

به نام خدا



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

اصول مهندسی زلزله

« بر مبنای ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ »

تالیف: مهندس ابوالفضل رضوی

عضو هیات علمی گروه عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان

سرشناسه	رضوی، ابوالفضل، ۱۳۴۵ -
عنوان و نام پدیدآور	اصول مهندسی زلزله: بر مبنای ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ / تالیف ابوالفضل رضوی.
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه آزاد اسلامی، سازمان چاپ و انتشارات گرگان: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان، مرکز انتشارات، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	۱۷۶، ۵ ص.: مصور، جدول.
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۱۵۸۱-۹
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
موضوع	زلزله -- مهندسی
شناسه افزوده	دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
شناسه افزوده	دانشگاه آزاد اسلامی، سازمان چاپ و انتشارات
رده بندی کنگره	۱۳۹۱ ر ۶/۶ الف ۶/۶ TA۶۵۴
رده بندی دیویی	۶۲۴/۱۷۶۲
شماره کتابشناسی ملی	۲۸۵، ۲۴۱

عنوان: اصول مهندسی زلزله
مولف: مهندس ابوالفضل رضوی
طراحی و صفحه‌آرایی: محسن مقصودلو
شماره شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۱۰-۱۵۸۱-۹
ویراستار ادبی: دکتر تقی امینی مفرد
نوبت چاپ: اول- ۱۳۹۱
ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان
شمارگان: ۲۰۰۰
قطع: وزیری
چاپ نوری - ۲۲۴۱۳۸۵
قیمت: ۸۰۰۰ تومان

ایران سرزمینی است زیبا و پهناور، اما به دلیل قرار گرفتن بر روی زمین لرزه‌ای رشته‌کوه آلپ، مستعد بروز زلزله است. پدیده‌ای که تا به امروز تلخ‌ترین حوادث طبیعی را در کارنامه خود ثبت نموده است. برخی از این حوادث نظیر زلزله‌های مخرب ناغان، طبس، رودبار، بم و بروجرد، باعث خلق تراژدی‌های انسانی گردیدند که هرگز از خاطر مردم این کشور محو نخواهد شد. نکته‌ای که همواره ذهن نگارنده را در بررسی کتب و دستورالعمل‌های مرتبط با مهندسی زلزله به خود معطوف داشته است، این مسأله بوده که گرچه بشر هنوز نتوانسته است راهی برای مهار این پدیده پیدا کند ولی چرا علی‌رغم این همه فراگیری علوم مهندسی زلزله، در جلوگیری از صدمات ناشی از زلزله هم‌چنان توفیق لازم حاصل نشده است. شاید چون در کتاب‌های موجود در زمینه مهندسی زلزله به جنبه‌های مختلفی از مباحث پرداخته می‌شود، و یا شاید هم در فاصله بین دانستن و باور داشتن مانده‌ایم، باور این که آن‌چه به عنوان خسارت و تلفات ناشی از زلزله نام برده می‌شود، پیامد عملکرد نادرست خود در محاسبه، طراحی و اجرای یک سازه است.

بنابراین نگارنده بر آن شد با نگارش کتابی با محتوای متفاوت، مجموعه‌ای از بهترین مطالب آیین‌نامه و کاربرد آن در قالب مسائل مختلف برابر وی‌بی‌سی سوم استاندارد ۲۸۰۰ ایران را ارائه نماید.

مطالب عنوان شده در این کتاب بر اساس سرفصل شورای عالی برنامه‌ریزی درس اصول مهندسی زلزله در رشته عمران تهیه شده است.

امید است تلاش صورت گرفته هر چند قدمی است بسیار کوچک، بتواند مورد استفاده دانشجویان، مهندسان و محققان محترم قرار گیرد.

موجب خوشوقتی است که مراتب سپاس‌گزاری خود را نسبت به همه کسانی که در تهیه این کتاب همکاری نموده‌اند، اعلام نماید. نخست از استاد گرانقدر، پروفسور فرشید کریم‌اف، (استاد راهنمای تحصیلی پایان‌نامه دکترای این جانب) همچنین از

استادان محترم آقایان دکتر رضا عطارنژاد، دکتر حسن مقدم، دکتر شاپور طاحونی، دکتر محمد مهدی سعادت پور و دیگر استادانی که با راهنمایی و یا انتشار کتاب‌های بسیار ارزشمند در زمینه مهندسی زلزله مرا یاری نمودند، همچنین از دانشجویان پرتلاش رشته مهندسی عمران که در به سامان رسیدن این اثر همکاری صمیمانه داشته‌اند قدردانی می‌شود.

امیدوارم همکاران محترم، مهندسان و دانشجویان عزیز با ارسال نظرات خود در راستای پربار کردن کتاب، مؤلف را یاری نمایند تا در چاپ بعدی بهره برداری گردد و اصلاحات لازم صورت گیرد.

