوری، حدود و شرایط داوری در قرارداد یا الحاقیه مربوط تعیین می‌گردد.

ماده ۹: ضمانت اجرا، جبران خسارت و هزینه‌های دادرسی

۹-۱. تعهد به جبران کامل خسارت

کاربر متعهد می‌گردد در صورت نقض هر یک از مفاد این میثاق‌نامه یا هرگونه نقض حقوق مالکیت فکری ناشر:

۱. کلیه خسارات وارده به ناشر، شامل زیان‌های مالی مستقیم، از دست رفتن سود، کاهش فروش، لطمه به شهرت تجاری و برند و خسارات ناشی از توزیع نسخه‌های غیرمجاز را جبران نماید؛

۲. کلیه هزینه‌های دادرسی، کارشناسی، حق الزحمه کارشناسان رسمی، هزینه‌های اجرایی و حق الوکاله وکیل منتخب ناشر را، بر اساس قرارداد وکیل با ناشر، بدون هیچ‌گونه قید و شرط پرداخت نماید؛
 ۳. این تعهد، مانع از پیگیری کیفری ناقض در مراجع صالح نبوده و در کنار مسئولیت کیفری قابل اعمال است.
- ۹-۲. مسئولیت اشخاص حقوقی**
- در صورتی که نقض حقوق ناشر از سوی نهادها، موسسات آموزشی، شرکت‌ها، دانشگاه‌ها یا سایر اشخاص حقوقی صورت گیرد:
۱. شخص حقوقی مزبور نسبت به اعمال مدیران، کارکنان، مدرسان، دانشجویان یا اشخاص وابسته‌ای که تحت نظارت او مرتکب نقض شده‌اند، در حدود قوانین مرتبط، مسئول خواهد بود؛
 ۲. ناشر مجاز است برای جبران خسارت، علیه شخص حقوقی و اشخاص حقیقی دخیل، به‌صورت توأمان یا جداگانه، طرح دعوا نماید.
- ۹-۳. تعلیق یا قطع دسترسی به نسخه‌های دیجیتال**
- در صورت احراز ظن قوی یا اثبات نقض مفاد این میثاق‌نامه از سوی کاربر:
۱. ناشر حق دارد بدون نیاز به اخطار قبلی، دسترسی کاربر به حساب کاربری، نسخه‌های دیجیتال، به‌روزرسانی‌ها و خدمات جانبی مرتبط را به‌طور موقت یا دائم تعلیق یا قطع نماید؛
 ۲. در این صورت، کاربر حق مطالبه استرداد وجه، خسارت یا هر ادعای دیگر را نخواهد داشت.
- ماده ۱۰: نسخه‌های جدید، اصلاح و تغییر شرایط**
- ۱۰-۱. ویراست‌ها و نسخه‌های جدید اثر**
- ناشر مجاز است در هر زمان نسبت به:
۱. انتشار ویراست‌های جدید اثر،
 ۲. افزودن یا حذف فصل‌ها، مثال‌ها، تمرین‌ها،
 ۳. اصلاح خطاها و به‌روزرسانی علمی و فنی محتوا،
- اقدام نماید. کاربر با خرید یک نسخه، صرفاً مالک همان ویراست/نسخه است و نسبت به دریافت رایگان ویراست‌های بعدی، حق نخواهد داشت، مگر آن‌که ناشر صریحاً چنین حق را اعلام کند.
- ۱۰-۲. اصلاح و به‌روزرسانی میثاق‌نامه**
- ناشر حق دارد در هر زمان، به تشخیص خود:
۱. مفاد این میثاق‌نامه را اصلاح، تکمیل یا به‌روزرسانی نماید؛
 ۲. نسخه‌ی جدید میثاق‌نامه را از طریق وب‌سایت، پلتفرم، یا همراه نسخه‌های جدید آثار منتشر کند.
- تداوم استفاده کاربر از آثار و خدمات ناشر پس از انتشار نسخه‌ی جدید میثاق‌نامه، به منزله قبول مفاد اصلاح‌شده خواهد بود. در مورد کاربران نسخه‌های صرفاً چاپی، نسخه‌ی مندرج در تاریخ خرید، مبنا خواهد بود، مگر آن‌که کاربر به‌طور آگاهانه نسخه‌ی جدید را نیز بپذیرد (مثلاً با ایجاد حساب کاربری آنلاین یا استفاده از خدمات دیجیتال).
- ماده ۱۱: سایر مقررات**
- ۱۱-۱. تفکیک‌پذیری (Severability)**
- در صورتی که هر یک از مفاد این میثاق‌نامه، به موجب رأی قطعی مرجع صالح، باطل، غیرقابل اجرا یا خلاف قانون تشخیص داده شود، این امر تأثیری بر اعتبار و قابلیت اجرای سایر مفاد نداشته و سایر بندها به قوت خود باقی خواهند ماند.
- ۱۱-۲. تفسیر به نفع ناشر**
- در موارد ابهام، اجمال یا تعارض ظاهری میان مفاد این میثاق‌نامه و سایر اطلاعات عمومی منتشره توسط ناشر (مانند بروشورها، تبلیغات و اطلاعیه‌ها)، ملاک، متن حاضر و تفسیر حقوقی به‌نفع حفظ حقوق مالکیت فکری ناشر خواهد بود، مگر آن‌که سند مکتوب و امضاشده‌ی دیگری بین ناشر و کاربر وجود داشته باشد که صریحاً بر این متن مقدم شده باشد.
- ۱۱-۳. اولویت نسخه فارسی**
- در صورت تهیه ترجمه‌ای از این میثاق‌نامه به زبان‌های دیگر، در صورت بروز هرگونه اختلاف در تفسیر، نسخه فارسی معیار و حاکم خواهد بود.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۲

- ۱.۱ تعریف ساختمان بلند
- ۱.۲ سیر تکامل ساختمان‌های بلند
- ۱.۳ اجزای ساختمان
- ۱.۴ هزینه‌های اجزای ساختمان
- ۱.۵ جنبه‌های اجتماعی ساختمان‌های بلند
- ۱.۶ گسترش ساختمان‌های بلند
- ۱.۷ محدودیت‌های ارتفاع ساختمان‌های بلند
- ۱.۸ الزامات پی
- ۱.۹ دامنه کاربرد این کتاب

فصل دوم: مشخصات ساختمان‌های بلند ۴۶

- ۲.۱ برخی ویژگی‌های کلیدی ساختمان‌های بلند
- ۲.۲ فرم‌های معماری
- ۲.۳ فرم‌های سازه‌ای
- ۲.۳.۱ سازه‌های داخلی
- ۲.۳.۲ سازه‌های خارجی
- ۲.۴ مصالح سازه‌ای
- ۲.۵ برخی عوامل دیگر کنترل‌کننده عملکرد ساختمان
- ۲.۶ تغییر مکان نسبی بین طبقه‌ای (تغییر مکان نسبی طبقات)
- ۲.۷ کوتاه‌شدگی تفاضلی
- ۲.۸ مشخصات دینامیکی
- ۲.۸.۱ تقریب‌هایی برای زمان تناوب طبیعی سازه
- ۲.۹ سیستم‌های میراگر
- ۲.۹.۱ سیستم‌های غیرفعال
- ۲.۹.۲ سیستم‌های فعال
- ۲.۱۰ ارتباط ارتفاع ساختمان با تعداد طبقات

فصل سوم: انتخاب نوع پی ۵۸

- ۳.۱ مقدمه
- ۳.۲ عوامل مؤثر بر انتخاب پی
- ۳.۳ پی گسترده (رادیه/مت)
- ۳.۳.۱ مفاهیم
- ۳.۳.۲ نمونه‌هایی از پی‌های گسترده

۳.۴ پی گسترده جبران‌شده

۳.۴.۱ مفاهیم

۳.۴.۲ نمونه‌هایی از پی‌های گسترده جبران‌شده

۳.۵ پی‌های شمعی

۳.۵.۱ مفاهیم

۳.۵.۲ بارت‌ها (شمع‌های مستطیلی)

۳.۵.۳ نمونه‌هایی از پی‌های شمعی و بارت

۳.۶ پی‌های گسترده شمع‌دار

۳.۶.۱ مفاهیم

۳.۶.۲ نمونه‌هایی از پی‌های گسترده شمع‌دار

۳.۷ پی گسترده شمع‌دار جبران‌شده

۳.۷.۱ مفاهیم

۳.۷.۲ نمونه‌هایی از پی‌های گسترده جبران‌شده

۳.۸ راهنمای انتخاب پی

۳.۸.۱ تأثیر عرض پی و ضریب اطمینان

۳.۸.۲ تناسب سیستم‌های پی برای شرایط مختلف زمین

۳.۹ برخی گزینه‌های نوآورانه پی

۳.۹.۱ پی‌های پوسته‌ای

۳.۹.۲ پی‌ها برای شرایط زمین دشوار

۳.۹.۳ ملحق‌ات با سختی کنترل‌شده

۳.۹.۴ شمع‌های انرژی

فصل چهارم: فرایند طراحی پی ۷۸

۴.۱ مقدمه

۴.۲ الزامات طراحی عمومی

۴.۳ مسائل کلیدی طراحی

۴.۴ دسته‌بندی‌های طراحی/تحلیل

۴.۵ فرایند کلی طراحی پی

۴.۶ مراحل طراحی پی

۴.۶.۱ طراحی اولیه

۴.۶.۲ طراحی تفصیلی

۴.۶.۳ طراحی نهایی و مطالعه پس از طراحی

۴.۶.۴ برخی مسائل کاربردی طراحی

۴.۶.۴.۱ فاصله شمع‌ها

۴.۶.۴.۲ آرایش شمع‌ها

۴۶.۴.۳ ابعاد شمع

۴۶.۴.۴ شاغولی بودن شمع (قائم بودن شمع)

۴.۷ طراحی برای پایداری (توسعه پایدار)

۴.۸ مثالی از طراحی اولیه پی

۴.۸.۱ برآورد ابعاد و تعداد شمع‌های مورد نیاز

۹۱ فصل پنجم: بارهای ساختمان.....

۵.۱ منابع بارگذاری

۵.۲ سطوح اهمیت و احتمال سالانه تجاوز رویدادهای طراحی

۵.۳ ضرایب بار و ترکیبات بار

۵.۴ ارزیابی اولیه تقریبی بارهای مرده و زنده قائم برای شرایط بهره‌برداری

۵.۵ بارگذاری باد

۵.۵.۱ ماهیت بارگذاری باد

۵.۵.۲ رویه برآورد آثار باد

۵.۵.۳ قواعد سرانگشتی

۵.۵.۴ تقریب‌های اولیه

۵.۵.۵ آزمایش تونل باد

۵.۵.۶ روش‌های کاهش نیروهای باد

۵.۶ بارگذاری‌های زلزله

۵.۷ بارگذاری‌های ناشی از فشار خاک

۵.۸ سایر بارها

۱۰۰ فصل ششم: شناسایی زمین (توصیف زمین).....

۶.۱ مقدمه

۶.۲ جنبه‌های کلیدی شناسایی زمین

۶.۳ روش‌ها و دستورالعمل‌های بررسی زمین

۶.۳.۱ مطالعه کتابخانه‌ای (مطالعه دفتری)

۶.۳.۲ تکنیک‌های بررسی

۶.۳.۲.۱ حفاری دورانی

۶.۳.۲.۲ تکنیک‌های ژئوفیزیکی

۶.۳.۲.۳ یکنواختی ساختگاه، لرزه‌نگاری گمانه‌ای و تصویربرداری توموگرافی لرزه‌ای

۶.۳.۳ گستره بررسی‌ها

۶.۳.۴ ارائه داده‌های بررسی زمین

۶.۳.۵ دلایل احتمالی شکست در فرایند شناسایی زمین

۶.۴ پارامترهای کلیدی طراحی پی

۶.۴.۱ اصول انتخاب پارامترهای طراحی

- ۶.۵ تکنیک‌های آزمایش درجا
- ۶.۶ آزمایشات آزمایشگاهی
 - ۶.۶.۱ آزمایشات معمول
 - ۶.۶.۲ آزمایشات سه‌محوری و مسیر تنش
 - ۶.۶.۳ آزمایش برش ساده
 - ۶.۶.۴ آزمایش ستون تشدید (رزونانس)
 - ۶.۶.۵ آزمایش با سختی قائم (نرمال) ثابت
 - ۶.۷ ارزیابی اولیه پارامترهای پایه خاک
 - ۶.۷.۱ مقدمه
 - ۶.۷.۲ پارامترهای مقاومت برشی زهکشی‌شده
 - ۶.۷.۳ پارامترهای مقاومت برشی زهکشی‌نشده
 - ۶.۷.۴ مدول برشی در کرنش کوچک، G
 - ۶.۷.۴.۱ همبستگی‌ها با SPT
 - ۶.۷.۴.۲ همبستگی‌ها با CPT
 - ۶.۷.۵ پارامترهای تحکیم: نسبت تراکم
 - ۶.۷.۵.۱ همبستگی‌ها با ویژگی‌های شاخص
 - ۶.۷.۵.۲ همبستگی‌ها با مقاومت نفوذ مخروط
 - ۶.۷.۵.۳ اثر پیش‌تحکیمی
 - ۶.۷.۶ مدول محصور، D
 - ۶.۷.۶.۱ همبستگی با تخلخل
 - ۶.۷.۶.۲ همبستگی با CPT
 - ۶.۷.۶.۳ همبستگی با CR
 - ۶.۷.۷ ضریب پواسون، ν
 - ۶.۷.۸ ضریب تحکیم، C_v
- ۶.۸ ارزیابی اولیه پارامترهای تغییرشکل پی
- ۶.۹ پارامترهای تغییرشکل استخراج‌شده از مدول برشی در کرنش کوچک
 - ۶.۹.۱ مقدمه
 - ۶.۹.۲ برآورد مقادیر سکانت مدول خاک برای تحلیل پی
 - ۶.۹.۳ توسعه روابط پارامترها
 - ۶.۹.۳.۱ مصالح الاستیک
 - ۶.۹.۴ نمایش رفتار غیرخطی
 - ۶.۹.۴.۱ مدول برشی G
 - ۶.۹.۴.۲ مدول محصور D
 - ۶.۹.۵ مدول‌های یانگ زهکشی‌شده و زهکشی‌نشده

- ۶.۹.۵.۱ مدول یانگ زهکشی نشده E_u
- ۶.۹.۵.۲ مدول یانگ زهکشی شده E'
- ۶.۹.۶ کاربرد در ژئومتریال‌ها (مصالح زمین‌شناسی)
- ۶.۹.۶.۱ خاک‌های درشت‌دانه
- ۶.۹.۶.۲ رس‌ها و خاک‌های ریزدانه
- ۶.۹.۶.۳ نسبت مدول‌های زهکشی شده به زهکشی نشده
- ۶.۹.۶.۴ سنگ‌ها
- ۶.۹.۷ کاربرد در برآورد حرکت پی
- ۶.۹.۷.۱ برآورد نسبت تنش اعمالی
- ۶.۹.۸ نمونه‌هایی از کاربرد رویکرد
- ۶.۹.۸.۱ آزمایشات شالوده روی رس در بوئکنار، بریتانیا
- ۶.۹.۸.۲ آزمایش بارگذاری شمع، اوپلیکا، ایالات متحده

فصل هفتم: طراحی برای حالت حدی نهایی ۱۳۲

- ۷.۱ مقدمه
- ۷.۲ رویکرد سنتی ضریب اطمینان
- ۷.۳ رویکرد طراحی حالت حدی
- ۷.۳.۱ برآورد ضریب کاهش ژئوتکنیکی ϕ_g
- ۷.۴ طراحی برای بارگذاری چرخه‌ای
- ۷.۵ مسائل اندرکنش خاک و سازه
- ۷.۶ خلاصه فرایند تحلیل طراحی
- ۷.۷ برآورد ظرفیت نهایی پی‌های سطحی و گسترده
- ۷.۷.۱ روش‌های دسته ۱ (تجربی)
- ۷.۷.۲ روش‌های دسته ۲ (ساده‌شده)
- ۷.۷.۲.۱ ظرفیت نهایی تحت بارگذاری‌های ترکیبی
- ۷.۷.۲.۲ ظرفیت باربری خاک‌های ناهمگن
- ۷.۷.۲.۳ شالوده‌ها روی پروفیل‌های خاک لایه‌ای
- ۷.۷.۳ روش‌های دسته ۳
- ۷.۷.۴ خلاصه
- ۷.۸ برآورد ظرفیت نهایی شمع‌ها و گروه‌های شمع
- ۷.۸.۱ ظرفیت محوری تک‌شمع‌ها
- ۷.۸.۱.۱ رویکرد اساسی
- ۷.۸.۱.۲ روش‌های دسته ۱: همبستگی‌ها با داده‌های SPT
- ۷.۸.۱.۳ روش‌های دسته ۱: همبستگی‌ها با داده‌های CPT
- ۷.۸.۱.۴ روش‌های دسته ۱: همبستگی‌ها با مقاومت سنگ

