

طراحی سازه‌های فولادی، بتنی و مرکب برای ساختمان‌های بلند و بسیار بلند (ویرایش سوم ۲۰۲۵)



مترجمان: مهندس علیرضا صالحین و دکتر پویا آرزومند امیدو لنگرودی



نشر علمی صالحین

نام کتاب: طراحی سازه‌های فولادی، بتنی و مرکب (کامپوزیت) برای ساختمان‌های بلند و بسیار بلند

مؤلفان: Mustafa Mahamid و Bungale S. Taranath

مترجمان: مهندس علیرضا صالحین و دکتر پویا آرزومند امیدی لنگرودی

گرافیکست: کتایون علی نوری

سال چاپ: ۱۴۰۴

نوبت چاپ: اول

شمارگان: ۱۰۰

بها: سیاه سفید ۲۵۰۰۰۰۰، رنگی ۴۰۰۰۰۰۰

شابک: 978-622-89675-2-3

حق چاپ برای نشر علمی صالحین محفوظ می‌باشد

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

تلفن: ۰۹۱۲۴۸۸۶۴۹۸ - ۸۸۲۸۳۶۹۸ - ۰۶۶۹۶۸۶۱۴ - ۰۹۱۲۵۰۱۰۰۳۰

سرشناسه	: محامید، مصطفی Mahamid, Mustafa
عنوان و نام پدیدآور	: طراحی سازه‌های فولادی، بتنی و مرکب (کامپوزیت) برای ساختمان‌های بلند و بسیار بلند/ مصطفی محامید، بونگاله‌اس تاراناث ؛ مترجمان علیرضا صالحین، پویا آرزومندامیدی لنگرودی
مشخصات نشر	: تهران: علمی صالحین، ۱۴۰۵.
مشخصات ظاهری	: ۹۸۵ ص:، مصور.
شابک	: 978-622-89675-2-3
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
پادداشت	: عنوان اصلی: Steel, concrete, and composite design of tall and supertall buildings, Third edition, 2025.
پادداشت	: واژه‌نامه.
موضوع	: سازه‌های فولادی - طراحی و ساخت Steel structures - Design and construction* سازه‌های بتنی - طراحی و ساخت Concrete structures - Design and construction* ساختمان‌های بلند - طراحی و ساخت Tall buildings - Design and construction
شناسه افزوده	: تاراناث، بونگال اس.
شناسه افزوده	: Taranath, Bungale S.
شناسه افزوده	: صالحین، علیرضا، ۱۳۶۵ - مترجم
شناسه افزوده	: آرزومند امیدی لنگرودی، پویا، ۱۳۷۱ - مترجم
رده بندی کنگره	: TA۶۸۴
رده بندی دیویی	: ۶۲۴/۱۸۲۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۰۴۸۳۴۵۴
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیبا

میثاق‌نامه حقوقی مالکیت فکری و شرایط بهره‌برداری انتشارات علمی صالحین

حق نشر (Copyright) ۱۴۰۴

این میثاق‌نامه، 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، داندلو، دسترسی یا استفاده از هر یک از آثار ناشر، به منزله قبول کامل و بی‌قید و شرط مفاد این میثاق‌نامه 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، جداول، شکل‌ها، دیگرام‌ها، داده‌ها (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 تاملی)، افزونه‌ها، اسکرپت‌ها، 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، محتوای داندلودی 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) واکنداری 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 میثاق‌نامه.

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 میثاق‌نامه 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 لازم‌الاتباع 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 یا سازمانی از محتوا 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 ضمانات اجرایی ماده ۳ و ۹ است.

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

دریافت، داندلو، دسترسی یا استفاده از نسخه‌های الکترونیکی و دیجیتال اثر (اعم از PDF، ePub، اشتراک‌گذاری حساب، یا در اختیار گذاشتن نام کاربری و رمز) 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 واکنداری، اجاره، امانت دادن، هدیه واکنداری 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 میثاق‌نامه، 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 کبی‌رایت

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 ۶۹ 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 (حس و جزای نقدی) خواهد بود.

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

۱-۳. 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 (کپی فایل‌ها، تهیه نسخه‌های متعدد، شکستن قفل‌ها و حذف محدودیت‌های کپی).

۲-۳. توزیع، در دسترس‌گذاری و انتشار شبکه‌ای

بارگذاری (Upload)، اشتراک‌گذاری، ارسال، نشر یا در دسترس‌گذاری اثر (کامل یا بخش‌های اساسی آن) در:

۱. وبسایت‌ها وبلاگ‌ها، انجمن‌ها، پلتفرم‌های محتوا؛
۲. فضای ابری (Cloud)، سامانه‌های ذخیره‌سازی، درایوهای اشتراکی؛
۳. شبکه‌های اجتماعی (از جمله ولی نه محدود به: تلگرام، اینستاگرام 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.

۴-۳. 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 با ناشر هستند؛
۳. استفاده از اثر در بسته‌های آموزشی انتفاعی، دوره‌ها، کارگاه‌ها، کلاس‌ها، سامانه‌های LMS و پلتفرم‌های آموزشی، بدون قرارداد مکتوب و مجوز ناشر.

۵-۳. 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:

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

۱. هرگونه استخراج ماشینی متن، تحلیل خودکار داده‌ها، خز (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.

۲-۴. 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.

۳-۴. تولید خودکار محتوای مشتق از اثر

استفاده از تجهیزاتهایی 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 نقل‌قول 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 صلاحدید 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، حق‌الزحمه کارشناسان رسمی، هزینه‌های اجرایی و حق‌الوکاله وکیل 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

۱-۱۰. 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 حقی را اعلام کند.

۲-۱۰. 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، مبنای 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

۱-۱۱. 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.

۲-۱۱. 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.

۳-۱۱. 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 ۱. ملاحظات عمومی و مطالعات موردی

- ۱.۱ مقدمه
- ۱.۲ مفاهیم سازه‌ای
- ۱.۳ واژگان سازه‌ای؛ مطالعات موردی

فصل ۲. آثار باد

- ۲.۱ ملاحظات طراحی
- ۲.۲ ماهیت باد
- ۲.۳ شرایط باد شدید
- ۲.۴ مشخصات باد
- ۲.۵ بارهای باد آیین‌نامه‌ای
- ۲.۶ مطالعات باد در سطح عابران پیاده
- ۲.۷ اندازه‌گیری‌های میدانی بارهای باد
- ۲.۸ ادراک حرکت: واکنش انسان به حرکات ساختمان
- ۲.۹ آزمایش و تحلیل تونل باد
- ۲.۱۰ خلاصه فصل

فصل ۳. آثار لرزه‌ای

- ۳.۱ مقدمه
- ۳.۲ رفتار ساختمان بلند در حین زلزله‌ها
- ۳.۳ مفهوم طراحی لرزه‌ای
- ۳.۴ الزامات آیین‌نامه‌ای IBC 2018 و ASCE 7-16 رویکرد نیروی جانبی معادل
- ۳.۵ رهیافت تحلیل دینامیکی
- ۳.۶ مطالعه آسیب‌پذیری لرزه‌ای و طراحی بهسازی
- ۳.۷ تحلیل دینامیکی: تئوری
- ۳.۸ خلاصه

فصل ۴. سیستم‌های جانبی: ساختمان‌های فولادی

- ۴.۱ مقدمه
- ۴.۲ قاب‌ها با اتصالات نیمه‌صلب

- ۴.۳ قاب‌های صلب (قاب‌های خمشی)
- ۴.۴ قاب‌های مهاربندی شده
- ۴.۵ سیستم خرابای متناوب
- ۴.۶ سیستم‌های مهاربندی برون‌محور
- ۴.۷ سیستم اندرکنشی قاب‌های مهاربندی شده و صلب
- ۴.۸ سیستم‌های بازویی (Outrigger) و خرابای کمربندی
- ۴.۹ سیستم لوله قابی (قاب‌بندی شده)
- ۴.۱۰ سیستم لوله خرابایی
- ۴.۱۱ سیستم لوله دسته‌ای
- ۴.۱۲ سازه‌های نهایی با بهره‌وری بالا
- ۴.۱۳ سیستم شبکه قطری (دی‌گرید)
- ۴.۱۴ ابرقاب (SuperFrame)

فصل ۵. سیستم‌های مهاربندی جانبی برای ساختمان‌های بتنی

- ۵.۱ کنش قابی سیستم‌های ستون و دال دوطرفه
- ۵.۲ دال تخت و دیوارهای برشی
- ۵.۳ دال تخت، دیوارهای برشی و ستون‌ها
- ۵.۴ دیوارهای برشی کوپله (کوپله)
- ۵.۵ قاب صلب
- ۵.۶ لوله محیطی با فواصل زیاد
- ۵.۷ قاب صلب با شاه‌تیرهای ماهیچه‌دار
- ۵.۸ سازه‌های متکی بر هسته
- ۵.۹ اندرکنش دیوار برشی و قاب
- ۵.۱۰ سازه‌های لوله قابی
- ۵.۱۱ لوله قطری خارجی
- ۵.۱۲ لوله مدولار یا دسته‌ای
- ۵.۱۳ سیستم هسته پشت‌بنددار
- ۵.۱۴ سیستم‌های متفرقه

فصل ۶. سیستم‌های جانبی برای ساخت و ساز مرکب (کامپوزیت)

- ۶.۱ مقدمه

- ۶.۲ عناصر مختلط
- ۶.۳ سیستم‌های ساختمانی مختلط
- ۶.۴ پروژه‌های نمونه
- ۶.۵ سازه با بهره‌وری بالا: مفهوم سازه‌ای
- فصل ۷. سیستم‌های ثقلی برای ساختمان‌های فولادی**
 - ۷.۱ مقدمه
 - ۷.۲ بارهای طراحی
 - ۷.۳ ترکیبات بار طراحی
 - ۷.۴ مقاومت مورد نیاز
 - ۷.۵ سیستم‌های عرشه فلزی
 - ۷.۶ سیستم تیرچه با جان باز
 - ۷.۷ تیرهای بال‌پهن
 - ۷.۸ ستون‌ها
- فصل ۸. سیستم‌های ثقلی در ساختمان‌های بتنی**
 - ۸.۱ سیستم‌های کف
 - ۸.۲ سیستم‌های بتن پیش‌تنیده
- فصل ۹. سیستم‌های ثقلی مختلط (کامپوزیت)**
 - ۹.۱ عرشه‌های فلزی مختلط
 - ۹.۲ تیرهای مختلط
 - ۹.۳ ستون‌های مختلط
 - ۹.۴ نیروی محوری و خمش ترکیب شده (AISC I5)
 - ۹.۵ شاه‌تیرهای ماهیچه‌دار مختلط
 - ۹.۶ خرپاهای مختلط
 - ۹.۷ شاه‌تیرهای دستک دار مختلط
- فصل ۱۰. تکنیک‌های تحلیل**
 - ۱۰.۱ محاسبات دستی اولیه
 - ۱۰.۲ تکنیک‌های تجمیع
 - ۱۰.۳ مدل‌های رایانه‌ای جزئی
 - ۱۰.۴ پیچش

فصل ۱۱. طراحی مبتنی بر عملکرد

- ۱۱.۱ مقدمه
- ۱۱.۲ تعریف طراحی مبتنی بر عملکرد
- ۱۱.۳ رویکرد آیین‌نامه‌ای تجویزی
- ۱۱.۴ رویکرد طراحی مبتنی بر عملکرد
- ۱۱.۵ ارتقای عملکرد لرزه‌ای برای کاهش خطر
- ۱۱.۶ ضوابط فعلی برای طراحی لرزه‌ای مبتنی بر عملکرد