ابوالفضل رضوی

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان

فهرست مطالب

فصل اول : زلزله شناسی

- ۱-۱- بررسی علل و مکانیسم وقوع زلزله ۱
- ۲-۱- علل وقوع زلزله ۱
- ۱-۲-۱- ساختار کلی زمین ۲
- ۳-۱- نظریه تکونیک صفحه ای ۳
- ۴-۱- صفحات لتوسفری زمین ۴
- ۱-۴-۱- مرز مشترک صفحات لتوسفری ۴
- ۵-۱- تکتونیک ایران ۴
- ۶-۱- زلزله های تکتونیک و غیر تکتونیک ۵
- ۷-۱- اندازه گیری زلزله ۶
- ۸-۱- مقیاس های سنجش زلزله ۷
- ۹-۱- گسل ها ۸
- ۱۰-۱- امواج زلزله ۱۰
- ۱۱-۱- پدیده های همراه زلزله ۱۳
- ۱۲-۱- لزوم مطالعات زمین لرزه در پروژه های عمرانی ۱۵
- ۱۳-۱- نقش بیمه در کاهش خسارت های زلزله ۱۶
- ۱۴-۱- روابط تجربی و تکرار و احتمالات زلزله ۱۶
- ۱۵-۱- سوابق زلزله در ایران ۱۷

فصل دوم : روش‌های تحلیل

۳۸	۱-۲- روش نیرو و روش سختی
۳۹	۱-۱-۲- درجه آزادی
۳۹	۲-۱-۲- سیستم پیوسته و گسسته
۴۲	۲۰-۲- میرایی
۴۲	۳-۲- سختی
۴۴	۳-۲- محاسبه ضریب سختی اعضای مقاوم
۴۵	۴-۲- شکل پذیری
۴۶	۱-۴-۲- ضریب شکل پذیری
۴۶	۲-۴-۲- ضرایب شکل پذیری
۴۶	۳-۴-۲- عوامل مؤثر شکل پذیری در بتن مسلح
۴۶	۵-۲- اصول و مبانی در مقاوم‌سازی ساختمان در مقابل زلزله
۴۷	۱-۵-۲- سیستم‌های باربر انواع سازه‌ها
۴۸	۶-۲- نیروی جانبی ناشی از زلزله
۴۸	۷-۲- روش تحلیل الاستاتیکی معادل
۴۸	۱-۷-۲- عوامل مؤثر در نیروی زلزله
۵۰	۲-۷-۲- نیروی برشی پایه در روش تحلیل الاستاتیکی معادل
۵۰	۱-۲-۷-۲- نسبت شتاب مبنای طرح، A
۵۰	۲-۲-۷-۲- ضریب بازتاب ساختمان، B
۵۲	۳-۲-۷-۲- ضریب اهمیت ساختمان، I
۵۳	۴-۲-۷-۲- ضریب رفتار ساختمان، R
۵۵	۳-۷-۲- توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان
۵۶	۴-۷-۲- محاسبه ساختمان در برابر واژگونی
۵۶	۵-۷-۲- ساختمان‌های منظم

- ۵۶ ۲-۷-۵-۱- منظم بودن در پلان
- ۵۷ ۲-۷-۵-۲- منظم بودن در ارتفاع
- ۵۷ ۲-۷-۶- ساختمان‌های نامنظم
- ۵۷ ۲-۷-۷- کاربرد روش تحلیل استاتیکی معادل
- ۶۲ ۲-۸- نیروی جانبی زلزله وارد بر اجزای ساختمان و قطعات الحاقی
- ۶۳ ۲-۹- نیروی قائم ناشی از زلزله
- ۶۳ ۲-۹-۱- نیروی قائم ناشی از زلزله در اثر مولفه قائم شتاب زلزله در ساختمان
- ۶۴ ۲-۱۰- سازه‌های غیرساختمانی
- ۶۴ ۲-۱۰-۱- نیروی جانبی زلزله مؤثر بر سازه‌های غیرساختمانی
- ۶۵ ۲-۱۰-۲- نیروی جانبی زلزله مؤثر در مخازن زمینی و زیرزمینی
- ۶۶ ۲-۱۱- زمان تناوب اصلی نوسان پاندول‌های وارونه، برج‌ها، دودکش‌ها و سایر ساختمان‌های مشابه
- ۶۶ ۲-۱۱-۱- زمان تناوب اصلی نوسان جرم متمرکز واقع در انتهای طره لاغر
- ۶۶ ۲-۱۱-۲- زمان تناوب اصلی نوسان جرم متمرکز در انتهای طره لاغر با مقطع یکنواخت
- ۶۷ ۲-۱۱-۳- زمان تناوب اصلی نوسان منشور با جرم و مقطع یکنواخت
- ۶۷ ۲-۱۱-۴- زمان تناوب اصلی نوسان مخروط ناقص
- ۶۸ ۲-۱۱-۵- زمان تناوب اصلی نوسان جرم‌های متمرکز در طول طره
- ۶۹ ۲-۱۱-۶- زمان تناوب اصلی نوسان دودکش‌های فولادی
- ۶۹ ۲-۱۲- محاسبه زمان‌های اصلی تناوب سازه‌ها به روش تقریبی

