



Dastnameh.ir

پایگاه علمی سازه های دریایی فراساال و مهندسی زلزله

گزیده کتاب

مبانی مهندسی زلزله

(دستنامه ۳)

این فایل توسط مؤلف و با اجازه ی کتبی ناشر، منتشر شده است؛
و هدف از آن صرفاً آشنایی دقیق تر با محتویات این کتاب است.
استفاده از تمام یا قسمتی از آن منوط به اجازه ی کتبی جداگانه
از ناشر می باشد.



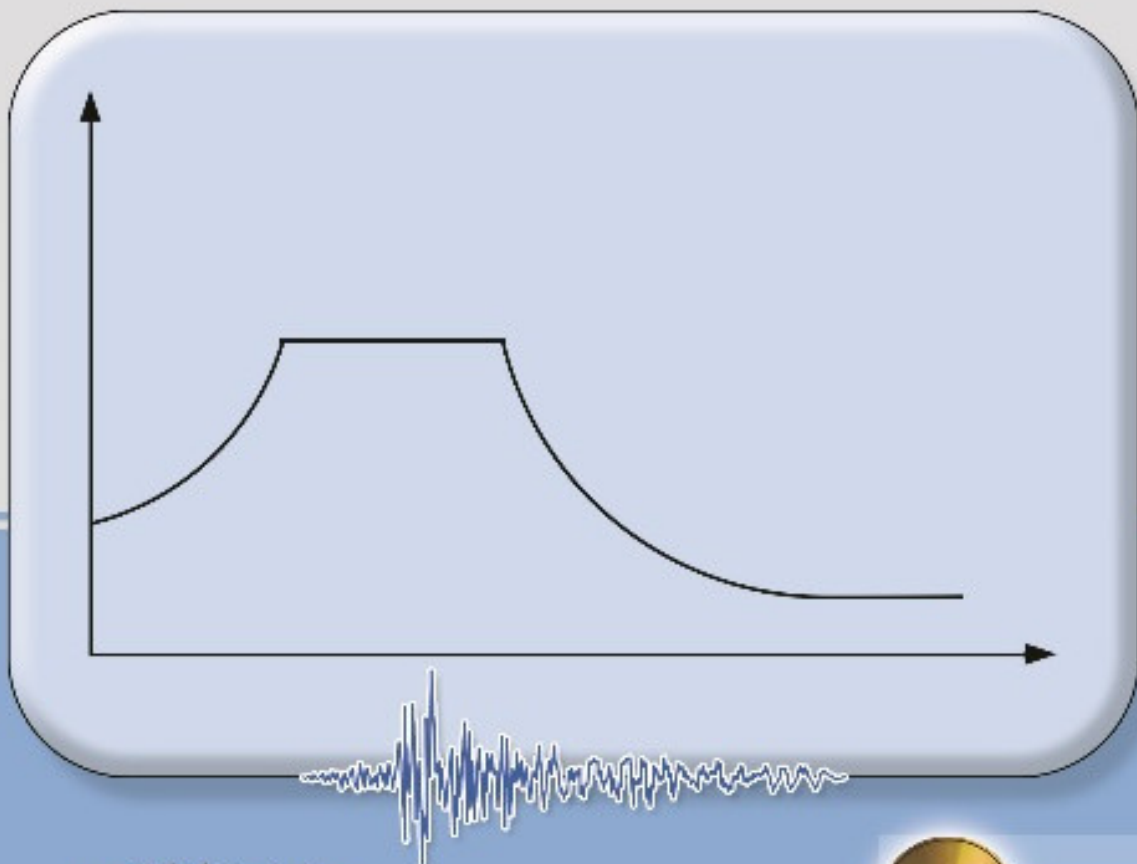
۳ ۴۰۱۸۳۵
۴۱۶۱۶۱۶۱۶۱۶۱۶

منطبق بر سرفصل

بر اساس ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰۰

مبانی مهندسی زلزله

(ویرایش پنجم)

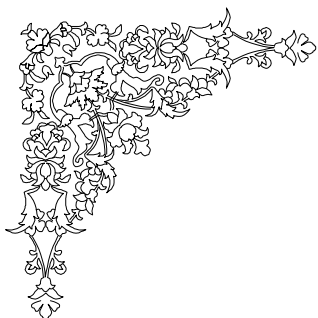


محمد رضا تابش پور

(عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی شریف)



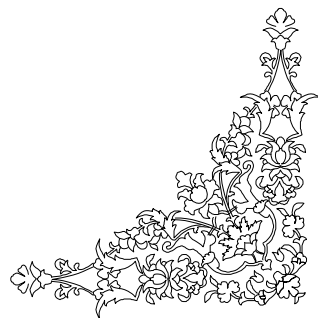
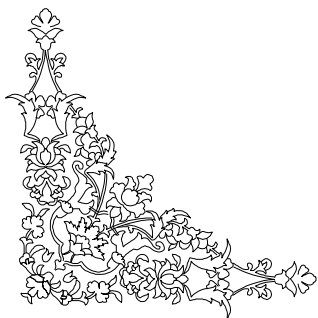
به همراه CD



تقدیم به:

جان باحسنان

زلزله های ایران



ویژگی های کتاب

۱. شامل ۷۰ فایل ویدئویی آموزشی
۲. بیش از ۱۰۰۰ تصویر
۳. بیش از ۴۰۰ مسأله حل شده
۴. توجه به نرم افزارهای Seismosoft و Bispec Nonlin
۵. پوشش ۱۰۰٪ سرفصل کارشناسی درس «مبانی مهندسی زلزله»
۶. پوشش ۶۰٪ سرفصل کارشناسی ارشد درس «مهندسی زلزله»
۷. ده ها فایل برنامه کامپیوتری MATLAB
۸. توجه به نیازهای لازم برای درک آیین نامه های لرزه ای
۹. توجه به نیازهای بومی در این حوزه
۱۰. رعایت استانداردهای نگارشی
۱۱. دارای برنامه هفتگی تدریس
۱۲. شامل تمامی فایل های مورد نیاز برای ارائه کلاسی

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. هر چند 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 مدوّن‌ی از کتاب‌های درسی در حوزه‌هایی نظیر مهندسی دریا و زلزله، برکسی پوشیده نیست.

آموزش مبتنی بر سرفصل‌های مناسب در دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی، ارتقاء دانش و تجربه‌ی مهندسین، 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



دانشنامه زلزله

❖ دانشنامه

(از ترکیب چند دستنامه متوالی، تولید می‌شود).



درسنامه

❖ درسنامه

(دروس پایه‌ای مقطع کارشناسی)

این کتاب‌ها در انتشاراتی‌های زیر چاپ می‌شود:



▪ بنای دانش



▪ فدک ایساتیس



▪ 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 درسنامه 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 این رشته، تقریباً تمامی دروس مرتبط با گرایش کارشناسی ارشد سازه و مکانیک جامدات را در دانشکده های 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 پردازش 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 می‌زدم. 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 دکترای 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 می‌نوشتم 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 داده‌شد، 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 بانگیزه 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 هرسال 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

تدوین کتاب آموزشی مبتنی بر سرفصل درس «مبانی مهندسی زلزله» نیازی اساسی در جامعه‌ی مهندسی عمران کشور است. 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 سومین کتاب از دوره‌ی «دستنامه‌ی مهندسی زلزله» را به جامعه مهندسی عمران کشور تقدیم کنم.

از سال ۱۳۷۷ که تدریس مهندسی زلزله را شروع کردم، دیدم که متأسفانه در برخی از دوره‌های درسی بدون توجه به سرفصل‌های رایج در جهان و آنچه در کشور ما تصویب شده است، محوریت اصلی کلاس (شاید بیش از ۸۰٪ سرفصل) تدریس دینامیک سازه است. البته خوشبختانه این مشکل رو به حل است و هر سال اوضاع آموزشی مهندسی زلزله از نظر توجه به سرفصل و تولید منابع علمی بهتر می‌شود.

اما هنوز یک مشکل اساسی وجود دارد و آن عدم پوشش کافی و مناسب مباحث آیین‌نامه‌ای (استاندارد ۲۸۰۰) است به نحوی که فارغ‌التحصیلان از ابزار کافی برای کارهای حرفه‌ای بهره‌مند باشند. قطعاً علاوه بر درس «مبانی مهندسی زلزله» باید یک درس مثلاً دو واحدی در این خصوص ایجاد شود.

مهم‌ترین وظیفه کلاس مهندسی زلزله، ایجاد درک مناسب از کلیات و جزئیات رفتار سازه‌ها در زلزله است. این امر مستلزم بازخوانی دقیق درس مقاومت مصالح و درک مفاهیم ارتعاشات می‌باشد. در تدوین این کتاب به سرفصل درس مهندسی زلزله توجه خاصی شده است، به‌نحوی که بتواند پاسخ‌گوی نیاز دانشجویان باشد به حد لزوم و نه کفایت.

بازخوردهای فراوانی از خوانندگان محترم دریافت شد که منجر به تغییرات کتاب حاضر گردید. مطالبی که مربوط به بخشی از مهندسی زلزله پیشرفته برای دانشجویان ارشد و دکترا بود به دستنامه ۴ (مهندسی زلزله پیشرفته) انتقال یافت. از جمله این مباحث، ضریب رفتار است. البته خوب است که مدرس در حد نیم‌ساعت کلیاتی ساده در این خصوص را در جلسه مناسبی آموزش دهد. همچنین برخی از مطالبی که در خصوص آموزش مفهومی ریاضی در کلاس‌ها بیان می‌شد، به درخواست دانشجویان در یک فصل مستقل در دستنامه ۴ اضافه شد. یک نکته مهم این است که مطالب مربوط به آیین‌نامه‌ها در قالب دستنامه ۵ با عنوان «تفسیر استاندارد ۲۸۰۰، جلد اول (مبانی و مفاهیم)» و به‌صورت مجزا چاپ شده است. دلیل تفکیک این مباحث، این است که دانشجویانی که سایر کتب مهندسی زلزله را دارند، فقط دستنامه ۵ را تهیه کنند و ضمناً ارتباط محتوایی کتب محفوظ بماند.

هم‌چنین ترکیب دستنامه ۳ (کتاب حاضر) و دستنامه ۴ (مهندسی زلزله پیشرفته) در قالب «دانشنامه شماره ۲: مهندسی زلزله» با جلد نفیس چاپ می‌شود تا افرادی که تمایل به داشتن هر دو دستنامه مذکور دارند، آن‌ها را در قالب یک کتاب دانشنامه تهیه کنند.

اکنون ماهیت کتاب طوری است که سرفصل درس مبانی مهندسی زلزله، دوره کارشناسی را پوشش می‌دهد، ولی در خصوص فصول ۹ اشاره مختصر به مفاهیم آن کفایت.

دلیل انتقال برخی مطالب به دستنامه ۴ (مهندسی زلزله پیشرفته) برآوردن نظرات عده‌ای از خوانندگان عزیز در مقطع کارشناسی بود. مثلاً مباحث ضریب رفتار که معمولاً در مقطع کارشناسی ارشد بحث می‌شود بهتر است به کتاب مهندسی زلزله پیشرفته انتقال یابد. همواره برخی از دوستان ابراز

تمایل می‌کردند که در حد ممکن مطالب مرتبط در یک کتاب بزرگتر (دانشنامه) جمع شود. از ترکیب کتاب حاضر با مطالب کتاب دستنامه ۴، کتاب مفصل‌تر با عنوان «دانشنامه مهندسی زلزله» (دانشنامه ۲) چاپ شده است.

بعد از چاپ کتاب مبانی مهندسی زلزله، دوستان زیادی، بنده را مورد لطف قرار دادند و با مکاتبات متعدد خود وظیفه بنده را در تدوین کتابی بهتر، مضاعف نمودند. از تمامی این عزیزان صمیمانه تشکر می‌کنم. قطعاً نظرات و پیشنهادات ارزشمند خوانندگان گرامی با دقت بررسی و لحاظ 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. حروف‌چینی قسمت‌هایی از متن کتاب را خانم‌ها هانیه عمرانی، مونا سروری و سبا سروری و آقای مرتضی بهادر انجام داده‌اند، که از تلاش ایشان تشکر می‌شود. صفحه‌آرایی این کتاب با حوصله و تلاش سرکار خانم مریم یوزباشی به نحو شایسته‌ای انجام شده است؛ از ایشان صمیمانه تشکر می‌شود. همچنین از همکاری صادقانه آقای حسن فرهنگ‌فر در نمونه‌خوانی کامل ویرایش چهارم تقدیر می‌شود. آقای فرید قهاری، زحمت ویرایش قسمت‌هایی از کتاب را تقبل کردند. از تلاش صادقانه و ارزشمند ایشان تقدیر می‌شود. آقای محمد کرمی شاهنده در انتشاراتی فدک ایستایس کمک بی‌شائبه‌ای در فرآیند تولید این کتاب داشته‌اند. از لطف ایشان صمیمانه تشکر می‌شود. از حوصله و زحمات آقای مجیدرضا زروئی مدیرعامل این انتشاراتی تقدیر می‌شود.