فصل ۱۲. مباحث ویژه

- ۱۲.۱ کوتاه‌شدگی تفاضلی ستون‌ها
- ۱۲.۲ مشکلات تراز کردن طبقات
- ۱۲.۳ ارتعاشات کف
- ۱۲.۴ آثار چشمه اتصال
- ۱۲.۵ سیستم‌های پوشش نما
- ۱۲.۶ سیستم‌های میرایی مکانیکی
- ۱۲.۷ شالوده‌ها
- ۱۲.۸ طراحی لرزه‌ای دیافراگم‌ها
- ۱۲.۹ تکنولوژی کاهش خطر زلزله
- ۱۲.۱۰ سیستم‌های لرزه‌ای فولادی و اتصالات خمشی فولادی پیش‌تأیید شده

منابع منتخب

مقدمه مترجمان

توسعه شهرنشینی و محدودیت فضای شهری، احداث ساختمان‌های بلندمرتبه را به یکی از ضرورت‌های گریزناپذیر در مهندسی عمران تبدیل کرده است. طراحی این سازه‌ها فرآیندی پیچیده است که تسلط بر مباحثی نظیر اثرات دینامیکی باد، زلزله، اندرکنش خاک و سازه، و رفتارهای غیرخطی مصالح را می‌طلبد. در این میان، کتاب *Steel, Concrete, and Composite Design of Tall and Supertall Buildings* نوشته بونگال اس. ترانات و مصطفی حمامید، یکی از مراجع معتبر و شناخته‌شده در سطح دانشگاهی و حرفه‌ای است که به بررسی جامع این مباحث می‌پردازد. این کتاب با هدف خدمت به عنوان یک مرجع جامع برای طراحان سازه‌های ساختمان‌های بلند تدوین شده است. جنبه‌های طراحی سازه‌های ساختمان‌های بلند بتنی، فولادی و کامپوزیت، و تمامی بارهای سازه‌ای با ارجاع ویژه به بارهای باد و زلزله مورد بحث قرار گرفته‌اند. روش‌های تأمین مقاومت ثقلی و جانبی، شامل پیشرفته‌ترین سیستم‌های سازه‌ای، و همچنین جنبه‌های متعدد طراحی المان‌های سازه‌ای تشریح شده‌اند.

ضرورت تألیف، ترجمه و جایگاه این کتاب

با بررسی منابع موجود در زمینه مهندسی سازه به زبان فارسی، مشخص می‌شود که بیشتر کتب ترجمه‌شده یا تألیفی، تمرکز خود را تنها بر یک نوع سیستم سازه‌ای (صرفاً فولادی یا صرفاً بتنی) معطوف کرده‌اند. این رویکرد تک‌بعدی در پروژه‌های واقعی و سازه‌های بلندمرتبه که غالباً نیازمند استفاده از سیستم‌های مختلط یا کامپوزیت برای رسیدن به بهینه‌ترین حالت اقتصادی و فنی هستند، پاسخگوی نیاز مهندسان نیست.

کتاب حاضر با پوشش همزمان هر سه سیستم فولادی، بتنی و مختلط و بر اساس ویرایش‌های جدید آیین‌نامه‌های معتبر بین‌المللی نظیر *ASCE - 7*، *AISC - 360* و *ACI - 318*، یک منبع یکپارچه را در اختیار طراحان قرار می‌دهد و نیاز به ارجاع به منابع پراکنده را به حداقل می‌رساند.

هدف از نگارش این اثر توسط مؤلفین، ارائه کتابی کاربردی است که برای دانشجویان مهندسی، مهندسان مشاور، معماران، مهندسان شاغل در دول فدرال، ایالتی و محلی، و همچنین مدرسان مفید واقع شود. مطالب به شکلی ساده و قابل فهم ارائه شده‌اند تا برای مهندسان جوانی که اولین تجربه طراحی ساختمان‌های بلند خود را سپری می‌کنند مفید باشد و در عین حال، رویکردهای نوین را به مهندسان باسابقه در حوزه ساختمان‌های بلند ارائه دهد. مطالعات موردی متعددی از ساختمان‌های بلند، فوق بلند و مگابلند (Mega-tall) از سراسر جهان، همراه با مثال‌های پرشماری که روند طراحی را به تصویر می‌کشند، با جزئیات کامل حل و تشریح شده‌اند.

رویکرد کتاب: تلفیق تئوری و تجربه

این کتاب تلاش دارد به چندین هدف دست یابد؛ قصد دارد پلی میان یک مهندس تازه‌کار و یک مهندس باتجربه ایجاد کند و همزمان به عنوان یک سند مرجع جامع عمل نماید. مخاطب اول و اصلی این کتاب، مهندسان سازه شاغل در حرفه هستند که طیف وسیعی از دانشجویان مهندسی سازه، مهندسان جوانی که تازه وارد این حرفه شده‌اند و کسانی که تجربه قابل توجهی در این زمینه دارند را شامل می‌شود.

از منظر برگردان فارسی نیز، ترجمه متون تخصصی مهندسی عمران نیازمند درک همزمان از مفاهیم پایه آکادمیک و چالش‌های اجرایی است. در این راستا، تلاش شد تا با ترکیب تخصص دانشگاهی و تجارب حرفه‌ای پیشین در حوزه ترجمه و تألیف آثار دانشگاهی متنی ارائه شود که هم از نظر دقت علمی برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی قابل استناد باشد و هم از نظر کاربردی، نیازهای مهندسان محاسب را برآورده کند. این کتاب می‌تواند در تحصیلات تکمیلی برای رشته مهندسی سازه و زلزله مرجع مناسب برای تدیس باشد.

ساختار و سرفصل‌های کتاب

این مرجع در دوازده فصل تدوین شده است که مباحث آن از پایه‌ای‌ترین اصول بارگذاری تا پیشرفته‌ترین روش‌های تحلیل را شامل می‌شود:

- فصل ۱ (ملاحظات عمومی و مطالعات موردی): کتاب با توصیفی از مطالعات موردی سیستم‌های سازه‌ای ساختمان‌های بلند، فوق بلند و مگابند ساخته شده در سراسر جهان طی ۵ دهه گذشته آغاز می‌شود. هدف از این مطالعات موردی، آشناسازی خواننده با اطلاعاتی است که در حال حاضر در طراحی این سازه‌ها وجود دارد؛ چرا که ذهن مهندسی همواره نیازمند راهکارهای پیشین و قالب‌های آزموده شده است تا همچون لنگرگاهی مطمئن عمل کنند، پیش از آنکه بتواند دست به نوآوری بزند یا از خرد متعارف فاصله بگیرد. در این فصل، با نگاهی تاریخی، سازه‌های بلند باستانی و معاصر مقایسه شده و فلسفه طراحی به همراه جدول جامعی از سیستم‌های سازه‌ای جانبی مورد استفاده در ساختمان‌های بلند شاخص ارائه گردیده است.
- فصل ۲ (ارزیابی بارهای باد): این فصل رویکردهای مختلفی را برای ارزیابی بارهای باد مناسب جهت طراحی ساختمان ارائه می‌دهد. روش‌های گام‌به‌گام آیین‌نامه‌های ساختمانی، بررسی ماهیت دینامیکی باد، اثرات تونل باد و نحوه محاسبه بار باد بر اساس ضوابط آیین‌نامه‌ای توصیف شده‌اند که شامل روش‌های تحلیلی برای تعیین پاسخ ساختمان در ارتباط با معیارهای آسایش ساکنان می‌گردد.
- فصل ۳ (طراحی لرزه‌ای): این فصل به تشریح طراحی لرزه‌ای می‌پردازد و رفتار دینامیکی ساختمان‌های بلند تحت بارهای زلزله را برجسته می‌سازد. تحلیل‌های استاتیکی، دینامیکی و تاریخچه زمانی (Time-history) توصیف شده‌اند. اصول طراحی لرزه‌ای، مطالعه آسیب‌پذیری لرزه‌ای و مقاوم‌سازی سازه‌های موجود و ساختمان‌هایی که با الزامات آیین‌نامه‌های ساختمانی فعلی مطابقت ندارند نیز مورد بحث قرار گرفته است.
- فصول ۴، ۵ و ۶ (سیستم‌های جانبی برای ساخت‌وساز کامپوزیت): طراحی سیستم‌های قاب‌بندی برای نیروهای جانبی، موضوع فصول ۴، ۵ و ۶ است. سیستم‌های مهاربندی سستی و انواع جدیدتر در فولاد، بتن و ترکیب این دو، که به عنوان ساخت‌وساز کامپوزیت شناخته می‌شوند، تحلیل شده‌اند. به طور خاص در فصل ۶ به معرفی و تحلیل سیستم‌های باربر جانبی که از ترکیب فولاد و بتن بهره می‌برند پرداخته شده که شامل عناصر مختلط، سیستم‌های ساختمانی مختلط و پروژه‌های نمونه است.
- فصول ۷، ۸ و ۹ (سیستم‌های ثقیل): این سه فصل به طور تفکیک شده به بررسی انتقال بارهای ثقیل و طراحی ثقیل سیستم‌های قائم و افقی اختصاص یافته‌اند:
 - فصل ۷: بررسی سیستم‌های فولادی شامل عرشه‌های فلزی، تیرچه‌های با جان باز، تیرهای بال‌پهن و ستون‌ها.
 - فصل ۸: بررسی سیستم‌های بتنی با تمرکز ویژه بر تکنولوژی کف‌های بتنی پیش‌تنیده.
 - فصل ۹: علاوه بر سیستم‌های ثقیل متداول، تکنیک‌های نوین نظیر شاه‌تیرهای دستک دار نیز مورد بحث قرار گرفته‌اند. این بررسی شامل عرشه‌ها، تیرهای بال‌پهن، ستون‌های مختلط، و شاه‌تیرهای ماهیچه‌دار و دستک دار می‌شود.
- فصل ۱۰ (تکنیک‌های تحلیل): این فصل بر تحلیل سیستم‌ها و اجزای سازه‌ای تمرکز دارد. ابتدا روش‌های تقریبی و محاسبات دستی اولیه مورد بحث قرار می‌گیرند و سپس تکنیک‌های مدل‌سازی رایانه‌ای، تجمع مدل برای تحلیل‌های دوبعدی و سه‌بعدی ارائه می‌شوند. تحلیل پیچشی روی بررسی پیچیده اثرات پیچش و رفتار تابیدگی

دیوارهای برشی با مقطع باز با جزئیات کامل پوشش داده شده است. این اطلاعات به‌ویژه در انجام طراحی‌های اولیه و صحت‌سنجی مدل‌های رایانه‌ای سه‌بعدی مفید است.

- فصل ۱۱ (طراحی مبتنی بر عملکرد): این فصل طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد (PBSD) را معرفی می‌کند که نمایانگر تغییری در روش‌های طراحی مهندسی است و بر بینش‌های به‌دست‌آمده از مطالعه نحوه عملکرد سازه‌ها در زلزله‌ها استوار است. هدف PBSD پشتیبانی از روش‌های مبتنی بر آیین‌نامه‌ای تجویزی است، نه جایگزینی آن‌ها. در این بخش مفاهیم طراحی، ارزیابی ارتقای عملکرد لرزه‌ای برای کاهش خطر و ضوابط فعلی ارزیابی عملکرد بررسی شده‌اند.

