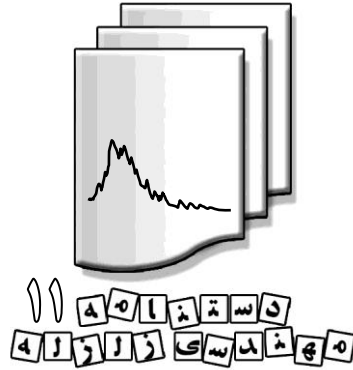


به نام آن که جان را فکرت آموخت



زلزله برای معماران

تالیف

دکتر محمدرضا تابش پور

(عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی شریف)



زلزله برای معماران



تالیف :	محمد رضا تابش پور
مدیر تولید :	مجید رضا زروئی
صفحه آرایی :	سبا سروری - مرتضی بهادر
نوبت چاپ :	اول - ۱۳۹۴
تیراژ :	۵۰۰
چاپ و صحافی :	یزدا
قیمت :	۲۲۰۰۰۰ ریال
شابک :	۹۷۸-۶۰۰-۹۴۷۲۳-۴-۵

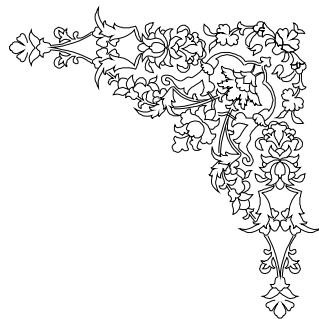
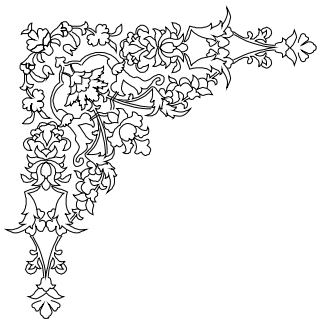
فروشگاه : تهران - خیابان انقلاب - بین خیابان فروردین و منبری جاوید - روبروی دبیرخانه دانشگاه تهران - کتابفروشی فلاح
تلفن: ۶۶۴۱۰۳۵۴
دفتر انتشارات : تهران - خیابان انقلاب - خیابان اردیبهشت - بین لیاپی نژاد و جمهوری - ساختمان ۱۰
تلفن: ۶۶۴۶۵۸۳۱ - ۶۶۴۸۱۰۹۶ - ۶۶۴۸۲۲۲۱

ایمیل و وبسایت: www.dastnameh.ir - www.fadakbook.ir - info@fadakbook.ir

کلیه حقوق و حق چاپ متن و عنوان کتاب که به ثبت رسیده است؛ مطابق با قانون حقوق مولفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ و متعلق به انتشارات فدک ایساتیس می باشد. هرگونه برداشت، تکثیر، کپی برداری به هر شکل (چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی) بدون اجازه کتبی از انتشارات فدک ایساتیس ممنوع بوده و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

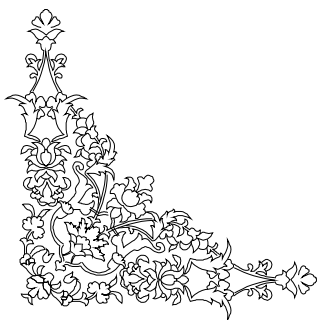
معاونت حقوقی
انتشارات فدک ایساتیس

شماره فصل کتاب	استاندارد ۲۸۰۰
۷، ۸، ۹	تعاریف
۱۲	بند ۱-۷
۸	بند ۱-۸
۱۳ و ۱۴	فصل ۴
۱۰	فصل ۶
۱۱ و ۱۳	فصل ۷
۹	پیوست ۴



تقدیم به:

جان باحسنان زلزله های ایران



دستنامه‌ها، چرا و چگونه؟

رمز موفقیت علمی، ترجیح دادن «تفکر» بر «یادگیری» است؛ و این حقیقت آموزش است.

جمله بالا نقلی است از مضامین یکی از جملات انیشتین؛ و به نظر می‌رسد اکثر اندیشمندان همین طوری به علم نگاه کرده‌اند. اکثر دروس پایه و تخصصی در هر دو سطح کارشناسی و تکمیلی در رشته‌های مهندسی مکانیک و عمران، عین یا شبیه هم هستند. هرچند سازه‌های دریایی از رشته‌های تکمیلی مهندسی عمران است، ولی برخی مباحث این حوزه بیشتر مبنای مکانیکی دارند؛ ضمناً حجم زیادی از کارهای حوزه دریا در مهندسی مکانیک، اشتراکات و مبانی عمرانی دارند. از این حیث، مهندسی دریا و سازه‌های فراساحلی عملاً بین دو رشته عمران و مکانیک قرار دارد.

اهمیت مباحث سازه‌های فراساحلی نفت و گاز بر کسی پوشیده نیست. محیط بسیار پیچیده دریا، شرایط خاص آن، ابعاد عظیم سازه‌های مربوطه، باعث وجود مسائل متعددی در این حوزه شده است. اشتراکات مبنایی بین سازه‌های دریایی و مهندسی زلزله، کافی است تا افراد علاقمند بتوانند همزمان به هر دو حوزه بپردازند. اولین شرط پیشرفت در هر حوزه‌ای تدوین کتب درسی و تکمیلی بر مبنای نیازهای بومی است. اهمیت ضرورت وجود مجموعه‌ی مدوّتی از کتاب‌های درسی در حوزه‌هایی نظیر مهندسی دریا و زلزله، بر کسی پوشیده نیست.