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

محمد رضا تابش‌پور

تهران، زمستان ۱۳۹۳

tabeshpour@sharif.edu

سرفصل درس «مبانی مهندسی زلزله»

۱. زلزله‌شناسی: علل وقوع زلزله، پدیده‌های همراه زلزله، مقیاس سنجش زلزله، لرزه‌خیزی ایران (فصل اول).
۲. روش کاهش پیامدهای زلزله: مکانیزم تخریب زلزله، تدابیر ضروری برای مقابله با زلزله، آسیب‌های احتمالی زلزله در شهرهای بزرگ، نقش بیمه در کاهش خسارتهای زمین‌لرزه، لزوم مطالعات لرزه‌شناسی در پروژه‌های عمرانی (فصل دوم).
۳. تعیین زلزله طرح: عوامل مؤثر بر روی حرکات زلزله، تأثیر فاصله و خصوصیات خاک منطقه و بزرگی زلزله، مطالعات زلزله از نظر احتمالات و ریسک زلزله، روش‌های قطعی و احتمالی تعیین زلزله طرح (فصل سوم).
۴. روش معادل استاتیکی (آیین‌نامه‌ای) جهت تحلیل سازه‌ها در برابر زلزله، بررسی مبانی روش، فلسفه روش و عوامل مؤثر، ساختار آیین‌نامه‌های زلزله، بررسی کامل آیین‌نامه زلزله ایران و مقایسه آیین‌نامه‌های مختلف زلزله (فصل‌های هشتم و نهم).
۵. روش دینامیکی تحلیل سازه‌ها در برابر زلزله (یک و چند درجه آزادی) مبانی تحلیل دینامیکی سازه‌ها، مدل‌سازی و درجات آزادی ارتعاش آزادسازه‌ها، پدیده تشدید و تأثیر میرایی، انتگرال دوهمال مودهای ارتعاش آزاد، اصول و روش آنالیز مودال در بارگذاری زلزله (فصل پنجم، ششم و نهم).
۶. روش شبه‌دینامیکی (طیفی) تحلیل سازه‌ها در برابر زلزله تغییرمکان و شتاب و شبه‌سرعت طیفی، طیف‌های پاسخ و طرح، تعداد مودهای مؤثر در تحلیل، اشاره‌ای به طیف‌های غیرخطی (فصل‌های هفتم و نهم).
۷. انواع سیستم‌های مقاوم سازه‌ای برای بار افقی زلزله و رفتار آن‌ها: قاب‌های خمشی، قاب‌های بادبندی‌شده، دیوار برشی، سیستم‌های مرکب (فصل چهارم).

برنامه هفتگی پیشنهادی (تحلیل حدود ۲۰٪ مسایل کتاب کافی است).

شماره جلسه	فعالیت کلاسی	تمرین خانگی
۱	فصل اول (صفحات ۱ تا ۲۷)	دیدن فیلم‌های آموزشی صفحات ۱ تا ۲۷
۲	فصل اول (صفحات ۲۷ تا ۴۹)	دیدن فیلم‌های آموزشی صفحات ۲۷ تا ۴۹
۳	فصل اول (صفحات ۵۰ تا ۶۱)	دیدن فیلم‌های آموزشی صفحات ۵۰ تا ۶۱
۴	فصل دوم (صفحات ۶۵ تا ۹۰)	دیدن فیلم‌های آموزشی صفحات ۶۵ تا ۹۰ مرور متن کتاب
۵	فصل دوم (صفحات ۹۰ تا ۱۱۱)	دیدن فیلم‌های آموزشی صفحات ۱۰۴ تا ۱۱۱ مرور متن کتاب
۶	فصل دوم (صفحات ۱۱۱ تا ۱۳۴)	دیدن فیلم‌های آموزشی صفحات ۱۱۱ تا ۱۳۴ مرور متن کتاب مسائل صفحات ۱۳۵ تا ۱۴۰ تمارین صفحه ۱۴۱
۷	فصل سوم (صفحات ۱۴۵ تا ۱۶۱)	مرور متن کتاب
۸	فصل سوم (صفحات ۱۶۱ تا ۱۶۵) بحث در برخی مطالب آموزشی موجود در مسائل صفحات ۱۶۶ تا ۱۷۰	مرور متن کتاب مسائل صفحات ۱۶۶ تا ۱۷۰
۹	فصل سوم (صفحات ۱۷۰ تا ۱۷۶)	تمارین صفحات ۱۷۶ و ۱۷۷
۱۰	فصل چهارم (صفحات ۱۸۱ تا ۲۰۳)	مرور متن کتاب تمارین صفحات ۲۰۴ و ۲۰۵
۱۱	فصل پنجم (صفحات ۲۰۹ تا ۲۱۹)	مرور متن کتاب تمارینی شبیه مثال‌ها
۱۲	فصل پنجم (صفحات ۲۲۰ تا ۲۲۸)	مرور متن کتاب گزیده‌ای از تمارین صفحات ۲۴۲ تا ۲۴۵
۱۳	فصل یازدهم (خلاصه صفحات ۵۸۱ تا ۶۰۸)	مرور متن کتاب
۱۴	فصل ششم (صفحات ۲۴۹ تا ۲۶۶)	مرور متن کتاب، تمارینی مشابه مثال‌ها
۱۵	فصل ششم (صفحات ۲۶۶ تا ۲۸۸)	مرور متن کتاب، تمارینی مشابه مثال‌ها
۱۶	فصل ششم (صفحات ۲۸۸ تا ۳۰۱)	مرور متن کتاب، تمارینی مشابه مثال‌ها
۱۷	فصل ششم (صفحات ۳۰۱ تا ۳۱۳)	مرور متن کتاب گزیده‌ای از تمارین صفحات ۳۳۲ تا ۳۴۱

مرور متن کتاب	فصل هفتم (صفحات ۳۴۵ تا ۳۵۸)	۱۸
مرور متن کتاب	فصل هفتم (صفحات ۳۵۸ تا ۳۶۶)	۱۹
مرور متن کتاب مسائلی مشابه مثال‌های کتاب	فصل هفتم (صفحات ۳۷۴ تا ۳۷۶) گزیده‌ای از مسائل صفحات ۳۸۰ تا ۳۸۵	۲۰
مرور متن کتاب تمارین صفحه ۴۱۶	فصل هفتم (صفحات ۴۱۱ تا ۴۱۶)	۲۱
مرور متن کتاب	فصل هشتم (صفحات ۴۱۹ تا ۴۲۷)	۲۲
مرور متن کتاب، تمارین صفحه ۴۳۶	فصل هشتم (صفحات ۴۲۷ تا ۴۳۵)	۲۳
مرور متن کتاب	فصل نهم (صفحات ۴۳۹ تا ۴۵۲)	۲۴
مرور متن کتاب مسائلی مشابه مثال‌های کتاب	فصل نهم (صفحات ۴۵۳ تا ۴۶۱)	۲۵
مرور متن کتاب مسائلی مشابه مثال‌های کتاب	فصل نهم (خلاصه صفحات ۴۶۲ تا ۴۸۶)	۲۶
مرور متن کتاب گزیده‌ای از تمارین صفحات ۵۴۱ تا ۵۴۳	فصل نهم (صفحات ۴۸۶ تا ۴۹۱) گزیده‌ای از مسائل صفحات ۴۹۲ تا ۵۴۰	۲۷
مرور متن کتاب	فصل دهم	۲۸
مرور متن کتاب	مرور فصل اول دستنامه ۵	۲۹
مرور متن کتاب	مرور فصول دوم و سوم دستنامه ۵	۳۰
مرور متن کتاب	مرور فصل چهارم دستنامه ۵	۳۱
مرور متن کتاب	مرور فصل پنجم دستنامه ۵	۳۲

دستنامه ۵: تفسیر استاندارد ۲۸۰۰، جلد اول (مبانی و مفاهیم)

این جدول تا حدودی (مثلاً ۲۰٪) بر اساس سلیقه مدرس و شرایط می‌تواند تغییر یابد.

برای سهولت تدریس، فایل‌های ارائه کتاب در لوح فشرده ضمیمه، آورده شده است. هم‌زمان با این فایل‌ها بخش‌هایی از کتاب که در فایل‌های ارائه نیست، پای تابلو به تناسب، نوشته و تحلیل شود که کاملاً به سلیقه مدرس مربوط است.

مهم:

با توجه به محدودیت مربوط به پوشش مباحث بیشتر در درس مبانی مهندسی زلزله و نیازهای جامعه مهندسی به مباحث آیین‌نامه‌ای بارگذاری لرزه‌ای و عدم وجود تجربیات مکفی در بیرون دانشگاه در حوزه آموزش این مباحث، به نظر می‌رسد ایجاد یک درس دو واحدی دانشگاهی با یکی از عناوین زیر ضروری است:

- «مباحث آیین‌نامه‌ای مهندسی زلزله»
- «بارگذاری لرزه‌ای»
- «تفسیر استاندارد ۲۸۰۰»

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه‌ای بر زلزله‌شناسی مهندسی ۱

- ۱.۱ مقدمه ۳
- ۲.۱ ساختار زمین ۳
 - ۳.۱ زمین‌ساخت صفحه‌ای ۶
 - ۴.۱ انواع مرزها ۱۴
 - ۵.۱ شکست سنگ و گسلش ۱۸
 - ۶.۱ امواج ۲۷
 - ۱.۶.۱ امواج درونی (حجمی) ۲۸
 - ۱.۱.۶.۱ موج P ۲۹
 - ۲.۱.۶.۱ موج S ۲۹
 - ۲.۶.۱ امواج سطحی ۲۹
 - ۱.۲.۶.۱ موج رایلی ۳۰
 - ۲.۲.۶.۱ موج لاو ۳۲
 - ۷.۱ انتشار امواج ۳۴
 - ۸.۱ دستگاه‌های ثبت زلزله ۴۰
 - ۹.۱ انتشار امواج و رکورد زلزله ۴۲
 - ۱۰.۱ تعیین محل زلزله ۴۴
 - ۱۱.۱ پایگاه داده‌های رکورد زلزله ۴۷
 - ۱۲.۱ مقیاس سنجش زلزله (بزرگا) ۵۰
 - ۱.۱۲.۱ بزرگای محلی ریشتر ۵۱
 - ۲.۱۲.۱ بزرگای موج سطحی ۵۲
 - ۳.۱۲.۱ بزرگای موج حجمی ۵۳

- ۴.۱۲.۱ دیگر مقیاس‌های بزرگای دستگاهی ۵۳
- ۵.۱۲.۱ بزرگای گشتاوری ۵۴
- ۱۳.۱ انرژی زلزله ۵۴
- ۱۴.۱ آموزش‌های لازم برای دانش‌آموزان ۶۰

فصل دوم: خرابی‌های ناشی از زلزله و کاهش پیامدها ۶۳

- ۱.۲ مقدمه ۶۵
- ۲.۲ نحوه‌ی اثر نیروی زلزله بر سازه ۶۵
- ۳.۲ تقسیم‌بندی صدمات زلزله ۶۷
- ۱.۳.۲ خرابی‌های فیزیکی مستقیم ۶۷
- ۲.۳.۲ صدمات اجتماعی ۶۷
- ۳.۳.۲ زیان‌های اقتصادی ۶۸
- ۴.۲ عوامل مؤثر بر خسارات ناشی از زلزله ۶۸
- ۵.۲ نوع سازه ۶۸
- ۶.۲ سازه بتنی ۶۹
- ۷.۲ سازه فولادی ۷۴
- ۸.۲ سازه‌های بنایی ۷۹
- ۱.۸.۲ مودهای شکست سقف ۷۹
- ۲.۸.۲ وزن زیاد سقف ۸۷
- ۳.۸.۲ مود شکست گوشه ۸۸
- ۴.۸.۲ شکست درون‌صفحه‌ی دیوار ۹۱
- ۱.۴.۸.۲ شکست برشی ۹۱
- ۲.۴.۸.۲ شکست برشی-لغزشی ۹۲
- ۳.۴.۸.۲ شکست خمشی ۹۲
- ۵.۸.۲ شکست برون‌صفحه‌ی دیوار ۹۴