- فصل ۱۲ (مباحث ویژه): فصل آخر به بحث پیرامون موضوعات مختلفی اختصاص دارد که منحصر به طراحی ساختمان‌های بلند هستند و چالش‌های خاص این سازه‌ها را بررسی می‌کند. کوتاه‌شدگی تفاضلی (نامتقارن) ستون‌ها، مشکلات تراز کردن طبقات، طراحی دیوارهای پرده‌ای و سیستم‌های پوشش نما، ارتعاشات آزاددهنده کف‌ها، سیستم‌های میرایی مکانیکی (تجهیزات مستهلک‌کننده انرژی) برای کاهش شتاب نوسان ناشی از باد، اندرکنش شالوده‌های عظیم با خاک شامل پی‌های شمع درجا و گسترده، طراحی لرزه‌ای دیافراگم‌ها، و فناوری‌های کاهش آثار زلزله برخی از موضوعات پوشش داده شده در این فصل هستند. شکست ترد اتصالات خمشی جوشی و آثار ناحیه چشمه اتصا که تحت تقاضاهای غیرارتجاعی بزرگ قرار می‌گیرند، مورد بحث قرار گرفته است. مقادیر واحد سازه‌ای برای تخمین تناژ فولاد اولیه در ساختمان‌های بلند مرتبه فولادی و کامپوزیت نیز شرح داده شده‌اند.

ویژگی‌های متمایز این نسخه ترجمه‌شده

در طول فرآیند ترجمه و آماده‌سازی این کتاب، موارد زیر به عنوان اصول پایه رعایت شده‌اند:

- ۱. امانتداری دقیق علمی و پرهیز از خلاصه‌سازی: متن کتاب دقیقاً و کلمه به کلمه (بدون هیچ‌گونه دخل و تصرف، حذف یا خلاصه‌سازی) به فارسی برگردانده شده است. هدف از این کار، حفظ زنجیره استدلال‌های ریاضی و مفاهیم فنی نویسندگان اصلی بوده است.
- ۲. بازترسیم تمامی اشکال و نمودارها: با توجه به افت کیفیت تصاویر در فرآیند چاپ افست، تمامی پلان‌ها، جزئیات اتصالات فولادی، مقاطع بتنی و نمودارهای موجود در متن اصلی مجدداً توسط تیم ترجمه بازترسیم و رنگ‌آمیزی شده‌اند. این امر به خوانایی نقشه‌های اجرایی و درک بهتر جزئیات فنی کمک شایانی می‌کند.
- ۳. تصحیح خطاهای متن اصلی: در حین ترجمه و بررسی معادلات، خطاهای تایپی، اشتباهات در ارجاع به شماره اشکال و نواقص فرمولی در متن زبان اصلی شناسایی شد. این موارد تصحیح شده و دلیل اعمال این تغییرات در قالب پانویس با عنوان «توضیحات مترجم» درج گردیده است تا خواننده دچار سردرگمی نشود.
- ۴. دوزبانه‌نویسی و واژه‌نامه تخصصی: برای آشنایی بیشتر خوانندگان با اصطلاحات بین‌المللی، معادل انگلیسی تمامی کلمات تخصصی در داخل پرانتز آورده شده است. همچنین یک واژه‌نامه جامع در انتهای کتاب قرار گرفته که پیش‌نیاز مناسبی برای مطالعه فصول محسوب می‌شود.

امید است این کتاب به عنوان یک مرجع مستند و دقیق، مورد استفاده دانشجویان، پژوهشگران و مهندسان طراح قرار گیرد و بتواند به ارتقای سطح دانش طراحی سازه‌های بلند در کشور کمک کند.

در اینجا لازم می‌دانم از همکار عزیز، فرهیخته و گرامی خویش جناب دکتر پویا آرزومند امیدی لنگرودی که با صبر و تحمیل مثال زدنی در زمینه همکاری این اثر و سایر آثار دیگر که ترجمه شده‌اند با بنده در انتشارات علمی صالحین همکاری داشته‌اند، کمال تشکر را بنمایم.

هیچ اثر بی نقصی وجود ندارد، دیکته‌نویس همیشه ۲۰ است. لطفاً نقطه نظرات خویش را با نشر علمی صالحین،

با کانال: @SalehinPress، اینستاگرام: @SalehinPub، وبسایت: www.ketabsalehin.ir به اشتراک بگذارید و یا با شماره‌های 021-88283698 یا 09124886498 و @Alirezasalehin تماس حاصل فرمایید.

برگ سبز است تحفه درویش

مهندس علیرضا صالحین و دکتر پویا آرزومند امیدی لنگرودی، زمستان ۱۴۰۴

پیشگفتار

این کتاب با هدف خدمت به عنوان یک مرجع جامع برای طراحان سازه‌های ساختمان‌های بلند تدوین شده است. جنبه‌های طراحی سازه‌های ساختمان‌های بلند بتنی، فولادی و کامپوزیت، و تمامی بارهای سازه‌ای با ارجاع ویژه به بارهای باد و زلزله مورد بحث قرار گرفته‌اند. روش‌های تأمین مقاومت ثقلی و جانبی، شامل پیشرفته‌ترین سیستم‌های سازه‌ای، و همچنین جنبه‌های متعدد طراحی المان‌های سازه‌ای تشریح شده‌اند.

هدف از نگارش این اثر، ارائه کتابی کاربردی است که برای دانشجویان مهندسی، مهندسان مشاور، معماران، مهندسان شاغل در دول فدرال، ایالتی و محلی، و همچنین مدرسان مفید واقع شود. مطالب به شکلی ساده و قابل فهم ارائه شده‌اند تا برای مهندسان جوانی که اولین تجربه طراحی ساختمان‌های بلند خود را سپری می‌کنند مفید باشد و در عین حال، رویکردهای نوین را به مهندسان باسابقه در حوزه ساختمان‌های بلند ارائه دهد. مطالعات موردی متعددی از ساختمان‌های بلند، فوق‌بلند و مگابلند (Mega-tall) از سراسر جهان، همراه با مثال‌های پرشماری که روند طراحی را به تصویر می‌کشند، با جزئیات کامل حل و تشریح شده‌اند.

کتاب با توصیفی از مطالعات موردی سیستم‌های سازه‌ای ساختمان‌های بلند، فوق‌بلند و مگابلند ساخته شده در سراسر جهان طی ۵ دهه گذشته آغاز می‌شود. هدف از این مطالعات موردی، آشناسازی خواننده با اطلاعاتی است که در حال حاضر در طراحی این سازه‌ها وجود دارد؛ چرا که ذهن مهندسی همواره نیازمند راهکارهای پیشین و قالب‌های آزموده شده است تا همچون لنگرگاهی مطمئن عمل کنند، پیش از آنکه بتواند دست به نوآوری بزند یا از خرد متعارف فاصله بگیرد.

فصل ۲ رویکردهای مختلفی را برای ارزیابی بارهای باد مناسب جهت طراحی ساختمان ارائه می‌دهد. روش‌های گام‌به‌گام آیین‌نامه‌های ساختمانی و روش‌های تونل باد، شامل روش‌های تحلیلی برای تعیین پاسخ ساختمان در ارتباط با آسایش ساکنان، مورد بحث قرار می‌گیرند.

فصل ۳ به تشریح طراحی لرزه‌ای می‌پردازد و رفتار دینامیکی ساختمان‌های بلند را برجسته می‌سازد. تحلیل‌های استاتیکی، دینامیکی و تاریخچه زمانی (Time-history) توصیف شده‌اند. مطالعه آسیب‌پذیری لرزه‌ای و مقاوم‌سازی ساختمان‌هایی که با الزامات آیین‌نامه‌های ساختمانی فعلی مطابقت ندارند نیز مورد بحث قرار گرفته است.

طراحی سیستم‌های قاب‌بندی برای نیروهای جانبی، موضوع فصول ۴، ۵ و ۶ است. سیستم‌های مهاربندی سنتی و انواع جدیدتر در فولاد، بتن و ترکیب این دو، که به عنوان ساخت‌وساز کامپوزیت شناخته می‌شوند، تحلیل شده‌اند.

فصول ۷، ۸ و ۹ به طراحی ثقلی سیستم‌های قائم و افقی اختصاص یافته‌اند. علاوه بر سیستم‌های ثقلی متداول، تکنیک‌های نوین نظیر شاه‌تیرهای کوتاه کامپوزیت (Composite stub girders) نیز مورد بحث قرار گرفته‌اند.

فصل ۱۰ بر تحلیل سیستم‌ها و اجزای سازه‌ای تمرکز دارد. ابتدا روش‌های تقریبی مورد بحث قرار می‌گیرند و سپس تکنیک‌های مدل‌سازی رایانه‌ای برای تحلیل‌های دوبعدی و سه‌بعدی ارائه می‌شوند. تحلیل پیچشی روی رفتار تابیدگی (Warping) دیوارهای برشی با مقطع باز با جزئیات کامل پوشش داده شده است. این اطلاعات به‌ویژه در انجام طراحی‌های اولیه و صحت‌سنجی مدل‌های رایانه‌ای سه‌بعدی مفید است.

فصل ۱۱ طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد (PBSD) را معرفی می‌کند که نمایانگر تغییری در روش‌های طراحی مهندسی است و بر بینش‌های به‌دست‌آمده از مطالعه نحوه عملکرد سازه‌ها در زلزله‌ها استوار است. هدف PBSD پشتیبانی از روش‌های مبتنی بر آیین‌نامه است، نه جایگزینی آن‌ها.

فصل آخر، یعنی فصل ۱۲، به بحث پیرامون موضوعات مختلفی اختصاص دارد که منحصر به طراحی ساختمان‌های بلند هستند. کوتاه‌شدگی تفاضلی (نامتقارن) ستون‌ها، طراحی دیوارهای پرده‌ای (Curtain walls)، سیستم‌های میرایی مکانیکی برای کاهش شتاب نوسان ناشی از باد، پی‌های شمع درجا و گسترده (Mat)، و فناوری‌های کاهش آثار زلزله برخی از موضوعات پوشش داده شده در این فصل هستند. شکست ترد اتصالات خمشی جوشی که تحت تقاضاهای غیرارتجاعی بزرگ قرار می‌گیرند، مورد بحث قرار گرفته است. مقادیر واحد سازه‌ای برای تخمین تناژ فولاد اولیه در ساختمان‌های بلند مرتبه فولادی و کامپوزیت نیز شرح داده شده‌اند.

این کتاب تلاش دارد به چندین هدف دست یابد؛ قصد دارد پلی میان یک مهندس تازه‌کار و یک مهندس باتجربه ایجاد کند و هم‌زمان به عنوان یک سند مرجع جامع عمل نماید. مخاطب اول و اصلی این کتاب، مهندسان سازه شاغل در حرفه هستند که طیف وسیعی از دانشجویان مهندسی سازه، مهندسان جوانی که تازه وارد این حرفه شده‌اند و کسانی که تجربه قابل توجهی در این زمینه دارند را شامل می‌شود.

مصطفی مهمامید، PhD, SE, PE, P.Eng., F.SEI, F.ASCE, F.ACI, AP دانشگاه ایلینوی در شیکاگو

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، راهنمای‌های 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.

فصل ۱ - ملاحظات عمومی و مطالعات موردی

۱.۱ مقدمه

سازه‌های بلند باستانی نظیر اهرام جیزه در مصر، معابد مایا در تیکال گواتمالا، و قطب منار در هند، تنها چند نمونه هستند که بر آرمان انسان برای ساخت سازه‌هایی هرچه بلندتر گواهی می‌دهند. این بناها عمدتاً سازه‌هایی توپر (Solid) هستند که بیشتر به عنوان بناهای یادبود عمل می‌کنند تا فضاهایی محصور (برای سکونت). در مقابل، سازه‌های بلند معاصر سکونتگاه‌های انسانی هستند که در پاسخ به شهرنشینی سریع و رشد جمعیت پدید آمده‌اند، هرچند جسارت محض در مقیاس عمودی آن‌ها ممکن است اغلب عنوان بحث‌برانگیز «بنای یادبود» را به آن‌ها بدهد. تفاوت در کاربری ساختمان‌ها، از سازه‌های یادمانی توپر گرفته تا فضاهای محصور، به خودی خود الزامات اساسی پایداری و مقاومت را تغییر نداده است؛ مسائل سازه‌ای همچنان همان‌ها هستند، اما مصالح و روش‌ها متفاوت‌اند.

