

ساختمان‌های بلند

تألیف

شاپور طاهری

(عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

طاحونی، شاپور، ۱۳۳۴ -	:	سرشناسه
ساختمانهای بلند/ تالیف شاپور طاحونی .	:	عنوان و نام پدیدآور
تهران : علم و ادب، ۱۳۹۵	:	مشخصات نشر
چهارده ، ۹۹۱ ص. : مصور ، جدول ، نمودار .	:	مشخصات ظاهری
978-964-7005-76-0	:	شابک
فیبا	:	وضعیت فهرست نویسی
واژه نامه .	:	یادداشت
ساختمانهای بلند	:	موضوع
Tall buildings	:	موضوع
ساختمانهای بلند -- اثر زلزله	:	موضوع
Tall buildings -- Earthquake effects	:	موضوع
ساختمانهای بلند -- طرح و ساختمان	:	موضوع
Tall buildings -- Design and construction	:	موضوع
۱۳۹۵ س ۲/ط ۷۸۴۵	:	بندی کنگره
۶۹۰/۰۹۵۵	:	رده بندی
۲۴۹۸۲۱۲	:	شماره شابک ملی

عنوان:	ساختمان های بلند
مولف	: شاپور طاحونی
ناشر	: انتشارات علم و ادب
امور فنی و هنری	: لیلا سلمه
شمارگان	: ۵۰۰ نسخه
تاریخ انتشار	: ۱۳۹۶
نوبت چاپ	: اول
قیمت	: ۶۰۰۰۰ تومان
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۷۰۵-۷۶-۰

«کلیه حقوق اعم از چاپ و تکثیر، نسخه برداری، ترجمه و جز اینها

برای «انتشارات علم و ادب» محفوظ است.»

نشانی: خیابان انقلاب، خیابان قدس، پلاک ۳، واحد ۲، تلفن: ۶۶۹۶۶۵۸۶

پیشگفتار

تعریف ساختمان بلند مفهومی نسبی است. صرفنظر از تعاریف هندسی و یا حقوقی، اطلاق صفت بلند به ساختمان از کشوری به کشور دیگر و از شهری به شهر دیگر متفاوت است. به عنوان مثال ساختمانی به ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ طبقه در شهر تهران ساختمان بلند محسوب می‌شود، لیکن همین ساختمان در شهری مانند نیویورک ساختمان متوسطی خواهد بود.

از طرفی به عقیده نگارنده، اگر طراحی و ساخت ساختمان بلند را به دانش و فن‌آوری بومی محدود نماییم، بنیادین ساختمان بلند را می‌توان به حد بالای دانش فنی آن کشور محدود نمود. به عنوان مثال طراحی و ساخت ساختمان ۳۰ طبقه هر آنقدر که برای گروه مهندسی ایرانی نوآورانه است که احداث ساختمان بالای سده طبقه برای گروه مهندسی کشورهای پیشرفته صنعتی. مقصود از جمله‌ی فوق این است که در طراحی و اجرای ساختمان بلند باید حداکثر ظرفیت فنی و مهندسی گروه طراحی به کار گرفته شود. بطوریکه بتوان آنرا طراحی ستاره‌ایید

خوشبختانه هم بصورت دانش فنی مستقل و هم بصورت دانش مهندسی تلفیقی، تجارب موفقی از طراحی و ساخت ساختمان‌های بلند در کشور ما وجود دارد، بخصوص در مواردی که اراده‌ی استفاده از توان بالای مهندسی وجود داشته است. در ظرفیت بلاتساقانه تجارب ضعیف و ناموفق نیز وجود دارد. حدود یک دهه است که فرصت ارائه تجارب ساختمان‌های بلند را در کنار تجربه‌ی طراحی و نظارت بر ساخت ساختمان‌های متوسط و بلند را در سطح مهندسی کشور داشته‌ام. به تجربه یافتیم که نمی‌توان به مقوله ساختمان بلند فقط از یک دیدگاه نگریست، بلکه باید نگاه چندبعدی به ساختمان بلند از نظر معماری، سازه، تاسیسات، حریق، تکنولوژی اجرایی و دانش‌های روز تحلیل داشته باشد. بصورت تدریجی و به مرور زمان با ایده‌پردازی و با انگیزه‌ای در کنار دانشجویان و کارهای حرفه‌ای می‌گرفتم، موضوعات مختلفی را تجربه و در کنار یکدیگر قرار داده و مورد به قرار می‌دادم.