آموزش مبتنی بر سرفصل‌های مناسب در دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی، ارتقاء دانش و تجربه‌ی مهندسان، تعریف و طرح مسائل پژوهشی بومی، مستلزم وجود کتاب‌هایی است که علاوه بر کیفیت علمی، با نیازهای بومی، انطباق داشته باشد. در راستای رسیدن به هدف بزرگ جامعه‌ی ایمن که لازمه‌ی حیات پایدار بشری برای سیر تکامل است، طی تلاشی مستمر در بیش از یک و نیم دهه، دوره‌های زیر تدوین شده است:



دستنامه سازه‌های دریایی

❖ دستنامه سازه‌های دریایی



دستنامه مهندسی زلزله

❖ دستنامه مهندسی زلزله



دانشنامه زلزله

❖ دانشنامه

(از ترکیب چند دستنامه متوالی، تولید می شود.)



درسنامه

❖ درسنامه

(دروس پایه‌ای مقطع کارشناسی)

این کتاب‌ها در انتشاراتی‌های زیر چاپ می شود:



▪ بنای دانش



▪ فدک ایستایس



▪ دانشگاه صنعتی شریف

ویژگی کتب تدوین شده در این سری‌ها:

- عدم استفاده از دانشجویان در تولید کتاب (فقط دانشجویان علاقمند برای نمونه‌خوانی قبل از چاپ به همکاری دعوت می‌شوند که اسم تمامی این عزیزان در بخش سخن مؤلف آورده می‌شود). تمامی مطالب حاصل تلاش خود نویسنده می‌باشد. در کارهایی که بخشی از عزیزان همکاری داشته‌اند با دقت، کار آنها در سخن مؤلف، مورد اشاره دقیق قرار گرفته است.
- توجه به سرفصل‌های مصوب و نیز سرفصل‌هایی که مورد غفلت قرار گرفته‌اند.
- رعایت استانداردهای ساختاری

ادامه متن را فقط افرادی که علاقمند به کارهای متداوم علمی هستند، خوب است بخوانند؛ برای سایرین ضرورتی ندارد.

... آن چه روش بنده در تحصیل در دوره دبیرستان بود، تفکر مداوم برای حل مسائل بود. عمده مسائل المپیادهای فیزیک و ریاضی را با حوصله مورد بررسی قرار می‌دادم. درست است که رسیدن به حل برایم جالب بود، ولی بسیار جذاب‌تر، لحاظاتی بود که به فکر کردن برای حل می‌گذشت. معلم جبر سال سوم دبیرستان، تنها کسی بود که اکثر جلسات، مسائلی در حد المپیادهای استانی و برخی مواقع هم در سطح کشوری، در کلاس مطرح می‌کردند که غیر از یک مورد که یک مسأله هندسه بود و حل آن برایم یک هفته طول کشید (و در تمام طول هفته به آن فکر میکردم)، بقیه را سر کلاس حل می‌کردم. یکی از زیباترین صحنه‌هایی که از دبیرستان به یاد دارم، خوشحالی و صف‌ناپذیر آقای دلقندی معلم همان کلاس بود وقتی که بعد از یک هفته حل آن مسأله را دید.

... بعد از ورود به دانشگاه از همان ابتدای تحصیل در رشته‌ی عمران در دانشگاه صنعتی شریف (سال ۱۳۷۳) برنامه‌ای جدی برای کار علمی داشتم، ولی برایم روشن نبود که دقیقاً قرار است چه کاری انجام دهم. ...

مقاومت مصالح...

در سال‌های ۷۴ و ۷۵ چند دوره دستیار کلاس مقاومت مصالح شدم و در آن مدت، بیش از ۵۰۰ مسأله را گردآوری و تحلیل کردم. اوایل سال ۷۶ مجموعه مفصلی از این مسائل را تبدیل به یک کتابچه کردم، ولی هرگز تصمیم به چاپ آن نگرفتم. بخش‌های عمده‌ای از آن را در سال‌های بعد به دوستانی که می‌خواستند مقاومت مصالح تدریس کنند، تحویل دادم. بعدها تصمیم گرفتم مطالبی را که در قالب مقاومت مصالح و سایر دروس نظیر استاتیک و یا دینامیک و ... در مقطع کارشناسی درس داده بودم را در قالب درسینامه چاپ کنم.

مهندسی زلزله...

به‌علت آنکه در سال ۷۶ برنامه‌ای را که در سال ۷۳ برایم مبهم بود، تقریباً روشن شده بود و تصمیم خود را گرفته بودم که روی مباحث ارتعاشاتی (نظیر امواج و زلزله) کار کنم، مطالعه‌ی کتب مرتبط با ارتعاشات، مهندسی زلزله، امواج و مقالاتی در این زمینه را به‌طور جدی در برنامه‌ی خود گذاشتم. به‌طور مرتب برخی از ایام هفته را صبح تا عصر در کتابخانه‌ی دانشگاه صرف ورق زدن مقالات مربوطه می‌کردم. چون آن موقع نیز مثل الان اطلاعاتم بسیار اندک بود، خیلی کم از مطالب مقالات سر در می‌آوردم ولی تقریباً افق دوردست را برای خودم ترسیم کرده بودم. در سال‌های سوم و چهارم کارشناسی (۷۵ و ۷۶) به‌علت علاقه به مباحث مکانیک جامدات، اکثر دروس کارشناسی و برخی دروس ارشد آن را در دانشکده مهندسی مکانیک گذرانده یا مستمع آزاد شرکت کردم. به‌علت آن که تصمیم قطعی خود را گرفته بودم که در موضوعات مرتبط با ارتعاشات و مهندسی زلزله کار کنم، در گرایش کارشناسی ارشد، مهندسی زلزله را در دانشگاه صنعتی شریف ادامه دادم. در همان سال به‌طور هم‌زمان در کنکور کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های اقتصادی اجتماعی نیز شرکت کردم (آن موقع‌ها دوره‌ی

کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های اقتصادی اجتماعی به طور مستقل برگزار می‌شد) و با رتبه یک رقیمی شروع کردم. ولی خیلی زود فهمیدم که این راه با خواسته من منطبق نبوده و همان گرایش مهندسی زلزله را ادامه دادم و به‌طور جدی در کنار آن دروس دانشکده مهندسی مکانیک در دوره‌های ارشد و دکترای جامدات را نیز گذرانده یا پیگیری می‌کردم. علاوه بر کار روی دروس این رشته، تقریباً تمامی دروس مرتبط با گرایش کارشناسی ارشد سازه و مکانیک جامدات را در دانشکده‌های عمران و مکانیک گذراندم. ... در دوره‌ی کارشناسی ارشد، افق برنامه‌ای که در سال ۷۳ برایم مبهم بود، بسیار روشن‌تر شده بود. می‌دانستم که قرار است چندین سال و مثلاً روزی میانگین ۸ ساعت به مباحث مهندسی ارتعاشی و کاربردهای آن در مهندسی پیردازم و حاصل آن‌را در قالب چندین کتاب با یک عنوان کلی و مشترک منتشر کنم. اصلاً امتحانات دروس برایم اهمیتی نداشت، هرچند در سال ۱۳۷۷ در بین فارغ‌التحصیلان ممتاز (ورودی ۷۳) بودم و ۱۳۷۹ در بین فارغ‌التحصیلان ارشد، رتبه‌ی اول شدم، ولی تمام سوگیری کارهایم برای هدف مشخصی بود. مطالبی که در سال چهارم کارشناسی و دو سال کارشناسی ارشد در این خصوص گردآوری کرده بودم در حدود ۱۰۰۰ صفحه بود که به ارتعاشات، مهندسی زلزله، طراحی لرزه‌ای و سازه‌های بنایی مربوط می‌شد. بیش از نیمی از آن‌ها مطالبی بود که ترجمه به‌شمار نمی‌آمد، بلکه نگرشی شاید جدید و دسته‌بندی نوینی در ترکیب‌بندی مطالب بود. تصمیم گرفتم آنها را در قالب شاید ۳ کتاب منتشر کنم و کارهای مقدماتی آن‌ها را هم در سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۷۹ انجام دادم. بعد از چندبار بررسی، منصرف شدم ولی هر روز به آن‌ها مطالبی اضافه می‌کردم. تا آن زمان بیش از ۷۰۰ جلد کتاب مرتبط با دروس مختلف دانشگاهی به زبان‌های فارسی و انگلیسی را تهیه کرده بودم. البته همه‌ی صفحات تمام کتاب‌ها را نمی‌خواندم. مثلاً در یک کتاب فقط به یک مثال که جای دیگر تکرار نشده بود می‌پرداختم و بقیه‌اش را فقط ورق می‌زد. در چند زمینه مرتبط با مهندسی زلزله مقالات متعددی را تهیه کردم. از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۷۹ مجموعه‌ی خوبی از مقالات مورد علاقه که در مجلات و کنفرانس‌های کتابخانه‌ی دانشگاه بود تدوین کردم، حدود ۲۰۰ مقاله بود. برخی را دقیق می‌خواندم، برخی را هم در حد چنددقیقه فقط تماشا می‌کردم. کتب موجود در اکثر کتابخانه‌های دانشگاه شریف را که به‌نحوی با ریاضی، ارتعاشات و زلزله مرتبط بود نگاه کردم...

مهندسی دریا و سازه‌های فراساحلی...

در سال ۷۹ که دکترایم را در دانشکده‌ی عمران دانشگاه صنعتی شریف شروع کردم، افق هدفم برایم نسبتاً روشن‌تر شده بود. چند درس که در دانشکده در زمینه‌ی سازه و زلزله ارائه می‌شد را گذراندم و پیشنهاد پایان‌نامه را در سال اول تدوین کردم، زیرا یک سابقه‌ی ۳ ساله را با حوصله و جدیت پشت سر گذاشته بودم. به‌علت تشابه مفاهیم و مبانی موجود در مهندسی زلزله و سازه‌های دریایی در زمینه‌ی بارگذاری بارهای باد، زلزله و موج و مفاهیم مشترک نظیر طیف در هر دو و اشتراک‌هایی در مباحث مکانیک سازه و

ارتعاشات در دوره‌ی ارشد و اوایل دکترا چند کلاس مرتبط با این رشته را هم می‌رفتم. به‌علت این پیش‌زمینه و شرایطی که در اوایل دکترا پیش آمد، به مباحث سازه‌های دریایی پرداختم. آن زمان بحث دریای خزر به طور جدی مطرح بود. در سال ۱۳۸۰ پیشنهادیه‌ی اول پایان‌نامه را که در خصوص مهندسی زلزله و ارتعاشات غیرخطی بود کنار گذاشتم و به مباحث سازه‌های دریایی پرداختم. با توجه به پیش‌زمینه‌ای که در مکانیک، سازه و ارتعاشات داشتم، کافی بود دروسی در زمینه‌ی سیالات، تئوری موج، هیدرودینامیک، تحلیل و طراحی سازه‌های دریایی بگذرانم. این‌گونه دروس را در دانشکده‌های مکانیک و عمران گذراندم. البته محدود بود و بخش عمده‌ای را خودآموزی کردم. در تمام لحظات سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۶ که به پایان‌نامه‌ی خود در مورد سازه‌های دریایی مشغول بودم، در زمینه‌ی مهندسی زلزله هم مطالعه می‌کردم و مطلب می‌نوشتیم و درگیر پایان‌نامه‌های چند نفر از دانشجویان کارشناسی ارشد در دانشکده عمران و گرایش مهندسی دریا در دانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی شریف شدم.