جدول ۱: سیستم‌های سازه‌ای جانبی مورد استفاده در هر مطالعه موردی

مطالعه موردی	سیستم سازه‌ای جانبی
۱.۳ ساختمان امپایر استیت (Empire State Building)	قاب فولادی مهاربندی شده با اتصالات نیمه‌صلب، دیوارهای برشی، خراباهای کمربندی.
۱.۳.۱ برج موزه (The Museum Tower)، لس‌آنجلس	قاب بتنی شکل‌پذیر لوله‌ای با ستون‌های پیرامونی با فواصل کم که با تیرهای پیشانی (Spandrel) برگردان به هم متصل شده‌اند.
۱.۳.۲ مرکز بانک وان (Bank One Center)، ایندیاناپولیس	دو خرپای بزرگ بالی (Flange trusses) قائم در جهت شمال-جنوب و دو مهاربند هسته‌ای کوچک‌تر در جهت شرق-غرب.
۱.۳.۳ میدان دو اتحادیه (Two Union Square)، سیاتل	قاب مهاربندی شده در هسته، ستون‌های پیرامونی، لوله‌های فولادی ۱۰ فوتی پر شده با بتن با مقاومت بالا و میراگرها.
۱.۳.۴ برج بانک چین (Bank of China Tower)، هنگ‌کنگ	خرپای فضایی با مهاربندی ضربدری (Cross-braced space truss) و ستون‌های کامپوزیت در گوشه‌های ساختمان.
۱.۳.۵ مرکز اصلی دالاس (Dallas Main Center)	قاب خمشی سه‌بعدی و ستون‌های کامپوزیت.
۱.۳.۶ برج میگلین-بیتلر (The Miglin-Beitler Tower)، شیکاگو، ایلینوی	دیوارهای هسته، دیوارهای مهار بازویی (بازوی مهار) و سیستم لوله‌ای صلیبی.
۱.۳.۷ برج NCNB، کارولینای شمالی	لوله پیرامونی بتن مسلح؛ ستون‌های با فواصل کم که توسط تیرهای پیشانی (Spandrel) عمیق به هم متصل شده‌اند.
۱.۳.۸ برج ساوت واکر (The South Walker Tower)، شیکاگو	دیوارهای برشی هسته با اندرکنش قاب-دیوار برشی.
۱.۳.۹ ساختمان T&AT، نیویورک	لوله قاب-صلب فولادی در محیط ساختمان، خراباهای فولادی قائم، ورق‌های فولادی.
۱.۳.۱۰ برج ترامپ (Trump Tower)، نیویورک	هسته بتن مسلح لاغر با یک شاه‌تیر کلاهدک (Cap girder) بزرگ در تراز بام.

خرپای هسته و قاب مهاربندی شده.	۱.۳.۱۱ ساختمان اداری مترو-دید (Metro-Dade Administration Building)
هسته مرکزی بتن مسلح که توسط خرپاهای مهار بازویی به مگاستون‌های (Mega-columns) کامپوزیت بیرونی متصل شده است.	۱.۳.۱۲ برج جین مائو (Jin Mao Tower)، شانگهای، چین
سیستم بتن مسلح متشکل از یک هسته مرکزی و ستون‌های پیرامونی و تیرهای حلقوی.	۱.۳.۱۳ برج‌های پتروناس (Petronas Towers)، مالزی
ستون‌های قوطی شکل فولادی عظیم (Super steel box columns) متصل به مهاربندهای K شکل.	۱.۳.۱۴ تالار شهر توکیو (Tokyo City Hall)
یک سیستم سازه‌ای مثلثی‌سازی شده متشکل از مگامهاربندهای قطری (Super diagonals) برای تأمین هم‌زمان سختی و مقاومت، همراه با پس کشیدگی در ستون‌های خارجی و هسته بتنی داخلی.	۱.۳.۱۵ برج کج (Leaning tower)، ساختمانی در مادرید، اسپانیا
هسته بتن مسلح مثلثی و ستون‌های با فواصل کم با تیرهای پیشانی عمیق.	۱.۳.۱۶ سنترال پلازا هنگ‌کنگ (Hong Kong Central Plaza)
قاب‌های خمشی فولادی ویژه که در محیط ساختمان قرار گرفته‌اند.	۱.۳.۱۷ فاکس پلازا (Fox Plaza)، لس‌آنجلس
هسته مهاربندی شده که از طریق یک سیستم مقاوم در برابر برش متشکل از شاه‌تیرهای ویراندیل (Vierendeel) دو طبقه، به چهار ستون عظیم (Super columns) متصل شده است.	۱.۳.۱۸ برج بل آتلانتیک (Bell Atlantic Tower)، فیلادلفیا
ستون‌های عظیم کامپوزیت، سیستم ویراندیل متناوب، و مهاربندی X شکل هسته.	۱.۳.۱۹ مرکز نوروست (Norwest Center)، مینیاپولیس
ستون‌های کامپوزیت، هسته مهاربندی شده و ویراندیل چندطبقه.	۱.۳.۲۰ فرست بانک پلیس (First Bank Place)، مینیاپولیس
ستون‌های عظیم فولادی در محیط که به صورت متقاطع به یک هسته مهاربندی شده داخلی متصل شده‌اند، همراه با تیرهای با اتصال خمشی که در هر طبقه نقش مهار بازویی را ایفا می‌کنند.	۱.۳.۲۱ فیگوروا در ویلشایر (Figuerroa at Wilshire)، لس‌آنجلس
ستون‌های بتنی کامپوزیت، قاب‌های ویراندیل جوشی.	۱.۳.۲۲ مرکز وان دیترویت (One Detroit Center)
لوله جزئی کامپوزیت متشکل از ستون‌های بتنی که ستون‌های نصب فولادی را در بر گرفته‌اند، همراه با پیشانی‌های (Spandrels) بتنی درجا.	۱.۳.۲۳ وان نایتی-وان پیچ‌تری (One Ninety-One Peachtree)، آتلانتا
هسته مهاربندی شده، ستون‌های عظیم (Super-columns) کامپوزیت در هسته داخلی و در محیط. شاه‌تیرهای فولادی به صورت خمشی بین ستون‌های کامپوزیت متصل شده‌اند. خرپای قطری بین ترازهای ۵۶ و ۵۹ برای اتصال ستون‌های هسته به ستون‌های عظیم پیرامونی استفاده شده است.	۱.۳.۲۴ نیشنز بانک پلازا (Nations Bank Plaza)، آتلانتا
قاب خرپایی پیرامونی که عملکردی دوگانه دارد: تأمین مقاومت جانبی مورد نیاز، و ایجاد دهانه آزاد مطلوب از نظر معماری در پایه (مگاخرپا و زیرخرپاها)، خرپای ویراندیل، خرپای کلاهدک (Hat truss)، و قاب خمشی جوشی.	۱.۳.۲۵ برج بانک الاید (Allied Bank Tower)، دالاس، تگزاس

سیستم دوگانه متشکل از هسته مربعی مهاربندی شده که با یک قاب خمشی شکل پذیر پیرامونی اندرکنش دارد.	۱.۳.۲۶ مرکز جهانی فرست اینترستیت (First Interstate World Center)، لس آنجلس
دیوار هسته بتن مسلح دایروی.	۱.۳.۲۷ ساختمان خزانه‌داری سنگاپور (Singapore Treasury Building)، سنگاپور
دیوارهای برشی در ستون فقرات (هسته مرکزی / ستون فقرات سازه‌ای) (Spine) متصل به ستون‌های جامبو (Jumbo columns) خارجی با پانل‌های بتنی مستطیلی متناوب.	۱.۳.۲۸ سیتی اسپایر (City Spire)، نیویورک
لوله فولادی پیرامونی با ستون‌های نزدیک به هم و تیرهای پیشانی عمیق.	۱.۳.۲۹ برج سیتی کورپ (City Corp Tower)، لس آنجلس
قاب خمشی فولادی شکل پذیر در محیط.	۱.۳.۳۰ کال پلازا (Cal Plaza)، لس آنجلس
لوله پیرامونی با ستون‌های با فاصله زیاد که با تیرهای پیشانی به هم متصل شده‌اند.	۱.۳.۳۱ ساختمان مرکزی MTA، لس آنجلس
قاب مهاربندی شده خارجی با ستون عظیم و مهاربند عظیم (Super braced)، و قاب خمشی. هسته مهاربندی شده داخلی.	۱.۳.۳۲ برج قرن بیست و یکم (The 21 Century Tower)
مناره فولادی فوقانی: سیستم جانبی با مهاربندی قطری. برج اصلی: سیستم هسته پشتیبنددار (Buttressed-core) با دیوارهای مهار بازویی برای اتصال ستون‌های پیرامونی به دیوار داخلی.	۱.۳.۳۳ برج خلیفه (Burj Khalifa)، دبی، امارات
سیستم هسته-نردبانی (Ladder-core) متشکل از یک هسته بتن مسلح مرکزی و هشت مگاستون کامپوزیت تقویت‌شده با فولاد در محیط، که شامل مجموعه‌ای از قاب‌های مهاربندی‌شده با بند (با عضو کششی) (Tie-braced) است.	۱.۳.۳۴ شوم ییپ آپرهیلز (Shum Yip Upperhills) برج ۱، شنژن، چین
ترکیبی از قاب لوله‌ای خمشی بتن مسلح پیرامونی و یک دیوار هسته مرکزی دایروی. برجی پیچ‌خورده که در آن هر ستون در هر طبقه موقعیت منحصر به فردی دارد.	۱.۳.۳۵ برج کایان (Cayan Tower) (سابقاً برج اینفینیتی)، دبی، امارات
دایاگرید (Diagrid) فولادی پیرامونی با یک هسته بتنی شکل پذیر.	۱.۳.۳۶ برج لاتِه سوپر (Lotte Super Tower)، سئول، کره جنوبی
سیستم سازه‌ای «دکل مهارشده» (Stayed-mast). هسته بتن مسلح مربعی مرکزی، خرپاهای مهار بازویی چندطبقه، و ستون‌های فولادی خارجی («مهارها») که توسط خرپاهای مهار بازویی چندطبقه برای سخت‌کردن هسته بتنی درگیر شده‌اند.	۱.۳.۳۷ ساوت دیربورن (South Dearborn)، شیکاگو، ایلینوی، آمریکا
هسته بتن مسلح داخلی مثلثی که با ستون‌های کامپوزیت خارجی از طریق خرپاهای کمربندی و مهار بازویی فولادی کوپل (جفت) شده است.	۱.۳.۳۸ مرکز مالی نانجینگ گرینلند (Nanjing Greenland Financial Center)
قاب دایاگرید پیرامونی و یک هسته بتن مسلح.	۱.۳.۳۹ بانک تجاری روستایی شنژن (Shenzhen Rural Commercial Bank HQ)، شنژن، چین