به مرور زمان مطالب مورد پالایش و حک و اصلاح و تلخیص قرار گرفت که نتیجه‌ی آن مجموعه‌ی حاضر می‌باشد. این مجموعه در حال حاضر در نوزده فصل با عناوین زیر به عنوان کف معلومات لازم برای فعالیت در زمینه‌ی طراحی و ساخت ساختمان‌های بلند در اختیار علاقمندان قرار می‌گیرد:

۱. معرفی و تاریخچه،
۲. اصول شهرسازی و معماری ساختمان‌های بلند،
۳. طبقه‌بندی سیستم‌های سازه‌ای ساختمان‌های بلند بر مبنای رفتار جانبی،
۴. سیستم‌های باربر ثقیلی،
۵. اثر باد بر ساختمان‌های بلند،
۶. اثر زلزله بر ساختمان‌های بلند،
۷. بارهای ثقیلی و خودکرنشی،
۸. شالوده‌ی ساختمان‌های بلند،
۹. سیستم‌های قاب خمشی،
۱۰. سازه‌های مهاربندی شده،
۱۱. سیستم بازوی مهاربندی و خرابی کمربندی،
۱۲. سیستم دیوار بتن‌آرمه،
۱۳. سیستم‌های مختلط،
۱۴. سیستم‌های لوله‌ای (جدار سخت)،
۱۵. جداگرهای لرزه‌ای،

۱۶. میراگرهای واکنش گر (پاسیو)، ۱۷. نما در ساختمان‌های بلند، ۱۸. آتش‌سوزی در ساختمان‌های بلند، ۱۹. مصالح مورد استفاده در ساختمان‌های بلند

در تدوین کتاب، جنبه آموزشی و درسی در کنار ارائه مطالب پیشرفته و به روز، اصل بوده است. سعی شده است که تحلیل کافی برای هر ایده و هر موضوع ارائه شود. تا حد امکان مثال‌های کاربردی در کتاب ارائه شود. از تبدیل کتاب به آلبوم تصاویر ساختمان‌های بلند دنیا پرهیز شده و آموزش بنیادی مدنظر قرار گیرد.

همچنین از نقطه‌نظر تحلیلی، با وجود نرم‌افزارهای تحلیل سازه‌ها، اصرار بر ارائه روش‌های پیچیده‌ی دستی برای تحلیل سازه‌های نامعین نبوده و ضمن ارائه مفاهیم استاتیکی با روش‌های دستی، معیار تحلیل دقیق استفاده از نرم‌افزار قرار داده شده است.

با تشکر ویژه‌ای از دانشجویان حدود ده دوره‌ی این درس داشته باشم که انگیزه و مشوق فکری من بودند. به روه از همکاران گرامی، آقای مهندس محمدعلی تجلی، سرکارخانم مهندس زهرا یوسفی، آقای مهندس بهنام بنی‌ان، آقای مهندس اسداله طاحونی، آقای مهندس محمد عظیمی، آقای مهندس محسن شبانکاره، آقای مهندس محمد خلجی، آقای مهندس مقصود فداکار، آقای مهندس محمدامین طاحونی، آقای مهندس رامین فروزفر، سرکارخانم مهندس زهرا احمدی، آقای مهندس آرش خلدبرین، آقای مهندس امیرمحمد هجرم و آقای مهندس امیرحسین بنی‌اسدی به خاطر کمک در تدوین این کتاب، تشکر خاص دارم.

