

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی

مبانی طراحی لرزه‌های سازه‌ها

مؤلفان

دکتر موسی محمودی صاحبی

عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی

مهندس مهدی زارع

سر شناسنامه	: محمودی صاحبی، موسی، ۱۳۴۲-
عنوان و نام پدید آور	: مبانی طراحی لرزه‌ای سازه‌ها/ مؤلفان موسی محمودی صاحبی، مهدی زارع
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	: ۱۵۶ص.: مصور، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۵۰-۷
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه: ص. [۱۴۹]-۱۵۶.
موضوع	: ساختمان‌های ضد زلزله
موضوع	: طراحی سازه
موضوع	: پایداری سازه‌ها
موضوع	: ساختمان‌ها - اثر زلزله
شناسه افزوده	: زارع، مهدی، ۱۳۴۷-
شناسه افزوده	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۴ م ۳/۴/۴۴/۴۵۸/۴ TA
رده بندی دیویی	: ۶۹۳/۸۵۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۱۲۶۳۶۵



دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی

عنوان	: مبانی طراحی لرزه‌ای سازه‌ها
مؤلفان	: دکتر موسی محمودی صاحبی، عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، مهندس مهدی زارع
ویراستار ادبی	: عاطفه نجیبی
نوبت اول	: زمستان ۱۳۹۴
نوبت دوم	: پاییز ۱۴۰۱
انتشارات	: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی
چاپ و لیتوگرافی	: نشر شریف، فرانقش
طراح جلد	: مهسا بهفر
ناظر چاپ	: محمد معتمدی نژاد
کارشناس چاپ و صفحه‌آرا	: نیره فیروزی
کارشناسان	: طاهره کیا/ علی رضایی اهوانوئی
شمارگان	: ۱۰۰ جلد
قیمت	: ۹۰.۰۰۰ تومان
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۵۹۴-۵۰-۷
ISBN: 978-600-6594-50-7	

کلیه حقوق این اثر برای مؤلفین و دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی محفوظ است.

نشانی: تهران، لویزان - کد پستی ۱۵۸۱۱-۱۶۷۸۸ - صندوق پستی ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵ - تلفن: (۲۶۳۲) ۹ - ۲۲۹۷۰۰۶۰،
 ۲۲۹۷۰۰۴۲، تلفکس: ۲۲۹۷۰۰۴۲، پست الکترونیکی: publish@srttu.edu، وب سایت: http://publish.srttu.edu

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول / کلیات
۱	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- اهداف کتاب
۳	۳-۱- محتوای کتاب
۵	فصل دوم / اصول و مبانی و عمومی طراحی سازه ها
۵	۱-۲- مقدمه
۶	۲-۲- اهداف طراحی سازه ها
۷	۳-۲- ضریب اطمینان طراحی
۱۵	فصل سوم / مبانی طراحی لرزه ای سازه ها
۱۵	۱-۳- مقدمه
۱۶	۲-۳- سطوح مختلف زلزله
۱۷	۳-۳- عملکرد مورد انتظار از ساختمان ها
۱۸	۴-۳- اهداف طراحی لرزه ای ساختمان ها
۱۹	۵-۳- رفتار سازه ها در برابر سطوح مختلف زلزله
۲۰	۶-۳- نیازهای لرزه ای سازه ها
۲۳	۷-۳- طراحی سازه برای نیاز مقاومتی
۳۳	۸-۳- طراحی سازه برای نیاز سختی
۳۵	۹-۳- طراحی سازه برای نیاز شکل پذیری
۳۷	فصل چهارم / رفتار سیستم های باربر جانبی بتن مسلح
۳۷	۱-۴- مقدمه
۳۸	۲-۴- قاب خمشی
۶۷	۳-۴- دیوار برشی
۷۳	۴-۴- دیوار باربر

