

بارگذاری

و

سیستم‌های باربر سازه‌ای

تألیف:

شاپور طاحونی

(عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

مجید احتیاط

۱۳۸۹

سرشناسه	: طاحونی، شاپور، ۱۳۳۴ -
عنوان و نام پدیدآور	: بارگذاری و سیستم‌های باربر سازه‌ای / تألیف شاپور طاحونی. مجید احتیاط.
مشخصات نشر	: تهران: جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۹.
مشخصات ظاهری	: ۹۹۲ ص.: جدول، نمودار.
شابک	: ۱۵۰۰۰۰ ریال: ۷-۷۶-۰۰-۲۱۰-۹۶۴-۹۷۸
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
یادداشت	: واژه‌نامه.
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۹۷۵.
یادداشت	: نمایه.
موضوع	: بارگذاری
موضوع	: ضریب بار و مقاومت
شناسه افزوده	: احتیاط، مجید، ۱۳۶۲ -
شناسه افزوده	: جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۸۹ ط ۲۲ ب ۲ TA۴۱۷۷
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۰/۴
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۴۱۸۲۲



واحد صنعتی امیرکبیر

انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

- نام کتاب : بارگذاری و سیستم‌های باربر سازه‌ای
 - تألیف : شاپور طاحونی - مجید احتیاط
 - امور فنی و هنری : مهناز عزب‌دفتری
 - رسم تصاویر گرافیکی : طاهره ابراهیمی
 - چاپ و صحافی : اصیل
 - شمارگان : ۳۰۰۰ نسخه
 - شابک : ۷-۷۶-۰۰-۲۱۰-۹۶۴-۹۷۸ ISBN: 978-964-210-076-7
 - نوبت چاپ : اول
 - تاریخ چاپ : زمستان ۱۳۸۹
 - قیمت : ۱۵۰۰۰۰ ریال.
- حق چاپ برای تهیه‌کننده محفوظ است.

آدرس و مرکز پخش: تهران - خیابان حافظ - روبروی خیابان سمیه - دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تلفن دفتر: ۸۸۸۹۵۹۶۹ - تلفن کتابفروشی: ۶۶۴۶۵۳۹۲ - نمابر: ۶۶۹۵۰۹۸۲

پیش‌گفتار مؤلفان

موضوع بارگذاری و سیستم‌های باربر سازه‌ای از عناوین مهم در مهندسی عمران است. دانشجویان در درس‌های طراحی سازه‌های فولادی و طراحی سازه‌های بتن مسلح، روش طراحی اعضای سازه‌ای را به صورت عناصر مجرد فرا می‌گیرند؛ لیکن باید توجه داشت که ساختمان و یا در حالت کلی، سازه، مجموعه‌ای از اعضای جدا از هم نیست و اعضای سازه اثر اندرکنشی برهم داشته و مجموعه این اعضا که سازه را تشکیل می‌دهند، در مقابل بارهای وارده، رفتار و شخصیت مستقل دارد.

برای مطالعه سازه، باید قبل از تعیین بارهای قائم و جانبی، سیستم باربر قائم و جانبی ساختمان تعیین گردد. سپس فرآیند تحلیل و در پی آن طراحی صورت می‌گیرد. پس باید ابتدا بارها و سیستم‌های باربر را شناخت.

این کتاب در سه قسمت اصلی تدوین یافته است؛ قسمت اول، مفاهیم پایه؛ قسمت دوم: بارهای قائم؛ قسمت سوم: بارهای جانبی.

با مفاهیم پایه در قسمت اول طی فصل‌های اول و دوم آشنا می‌شویم. فصل اول اختصاص به نحوه مطالعه پروژه‌های ساختمانی و فصل دوم اختصاص به آشنایی با مفاهیم ایمنی و روش‌های طراحی دارد.

قسمت دوم تحت عنوان بارهای قائم، طی فصل‌های سوم، چهارم، پنجم، ششم و هفتم مورد بحث قرار گرفته و در فصل هشتم سیستم‌های باربر قائم ساختمان مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در فصل سوم بارهای مرده، در فصل چهارم بارهای زنده، در فصل پنجم بار برف، در فصل ششم

بارهای خودکرنشی و بالاخره در فصل هفتم بارهای ناشی از فشار خاک و آب مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند.