سرکارخانم لیلا سلمه نیز زحمات نایب و صفا آرای کتاب را برعهده داشتند که بدینوسیله از ایشان تشکر می‌شود.

تذکر این نکته لازمست که کتاب حاضر باهدف آموزشی تهیه شده است، به همین جهت نباید از آن انتظار دقت آیین‌نامه‌ای داشت. همچنین طراحی سازه‌ها منوط بر حیطه‌ی مسئولیت حرفه‌ای مهندس سازه‌ای قرار دارد که دارای تجربه و دانش کافی بوده و قدرت استنتاج آیین‌نامه‌ای داشته باشد. لذا مؤلف نمی‌تواند مسئولیتی در قبال نتایج حاصل از محتویات این کتاب در مراجع بیندازد. امید است این کتاب مورد توجه خوانندگان گرامی قرار گیرد و پیشاپیش از درخت منتظر نظرهای انتقادی که همواره باعث افزایش کیفیت نوشته‌های اینجانب می‌باشد، تشکر می‌شود.

شاپور طاحونی

پاییز ۱۳۹۵

فصل اول - معرفی و تاریخچه

- ۱-۱- معرفی ۱
- ۲-۱- رد پای برج در قرون گذشته ۲
- ۳-۱- تاریخچه ساختمان‌های بلند در قرون وسطی ۷
- ۴-۱- بلندمرتبه‌سازی در قرن بیستم ۸
- ۵-۱- آسانسورها ۱۵
- ۶-۱- بلندمرتبه‌سازی در ایران و تهران ۱۶
- ۷-۱- سازه‌های بلند در مقابل سازه‌های متعارف ۱۹

فصل دوم - اصول شهرسازی و معماری ساختمان‌های بلند

- ۲-۰- معرفی ۲۵
- ۱-۲- معماری سازه ۲۳
- ۲-۲- جانمایی ساختمان ۴۶
- ۳-۲- معماری ساختمان ۵۶
- ۴-۲- طراحی پیاده‌رو ۷۴

فصل سوم - طبقه‌بندی سیستم‌های سازه‌ای ساختمان‌های بلند بر مبنای رفتار جانبی

- ۱-۳- معرفی ۷۷
- ۲-۳- طبقه‌بندی سیستم‌های سازه‌ای ساختمان‌های بلند ۷۹
- ۳-۳- طبقه‌بندی سیستم‌های ساختمان‌های بلند بر اساس مفاهیم طراحی ۷۹
- ۴-۳- بهره‌وری مقطع هندسی پلان در رفتار جانبی ۸۳
- ۵-۳- تاثیر ارتفاع در پاسخ‌های ساختمان بلند ۸۴
- ۶-۳- تاثیر ارتفاع در اقتصاد طرح ۸۶
- ۷-۳- طبقه‌بندی نوین سیستم‌های سازه‌ای ساختمان‌های بلند- سیستم‌های رونی و پیا رونی ۸۸
- ۸-۳- سیستم‌های درونی (هسته) ۹۲
- ۹-۳- سازه‌های پیرامونی (پوسته‌ای) ۱۰۶
- ۱۰-۳- فرم‌های ساختمان‌های خیلی بلند ۱۱۷
- ۱۱-۳- راهبرد و استراتژی میراگر برای سیستم‌های سازه‌ای بلند ۱۲۱
- ۱۲-۳- پیشرفت‌های اخیر در فرم ساختمان‌های بلند ۱۲۳
- ۱۳-۳- جنبه‌های اقتصادی ۱۲۹
- ۱۴-۳- جمع‌بندی ۱۳۰
- ۱۵-۳- طرح لرزه‌ای ۱۳۱