۱.۳.۴۰ برج سیتیک فاینانشال (CITIC Financial Center Tower 1)، شنژن، چین	قاب پیرامونی کامپوزیت فولاد/بتن و هسته مرکزی بتن مسلح. قاب پیرامونی یک سیستم نوآورانه متشکل از شاه‌تیرهای ویران‌دیل ۲ طبقه است.
۱.۳.۴۱ مرکز مالی تی‌ان‌جین CTF، تی‌ان‌جین، چین	یک هسته بتن مسلح پله‌ای و هشت گروه از مگاستون‌های پیرامونی شیب‌دار، و خرپاهای کمربندی جزئی.
۱.۳.۴۲ برج پرل ریور (Pearl River Tower)، گوانگژو، چین	سیستم دوگانه متشکل از یک سیستم دیوار هسته بتن مسلح مرکزی که توسط مجموعه‌ای از خرپاهای مهار بازویی و کمربندی سازه‌ای فولادی به ستون‌های خارجی متصل شده است، و مگاستون‌های کامپوزیت که توسط مگامهاربندی قطری در دو وجه باریک ساختمان به هم متصل شده‌اند.
۱.۳.۴۳ وان منهتن وست (One Manhattan West)، نیویورک، آمریکا	هسته بتن مسلح با ستون‌های پیرامونی فولادی و قاب خمشی.
1.3.44 برج A25 Xinyi	مهاربندهای کمانش‌تاب (BRBs) بسیار شکل پذیر با مهاربندهای اصلی ارتجاعی (EPB) و مهاربند ثانویه (SB) ترکیب شده با یک قاب خمشی اسمی.
۱.۳.۴۵ ۱۸۱ فرمونت (Fremont ۱۸۱)، سانفرانسیسکو، کالیفرنیا	سیستم مگامهاربند پیرامونی با میرایی ویسکوز در داخل سیستم مگامهاربند.
۱.۳.۴۶ آتریو (Atrio)	قاب مهاربندی شده همگرای ویژه (SCBF) پیرامونی، ستون‌های کامپوزیت و یک هسته بتنی مرکزی با دیوارهای برشی ویژه.
۱.۳.۴۷ برج سیتیک (CITIC Tower)، پکن	مگاقاب پیرامونی و هسته مرکزی، دیوارهای کامپوزیت، و مگاستون «چند سلولی».
۱.۳.۴۸ برج F5	سیستم مهاربند پیرامونی و یک هسته بتنی مرکزی.
۱.۳.۴۹ توره بی.بی.وی.ای (Torre BBVA)	مگاقاب خارجی، کاملاً نمایان و با مهاربندی برون‌محور در اطراف محیط برج، ستون‌های مگاباکس (Mega box) فولادی، مقطع مگاباکس فولادی پر شده با بتن.
۱.۳.۵۰ مرکز فرماندهی دوربین مداربسته (Beijing CCTV Headquarters)، پکن چین	سازه لوله‌ای پیوسته غیرمتعارف، یک «شبه توری» (Mesh) از ستون‌های فولادی یا بتن مسلح، مهاربندی قطری و تیرهایی که دور تا دور هر سطح پیچیده شده‌اند.
۱.۳.۵۱ ماهاناکون (MahaNakhon)، بانکوک	هسته مرکزی بتنی با مهارهای بازویی در ترازهای انتقال برای درگیر کردن ستون‌های پیرامونی. یک سیستم منحصر به فرد با ستون‌های عقب‌نشسته (Setback columns) در صفحه ستون.
۱.۳.۵۲ مرکز شانگهای (Shanghai Center Tower)	سیستم هسته-مهار بازویی-مگاقاب شامل یک هسته کامپوزیت، ستون‌های عظیم (Super columns)، خرپاهای مهار بازویی و خرپاهای کمربندی.
۱.۳.۵۳ ساختمان نیویورک تایمز (The New York Times Building)، نیویورک، آمریکا	هسته مهاربندی شده مرکزی و مهارهای بازویی در ارتفاع میانی و در بام برای درگیر کردن تمام ستون‌های پیرامونی. میله‌های پس‌کشیده برای ایجاد مهاربندی X شکل صرفاً کششی جهت تکمیل سیستم مقاوم جانبی ساختمان.

هسته بتنی، مهار بازویی و خرپاهای کمربندی که ستون‌های پیرامونی را درگیر می‌کنند.	۱۳.۵۴ برج فدراسیون شرق (Federation Tower East)، مسکو، فدراسیون روسیه
سیستم دیوار باربر با تیرهای هم‌بند (Coupling beams) عمیق.	۱۳.۵۵ برج جدّه (Jeddah Tower)، پادشاهی عربستان سعودی
هسته بتنی، مهارهای بازویی برای درگیر کردن ستون‌های پیرامونی، و خرپاهای کمربندی فولادی چندطبقه، مهاربندهای کماتش‌تاب (BRBs) به عنوان اقطار مهار بازویی استفاده شدند. از طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد (PBSD) استفاده شد.	۱۳.۵۶ مرکز ویلشایر گرند (Wilshire Grand Center)، لس‌آنجلس، کالیفرنیا، آمریکا
دیوارهای بتنی که یک جعبه را در اطراف کل محیط تشکیل می‌دهند.	۱۳.۵۷ مطالعه موردی مرکز نوآوری و صلاحیت تیسن کروب (ThyssenKrupp Innovation & Qualification Center)
دیوارهای هسته بتن مسلح، چهار ستون عظیم پیرامونی بتنی متصل به هسته از طریق دیوارهای مهار بازویی بتنی.	۱۳.۵۸ برج مارکت اسکوائر (Market Square Tower)، دودکش خورشیدی کاست (KAUST Solar Chimney)، عربستان سعودی
لوله دایاگرید با عضو فشاری (Strut) بتنی کامپوزیت پیش‌تنیده پیش‌ساخته.	۱۳.۶۰ شارد (The Shard)، لندن
هسته بتنی.	۱۳.۶۱ خیابان بیشاپس گیت ۲۲ (Bishopsgate ۲۲)، لندن
سه دیوار برشی بتنی نمایان از نظر معماری، و دایاگرید فولادی دوتایی - V (Double-V) پیرامونی.	۱۳.۶۲ توره ریفورما (Torre Reforma)، مکزیکوسیتی

در طراحی بناهای یادبود اولیه، در نظر گرفتن اندرکنش فضایی بین زیرسیستم‌های سازه‌ای نسبتاً بی‌اهمیت بود، زیرا جرم (انبوهی) آن‌ها مقاومت و پایداری را تأمین می‌کرد. در مقایسه، اندازه و چگالی المان‌های سازه‌ای یک ساختمان بلند معاصر به طرز چشمگیری کمتر است و با انگیزه بازار املاک و مستغلات، اصول زیبایی‌شناسی و راهکارهای سازه‌ای نوآورانه، همچنان رو به کاهش است. بنابراین روند موجود در فناوری بلندمرتبه‌سازی را می‌توان به عنوان کاهشی تدریجی در مقدار مصالح سازه‌ای مورد استفاده برای ایجاد پوسته معماری خارجی و فضاهای درون آن در نظر گرفت.

برای موفقیت، یک ساختمان بلند باید تقاضاهای اغلب متناقضی را که توسط رشته‌های مختلف نظیر مکانیک، برق، سازه و معماری تحمیل می‌شوند، به شکلی اقتصادی برآورده سازد. در انجام این کار، از دیدگاه سازه‌ای، یک ساختمان را می‌توان زمانی «بلند» تعریف کرد که ارتفاع آن شرایط متفاوتی را در طراحی، ساخت و بهره‌برداری نسبت به شرایط موجود برای همتایان کوتاه‌تر خود ایجاد کند. این شرایط زمانی آشکار می‌شوند که آثار بارهای جانبی شروع به تأثیرگذاری بر طراحی آن کنند. برای مثال، در طراحی ساختمان‌های بلند، علاوه بر الزامات مقاومت، سختی و پایداری، تغییر مکان‌های جانبی ناشی از بارهای باد یا زلزله باید کنترل شوند تا از آسیب‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای جلوگیری شود. همچنین، پاسخ باد طبقات بالا از نظر شتاب آن‌ها در هنگام طوفان‌های متداول باد، باید در محدوده‌های قابل قبول نگه داشته شود تا درک حرکت و ناراحتی برای ساکنان ساختمان به حداقل برسد.

گرایش در معماری بلندمرتبه، ایجاد یک فرم فضایی کلی با جزئیات‌پردازی پیچیده سیستم نما است (شکل ۱.۱). دلیل آن به طور منحصر به فردی، تعریف یک برج در محیط شهری و در عین حال، فراهم کردن فضاهای داخلی است که برای بهره‌برداران ساختمان بسیار مطلوب باشد. در اغلب موارد، راهکار سازه‌ای حاصل پیچیده است. با این حال، مهندس که تا اوایل دهه ۱۹۷۰ تأثیر قابل توجهی بر شکل معماری ساختمان اعمال می‌کرد، دیگر انجام این کار را ضروری نمی‌داند. در عوض، با پشتیبانی عظیم تحلیلی که توسط رایانه‌ها فراهم شده است، مهندس سازه معمار را از قید و بندهای سازه‌ای رها کرده است، به ویژه در مناطقی با لرزه‌خیزی کم (آرام). نیازی به گفتن نیست که معماری فرم آزاد (Free-form)، بررسی دقیق‌تر سیستم‌های اثبات‌شده را طلب کرده و مهندس را به چالش می‌کشد تا یا سیستم‌های اثبات‌شده را اصلاح کند یا کلاً راهکارهای سازه‌ای جدیدی ارائه دهد. اگرچه رسیدن به تعدادی راهکار سازه‌ای که همگی به یک اندازه برای یک ساختمان بلند خاص قابل اجرا باشند امکان‌پذیر است، اما طرح نهایی اغلب بیشتر به موارد دیگری بستگی دارد تا چه حد سایر الزامات غیرسازه‌ای را برآورده می‌کند. بنابراین، بهینه‌سازی سیستم‌های سازه‌ای وظیفه‌ای است که باید در هماهنگی با سایر رشته‌های ساختمانی مورد مطالعه قرار گیرد.



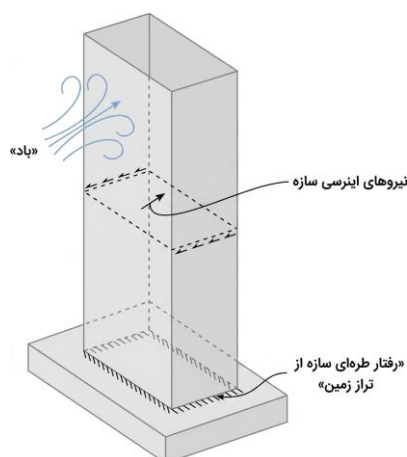
شکل ۱.۱: فرم فضایی معماری مدرن بلندمرتبه. فاکس پلازا (Fox Plaza)، لس‌آنجلس. جانسون، فین و پیرا (Johnson, Fain and Pereira)؛ معماران. شرکت جان ای. مارتین و همکاران (Asso. Inc & John A. Martin)، مهندسان سازه.

اگرچه فرم نمای بیرونی ساختمان نقش بزرگی در چگونگی رفتار ساختمان تحت نیروهای باد و زلزله ایفا می‌کند، اما مهندسان کمی این فرصت را پیدا می‌کنند (و به درستی هم همین‌طور است، وگرنه تمام ساختمان‌های ما منشوری شکل،

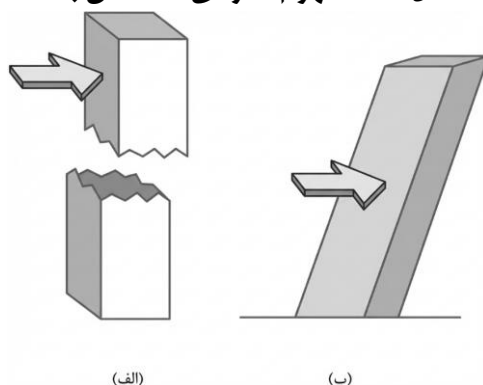
و یا مربعی و یا گرد می‌شدند) که بر شکل ساختمان تأثیر بگذارند. در عوض، نقش آن‌ها به بهینه‌سازی سازه برای فرم خاصی که معمار و کارفرما ارائه می‌دهند، محدود می‌شود.