- ۶.۸.۲ شکست جرز ۹۸
- ۷.۸.۲ شکست برشی جرزها ۹۹
- ۸.۸.۲ شکست‌های مرتبط با بازشو ۱۰۰
- ۹.۸.۲ مودهای شکست کلاف ۱۰۵
- ۹.۲ مودهای شکست ساختمان‌های نیمه‌اسکلتی ۱۱۱
- ۱۰.۲ قاب و دیوار پرکننده‌ی آجری ۱۱۶
- ۱.۱۰.۲ شکست طبقه‌ی نرم (یا ضعیف) ۱۱۶
- ۲.۱۰.۲ شکست پیچشی ۱۱۸
- ۳.۱۰.۲ شکست ستون کوتاه ۱۲۰
- ۱۱.۲ اجزای غیرسازه‌ای ۱۲۲
- ۱۲.۲ شریانهای حیاتی ۱۲۲
- ۱۳.۲ اثرات ساختگاهی و پی ۱۲۶
- ۱۴.۲ خطرات جانبی ۱۲۶
- ۱.۱۴.۲ گسیختگی زمین ۱۲۶
- ۲.۱۴.۲ گسیختگی گسل ۱۳۱
- ۳.۱۴.۲ سیل ۱۳۲
- ۴.۱۴.۲ آتش‌سوزی ۱۳۲
- ۱۵.۲ تدابیر ضروری برای مقابله با زلزله ۱۳۳
- ۱۶.۲ بیمه ۱۳۳
- ۱۷.۲ لزوم مطالعات لرزه‌شناسی در پروژه‌های عمرانی ۱۳۴
- مسائل و پرسش‌های تکمیلی ۱۳۵
- تمرین‌ها ۱۴۱

فصل سوم: مقدمه‌ای بر تحلیل خطر زلزله ۱۴۳

- ۱.۳ مقدمه ۱۴۵
- ۲.۳ خطر لرزه‌ای ۱۴۵
- ۳.۳ وابستگی حرکت زمین به مکانیزم گسلش ۱۴۶

۴.۳	اثرات مسیر عبور موج ۱۴۷
۵.۳	بحث کیفی روی تاریخچه‌ی زمین ۱۴۹
۶.۳	شاخص‌های مهندسی مربوط به شدت زلزله ۱۴۹
۷.۳	تخمین شدت زلزله ۱۵۱
۸.۳	تخمین بر اساس طول گسل ۱۵۲
۹.۳	تخمین آماری شدت زلزله ۱۵۳
۱.۹.۳	رابطه‌ی بور، جوینر و فیومال (Boore, Joyner and Fumal) ۱۵۵
۲.۹.۳	رابطه‌ی کمپل و بزرگ نیا ۱۵۵
۱۰.۳	بیشینه‌ی سرعت و جابه‌جایی زمین ۱۵۶
۱۱.۳	تحلیل خطر به روش قطعی (تعیینی، متعین) ۱۵۸
۱۲.۳	تحلیل خطر به روش احتمالی ۱۵۹
۱۳.۳	داده‌های USGS ۱۶۱
۱۴.۳	زلزله حوزہ‌ی نزدیک ۱۶۲
۱۵.۳	اثر زلزله گسل- نزدیک بر سازه‌ها ۱۶۳
	مسائل و پرسش‌های تکمیلی ۱۶۶
	تمرین‌ها ۱۷۶

فصل چهارم: انواع سیستم‌های باربر جانبی ۱۷۹

۱.۴	مقدمه ۱۸۱
۲.۴	سیستم باربر جانبی (Lateral Force Resisting System) ۱۸۱
۱.۲.۴	سیستم دیوارهای باربر (Bearing Wall System) ۱۸۲
۲.۲.۴	سیستم قاب ساختمانی ساده (Building Frame System) ۱۸۲
۱.۲.۲.۴	سیستم ساده‌ی دارای دیوار برشی ۱۸۲
۲.۲.۲.۴	سیستم ساده‌ی مهاربندی‌شده (Braced Frame) ۱۸۴
۱.۲.۲.۲.۴	قاب بادی‌بندی‌شده‌ی هم‌محور (CBF) ۱۸۴
۲.۲.۲.۲.۴	قاب مهاربندی‌شده‌ی برون‌محور (EBF) ۱۸۶
۳.۲.۲.۴	سیستم مهاربندی غیرکمانشی ۱۸۸

- ۳.۲.۴ سیستم قاب خمشی (Moment Resisting Frame) ۱۹۰
- ۱.۳.۲.۴ قاب خمشی معمولی (OMRF) ۱۹۵
- ۲.۳.۲.۴ قاب خمشی متوسط (IMRF) ۱۹۵
- ۳.۳.۲.۴ قاب خمشی ویژه (Special Moment Resisting Frame) ۱۹۶
- ۴.۲.۴ سیستم دوگانه یا ترکیبی (Dual System) ۱۹۷
- ۳.۴ چیدمان و ترکیب مختلف انواع سیستم باربر لرزه‌ای ۱۹۸
- ۴.۴ سایر سیستم‌های سازه‌ای ۲۰۰
- تمرین‌ها ۲۰۴

فصل پنجم: سختی و پیوند سازه‌ها ۲۰۷

- ۱.۵ مقدمه ۲۰۹
- ۲.۵ سختی عناصر سازه‌ای ۲۱۰
- مسائل و پرسش‌های تکمیلی ۲۳۲
- تمرین‌ها ۲۴۲

فصل ششم: دینامیک سیستم‌های یک‌درجه آزادی خطی ۲۴۷

- ۱.۶ مقدمه ۲۴۹
- ۲.۶ سازه‌ی یک‌درجه آزادی ۲۴۹
- ۳.۶ معادله‌ی حرکت ۲۵۰
- ۴.۶ ارتعاش آزاد سیستم نامیرا ۲۵۳
- ۵.۶ روش تقریبی تعیین پیوند سازه (ASCE 7-05) ۲۵۴
- ۶.۶ ارتعاش آزاد سیستم میرا ۲۵۷
- ۷.۶ اندازه‌گیری میرایی با تست ارتعاش آزاد ۲۵۹
- ۸.۶ پاسخ سیستم نامیرا تحت بارگذاری هارمونیک ۲۶۰
- ۹.۶ بارگذاری هارمونیک روی سیستم میرا ۲۶۶

- ۱۰.۶ مفهوم انرژی ذخیره شده و انرژی تلف شده ۲۶۹
- ۱۱.۶ بارگذاری دینامیکی عمومی ۲۶۹
- ۱.۱۱.۶ روش قطعه‌ای ۲۷۰
- ۲.۱۱.۶ روش نیومارک ۲۷۱
- ۱۲.۶ تعیین نیروی مؤثر زلزله ۲۷۱
- مسائل و پرسش‌های تکمیلی ۲۷۵
- تمرین‌ها ۳۳۲

فصل هفتم: طیف پاسخ ۳۴۳

- ۱.۷ مقدمه ۳۴۵
- ۲.۷ طیف‌های پاسخ ۳۴۵
- ۱.۲.۷ طیف پاسخ جابه‌جایی الاستیک ۳۴۵
- ۲.۲.۷ طیف پاسخ شبه‌سرعت ۳۵۰
- ۳.۲.۷ طیف شبه‌شتاب ۳۵۳
- ۴.۲.۷ طیف پاسخ شبه‌شتاب بر حسب جابه‌جایی ۳۵۸
- ۵.۲.۷ طیف پاسخ چهارجانبه ۳۵۸
- ۳.۷ طیف پاسخ الاستیک هموار ۳۶۳
- ۱.۳.۷ طیف نیومارک-هال ۳۶۳
- ۲.۳.۷ طیف ASCE 7 ۳۶۶
- ۴.۷ بنیان‌گذار طیف پاسخ ۳۶۷
- ۵.۷ شروع مهندسی زلزله‌ی کاربردی ۳۶۷
- مسائل و پرسش‌های تکمیلی ۳۷۴
- تمرین‌ها ۴۱۰

فصل هشتم: ضریب بازتاب و اثر خاک ۴۱۱

- ۱.۸ مقدمه ۴۱۳

۲.۸	پریود خاک ۴۱۳
۳.۸	فیلتراسیون در خاک ۴۱۷
۴.۸	ضریب بازتاب B ۴۱۸
۱.۴.۸	لزوم وابستگی ضریب بازتاب به شدت زلزله ۴۲۰
۵.۸	طیف بازتاب ۴۲۰
۱.۵.۸	رفتار سازه‌های بسیار سخت و بسیار نرم در زلزله ۴۲۰
۲.۵.۸	موقعیت مختصات شتاب پیشینه‌ی زمین روی منحنی طیف بازتاب ۴۲۱
۳.۵.۸	نقطه‌ی شروع طیف ($T = 0$) ۴۲۱
۴.۵.۸	قسمت ابتدایی منحنی طیف بازتاب ($0 < T \leq T_0$) ۴۲۲
۵.۵.۸	مقدار پیشینه‌ی طیف بازتاب و بازه‌ی مربوطه ۴۲۲
۶.۵.۸	مقدار طیف در پریودهای بیشتر از پریود خاک ۴۲۲
۷.۵.۸	مقدار طیف در پریودهای بالا (مثلاً $T \geq 2 \text{sec}$) ۴۲۳
۸.۵.۸	مباحث آیین‌نامه‌ای (استاندارد ۲۸۰۰) ۴۲۳
	مسائل و پرسش‌های تکمیلی ۴۲۵
	تمرین‌ها ۴۳۰

فصل نهم: ارتعاش سیستم‌های چنددرجه‌آزادی ۴۳۱

۱.۹	مقدمه ۴۳۳
۲.۹	سیستم دوبعدی چنددرجه‌آزادی ۴۳۴
۱.۲.۹	استخراج ماتریس نرمی ۴۳۵
۲.۲.۹	مفهوم ترکیب خطی شکل‌ها (نرمی) ۴۳۶
۳.۲.۹	تراکم استاتیکی ۴۳۸
۳.۹	ماتریس‌های سیستم ۴۳۹
۴.۹	تحلیل ارتعاش آزاد سیستم چنددرجه‌آزادی غیرمیرا ۴۴۱
۵.۹	تحلیل ارتعاش اجباری سیستم چنددرجه‌آزادی میرا ۴۴۴
۶.۹	تعریف ضرایب مشارکت مدی ۴۴۷
۷.۹	ماتریس میرایی مدی ۴۵۰

- ۱.۷.۹ میرایی متناسب رایلی ۴۵۰
۲.۷.۹ میرایی ویلسون ۴۵۳
۸.۹ حل معادله‌ی حرکت سیستم چنددرجه‌آزادی ۴۵۵
۹.۹ روش طیف پاسخ مدی ۴۶۲
۱۰.۹ روش استاتیکی معادل ۴۸۰
مسائل و پرسش‌های تکمیلی ۴۸۶
تمرین‌ها ۵۳۵

فصل دهم: فناوری‌های نوین ۵۳۹

- ۱.۱۰ مقدمه ۵۴۱
۱.۱۰ جداساز لرزه‌ای ۵۴۱
۱.۱۰ مقدمه ۵۵۰

پیوست ۵۵۵

پیوست: نمونه امتحان ۵۵۷

منابع ۵۷۲

واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی ۵۸۰



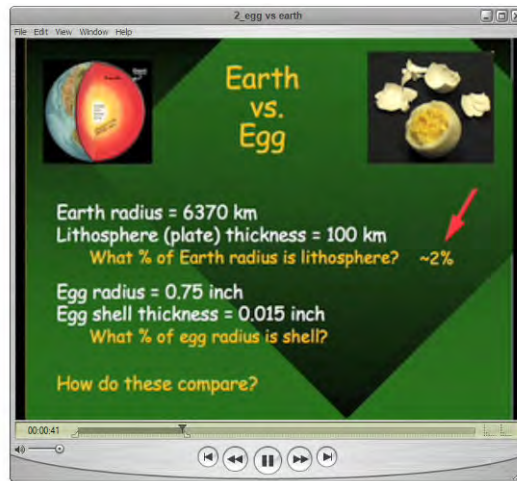
مقدمه‌ای بر زلزله‌شناسی مهندسی



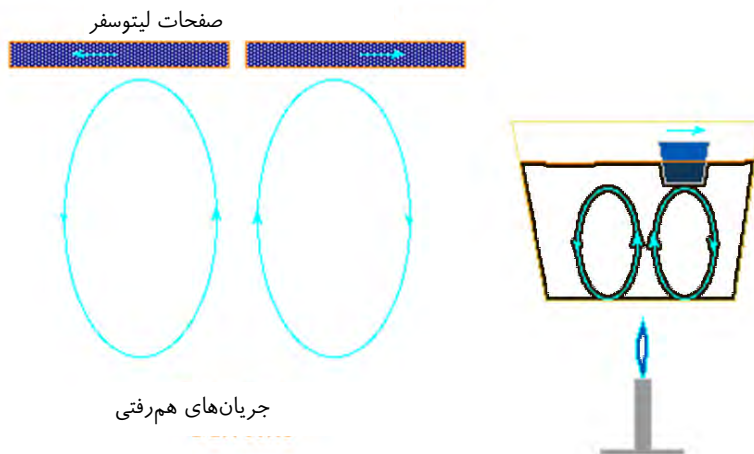
فصل

- ۱.۱ مقدمه ۳
- ۲.۱ ساختار زمین ۳
- ۳.۱ زمین‌ساخت صفحه‌ای ۶
- ۴.۱ انواع مرزها ۱۴
- ۵.۱ شکست سنگ و گسلش ۱۸
- ۶.۱ امواج ۲۷
- ۷.۱ انتشار امواج ۳۴
- ۸.۱ دستگاه‌های ثبت زلزله ۴۰
- ۹.۱ انتشار امواج و رکورد زلزله ۴۲
- ۱۰.۱ تعیین محل زلزله ۴۴
- ۱۱.۱ پایگاه داده‌های رکورد زلزله ۴۷
- ۱۲.۱ مقیاس سنجش زلزله (بزرگا) ۵۰
- ۱۳.۱ انرژی زلزله ۵۴
- ۱۴.۱ آموزش‌های لازم برای دانش‌آموزان ۶۰