فصل چهارم - سیستم‌های باربر ثقلی

- ۱۳۳ ۴-۱- معرفی
۱۳۳ ۴-۲- عملکرد دال بر اساس نحوه انتقال بار ثقلی
۱۵۱ ۴-۳- عملکرد دال کف در مقابل نیروهای جانبی

فصل پنجم - اثر باد بر ساختمان‌های بلند

- ۱۷۱ ۵-۱- معرفی
۱۷۲ ۵-۲- اثر طولی باد
۱۷۲ ۵-۳- نیروی عرضی باد (عمود بر راستای باد)
۱۷۳ ۵-۴- پدیده کنده شده گردبادها (ورتکس) - ارتعاش عرضی ساختمان
۱۷۳ ۵-۵- اصلاحات آیرودینامیکی برای مقاومت در برابر تحریکات باد
۱۷۶ ۵-۶- بارگذار باد بر ساختمان‌های بلند
۱۸۷ ۵-۷- آزمایشات تونل باد
۱۹۰ ۵-۸- طراحی دررفت باد
۱۹۱ ۵-۹- نیروی باد وارد بر نما
۱۹۲ ۵-۱۰- معیار آسایش: واکنش سائنین به حرکات ساختمان
۱۹۳ ۵-۱۱- میراگرها
۱۹۳ ۵-۱۲- تکنیک‌های دینامیک سیالات محاسباتی
۱۹۴ ۵-۱۳- تعیین نیروی باد با استفاده از آیین‌نامه ASCE 7-2010
۲۱۸ ۵-۱۴- بارگذاری باد طبق آیین‌نامه کانادا

فصل ششم - اثر زلزله بر ساختمان‌های بلند

- ۲۳۳ ۶-۱- معرفی
۲۳۳ ۶-۲- منشأ زمین‌لرزه
۲۳۵ ۶-۳- شتاب‌نگاشت زلزله
۲۳۵ ۶-۴- پاسخ سازه در مقابل زمین‌لرزه
۲۳۷ ۶-۵- نوسانات ساختمان‌های انعطاف‌پذیر
۲۳۸ ۶-۶- علم دینامیک سازه‌ها
۲۴۶ ۶-۷- ضوابط آیین‌نامه ASCE 7-10 برای محاسبه نیروهای ناشی از زلزله
۲۷۴ ۶-۸- روش تحلیل دینامیکی طیفی
۲۹۰ ۶-۹- روش تحلیل تاریخچه زمانی
۲۹۵ ۶-۱۰- تحلیل‌های غیرخطی
۳۱۲ ۶-۱۱- مطالعه موردی زمین‌لرزه سال ۱۹۸۵ مکزیکوسیتی با تاثیر آن بر ساختمان‌های بلند

فصل هفتم - بارهای ثقلی و خودکرنشی

۱-۷- معرفی

۲-۷- بارهای ثقلی

۳-۷- آثار حرارتی

۴-۷- کاهش طول الاستیک ستون‌ها

۵-۷- آثار خزش و جمع‌شدگی

۶-۷- ترکیب‌های بار

فصل هشتم - شالوده‌های بلند

۱-۸- معرفی

۲-۸- انواع شالوده برای سازه‌های بلند

۳-۸- شالوده‌های گسزدهی سطحی

۴-۸- صندوقه‌ها

۵-۸- شالوده‌های مستقر بر تپ

۶-۸- اثر مدلسازی اندرکنش سازه-شالوده- خاک در رفتار سازه‌های بلند، پژوهش موردی

۷-۸- مطالعه موردی شالوده برج دویی

۸-۸- نمودار ضخامت شالوده- تعداد طبقات

فصل نهم - سیستم‌های قاب خمشی

۱-۹- معرفی

۲-۹- رفتار قاب‌های خمشی تحت بار قائم

۳-۹- رفتار قاب‌های خمشی در مقابل بار جانبی

۴-۹- تغییر شکل جانبی قاب‌ها

۵-۹- ضوابط طرح لرزه‌ای قاب‌های خمشی

۶-۹- ضوابط شکل‌پذیری قاب‌های فولادی

۷-۹- ضوابط لرزه‌ای قاب‌های خمشی بتن آرمه با شکل‌پذیری زیاد (ویژه)