۱.۲ مفاهیم سازه‌ای

ایده کلیدی در مفهوم‌سازی سیستم سازه‌ای برای یک ساختمان بلند باریک، تصور کردن آن به عنوان یک تیر طره‌ای (کنسول شده) از زمین است (شکل ۱.۲). نیروی جانبی ایجاد شده، چه ناشی از وزش باد به ساختمان باشد و چه ناشی از نیروهای اینرسی القا شده توسط لرزش زمین، تمایل دارد که هم آن را بشکند (برش) و هم آن را واژگون کند (خمش). بنابراین، ساختمان باید سیستمی برای مقاومت در برابر برش و همچنین خمش داشته باشد. در مقاومت در برابر نیروهای برشی، ساختمان نباید بر اثر برش گسیخته شود (شکل ۱.۳ a)، و نباید فراتر از حد بازگشت ارتجاعی تغییر شکل دهد (شکل ۱.۳ b). به طور مشابه، سیستم مقاوم در برابر خمش نیز باید سه نیاز را برآورده کند (شکل ۱.۴). ساختمان نباید تحت تأثیر نیروهای ترکیبی ثقلی و بارهای جانبی واژگون شود؛ نباید با خرابی زودرس ستون‌ها، چه بر اثر خرد شدن و چه بر اثر نیروهای کششی بیش از حد، دچار شکست شود؛ و خیز (deflection) آن نباید از حد بازگشت ارتجاعی فراتر رود. علاوه بر این، یک ساختمان در مناطق لرزه‌خیز باید قادر باشد در برابر نیروهای زلزله واقع‌بینانه بدون از دست دادن ظرفیت باربری قائم خود مقاومت کند.



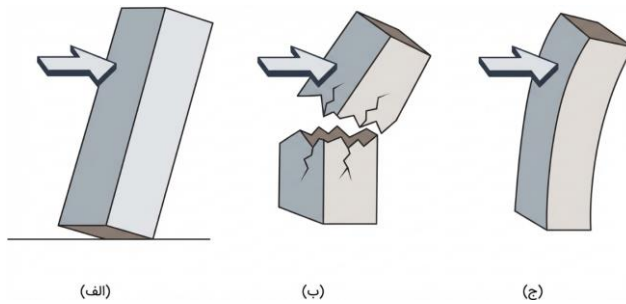
شکل ۱.۲: مفهوم سازه‌ای ساختمان بلند.



(الف)

(ب)

شکل ۱.۳: مقاومت برشی ساختمان: (الف) ساختمان نباید بشکند؛ (ب) ساختمان نباید در اثر برش تغییر شکل بیش از حد داشته باشد.

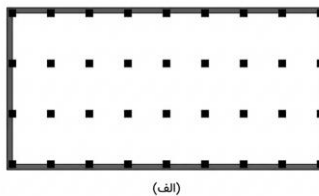


شکل ۱.۴: مقاومت خمشی ساختمان: (الف) ساختمان نباید واژگون شود؛ (ب) ستون‌ها نباید در کشش یا فشار دچار شکست شوند؛ (ج) تغییر مکان خمشی نباید بیش از حد باشد.

در مقاومت سازه در برابر خمش و برش، یک «طناب‌کشی» (کشمکش) حاصل می‌شود که ساختمان را به حرکت در می‌آورد و بدین ترتیب سومین مسئله مهندسی را ایجاد می‌کند: درک حرکت یا ارتعاش. اگر ساختمان بیش از حد نوسان کند، آسایش انسانی قربانی می‌شود، یا مهم‌تر از آن، امان‌های غیرسازه‌ای ممکن است بشکنند که منجر به خسارات پرهزینه به محتویات ساختمان و ایجاد خطر برای عابران پیاده می‌شود.

یک فرم سازه‌ای کامل برای مقاومت در برابر آثار خمش، برش و ارتعاش بیش از حد، سیستمی است که دارای پیوستگی قائم بوده و به طور ایده‌آل در دورترین فاصله از مرکز هندسی ساختمان قرار گرفته باشد. یک دودکش بتنی شاید یک مدل مهندسی ایده‌آل، اگرچه نه چندان الهام‌بخش، برای یک فرم سازه‌ای فوق‌سنگین منطقی باشد. جستجو برای بهترین راهکار، در ترجمه فرم ایده‌آل دودکش به یک سازه اسکلتی کاربردی‌تر نهفته است.

آشکار است که تمام ستون‌ها باید در لبه‌های پلان باشند. بنابراین پلان نشان داده شده در شکل ۱.۵ (ب) نسبت به پلان شکل ۱.۵ a ارجحیت دارد. از آنجا که این آرایش همیشه امکان‌پذیر نیست، جالب است مطالعه کنیم که مقاومت در برابر خمش چگونه تحت تأثیر چیدمان ستون‌ها در پلان قرار می‌گیرد. ما از دو پارامتر، شاخص سختی خمشی (BRI) و شاخص سختی برشی (SRI)، که اولین بار در *Progressive Architecture* منتشر شد، برای توضیح کارایی سیستم‌های سازه‌ای استفاده خواهیم کرد.



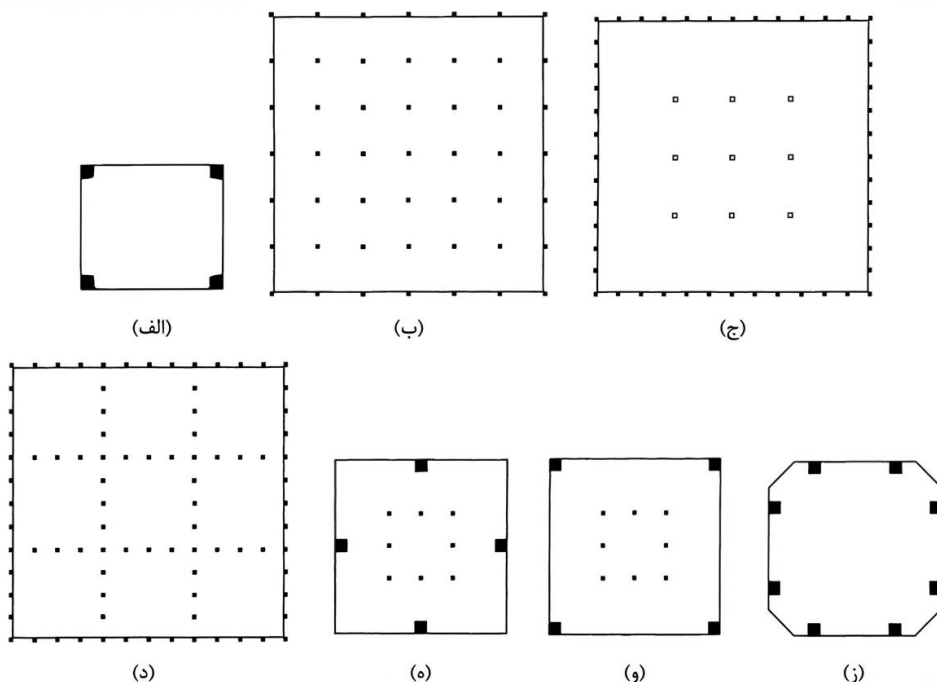
(الف)



(ب)

شکل ۱.۵: فرم‌های پلان ساختمان: (الف) توزیع یکنواخت ستون‌ها؛ (ب) ستون‌های متمرکز شده در لبه‌ها.

در یک ساختمان مربعی نهایت کارایی خمشی ممکن را می توان پیدا نمود که تمام ستون های ساختمان را در چهار ستون گوشه متمرکز می کند، همان طور که در شکل ۱.۶ a نشان داده شده است. از آنجا که این پلان دارای حداکثر کارایی است، شاخص سختی خمشی (BRI) ایده آل ۱۰۰ به آن اختصاص داده می شود. BRI ممان اینرسی کل تمام ستون های ساختمان حول محورهای مرکزی است که به عنوان یک سیستم یکپارچه مشارکت می کنند.



شکل ۱.۶: چیدمان ستون ها و شاخص سختی خمشی (BRI): (الف) ساختمان مربعی با ستون های گوشه: $BRI = 100$; (ب) ساختمان سنتی دهه ۱۹۳۰، $BRI = 33$; (ج) ساختمان لوله ای مدرن، $BRI = 33$; (د) برج های سیرز (Sears Towers)، $BRI = 33$; (ه) برج سیتی کورپ (City Corp Tower)، $BRI = 31$; (و) ساختمان با ستون های گوشه و هسته، $BRI = 56$; (ز) برج بانک ساوت وست (Bank of Southwest Tower)، $BRI = 63$.

ساختمان بلند سنتی گذشته، مانند ساختمان امپایر استیت (Empire State Building)، از تمام ستون ها به عنوان بخشی از سیستم مقاوم جانبی استفاده می کرد. برای ستون هایی که با دهانه های منظم چیده شده اند، BRI برابر با ۳۳ است (شکل ۱.۶ b).

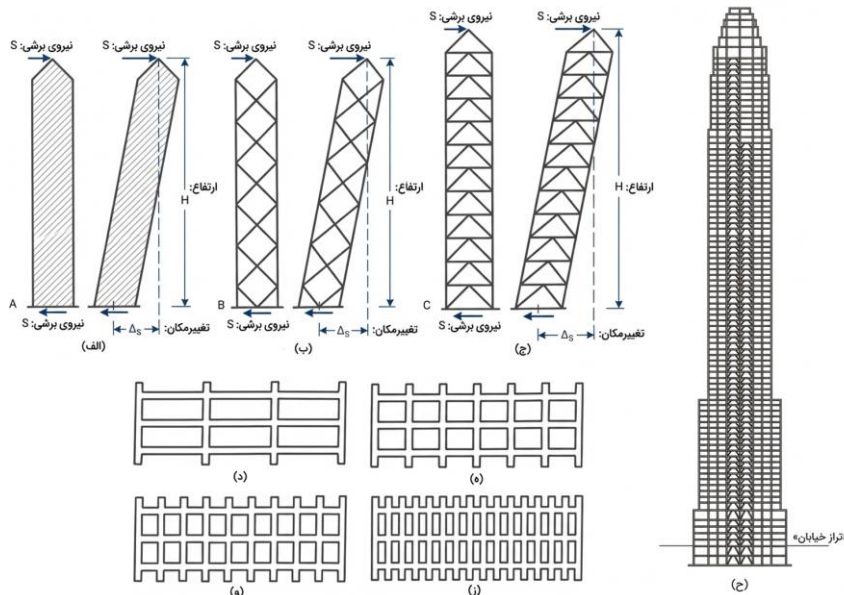
یک ساختمان بلند مدرن دهه های ۱۹۸۰ و ۹۰ میلادی دارای ستون های خارجی با فواصل کم و دهانه های آزاد طولانی تا هسته آسانسور در آرایشی به نام «لوله» (Tube) است. اگر تنها ستون های پیرامونی برای مقاومت در برابر بارهای جانبی استفاده شوند، BRI برابر با ۳۳ است. مثالی از این نوع پلان، مرکز تجارت جهانی (World Trade Center) در نیویورک سیتی است (شکل ۱.۶ c).