نسبت ضخامت پوسته در مقایسه با قطر کره‌ی زمین، شبیه همان برای تخم مرغ است. برای اطلاعات بیشتر به فایل ۲_egg vs earth.mov مراجعه شود (شکل ۴.۱).
 احتمالاً به علت وجود مواد مذاب درون زمین و حرکت انتقالی و وضعی این کره، لایه‌ی بیرونی آن همواره در حال حرکت است. هر چند این حرکت، دارای مقدار اندکی است ولی منجر به ایجاد شکست‌های مختلفی در زمین می‌شود که زلزله نام دارد. شبیه‌سازی ساده‌ای در شکل ۵.۱ نشان داده شده است. این نکته شروع تئوری زمین‌ساخت صفحه‌ای است که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد.



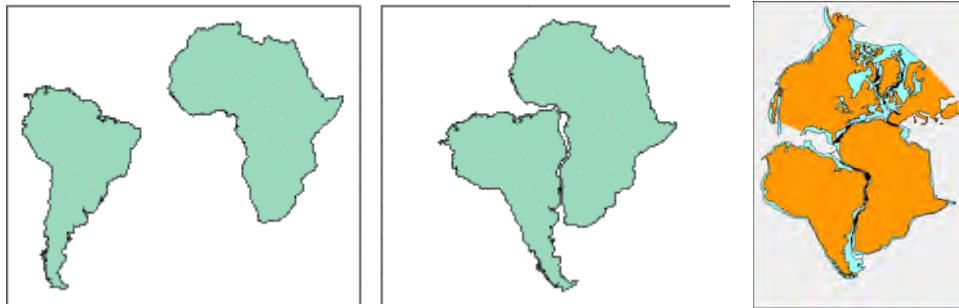
شکل ۴.۱ فایل تصویری ۲_egg vs earth.mov



شکل ۵.۱ حرکت یک جسم جامد روی سیال در حال حرارت (شبیه‌سازی حرکت پوسته‌ی زمین روی مواد مذاب)

۳.۱ زمین ساخت صفحه‌ای

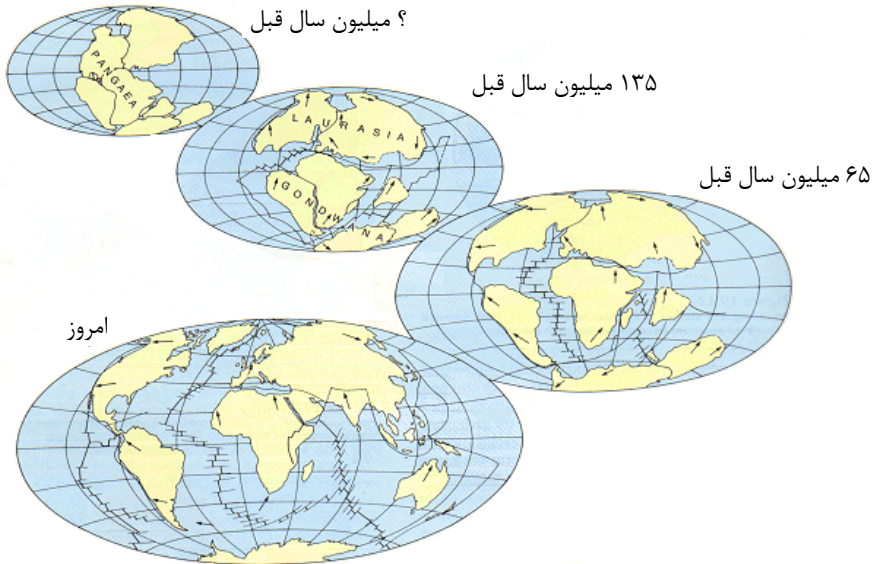
مطابق شکل ۶.۱ در ابتدا قاره‌ی آفریقا به امریکای جنوبی متصل بوده است. با گذشت زمان از محل شکستگی بین این دو قاره، فاصله‌ی بین آن‌ها بیشتر شده است و به وضع امروزی در آمده است. به علت این نوع حرکات، در زمین شکستگی به وجود می‌آید که منجر به زلزله می‌شود. تئوری «زمین ساخت صفحه‌ای» به بررسی این نوع حرکات می‌پردازد. مطابق شکل ۷.۱ در ابتدای شکل گیری کره‌ی زمین، خشکی یکپارچه‌ای به نام پانگه‌آ و دریای تتیس زمین را تشکیل می‌داده است.



زمان حاضر

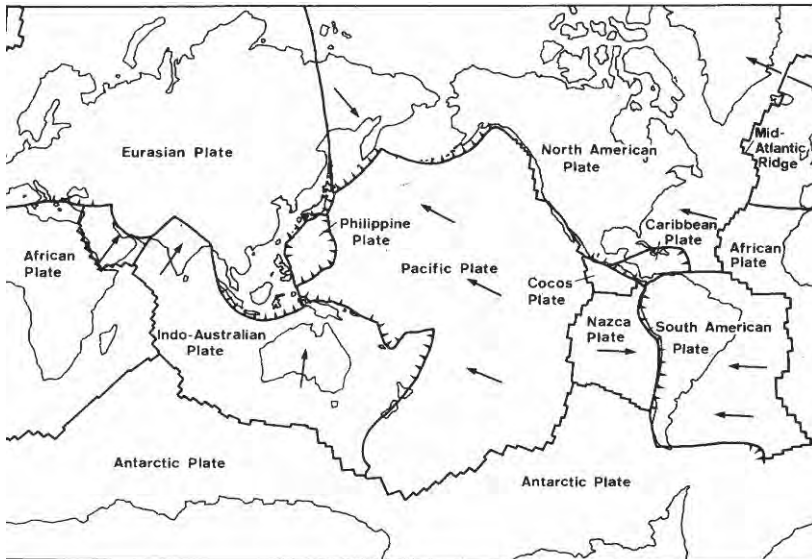
۲۰۰ میلیون سال پیش

شکل ۶.۱ انطباق مرزهای قاره‌های مجزا (آفریقا و آمریکای جنوبی)

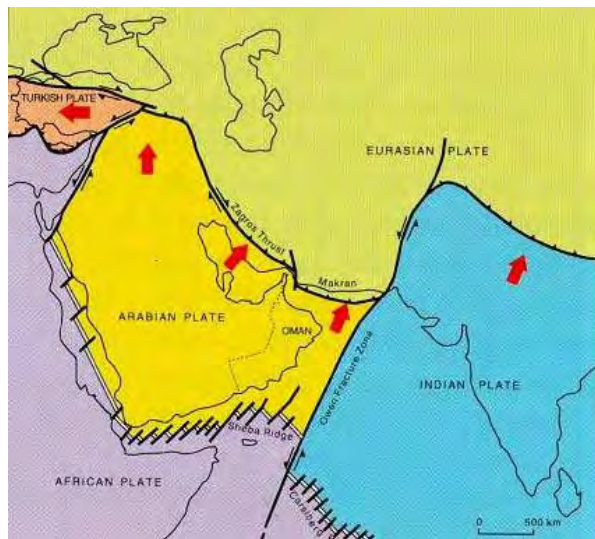


شکل ۷.۱ حرکت صفحات تشکیل دهنده‌ی پوسته‌ی زمین

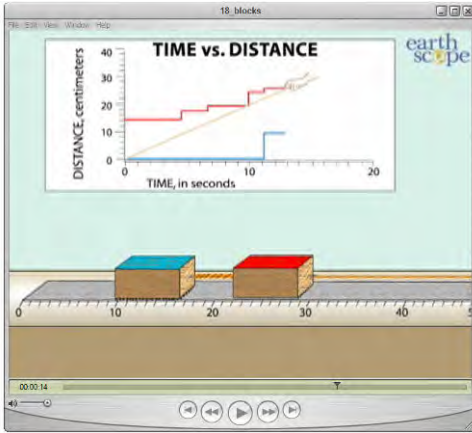
در شکل ۱۵.۱ صفحات عربستان و ایران و جهت اعمال نیرو و حرکت نشان داده شده است. به علت همین نیرو و حرکت، تقریباً همواره در فلات ایران فعالیت‌های زمین‌ساختی وجود دارد. صفحات زمین‌ساختی نسبت به یکدیگر حدود ۲ تا ۱۸ سانتی‌متر در سال حرکت می‌کنند. با



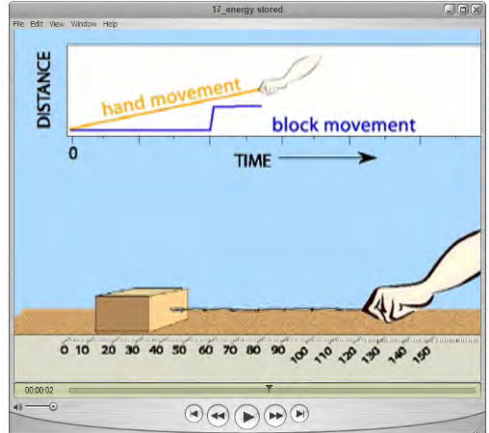
شکل ۱۴.۱ مرز صفحات زمین‌ساختی و جهت حرکت آن‌ها



شکل ۱۵.۱ تلاقی صفحه‌ی عربستان و صفحه‌ی ایران



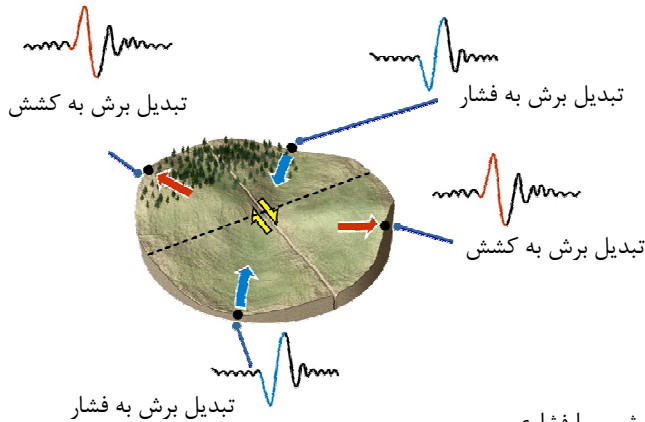
شکل ۴۸.۱ فایل تصویری 18_blocks.mov



شکل ۴۷.۱ فایل تصویری 17_energy stored.mov



شکل ۴۹.۱ فایل تصویری elastic 19_rebound.mov

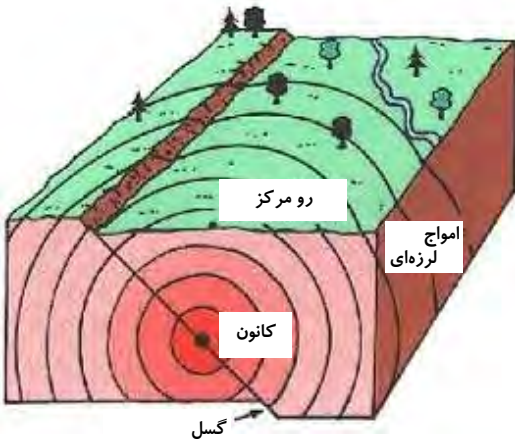


شکل ۵۰.۱ تبدیل نیروی برشی به کششی و یا فشاری

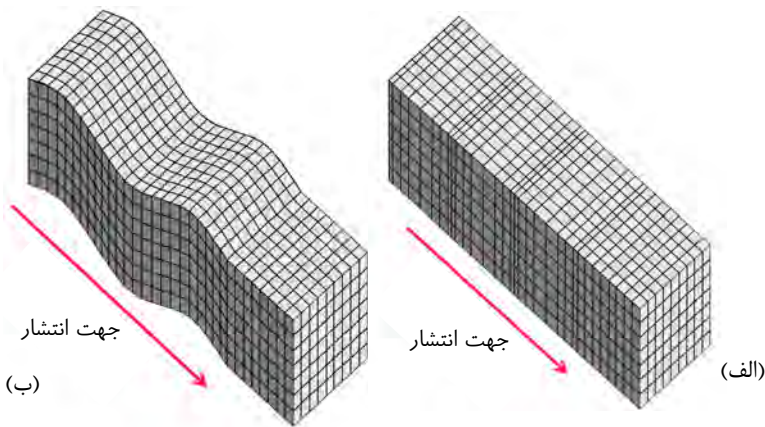
شکل ۵۴.۱ انرژی امواج زلزله پس از عبور از درون زمین به سطح آن می‌رسند. حرکت سطح زمین عامل ایجاد خرابی در سازه‌ها است.