فصل دهم - سازه‌های مهاربندی شده

۱-۱۰- مهاربندی همگرا

۲-۱۰- مهاربندهای واگرا

۳-۱۰- مهاربندهای کمانش تاب (BRB)

۴-۱۰- مهاربند زانویی

۵-۱۰- سیستم ابرمهاربندی یا مگابریسینگ

فصل یازدهم - سیستم بازوی مهارى و خربای کمربرى

- ۵۸۵ ۱-۱۱- معرفى
- ۵۸۸ ۲-۱۱- منافع استفاده از بازوى مهارى
- ۵۸۹ ۳-۱۱- روىکرد آیین نامه هاى طرح لرزه اى
- ۵۹۱ ۴-۱۱- آرایش سیستم بازوى مهارى و کمربرى خربایى
- ۵۹۲ ۵-۱۱- رفتار
- ۵۹۵ ۶-۱۱- محاسبات تغییر شکل
- ۵۹۹ ۷-۱۱- موقعیت بهینه بازوى مهارى تک
- ۶۰۵ ۸-۱۱- موقعیت بهینه دو بازو
- ۶۰۸ ۹-۱۱- توصیه هاى براى موقعیت بهینه خرباهاى کمربرى و بازوها
- ۶۰۹ ۱۰-۱۱- تحلیل بارها، بازوبى

فصل دوازدهم - سیستم دیوار بتن آرمه

- ۶۱۳ ۱-۱۲- معرفى
- ۶۱۵ ۲-۱۲- تعاریف عمومى
- ۶۱۸ ۳-۱۲- ساختمان هاى دال و دیوار بتن (پانچ)
- ۶۱۸ ۴-۱۲- ساختمان دال و دیوار با هسته مرکزی
- ۶۲۰ ۵-۱۲- تحلیل و طراحی سازه هاى دال و دیوار
- ۶۳۱ ۶-۱۲- مطالعه ساختمان هاى قاب و دیوار برسى (سیستم ها - دوگانه)
- ۶۴۵ ۷-۱۲- سیستم دال انتقال در سیستم هاى دال و دیوار
- ۶۴۶ ۸-۱۲- طراحی دیوارهاى بتن آرمه براى آثار برشى، نیروى محو و انگر خمشی
- ۶۷۲ ۹-۱۲- ساختمان ها با هسته مرکزی (Core System)

فصل سیزدهم - سیستم هاى مختلط

- ۶۸۳ ۱-۱۳- معرفى
- ۶۸۴ ۲-۱۳- اعضاى مختلط (کامپوزیت)
- ۷۲۵ ۳-۱۳- سیستم هاى سازه اى مختلط
- ۷۳۷ ۴-۱۳- سیستم هاى ساختمانى مختلط
- ۷۴۶ ۵-۱۳- طرح لرزه اى ساختمان هاى مختلط

فصل چهاردهم - سیستم هاى لوله اى (جدار سخت)

- ۷۴۹ ۱-۱۴- سیستم سازه اى
- ۷۴۹ ۲-۱۴- سیستم هاى لوله اى تک
- ۷۵۲ ۳-۱۴- رفتار سیستم هاى لوله اى تک در مقابل بار جانبى

۷۵۵	۴-۱۴- تعیین نیروهای داخلی در ستون‌های خارجی تحت بار جانبی
۷۵۸	۵-۱۴- سیستم‌های چند لوله‌ای (سیستم لوله‌ای مدولار)
۷۶۲	۶-۱۴- ترکیب سیستم لوله‌ای با هسته
۷۶۳	۷-۱۴- سیستم لوله در لوله
۷۶۴	۸-۱۴- ترکیب سیستم لوله‌ای با ابر مهاربندی
۷۶۶	۹-۱۴- سیستم خربای فضاکار
۷۷۵	۱۰-۱۴- سیستم‌های لوله‌ای خربایی یا شبکه‌های قطری