- ۷.۸.۱.۵ روش‌های دسته ۲: روش تنش کل
- ۷.۸.۱.۶ روش‌های دسته ۲: روش تنش مؤثر
- ۷.۸.۱.۷ مقاومت برکنش شمع‌ها
- ۷.۸.۱.۸ سایر روش‌های دسته ۲
- ۷.۸.۱.۹ سایر عوامل مؤثر بر ظرفیت محوری شمع
- ۷.۸.۱.۱۰ روش‌های دسته ۳
- ۷.۸.۲ ظرفیت محوری گروه‌های شمع و پی‌های گسترده شمع‌دار
 - ۷.۸.۲.۱ روش‌های دسته ۲
 - ۷.۸.۲.۲ روش‌های دسته ۳
 - ۷.۸.۳ ظرفیت نهایی تحت بارگذاری جانبی
 - ۷.۸.۳.۱ حالات گسیختگی و شرایط سر شمع
 - ۷.۸.۳.۲ برآورد فشارهای نهایی جانبی شمع-خاک
 - ۷.۸.۳.۳ نظریه‌های تک‌شمع
 - ۷.۸.۳.۴ خاک‌های لایه‌ای و ناهمگن
 - ۷.۸.۳.۵ آثار بارگذاری مایل
 - ۷.۸.۳.۶ گروه‌های شمع
 - ۷.۸.۴ ظرفیت گروه‌های شمع و پی‌های گسترده شمع‌دار تحت بارگذاری‌های ترکیبی
 - ۷.۸.۴.۱ رویکرد دسته ۲
 - ۷.۸.۴.۲ رویکرد دسته ۳
 - ۷.۸.۴.۳ اثر مقادیر مدول خاک استفاده‌شده
 - ۷.۸.۴.۴ اثر انعطاف‌پذیری پی گسترده
- ۷.۹ اصطکاک جدار منفی: یک رویکرد طراحی کاربردی
 - ۷.۹.۱ مقدمه
 - ۷.۹.۲ مسئله اصطکاک منفی
 - ۷.۹.۳ طراحی برای ظرفیت ژئوتکنیکی
 - ۷.۹.۴ طراحی برای ظرفیت سازه‌ای
 - ۷.۹.۵ رویکرد طراحی با در نظر گرفتن نشست سر شمع
 - ۷.۹.۶ مواردی که نشست خاک تا عمق قابل توجهی رخ می‌دهد
 - ۷.۹.۷ آثار بار زنده
 - ۷.۹.۸ آثار گروهی
 - ۷.۹.۹ یادداشتی بر محافظه‌کاری در طراحی برای حرکات زمین
 - ۷.۱۰ ارزیابی موقعیت شمع‌ها
 - ۷.۱۱ جنبه‌های طراحی سازه‌ای
 - ۷.۱۱.۱ مقدمه

- ۷.۱۱.۲ اندرکنش خاک-سازه
- ۷.۱۱.۳ خواص مصالح
- ۷.۱۱.۴ طراحی پی
- ۷.۱۱.۵ طراحی سازه
- ۷.۱۱.۶ طراحی دیوار
- ۷.۱۲ طراحی برای دوام (پایداری طولانی مدت)
- ۷.۱۲.۱ مقدمه
- ۷.۱۲.۲ ملاحظات طراحی دوام
- ۷.۱۲.۳ ارزیابی شرایط محیطی
- ۷.۱۲.۴ دوام بتن‌های مسلح

فصل هشتم: طراحی برای حالات حدی بهره‌برداری ۱۸۴

- ۸.۱ مقدمه
- ۸.۲ معیارهای طراحی برای حالت حدی بهره‌برداری
- ۸.۳ اصول برآورد بهره‌برداری
- ۸.۳.۱ اجزای برآورد
- ۸.۳.۲ تحلیل تحکیم تک‌بعدی متداول
- ۸.۳.۳ کاربرد نظریه الاستیسیته برای تحلیل‌ات سه‌بعدی
- ۸.۳.۴ تقریب مجاز برای اثر بارگذاری زمین بر تسلیم آنی خاک
- ۸.۳.۵ برآورد نشست خزشی
- ۸.۳.۶ نرخ نشست: تحکیم تک‌بعدی
- ۸.۳.۷ نرخ نشست: دو و سه‌بعدی
- ۸.۳.۸ برآورد حرکات افقی پی‌ها و پی‌های گسترده
- ۸.۴ برآورد نشست پی‌های سطحی و گسترده
- ۸.۴.۱ روش‌های دسته ۱
- ۸.۴.۲ روش‌های دسته ۲
- ۸.۴.۳ راه‌حلهایی برای نشست پی‌های سطحی از نظریه الاستیک
- ۸.۴.۳.۱ پی‌های دایره‌ای روی تک لایه
- ۸.۴.۳.۲ بارگذاری یکنواخت روی خاکریزی صاف
- ۸.۴.۳.۳ پی‌های دایره‌ای روی خاک ناهمگن گیسون سویل
- ۸.۵ نشست پی‌های منفرد
- ۸.۵.۱ مقدمه
- ۸.۵.۲ روش‌های دسته ۱
- ۸.۵.۳ روش‌های دسته ۲
- ۸.۶ برآورد نشست گروه‌های شمع

- ۸.۶.۱ مقدمه
- ۸.۶.۲ روش‌های دسته ۱
- ۸.۶.۳ روش‌های دسته ۲
 - ۸.۶.۳.۱ روش نسبت تراکم
 - ۸.۶.۳.۲ روش پی گسترده معادل
 - ۸.۶.۳.۳ روش پی واسط معادل
 - ۸.۶.۳.۴ روش ضریب اندرکنش
 - ۸.۶.۳.۵ برآورد ضرایب اندرکنش
- ۸.۶.۴ سایر مسائل مربوط به نشست گروه شمع
 - ۸.۶.۴.۱ نرخ نشست
 - ۸.۶.۴.۲ تغییرشکل‌های تفاصلی درون یک گروه
 - ۸.۶.۴.۳ آثار تغییر مکان یا لایه‌های معیوب درون یک گروه
 - ۸.۶.۴.۴ آثار لایه‌های بالایی فشردنی
 - ۸.۶.۴.۵ اهمیت غیرخطی بودن
 - ۸.۶.۴.۶ اندرکنش بین گروه‌های مجاور
- ۸.۶.۵ یادداشتی بر سختی پی برای محاسبه نشست پی
- ۸.۶.۶ یادداشتی بر مدل‌سازی تقریبی بارت‌ها
- ۸.۷ برآورد پی‌های گسترده شمع‌دار
 - ۸.۷.۱ روش‌های دسته ۲
 - ۸.۷.۲ روش دسته ۲ برای پی‌های گسترده شمع‌دار
- ۸.۸ برآورد پاسخ جانبی پی
 - ۸.۸.۱ مقدمه
 - ۸.۸.۲ پیش‌بینی بار-تغییرشکل محوری: تحلیلات خطی
 - ۸.۸.۳ تحلیلات غیرخطی
 - ۸.۸.۴ رویه‌ای کاربردی برای برآورد بار-تغییرشکل
 - ۸.۸.۴.۱ برآورد آثار گروهی
 - ۸.۹ ضریب اندرکنش
 - ۸.۹.۱ ضریب اندرکنش
 - ۸.۹.۲ روش‌های گروهی از طریق روش ترکیبی
 - ۸.۹.۳ رویکرد نسبت تغییرشکل گروه
 - ۸.۹.۴ پی واسط معادل
 - ۸.۱۰ تحلیلات دسته ۳ روش‌ها
 - ۸.۱۰.۱ مشخصات مطلوب تحلیل
 - ۸.۱۰.۲ برنامه‌های تحلیل پی

DEFPIG ۸.۱۰.۲.۱

PIGLET ۸.۱۰.۲.۲

REPUTE ۸.۱۰.۲.۳

۸.۱۰.۳ المان‌های محدود

۸.۱۰.۳.۱ فرایند مدل سازی

۸.۱۰.۳.۲ پی‌های دفن شده

۸.۱۰.۳.۳ آثار پوشش پی، سختی پایه سنگ بستر و دیوارهای حائل

۸.۱۰.۳.۴ مجاز بودن برای سختی سازه

۸.۱۰.۴ پی‌های شمع‌دار ساخته شده

۸.۱۰.۴.۱ مدل سازی حفاری و نصب پی

۸.۱۰.۴.۲ نصب پی گسترده

۸.۱۱ ارزیابی مقادیر سختی پی

۸.۱۱.۱ مقدمه

۸.۱۱.۲ رویکردهای جایگزین

۸.۱۱.۳ مدول معادل واکنشگاه زیربنای

فصل نهم: طراحی برای حرکات زمین ۲۴۵

۹.۱ مقدمه؛ منابع حرکات زمین

۹.۲ تحلیل آثار حرکات زمین

۹.۲.۱ حرکات زمین قائم

۹.۲.۲ حرکات زمین قائم

۹.۲.۳ آثار گروهی

۹.۲.۴ بارگذاری در مقابل حرکات زمین در مقابل بارگذاری مستقیم اعمالی

۹.۳ نمودارهای طراحی عمومی دسته ۲ (طراحی)

۹.۳.۱ حرکات زمین در مقابل بارگذاری مستقیم اعمالی

۹.۳.۲ خاک‌های جانبی

۹.۳.۳ خاک‌های جانبی

۹.۴ حرکات ناشی از حفاری و آثار آنها

۹.۴.۱ مقدمه

۹.۴.۲ برآورد حرکات زمین

۹.۴.۲.۱ روش دسته ۱

۹.۴.۲.۲ روش دسته ۲

۹.۴.۲.۳ روش‌های دسته ۳

۹.۴.۳ برخی مشخصات پی‌ها در حفاریات با پشتیبانی

۹.۴.۴ نمودارهای طراحی برای پی‌های تحت حفاریات پشتیبانی شده

- ۹.۴.۵ کاربرد نمودارها در تاریخچه موارد
- ۹.۵ حرکات ناشی از ساخت و ساز و آثار آنها
 - ۹.۵.۱ مقدمه
 - ۹.۵.۲ مشخصات محیط پیرامون یک سیستم پی موجود
 - ۹.۵.۳ حفاری برای بررسی و ساخت پی
 - ۹.۵.۳.۱ حرکات زمین
 - ۹.۵.۴ حفاری برای کلاهک پی در مجاورت پی‌های موجود
 - ۹.۵.۴.۱ حرکات زمین
 - ۹.۵.۴.۲ حرکات زمین
 - ۹.۵.۵ حرکات زمین ناشی از دیوار دیافراگم
- ۹.۶ حرکات ناشی از تونل‌زنی و آثار آنها
 - ۹.۶.۱ مقدمه
 - ۹.۶.۲ حرکات زمین ناشی از تونل‌زنی
 - ۹.۶.۲.۱ روش‌های دسته ۱
 - ۹.۶.۲.۲ روش‌های دسته ۲
 - ۹.۶.۳ اندرکنش پی-خاک و مشخصات رفتار
 - ۹.۶.۳.۱ پی‌های منفرد
 - ۹.۶.۳.۲ گروه‌ها در مقایسه با پی‌های منفرد
 - ۹.۶.۴ نمودارهای طراحی
 - ۹.۶.۵ نمونه کاربرد: تاریخچه مورد در لندن
 - ۹.۶.۶ تحلیل دسته ۳
- ۱۰ طراحی برای بارگذاری‌های دینامیکی
 - ۱۰.۱ مقدمه
 - ۱۰.۲ حرکات دینامیکی
 - ۱۰.۳ برخی جنبه‌های پاسخ دینامیکی
- ۹.۲ تحلیل آثار حرکات زمین
 - ۹.۲.۱ حرکات زمین قائم
 - ۹.۲.۲ حرکات زمین افقی
 - ۹.۲.۳ آثار گروهی
 - ۹.۲.۴ بارگذاری در مقابل حرکات زمین در مقابل بارگذاری اعمالی مستقیم
- ۹.۳ نمودارهای طراحی عمومی دسته ۲ (طراحی)
 - ۹.۳.۱ حرکات زمین قائم
 - ۹.۳.۲ خاک‌های جانبی
 - ۹.۳.۳ خاک‌های جانبی

۹.۴ حرکات ناشی از حفاری و آثار آنها

۹.۴.۱ مقدمه

۹.۴.۲ برآورد حرکات زمین

۹.۴.۲.۱ روش دسته ۱

۹.۴.۲.۲ روش دسته ۲

۹.۴.۲.۳ تحلیلات دسته ۳

۹.۴.۳ برخی مشخصات پی‌ها در حفاریات پشتیبانی‌شده

۹.۴.۴ نمودارهای طراحی برای پی‌های تحت حفاریات پشتیبانی‌شده

۹.۴.۵ کاربرد نمودارها در تاریخچه موارد

۹.۵ حرکات ناشی از ساخت و ساز و آثار آنها

۹.۵.۱ مقدمه

۹.۵.۲ مشخصات محیط اطراف یک سیستم پی موجود

۹.۵.۳ حفاری برای بررسی و ساخت پی

۹.۵.۳.۱ حرکات زمین

۹.۵.۴ حفاری برای کلاهک پی در مجاورت پی‌های موجود

۹.۵.۴.۱ حرکات زمین

۹.۵.۴.۲ حرکات زمین

۹.۵.۵ حرکات زمین ناشی از دیوار دیافراگم

۹.۶ حرکات ناشی از تونل‌زنی و آثار آنها

۹.۶.۱ مقدمه

۹.۶.۲ حرکات زمین ناشی از تونل‌زنی

۹.۶.۲.۱ روش‌های دسته ۱

۹.۶.۲.۲ روش‌های دسته ۲

۹.۶.۳ اندرکنش پی-خاک و مشخصات رفتار

۹.۶.۳.۱ پی‌های منفرد

۹.۶.۳.۲ گروه‌ها در مقابل پی‌های منفرد

۹.۶.۴ نمودارهای طراحی

۹.۶.۵ نمونه کاربرد: تاریخچه مورد در لندن

۹.۶.۶ تحلیل دسته ۳

فصل دهم: طراحی برای بارگذاری‌های دینامیکی ۲۸۵

۱۰.۱ مقدمه

۱۰.۲ حرکات دینامیکی

۱۰.۳ برخی جنبه‌های پاسخ دینامیکی

۱۰.۳.۱ منحنی‌های پاسخ دینامیکی

- ۱۰.۳.۲ سیستم‌های یک درجه آزادی
- ۱۰.۳.۳ سیستم‌های دو درجه آزادی
- ۱۰.۳.۴ مدل‌های پارامتر متمرکز (توده‌ای) برای طراحی پی
- ۱۰.۳.۵ جرم و اینرسی سیستم متمرکز
- ۱۰.۳.۶ سختی
- ۱۰.۳.۷ میراگری
- ۱۰.۴ پاسخ پی به بارگذاری ترکیبی
- ۱۰.۵ انتخاب پارامترهای خاک برای طراحی دینامیکی پی
- ۱۰.۶ اهمیت فرکانس طبیعی ساختگاه
- ۱۰.۷ معیارهای طراحی
- ۱۰.۷.۱ استراتژی‌هایی برای کنترل پاسخ ساختمان
- ۱۰.۸ سختی و میراگری برای پی‌های سطحی
- ۱۰.۸.۱ مقدمه
- ۱۰.۸.۲ راه‌حل‌های اولیه برای تک لایه یکنواخت عمیق
- ۱۰.۸.۲.۱ آثار مدفون‌شدگی
- ۱۰.۸.۳ امپدانس دینامیکی
- ۱۰.۸.۴ راه‌حل‌هایی برای شالوده‌های سطحی و زیرسطحی
- ۱۰.۸.۴.۱ اثر تک لایه محدود
- ۱۰.۸.۵ راه‌حل‌هایی برای شالوده مدفون در تک لایه خاکریز که زیر آن تک لایه عمیق قرار دارد
- ۱۰.۸.۵.۱ اثر تک لایه محدود
- ۱۰.۹ سختی و میراگری پایه‌های استوانه‌ای
- ۱۰.۹.۱ مقدمه
- ۱۰.۹.۲ پاسخ قائم
- ۱۰.۹.۳ پاسخ جانبی
- ۱۰.۱۰ سختی و میراگری شمع‌های منفرد
- ۱۰.۱۰.۱ راه‌حل‌های نموداری
- ۱۰.۱۰.۲ راه‌حل‌های فرم بسته تقریبی
- ۱۰.۱۱ سختی و میراگری گروه‌های شمع
- ۱۰.۱۱.۱ اندرکنش دو شمع
- ۱۰.۱۱.۲ برهم‌نهی برای گروه‌های شمع
- ۱۰.۱۱.۳ استفاده از ضرایب گروهی دینامیکی
- ۱۰.۱۱.۴ برخی مشاهدات در مورد پاسخ دینامیکی گروه شمع
- ۱۰.۱۱.۵ مثال مقایسه‌ای
- ۱۰.۱۲ تحلیلات دسته ۳