۱.۶.۱ امواج درونی (حجمی)

موج حجمی، موج زمین لرزه‌ای است که در داخل زمین حرکت می‌کند برخلاف موج سطحی که نزدیک سطح زمین حرکت می‌کند. امواج P و S از نوع امواج حجمی هستند. هر کدام از این امواج زمین را به گونه‌ای خاص می‌لرزانند. پس از ایجاد شکست در گسل، انرژی آزاد شده به صورت امواج لرزه‌ای منتشر می‌شود. امواج منتشر شده درون زمین پس از رسیدن به سطح زمین، به صورت سطحی منتشر می‌شوند. در شکل ۵۵.۱ انواع موج‌های حجمی نشان داده شده است.



شکل ۵۴.۱ انتشار امواج در حجم و سطح زمین

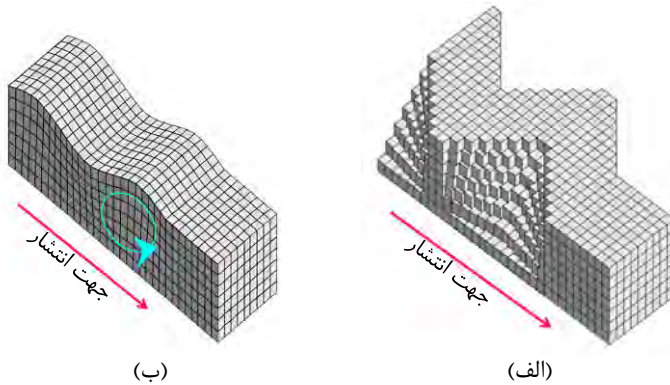


شکل ۵۵.۱ انواع موج حجمی (درونی)، (الف) موج فشاری (P)، (ب) موج برشی (S)

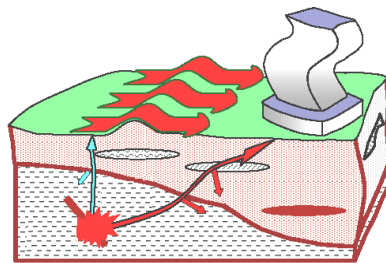
امواج سطحی به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از: امواج رایلی و امواج لاول. قدرت تخریبی این نوع موج به علت ایجاد تغییر شکل‌های قابل ملاحظه در زمین بیشتر از امواج حجمی می‌باشد. در شکل ۵۹.۱ به طور شماتیک، لرزش سطح زمین به دلیل امواج لرزه‌ای نشان داده شده است.

۱.۲.۶.۱ موج رایلی

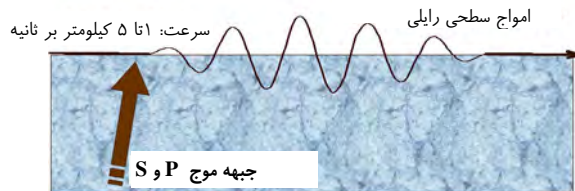
یک نوع موج سطحی است که سبب لرزش سطح زمین به صورت حرکتی بیضی‌گون شده و حرکات عرضی یا عمود ندارد (شکل‌های ۶۰.۱ و ۶۱.۱). با اجرای فایل تصویری rayleigh wave.mov، نحوه این حرکت مشاهده می‌شود (شکل ۶۲.۱).



شکل ۵۸.۱ انواع موج سطحی، (الف) موج لاول، (ب) موج رایلی



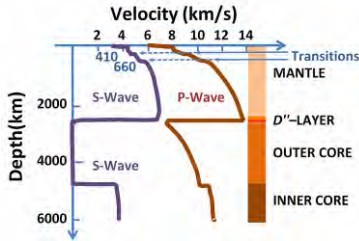
شکل ۵۹.۱ ایجاد خرابی در سازه به علت حرکت سطح زمین



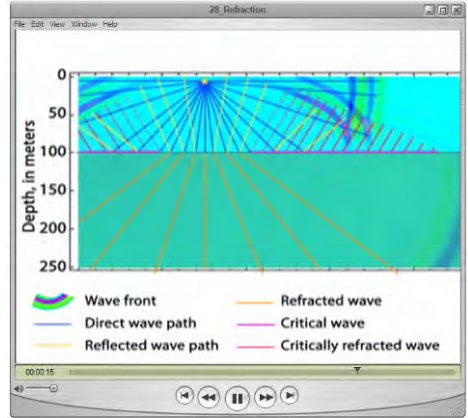
شکل ۶۰.۱ موج رایلی



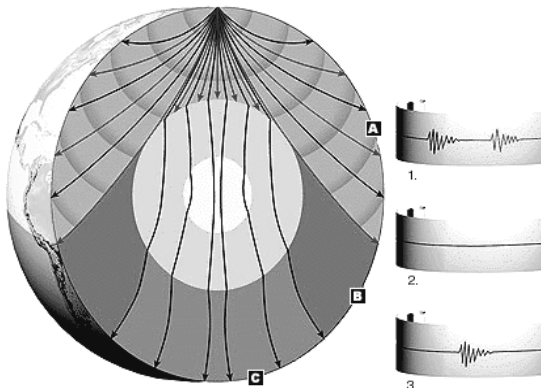
انتشار امواج در حجم زمین به صورت شکل‌های ۷۹.۱ و ۸۰.۱ است. این نحوه گسترش در فایل تصویری ۳۱_waves propagation.mov به خوبی دیده می‌شود (شکل ۸۱.۱).



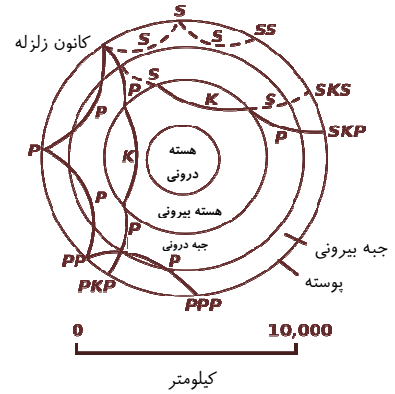
شکل ۷۸.۱ سرعت انتشار امواج مختلف در عمق زمین



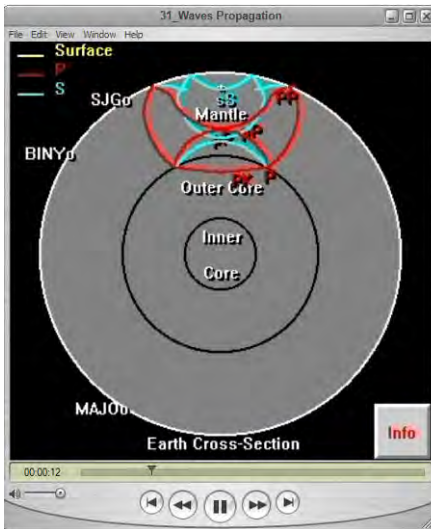
شکل ۷۷.۱ فایل تصویری ۳۰_refraction.mov



شکل ۸۰.۱ مسیر عبور موج P در درون زمین



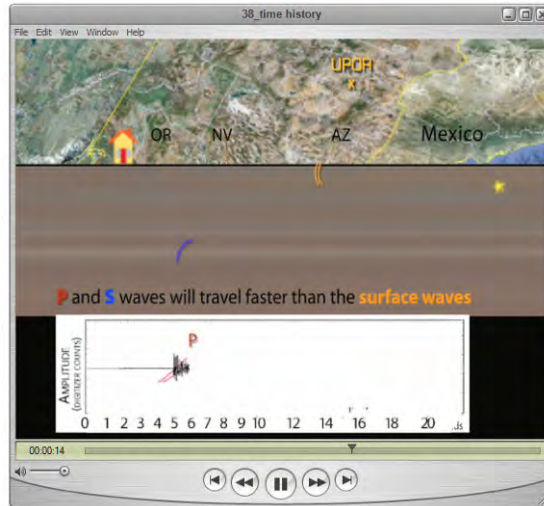
شکل ۷۹.۱ نحوه انتشار امواج در حجم زمین



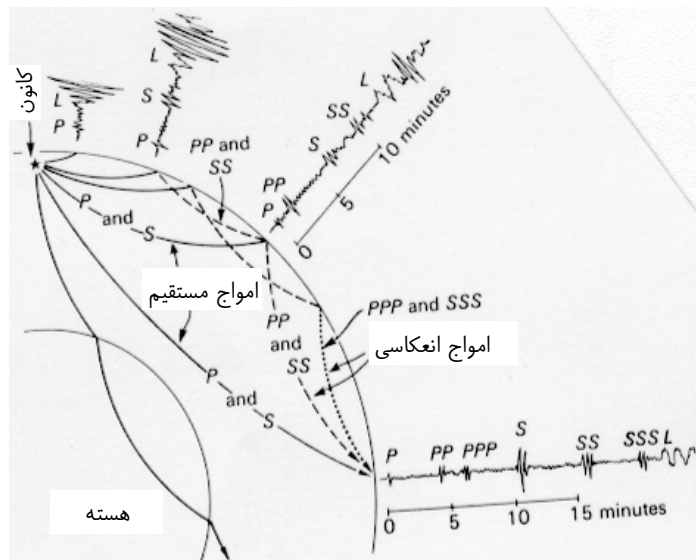
شکل ۸۱.۱ فایل تصویری ۳۱_waves propagation.mov



در شکل ۹۴.۱ به صورت مناسبی نحوه اثر امواج انتشار یافته و انعکاسی بر حسب فاصله محل ثبت تا محل وقوع زلزله مشاهده می‌شود. توجه شود که امواج برشی از محیط سیال عبور نمی‌نمایند. از روی لرزه نگاشت‌های ثبت شده در فواصل مختلف می‌توان چنین مطالعاتی را دقیق‌تر انجام داد. با اجرای فایل تصویری ۴۰_seismogram.mov درک خوبی از نحوه‌ی انتشار امواج در حجم و



شکل ۹۴.۱ فایل تصویری ۳۹_time history.mov



شکل ۹۴.۱ اثر امواج انتشار یافته و انعکاسی بر حسب فاصله محل ثبت تا محل وقوع زلزله



- ساختمان آن‌ها تا چند ریشتر مقاومت می‌کند؟
 - زلزله‌ای که در شهر آن‌ها ممکن است رخ دهد چند ریشتر خواهد بود؟
- در ۶۰ سال گذشته توسعه دستگاه‌های اندازه‌گیر زلزله و درک ما از کمیت‌هایی که آن‌ها اندازه می‌گیرند، به صورت چشم‌گیری افزایش یافته است. دستگاه‌های اندازه‌گیری زلزله امکان اندازه‌گیری کمیته مشخص را که بزرگای زلزله نامیده می‌شود، فراهم می‌سازند. غالب اندازه‌گیری‌های به‌عمل آمده از بزرگای زلزله، به وسیله دستگاه‌های ابزار دقیق صورت گرفته است. انواع بزرگا به صورت زیر است:
- بزرگای محلی ریشتر (M_L): لگاریتم جابه‌جایی لرزه‌نگار وود- اندرسون که در فاصله‌ی ۱۰۰ کیلومتری از رو مرکز زلزله نصب شده است.
 - بزرگای موج سطحی (M_S): این بزرگا در مسافت‌های زیاد پارامتر بهتری است.
 - بزرگای موج حجمی (m_b): این بزرگا برای زلزله‌های عمیق، مناسب‌تر است.
 - بزرگای ممان (گشتاور) (M_w): این بزرگا مرتبط با کار انجام شده است: تنش ضرب‌در مساحت شکستگی ضرب‌در مقدار لغزش.