۷۴ ۵-۴ سیستم های دوگانه یا ترکیبی

۷۷ فصل پنجم / رفتار سیستم های باربر جانبی فولادی

۷۷ ۱-۵ مقدمه

۷۸ ۲-۵ قاب خمشی

۱۰۹ ۳-۵ قاب مهاربندی

۱۴۳ ۴-۵ سیستم های دیوار برشی فولادی

۱۴۹ ۵-۵ سیستم های دوگانه یا ترکیبی

۱۵۱ منابع و مراجع

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

سال‌ها است که زلزله به عنوان یکی از خطرهای طبیعی، موجب خسارت‌های بزرگی، در شکل‌های خرابی زیرساخت‌ها، آسیب، جراحت و مرگ مردم می‌شود. غیرقابل پیش‌بینی بودن و رخ داد ناگهانی، زلزله را به یک اتفاق معماگونه برای عموم مردم و طراحان حرفه‌ای سازه تبدیل کرده است. اثرات ناشی از زلزله‌ها نتیجه‌های متفاوتی در هر بخش از سازه ایجاد می‌نمایند. در طول تاریخ، ساختمان‌هایی ساخته شده است که با استفاده از تجارب قبلی در طول یک دوره زمان طولانی در برابر اثرات زلزله ایستادگی نموده‌اند. در حال حاضر، انقلاب علمی و صنعتی، روش‌های تحلیلی را معرفی کرده‌اند که به طراحان سازه اجازه می‌دهد فراتر از محدودیت‌های تجربی، تصمیم‌گیری نموده و رفتار سیستم‌های سازه‌ای و اجزای آن‌ها را به درستی و با دقت بیش‌تری پیش‌بینی نمایند. در سرتاسر جهان مهندسين طراح سازه به عنوان یکی از اصلی‌ترین محرک‌های رشد علمی، اقتصادی و اجتماعی شناخته شده‌اند. مهندسی طراح سازه در زیر گروه مهندسی عمران یکی از بزرگ‌ترین شاخه‌های مهندسی قرار دارد. امروزه مسئولیت اطمینان از ایستایی سازه در برابر اثرات و نیروهای وارده و حفظ عملکردهای مورد انتظار از آن، بر عهده مهندس طراح سازه است. مهندسين طراح سازه نسبت به ديگر رشته‌های مهندسی مسئولیت منحصر به فردی را در حفظ جان عموم مردم دارند. خرابی سیستم‌های معماری،

مکانیکی و برقی باعث جذاب نبودن، عملکرد ضعیف، ناراحتی و یا دردسر و زحمت می‌شود، در حالی که نقص سیستم سازه‌ای همیشه پیامدهای جدی‌تری به دنبال دارد به طوری که در بهترین حالت اغلب هزینه‌های قابل توجهی برای سازه و اصلاح و ترمیم آن در پی خواهد داشت.

مفهوم اولیه سازه، سیستم نگهداری و انتقال بارها می‌باشد. طراحی سازه‌ها، روش و فرایندی منظم است که در آن خصوصیات سازه از جمله پایداری، مقاومت، سختی و شکل‌پذیری تعیین می‌شود. هدف اصلی در تحلیل و طراحی سازه، فراهم نمودن سازه‌ای است که قادر به مقاومت در برابر تمامی بارهای وارده بدون ایجاد گسیختگی در آن باشد. اگر سازه به‌طور نامناسب طراحی یا اجرا شود و یا اگر بارهای وارده به سازه به اشتباه برآورد شود، سازه عملکرد مورد انتظار را نخواهد داشت و در نتیجه امکان ایجاد پیامدهای ناگوار وجود خواهد داشت. یک سازه مهندسی مناسب لزوماً نباید بسیار مقاوم و یا خیلی گران باشد بلکه باید به دقت طراحی شود تا در برابر اثرات لرزه‌ای به درستی عمل نموده و امکان گسیختگی‌های گزاف در آن کاهش یابد.