فصل پانزدهم- جداگرهای لرزه‌ای

۷۸۳	۱-۱۵- معرفی
۷۸۴	۲-۱۵- تغییرات شتاب در ارتفاع ساختمان‌های جداشده
۷۸۵	۳-۱۵- معیارهای طراحی جداگرها
۷۸۶	۴-۱۵- انواع سیستم‌های جداگرها
۷۹۱	۵-۱۵- تراز مناسب برای جداگرها
۷۹۱	۶-۱۵- اثرات بارهای P- Δ در سیستم جداگرها
۷۹۱	۷-۱۵- انتخاب نوع جداگر لرزه‌ای
۷۹۳	۸-۱۵- مطالعات تطبیقی
۸۰۳	۹-۱۵- طراحی ساختمان‌های جداسازی براساس ASCE 7-2010 و تغییرات ASCE 7-2016

فصل شانزدهم- میراگرهای واکنش گر (پاسیو)

۸۳۷	۱-۱۶- معرفی
۸۳۸	۲-۱۶- میراگرهای جرم تنظیم شده (TMD)
۸۴۳	۳-۱۶- میراگرهای مایع تنظیم شده
۸۴۴	۴-۱۶- میراگرهای اصطکاکی
۸۴۶	۵-۱۶- میراگرهای تسلیمی فولادی
۸۴۸	۶-۱۶- میراگرهای ویسکوالاستیک
۸۵۰	۷-۱۶- میراگرهای سیال ویسکوز
۸۵۰	۸-۱۶- نسل جدید میراگرهای ویسکوز (میراگر اینرسی سیال)
۸۵۴	۹-۱۶- ملاحظات اجرایی و طراحی ابزارهای مستهلک کننده انرژی
۸۵۶	۱۰-۱۶- طراحی سازه با میراگر
۸۶۸	۱۱-۱۶- روش‌های تحلیل
۸۷۴	۱۲-۱۶- میراگرها

فصل هفدهم - نما در ساختمان‌های بلند

- ۹۰۱ ۱-۱۷- معرفی
- ۹۰۱ ۲-۱۷- سازه‌ی نما
- ۹۰۴ ۳-۱۷- تغییر شکل‌های سازه و تاثیر آن بر عناصر نما
- ۹۰۶ ۴-۱۷- نمای آجری
- ۹۰۸ ۵-۱۷- نمای پیش‌ساخته بتنی
- ۹۱۱ ۶-۱۷- نماهای پرده‌ای آلومینیومی و شیشه‌ای
- ۹۱۳ ۷-۱۷- پانل‌های سبک بتن الیافی (GFRC)
- ۹۱۷ ۸-۱۷- پانل‌های عایق با روکش نما (EIFS)
- ۹۱۸ ۹-۱۷- سیستم‌های نمای سنگی سبک
- ۹۲۰ ۱۰-۱۷- بارهای وارد بر نما و سازه‌ی آن و آثار نیروها
- ۹۳۰ ۱۱-۱۷- آزمون‌های مربوط به نما
- ۹۳۵ ۱۲-۱۷- شیشه

فصل هجدهم - آتش‌سوزی در ساختمان‌های بلند

- ۹۴۷ ۱-۱۸- معرفی
- ۹۴۸ ۲-۱۸- محدود کردن حریق
- ۹۵۵ ۳-۱۸- مطالعات موردی

فصل نوزدهم - مصالح مورد استفاده در ساختمان‌های بلند

- ۹۷۳ ۱-۱۹- معرفی
- ۹۷۴ ۲-۱۹- طرح اختلاط بتن‌های ساختمان‌های بلند
- ۹۹۰ ۳-۱۹- نتیجه‌گیری