۱.۱۲.۱ بزرگای محلی ریشتر

در سال ۱۹۳۵، چارلز ریشتر با بهره‌گیری از لرزه‌نگار وود- اندرسون یک مقیاس «بزرگا» برای زلزله‌های کم‌عمق محلی (فاصله تا مرکز سطحی زلزله کمتر از ۶۰۰ کیلومتر) در کالیفرنیا جنوبی تعریف کرد (ریشتر ۱۹۳۵، شکل ۱.۰۷.۱). ریشتر آن‌چه را که امروز «بزرگای محلی» یعنی لگاریتم پایه ۱۰ دامنه بیشینه (برحسب میکرومتر) زلزله‌ی ثبت‌شده توسط دستگاه (لرزه‌نگار) وود- اندرسون که در فاصله‌ی ۱۰۰ کیلومتری از مرکز سطحی زلزله واقع است را تعریف کرد. بزرگای محلی ریشتر (M_L) مشهورترین مقیاس بزرگا است، اما همیشه مناسب‌ترین مقیاس برای توصیف



شکل ۱.۰۷.۱ چارلز ریشتر، لرزه‌شناس آلمانی

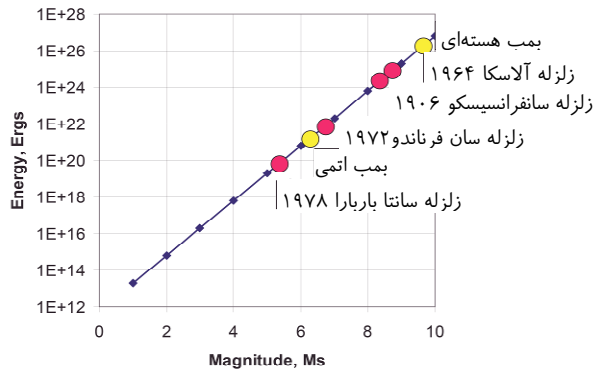


در نتیجه با افزایش ۲ واحد به بزرگای زلزله، انرژی مربوطه ۱۰۰۰ برابر می‌شود. برای درک عمیق‌تر انرژی آزاد شده در زلزله، در شکل ۱۱۶.۱ انرژی آزاد شده در چند زلزله با بزرگای مختلف با انرژی حاصل از انفجار بمب اتمی در هیروشیما مقایسه شده است. به عنوان مثال می‌توان گفت که خرابی ایجاد شده به علت زلزله‌ی سانفرناندو (۱۹۷۲) خیلی کمتر از انرژی آزاد شده در انفجار بمب اتمی در هیروشیما است.

۱۴.۱ آموزش‌های لازم برای دانش‌آموزان

۱.۱۴.۱ شرایط موجود

- سقف تعداد زیادی از سازه‌ها به نحوی است که در زلزله کاملاً منهدم و آوار می‌شود (مانند طاق ضربی بدون بادبند افقی). در این صورت در هر نقطه از زیر سقف پناه گرفته شود، بعید است تأثیری داشته باشد.
- ایده مثلث حیات که چندسال است مطرح شده (شکل ۱۱۷.۱)، در برخی مواقع مفید است،



شکل ۱۱۶.۱ مقایسه‌ی انرژی چند زلزله با بمب اتمی هیروشیما



شکل ۱۱۷.۱ شاید پناه‌گیری در مثلث کنار اجسام پایدار، مفید باشد.

ممکن است اجزای غیرسازه‌ای در زلزله باعث تلفات جانی شود. اهمیت مهار کردن اجزای غیرسازه‌ای در این است که حتی ممکن است باعث جلوگیری از ریزش سقف شود و تلفات جانی را کاهش دهد. نمونه‌ای از این رفتار در شکل ۳۳.۲ مشاهده می‌شود. در شکل ۳۴.۲ نمونه‌ای از ساختمان دوطبقه مشاهده می‌شود که سقف طبقه اول به دیوار متصل نیست.



شکل ۳۳.۲ نقش اجزای غیرسازه‌ای در نگهداری دیافراگم سقف (بم)



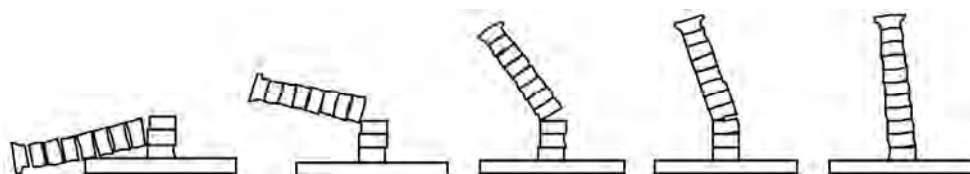
شکل ۳۴.۲ شکست خارج از صفحه‌ی دیوار مرتفع به علت عدم اتصال به سقف میانی (ادامه دارد).

۵.۸.۲ شکست برون صفحه‌ی دیوار

یکی از متداول‌ترین مودهای شکست در سازه‌های آجری، شکست خارج از صفحه‌ی دیوارها است. از آن‌جا که معمولاً دیوارهای آجری دارای مقاومت برشی خوبی در داخل صفحه هستند، چنان‌که توزیع سختی و مقاومت اعضای که بار زلزله را تحمل می‌کنند، به‌نحو مناسبی بوده و مشکل پیچش نیز موجود نباشد، تنها مود محتمل برای شکست، به‌صورت شکست خارج از صفحه‌ی دیوار است (شکل ۴۵.۲). برای جلوگیری از این مود شکست، باید دیوارهای عمود بر هم دارای اتصالی مناسب و نیز تمامی دیوارها به‌نحو مناسبی به سقف متصل باشند. در سازه‌های بنایی جهت تیرریزی در شکست خارج از صفحه بسیار مهم است (شکل ۴۶.۲). برای اطلاعات بیشتر به فایل ویدئویی ۵۱_Masonry.wmv مراجعه شود.



شکل ۴۴.۲ ترک ضربدری در دیوار باربر (هند)



شکل ۴۵.۲ ریزش دیوار در خمش خارج از صفحه

۱۱.۲ اجزای غیرسازه‌ای

اجزای غیرسازه‌ای از دو نظر اهمیت دارند:

الف. ممکن است باعث تلفات و خسارت شود، حتی اگر سازه سالم بماند.

ب. ممکن است از ریزش سقف و تلفات جلوگیری کند.

در شکل ۹۶.۲ این دو حالت مشاهده می‌شود. برای اطلاعات بیشتر به فایل‌های ویدئویی زیر مراجعه شود:
 ۵۸_non structural.wmv ، ۵۹_non structural.wmv ، ۶۰_non structural.wmv و ۶۱_non structural.wmv .

۱۲.۲ شریان‌های حیاتی

وقوع زلزله ممکن است منجر به تخریب شریان‌های حیاتی شود. در شکل‌های ۹۷.۲ تا ۱۰۲.۲ نمونه‌هایی از این شکست‌ها نشان داده شده است. برای اطلاعات بیشتر به فایل ویدئویی ۶۲_Bridge Collapses .flv مراجعه شود.



(الف)



(ب)

شکل ۹۶.۲ (الف) ایجاد خسارت به علت اجزای غیرسازه‌ای، (ب) اثر مثبت اجزای غیرسازه‌ای.

جدول م-۷.۲ بزرگ‌ترین و پرتلفات‌ترین زلزله‌ها (۱۹۹۰ تا ۲۰۰۷)

بزرگ‌ترین زلزله‌ها				مرگبارترین زلزله‌ها			
تاریخ	بزرگا	تلفات	منطقه	تاریخ	بزرگا	تلفات	منطقه
12 September 2007	8.4	9	Southern Sumatra, Indonesia	15 August 2007	6.0	514	Near the coast of Central Peru
15 November 2006	8.3	0	Kuril Islands	26 May 2006	6.3	5749	Java, Indonesia
28 March 2005	8.6	1313	Northern Sumatra, Indonesia	8 October 2005	7.6	80 361	Pakistan
26 December 2004	9.1	227 898	Off west coast of Northern Sumatra	26 December 2004	9.1	227 898	Off west coast of Northern Sumatra
25 September 2003	8.3	0	Hokkaido, Japan region	26 December 2003	6.6	31 000	Southeastern Iran
3 November 2002	7.9	0	Central Alaska	25 March 2002	6.1	1000	Hindu Kush region, Afghanistan
23 June 2001	8.4	138	Near coast of Peru	26 January 2001	7.7	20 023	India
16 November 2000	8.0	2	New Ireland region, P.N.G.	4 June 2000	7.9	103	Southern Sumatra, Indonesia
20 September 1999	7.7	2207	Taiwan	17 August 1999	7.6	17 118	Turkey
25 March 1998	8.1	0	Balleney Islands region	30 May 1998	6.6	4000	Afghanistan-Tajikistan border region
14 October 1997	7.6	0	South of Fiji Islands	10 May 1997	7.3	1572	Northern Iran

بزرگ‌ترین زلزله‌ها				مرگبارترین زلزله‌ها			
تاریخ	بزرگا	تلفات	منطقه	تاریخ	بزرگا	تلفات	منطقه
5 December 1997	7.8	0	Near east coast of Kamchatka	3 February 1996	6.6	322	Yunnan, China
17 February 1996	8.2	106	Irian Jaya region, Indonesia	16 January 1995	6.9	5530	Kobe, Japan
30 July 1995	8.0	3	Near coast of Northern Chile	20 June 1994	6.8	795	Colombia
9 October 1995	8.0	49	Near coast of Jalisco Mexico	29 September 1993	6.2	9748	India
4 October 1994	8.3	11	Kuril Islands	12 December 1992	7.8	2519	Flores region, Indonesia
8 August 1993	7.8	0	South of Mariana Islands	19 October 1991	6.8	2000	Northern India
12 December 1992	7.8	2519	Flores Region, Indonesia	20 June 1990	7.4	50 000	Iran
22 April 1991	7.6	75	Costa Rica				
22 December 1991	7.6	0	Kuril Islands				
16 July 1990	7.7	1621	Luzon, Philippine Islands				

م-۸.۲ با دقت در جدول زیر و با توجه به شدت و تلفات زلزله‌ی بم (۲۰۰۳) در خصوص شدت لرزه‌خیزی ایران بحث کنید. چند درصد کل تلفات زلزله در جهان در آن سال به ایران مربوط است؟

جدول م-۸.۲ تعداد زلزله‌ها با شدت‌های مختلف و آمار تلفات در هر سال (۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷)

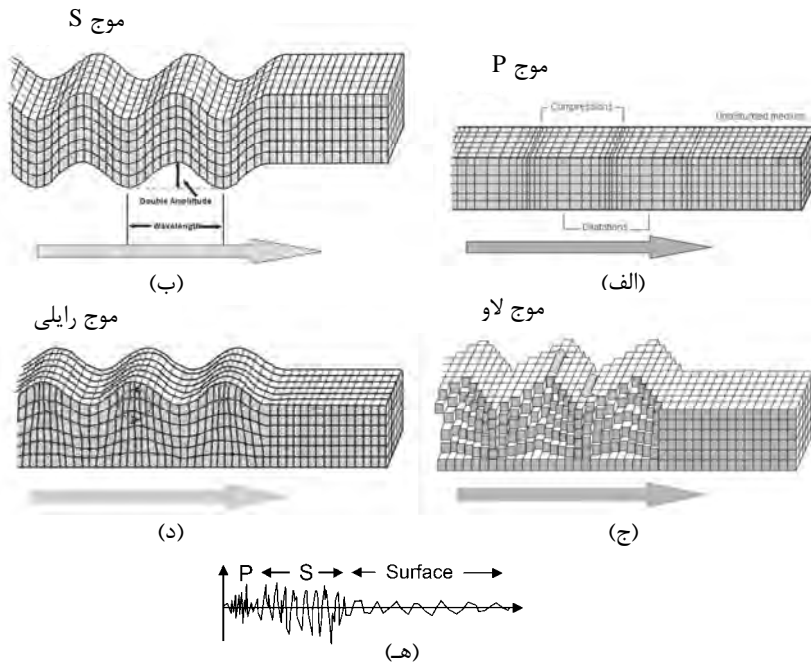
Magnitude	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
8.0-9.9	1	1	0	1	2	1	1	2
7.0-7.9	14	15	13	14	14	10	10	2
6.0-6.9	158	126	130	140	141	141	132	70
5.0-5.9	1345	1243	1218	1203	1515	1697	1483	676
4.0-4.9	8045	8084	8584	8462	10 888	13 918	13 069	4556
3.0-3.9	4784	6151	7005	7624	7932	9189	9953	3239
2.0-2.9	3758	4102	6419	7727	6310	4030	4016	1153
1.0-1.9	1026	944	1137	2506	1344	26	19	17
0.1-0.9	5	1	10	134	103	0	2	0
No magnitude	3120	2938	2937	3608	2939	865	849	784
Total	22 256	23 655	27 453	31 419	31 194	30 483	29 534	10 501
Estimated deaths	231	21 357	1685	33 819	284 010	82 364	6605	136