هدف اصلی طراحی لرزه‌ای سازه، پیش‌بینی واقع بینانه عملکرد ساختمان در هنگام زلزله است. زلزله همیشه بر اساس فرضیات به کار رفته در محاسبه نیروهای آن، عمل نمی‌کند. طراحی لرزه‌ای به معنی پایبند بودن به اصول و محدودیت‌های عملیات طراحی سازه در برابر زلزله است. طراحی لرزه‌ای بستگی به نوع سازه، محل احداث پروژه و مشخصات لرزه‌ای موجود دارد. یکی از اهداف طراحی لرزه‌ای سازه‌ها، درک بهتر ماهیت زلزله و اثرگذاری آن بر سازه است. مبانی طراحی لرزه‌ای شامل بررسی و مطالعه در مورد طراحی، اجرا، کنترل و نگهداری انواع سازه‌ها و پروژه‌های عمرانی در مقابل تاثیرات نیروها و بارهای ناشی از زلزله‌ها و اطمینان هر چه بیش‌تر از به حداقل رساندن خسارات وارده می‌باشد. به همین دلایل نوع نگاه به فرآیند تحلیل، طراحی و مقاوم‌سازی سازه‌ها در برابر بارهای ناشی از زمین لرزه، متفاوت با دیگر بارها است. بنابراین در مناطقی که احتمال وقوع زمین لرزه زیاد بوده و بار زلزله به عنوان بار حاکم در طراحی باشد، ضوابط طراحی بسیار متفاوت و خاص برای سازه در نظر گرفته می‌شود. ضوابط طراحی لرزه‌ای در ضوابط آیین‌نامه‌ها گنجانده شده است. با این حال شناخت اصول و مفاهیم طراحی لرزه‌ای سازه‌ها برای مهندسين طراح، محققين و دانشجويان مهندسي عمران از اهميت خاصی برخوردار است.

عملکرد لرزه‌ای، بیان کننده قابلیت ثابت بودن عملکردهای اصلی سازه نظیر ایمنی و بهره‌برداری در هنگام و بعد از وقوع زلزله مشخص است. محافظت سازه‌ها در برابر بارهای لرزه‌ای،

شامل استفاده از روش‌های مختلف برای کنترل سازه است. عوامل زیادی در کنترل مناسب پاسخ سازه در برابر زلزله تاثیرگذار هستند. عواملی مانند افزایش ظرفیت شکل‌پذیری و انعطاف سیستم‌های سازه‌ای، افزایش سطوح اطمینان، دقت سطوح عملکرد و ملاحظات اقتصادی باید در طراحی سازه‌ها مورد توجه قرار گیرند. اطلاع از عملکرد لرزه‌ای سازه‌ها، کنترل تاثیرات زلزله بر سازه‌ها را برای مهندسين طراح ممکن می‌سازد.

۱-۲- اهداف کتاب

هدف از تهیه این کتاب، ارائه مفاهیم نهفته در طراحی لرزه‌ای سازه‌ها و نحوه به‌کارگیری آن در آیین‌نامه‌های طراحی لرزه‌ای است. برای این منظور اصول عمومی طراحی سازه و مبانی طراحی لرزه‌ای سازه‌ها بیان شده است. بررسی رفتار سیستم‌های باربر جانبی بتن مسلح و فولادی و ارزیابی عملکرد لرزه‌ای آن‌ها از اهداف دیگر این کتاب است. مطالعه این کتاب، تسلط بیشتر مهندسين طراح به روند طراحی لرزه‌ای را در پی داشته و آن‌ها را در طراحی و درک بهتر نیازهای لرزه‌ای سازه‌ها و رفتار کلی و جزئی اعضا و اتصالات سازه‌ای راهنمایی می‌کند. هم‌چنین مهندسين با مطالعه این کتاب، توانایی تفسیر و نقد بهتر ضوابط لرزه‌ای آیین‌نامه‌های طراحی را خواهند داشت.