فصل یازدهم: طراحی برای رویدادهای لرزه‌ای..... ۳۱۹

۱۱.۱ مقدمه

۱۱.۲ آثار کلیدی زلزله‌ها مرتبط با رفتار پی

۱۱.۳ برآورد خطر لرزه‌ای و مشخصات زلزله

۱۱.۳.۱ مقدمه

۱۱.۳.۲ مشخصات زلزله طراحی

۱۱.۳.۳ اندازه یا بزرگای زلزله

۱۱.۳.۴ نرخ لرزه‌خیزی

۱۱.۳.۵ حداکثر شتاب سنگ بستر

۱۱.۳.۶ مدت زمان

۱۱.۳.۷ دوره تناوب غالب

۱۱.۳.۸ تاریخچه‌های زمانی-شتاب

۱۱.۴ ارزیابی شرایط زمین

۱۱.۴.۱ مقدمه

۱۱.۴.۲ سختی خاک: مدول برشی در کرنش کوچک

۱۱.۴.۳ افت مدول برشی

۱۱.۴.۴ میراگری خاک

۱۱.۴.۵ پارامترهای خاک مرتبط با سطوح شتاب

۱۱.۴.۶ برآورد دوره تناوب طبیعی ساختگاه T_S

۱۱.۴.۷ تحلیلات پاسخ لرزه‌ای ساختگاه

۱۱.۴.۷.۱ تحلیلات تک‌بعدی

۱۱.۴.۷.۲ تعریف سنگ بستر

۱۱.۴.۷.۳ روش‌های ساده‌شده برای برآورد بزرگ‌نمایی حرکت زمین

۱۱.۴.۷.۴ آثار دوبعدی و سه‌بعدی

۱۱.۵ طیف‌های پاسخ سازه‌ای

۱۱.۵.۱ مقدمه

۱۱.۵.۲ مثال: ضوابط استاندارد استرالیا ۲۰۰۷-۴، ۱۱۷۰، ۴ AS

۱۱.۵.۳ برآورد نیروهای ناشی از زلزله

۱۱.۵.۴ دوره تناوب طبیعی سازه

۱۱.۵.۵ اثر سختی پی بر دوره تناوب طبیعی

۱۱.۵.۶ میراگری موثر

۱۱.۶ ارزیابی پتانسیل روانگرایی

۱۱.۶.۱ مقدمه

۱۱.۶.۲ نسبت تنش برشی چرخه‌ای

- ۱۱.۶.۳ روش‌های مبتنی بر داده‌های SPT
- ۱۱.۶.۴ روش‌های مبتنی بر داده‌های CPT
- ۱۱.۶.۵ روش‌های مبتنی بر سرعت موج برشی
- ۱۱.۶.۶ روش مبتنی بر آزمایش دیلاتومتر
- ۱۱.۶.۷ روش مبتنی بر تراکم نسبی
- ۱۱.۶.۸ احتمال روانگرایی
- ۱۱.۶.۹ شاخص پتانسیل روانگرایی
- ۱۱.۶.۱۰ خاک‌های ریزدانه
- ۱۱.۶.۱۱ تولید فشار منفذی
- ۱۱.۶.۱۲ مقاومت پس از روانگرایی
- ۱۱.۶.۱۳ روانگرایی مکرر
- ۱۱.۷ برآورد گسترش جانبی
- ۱۱.۸ آثار زلزله‌ها بر طراحی پی‌های سطحی
 - ۱۱.۸.۱ مقدمه
 - ۱۱.۸.۲ ظرفیت باربری لرزه‌ای
 - ۱۱.۸.۳ کاهش مقاومت خاک ناشی از افزایش فشار منفذی
 - ۱۱.۸.۴ کاهش در ظرفیت باربری ناشی از لایه با مقاومت کاهش‌یافته
 - ۱۱.۸.۵ سختی و میراگری پی
 - ۱۱.۸.۶ آثار روانگرایی بر نشست ساختمان
 - ۱۱.۹ آثار زلزله‌ها بر پی‌های شمعی: بدون روانگرایی
 - ۱۱.۹.۱ مقدمه
 - ۱۱.۹.۲ ارزیابی بارگذاری‌های اینرسی
 - ۱۱.۹.۳ ارزیابی بارگذاری‌های سینماتیکی
 - ۱۱.۹.۴ روش‌های تحلیل ساده‌شده برای لنگرهای سینماتیکی در شمع‌ها
 - ۱۱.۹.۴.۱ روش نیکولائو و همکاران (۲۰۰۱)
 - ۱۱.۹.۴.۲ روش دی لائورا و همکاران (۲۰۱۲)
 - ۱۱.۹.۴.۳ روش دزی و همکاران (۲۰۱۰)
 - ۱۱.۹.۴.۴ دزی و پولوس (۲۰۱۶): گروه‌های شمع
 - ۱۱.۹.۵ تحلیل شبه‌استاتیکی برای پاسخ شمع
 - ۱۱.۹.۶ آثار ترکیبی اینرسی و سینماتیکی
 - ۱۱.۹.۷ نمودارهای طراحی
 - ۱۱.۱۰ سایر جنبه‌ها
 - ۱۱.۱۰.۱ پاسخ محوری شمع
 - ۱۱.۱۰.۲ سختی و میراگری پی

۱۱.۱۰.۳	عملکرد اندازه‌گیری شده پی
۱۱.۱۱	آثار زلزله‌ها بر پی‌های شمعی: شامل روانگرایی
۱۱.۱۱.۱	مقدمه
۱۱.۱۱.۲	تحلیلات ساده شده
۱۱.۱۱.۳	تحلیلات شبه‌استاتیکی
۱۱.۱۱.۳.۱	کوبرینوسکی و ایشیهارا (۲۰۰۴)
۱۱.۱۱.۳.۲	لیانایاتیرانا و پولوس (۲۰۰۵)
۱۱.۱۱.۴	رویکرد ساده شده
۱۱.۱۱.۴.۱	ضریب کاهش مدول β
۱۱.۱۱.۴.۲	حد بالایی برای لنگر خمشی سینماتیکی
۱۱.۱۱.۴.۳	برآورد لنگر خمشی اینرسی در شمع
۱۱.۱۱.۴.۴	اثر پوسته نزدیک به سطح در بالای لایه روانگرا
۱۱.۱۱.۴.۵	مثال
۱۱.۱۲	سایر مسائل طراحی
۱۱.۱۲.۱	پاسخ محوری شمع‌ها
۱۱.۱۲.۲	کمانش شمع
۱۱.۱۲.۳	آثار گروهی
۱۱.۱۳	روش‌های تحلیل دسته ۳
۱۱.۱۳.۱	تحلیلات پاسخ ساختگاه
۱۱.۱۳.۲	تحلیلات مبتنی بر شمع
۱۱.۱۳.۳	تحلیلات کامل
۱۱.۱۴	کاهش (تخفیف) آثار روانگرایی
۱۱.۱۴.۱	دسته‌بندی اقدامات کاهشی
۱۱.۱۴.۲	اقدامات متداول برای تقویت خاک روانگرا
۱۱.۱۴.۳	اقدامات متداول برای تسریع استهلاک فشار منفذی اضافی
۱۱.۱۴.۴	اقدامات کاهشی برای پی‌های شمعی
۱۱.۱۴.۵	برخی روش‌های نوآورانه برای کاهش خطر روانگرایی
۱۱.۱۴.۵.۱	اصلاح غیرفعال از طریق تزریق سیلیکای کلئیدی
۱۱.۱۴.۵.۲	اصلاح بیوژئوشیمیایی

فصل دوازدهم: طراحی دیوارهای زیرزمین و گودبرداری‌ها ۳۸۰

۱۲.۱	مقدمه
۱۲.۲	روش‌های ساخت دیوار
۱۲.۳	انواع دیوار
۱۲.۳.۱	شمع‌های مماس (مجاور)

- ۱۲.۳.۲ شمع‌های متقاطع
- ۱۲.۳.۳ دیوارهای اختلاط خاک
- ۱۲.۳.۴ دیوارهای دیافراگمی
- ۱۲.۳.۵ سیستم‌های پشتیبان دیوار
- ۱۲.۳.۵.۱ مهارکش‌ها (انکرها)
- ۱۲.۳.۵.۲ مهاربندی با استفاده از استرات‌ها
- ۱۲.۴ مسائل طراحی
- ۱۲.۵ معیارهای طراحی
- ۱۲.۵.۱ پایداری و حالت حدی نهایی
- ۱۲.۵.۲ حرکات مجاز بهره‌برداری
- ۱۲.۶ روش‌های تحلیل و طراحی
- ۱۲.۶.۱ روش‌های دسته ۱
- ۱۲.۶.۱.۱ طراحی سازه‌ای
- ۱۲.۶.۱.۲ نشست‌ها
- ۱۲.۶.۲ روش‌های دسته ۲
- ۱۲.۶.۲.۱ پایداری ژئوتکنیکی
- ۱۲.۶.۲.۲ طراحی سازه‌ای
- ۱۲.۶.۲.۳ حرکات زمین
- ۱۲.۶.۲.۴ پایداری هیدرولیکی و جریان ورودی آب زیرزمینی
- ۱۲.۶.۳ روش‌های دسته ۳: شبیه‌سازی فرآیند گودبرداری
- ۱۲.۶.۳.۱ روش تیر بر روی پی الاستیک
- ۱۲.۶.۳.۲ روش اجزای محدود
- ۱۲.۶.۳.۳ مقایسه بین تحلیل‌ات WALLAP و PLAXIS
- ۱۲.۶.۳.۴ برخی مشکلات بالقوه در تحلیل‌ات عددی دسته ۳
- ۱۲.۷ اقدامات کنترلی
- ۱۲.۷.۱ کنترل آثار حرکت زمین
- ۱۲.۷.۲ کنترل آب زیرزمینی

فصل سیزدهم: آزمایش بارگذاری شمع..... ۴۰۵

- ۱۳.۱ مقدمه
- ۱۳.۲ دیدگاه طراح
- ۱۳.۳ انواع آزمایش
- ۱۳.۳.۱ آزمایش بار قائم استاتیکی
- ۱۳.۳.۲ آزمایش بار جانبی استاتیکی
- ۱۳.۳.۳ آزمایش بار دینامیکی

۱۳.۳.۴	آزمایش دو جهته یا سلول اوستربگ
۱۳.۳.۵	آزمایش استاتنامیک
۱۳.۴	خلاصه‌ای از قابلیت‌های روش‌های آزمایش شمع
۱۳.۵	ابزارگذاری آزمایش بارگذاری شمع
۱۳.۵.۱	آزمایشات متداول شمع: بارگذاری از بالا
۱۳.۵.۲	آزمایش سلول O
۱۳.۵.۳	اندازه‌گیری‌های فیبر نوری
۱۳.۶	تفسیر آزمایش
۱۳.۶.۱	ظرفیت باربری نهایی
۱۳.۶.۲	توزیع بار محوری در امتداد بدنه (شفت)
۱۳.۶.۳	سختی شمع
۱۳.۶.۳.۱	مثالی از تفسیر آزمایش بارگذاری
۱۳.۶.۴	معیارهای پذیرش
۱۳.۶.۵	در نظر گرفتن آثار اصطکاک منفی
۱۳.۷	آزمایشات یکپارچگی شمع
۱۳.۷.۱	آزمایش یکپارچگی صوتی
۱۳.۷.۲	نگارنگاری صوتی بین‌گمانه‌ای
۱۳.۷.۳	نگارنگاری گاما
۱۳.۷.۴	پروفایل‌سازی یکپارچگی حرارتی
۱۳.۷.۵	کاوشگر برای ارزیابی پایه شمع
۱۳.۸	ارزیابی تعداد شمع‌ها برای آزمایش
۱۳.۸.۱	آزمایش بارگذاری
۱۳.۸.۲	تعداد آزمایشات یکپارچگی
۱۳.۹	برآورد طول شمع‌های موجود
۴۳۳	فصل چهاردهم: پایش و کنترل عملکرد
۱۴.۱	مقدمه
۱۴.۲	اهداف پایش
۱۴.۳	روش مشاهده‌ای
۱۴.۴	کمیت‌های اندازه‌گیری‌شده
۱۴.۴.۱	سیستم پی
۱۴.۴.۲	درون زمین
۱۴.۴.۳	سازه
۱۴.۵	تکنیک‌های اندازه‌گیری متداول برای پی‌ها
۱۴.۵.۱	نشست‌ها و حرکات جانبی

- ۱۴.۵.۲ سلول‌های فشار
- ۱۴.۵.۳ کرنش سنج‌ها
- ۱۴.۵.۴ پیزومترها
- ۱۴.۵.۵ تغییر طول سنج‌ها (کشش سنج‌ها) و شیب سنج‌ها
- ۱۴.۶ تکنیک‌های اندازه‌گیری مدرن
- ۱۴.۶.۱ فناوری فیبر نوری
- ۱۴.۷ تواتر اندازه‌گیری‌ها
- ۱۴.۸ ترسیم (نمایش) اندازه‌گیری‌ها
- ۱۴.۹ پایش گودبرداری‌های پشتیبانی‌شده و دیوارهای زیرزمین
- ۱۴.۱۰ مثال‌هایی از پایش
- ۱۴.۱۰.۱ برج ۱ وست‌اندشتراسه، فرانکفورت، آلمان
- ۱۴.۱۰.۱.۱ ابزارگذاری
- ۱۴.۱۰.۱.۲ اندازه‌گیری‌های نمونه (معمول)
- ۱۴.۱۰.۲ ساختمان در رسیف، برزیل
- ۱۴.۱۰.۳ برج خلیفه، دبی
- ۱۴.۱۱ مقابله با پیامدهای عملکرد نامناسب پی در حین و پس از ساخت
- ۱۴.۱۱.۱ مقدمه
- ۱۴.۱۱.۲ علل و پیامدهای نواقص شمع
- ۱۴.۱۱.۳ مسائل تحقیقاتی
- ۱۴.۱۱.۴ مسائل طراحی
- ۱۴.۱۱.۵ اصلاح نشست غیریکنواخت
- ۱۴.۱۱.۵.۱ روش‌های سخت
- ۱۴.۱۱.۵.۲ روش‌های نرم
- ۱۴.۱۱.۶ عملیات بهسازی پی
- ۱۴.۱۱.۷ کنترل توزیع بار در سیستم پی

فصل پانزدهم: تاریخچه‌های موردی ۴۵۶

- ۱۵.۱ مقدمه
- ۱۵.۲ نشست‌های معمول پی ساختمان‌های بلند
- ۱۵.۳ مورد ۱: ساختمان لا آرتکا، مکزیک
- ۱۵.۳.۱ درس‌های آموخته‌شده
- ۱۵.۴ مورد ۲: برج‌های دوقلوی امارات، دبی
- ۱۵.۴.۱ مقدمه
- ۱۵.۴.۲ مشخصه‌یابی زمین
- ۱۵.۴.۳ طراحی پی

۱۵.۴.۴	آزمایش بارگذاری شمع
۱۵.۴.۵	پیش‌بینی‌های نشست برای برج‌ها
۱۵.۴.۶	درس‌های آموخته‌شده
۱۵.۵	مورد ۳: برج خلیفه، دبی
۱۵.۵.۱	مقدمه
۱۵.۵.۲	برنامه تحقیقات و آزمایشات ژئوتکنیکی
۱۵.۵.۳	شرایط ژئوتکنیکی
۱۵.۵.۴	طراحی پی
۱۵.۵.۵	ارزیابی پایداری کلی
۱۵.۵.۶	ارزیابی روانگرایی
۱۵.۵.۷	تحلیلات صحت‌سنجی مستقل
۱۵.۵.۷.۱	نتایج FLAC و PIGS برای برج به تنهایی
۱۵.۵.۷.۲	نتایج PIGS برای برج و سکو (پودיום)
۱۵.۵.۷.۳	آثار بارگذاری چرخه‌ای
۱۵.۵.۸	آزمایش بارگذاری شمع
۱۵.۵.۸.۱	برنامه مقدماتی آزمایش شمع
۱۵.۵.۸.۲	ظرفیت بار محوری نهایی
۱۵.۵.۸.۳	اصطکاک جداره نهایی
۱۵.۵.۸.۴	ظرفیت باربری انتهایی نهایی
۱۵.۵.۸.۵	رفتار بار-نشست
۱۵.۵.۸.۶	اثر شمع‌های عکس‌العمل
۱۵.۵.۸.۷	بارگذاری کششی (برکنش) در مقابل فشاری
۱۵.۵.۸.۸	آثار بارگذاری چرخه‌ای
۱۵.۵.۸.۹	بارگذاری جانبی
۱۵.۵.۸.۱۰	برنامه آزمایش شمع‌های اجرایی
۱۵.۵.۸.۱۱	خلاصه نتایج آزمایش شمع
۱۵.۵.۹	عملکرد نشست در حین ساخت
۱۵.۵.۱۰	خلاصه و درس‌های آموخته‌شده
۱۵.۶	مورد ۴: برج ۱۵۱ اینچئون، کره جنوبی
۱۵.۶.۱	مقدمه
۱۵.۶.۲	شرایط زمین و مدل ژئوتکنیکی
۱۵.۶.۳	پلان جانمایی پی
۱۵.۶.۴	بارگذاری‌ها
۱۵.۶.۵	ارزیابی ظرفیت‌های شمع

- ۱۵.۶.۶ ارزیابی رفتار قائم شمع
- ۱۵.۶.۷ نشست‌های پیش‌بینی شده
- ۱۵.۶.۸ ارزیابی رفتار جانبی شمع
- ۱۵.۶.۹ ارزیابی سختی دورانی گروه شمع
- ۱۵.۶.۱۰ بارگذاری چرخه‌ای ناشی از اثر باد
- ۱۵.۶.۱۱ آزمایشات بارگذاری شمع
- ۱۵.۶.۱۲ خلاصه و درس‌های آموخته‌شده
- ۱۵.۷ مورد ۵: برج روی سنگ آهک کارستی، عربستان سعودی
- ۱۵.۷.۱ مقدمه
- ۱۵.۷.۲ شرایط زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی
- ۱۵.۷.۳ مدل ژئوتکنیکی
- ۱۵.۷.۳.۱ مدول یانگ بلندمدت
- ۱۵.۷.۳.۲ اصطکاک جداره نهایی شمع و باربری انتهایی
- ۱۵.۷.۴ جزئیات پی برج
- ۱۵.۷.۵ تحلیل‌ات پی برای طراحی
- ۱۵.۷.۶ بررسی آثار حفره‌ها بر عملکرد پی
- ۱۵.۷.۶.۱ حفره‌های تصادفی در زیر پی گسترده شمع‌دار
- ۱۵.۷.۶.۲ بارهای شمع برای حفره‌های تصادفی
- ۱۵.۷.۶.۳ لنگرها در پی گسترده برای حفره‌های تصادفی
- ۱۵.۷.۷ خلاصه و درس‌های آموخته‌شده

مراجع

مقدمه مترجمان

در سپیده‌دم هزاره سوم، خط افق کلان‌شهرهای جهان به تسخیر سازه‌هایی درآمد که گویی قوانین گرانش را به چالش می‌کشیدند. این جهش عمودی، که پاسخی ناگزیر به محدودیت فزاینده اراضی شهری بود، مهندسی عمران را وارد عرصه‌ای نوین ساخت؛ عرصه‌ای که در آن، مرزهای دانش سازه و ژئوتکنیک در هم تنیده شد و پارادایم‌های پیشین طراحی را برای همیشه دگرگون کرد. امروزه، به لطف پیشرفت‌های شگرف در علم مواد و توان محاسباتی رایانه‌ها، طراحی و تحلیل بخش روسازه آسمان‌خراش‌ها به فرآیندی دقیق و تا حد زیادی قابل پیش‌بینی بدل شده است. اما داستان در تراز زمین و اعماق آن، روایتی کاملاً متفاوت دارد. زمین، این بستر زنده‌ی ناهمگون، برخلاف فولاد و بتن کارخانه‌ای، همواره با عدم قطعیت‌های ذاتی و رفتارهای پیچیده غیرخطی همراه است و اینجاست که چالش اصلی مهندسی ساختمان‌های بلند خود را نمایان می‌سازد.