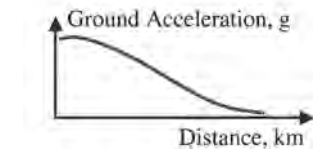
تمرین‌ها

- ت-۱.۲ منظور از خسارت لرزه‌ای چیست؟
- ت-۲.۲ منظور از خرابی فیزیکی چیست؟
- ت-۳.۲ بحرانی‌ترین نقاط ساختمان در زلزله کجاست؟
- ت-۴.۲ انواع خرابی‌های مربوط به خاک چیست؟
- ت-۵.۲ انواع خسارت‌ها در سازه‌های بتنی چیست؟
- ت-۶.۲ متداول‌ترین شکست‌ها در سازه‌های فولادی چیست؟
- ت-۷.۲ مناسب‌ترین راه برای کاهش پیامدهای ناشی از زلزله چیست؟
- ت-۸.۲ میزان خرابی ناشی از زلزله علاوه بر شدت لرزه‌خیزی محل به چه عامل مهم دیگری بستگی دارد؟

در شکل ۸.۳ ساختگاه‌هایی با فواصل مختلف از محل گسلش نشان داده شده است. همچنین مطابق شکل ۹.۳ با افزایش فاصله، شدت زلزله کاهش می‌یابد. در شکل ۱۰.۳ تاریخچه‌ی حرکت زمین در فاصله‌ی نزدیک و دور از محل زلزله مشاهده می‌شود. در فاصله‌های دورتر، پریودهای بالا اثر بیشتری دارند، شکل ۱۱.۳.



شکل ۷.۳ انواع موج‌های داخلی و سطحی و ترتیب رسیدن آنها به ساختگاه و تشکیل تاریخچه‌ی زمانی حرکت زمین. (الف) موج P، (ب) موج S، (ج) موج لاولو، (د) موج ریلی، (ه) حرکت زمین



شکل ۹.۳ کاهش شدت زلزله با افزایش فاصله



شکل ۸.۳ مسیر انتشار موج



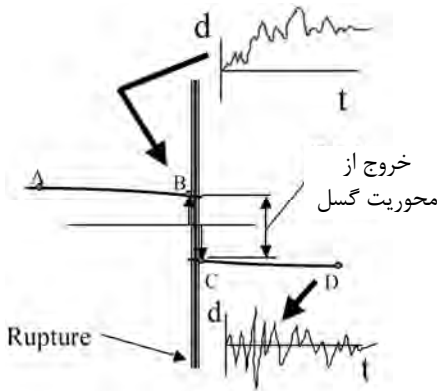
شکل ۱۰.۳ با افزایش فاصله، شدت زلزله کاهش می‌یابد؛ (الف) فاصله‌ی نزدیک، (ب) فاصله‌ی دور



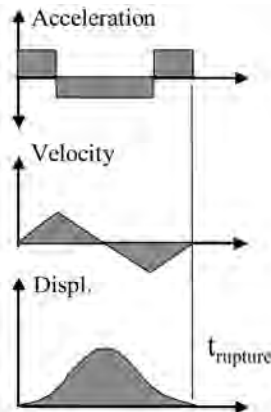
عمود و موازی با راستای گسلش، دارای تفاوت عمده می‌باشند. در شکل‌های ۳۲.۳ و ۳۳.۳ تاریخچه حرکت زمین در جهت موازی با راستای شکست (Fling) و جهت عمود بر راستای شکست (Directivity) نشان داده شده است.

۱۵.۳ اثر زلزله گسل - نزدیک بر سازه‌ها

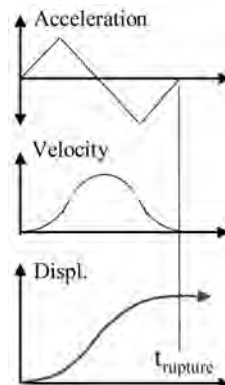
سازه‌هایی که در حاشیه گسل‌های فعال واقع می‌شوند باید برای شرایط متناظر طراحی شوند. لذا برای این سازه‌ها، اثر گسل‌های نزدیک (Near-fault) به عنوان منشأ یکی از تحریک‌های مهم منظور می‌شود. جالب است که در دهه اخیر تعداد قابل ملاحظه‌ای از رکورد زلزله در فواصل بسیار



شکل ۳۱.۳ تاریخچه جابه‌جایی زمین در دو جهت موازی (بین B و C) و عمود بر شکست (بین C و D)



شکل ۳۳.۳ تاریخچه حرکت زمین در جهت عمود بر راستای شکست (Directivity)



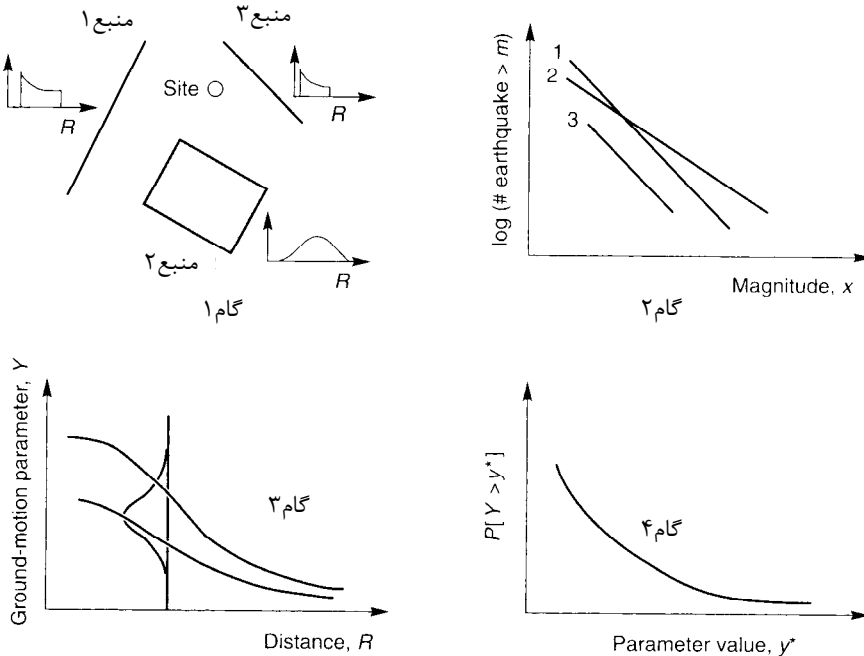
شکل ۳۲.۳ تاریخچه حرکت زمین در جهت موازی با راستای شکست (Fling)



ب. تحلیل خطر احتمالاتی زلزله

در دو دهه‌ی گذشته استفاده از مفاهیم احتمالات باعث شده است که عدم قطعیت در اندازه، موقعیت و سرعت تکرار زلزله‌ها و همچنین در تغییرات مشخصات حرکت زمین با بزرگا و موقعیت زلزله به‌طور صریح در ارزیابی خطرات زلزله مورد توجه قرار گیرد. تحلیل خطر احتمالاتی زلزله (Probabilistic Seismic Hazard Analysis) چارچوبی ارائه می‌دهد که در آن عدم قطعیت‌ها می‌تواند شناسایی شده و به‌صورت کمی در آمده و در یک روند منظم طوری ترکیب شوند که چشم‌انداز کامل‌تری از خطر زلزله تصویر شود. روش PSHA در شکل م-۲.۱۹.۳ نشان داده شده است.

۱. مرحله‌ی اول مانند روش قبلی (DSHA) شناسایی و مشخص کردن منابع زلزله است، با این تفاوت که در این روش توزیع احتمال پتانسیل شکست در محدوده منبع زلزله نیز باید مشخص شود. در اغلب حالات، احتمال یکنواخت توزیع زلزله به هر منبع تخصیص داده می‌شود.
۲. مرحله‌ی بعد مشخص کردن لرزه‌خیزی یا توزیع موقتی تکرار زلزله است. در این مرحله از یک رابطه‌ی تکرار که با آن سرعت متوسطی که ممکن است زلزله‌ای با اندازه‌ی خاص از آن تجاوز کند استفاده می‌شود تا لرزه‌خیزی هر ناحیه منبع مشخص شود.
۳. با کمک روابط پیش‌بینی‌کننده، حرکت زمین تعیین می‌شود که ممکن است در محل مورد مطالعه به‌وسیله‌ی زلزله‌هایی با هر اندازه‌ی ممکن و در هر نقطه‌ی ممکن در ناحیه‌ی منبع رخ دهد. عدم قطعیت ذاتی که در رابطه‌ی پیش‌بینی‌کننده وجود دارد نیز در روش PSHA لحاظ شده است.



شکل م-۲.۱۹.۳ چهار مرحله‌ی روش تحلیل خطر احتمالاتی زلزله



می‌توان نوشت:

$$P_f = 6.738 \times 10^{-3} (e^{0.05} - 1) = 0.000345$$

م-۳۵.۳ دوره‌ی بازگشت یک زلزله، صد سال است، احتمال آن که اولین زلزله در مدتی بیشتر از صد سال رخ دهد، چقدر است؟
حل:

$$P(T > 100) = 1 - P(T \leq 100) = 1 - [1 - e^{-0.01 \times 100}] = 0.37$$

م-۳۶.۳ در مسأله‌ی قبلی احتمال آن که اولین زلزله در مدتی بیشتر از پنجاه سال رخ دهد، چقدر است؟
حل:

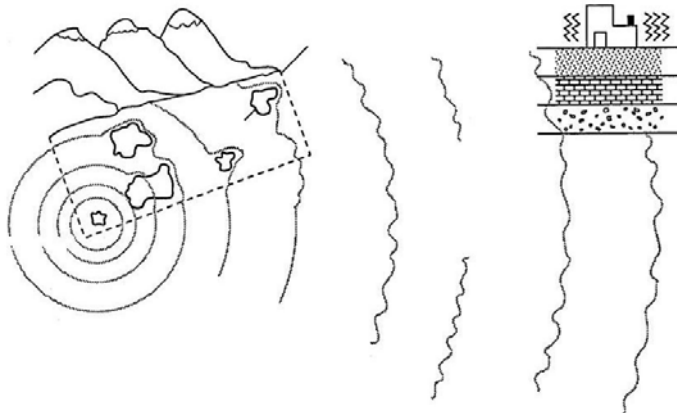
$$P(T > 50) = 1 - P(T \leq 50) = 1 - [1 - e^{-0.01 \times 50}] = 0.61$$

هر دو مثال بالا را می‌توان با توجه به توزیع پواسون نیز حل کرد.

$$P(X > 225) = 1 - 0.869 = 0.131$$

تمرین‌ها

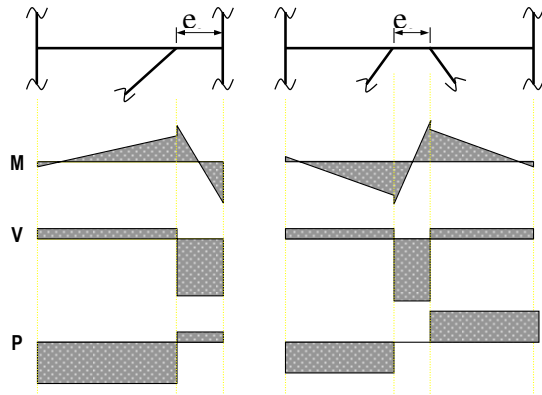
ت-۱.۳ پارامترهای مربوط به شکل ت-۱.۳ را مشخص کنید.



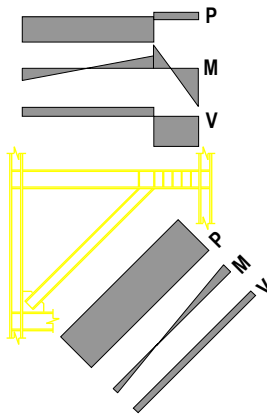
شکل ت-۱.۳ برخی از پارامترهای مربوط به تحلیل خطر

ت-۲.۳ روش انجام تحلیل خطر زلزله چگونه است؟

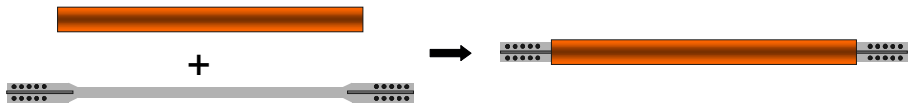
ت-۳.۳ شکل ت-۳.۳ را شرح دهید.