برج های سیرز (Sears Towers) در شیکاگو از تمام ستون های خود به عنوان بخشی از سیستم جانبی در پیکربندی ای به نام «لوله دسته شده» (Bundled tube) استفاده می کند. این ساختمان نیز دارای BRI برابر با ۳۳ است (شکل ۱.۶ d). برج سیتی کورپ (Citicorp Tower) (شکل ۱.۶ e)، از تمام ستون های خود به عنوان بخشی از سیستم جانبی

استفاده می‌کند، اما از آنجا که ستون‌ها نمی‌توانستند در گوشه‌ها قرار گیرند، BRI آن به ۳۱ کاهش یافته است. اگر ستون‌ها به گوشه‌ها منتقل می‌شدند، BRI به ۵۶ افزایش می‌یافت (شکل ۱۶ f). از آنجا که هشت ستون در هسته وجود دارد که بارها را تحمل می‌کنند، BRI به ۱۰۰ نمی‌رسد.

پلان برج بانک ساوت‌وست (Bank of Southwest Tower)، یک ساختمان بلند پیشنهاد شده در هیوستون تگزاس، با BRI برابر با ۶۳ به ایده‌آل واقع‌بینانه برای سختی خمشی نزدیک می‌شود (شکل ۱۶ g). ستون‌های گوشه دو تکه شده و از گوشه‌ها جابجا شده‌اند تا امکان ایجاد مناظر وسیع از فضای داخلی اداری فراهم گردد.

به منظور اینکه ستون‌ها به عنوان عناصر یک سیستم یکپارچه عمل کنند، لازم است که آن‌ها را با یک سیستم مقاوم برشی مؤثر به هم متصل کنیم. بیا بید به برخی از راهکارهای ممکن و شاخص سختی برشی (SRI) نسبی آن‌ها بنگریم. سیستم برشی ایده‌آل، یک صفحه یا دیوار بدون باز شو است که دارای شاخص سختی برشی (SRI) نهایی ۱۰۰ می‌باشد (شکل ۱۷ a). دومین سیستم برشی برتر، یک سیستم جان (Web) قطری با زوایای ۴۵ درجه است که دارای SRI برابر با ۶۲.۵ می‌باشد (شکل ۱۷ b). یک سیستم مهاربندی متداول‌تر که ترکیبی از اعضای قطری و افقی است، اما از مصالح بیشتری استفاده می‌کند، در شکل ۱۷ c نشان داده شده است. SRI آن به شیب اعضای قطری بستگی دارد و برای معمول‌ترین زاویه مهاربند یعنی ۴۵ درجه، دارای مقدار ۳۱.۳ است.



شکل ۱۷ سیستم‌های برشی ساختمان‌های بلند: (الف) سیستم دیوار برشی؛ (ب) سیستم جان مورب؛ (ج) سیستم جان با اعضای مورب و افقی؛ (د-ز) قاب‌های صلب؛ (ح) سیستم مهاربندی ساختمان امپایر استیت؛ قاب فولادی سازه‌ای پرچ شده محصور در بتن سیندر (بتن سبک با سنگدانه خاکستر زغال سنگ).

رایج‌ترین سیستم‌های برشی، قاب‌های با اتصال صلب هستند که در اشکال ۱۷ d-g نشان داده شده‌اند. کارایی یک قاب که با شاخص SRI آن سنجیده می‌شود، به تناسب طول و عمق اعضا بستگی دارد. یک قاب با ستون‌های نزدیک به هم، مانند آنچه در اشکال ۱۷ ج-ز نشان داده شده، که در هر چهار وجه یک ساختمان مربعی استفاده شود، دارای سختی

برشی بالایی است و همزمان به عنوان یک پیکربندی خمشی کارآمد نیز عمل می‌کند. پیکربندی حاصل «لوله» (Tube) نامیده می‌شود و اساس ساختمان‌های بلند بی‌شماری از جمله دو مورد از مشهورترین ساختمان‌های جهان، یعنی برج سیرز (Sears Tower) و مرکز تجارت جهانی (World Trade Center) است.

در طراحی سیستم مهاربندی جانبی برای ساختمان‌ها، تمایز قائل شدن بین «طراحی باد» و «طراحی لرزه‌ای» حائز اهمیت است. ساختمان باید برای نیروهای افقی تولید شده توسط باد یا بارهای لرزه‌ای، هر کدام که بزرگتر باشد، طبق ضوابط آیین‌نامه ساختمان یا مطالعات ویژه ساختگاه (Site-specific study) که مورد پذیرش مقام مسئول ساختمان باشد، طراحی شود. با این حال، از آنجا که نیروهای لرزه‌ای واقعی در هنگام وقوع، احتمالاً به مراتب بزرگتر از نیروهای تجویز شده در آیین‌نامه هستند، طراحی لرزه‌ای علاوه بر الزامات مقاومتی، نیازمند محدودیت‌های مصالح و الزامات دیتیلینگ (Detailing) نیز می‌باشد. بنابراین، برای ساختمان‌های واقع در مناطق با لرزه‌خیزی بالا، حتی زمانی که نیروهای باد بر طراحی حاکم باشند، الزامات دیتیلینگ و تناسب‌بندی مقاومت لرزه‌ای نیز باید برآورده شوند. با افزایش ضریب منطقه خطر لرزه‌ای، الزامات به تدریج سخت‌گیرانه‌تر می‌شوند.

۱.۳ واژگان سازه‌ای؛ مطالعات موردی

با توجه به اینکه یک ساختمان باید سیستم‌هایی برای مقاومت در برابر هر دو عامل خمش و برش داشته باشد، بیا باید از برخی از ساختمان‌های بلند جهان بازدید کنیم تا کاوش کنیم که مهندسان برجسته چگونه از مفاهیم *BRI* و *SRI* در طرح‌های خود بهره برده‌اند. در توصیف طرح‌ها، تلاش شده است تا توضیحات طرح سازه‌ای به شکلی اصلاح‌شده (آموزشی) ارائه شود. این کار اهداف آموزشی این کتاب را مؤثرتر از بازگو کردن خشک و بی‌روح داده‌های طراحی برآورده می‌کند. اگرچه برخی مثال‌ها شامل طرح‌های معمولی و متداولی هستند که تعداد زیادی از مهندسان باید به صورت روزمره حل کنند، اما سایر مطالعات بازگو شده، پروژه‌هایی تا حدی شاعرانه، شاخص و حتی جسورانه در راه‌حل‌های مهندسی خود هستند. بسیاری از آن‌ها نمونه‌هایی از ساختمان‌های ساخته شده یا پیشنهاد شده در مناطق کم‌خطر لرزه‌ای هستند که نیازمند بررسی دقیق رفتار شکل‌پذیر و ظرفیت مقاومت ذخیره (Reserve strength) پیش از اعمال آن‌ها در مناطق فعال لرزه‌ای می‌باشند.

هدف اصلی این بخش، آشنا کردن خواننده با واژگان موجود و جدید سیستم‌های سازه‌ای است که معمولاً در طراحی ساختمان‌های بلند در نظر گرفته می‌شوند. طراحی سازه در دوره‌ای از ترکیب و تکامل سیستم‌های سازه‌ای به سر می‌برد، مانند مگاقاب‌ها (Megaframes)، قاب‌های مهاربندی شده آبر-قطری (Super diagonally braced frames) داخلی و خارجی، سازه‌های ستون فقراتی (Spine structures) و غیره، که تنها نام چند مورد از آن‌هاست. مطالعات موردی گنجانده شده در این بخش، آن جنبه‌هایی از مفهوم‌سازی و قضاوت را روشن می‌کنند که همانند جدیدترین نرم‌افزارهای رایانه‌ای، از ثوابت جاودانه فرایند طراحی و برای درک طراحی سازه حیاتی هستند. تاریخچه‌های موردی بر اساس اطلاعات موجود در نشریات و مجلات فنی گوناگون استوار است. استفاده مکرری از اطلاعات شخصی به‌دست آمده از مهندسان طراح سازه (Engineers-of-record) صورت گرفته است. جدول ۱ مطالعات موردی ارائه شده در این فصل را همراه با سیستم سازه‌ای جانبی استفاده شده برای هر یک، فهرست می‌کند.

ما تور جهانی خود را از شهر نیویورک آغاز می‌کنیم تا به ساختمان امپایر استیت (Empire State Building) ادا احترام کنیم؛ ساختمانی که برای بیش از ۴۰ سال، از روز تکمیلش در سال ۱۹۳۱ تا سال ۱۹۷۲ که برج‌های دوقلوی مرکز تجارت جهانی نیویورک با ارتفاع ۱۲۸۰ فوت (۳۸۱ متر) حدود ۱۲۰ فوت (۳۷ متر) از آن پیشی گرفتند، بلندترین ساختمان جهان بود (شکل ۱.۷ ح). قاب فولادی سازه‌ای با اتصالات پرچ شده، در حالی که در بتن با سنگدانه سرباره معدنی (Cinder concrete) مدفون شده بود، برای تحمل ۱۰۰٪ بار ثقیلی و ۱۰۰٪ بار باد وارده بر ساختمان طراحی

شده بود. این پوشش بتنی (Encasement)، اگرچه در تحلیل مقاومت نادیده گرفته شد، اما قاب را به ویژه در برابر بار باد سخت کرد. فرکانس‌های اندازه‌گیری شده روی قاب تکمیل شده، سختی واقعی را حدود ۴۸ برابر سختی قاب لخت (بدون بتن) تخمین زده‌اند.

۱.۳.۱ برج موزه، لس‌آنجلس (The Museum Tower, Los Angeles)

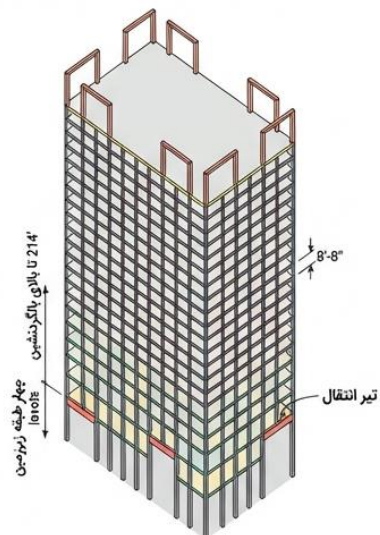
برج موزه، یک مجتمع مسکونی ۲۲ طبقه که در شکل ۱.۸ a نشان داده شده است، بخشی از مجموعه کالیفرنیا پلازا (California Plaza) است که یکی از بزرگترین پروژه‌های نوسازی شهری در منطقه‌ای با فعالیت لرزه‌ای بالا در آمریکای شمالی محسوب می‌شود. سیستم سازه‌ای این ساختمان، واقع در مرکز شهر لس‌آنجلس، متشکل از یک قاب بتنی لوله‌ای شکل‌پذیر (Tubular ductile concrete frame) با ستون‌های پیرامونی به فواصل ۱۳ فوت (۳.۹۶ متر) از مرکز تا مرکز است که با تیرهای لبه‌ای (Spandrel) معکوس (رو به بالا) به هم متصل شده‌اند (شکل ۱.۸ b). قاب خارجی از بتن نمایان رنگ‌شده (Exposed painted concrete) است.

سیستم ثقیلی برای طبقات تیپ، متشکل از یک دال تخت پس‌کشیده (Post-tensioned flat plate) به ضخامت ۸ اینچ (۲۰۳ میلی‌متر) با تاندون‌های نواری (متمرکز) و یکنواخت است که به ترتیب در راستاهای کوتاه و بلند ساختمان اجرا شده‌اند، همان‌طور که در شکل ۱.۸ a نشان داده شده است.