در پروژه‌های متعارف، عمده‌ی تمرکز بر تأمین ظرفیت باربری نهایی و کنترل نشست کلی سازه معطوف است. اما زمانی که سخن از ابرسازه‌هایی با وزن ده‌ها هزار تن به میان می‌آید، معادلات حاکم به کلی تغییر می‌کنند. در این مقیاس، دیگر صرفاً ظرفیت باربری مطرح نیست؛ بلکه کنترل نشست‌های نامتقارن که می‌تواند به نمای گران‌قیمت برج آسیب‌های جبران‌ناپذیر وارد کند، مهار خیزش و دوران کل سازه تحت تأثیر بارهای جانبی عظیم باد و زلزله، و درک عمیق اندرکنش دینامیکی سه‌بعدی میان خاک، شمع‌ها و سازه، به ستون‌های اصلی فلسفه طراحی تبدیل می‌شوند. این کتاب، که ترجمه آن پیش روی شماست، حاصل عمر پربار علمی و حرفه‌ای شخصیتی است که پاسخی جامع و نظام‌مند برای این چالش‌ها ارائه کرده است: پروفیسور هری جی. پولوس.

اعتبار این اثر، پیش از هر چیز، در نام مؤلف آن نهفته است. پروفیسور پولوس نه تنها یک نظریه‌پرداز برجسته، بلکه یک مهندس تراز اول جهانی است که مَهر تأیید دانش خود را در پای طراحی پی‌شماری از بلندترین و پیچیده‌ترین سازه‌های جهان، از برج خلیفه دبی تا مرکز مالی اینچئون کره جنوبی، به ثبت رسانده است. بزرگ‌ترین میراث علمی او برای جامعه مهندسی، توسعه و ترویج مفهوم انقلابی «پی‌های گسترده شمع‌دار» است. او با نگاهی هوشمندانه، این پرسش بنیادین را مطرح ساخت که چرا باید از ظرفیت باربری قابل توجه خود پی گسترده صرف‌نظر کرد و تمامی بارها را به شبکه‌ای انبوه و پرهزینه از شمع‌ها سپرد؟ نظریه پولوس، نقش شمع‌ها را از «عناصر باربر اصلی» به «عناصر هوشمند کنترل‌کننده و کاهنده نشست» تغییر داد و با این کار، فصلی نو در طراحی بهینه و اقتصادی پی‌های عمیق گشود. این کتاب، عصاره‌ی همان فلسفه و تجربیات گران‌بهاست.

این کتاب، که ترجمه آن پیش روی شماست، در قالب پانزده فصل به شرح زیر تدوین شده است:

- **فصل اول: مقدمه:** این فصل دروازه‌ای به دنیای ساختمان‌های بلند است. مؤلف با تبیین سیر تطور تاریخی، فرم‌های معماری و سازه‌ای، و محدودیت‌های ارتفاع، دیدگاهی کلان نسبت به الزامات کلیدی پی و اهمیت آن در پایداری این سازه‌ها ارائه می‌دهد.
- **فصل دوم: مشخصات ساختمان‌های بلند:** درک رفتار سازه، پیش‌نیاز طراحی پی است. این فصل به کالبدشکافی پدیده‌هایی نظیر تغییر مکان نسبی بین طبقه‌ای (Drift)، کوتاه‌شدگی تفاضلی ستون‌ها، و مشخصات دینامیکی می‌پردازد و پایه‌ای برای فهم حساسیت سازه به نشست فراهم می‌کند.
- **فصل سوم: انتخاب نوع پی:** این فصل یکی از کلیدی‌ترین بخش‌های کتاب است. مؤلف با مقایسه سیستم‌های رادیه، شمع‌های منفرد و گروه شمع‌ها، ایده تکامل‌یافته «پی‌های گسترده شمع‌دار (Piled Raft)» را به عنوان راهکاری بهینه و اقتصادی برای کنترل نشست معرفی می‌کند.

- **فصل چهارم: فرآیند طراحی پی:** نقشه‌راهی گام‌به‌گام برای مهندسان طراح. این فصل فرآیند طراحی را از برآوردهای اولیه تا مطالعات دقیق‌تر فرموله کرده و رویکردی نظام‌مند برای ورود به فاز محاسبات ارائه می‌دهد.
- **فصل پنجم: بارهای ساختمان:** تحلیل دقیق ماهیت بارهای وارده، شامل بارهای مرده، زنده، و به ویژه نیروهای دینامیکی پیچیده ناشی از باد و زلزله، در این فصل با جزئیات بررسی شده است.
- **فصل ششم: شناسایی زمین (توصیف زمین):** استخراج پارامترهای طراحی از دل خاک طبیعی همواره پر از عدم قطعیت است. در این فصل، استراتژی‌های کاوش محلی و تفسیر داده‌های حاصل از تست‌های درجا (مانند SPT و CPT) با رویکردی کاملاً کاربردی تشریح شده‌اند.
- **فصل هفتم: طراحی برای حالت حدی نهایی:** این فصل به مبانی مقاومت و پایداری اختصاص دارد. ارزیابی ظرفیت باربری محوری و جانبی، تحلیل پدیده مخرب «اصطکاک جدار منفی» و الزامات سازه‌ای پی، شاکله این بخش را تشکیل می‌دهند.
- **فصل هشتم: طراحی برای بارگذاری‌های حالت حدی قابلیت بهره‌برداری:** هسته مرکزی طراحی پی سازه‌های بلند در این فصل قرار دارد. محاسبات پیشرفته نشست‌های الاستیک و تحکیمی، و روش‌های ارزیابی دقیق سختی خاک و شمع برای تضمین عملکرد مطلوب سازه در طول عمر مفید آن ارائه شده است.
- **فصل نهم: طراحی برای حرکات زمین:** توسعه فضاهای زیرزمینی در کلان‌شهرها اجتناب‌ناپذیر است. این فصل به تحلیل اندرکنش سازه با حرکات ناشی از گودبرداری‌ها و تونل‌سازی‌های مجاور می‌پردازد.
- **فصل دهم: طراحی برای بارهای دینامیکی:** پاسخ ارتعاشی پی به بارهای تناوبی نظیر وزش بادهای شدید و عملکرد سیستم‌های میراگر خاک در این فصل تحلیل می‌شود.
- **فصل یازدهم: طراحی برای رویدادهای لرزه‌ای:** مقابله با زلزله، چالشی حیاتی است. بررسی پدیده روانگرایی، افت مقاومت خاک، و تمایز ظریف میان لنگرهای اینرسیایی (ناشی از روسازه) و لنگرهای سینماتیکی (ناشی از تغییرشکل زمین) در این فصل بررسی می‌گردد.
- **فصل دوازدهم: طراحی دیوارهای زیرزمین و گودبرداری‌ها:** سازه‌های بلند نیازمند زیرزمین‌های عمیق هستند. این فصل طراحی سیستم‌های حائل و پایداری گودهای عمیق را پوشش می‌دهد.
- **فصل سیزدهم: آزمایش بارگذاری شمع:** تئوری‌ها نیازمند راستی‌آزمایی هستند. تفسیر نتایج تست‌های استاتیکی، دینامیکی و روش‌های نوینی چون سلول اوستربرگ (O-Cell) برای کنترل ظرفیت و یکپارچگی شمع‌ها در این فصل تدریس می‌شود.
- **فصل چهاردهم: پایش و کنترل عملکرد:** استفاده از ابزار دقیق و مانیتورینگ رفتار واقعی پی در حین و پس از ساخت، به عنوان ابزاری برای تأیید فرضیات طراحی در این فصل تبیین شده است.
- **فصل پانزدهم: تاریخچه‌های موردی:** اوج هنر مؤلف در این فصل تجلی می‌یابد. بررسی تحلیلی پروژه‌های واقعی و شاخص جهانی (از جمله برج خلیفه دبی و برج اینچئون)، کتاب را از یک مرجع تئوریک به یک کارگاه آموزشی عملی تبدیل می‌کند.

آنچه این اثر را از یک کتاب درسی کلاسیک متمایز می‌کند، معماری منسجم و جریان منطقی آن است. کتاب با تشریح دقیق ماهیت بارهای وارده و کالبدشکافی رفتار سازه‌های بلند آغاز می‌شود و سپس با ارائه یک چارچوب فکری قدرتمند،

به طراح کمک می‌کند تا پیش از غرق شدن در محاسبات عددی، استراتژی بهینه طراحی پی را انتخاب کند. در ادامه، مؤلف با وسواسی مثال‌زدنی به سراغ حساس‌ترین بخش کار، یعنی شناسایی مشخصات ژئوتکنیکی بستر می‌رود و روش‌های استخراج پارامترهای طراحی واقعی از دل نتایج آزمایش‌های صحرایی و آزمایشگاهی را به تفصیل شرح می‌دهد. هسته محاسباتی کتاب بر مبنای رویکرد مدرن و منطقی «طراحی بر اساس حالات حدی» بنا شده و ضمن ارائه روش‌های تحلیلی دقیق برای محاسبه ظرفیت باربری و نشست، به پدیده‌های ویرانگری همچون «اصطکاک منفی جدار شمع‌ها» نیز می‌پردازد.

اما جامعیت این مرجع زمانی آشکارتر می‌شود که به فصول مربوط به تحلیل‌های دینامیکی و لرزه‌ای می‌رسیم. در این بخش‌ها، پولوس با نگاهی عمیق، تمایز حیاتی میان «لنگرهای اینرسیایی» ناشی از حرکت روسازه و «لنگرهای سینماتیکی» ناشی از تغییر شکل خودِ زمین در هنگام زلزله را تشریح می‌کند؛ نکته‌ای که غفلت از آن می‌تواند ایمنی کل سیستم پی را به مخاطره اندازد. اوج هنر مؤلف، در فصل پایانی کتاب تجلی می‌یابد؛ جایی که تمامی نظریه‌ها، روابط و نمودارها در قالب تحلیل تاریخچه‌های موردی پروژه‌های واقعی، جان می‌گیرند و کتاب را به یک کارگاه آموزشی کم‌نظیر تبدیل می‌کنند.

در ایران عزیز ما که از یک سو با چالش لرزه‌خیزی بالا و از سوی دیگر با موج فزاینده بلندمرتبه‌سازی در کلان‌شهرها روبروست، وجود چنین مرجع جامع و عمل‌گرایانه‌ای یک ضرورت انکارناپذیر ملی محسوب می‌شود. خلأ یک راهنمای مدون که بتواند تمامی جنبه‌های طراحی ژئوتکنیکی این سازه‌های خاص را از مبانی تا اجرا پوشش دهد، همواره محسوس بوده است. بر همین اساس، تیم ترجمه با درک این رسالت خطیر، کوشید تا اثری درخور شأن جامعه مهندسی کشور ارائه دهد. در این مسیر، وفاداری به متن اصلی، معادل‌سازی دقیق واژگان تخصصی بر اساس استانداردهای ملی، و بازبینی مکرر تمامی روابط و فرمول‌های ریاضی، در اولویت نخست قرار داشت.

افزون بر این، برای ارتقاء درک بصری و تسهیل مطالعه مفاهیم پیچیده، تمامی اشکال، نمودارها و دیتیل‌های اجرایی کتاب به صورت کامل و با کیفیتی به مراتب بالاتر از نسخه اصلی، بازترسیم، ترجمه و رنگی‌سازی شده‌اند تا توزیع تنش‌ها، اندرکنش اجزای مختلف و لایه‌بندی خاک به شکلی ملموس‌تر قابل درک باشد. همچنین، با هدف یکسان‌سازی مفاهیم و یاری رساندن به خواننده برای ورود به دنیای تخصصی کتاب، یک واژه‌نامه جامع انگلیسی به فارسی در انتهای اثر تدوین گردیده که مطالعه آن پیش از ورود به فصول اصلی، اکیداً توصیه می‌شود. امید است این تلاش متواضعانه، گامی مؤثر در جهت ارتقای ایمنی و کیفیت ساخت‌وساز در کشورمان باشد و چراغ راه مهندسان جوان و خلاق گردد که فردای صنعت عمران ایران را خواهند ساخت. بی‌شک، نظرات و نقدهای سازنده اساتید و همکاران ارجمند، کیفیت این اثر را در چاپ‌های آتی دوچندان خواهد کرد.

مهندس علیرضا صالحین و دکتر پویا آرزومند امیدی لنگرودی، دکتر حسین لطفی

بهار ۱۴۰۵

پیش‌گفتار مؤلف

من برای نزدیک به سه دهه در زمینه طراحی پی ساختمان‌های بلند فعالیت داشته‌ام؛ دوره‌ای که در طول آن، رکوردهای ارتفاع ساختمان بارها شکسته شده است. متناسب با این روند، انتظارات از طراحی پی برای این ساختمان‌ها نیز افزایش یافته و منجر به تغییرات چشمگیری در رویه‌های اجرایی طراحی گردیده است. تکنیک‌های پیشرفته و نوین اکنون به رویه‌ای معمول تبدیل شده‌اند و کمیت و کیفیت داده‌های ژئوتکنیکی که برای فرآیند طراحی به دست می‌آیند نیز به طور قابل توجهی بهبود یافته است. اکنون که به خوبی در دهه هشتم زندگی‌ام پیش می‌روم، احساس کردم ممکن است ارائه رویکردی در زمینه طراحی پی ساختمان‌های بلند سودمند باشد؛ رویکردی که من و همکاران مشاور و دانشگاهی‌ام توسعه داده و در تعداد قابل توجهی از پروژه‌ها به کار گرفته‌ایم.

رویکردی که در این کتاب تشریح می‌شود، از یک فرآیند سه‌مرحله‌ای بهره می‌گیرد که با یک فاز طراحی اولیه یا مفهومی آغاز شده، در ادامه با یک فاز تفصیلی همراه می‌شود و سپس به یک فاز نهایی می‌رسد که در آن تمام جنبه‌ها بررسی شده، نقشه‌های اجرایی نهایی می‌گردند و طراحی برای اجرا آماده می‌شود. سطح پیچیدگی محاسباتی و میزان داده‌های ژئوتکنیکی در دسترس، عموماً با پیشروی در هر فاز افزایش می‌یابد؛ به طوری که اغلب با مقدار نسبتاً کمی از داده‌ها شروع شده و سپس با پیشرفت فرآیند طراحی، بر جزئیات و کمیت آن‌ها افزوده می‌شود. این فاز دوم معمولاً شامل حفاری‌های دقیق، عملیات ژئوفیزیکی و آزمایشات برجا (in situ) و آزمایشگاهی است. فاز نهایی نیز آزمایش عناصر میدانی (field element testing) را (که معمولاً بر روی شمع‌ها و احتمالاً پی‌های سطحی انجام می‌شود) در بر می‌گیرد تا امکان بهینه‌سازی و «تنظیم» نهایی طراحی فراهم گردد.

اهداف این کتاب به شرح زیر است:

۱. شفاف‌سازی مسائلی که باید در طراحی در نظر گرفته شوند، نه تنها از منظر بارهای سازه‌ای، بلکه از منظر بارهایی که از سمت زمینی که پی‌ها در آن قرار دارند، ناشی می‌شوند.
۲. خلاصه‌سازی بخشی از اطلاعات موجود در زمینه تکنیک‌های طراحی ژئوتکنیکی، برای هر یک از سه فاز طراحی. این تکنیک‌ها طیف گسترده‌ای را در بر می‌گیرند؛ از رویکردهای تجربی که به عنوان اولین برآورد تقریبی از الزامات طراحی می‌توانند استفاده گردند، تا روش‌های ساده‌شده اما اصولی که ممکن است برای طراحی تفصیلی به کار روند و در نهایت تحلیلات عددی دقیقی که برای مراحل پایانی فرآیند طراحی مناسب هستند.
۳. ارائه روش‌هایی که به کمک آن‌ها پارامترهای مرتبط با طراحی پی را می‌توان ارزیابی نمود.
۴. بحث پیرامون رویه‌های آزمایش شمع و سپس پایش عملکرد پی در طول ساخت و پس از آن.
۵. ارائه برخی جزئیات از تعداد محدودی از تاریخچه‌های موردی (case histories) که در آن‌ها تکنیک‌های مختلف تحلیل و طراحی تشریح شده در این کتاب، به کار گرفته شده‌اند. این تاریخچه‌های موردی صرفاً به مواردی محدود می‌شوند که من در آن‌ها مشارکت داشته‌ام، اما نشریات دیگری نیز وجود دارند که تاریخچه‌های موردی بسیار بیشتری را مورد بحث قرار می‌دهند، به عنوان مثال، همسلی (Hemsley) (۲۰۰۰) و کاتزنباخ و همکاران (Katzenbach et al.) (۲۰۱۶).