چاپ کتب...

در سال ۱۳۸۵ حدود ۳۰۰۰ صفحه مطلب آماده‌ی چاپ داشتم. هنگامی که پیشنهاد تهیه‌ی تفسیر استاندارد ۲۸۰۰ به اینجانب داده شد، برنامه‌ی قبلی خود را اندکی تغییر دادم و حدود ۱۲۰۰ صفحه از آن مطالب را در قالب تفسیر و تشریح ۲۸۰۰ چاپ کردم. در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ بازخورد بسیار مثبتی از کتب تفسیر استاندارد ۲۸۰۰ توسط خوانندگان محترم به من منتقل شد و اندک ابهامی هم که در افق برنامه‌ریزی و هدف خود داشتم رفع شد. تصمیم به تکمیل مطالبی گرفتم که تا آن روز گردآوری کرده بودم. تا آن زمان تمام فعالیت‌های آموزشی، پژوهشی، حرفه‌ای و اوقات فراغت خود را در راستای این هدف تنظیم کرده بودم و از سال ۸۶ مصمم‌تر به این کار ادامه دادم. برخی روزها از صبح تا شب ۵۰ صفحه مطلب تدوین می‌کردم، چون سبقه‌ی چندین ساله را داشتم. سعی داشتم ترکیب‌بندی مطالب و ساختار کتاب‌ها تا حدی نو باشد. هدف این بود که کتاب‌ها مورد استفاده‌ی دانشجویان و مهندسان یا هر دو واقع شود. مجدانه مطالعه، تحقیق و نوشتن را ادامه دادم. البته این کار علاوه بر زمان، نیاز به هزینه‌های مالی بسیار زیادی هم داشت. در سال ۱۳۸۸ چند هزار صفحه مطلب تایپ‌شده، ویرایش‌شده و بازخوانی‌شده داشتم. به‌طور جدی تصمیم به نشر این مطالب گرفتم. از سال ۱۳۸۸ که به نشر آنها پرداختم، همواره در حال تدوین مطالب جدید هم بودم. ... اگر یک دانشجوی علاقه‌مند و باانگیزه در طول سالیان تحصیل و تدریس، و با تلاش شبانه‌روزی برای رسیدن به یک هدف مشخص به‌طور متوسط روزی ۱۲ ساعت یعنی ماهانه حدود ۳۵۰ ساعت به تلاش علمی بپردازد و تمام کارهای خود را در این مسیر تنظیم کند و هر سال حدود ۱۵۰۰ صفحه مطلب برای چاپ داشته باشد، نشان‌دهنده‌ی استفاده از فقط قسمت اندکی از انرژی و استعدادی است که خداوند در نهاد همه‌ی ما به ودیعه نهاده است...

سخن مؤلف

هر چند شدت لرزه‌خیزی کشور ایران از آسیای شرقی (به‌عنوان مثال کشور ژاپن) به مقدار قابل‌ملاحظه‌ای کمتر است، با وجود این، آمار تلفات زلزله در کشور ایران در مقایسه با جمعیت آن در هم‌همی جهان بی‌نظیر است. علت این امر، بی‌توجهی عمومی به ساخت و ساز مقاوم در برابر زلزله است. یکی از کارهای اساسی در جهت حل این مشکل، تدوین و تألیف منابع مورد نیاز برای جامعه معماری کشور است.

با توجه به نقش پررنگ معماران در فرایند ساخت و ساز، باید ملاحظات لرزه‌ای در طراحی معماری نیز با جدیت مورد توجه قرار گیرد. از آن‌جا که ملاحظات معماری به‌خصوص در حوزه دیوارها، شدیداً بر رفتار لرزه‌ای سازه‌ها اثر می‌گذارد، پرداختن هم‌زمان به هر دو مقوله معماری و زلزله جزء مسائل مهم در صنعت ساختمان می‌باشد. هرچند تلاش‌های زیادی در ایران و جهان صورت گرفته است تا بین تجربیات معماری و زلزله‌ای، تبادلات لازم صورت گیرد، ولی هنوز تا رسیدن به شرایط مطلوب آموزشی و حرفه‌ای فاصله زیادی داریم.

به‌منظور انجام وظیفه در راستای این رسالت، اینجانب بر آن شدم تا بر اساس دستاوردهای مهندسی زلزله و با توجه به تجربیات مربوط به زلزله‌های گذشته کتاب «زلزله برای معماران» را به این جامعه بزرگ تقدیم کنم.

چارلسون کتاب ارزشمندی در این زمینه تدوین کرده است که بخش‌هایی از آن به ویژه در فصول سیزدهم، چهاردهم و هفدهم استفاده شده است. طی برخی از دوره‌ها و سمینارهای آموزشی، با تعدادی از مهندسان معماری مواجه شدم که بر ضرورت وجود متنی مصور و ساده در زمینه چپستی پدیده زلزله و رفتارشناسی مودهای شکست تأکید می‌کردند. تقریباً تمام این مطالب به‌طور پراکنده در کتب دستنامه زلزله وجود دارد. ولی برای راحتی مراجعه، این بخش‌ها به‌طور منسجم در این کتاب کنار هم قرار گرفته است تا مهندسان معمار نیازی به مراجعه به چند کتاب از دستنامه را نداشته باشند. به همراه کتاب یک لوح فشرده عرضه می‌شود که شامل ده‌ها فیلم است. در محل‌های مناسب متن کتاب، به این فیلم‌ها اشاره شده است.