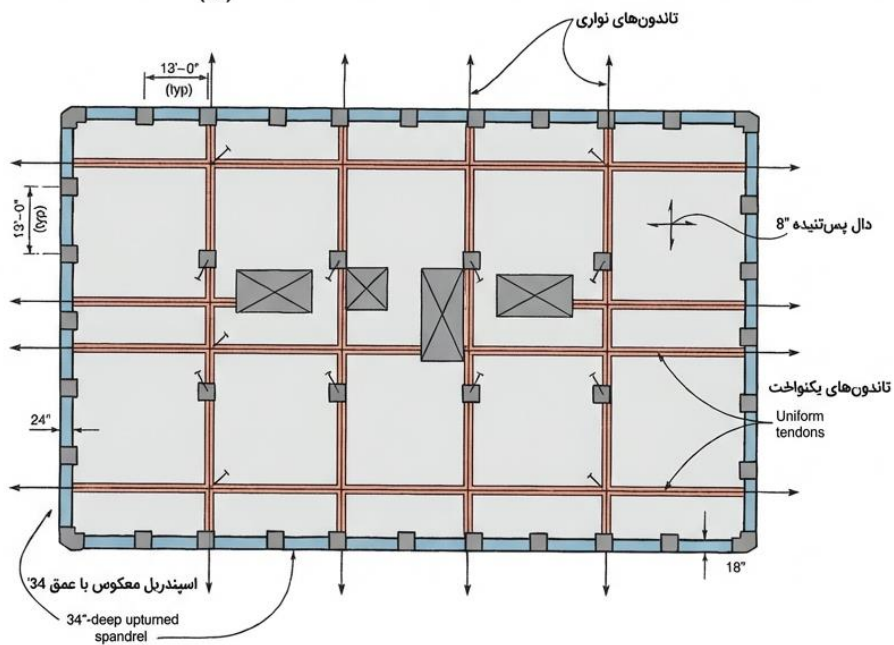
اگرچه ساختمان هم در پلان و هم در ارتفاع منظم است و ارتفاع آن کمتر از ۲۴۰ فوت (۷۳ متر) می‌باشد، اما به دلیل وجود انتقال‌ها (Transfers) در پایه (شکل ۱.۸ b)، از تحلیل دینامیکی با استفاده از طیف ویژه ساختگاه (Site-specific spectrum) در طراحی لرزه‌ای استفاده شد. برش پایه دینامیکی به مقداری معادل برش پایه استاتیکی آیین‌نامه UBC 1992 مقیاس شد. برای حفظ مشخصات دینامیکی ساختمان، شتاب‌های طیفی بدون تغییر جرم طبقات کاهش داده شدند (Scaled down). طراحی سازه توسط شرکت جان ای. مارتین و همکاران (John A. Martin & Associates, Inc) در لس‌آنجلس انجام شده است. معماری اثر شرکت فوجیکاوا جانسون و همکاران (Fujikawa & Johnson Asso. Inc) و بارتون مایرز و همکاران (Barton Myers Asso. Inc) است.



(الف)



(ب)



(ج)

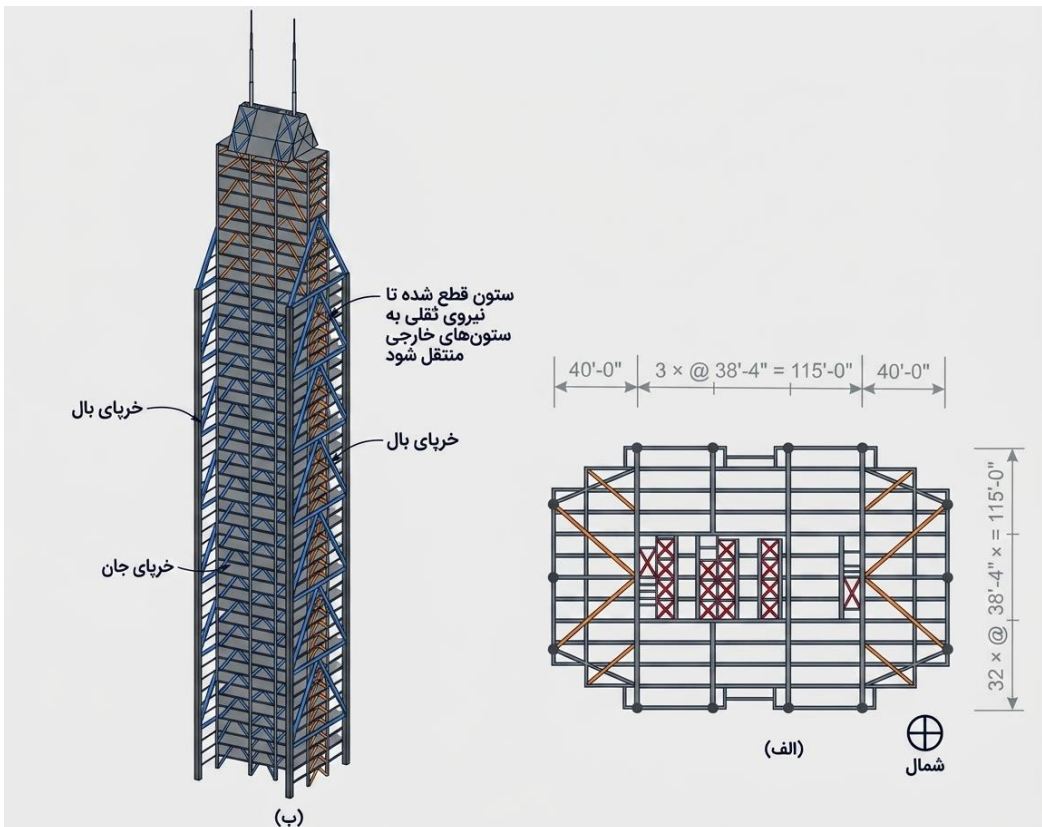
شکل ۱.۸: برج موزه، لس آنجلس:

معماران: فوجیکاوا جانسون و همکاران، و بارتون میروز و همکاران. مهندسان سازه: جان ای. مارتین و همکاران، لس آنجلس. (الف) نمای ساختمان؛ (ب) سیستم جانبی؛ (ج) پلان قاب‌بندی کف پس کشیده تپ.

۱.۳.۲ مرکز بانک وان، ایندیاناپولیس (Bank One Center, Indianapolis)

مرکز بانک وان در ایندیاناپولیس، یک ساختمان اداری ۵۲ طبقه با اسکلت فلزی است که تا ارتفاع ۶۲۳ فوت (۱۹۰ متر) بالاتر از سطح خیابان اوج می‌گیرد. در پلان، برج به طور معمول دارای ابعاد ۱۹۰ در ۱۲۰ فوت (۵۸ در ۳۷ متر) با عقب‌نشینی‌هایی (Setbacks) در طبقات ۱۰، ۱۳، ۲۳، ۴۵ و ۴۷ است (شکل ۱.۹ الف).

سیستم سازه‌ای مقاوم در برابر نیروهای جانبی، متشکل از دو خرپای بزرگِ بال قائم (Vertical flange trusses) در جهت شمال-جنوب و دو مهاربندِ هسته کوچکتر در جهت شرق-غرب است که به عنوان خرپاهای جان (Web trusses) عمل کرده و خرپاهای بال را به هم متصل می‌کنند. خرپاهای بال که حداکثر بازوی لنگر را برای مقاومت در برابر لنگرهای واژگونی فراهم می‌کنند، همچنین برای انتقال بارهای ثقیلی هسته به ستون‌های خارجی عمل می‌کنند. متعادل‌سازی حاصله در تنش‌های محوری موجود در خرپا و ستون‌های پیرامونی غیر خرپایی، کوتاه شدگی تفاضلی (Differential shortening) بین آن‌ها را به حداقل می‌رساند. برای اطمینان از یک مسیر بار مستقیم برای انتقال بار ثقیلی از هسته به ستون‌های خرپا، ستون هسته در زیر تراز مهاربندها در هر ۱۲ طبقه حذف شده است، همان‌طور که در شکل ۱.۹ ب نشان داده شده است. علاوه بر این، گوشه‌های پله‌ای (Step-back corners) به صورت طراحی اجرا شده‌اند تا سطح بارگیرِ بار ثقیلی را به حداکثر برسانند و نیروی کششی ناشی از لنگرهای واژگونی را جبران کنند. طراحی سازه توسط مشاوران ل‌مژور (LeMessurier Consultants, Inc.) در کمبریج، ماساچوست انجام شده است.

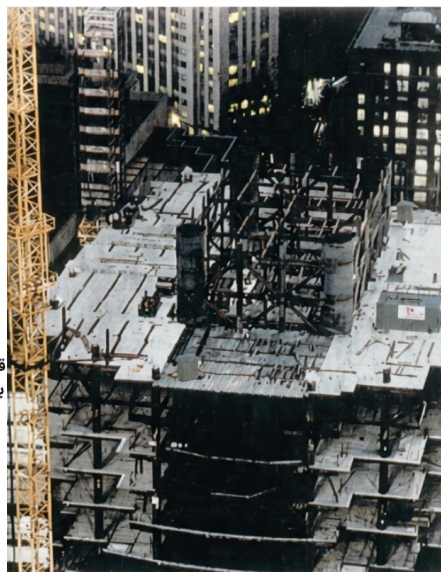
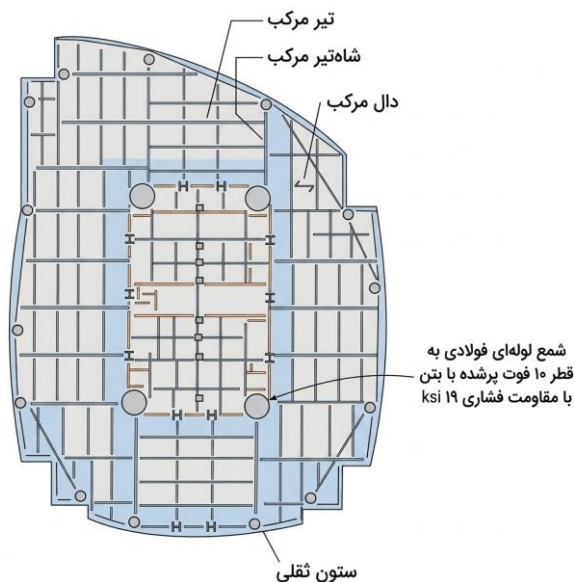


شکل ۱.۹: مرکز بانک وان، ایندیاناپولیس: (الف) پلان؛ (ب) سیستم جانبی.

۱.۳.۳ میدان تو یونیون، سیاتل (Two Union Square, Seattle)

این برج اداری ۵۰ طبقه (شکل ۱.۱۰ ج) دارای نمایی منحنی با ستون‌های پیرامونی با فواصل زیاد است. المان‌های مقاوم جانبی در دیوارهای هسته داخلی قرار گرفته‌اند که امکان فاصله‌گذاری ستون‌های پیرامونی را تقریباً در هر ۴۴ فوت (۱۳.۴۲ متر) به جای فاصله معمول ۱۰ تا ۱۵ فوت (۳.۰۵ تا ۴.۵۸ متر) فراهم می‌کند.

چهار لوله فولادی به قطر ۱۰ فوت (۳.۰۵ متر) که با بتن پرمقاومت ۱۹۰۰۰ پوند بر اینچ مربع (۱۹,۰۰۰ psi یا ۱۳۱ مگاپاسکال) پر شده‌اند، المان‌های اصلی مقاوم در برابر بار جانبی هستند (شکل ۱.۱۰ الف، ب). برای کاهش درک حرکت جانبی (نوسان) در ترازهای بالای ساختمان، سیستم سازه‌ای ساختمان شامل ۱۶ میراگر است. طراحی سازه توسط شرکت اسکیلینگ وارد مگنوسون بارک‌شایر (Skilling Ward Magnusson Barkshire Inc.) انجام شده است.



شکل ۱.۱۰: تو یونیون اسکوئر، سیاتل: (الف) پلان؛ (ب) عکس جین ساخت؛ (ج) نمای ساختمان.