اگرچه تمرکز این کتاب بر طراحی ژئوتکنیکی پی‌ها است، اما بخش‌های کوتاهی نیز به سایر جنبه‌های طراحی ساختمان‌های بلند اختصاص یافته است که طراح ژئوتکنیک باید با آن‌ها آشنا باشد. این موارد شامل فرم‌های مختلف سازه‌ای در ساختمان‌های بلند، گزینه‌های در دسترس برای سیستم پی، منابع متنوع بار وارد بر پی‌ها و برخی جنبه‌های بسیار پایه‌ای از طراحی سازه‌ای سیستم پی می‌گردد.

به دلیل منابع متنوع اطلاعاتی که در این کتاب گنجانده شده است، هیچ تلاشی برای یکسان‌سازی علائم و نمادها صورت نگرفته است. در عوض، نمادگذاری منبع اصلی عموماً با برخی تغییرات جزئی حفظ شده است. در نتیجه، نمادهای پرکاربرد بسیاری وجود دارند که معنای آن‌ها به شدت تابع متنی است که در آن ظاهر می‌شوند. بر این اساس، تعریف نمادهایی مانند $\alpha, \beta, a, b, c, d, D, e, L, k, K, P, p, R, u$ ، در میان بسیاری از نمادهای دیگر، باید پیش از استفاده به دقت بررسی گردد.

حوزه مهندسی ژئوتکنیک و زیرشاخه آن (یعنی طراحی پی) به طور مداوم در حال توسعه و پیشرفت است و از این رو، ممکن است برخی از مطالب این کتاب با گذشت زمان قدیمی شوند. با این وجود، اصول کلی ارائه شده در این کتاب از منظر فلسفی نسبتاً پایه‌ای هستند و امید می‌رود که در مقایسه با برخی از روش‌های محاسبه تجربی و ساده‌شده، با دوام بیشتری در گذر زمان ماندگار بمانند.

اچ. جی. پولوس (H.G. Poulos)

سیدنی، استرالیا

ژانویه ۲۰۱۷

درباره مؤلف

پروفسور هری جی. پولوس (Harry G. Poulos) (دارای عناوین و افتخارات AM, FAA, FTSE, NAE, DScEng)، مدیر ارشد در شرکت مهندسين مشاور ژئوتکنیک کافی (Coffey Geotechnics) مستقر در سیدنی استرالیا و همچنین استاد ممتاز (Emeritus Professor) در دانشگاه سیدنی است. وی در شمار زیادی از پروژه‌های کلان در داخل استرالیا و سایر نقاط جهان مشارکت داشته است که از آن جمله به پروژه بزرگراه ایگناتیا اودوس (Egnatia Odos) در کشور یونان، برج خلیفه (Burj Khalifa) در شهر دبی و برج دبی در دوحه قطر می‌توان اشاره نمود.

ایشان در سال ۱۹۸۸ به عنوان عضو پیوسته آکادمی علوم استرالیا (Australian Academy of Science) و در سال ۱۹۹۶ به عنوان عضو پیوسته آکادمی علوم فناوری و مهندسی استرالیا (Australian Academy of Technological Sciences and Engineering) انتخاب گردیدند. او در طول فعالیت حرفه‌ای خود جوایز و افتخارات متعددی را دریافت کرده است که شامل مدال طلای کوین نش (Kevin Nash Gold Medal) از سوی انجمن بین‌المللی مکانیک خاک و مهندسی ژئوتکنیک در سال ۲۰۰۵ می‌شود.

وی در سال ۱۹۸۹ به عنوان سخنران مدعو رویداد معتبر رانکین (Rankine Lecturer) و در سال ۲۰۰۴ به عنوان سخنران رویداد ترزاچی (Terzaghi Lecturer) برگزیده شد و همچنین از جانب موسسه مهندسان استرالیا (Institution of Engineers Australia) عنوان مهندس عمران سال استرالیا را در سال ۲۰۰۳ از آن خود کرد. در سال ۱۹۹۳، به پاس خدمات ارزنده‌اش به حوزه مهندسی، به مقام عضویت در نشان استرالیا (Member of the Order of Australia) نائل آمد و در سال ۲۰۱۰، به عنوان عضو برجسته (Distinguished Member) انجمن مهندسان عمران آمریکا (American Society of Civil Engineers) انتخاب شد. در نهایت، در سال ۲۰۱۴ نیز به عنوان عضو خارجی آکادمی ملی مهندسی ایالات متحده (U.S. National Academy of Engineering) برگزیده شد.

آشنایی با مترجمان



مهندس علیرضا صالحین، متخصص و فعال در حوزه‌های فنی و مهندسی است که تخصص خود را در چند شاخه متمایز شامل مهندسی عمران، معماری، فناوری اطلاعات (IT) و همچنین مکانیک و الکترونیک خودرو توسعه داده است. رویکرد حرفه‌ای ایشان مبتنی بر استفاده از فناوری اطلاعات به عنوان حلقه واسط میان رشته‌های مهندسی است؛ موضوعی که در توانمندی ایشان در ارزیابی نرم‌افزارهای تخصصی عمران و معماری و همچنین سیستم‌های الکترونیکی خودرو نمود پیدا کرده است. ایشان دارای بیش از ۲۰ سال سابقه اجرایی در پروژه‌های عمرانی و ساخت‌وساز هستند. حضور مستمر در محیط‌های کارگاهی و صنعتی باعث شده تا فعالیت ایشان صرفاً به مباحث تئوریک محدود نشود. مهندس صالحین با شناخت چالش‌های اجرایی، به عنوان تحلیلگر و منتقد در صنایع ساخت‌وساز و خودرو فعالیت داشته و هدف اصلی خود را در پروژه‌ها و مستندسازی‌ها، کاهش فاصله میان آموزش‌های آکادمیک دانشگاهی و نیازهای واقعی و روزمره بازار کار تعیین کرده‌اند.

در حوزه نشر و ترویج دانش، مهندس صالحین از سال ۱۳۹۲ مسئولیت «مدیریت علمی» نشر دانشگاهی فرهنگ را بر عهده دارند. وظیفه ایشان در این سمت، نیازسنجی بازار مهندسی، انتخاب عناوین کاربردی، ارزیابی صحت علمی متون ترجمه‌شده و نظارت بر کیفیت فنی کتب پیش از چاپ است. در ادامه این مسیر، ایشان با هدف توسعه فعالیت‌های مستقل در زمینه تولید محتوای تخصصی، «انتشارات علمی صالحین» را در سال ۱۴۰۴ تأسیس نمودند تا پلتفرم جدیدی برای نشر منابع میان‌رشته‌ای فراهم کنند. حاصل فعالیت‌های مستمر ایشان در مستندسازی و نشر، مشارکت در تولید بیش از ۸۵ عنوان کتاب مرجع و کاربردی (بیش از ۲۵ هزار صفحه کتاب) است. نقش ایشان در این آثار شامل تألیف، ترجمه، گردآوری و ویراستاری علمی است. عمده این کتب بر آموزش نرم‌افزارهای پیشرفته مهندسی عمران و معماری، راهنماهای اجرایی ساختمان، و همچنین مباحث فنی خودرو متمرکز هستند و به عنوان منابع کمک‌آموزشی مورد استفاده دانشجویان مهندسی و تکنسین‌های اجرایی قرار می‌گیرند.



دکتر پویا آرزومند امیدوی لنگرودی، دارای مدرک دکتری تخصصی (Ph.D) مهندسی عمران در گرایش مهندسی سازه هستند. تمرکز اصلی تخصص و فعالیت‌های پژوهشی ایشان بر مرزهای دانش در حوزه‌های مهندسی سازه و زلزله قرار دارد. این فعالیت‌های علمی به طور ویژه به تحلیل رفتار لرزهای سازه‌های فولادی و همچنین مدل‌سازی‌های پیشرفته عددی در این حوزه اختصاص یافته است. در بخش دستاوردهای آکادمیک، پژوهش‌های ایشان به انتشار مقالات متعدد در نشریات معتبر بین‌المللی (ISI) منجر شده است. چاپ این مقالات در ژورنال‌هایی با رتبه‌بندی کیفی ممتاز (نظیر Q_1 و Q_2)، نشان‌دهنده اعتبار خروجی‌های پژوهشی ایشان است. افزون بر این، حضور در کمیته‌های علمی و فعالیت به عنوان عضو هیئت داوران در مجلات تخصصی بین‌المللی، جایگاه و نقش ارزیابانه ایشان را در مجامع علمی نشان می‌دهد.

در کنار فعالیت‌های تخصصی مهندسی، دکتر آرزومند حضور فعال و شناخته‌شده‌ای در صنعت نشر کشور دارند. ایشان در جایگاه مؤلف، مترجم و ویراستار فنی با ناشرانی همچون «نشر دانشگاهی فرهنگ» و «انتشارات صالحین» همکاری مستمر داشته‌اند. خروجی این همکاری‌ها، انتشار بیش از ۲۵ عنوان کتاب است که علاوه بر منابع تخصصی مهندسی سازه، گستره موضوعی متنوعی شامل روانشناسی و فناوری‌های روز را نیز در بر می‌گیرد و نشان‌دهنده فعالیت میان‌رشته‌ای ایشان است.



دکتر حسین لطفی، دانش‌آموخته مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی مهندسی عمران در گرایش مکانیک خاک و مهندسی پی (ژئوتکنیک) می‌باشند. تمرکز مطالعاتی ایشان در مقطع دکتری بر «بررسی عددی تاثیر اندرکنش سازه و خاک بر روی رفتار لرزه‌ای دیوارهای خاک مسلح پشت‌به‌پشت» معطوف بوده است؛ پژوهشی که نشان از تسلط عمیق ایشان بر روش‌های پیشرفته مدل‌سازی عددی، تحلیلات دینامیکی و شناخت رفتار پیچیده مصالح ژئوستتیک تحت بارهای لرزه‌ای دارد.

ایشان در عرصه مهندسی حرفه‌ای، با در اختیار داشتن پروانه اشتغال به کار پایه یک از سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران، سال‌ها تجربه عملی در پروژه‌های عمرانی را در کارنامه خود ثبت کرده‌اند. افزون بر این، همکاری مستمر و تخصصی ایشان با شرکت «پارس ژئو آزما» در زمینه طراحی، توسعه و تجهیز دستگاه‌های آزمایشگاهی مکانیک خاک، حلقه اتصال ارزشمندی میان تئوری‌های دانشگاهی و رفتار واقعی خاک در محیط آزمایشگاهی ایجاد کرده است. این همکاری که با تعامل سازنده با دانشگاه‌ها و مراکز طراز اول تحقیقاتی همراه است، دیدگاهی جامع‌نگر در حوزه ژئوتکنیک به ایشان بخشیده است.

ترجمه اثری چنین تخصصی، علاوه بر دانش مهندسی، نیازمند تسلطی بنیادین بر زبان مبدأ است. سابقه طولانی دکتر لطفی در تدریس زبان انگلیسی در آموزشگاه‌های معتبر، موجب شده تا مفاهیم غامض علمی کتاب حاضر، در قالبی روان، شیوا و با حفظ امانت‌داری در اصطلاحات تخصصی، به زبان فارسی برگردانده شود.

شایان ذکر است که روحیه موشکافانه و دقت‌نظر ایشان، فراتر از مرزهای مهندسی عمران نیز تبلور یافته است؛ چنان‌که ایشان با بهره‌گیری از همین دقت تحلیلی، در حال حاضر به عنوان کارشناس رسمی دادگستری در رشته «حالا، جواهر، نقره و ساعت» نیز فعالیت می‌نمایند که خود گواهی بر توانمندی‌های چندوجهی و تمرکز بالای ایشان در ارزیابی‌های دقیق فنی و کارشناسی است.

فصل اول: مقدمه

۱.۱ تعریف یک ساختمان بلند

ساختمان‌های بلند که از آن‌ها با عناوین ساختمان‌های مرتبه بالا (high-rise buildings) یا آسمان‌خراش‌ها نیز یاد می‌شود، جزء جدایی‌ناپذیری از شهرهای مدرن به شمار می‌روند و این اصطلاحات در این کتاب به صورت مترادف به کار خواهند رفت. تعریفی که کریگ‌هد (Craighead) (۲۰۰۹: ۱) از یک «ساختمان بلند» ارائه می‌دهد، به این شرح است: «سازه‌ای چند طبقه که در آن اکثر ساکنان برای رسیدن به مقاصد خود در داخل ساختمان، به آسانسورها (بالابرها) وابسته هستند». از جمله ویژگی‌های چنین ساختمان‌هایی این است که ارتفاع می‌تواند تأثیر جدی بر روند تخلیه بگذارد و همچنین، امتداد ارتفاع آن‌ها از حداکثر برد تجهیزات آتش‌نشانی موجود فراتر می‌رود.

ارتفاعی که در آن یک ساختمان به عنوان یک ساختمان بلند شناخته می‌شود، به صورت جهانی تعریف نشده است، هرچند به طور کلی پذیرفته شده است که ساختمان‌های دارای بیش از حدود ۴۰ طبقه را می‌توان به عنوان ساختمان‌های مرتبه بالا در نظر گرفت. ساختمان‌های نسبتاً لاغر (slender) با تعداد طبقات کمتر، یا ساختمان‌هایی در برخی از شهرهای اروپایی نیز ممکن است در زمره ساختمان‌های بلند محسوب شوند.

با توسعه ساختمان‌های بسیار بلند در طول دو دهه گذشته، اصطلاحات «فوق بلند» (super-tall) یا «مرتبه بالای فوق‌العاده» (super high-rise) برای توصیف ساختمانی با ارتفاع ۳۰۰ متر یا بیشتر به کار می‌روند. در سال‌های اخیر، اصطلاح «مگا بلند» (megatall) برای ساختمان‌هایی با ارتفاع بیش از ۶۰۰ متر مورد استفاده قرار گرفته است. شورای ساختمان‌های بلند و زیستگاه شهری (CTBUH) بر همین اساس، محدوده‌های زیر را برای ارتفاع ساختمان‌ها مشخص کرده است:

- ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر: ساختمان‌های بلند
- ۳۰۰ تا ۶۰۰ متر: ساختمان‌های فوق بلند
- بیش از ۶۰۰ متر: ساختمان‌های مگا بلند

در سال ۲۰۱۶، در سطح جهان بیش از ۱۰۰ ساختمان فوق بلند و ۲ ساختمان مگا بلند به طور کامل احداث شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته بودند.

۱.۲ سیر تکامل ساختمان‌های بلند

ساختمان‌های بلند مدرن در دهه ۱۸۸۰ میلادی در شهر شیکاگوی ایالات متحده آمریکا تکامل یافتند و در طول دهه‌های پس از آن، اکثریت ساختمان‌های بلند در این کشور احداث شدند. ساختمان‌های بلند اولیه با استفاده از دیوارهای باربر یا باربر (load bearing walls) ساخته می‌شدند، اما با ظهور فولاد ساختمانی، ساختمان‌های بلند در شهرهایی نظیر نیویورک، فیلادلفیا و لندن پدیدار گشتند. از اواخر قرن نوزدهم تا اواخر نیمه دوم قرن بیستم، نیویورک در احداث ساختمان‌های بلند پیشگام شد و رکورد جهانی ارتفاع ساختمان را در اختیار داشت؛ ابتدا با ساختمان کرایسلر (Chrysler)، سپس ساختمان امپایر استیت (Empire State) و پس از آن برج‌های مرکز تجارت جهانی (World Trade Center). در سال ۱۹۷۴، برج سیرز (Sears Tower) در شیکاگو این جایگاه را از آن خود کرد و تا سال ۱۹۹۸ آن را حفظ نمود، تا زمانی که عنوان بلندترین ساختمان با تکمیل برج‌های پتروناس (Petronas Towers) به کوالالامپور در مالزی منتقل شد. متعاقباً، این جایگاه توسط تایپه تسخیر شد و سپس در سال ۲۰۱۰ به دبی رسید.

ساختمان‌های بلند در طول سه دهه گذشته به یک پدیده جهانی تبدیل شده‌اند، اما تمرکز ویژه‌ای در آسیا و خاورمیانه داشته‌اند. جدول ۱.۱ خلاصه‌ای از بلندترین ساختمان‌های مدرن جهان را از سال ۱۸۸۵ و بر اساس داده‌های پارکر و وود (۲۰۱۳) ارائه می‌دهد.

۱۲ ساختمان بلند در سطح جهان تا پایان سال ۲۰۱۵، در جدول ۱.۲ فهرست شده‌اند.

جدول ۱.۱: بلندترین ساختمان‌ها از سال ۱۸۸۵

سال	مکان	ساختمان	ارتفاع (متر)
۱۸۸۵	شیکاگو	بیمه خانه (Home Insurance)	۵۵
۱۸۹۰	نیویورک	ورلد (World)	۹۴
۱۸۹۴	نیویورک	منهتن لایف (Manhattan Life)	۱۰۶
۱۸۹۹	نیویورک	پارک رو (Park Row)	۱۱۹
۱۹۰۸	نیویورک	سینگر (Singer)	۱۸۷
۱۹۰۹	نیویورک	مت لایف (Met Life)	۲۱۳
۱۹۱۳	نیویورک	وول‌ورث (Woolworth)	۲۴۱
۱۹۳۰	نیویورک	بانک منهتن (Bank of Manhattan)	۲۸۳
۱۹۳۰	نیویورک	کرایسلر (Chrysler)	۳۱۹
۱۹۳۱	نیویورک	امپایر استیت (Empire State)	۳۸۱
۱۹۷۲	نیویورک	مرکز تجارت جهانی ۱ (World Trade Center ۱)	۴۱۷
۱۹۷۴	شیکاگو	سیرز (Sears)	۴۴۲
۱۹۹۸	کوالالامپور	پتروناس ۱ و ۲ (Petronas ۱ & ۲)	۴۵۲
۲۰۰۴	تایپه	تایپه ۱۰۱ (Taipei ۱۰۱)	۵۰۸
۲۰۱۰	دبی	برج خلیفه (Burj Khalifa)	۸۲۸

منبع: بر اساس داده‌های پارکر، دی. و وود، ای. (Parker, D. and Wood, A.). ۲۰۱۳. کتاب مرجع ساختمان‌های بلند، انتشارات راتلج، نیویورک.