یکی از الزامات و باید‌های مهم در صنعت ساختمان، تبیین دقیق جایگاه مهندس عمران و معماری در کنار یک‌دیگر و تعریف رابطه دقیق آن دو با هم است. به این منظور، ایجاد یک زبان مشترک در حوزه زلزله قدم مؤثری در مفاهمه بیش‌تر و تقسیم‌بندی شفاف‌تر وظایف مهندسی می‌باشد. امید است این کتاب گام کوچکی در این راستا باشد.

هرچند قصد بر این بوده است که از مباحث محاسباتی پرهیز شود ولی جاهایی به ناگزیر، این مباحث در حد لازم آورده شده است.

خانم سبا سروری صفحه‌آرایی قسمت‌هایی از کتاب را برعهده داشته‌اند. از زحمات صادقانه ایشان صمیمانه تشکر می‌شود. آقای مرتضی بهادر در اصلاح شماره‌های مربوط به فصول انتقال یافته از کتب دستنامه زلزله، نمونه‌خوانی فصول چهارده و هفده و صفحه‌آرایی فصول هفتم تا نهم، دوازدهم، چهاردهم و هفدهم همکاری داشته‌اند، از ایشان تشکر می‌شود. از سرکار خانم آزاده نوری فرد در نمونه‌خوانی کامل ویرایش دوم کتاب صمیمانه تشکر می‌شود.

آقای محمد کرمی شاهنده کمک بی‌شائبه‌ای در فرآیند تولید این کتاب داشته‌اند. از لطف ایشان صمیمانه تشکر می‌شود. از حوصله و زحمات آقای مجیدرضا زروئی مدیرعامل انتشاراتی فدک ایساتیس تقدیر می‌شود. اساتید، دانشجویان و مهندسان بزرگواری که بر نگارنده، منت می‌نهند و پیشنهادات و انتقادات خود را ارسال می‌کنند، سهم بزرگی در افزایش کیفیت مطالب کتاب در چاپ‌های بعدی خواهند داشت.

برای اطلاعات بیشتر و نیز ارائه دیدگاه‌ها و نظرات خود به پایگاه اطلاع‌رسانی dastnameh.ir مراجعه شود.

محمدرضا تابش‌پور

تهران، ۱۳۹۳

tabeshpour@sharif.edu

بخش اول: لرزه‌شناسی ۱

فصل اول: ساختار زمین ۳

۱.۱ مقدمه ۵

۲.۱ ساختار زمین ۵

فصل دوم: زمین ساخت صفحه‌ای ۹

۱.۲ مقدمه ۱۱

۲.۲ زمین ساخت صفحه‌ای ۱۱

فصل سوم: گسلش ۲۱

۱.۳ مقدمه ۲۳

۲.۳ انواع مرزها ۲۳

۳.۳ شکست سنگ و گسلش ۲۷

فصل چهارم: انتشار امواج ۳۷

۱.۴ مقدمه ۳۹

۲.۴ امواج ۳۹

۱.۲.۴ امواج درونی (حجمی) ۴۰

۱.۱.۲.۴ موج P ۴۱

۲.۱.۲.۴ موج S ۴۲

۲.۲.۴ امواج سطحی ۴۲

۱.۲.۲.۴ موج رایلی ۴۳

۲.۲.۲.۴ موج لارو ۴۳

۵۵ فصل پنجم: ثبت زلزله

- ۱.۵ مقدمه ۵۷
- ۲.۵ دستگاه‌های ثبت زلزله ۵۸
- ۳.۵ انتشار امواج و رکورد زلزله ۶۰
- ۴.۵ تعیین محل زلزله ۶۳
- ۵.۵ پایگاه داده‌های رکورد زلزله ۶۶

۷۱ فصل ششم: مقیاس سنجش و بزرگا

- ۱.۶ مقدمه ۷۳
- ۲.۶ مقیاس سنجش زلزله (بزرگا) ۷۴
 - ۱.۲.۶ بزرگای محلی ریشتر ۷۴
 - ۲.۲.۶ بزرگای موج سطحی ۷۵
 - ۳.۲.۶ بزرگای موج حجمی ۷۶
 - ۴.۲.۶ دیگر مقیاس‌های بزرگای دستگاهی ۷۶
 - ۵.۲.۶ بزرگای گشتاوری ۷۷
- ۳.۶ انرژی زلزله ۷۷
- ۱.۳.۶ شدت مرکالی اصلاح‌شده (Modified Mercalli Intensity, MMI) ۷۸

۸۵ بخش دوم: سازه و ژئوتکنیک

فصل هفتم: اصطلاحات فنی سازه ۸۷

- ۱.۷ پارامترهای اساسی در مهندسی زلزله ۸۹
 - ۱.۱.۷ سختی ۸۹
 - ۲.۱.۷ مقاومت ۸۹
 - ۳.۱.۷ شکل‌پذیری ۹۰
 - ۲.۷ موضوع مهندسی زلزله ۹۱