فصل هشتم یکی از فصول کلیدی است و در آن اعضا و سیستم‌های باربر قائم ساختمان بررسی می‌شوند. در ارائه این فصل، اعضای باربر، مسیر بار و بالاخره سیستم‌های باربر به صورت مجموعه‌ای از اعضای باربر مورد توجه قرار گرفته و در ادامه آن روش‌های تحلیل تقریبی و دقیق سیستم‌های باربر قائم تحت بارهای قائم ارائه می‌شود.

فصل نهم به معرفی روش‌های اجرایی و نحوه مقاوم‌سازی لرزه‌ای ساختمان‌های بنایی غیرمسلح اختصاص دارد. این ساختمان‌ها نقش عمده‌ای در ساختمان‌های مسکونی در کشورمان ایران دارند و باعث خرابی‌ها و تلفات زیادی در زلزله‌های گذشته‌اند.

قسمت سوم یعنی نیروهای جانبی شامل فصل‌های دهم، یازدهم و دوازدهم است. در فصل دهم نیروهای باد به طور مبسوط و با دقت زیاد همراه با مثال‌های متعدد ارائه شده است. در ایران با توجه به حساسیت زیاد به نیروهای جانبی ناشی از زلزله، به نیروی باد کم‌توجهی وجود دارد و مباحث ارائه شده در مبحث ششم از مجموعه مقررات ملی ایران در مورد باد، فقط در حد ساختمان‌های متعارف است؛ در حالی که حساسیت دسته مهمی از ساختمان‌ها به نیروی باد، بیش از نیروی زلزله است. در این فصل در کنار گسترش مباحث آیین‌نامه باد ایران، مقررات فصل باد آیین‌نامه 7-ASCE به صورت کاربردی در پیوست آن ارائه شده است. این آیین‌نامه از کامل‌ترین آیین‌نامه‌های باد در دنیاست.

در فصل یازدهم بحث کاملی در خصوص مفاهیم زلزله و نیروهای ناشی از آن، نه به صورت نظری، بلکه بیشتر به صورت حس مهندسی و همراه با مثال‌های عددی متعدد ارائه شده است. در پیوست این فصل نیز تعیین نیروی زلزله طبق مفاد آیین‌نامه 7-ASCE آمده است.

فصل دوازدهم بحث بسیار مبسوطی را در خصوص سیستم‌های مقاوم در مقابل نیروهای جانبی ارائه می‌نماید که مکمل فصل هشتم می‌باشد. همچنین در آن روش‌های تحلیل سیستم‌های باربر جانبی به صورت تقریبی و دقیق ارائه شده است.

فصل سیزدهم اختصاص به معرفی بارهای ناشی از انفجار دارد که در مباحث پدافند

غیرعامل نقش عمده‌ای دارد.

در پیوست کتاب به عنوان بخش اتمام‌کننده کتاب، حل دو مسئله که از آنها به عنوان پروژه‌های شماره ۱ و ۲ در تدریس دانشگاهی استفاده می‌شود، ارائه شده است. پروژه اول اختصاص به بارگذاری قائم ساختمان و پروژه دوم اختصاص به بارگذاری جانبی ساختمان دارد.

این کتاب حاصل حدود ۲۰ سال تدریس درس بارگذاری در دانشگاه صنعتی امیرکبیر است. باید اذعان نمایم که اینجانب ارائه‌دهنده راهی بوده‌ام که بنیان‌گذار آن استاد ارجمند جناب آقای مهندس لعل‌آبادی و همکار عزیزم جناب آقای دکتر مهرداد ساسانی بودند. بدین وسیله ارادت صادقانه خود را نسبت به این دو بزرگوار اظهار می‌دارم.

دوستان و همکاران زیادی پیشنهادات ارزنده‌ای برای تهیه این کتاب ارائه دادند که از همه آنها تشکر می‌شود، به ویژه از جناب آقای مهندس مسعود پهلوان که در بازخوانی مطالب کتاب کمک زیاد نمودند.

از سرکار خانم مهناز عزب‌دقتری به علت زحمات زیاد در اجرای کتاب تشکر می‌گردد. از اینکه دانشجویان و مهندسان با ارائه نظرات انتقادی در بهتر شدن چاپ‌های بعدی کتاب کمک می‌نمایند، پیشاپیش تشکر و قدردانی می‌شود.