۱.۳ اجزای ساختمان

اجزای اصلی یک ساختمان بلند شامل موارد زیر است:

۱. پی‌ها: این بخش عموماً از شمع‌ها (piles) و یک شالوده گسترده (raft mat) یا دال تشکیل می‌شود.
۲. سازه: این بخش باید به گونه‌ای طراحی شود که در برابر بارهای بسیار بزرگ ناشی از باد و زلزله مقاومت کند و معمولاً نیازمند ترکیبی از سیستم‌های سازه‌ای پایه، مانند دیوار هسته بتن آرمه (reinforced concrete core wall)، قاب فولادی ساختمانی و المان‌های بتن پیش‌تنیده (prestressed concrete elements) است.
۳. نما: نما و متعلقات اتصال آن باید در برابر همان بارهای باد و زلزله‌ای که به سازه وارد می‌شود، مقاومت کنند.
۴. کارهای معماری و نازک‌کاری‌ها (finishes): این المان‌ها عمدتاً به کاربری ساختمان مرتبط هستند تا ارتفاع آن. در ساختمان‌های مجلل و معتبر، نازک‌کاری‌های داخلی ممکن است در بالاترین سطح مقیاس هزینه‌ها قرار گیرند.
۵. آسانسورها/بالابرها: هزینه آسانسورها (یا بالابرها) ممکن است به دلیل تعداد مورد نیاز و سرعت بالای ضروری آن‌ها، قابل توجه باشد. ممکن است مناطق (زون‌های) آسانسوری متعددی وجود داشته باشد که شامل یک سیستم شاتل برای انتقال مسافران به طبقات میانی یا فوقانی جهت انتقال به زون انتهایی (top zone) است.

۶. تأسیسات ساختمان (Building services): در اکثر موارد، سیستم‌های تأسیساتی به زون‌های مجزایی تقسیم می‌شوند که موتورخانه (plant) هر کدام در طبقات تأسیساتی میانی مستقر شده است. این کتاب بر طراحی سیستم پی برای ساختمان‌های بلند تمرکز خواهد داشت، با در نظر داشتن این نکته که سازه و سیستم پی، اجزای مستقلی نیستند بلکه یک سیستم تعاملی یکپارچه به شمار می‌روند. یک مرور کلی و مفید از اجزای یک ساختمان بلند توسط اشتر (Ascher) (۲۰۱۱) ارائه شده است، در حالی که اطلاعات دقیق‌تری در خصوص جنبه‌های مختلف طراحی و احداث ساختمان‌های بلند توسط چو (Chew) (۲۰۱۲) و تامبولی (Tamboli) (۲۰۱۴) فراهم گردیده است.

جدول ۱۲: ۱۰۲: ۱۲ ساختمان بلند جهان تا سال ۲۰۱۵

ردیف	ساختمان	شهر	ارتفاع (متر)	طبقات	سال تکمیل	نوع ساخت	کاربری
۱	برج خلیفه	دبی	۸۲۸	۱۶۳	۲۰۱۰	فولاد/بتن	اداری/مسکونی/هتل
۲	برج شانگهای (Shanghai Tower)	شانگهای	۶۵۲	۱۲۸	۲۰۱۵	کامپوزیت (مکرب)	هتل/اداری
۳	برج ساعت مکه (Makkah Royal Clock)	مکه	۶۰۱	۱۲۰	۲۰۱۲	فولاد/بتن	سایر/هتل
۴	مرکز تجارت جهانی یک (One World Trade Center)	نیویورک	۵۴۱	۹۴	۲۰۱۴	کامپوزیت	اداری
۵	تایپه ۱۰۱ (Taipei ۱۰۱)	تایپه	۵۰۸	۱۰۱	۲۰۰۴	کامپوزیت	اداری
۶	مرکز مالی جهانی شانگهای (Shanghai World Fin. Center)	شانگهای	۴۹۲	۱۰۱	۲۰۰۸	کامپوزیت	هتل/اداری
۷	مرکز تجارت بین‌الملل (Intl. Commerce Centre)	هنگ کنگ	۴۸۴	۱۰۸	۲۰۱۰	کامپوزیت	هتل/اداری
۸	برج‌های دوقلوی پتروناس ۱ (Petronas Twin Towers ۱)	کوالالامپور	۴۵۲	۸۸	۱۹۹۸	کامپوزیت	اداری
۹	برج‌های دوقلوی پتروناس ۲ (Petronas Twin Towers ۲)	کوالالامپور	۴۵۲	۸۸	۱۹۹۸	کامپوزیت	اداری
۱۰	برج زیفنگ (Zifeng Tower)	نانجینگ	۴۵۰	۶۶	۲۰۱۰	کامپوزیت	هتل/اداری
۱۱	برج ویلیس (Willis Tower)	شیکاگو	۴۴۲	۱۰۸	۱۹۷۴	فولاد	اداری
۱۲	کی‌کی ۱۰۰ (KK ۱۰۰)	شنژن	۴۴۲	۱۰۰	۲۰۱۱	کامپوزیت	هتل/اداری

۱.۴ هزینه‌های اجزای ساختمان

در اکثر شهرها، ساختمان‌های بلند معمولاً در منطقه مرکزی تجاری (CBD) واقع شده‌اند. در دسترس بودن مساحت زمین برای توسعه عموماً محدود است و امروزه سطح اشغال (footprint) یک ساختمان به طور معمول بین ۸۰ تا ۱۰۰ درصد از مساحت ساختگاه را در بر می‌گیرد. با طراحی هسته‌های مرکزی برای بیشتر ساختمان‌های بلند، مساحت قابل اجاره (lettable area) می‌تواند تا ۸۰ درصد از کل مساحت طبقه برسد.

آگاهی از اجزای اصلی هزینه یک ساختمان بلند جالب توجه است. النیمیری (Elnimeiri) و المشرف (Almusharaf) (۲۰۱۰) تفکیک هزینه‌های زیر را نشان می‌دهند:

- معماری: ۴۰ درصد
- سازه: ۳۰ درصد
- مکانیکال، برقی و لوله‌کشی: ۲۵ درصد
- سیستم آسانسور: ۵ درصد

بنابراین، هزینه سیستم پی در درون همان ۳۰ درصد از هزینه سازه گنجانده شده است. دینگ (Ding) و وو (Wu) (۲۰۱۴) بیان می‌کنند که عملیات مهندسی عمران برای ساختمان‌های بلند در چین (تا ارتفاع ۳۰۰ متر) بین ۳۰ تا ۳۵ درصد از کل هزینه را تشکیل می‌دهد، اگرچه این درصد برای ساختمان‌های با ارتفاع بیش از ۶۰۰ متر تمایل به افزایش دارد.

آن‌ها هزینه‌های نسبی اجزای مختلف عملیات مهندسی عمران را به شرح زیر ارائه می‌دهند:

- عملیات عمرانی روی زمین (بالا تر از سطح زمین): ۶۴ درصد
- عملیات زیرزمینی: ۳۶ درصد، که شامل موارد زیر است:
 - عملیات زیرزمین (احداث طبقات زیرین): ۱۶ درصد
 - گودبرداری پایه (خاک و سنگ): ۱۳ درصد
 - پی‌های شمعی: ۷ درصد

۱.۵ جنبه‌های اجتماعی ساختمان‌های بلند

علی (Ali) و الکدمنی (Al-Kodmany) (۲۰۱۲) به بحث در مورد مزایا و معایب ساختمان‌های بلند از یک دیدگاه جامعه‌شناختی جهانی می‌پردازند. استدلال‌های موافق ساختمان‌های بلند به شرح زیر است:

۱. این ساختمان‌ها به اسکان جمعیت شهری که به سرعت در داخل شهرها در حال افزایش است، کمک می‌کنند.
۲. آن‌ها بازتاب‌دهنده تأثیر فزاینده رقابت جهانی بر توسعه شهرهای بزرگ جهان هستند.
۳. آن‌ها می‌توانند منجر به ترویج و تحریک بازآفرینی شهری (urban regeneration) در مناطق از نظر اقتصادی رکود یافته یک شهر شوند.
۴. تراکم و تجمع (agglomeration) حاصل از مجموعه‌ای از ساختمان‌های بلند می‌تواند منجر به صرفه‌جویی به مقیاس (economy of scale) شده و بهره‌وری را از طریق دسترسی به بازارهای متمرکزتر افزایش دهد.
۵. این سازه‌ها پاسخی اقتصادی و مؤثر به ارزش بسیار بالای املاک در شهرهای بزرگ هستند؛ ارزش‌هایی که با گذشت زمان همچنان رو به افزایش می‌باشند.
۶. آن‌ها از طریق ایجاد زندگی شهری فشرده (compact urban living) و حفظ مناطق فضای باز، پایداری (sustainability) را ارتقاء می‌بخشند.
۷. آن‌ها این پتانسیل را دارند که از طریق ویژگی‌های مؤثر در مصرف انرژی نظیر تراکم، صرفه‌جویی در سوخت خودروها، صرفه‌جویی در زمان سفر و پتانسیل تولید انرژی با استفاده از سیستم پی، انرژی کمتری نسبت به ساختمان‌های کم‌ارتفاع مصرف کنند.
۸. ساختمان‌های بلند حسی از قدرت اجتماعی-اقتصادی را می‌توانند القاء کرده و شهر را به عنوان یک مرکز تجاری پیشرو و مدرن مطرح سازند.
۹. تقاضا برای ساختمان‌های بلند با کیفیت بالا، منجر به پیشرفت‌هایی در علوم، فناوری و مهندسی شده است. در مقابل، استدلال‌های مخالف ساختمان‌های بلند را به صورت زیر می‌توان خلاصه نمود:

۱. این ساختمان‌ها به دلیل پیچیدگی‌هایی که دارند، شامل هزینه‌های مازاد (cost premium) می‌شوند.
 ۲. آن‌ها آثار زیست‌محیطی نامطلوبی بر ریزاقلیم (microclimate) می‌توانند داشته باشند، به ویژه از نظر اثر قیفی یا کانالیزه باد (wind funneling) و ایجاد سایه.
 ۳. آن‌ها می‌توانند منجر به مشکلات شهری، نظیر ازدحام بیش از حد جمعیت و ترافیک شوند.
 ۴. زندگی یا کار در ساختمان‌های مرتبه بالا ممکن است آثار اجتماعی-روانی در پی داشته باشد.
 ۵. ساختمان‌هایی که از نظر زیبایی‌شناختی نامطلوب هستند به چهره یک شهر آسیب می‌توانند برسانند، هرچند ادراک زیبایی‌شناختی با گذشت زمان می‌تواند تغییر کند. همچنین، ساختمان‌های بلندی که در اماکن نامناسبی احداث شده‌اند، می‌توانند بافت تاریخی و «حس» مناطق قدیمی‌تر درون یک شهر را تغییر دهند.
 ۶. نگرانی‌هایی در خصوص ایمنی (از جمله ایمنی عمومی) در رابطه با آتش‌سوزی‌ها و اقدامات تروریستی وجود دارد.
 ۷. آن‌ها می‌توانند پتانسیل تعاملات مثبت انسانی را کاهش دهند.
- به طور کلی، جنبه‌های مثبت ساختمان‌های بلند تمایل دارند که بر جنبه‌های منفی آن‌ها غلبه کنند و تلاش مداوم برای احداث ساختمان‌های بلند بیشتر، با ارتفاع‌های همواره رو به افزایش، گواهی بر این مسیر از توسعه تمدن مدرن است.

۱.۶ گسترش ساختمان‌های بلند

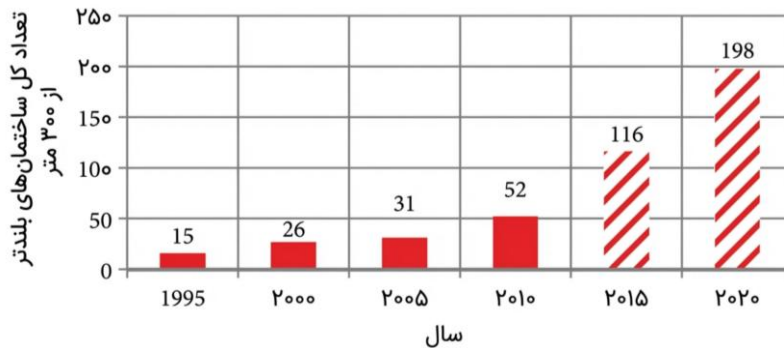
دو دهه گذشته شاهد افزایش چشمگیری در نرخ احداث ساختمان‌های «فوق بلند» با ارتفاع بیش از ۳۰۰ متر بوده است. همان‌طور که در شکل ۱.۱ مشاهده می‌شود، رشد قابل توجهی در تعداد چنین ساختمان‌هایی (اعم از ساخته شده یا برنامه‌ریزی شده) تا سال ۲۰۱۵ و پس از آن وجود دارد. تعداد زیادی از این ساختمان‌ها در خاورمیانه یا در کشور چین قرار دارند. در حال حاضر دبی بلندترین ساختمان جهان یعنی برج خلیفه را با ارتفاع ۸۲۸ متر در خود جای داده است، در حالی که در جده عربستان سعودی، برج پادشاهی (Kingdom Tower) تا پایان سال ۲۰۱۶ در حال ساخت بوده و در نهایت ارتفاع آن از ۱۰۰۰ متر فراتر خواهد رفت.

ساختمان‌های «فوق بلند» با ارتفاع بیش از ۳۰۰ متر و ساختمان‌های «مگا بلند» با ارتفاع بیش از ۶۰۰ متر، چالش‌های جدیدی را پیش روی مهندسان قرار می‌دهند؛ به ویژه در رابطه با طراحی سازه‌ای و ژئوتکنیکی. بسیاری از روش‌های طراحی سنتی را با اطمینان در این موارد نمی‌توان به کار گرفت، زیرا این روش‌ها نیازمند برون‌یابی (extrapolation) به مراتب فراتر از محدوده‌های تجربه قبلی هستند و بر همین اساس، طراحان سازه و ژئوتکنیک ناگزیر به استفاده از روش‌های پیچیده‌تر و پیشرفته‌تری برای تحلیل و طراحی می‌باشند. به طور خاص، مهندسان ژئوتکنیک که درگیر طراحی پی برای ساختمان‌های فوق بلند هستند، روش‌های تجربی (empirical methods) را کنار گذاشته و به طور فزاینده‌ای از روش‌های نوین و پیشرفته (state-of-the-art) بهره می‌گیرند.

روندهای مربوط به ساختمان‌های بلند توسط پارکر و وود (۲۰۱۳) مورد بحث قرار گرفته‌اند و آن‌ها را به شرح زیر می‌توان خلاصه نمود:

۱. افزایش در تعداد.
 ۲. افزایش در ارتفاع.
 ۳. انتقال از ایالات متحده به آسیا و خاورمیانه.
 ۴. تغییر در کاربری، از اداری به چندمنظوره (mixed use) و مسکونی.
 ۵. تغییر در مصالح سازه‌ای، از سازه‌های تمام‌فولادی به سازه‌های مرکب (کامپوزیت) فولادی و بتنی.
- آن‌ها پیشران‌های کلیدی (key drivers) گسترش ساختمان‌های بلند را به صورت زیر فهرست می‌کنند:

۱. افزایش قیمت زمین.
۲. تمایل توسعه‌دهندگان (سازندگان) برای بهبود بازده سرمایه‌گذاری (return on investment).
۳. مفهوم یک ساختمان به عنوان یک برند سازمانی (corporate branding).
۴. مفهوم یک خط آسمان (skyline) که ساختمان‌های بلند در آن غالب هستند، به عنوان یک برند جهانی.
۵. شهرنشینی سریع در تقریباً تمامی نقاط جهان.
۶. آثار بالقوه تغییرات اقلیمی.



شکل ۱.۱ تعداد کل ساختمان‌های با ارتفاع بیش از ۳۰۰ متر.

۱.۷ محدودیت‌های ارتفاع ساختمان‌های بلند

گمانه‌زنی‌های قابل توجهی در خصوص محدودیت‌های ارتفاع یک ساختمان بلند وجود داشته است و به نظر می‌رسد عوامل فنی زیر در این زمینه تأثیرگذار باشند:

۱. محدودیت‌های سیستم‌های حمل و نقل عمودی کنونی؛ محدودیت‌هایی در تعداد مراحل که در ساختمان‌های بسیار بلند می‌توان به کار برد، بدون آنکه عملکرد آن‌ها مختل شود، وجود خواهد داشت. در حال حاضر، آسانسورها همچنان به کابل‌ها متکی هستند و هم دارای ظرفیت محدودی می‌باشند و هم نیازمند ابعاد محفظه‌ای (housing) هستند که بیش از حد می‌تواند بزرگ گردد.

۲. محدودیت سیستم‌های سازه‌ای و مصالح ساختمانی. اگرچه سیستم‌های سازه‌ای سخت‌تر و مستحکم‌تری را می‌توان توسعه داد، اما مقاومت مصالح سازه‌ای موجود، محدودیت‌هایی را بر ارتفاع ساختمان تحمیل می‌کند.