- ۱-۳- ارتعاش سازه‌ها ۷۷
- ۲-۳- ارتعاش آزاد سازه یک درجه آزادی بدون میرایی ۷۸
- ۳-۳- ارتعاش آزاد سیستم های یک درجه آزادی میرا ۸۳
- ۴-۳- ارتعاش تحمیلی هارمونیک یک درجه آزادی ($F_0 \sin \omega t$) ۸۸

فصل چهارم : روش دینامیکی (طیفی) تحلیل سازه‌ها در برابر زلزله

- ۱-۴- روش تحلیل دینامیکی طیفی (با استفاده از آنالیز مودها و طیف بازتاب طرح) ۹۶
- ۴-۵- محاسبه بردار نیروی مودی طبقه ۹۹
- ۲-۴- ترکیب اثر مودها ۱۰۰
- ۳-۴- روش تحلیل دینامیکی طیفی با استفاده از آنالیز مودها ۱۰۲
- ۱-۳-۴- تعداد مودهای نوسان ۱۰۲
- ۲-۳-۴- اصلاح مقادیر بازتاب ها ۱۰۲
- ۴-۴- روش طیفی ۱۰۳
- ۵-۴- تعیین زلزله طرح ۱۰۴

فصل پنجم : سیستم‌های ساختمانی مقاوم در برابر زلزله

۱۳۲	۱-۵- انواع سیستم‌های مقاوم در مقابل زلزله
۱۳۲	۲-۵- قاب‌های صلب خمشی
۱۳۳	۳-۵- مهاربندها
۱۳۳	۴-۵- کلیاتی در مورد مهاربندها
۱۳۴	۱-۳-۵- توصیه‌های لازم جهت طراحی مهاربندها
۱۳۵	۲-۳-۵- نحوه محاسبه مهاربندها
۱۳۶	۳-۳-۵- محاسبه مهاربندهای ۸ شکل
۱۳۷	۴-۳-۵- محاسبه مهاربندهای زانویی
۱۳۸	۵-۳-۵- محاسبه مهاربندهای X شکل (ضربدری)
۱۳۹	۴-۵- دیوارهای برشی
۱۳۹	۱-۴-۵- طراحی دیوارهای برشی
۱۴۰	۲-۴-۵- نیروهای حاکم بر طراحی دیوار برشی
۱۴۰	۳-۴-۵- انواع دیوارهای برشی
۱۴۱	۴-۴-۵- مکانیزم‌های مختلف خرابی دیوارهای برشی
۱۴۲	۵-۴-۵- ضوابط آیین‌نامه برای طراحی دیوارهای برشی
۱۴۲	۱-۵-۴- مقاومت برشی بتن
۱۴۲	۲-۵-۴- مقطع بحرانی برای برش
۱۴۳	۳-۵-۴- ظرفیت برشی آرماتورها
۱۴۳	۴-۵-۴- حداکثر ظرفیت برشی مقطع
۱۴۳	۵-۵-۴- ضوابط کلی طرح
۱۴۳	۶-۵-۴- آرماتورهای برشی
۱۴۴	۷-۵-۴- آرماتورهای خمشی

فصل اول

زلزله شناسی

۱-۱- بررسی علل و مکانیسم وقوع زلزله

بررسی‌ها در طی ۸ دهه گذشته بیانگر آن است که به طور میانگین هر سال یک زمین‌لرزه به بزرگی حداقل ۶ ریشتر در ایران رخ داده است. چه بسا ساختمان‌هایی که به ظاهر مطابق آیین‌نامه ساخته شده‌اند ولی در زمین‌لرزه‌های شدید تخریب شده است. حال آن‌که برخی از ساختمان‌های قدیمی که بر اساس تجربه و دانش مهندسی درست، بنا شده‌اند این زمین‌لرزه‌ها را تحمل نموده‌اند. این موضوع نمایانگر تأثیر نوع برداشت و به تبع آن قضاوت مهندسی در ارتباط با نکات موجود در آیین‌نامه توسط طراح است. درک بسیاری از موضوعات مطرح در آیین‌نامه نیاز به شناخت صحیح زلزله، مکانیسم وقوع و چگونگی تأثیر آن بر سازه دارد.

در اصول مهندسی زلزله آن‌چه بیش از هر چیز دیگر باید مورد توجه قرار گیرد، داشتن این باور است که، زلزله یک پدیده طبیعی است و با شرط وجود آن اقدام به محاسبه، طراحی و ساخت یک سازه می‌شود. پس باید پذیرفت که خسارات جانی و مالی ناشی از زلزله در نتیجه بی توجهی به ساخت یک بنای مقاوم در مقابل زلزله است. آن‌چه مسلم است، محاسبه دقیق زلزله و طرح یک ساختمان پایدار و ایمن در برابر آن بدون شناخت کافی از زلزله امکان‌پذیر نخواهد بود.

۱-۲- علل وقوع زلزله

حرکت قاره‌ها روی سطح زمین برای اولین بار توسط پلگرینی در سال ۱۸۵۸ مطرح شد، ولی چون تغییرات اصلی داخل زمین که باعث وقوع زلزله می‌شود تا کنون