۳.۷	موضوع طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله	۹۱
۴.۷	اثر $P-\Delta$	۹۱
۵.۷	اتصال خورجینی	۹۱
۶.۷	بناهای ضروری (Essential Facilities)	۹۱
۷.۷	برش طبقه (Story Shear)	۹۱
۸.۷	برش پایه (Base Shear)	۹۲
۹.۷	تراز پایه (Base)	۹۳
۱۰.۷	تغییر مکان نسبی طبقه (Story Drift)	۹۳
۱۱.۷	دیافراگم (Diaphragm)	۹۳
۱۲.۷	مرکز سختی (Center of Rigidity)	۱۰۲
۱۳.۷	روانگرایی (Liquefaction)	۱۰۳
۱۴.۷	سختی طبقه	۱۰۳
۱۵.۷	سیستم مهاربندی افقی (Horizontal Bracing System)	۱۰۳
۱۶.۷	طبقه (Story)	۱۰۵
۱۷.۷	طبقه‌ی نرم (Soft Story)	۱۰۵
۱۸.۷	طبقه ضعیف (Weak Story)	۱۰۶
۱۹.۷	دیوار پرکننده	۱۰۷
۲۰.۷	شکست ستون کوتاه (Short Column)	۱۰۸
۲۱.۷	اثر ساختگاه (Site Effect)	۱۰۸
۲۲.۷	آسیب سازه‌ای و آسیب عمده‌ی سازه‌ای	۱۰۹
۲۳.۷	قابلیت بهره‌برداری بدون وقفه	۱۰۹
۲۴.۷	قابلیت استفاده‌ی بدون وقفه	۱۱۰
۲۵.۷	ایمنی جانی	۱۱۰

فصل هشتم: انواع سیستم‌های باربر جانبی ۱۱۵

۱.۸	مقدمه	۱۱۷
۲.۸	سیستم باربر جانبی (Lateral Force Resisting System)	۱۱۷
۱.۲.۸	سیستم دیوارهای باربر (Bearing Wall System)	۱۱۸
۲.۲.۸	سیستم قاب ساختمانی ساده (Building Frame System)	۱۱۸

- ۱.۲.۲.۸ سیستم ساده‌ی دارای دیوار برشی ۱۱۹
- ۲.۲.۲.۸ سیستم ساده‌ی مهاربندی‌شده (Braced Frame) ۱۲۰
- ۱.۲.۲.۲.۸ قاب بادبندی‌شده‌ی هم‌محور (CBF) ۱۲۰
- ۲.۲.۲.۲.۸ قاب مهاربندی‌شده‌ی برون‌محور (EBF) ۱۲۲
- ۳.۲.۲.۸ سیستم مهاربندی کمانش‌تاب ۱۲۵
- ۳.۲.۸ سیستم قاب خمشی (Moment Resisting Frame) ۱۲۷
- ۱.۳.۲.۸ قاب خمشی معمولی (OMRF) ۱۳۲
- ۲.۳.۲.۸ قاب خمشی متوسط (IMRF) ۱۳۲
- ۳.۳.۲.۸ قاب خمشی ویژه (Special Moment Resisting Frame) ۱۳۳
- ۴.۲.۸ سیستم دوگانه یا ترکیبی (Dual System) ۱۳۵
- ۳.۸ چیدمان و ترکیب مختلف انواع سیستم باربر لرزه‌ای ۱۳۶
- ۴.۸ سایر سیستم‌های سازه‌ای ۱۳۸

فصل نهم: دیافراگم سقف ۱۴۳

- ۱.۹ مقدمه ۱۴۵
- ۲.۹ رفتارشناسی دیافراگم و تغییر شکل‌های آن ۱۴۶

فصل دهم: ملاحظات ژئوتکنیکی ۱۵۵

- ۱.۱۰ مقدمه ۱۵۷
- ۲.۱۰ روان‌گرایی ۱۵۷
- ۳.۱۰ زمین لغزش ۱۶۵
- ۴.۱۰ شکست خاک زیر پی تحت بار زلزله و رفتار پی‌ها ۱۶۸
- ۵.۱۰ نشست ۱۷۰
- ۶.۱۰ اثرات ساختگاه ۱۷۳
- ۱.۶.۱۰ اندرکنش خاک و سازه ۱۷۳
- ۲.۶.۱۰ افزایش دامنه حرکت در ساختگاه نرم ۱۷۴
- ۳.۶.۱۰ افزایش پریرود حرکت و نزدیک شدن به پریرود خاک (فیلتراسیون) ۱۷۴
- ۷.۱۰ شکستگی سطح زمین به علت گسیختگی گسل ۱۷۶

بخش سوم: مودهای شکست ۱۷۹

فصل یازدهم: انواع خسارات و خرابی‌ها ۱۸۱

- ۱.۱۱ مقدمه ۱۸۳
- ۲.۱۱ نحوه‌ی اثر نیروی زلزله بر سازه ۱۸۳
- ۳.۱۱ تقسیم‌بندی صدمات زلزله ۱۸۵
- ۱.۳.۱۱ خرابی‌های فیزیکی مستقیم ۱۸۶
- ۲.۳.۱۱ صدمات اجتماعی ۱۸۶
- ۳.۳.۱۱ زیان‌های اقتصادی ۱۸۶
- ۴.۱۱ عوامل مؤثر بر خسارات ناشی از زلزله ۱۸۷
- ۵.۱۱ نوع سازه ۱۸۷
- ۶.۱۱ سازه بتنی ۱۸۷
- ۷.۱۱ سازه فولادی ۱۹۲
- ۸.۱۱ سازه‌های بنایی ۱۹۸
- ۱.۸.۱۱ مودهای شکست سقف ۱۹۸
- ۲.۸.۱۱ وزن زیاد سقف ۲۰۷
- ۳.۸.۱۱ مود شکست گوشه ۲۰۸
- ۴.۸.۱۱ شکست درون صفحه‌ی دیوار ۲۱۰
- ۱.۴.۸.۱۱ شکست برشی ۲۱۰
- ۲.۴.۸.۱۱ شکست برشی- لغزشی ۲۱۱
- ۳.۴.۸.۱۱ شکست خمشی ۲۱۱
- ۵.۸.۱۱ شکست برون صفحه‌ی دیوار ۲۱۴
- ۶.۸.۱۱ شکست جرز ۲۱۷
- ۷.۸.۱۱ شکست برشی جرزها ۲۱۸
- ۸.۸.۱۱ شکست‌های مرتبط با بازشو ۲۲۰
- ۹.۸.۱۱ مودهای شکست کلاف ۲۲۴
- ۹.۱۱ مودهای شکست ساختمان‌های نیمه‌اسکلتی ۲۳۱
- ۱۰.۱۱ قاب و دیوار پرکننده‌ی آجری ۲۳۵