۳. محدودیت‌های فرآیندهای ساخت و ساز فعلی. ابزارهای بهبودیافته برای بالا بردن و قرار دادن مصالحی که سازه از آن‌ها ساخته می‌شود، باید توسعه یابند.

۴. محدودیت احتمالی ارتفاع ساختمان در ارتباط با مسیرهای پرواز هواپیماها در نزدیکی مراکز شهرها.

۵. الزامات مربوط به سطح اشغال بزرگ ساختمان جهت تسهیل پایداری برج. در مناطق عمده شهری با املاک بسیار گران‌قیمت، مساحت زمین مورد نیاز می‌تواند غیرعملی و دور از منطق اقتصادی گردد.

۶. محدودیت‌های بارهایی که زمین و سیستم پی می‌توانند تحمل کنند. مقاومت زمین و همچنین مصالح پی، بارهای وارده و در نتیجه ارتفاع ساختمان‌هایی را که می‌توانند پشتیبانی شوند، محدود می‌سازد.

اگر صرفاً محدودیت‌های پی که در مورد آخر ذکر شد را در نظر بگیریم، چنانچه به عنوان مثال، حداکثر فشار باربری عملی معادل ۵ مگاپاسکال با بارگذاری متوسط ۱۰ کیلوپاسکال در هر طبقه مد نظر قرار گیرد، این محدودیت برابر با ۵۰۰ طبقه خواهد بود که با ارتفاعی در حدود ۲۰۰۰ متر مطابقت دارد.

همچنین مجموعه‌ای از عوامل روان‌شناختی برای ساکنان ساختمان وجود دارد که ممکن است کاربرد ساختمان‌های بسیار بلند را برای بسیاری از افراد محدود سازد و این دیدگاه مطرح است که پاسخ انسانی ممکن است متعادل‌کننده‌ترین عامل محدودکننده ارتفاع ساختمان‌ها باشد. این عوامل روان‌شناختی شامل موارد زیر است:

۱. کنار آمدن با حرکات ساختمان که در طبقات فوقانی به دلیل رویدادهای بادی و لرزه‌ای ایجاد می‌شود. تحقیقات نشان داده است که انسان‌ها ممکن است نسبت به حرکات تصادفی باند باریک با فرکانس پایین، به ویژه در محدوده فرکانس‌های ۰.۲۵ تا ۰.۵ Hz، بسیار حساس باشند.

۲. همچنین نشانه‌هایی وجود دارد مبنی بر اینکه افراد هنگام راه رفتن نسبت به حالت ایستاده تمایل به تجربه حس حرکت کمتری دارند، که شاید به این دلیل باشد که آثار حرکت خود فرد تمایل به کاهش حس ارتعاش دارد.

۳. فشار جو با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد، به طوری که به ازای هر ۳۰۰ متر ارتفاع از سطح زمین، کاهشی در حدود ۴ درصد رخ می‌دهد. این امر می‌تواند منجر به پدیده «گرفتگی» گوش در زمانی شود که فرد با آسانسور به سمت بالا حرکت می‌کند.

۴. فراتر از یک ارتفاع معین، محدودیتی برای بهبود منظره‌ای که انسان‌ها از آن لذت می‌برند وجود دارد، با این احتمال که منظره ممکن است تا حدودی دچار اعوجاج (distorted) گردد.

۱.۸ الزامات پی

یک سیستم پی به منظور پشتیبانی ایمن از بارهای بزرگ جانبی و قائم مرتبط با ساختمان‌های مرتبه بالا و همچنین کنترل حرکات کلی و نامتقارن (تفاضلی) پی در محدوده مجاز، مورد نیاز است.

ساختمان‌ها و پی‌های آن‌ها سیستم‌هایی با تعامل بالا هستند؛ حرکات پی ناشی از بارهای ساختمان است و این حرکات نیز به نوبه خود بر رفتار ساختمان و بارهای متعاقب آن تأثیر می‌گذارند. رفتار پی عمدتاً توسط شرایط حاکم بر زمین، نوع پی و همچنین بزرگی و توزیع بارهای ساختمان کنترل می‌گردد. بنابراین، طراحی پی برای ساختمان‌های مرتبه بالا باید به عنوان یک مسئله تعامل خاک و سازه (Soil-Structure Interaction) یا به اختصار (SSI) مبتنی بر عملکرد در نظر گرفته شود و به روش‌های طراحی تجربی سنتی، مانند رویکرد سنتی ظرفیت باربری با اعمال یک ضریب اطمینان، محدود نگردد. در چنین سیستم تعاملی، درک این نکته حائز اهمیت است که طراحی پی مستلزم همکاری و ورودی‌های تعاملی از سوی هر دو مهندس ژئوتکنیک و سازه که در پروژه درگیر هستند، می‌باشد.

غالباً شرایط زیرسطحی در ساختمان‌های احداث ساختمان‌های بلند با حالت ایده‌آل فاصله زیادی دارند و عدم قطعیت ژئوتکنیکی یکی از بزرگترین خطرهای فرآیند طراحی و اجرای پی محسوب می‌گردد. ایجاد شناخت دقیق از شرایط زمین برای توسعه سیستم‌های پی اقتصادی که مطابق با انتظارات عمل کنند، امری حیاتی است.

نوع سیستم پی برای یک ساختمان بلند توسط عناصر اصلی طراحی مانند بارهای ساختمان، شرایط زمین و عملکرد مورد نیاز ساختمان و همچنین سایر عوامل مهم مانند شرایط ساخت و ساز محلی، هزینه‌ها و الزامات برنامه پروژه تعیین می‌شود. هنگام تدوین مدل ژئوتکنیکی، تجربه منطقه ای همراه با یک برنامه دقیق مطالعات ساختمانگاه (site investigation) مورد نیاز است. برنامه تحقیقات محلی (منطقه ای) احتمالاً شامل یک عملیات جامع حفاری گمانه (borehole drilling) و آزمایشات درجا (in situ testing) به همراه مجموعه‌ای از آزمایشات آزمایشگاهی برای تعیین ویژگی‌های مقاومت و سختی شرایط زیرسطحی خواهد بود. بر اساس یافته‌های تحقیقات محلی، مدل ژئوتکنیکی و پارامترهای طراحی مرتبط برای ساختمان توسعه می‌یابند که سپس در فرآیند طراحی پی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

عملیات نوین تحقیقات محلی معمولاً با برنامه‌ای از آزمایشات بارگذاری قائم و جانبی ابزار دقیق‌گذاری شده بر روی شمع‌های نمونه اولیه (prototype) تکمیل می‌شوند، برای مثال، آزمایشات سلول بارگذاری دوطرفه (سلول اوستربرج یا Osterberg cell)، تا امکان کالیبراسیون پارامترهای طراحی پی و در نتیجه پیش‌بینی بهتر عملکرد پی تحت بارگذاری فراهم گردد. تکمیل آزمایشات بارگذاری بر روی شمع‌های نمونه اولیه پیش از طراحی نهایی، می‌تواند تأییدی بر عملکرد، از جمله یکپارچگی اجرای شمع، رفتار بار-نشست شمع و مدل زمین و ویژگی‌های مهندسی آن ارائه دهد.

۱.۹ دامنه کاربرد این کتاب

این کتاب با هدف ارائه رویکردی منطقی برای طراحی پی ساختمان‌های بلند تدوین شده است. در این اثر، جنبه‌های مهم طراحی مورد بحث قرار گرفته و یک فرآیند طراحی پی متوالی (مرحله به مرحله) ارائه می‌گردد. همچنین نیاز به همکاری نزدیک و تعامل بین طراحان ژئوتکنیک و طراحان سازه در طول فرآیند طراحی به منظور دستیابی به نتایج مطلوب در طراحی، برجسته شده است.

فصل ۲ برخی از ویژگی‌های ساختمان‌های بلند را تشریح می‌کند، در حالی که فصل ۳ به بحث در مورد انواع پی‌های در دسترس و عواملی که بر انتخاب آن‌ها تأثیر می‌گذارند، می‌پردازد. فرآیند کلی طراحی پی در فصل ۴ بیان شده است؛ جایی که تمایزی بین دسته‌بندی‌های مختلف روش‌های طراحی و تحلیل بسته به مرحله طراحی، قائل شده است. فصل ۵ بارهایی را که بر سازه تحمیل می‌گردند و باید توسط سیستم پی پشتیبانی گردند، مورد بررسی قرار می‌دهد. فصل ۶ رویه‌های مربوط به فرآیند حیاتی تعیین خصوصیات شرایط زمین و ارزیابی پارامترهای طراحی ژئوتکنیکی مربوطه را ترسیم می‌کند.

فصول ۷ تا ۱۱ به تفصیل روش‌های طراحی پی برای بارگذاری‌ها و شرایط مختلف را مورد بحث قرار می‌دهند. فصل ۱۲ رویه‌های مربوط به طراحی دیوارهای زیرزمین (دیوارهای حائل) و کنترل آب‌های زیرزمینی را مرور می‌کند. آزمایش بارگذاری شمع‌ها در فصل ۱۳ پرداخته شده است، در حالی که فصل ۱۴ نظارت بر عملکرد (پایش) پی و سازه پشتیبانی شده را مورد بررسی قرار می‌دهد. در نهایت، فصل ۱۵ جزئیاتی از مطالعات موردی مربوط به طراحی پی برای ساختمان‌های بلند را ارائه می‌نماید.

فلسفه زیربنایی این کتاب ارائه جنبه‌های کلیدی است که نیازمند بررسی در طراحی پی هستند و همچنین ترسیم برخی از روش‌های موجود برای انجام محاسباتی است که بخشی از فرآیند طراحی را تشکیل می‌دهند، به ویژه در مراحل اولیه طراحی. الزامات مربوط به طراحی تفصیلی مورد بحث قرار گرفته و اصول اعمال تحلیلات عددی غالباً پیچیده‌ای که در این روند دخیل هستند، بیان شده است.

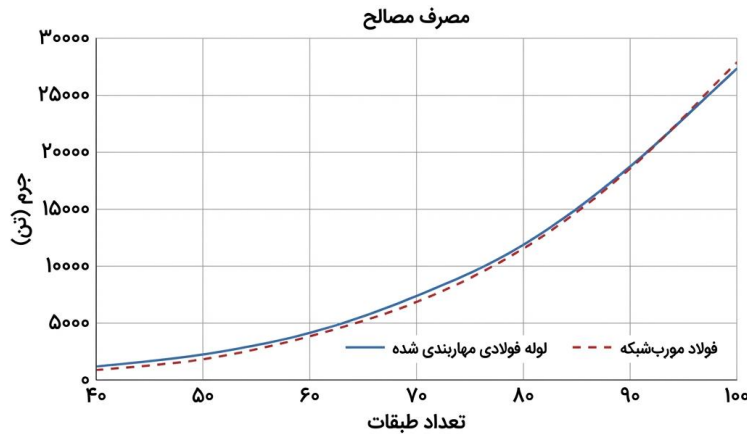
فرض بر این خواهد بود که خواننده دانش معقولی از اصول مکانیک خاک و به ویژه اصل تنش مؤثر (effective stress) دارد. برای جزئیات بیشتر به تعدادی از متون مرجع عالی، به عنوان مثال، لمب (Lambe) و ویتمن (Whitman) (۱۹۷۹)؛ اتکینسون (Atkinson) (۲۰۰۷)؛ بودهو (Budhu) (۲۰۱۱)؛ نپت (Knappett) و کریگ (Craig) (۲۰۱۲) و هولتز (Holtz) و کواج (Kovacs) (۲۰۱۰) می‌توان مراجعه نمود. علاوه بر این، فرض بر این است که خواننده تا حدودی با اصول تحلیل عددی و به طور خاص روش اجزای محدود (finite element method)، آشنایی دارد. مراجع مفیدی برای این جنبه‌ها شامل پاتر (Potts) و زدراو کوویچ (Zdravkovic) (۲۰۰۱)؛ لیز (Lees) (۲۰۱۶)؛ کاتزنباخ (Katzenbach) و همکاران (۲۰۱۶) و اسمال (Small) (۲۰۱۶) می‌باشند. مورد آخر (اسمال) به طور ویژه‌ای سودمند است، زیرا جنبه‌های متعددی از مهندسی ژئوتکنیک و پی را پوشش می‌دهد که در این کتاب نیز به آن‌ها پرداخته شده است.

فصل دوم - مشخصات ساختمان‌های بلند

۲.۱ برخی از ویژگی‌های کلیدی ساختمان‌های بلند

تعدادی از ویژگی‌های ساختمان‌های بلند وجود دارند که تأثیر بسزایی بر طراحی پی می‌توانند داشته باشند؛ از جمله موارد زیر:

۱. وزن ساختمان و در نتیجه بار قائمی که باید توسط پی تحمل شود، می‌تواند بسیار قابل توجه باشد. علاوه بر این، همان‌طور که در شکل ۲.۱ (مون، ۲۰۰۸) نشان داده شده است وزن ساختمان به صورت غیرخطی با افزایش ارتفاع بالا می‌رود. از این رو، هم ظرفیت باربری نهایی و هم نشست (settlement) باید با دقت مورد بررسی قرار گیرند.
۲. ساختمان‌های بلندمرتبه اغلب توسط سازه‌های پودیم (سکوی) کم‌ارتفاع احاطه شده‌اند که تحت بارهای بسیار کمتری قرار دارند. بنابراین، نشست‌های نامتقارن (تفاضلی) بین بخش‌های بلندمرتبه و کم‌ارتفاع باید کنترل گردند.
۳. نیروهای جانبی اعمال‌شده توسط بارگذاری باد و لنگرهای منتج از آن که به سیستم پی وارد می‌شوند، بسیار بزرگ می‌توانند باشند. این لنگرها بارهای قائم فزاینده‌ای را بر بخش‌هایی از پی (به ویژه بر روی شمع‌های بیرونی در داخل سیستم پی) می‌توانند تحمیل نمایند. طراحی سازه‌ای شمع‌ها باید این بارهای قائم افزایش‌یافته را که هم‌زمان با نیروهای جانبی و لنگرها عمل می‌کنند، در نظر بگیرد.
۴. بارهای باد ایجادشده بر روی سازه، به شکل و فرم سازه و همچنین به ویژگی‌های پاسخ دینامیکی آن بستگی دارند. بدین ترتیب، تغییرات در فرم معماری یا طراحی سازه‌ای می‌تواند منجر به تغییراتی در بارهای باد وارده بر سازه گردد.
۵. بارهای جانبی و لنگرهای ناشی از باد، ماهیتاً چرخه‌ای (سیکلیک) هستند. بنابراین، تأثیر بارگذاری چرخه‌ای قائم و جانبی بر سیستم پی باید مورد توجه قرار گیرد، زیرا بارگذاری چرخه‌ای پتانسیل کاهش ظرفیت پی و ایجاد نشست‌های مضاعف را داراست.
۶. عملکرد لرزه‌ای باعث ایجاد نیروهای جانبی اضافی در سازه شده و همچنین حرکات جانبی را در زمین حامی سازه القاء می‌کند. از این رو، نیروهای جانبی و لنگرهای مضاعفی از طریق دو مکانیزم زیر در سیستم پی می‌توانند ایجاد گردند:
 - الف. نیروها و لنگرهای اینرسی (Inertial) که در اثر تحریک جانبی سازه به وجود می‌آیند.
 - ب. نیروها و لنگرهای سینماتیکی (Kinematic) که در اثر عمل حرکات زمین در تقابل با شمع‌ها، در شمع‌های پی القاء می‌گردند.
۷. بارهای ناشی از باد و زلزله ذاتاً دینامیکی هستند و به همین دلیل، پتانسیل آن‌ها برای ایجاد تشدید (رزونانس) در داخل سازه باید ارزیابی شود. خطر تشدید دینامیکی به عوامل متعددی بستگی دارد که از آن جمله به دوره تناوب غالب بارگذاری دینامیکی، دوره‌های تناوب طبیعی سازه (اغلب نیاز است چندین مود در نظر گرفته شود)، میرایی (damping) سازه‌ای و همچنین سختی و میرایی سیستم پی می‌توان اشاره نمود.



شکل ۲.۱: مثال از افزایش غیرخطی وزن ساختمان با افزایش ارتفاع.

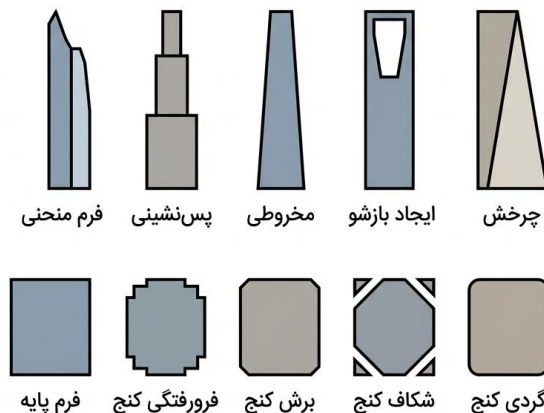
۲.۲ فرم‌های معماری

فرم سازه‌ای یک ساختمان ارتباط تنگاتنگی با فرم معماری آن دارد و توسط آن دیکته می‌شود. شکل ۲.۲ نمونه‌هایی از فرم آیرودینامیکی و پلان پایه برای ساختمان‌های بلند را نشان می‌دهد (آلاقمندان و همکاران، ۲۰۱۶). فرم آیرودینامیکی به وضوح تأثیر عمده‌ای بر بارهای باد القاء شده در سازه دارد و یکی از الزامات طراحی، در نظر گرفتن راهکارهایی است که می‌توانند تأثیر باد را کاهش دهند. اصلاحات آیرودینامیکی را می‌توان به دو دسته اصلی تقسیم کرد:

۱. کلان (Macro)، که بر هندسه اصلی تأثیر می‌گذارد و شامل باریک‌شدگی در ارتفاع (Tapering)، پس‌روی یا عقب‌نشینی (Setback) و پیچش (Twisting) می‌شود.