شاپور طاحونی

مجید احتیاط

زمستان - ۱۳۸۹

فهرست مطالب

قسمت اول : مفاهیم پایه

فصل ۱	نحوه مطالعه پروژه‌های ساختمانی	۳
۱ - ۱	اعلام نیاز - ایده اولیه	۵
۲ - ۱	تأمین مالی پروژه‌ها	۵
۳ - ۱	خدمات مهندس مشاور در طراحی و اجرای پروژه	۵
۴ - ۱	مطالعات مرحله اول	۶
۵ - ۱	مرحله دوم - مطالعات تفصیلی، تهیه نقشه‌های اجرایی و برگزاری مناقصه	۹
۶ - ۱	مرحله سوم - نظارت مستقیم و عالیه بر اجرا	۱۳
۷ - ۱	قراردادهای طرح و اجرا (EPC)	۱۵
پیوست فصل اول:	شرح خدمات مهندس مشاور در مراحل ۱ و ۲ و ۳	۱۷

فصل ۲	ایمنی و خدمت‌پذیری	۲۹
۱ - ۲	مقدمه	۳۱
۲ - ۲	اصول احتمالات	۳۱
۳ - ۲	ایمنی	۴۷
۴ - ۲	شکل کاربردی رابطه ایمنی	۵۳
۵ - ۲	روش‌های طراحی	۵۵
۶ - ۲	ضرایب اطمینان	۵۹
۷ - ۲	ترکیب‌های بارگذاری	۶۱

قسمت دوم : بارهای قائم

فصل ۳ بار مرده ۷۳

۷۵	کلیات	۱ - ۳
۷۵	چگونگی تأثیر بار مرده در ساختمان	۲ - ۳
۷۶	انواع بار مرده	۳ - ۳
۷۶	وزن کف	۴ - ۳
۸۵	وزن اسکلت	۵ - ۳
۸۹	وزن تیغه	۶ - ۳
۹۳	دیوارهای محیطی ساختمان	۷ - ۳
۹۶	سیستم‌های جدید دیوارهای سه‌بعدی 3D پانل	۸ - ۳
۹۷	جمع‌بندی	۹ - ۳
۹۸	جدول بار مرده ساختمان	۱۰ - ۳

فصل ۴ بار زنده ۱۰۳

۱۰۵	کلیات	۱ - ۴
۱۰۵	بارهای زنده ایستا و ضربه‌ای	۲ - ۴
۱۰۵	بارهای زنده ایستا	۳ - ۴
۱۲۱	بارهای زنده ضربه‌ای	۴ - ۴
۱۴۵	بارهای ضمن اجرای ساختمان	۵ - ۴

فصل ۵ بار برف ۱۴۷

۱۴۹	معرفی	۱ - ۵
۱۵۳	بار برف	۲ - ۵
۱۵۵	بار برف مبنا	۳ - ۵
۱۵۵	بار برف روی بام‌ها، P_r	۴ - ۵
۱۵۶	ضریب اثر شیب C_s	۵ - ۵

۱۵۸	بار برف نامتقارن یا برف‌انباشتگی	۵ - ۶
۱۶۱	بار برف بر روی طره بام	۵ - ۷
۱۶۳	بار برف متراکم بر روی بام ساختمان‌های کوتاه‌تر	۵ - ۸
۱۶۶	اضافه بار ناشی از لغزش برف	۵ - ۹
۱۶۷	موانع روی بام	۵ - ۱۰
۱۷۹	بارهای ناشی از باران	۵ - ۱۱

فصل ۶ بارهای خودکرنشی (آثار دما، نشست و خزش)..... ۱۸۵

۱۸۷	معرفی	۶ - ۱
۱۸۷	آثار دما (اثرات تغییرات دما)	۶ - ۲
۱۹۰	آثار نشست	۶ - ۳
۱۹۴	آثار خزش و کوتاه‌شدگی الاستیک	۶ - ۴
۱۹۵	انواع و اثرات حرکات ایجاد شده در اثر تغییر دما در ساختمان‌ها	۶ - ۵
۱۹۷	طرح سازه‌ها برای بارهای حرارتی	۶ - ۶

فصل ۷ بارهای ناشی از فشار خاک و آب..... ۲۰۱

۲۰۳	معرفی	۷ - ۱
۲۰۷	فشار جانبی خاک	۷ - ۲
۲۲۲	بارگذاری	۷ - ۳
۲۲۴	ساختمان محصور و غیرمحصور	۷ - ۴
۲۲۶	حالت محرک یا سکون	۷ - ۵
۲۲۹	فشار برکنش بر کف‌ها	۷ - ۶