- ۱.۱۰.۱۱ شکست طبقه‌ی نرم (یا ضعیف) ۲۳۶
- ۲.۱۰.۱۱ شکست پیچشی ۲۳۷
- ۳.۱۰.۱۱ شکست ستون کوتاه ۲۴۰
- ۱۱.۱۱ اجزای غیرسازه‌ای ۲۴۱
- ۱۲.۱۱ شریان‌های حیاتی ۲۴۲
- ۱۳.۱۱ اثرات ساختگاهی و پی ۲۴۵
- ۱۴.۱۱ خطرات جانبی ۲۴۵
- ۱.۱۴.۱۱ گسیختگی زمین ۲۴۵
- ۲.۱۴.۱۱ گسیختگی گسل ۲۵۰
- ۳.۱۴.۱۱ سیل ۲۵۱
- ۴.۱۴.۱۱ آتش‌سوزی ۲۵۱
- ۱۵.۱۱ تدابیر ضروری برای مقابله با زلزله ۲۵۲
- ۱۶.۱۱ بیمه ۲۵۲
- ۱۷.۱۱ لزوم مطالعات لرزه‌شناسی در پروژه‌های عمرانی ۲۵۳
- پرسش‌ها ۲۵۳

بخش چهارم: ملاحظات معماری ۲۵۹

فصل دوازدهم: ملاحظات معماری و فرم سازه ۲۶۱

- ۱.۱۲ مقدمه ۲۶۳
- ۲.۱۲ مسائل معماری و شکل‌بندی (ترکیب‌بندی) سازه ۲۶۴
- ۳.۱۲ شکل‌بندی هندسی ۲۶۵
- ۱.۳.۱۲ مسائل شکل‌بندی در پلان ۲۶۶
- ۱.۱.۳.۱۲ ابعاد سازه ۲۶۶
- ۲.۱.۳.۱۲ تمرکز تنش به‌علت پلان‌های پیچیده ۲۶۷
- ۲.۳.۱۲ مسائل شکل‌بندی در ارتفاع ۲۶۸
- ۱.۲.۳.۱۲ تورفتگی ۲۶۸
- ۳.۳.۱۲ شکل‌بندی سازه‌ای ۲۶۸

۲۶۸	تمرکز جرم	۱.۳.۳.۱۲
۲۶۹	ستون ضعیف	۲.۳.۳.۱۲
۲۷۰	طبقه نرم	۳.۳.۳.۱۲
۲۷۰	کمبود مقاومت افزونگی مربوط به درجات نامعینی	۴.۳.۳.۱۲
۲۷۱	انعطاف‌پذیری بیش از حد سازه	۵.۳.۳.۱۲
۲۷۱	انعطاف‌پذیری بیش از حد دیافراگم	۶.۳.۳.۱۲
۲۷۶	پیچش	۷.۳.۳.۱۲
۴.۱۲	گروه‌بندی ساختمان‌ها بر حسب شکل	۲۷۸
۱.۴.۱۲	ساختمان‌های منظم	۲۷۸
۱.۱.۴.۱۲	منظم بودن در پلان	۲۷۸
۲.۱.۴.۱۲	منظم بودن در ارتفاع	۲۸۲
۲.۴.۱۲	ساختمان‌های نامنظم	۲۸۵

۲۸۷ فصل سیزدهم: ملاحظات معماری و جزئیات اجرایی دیوار

۱.۱۳	مقدمه	۲۸۹
۲.۱۳	اندرکنش بین دیوار و قاب	۲۹۱
۳.۱۳	تفاوت بین دیوارپرکننده و دیوار در سازه‌ی بنایی کلاف‌دار	۲۹۴
۴.۱۳	طبقه‌ی نرم (انقطاع دیوارها در ارتفاع)	۲۹۶
۵.۱۳	پیچش	۳۰۱
۶.۱۳	ستون کوتاه	۳۰۳
۷.۱۳	رفتار خارج از صفحه‌ی دیوار	۳۰۸
۸.۱۳	حل مشکلات مربوط به دیوارپرکننده	۳۱۲
۹.۱۳	نما	۳۱۸
۱۰.۱۳	پانل‌های نما	۳۲۱
۱۱.۱۳	دیافراگم‌ها	۳۲۲

۳۲۵ فصل چهاردهم: اجزای غیرسازه‌ای

۱.۱۴	مقدمه	۳۲۷
۲.۱۴	نما	۳۲۷

۳۲۸	مصالح بنایی	۱.۲.۱۴
۳۳۱	پانل‌ها	۲.۲.۱۴
۳۳۴	سایر مصالح	۳.۲.۱۴
۳۳۵	پنجره‌ها و دیوارهای نما	۲.۱۴
۳۳۷	جان‌پناه و ملحقات	۴.۱۴
۳۳۹	دیوارهای تیغه‌ای	۵.۱۴
۳۳۹	سقف کاذب	۶.۱۴
۳۴۱	تجهیزات مکانیکی و الکتریکی	۷.۱۴
۳۴۲	وسایل داخل ساختمان	۸.۱۴
۳۴۳	راه‌پله‌ها	۹.۱۴