۱-۳- محتوای کتاب

کتاب حاضر شامل پنج فصل است که اصول و مبانی طراحی لرزه‌ای سازه‌ها را در بر دارد. راه‌کارهای ممکن برای تامین نیازهای لرزه‌ای سازه‌ها و ایجاد شکل‌پذیری مناسب برای آن‌ها به منظور طراحی در برابر زلزله، محتوای کلی این کتاب را تشکیل داده است. فصل اول، کلیات مطالب کتاب را در بر دارد. در این فصل، مقدمه‌ای از اهمیت طراحی لرزه‌ای سازه‌ها بیان شده است. سپس هدف از تهیه و نگارش کتاب و محتوای آن ارائه شده است. فصل دوم مربوط به اصول و مبانی عمومی طراحی سازه‌ها می‌باشد. در این فصل طراحی سازه و اهداف طراحی سازه نظیر ایمنی، بهره‌برداری مناسب و پایایی تعریف شده است. ضریب اطمینان طراحی و روش‌های اعمال ضریب اطمینان شامل روش طراحی مقاومت نهایی، روش طراحی تنش مجاز، روش طراحی مقاومت مجاز و روش طراحی حالات حدی در این فصل بررسی شده است.

مبانی طراحی لرزه‌ای سازه‌ها در فصل سوم کتاب ارائه شده است. در این فصل سطوح مختلف زلزله، عملکرد مورد انتظار از ساختمان، اهداف طراحی لرزه‌ای ساختمان‌ها، رفتار سازه‌ها در برابر سطوح مختلف زلزله، نیازهای لرزه‌ای سازه‌ها، طراحی سازه برای نیاز مقاومتی، ضریب رفتار، طراحی سازه برای نیاز سختی و طراحی سازه برای نیاز شکل‌پذیری بیان شده است.

فصل چهارم به بررسی رفتار سیستم‌های باربر جانبی بتن مسلح می‌پردازد. در این فصل انواع سیستم‌های باربر جانبی بتن مسلح تعریف شده است. عوامل موثر بر شکل‌پذیری تیرهای بتن مسلح، تیرستون‌های بتن مسلح، مقاومت چشمه اتصال و عوامل موثر بر شکل‌پذیری دیوار برشی بتن مسلح بررسی شده است.

فصل پنجم کتاب به ارزیابی رفتار سیستم‌های باربر جانبی فولادی اختصاص دارد. در این فصل، ابتدا انواع سیستم‌های باربر جانبی فولادی تعریف شده است. سپس به بررسی عوامل موثر بر شکل‌پذیری تیرهای فولادی، تیرستون‌های فولادی، مقاومت چشمه اتصال و رفتار انواع مهاربندها و عوامل موثر بر شکل‌پذیری دیوار برشی فولادی می‌پردازد.

فصل دوم

اصول و مبانی عمومی طراحی سازه‌ها

۲-۱- مقدمه

منظور از طراحی سازه، تعیین مشخصات هندسی اعضای آن از قبیل تیرها، ستون‌ها، دیوارها، کفها، شالوده‌ها و اتصالات بین آنها است، به طوری که اهداف طراحی برای سازه تامین شود. اعضای سازه باید بتوانند آثار خارجی از قبیل بارها، تغییر شکل‌ها و نشست‌ها را با درجه ایمنی قابل قبول تحمل نمایند و در ضمن توجیه اقتصادی نیز داشته باشند.

بارهایی که در طول عمر مفید سازه‌ها به آنها اعمال می‌شوند، به دو دسته بارهای متعارف و بارهای استثنائی تقسیم می‌شوند. بار مرده، بار زنده، بار برف، بار باد، بار ناشی از آب و خاک، بار ناشی از حرارت و بار ناشی از زلزله ضعیف جزء بارهای متعارف محسوب می‌شوند. بارهای ناشی از زلزله شدید و بارهای ناشی از حریق به بارهای استثنائی معروف هستند. هدف طراحی سازه‌ها در برابر بارهای متعارف و استثنائی متفاوت است.

نوع نگاه به بارها یکسان نیست. به عنوان مثال زلزله‌ی شدید، ممکن است هیچ‌گاه در طول عمر مفید سازه اتفاق نیفتد. در صورتی که بارهای متعارف ممکن است بارها در طول عمر مفید سازه اتفاق بیفتند. بارها ممکن است به صورت ایستایی (استاتیکی) و یا پویایی (دینامیکی) به سازه‌ها اعمال شوند.