فصل ۸ عناصر و سیستم‌های باربر قائم ساختمان..... ۲۳۱

۲۳۳	معرفی	۸ - ۱
۲۳۶	شرحی بر عناصر باربر قائم	۸ - ۲
۲۶۱	سیستم‌های باربر قائم	۸ - ۳

۲۶۶	۴ - ۸	تحلیل قاب‌های خمشی در مقابل بارهای قائم
۲۸۱	۵ - ۸	نکات تکمیلی
۲۸۹	۶ - ۸	طرز تهیه مدل کامپیوتری با برنامه SAP 20XX

فصل ۹ سیستم ساختمان‌های بنایی ۳۱۵

۳۱۷	۱ - ۹	مضامین تشکیل دهنده سازه بنایی
۳۲۰	۲ - ۹	سیستم ساختمان‌های سنتی (بنایی)
۳۲۶	۳ - ۹	رفتار لرزه‌ای ساختمان‌های بنایی
۳۴۲	۴ - ۹	ضوابط ساختمان‌های با مضامین نیمه‌صلح (کلاف‌دار)
۳۶۲	۵ - ۹	ضوابط کلاف‌بندی
۳۷۹	۶ - ۹	ضوابط اجرای دیوارهای سازه‌ای در سازه‌های بنایی
۳۸۶	۷ - ۹	ضوابط سقف‌ها و دیوارهای بنایی
۳۹۲	۸ - ۹	سایر ضوابط آیین‌نامه
۳۹۴	۹ - ۹	ضوابط طراحی سازه‌های بنایی غیرصلح
۴۰۰	۱۰ - ۹	تنش‌های مجاز
۴۰۲	۱۱ - ۹	مقاومت برشی دیوار بنایی غیرصلح

قسمت سوم: نیروهای جانبی

فصل ۱۰ نیروی باد ۴۱۷

۴۱۹	۱ - ۱۰	معرفی
۴۲۱	۲ - ۱۰	دسته‌بندی انواع باد
۴۲۱	۳ - ۱۰	تغییرات سرعت باد در ارتفاع
۴۲۲	۴ - ۱۰	تأثیر مکان‌نگاری (توپوگرافی) بر جریان باد
۴۲۵	۵ - ۱۰	تأثیر فشار باد بر ساختمان
۴۲۹	۶ - ۱۰	آثار کلی و موضعی باد بر ساختمان
۴۳۴	۷ - ۱۰	اثر باد بر ساختمان‌های صنعتی کوتاه
۴۴۳	۸ - ۱۰	اثر باد بر روی سقف‌های بزرگ و سقف استادیوم‌های ورزشی

۴۴۶	۹ - ۱۰	توصیه‌های عمومی طراحی سازه در مقابل نیروی باد
۴۴۹	۱۰ - ۱۰	بارهای ناشی از اثر باد - آیین‌نامه ایران
۴۸۳	۱۱ - ۱۰	نیروی باد وارد بر سازه‌های غیرساختمانی
۵۱۰	۱۲ - ۱۰	اثرات باد بر روی دودکش‌های بلند
۵۱۵	۱۳ - ۱۰	نیروی باد وارد بر برج‌های خنک‌ساز
۵۲۱	۱۴ - ۱۰	اثر باد بر روی مخازن
۵۲۵	۱۵ - ۱۰	نیروی باد وارد بر آنتن‌ها
۵۲۸	۱۶ - ۱۰	روش تحلیل دینامیکی محاسبه بار باد در ساختمان‌های خاص
۵۳۳	۱۷ - ۱۰	روش قونل باد
۵۳۵		پیوست فصل دهم: تعیین نیروی باد با آیین‌نامه (ASCE7-2010)