۲. خرد (Micro)، که شامل تغییرات نسبتاً جزئی در پلان پایه است.

فرم‌های مطلوب از نظر آیرودینامیکی منجر به کاهش قابل توجهی در نیروهای باد می‌توانند بشوند. به عنوان مثال، ساختمان تایپه ۱۰۱ دارای اصلاحاتی در گوشه‌ها بود که در مقایسه با مقطع مربع شکل اصلی، کاهش ۲۵ درصدی را در لنگر پایه به همراه داشت.



شکل ۲.۲: فرم‌های ساختمان بلند.

یک عامل معماری مهم که نشان‌دهنده هندسه و فرم یک ساختمان بلند است، شکل پلان پایه آن است. اکثر ساختمان‌های بلند اولیه در پلان دارای شکل مربع یا مستطیل بودند، اما در سال‌های اخیر، از انواع اشکال دیگر نیز استفاده شده است. Alaghmandan و همکاران (۲۰۱۴) درصدی زیر را برای فرم‌های پایه در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ نشان می‌دهند:

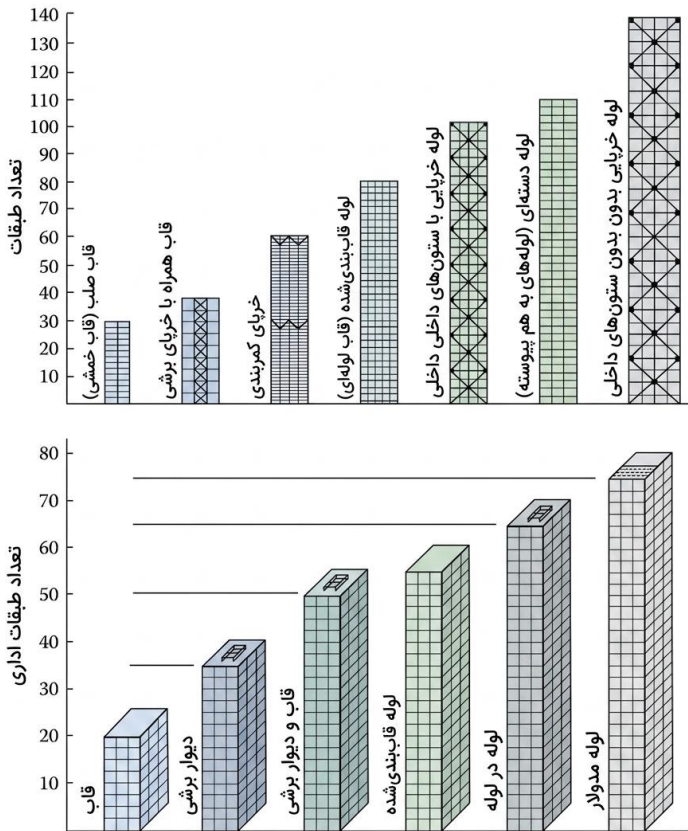
- مستطیل: ۵۸٪
- بیضوی یا دایروی: ۱۶٪
- مثلثی: ۹٪
- منحنی: ۷٪
- چندضلعی: ۷٪
- متوازی‌الاضلاع: ۳٪

به نظر می‌رسد روند آینده به سمت اشکال و فرم‌های آیرودینامیک و منحنی باشد. یک پیشرفت جالب، ساختمان «پیچ‌خورده» است، که در آن صفحات طبقات یا نمای ساختمان با افزایش ارتفاع، به تدریج می‌چرخد. معمولاً، اما نه همیشه، هر صفحه در پلان شکل مشابهی دارد و حول یک محور مشترک به میزان مشخصی از درجه نسبت به طبقه زیرین خود چرخانده می‌شود. در سال ۲۰۱۶، بلندترین برج پیچ‌خورده، برج شانگهای (Shanghai Tower) است که در سال ۲۰۱۵ تکمیل شد؛ این برج ۶۳۲ متر ارتفاع، ۱۲۸ طبقه و در مجموع دوران ۱۲۰ درجه‌ای دارد. برج پیچ‌خورده دیگری که در حال حاضر در دست ساخت است (۲۰۱۷)، برج الماس (Diamond Tower) در جده، عربستان سعودی است که برنامه‌ریزی شده ۴۳۲ متر ارتفاع داشته باشد. این مورد در فصل ۱۵ مورد بحث قرار گرفته است.

همچنین گرایشی به سمت استفاده از ساختمان‌های «فوق لاغر» (Super-slim) وجود دارد که دارای ضریب لاغری (Slenderness ratio) بسیار بالایی هستند؛ بیش از ۱۰ و در برخی موارد، بیشتر از ۱۵. Whittle (۲۰۱۶) و Marfella et al. (۲۰۱۶) در مورد عوامل نوآوری فنی در فرآیند طراحی و ساخت برج‌های فوق لاغر بحث می‌کنند. کنترل حرکات دورانی و نوسان (Swaying) تحت بارگذاری باد برای طراحان سازه بسیار چالش‌برانگیز است. تلاش معماران برای ایجاد تمایز و منحصربه‌فرد بودن یک سازه خواسته‌های قابل توجهی را بر دوش مهندسان سازه و پی که باید ساختمان را طراحی کنند، می‌تواند قرار دهد. در حالی که مهندسان باید چشم‌انداز معمار را حفظ کنند، معمار نیز به نوبه خود باید چالش‌هایی را که ممکن است طرح‌های آن‌ها بر مهندسان تحمیل کند، درک کرده و از آن قدردانی نماید. بدیهی است که یک رویکرد مشارکتی بین معمار و مهندس سازه و بین مهندس سازه و مهندس پی، بسیار مطلوب و ضروری است.

۲.۳ فرم‌های سازه‌ای (STRUCTURAL FORMS)

Khan (۱۹۶۹) سیستم‌های سازه‌ای ساختمان‌های بلند را طبقه‌بندی کرد و Ali and Moon (۲۰۰۷) یک طبقه‌بندی گسترش‌یافته برای سازه‌های فولادی و بتنی ارائه دادند که در شکل ۲.۳ نشان داده شده است. آن‌ها سیستم طبقه‌بندی Khan را اصلاح کرده و بین سازه‌های داخلی و خارجی تمایز قائل شدند. اشکال ۲.۴ و ۲.۵ این طبقه‌بندی‌های سازه‌ای را نشان می‌دهند.



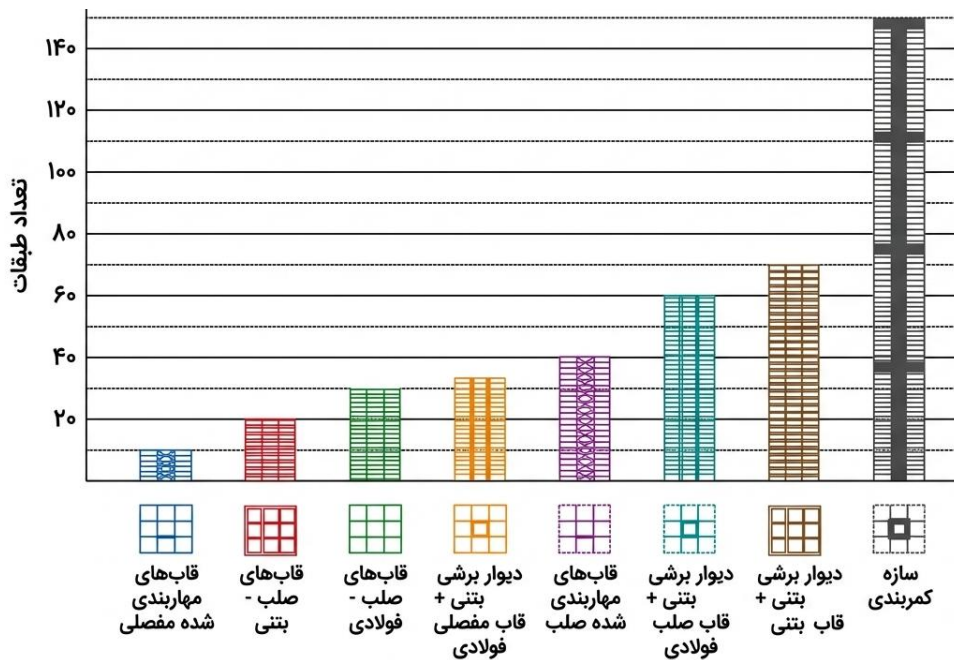
شکل ۲.۳: طبقه‌بندی سیستم‌های سازه‌ای ساختمان‌های بلند.

۲.۳.۱ سازه‌های داخلی

همان‌طور که برای سازه‌های داخلی (شکل ۲.۴) مشاهده می‌شود، سه نوع اصلی از سیستم‌های مقاوم در برابر بار وجود دارد:

۱. قاب‌های خمشی: این سیستم‌ها بار را عمدتاً از طریق سختی خمشی اعضا تحمل می‌کنند.
۲. خراباهای برشی/دیوارهای برشی: این عناصر معمولاً در اطراف هسته‌های خدماتی، آسانسورها و راه‌پله‌ها قرار می‌گیرند. استفاده از این نوع سیستم بسیار رایج است و دیوارهای برشی معمولاً به عنوان طره‌های عمودی (Vertical cantilevers) در نظر گرفته می‌شوند که در پایه گیردار شده‌اند. آن‌ها ساختمان را در برابر بارهای جانبی تثبیت کرده و به آن سختی می‌بخشند.

۳. سیستم‌های مهاربند بازویی متکی بر هسته (Core-supported outrigger systems): در این سیستم، هسته مرکزی مشابه دکل یک کشتی است، که در آن مهاربندهای بازویی (دستک‌ها/کمربندهای خرابایی) به عنوان بازوهای پخش‌کننده و ستون‌های خارجی به عنوان مهارهای کششی عمل می‌کنند. مهاربندهای بازویی لنگر واژگونی را در هسته مرکزی (که در غیر این صورت به عنوان یک طره خالص عمل می‌کرد) کاهش داده و این لنگر کاهش‌یافته را از طریق مهاربندهای بازویی که هسته را به ستون‌های خارجی متصل می‌کنند، به آن ستون‌ها منتقل می‌نمایند.



شکل ۲.۴: انواع سازه‌های داخلی.

۲.۳.۲ سازه‌های خارجی

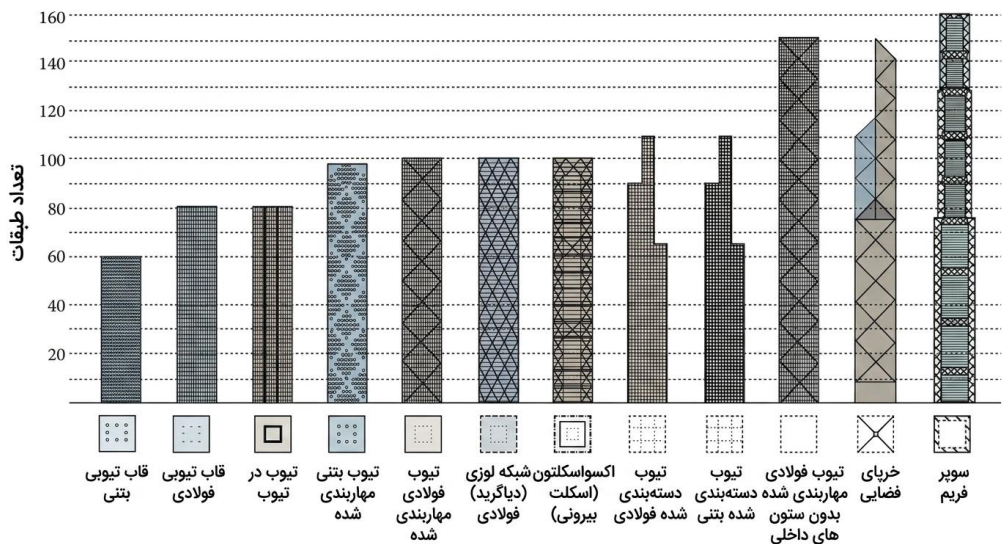
همان‌طور که توسط Ali and Moon (۲۰۰۷) اشاره شده است، ماهیت پیرامون ساختمان در ساختمان‌های بلند نسبت به هر نوع ساختمان دیگری اهمیت سازه‌ای بیشتری دارد؛ دلیل این امر، آسیب‌پذیری آن‌ها در برابر نیروهای جانبی ناشی از بارهای باد و زلزله است. مطلوب است که تا حد امکان مقاومت در برابر بار جانبی در محیط پیرامونی ساختمان‌های بلند متمرکز شود تا عمق سازه‌ای و در نتیجه مقاومت آن‌ها در برابر بارهای جانبی افزایش یابد.

Alaghmandan et al (۲۰۱۶) در مورد استفاده از دو راهکار اصلی، اعم از معماری و سازه‌ای، برای کاهش آثار باد بر روی ساختمان‌های بلند بحث می‌کنند؛ این امر با طراحی آیرودینامیکی فرم، حداقل با استفاده از باریک‌شوندگی در ارتفاع و عقب نشینی انجام می‌گردد. سیستم‌های سازه‌ای، مانند سیستم‌های لوله‌ای (Tubes) و شبکه قطری (Diagrid)، کارآمد بوده و به کاهش آثار باد کمک می‌کنند.

شکل ۲.۵ انواع مختلف سازه‌های خارجی را نشان می‌دهد. سیستم لوله‌ای یکی از معمول‌ترین سازه‌های خارجی است و در واقع، یک سیستم سازه‌ای سه‌بعدی است که از کل محیط پیرامونی ساختمان برای مقاومت در برابر بارهای جانبی استفاده می‌کند. نمونه‌هایی از این سیستم، برج ۱۱۰ طبقه‌ای سیرز (Sears) (که اکنون برج ویلیس نامیده می‌شود)، مرکز ۱۰۰ طبقه‌ای جان هنکاک (John Hancock Centre) و ساختمان ۸۳ طبقه‌ای آموکو (Amoco) می‌باشند که همگی در شیکاگو واقع شده‌اند.

سیستم لوله قاب‌دار (Framed tube)، دارای ستون‌هایی با فواصل کم و تیرهای عمیق پیرامونی (Spandrel beams) است که به طور صلب به یکدیگر متصل شده‌اند و قاب‌های خارجی را تشکیل می‌دهند. با این حال، گفته می‌شود که این سیستم برای بیش از ۶۰ طبقه به تدریج کارایی خود را از دست می‌دهد.

سیستم لوله مهاربندی شده (Braced tube)، گونه‌ای از لوله قاب‌دار است، اما در آن به جای ستون‌هایی با فواصل کم، از ستون‌هایی با فواصل زیاد و مهاربندهای قطری استفاده می‌شود.



شکل ۲.۵: انواع سازه‌های خارجی.

لوله دسته‌ای (Bundled tube)، خوشه‌ای از لوله‌های مجزا است که به یکدیگر متصل شده‌اند تا یک واحد یکپارچه را تشکیل دهند. سیستم لوله دسته‌ای دارای لوله‌هایی با اشکال مختلف می‌تواند باشد که در ارتفاعات متفاوتی به پایان می‌رسند و همچنین از اعضای قطری برای افزایش حد ارتفاع کارآمد سازه می‌توان استفاده نمود. سیستم لوله در لوله (Tube in tube) سختی یک سیستم لوله قاب‌دار را می‌تواند افزایش دهد. دیافراگم کف که هسته و لوله خارجی را به یکدیگر متصل می‌کند، بارهای جانبی را به هر دو سیستم منتقل می‌نماید.

سیستم شبکه قطری (Diagrid) از کارایی اعضای مهاربندی قطری در مقاومت در برابر نیروهای جانبی بهره می‌برد. چنین سازه‌هایی هم سختی خمشی و برشی را تأمین می‌کنند و بنابراین به هسته‌هایی با سختی برشی بالا نیاز ندارند. ساختمان‌های دارای سیستم شبکه قطری را با درگیر کردن هسته مرکزی، به روشی مشابه سیستم لوله در لوله، بیشتر تقویت کرده و سختی آن‌ها را می‌توان افزایش داد.

سازه‌های خرپای فضایی (Space truss)، لوله‌های مهاربندی شده اصلاح‌شده‌ای هستند که دارای اعضای قطری برای اتصال بخش خارجی به بخش داخلی می‌باشند. در برخی از سازه‌های فضایی، اعضای قطری به فضای داخلی ساختمان نفوذ می‌کنند، مانند ساختمان بانک چین (Bank of China) در هنگ کنگ.

یک ابر قاب (Superframe)، از مگاستون‌هایی (Megacolumns) تشکیل شده است که دربرگیرنده قاب‌های مهاربندی شده با ابعاد بزرگ در گوشه‌های ساختمان هستند و این ستون‌ها توسط خرپاهای چندطبقه‌ای در فواصل تقریبی هر ۱۵ تا ۲۰ طبقه به یکدیگر متصل می‌شوند.

در سازه‌های دارای اسکلت خارجی (Exoskeleton)، سیستم‌های مقاوم در برابر بار جانبی در خارج از خطوط پیرامونی ساختمان و به دور از نمای آن‌ها قرار می‌گیرند. مسئله‌ای که در چنین سیستم‌هایی باید مورد توجه قرار گیرد، انبساط و انقباض حرارتی سیستم است.