بخش پنجم: بهسازی لرزه‌ای ۳۴۷

فصل پانزدهم: بهسازی لرزه‌ای دیوار پرکننده و قاب آن ۳۴۹

۳۵۱	مقدمه	۱.۱۵
۳۵۲	مقاوم‌سازی دیوارهای پرکننده‌ی موجود	۲.۱۵

فصل شانزدهم: بهسازی لرزه‌ای سازه‌های دارای دیوار پرکننده ۳۶۱

۳۶۳	مقدمه	۱.۱۶
۳۶۳	روش‌های بهسازی لرزه‌ای	۲.۱۶
۳۶۳	بهسازی کلی یا عمومی	۱.۲.۱۶
۳۶۴	استفاده از بادبندهای فولادی	۱.۱.۲.۱۶
۳۶۶	اضافه کردن دیوار برشی بتنی	۲.۱.۲.۱۶
۳۶۶	اضافه کردن دیوار برشی فولادی	۳.۱.۲.۱۶
۳۶۷	استفاده از جداگرهای لرزه‌ای	۴.۱.۲.۱۶
۳۶۹	استفاده از میراگرها	۵.۱.۲.۱۶

۲.۲.۱۶	بهسازی موضعی	۳۶۹
۱.۲.۲.۱۶	استفاده از ژاکت بتنی	۳۷۲
۲.۲.۲.۱۶	استفاده از ژاکت فولادی	۳۷۲
۳.۲.۲.۱۶	استفاده از الیاف مسطح پلاستیکی یا غلاف FRP	۳۷۵
۳.۱۶	میراگر اصطکاکی	۳۷۷
۴.۱۶	میراگر اصطکاکی مورد استفاده در این مطالعه	۳۷۸
۵.۱۶	اجزای میراگر	۳۷۸
۶.۱۶	راه‌های جلوگیری از تشکیل ستون کوتاه	۳۷۹

بخش ششم: فناوری‌های نوین ۳۸۳

فصل هفدهم: فناوری‌های نوین ۳۸۵

۱.۱۷	مقدمه	۳۸۷
۲.۱۷	جداسازی لرزه‌ای	۳۸۷
۳.۱۷	میراگر	۳۹۶

فصل هجدهم: معرفی میراگر و کاربرد آن در بهسازی لرزه‌ای ۴۰۱

۱.۱۸	مقدمه	۴۰۳
۲.۱۸	انواع میراگر	۴۰۴
۱.۲.۱۸	میراگر اصطکاکی	۴۰۴
۱.۱.۲.۱۸	میراگر اصطکاکی پال	۴۰۴
۲.۱.۲.۱۸	نیروی لغزش بادی اصطکاکی	۴۰۵
۳.۱.۲.۱۸	میراگر اصطکاکی چرخشی	۴۰۷
۲.۲.۱۸	میراگر سیال لزج	۴۰۷
۳.۲.۱۸	میراگرهای فلزی	۴۱۰
۳.۱۸	مقایسه حلقه‌های چرخه‌ای انواع میراگر	۴۱۱
۴.۱۸	مقایسه میراگر اصطکاکی با میراگر سیال لزج	۴۱۲

۵.۱۸	معيار طراحی ۴۱۲
۶.۱۸	تحليل ديناميکی غير خطی ۴۱۳
۷.۱۸	موارد کاربردی ۴۱۳
۱.۷.۱۸	بهسازی کارخانه هواپیمای بوئینگ (آمریکا) ۴۱۳
۲.۷.۱۸	Moscone West Convention (سانفرانسیسکو، آمریکا) ۴۱۴
۳.۷.۱۸	بهسازی مرکز توسعه شرکت بوئینگ و برخی از ساختمان‌های وابسته ۴۱۵
۴.۷.۱۸	ساختمان‌های مرکز مراقبت بیمارستان Sharp Memorial (کالیفرنیا) ۴۱۵
۵.۷.۱۸	بهسازی مخزن ۳ میلیون گالنی (کالیفرنیا) ۴۱۶
۶.۷.۱۸	ساختمان کتابخانه دانشگاه Concordia (کانادا) ۴۱۷
۷.۷.۱۸	بهسازی لوزه‌ای ساختمان مرکزی دادگستری (کانادا) ۴۱۸
۸.۷.۱۸	ساختمان مرکزی آژانس فضایی (کانادا) ۴۱۹
۹.۷.۱۸	بهسازی لوزه‌ای ساختمان C. de Montreal (کانادا) ۴۱۹
۱۰.۷.۱۸	بهسازی ساختمان مرکزی پلیس ایالتی کبک ۴۱۹
۱۱.۷.۱۸	بهسازی ساختمان One McGill Street ۴۲۰
۱۲.۷.۱۸	هتل Atami Korakuen (استان شیزوکا) ۴۲۲
۱۳.۷.۱۸	ساختمان اداره دولتی شن یانگ (چین) ۴۲۲
۱۴.۷.۱۸	مرکز پزشکی سانبرناردینو ۴۲۲
۱۵.۷.۱۸	هتل بیجینگ (چین) ۴۲۴
۱۶.۷.۱۸	برج مرکز تجارت جهانی تبریز ۴۲۴

فصل نوزدهم: معرفی نوعی دیوار جدید به صورت کامپوزیت مسلح ۴۲۷

۱.۱۹	مقدمه ۴۲۹
۲.۱۹	پانل کامپوزیت مسلح ۴۳۰
۳.۱۹	اجرای پانل ۴۳۲

منابع اصلی ۴۳۷