۶۲۱	فصل ۱۱	نیروهای ناشی از زلزله
۶۲۳	۱ - ۱۱	نیروی زلزله
۶۲۳	۲ - ۱۱	منشأ زمین‌لرزه
۶۲۸	۳ - ۱۱	کانون سطحی و کانون عمقی زلزله
۶۲۹	۴ - ۱۱	مقیاس‌های زلزله
۶۳۰	۵ - ۱۱	شتاب‌نگاشت زلزله
۶۳۲	۶ - ۱۱	لرزه‌خیزی ایران
۶۳۳	۷ - ۱۱	پاسخ سازه در مقابل زمین‌لرزه
۶۳۶	۸ - ۱۱	نوسانات ساختمان‌های انعطاف‌پذیر
۶۴۰	۹ - ۱۱	پیچش در ساختمان‌ها در هنگام وقوع زلزله
۶۴۵	۱۰ - ۱۱	پدیده ستون کوتاه
۶۴۷	۱۱ - ۱۱	دیوار میانقاب بنایی
۶۵۱	۱۲ - ۱۱	طبقه نرم - طبقه ضعیف
۶۵۳	۱۳ - ۱۱	رویکرد «تیر ضعیف - ستون قوی»
۶۵۵	۱۴ - ۱۱	علم دینامیک سازه‌ها
۶۶۴	۱۵ - ۱۱	دیدگاه‌های آیین‌نامه‌ای برای طرح لرزه‌ای ساختمان‌ها
۶۶۶	۱۶ - ۱۱	ملاحظات ژئوتکنیکی

۶۶۸	ملاحظات معماری	۱۷ - ۱۱
۶۷۰	ملاحظات پیکربندی سازه‌ای	۱۸ - ۱۱
۶۷۳	گروهبندی ساختمان‌ها برحسب اهمیت	۱۹ - ۱۱
۶۷۴	گروهبندی ساختمان‌ها برحسب شکل	۲۰ - ۱۱
۶۷۸	محاسبه ساختمان در برابر نیروی زلزله	۲۱ - ۱۱
۶۸۰	روش تحلیل استاتیکی معادل	۲۲ - ۱۱

پیوست فصل یازدهم: تعیین نیروهای زلزله با استفاده از آیین‌نامه (ASCE7-2010) ۷۰۳

فصل ۱۲ سیستم‌های باربر جانبی ۷۴۷.....

۷۴۹	عناصر مقاوم سازه در برابر نیروی زلزله	۱ - ۱۲
۷۵۶	تحلیل تقریبی سیستم‌های باربر جانبی تحت بار جانبی	۲ - ۱۲
۷۶۳	سختی جانبی عناصر مقاوم در برابر نیروی زلزله	۳ - ۱۲
۷۷۸	مرکز سختی	۴ - ۱۲
۷۸۳	مرکز جرم	۵ - ۱۲
۷۸۳	گروهبندی ساختمان‌ها برحسب سیستم سازه‌ای	۶ - ۱۲
۷۸۷	محاسبه ساختمان‌ها در برابر نیروی زلزله	۷ - ۱۲
۷۹۱	توزیع نیروی برشی و لنگر پیچشی طبقه در پلان	۸ - ۱۲
۸۰۴	نیروهای قائم ناشی از زلزله	۹ - ۱۲
۸۰۷	تغییر مکان جانبی نسبی طبقات	۱۰ - ۱۲
۸۰۹	اثر $P-\Delta$	۱۱ - ۱۲
۸۱۰	نیروی جانبی زلزله وارد بر اجزای ساختمان و قطعات الحاقی	۱۲ - ۱۲
۸۱۳	دیافراگم‌ها	۱۳ - ۱۲
۸۱۹	افزایش بار طراحی در ستون‌های خاص	۱۴ - ۱۲
۸۲۰	طراحی اجزای سازه‌ای که جزیی از سیستم باربر جانبی نیستند	۱۵ - ۱۲
۸۲۰	قطعات نما و سایر قطعات غیرسازه‌ای متصل به ساختمان	۱۶ - ۱۲
۸۲۵	سازه‌های غیرساختمانی	۱۷ - ۱۲

پیوست فصل دوازدهم: روش‌های تحلیل دینامیکی سازه‌ها ۸۴۹

فصل ۱۳ بارگذاری انفجاری ۸۶۷

۱۳ - ۱ معرفی ۸۶۹

۱۳ - ۲ منشأ انفجار ۸۷۰

۱۳ - ۳ پدیده انفجار ۸۷۱

۱۳ - ۴ انفجار در هوا ۸۷۸

۱۳ - ۵ بارگذاری موج انفجار بر سازه ۸۸۸

پیوست ۱ ۹۰۳

پیوست ۲ ۹۴۵

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۹۶۳

فهرست موضوعی ۹۷۱

فهرست مراجع ۹۷۵