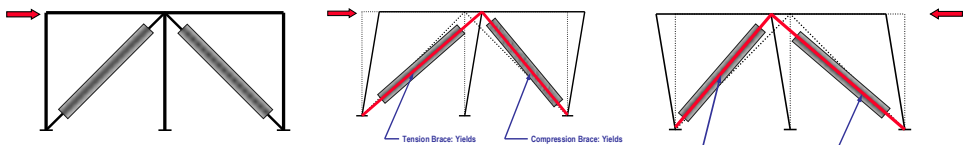
شکل ۱۷.۴ دیاگرام نیروهای محوری، برش و ممان در تیر



شکل ۱۸.۴ دیاگرام نیروهای محوری، برش و ممان در تیر و عضو مورب



شکل ۱۹.۴ عضو کمانش‌تاب



شکل ۲۰.۴ تغییر شکل سیستم باندبندی کمانش‌تاب



یکی از دسته‌بندی‌های لرزه‌ای برای انواع سیستم‌های باربر جانبی، میزان شکل‌پذیری سازه‌ها است. در این راستا دسته‌بندی زیر انجام می‌شود:

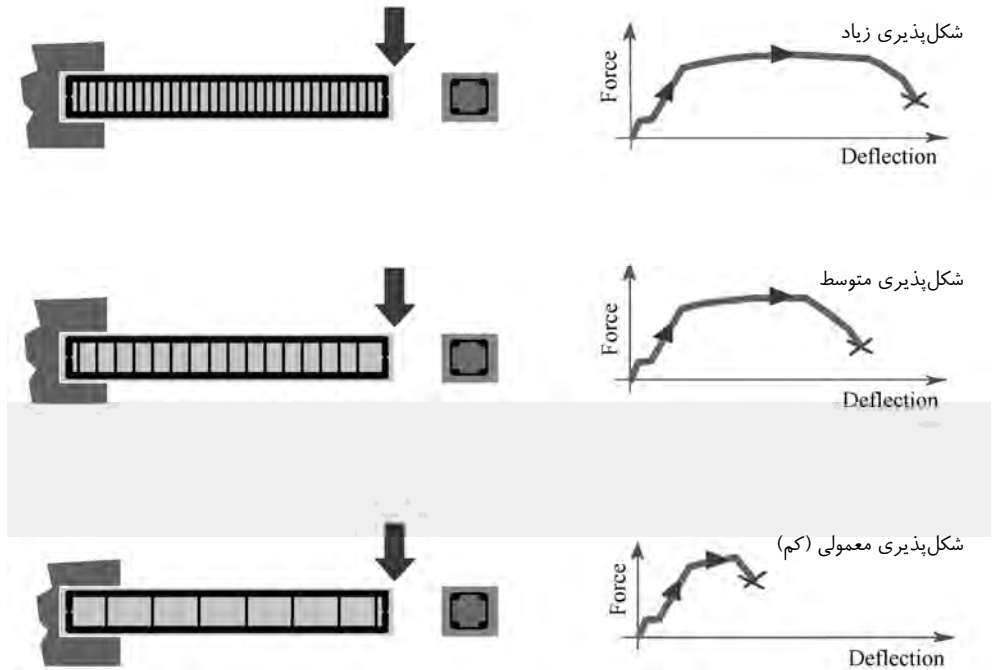
- شکل‌پذیری معمولی
- شکل‌پذیری متوسط
- شکل‌پذیری زیاد

۱.۳.۲.۴ قاب خمشی معمولی (Ordinary Moment Resisting Frame)

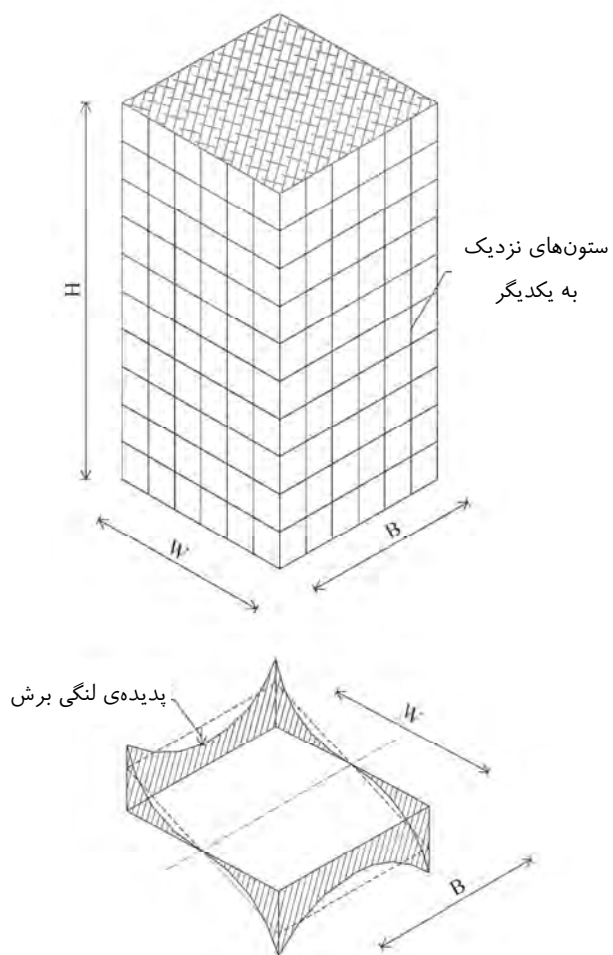
قاب‌ی است خمشی که دارای جزئیات خاص برای رفتار شکل‌پذیر نیست (شکل ۳۳.۴).

۲.۳.۲.۴ قاب خمشی متوسط (Intermediate Moment Resisting Frame)

قاب‌ی است بتنی که مطابق ضوابط بند (۲۰-۴) آیین‌نامه‌ی بتن ایران (سازه‌های با شکل‌پذیری متوسط) طراحی شده باشد (شکل ۳۳.۴).



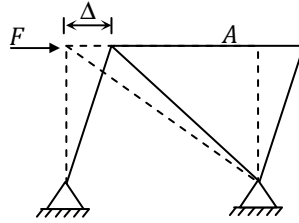
شکل ۳۳.۴ نمایش شماتیک حالت‌های مختلف شکل‌پذیری در سازه‌ی بتنی



شکل ۴۳.۴ توزیع غیرخطی نیروهای محوری در ستون‌ها تحت بار جانبی در سازه‌های بلند

در نتیجه:

$$k_{inf} = \frac{1}{\gamma \Delta} \left[\frac{\sin^2 \theta}{4 E_{fe} I_{col} h_{inf}} \right]^{-1} h_{col}^{-2} (t_{inf} E_{me})^2 \cos^2 \theta$$



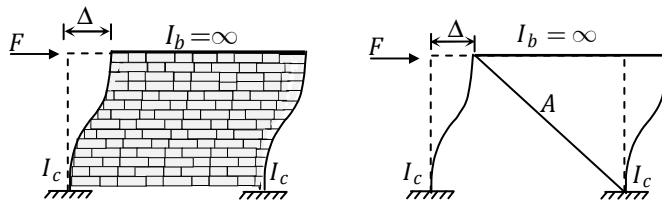
شکل ۱۳.۵ میله‌ی فشاری معادل برای دیوار پرکننده

و مقدار پریود برابر است با:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_{inf}}}$$

مسئله ۹.۵

در شکل زیر پریود سازه را تعیین کنید. جرم طبقه m و ارتفاع طبقه (ستون) h و طول دهانه L و ضخامت دیوار پرکننده برابر t_{inf} است. ($I_c = I_{col}$)



شکل ۱۴.۵ شکل مربوط به مسئله ۹.۵

حل: سختی کل برابر است با مجموع سختی قاب و بادبند:

$$k = k_{inf} + k_f$$

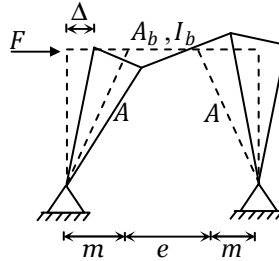
که:

$$k_{inf} = \frac{1}{\gamma \Delta} \left[\frac{\sin^2 \theta}{4 E_{fe} I_{col} h_{inf}} \right]^{-1} h_{col}^{-2} (t_{inf} E_{me})^2 \cos^2 \theta$$

و:

مسئله ۱۴.۵

در سازه‌ی زیر مقدار پریود را با صرف نظر از تغییر شکل محوری اعضا، تعیین کنید. جرم طبقه مساوی m است.



شکل ۱۹.۵ سازه‌ی مربوط به مسئله ۱۴.۵

حل:

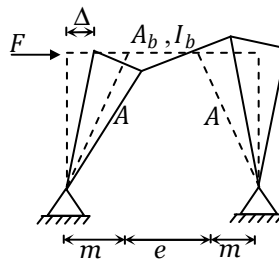
$$k = \frac{12EI_bL}{e^3h^3}$$

$$T = 2\pi eh \sqrt{\frac{M}{12EI_bL}}$$

مشاهده می‌شود که در سیستم EBF مقدار پریود با e رابطه‌ی مستقیم دارد. یعنی اگر e دو برابر شود، پریود نیز دو برابر می‌شود.

مسئله ۱۵.۵

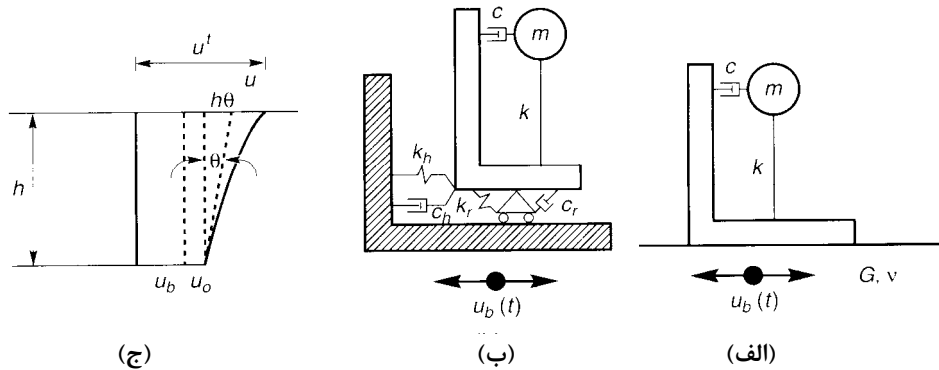
در سازه‌ی زیر نسبت سختی به ازای $e = 0$ به سختی به ازای $e = L/3$ چقدر است؟ ($h = L$)



شکل ۲۰.۵ سازه‌ی مربوط به مسئله ۱۵.۵

حل:

$$e = 0 \Rightarrow k_1 = \frac{E}{\frac{2(h^2 + L^2/4)^{3/2}}{AL^2} + \frac{L}{4A_b}} = \frac{E}{\frac{2(5/4)^{3/2}L}{A} + \frac{L}{4A_b}}$$



شکل ۲۵.۵ مدل فنر گسسته برای سختی خاک

حل: برای تعیین فرکانس، مقادیر میرایی را صفر در نظر می‌گیریم. با تعریف $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ ، $\omega_h = \sqrt{k_h/m}$ و $\omega_r = \sqrt{k_r/mh^3}$ می‌توان نوشت:

$$\frac{1}{\omega_e^2} = \frac{1}{\omega_0^2} + \frac{1}{\omega_h^2} + \frac{1}{\omega_r^2}$$

در نتیجه:

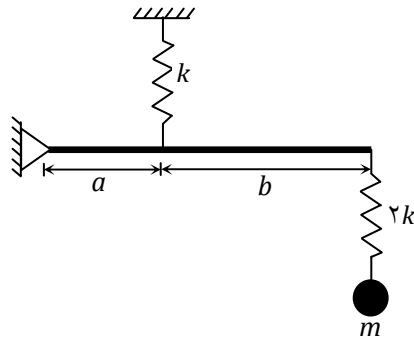
$$\omega_e = \frac{\omega_0}{\sqrt{1 + \frac{k}{k_h} + \frac{kh^3}{k_r}}}$$

ملاحظه می‌شود که اثر اندرکنش خاک و سازه باعث می‌شود که فرکانس سازه مقداری کمتر و پریود آن بالاتر شود. از آن‌جا که معمولاً با افزایش پریود، نیروی زلزله‌ی طرح کاهش می‌یابد، در نتیجه برای تعیین پریود سازه ضرورتی به لحاظ اندرکنش خاک و سازه وجود ندارد. پریود مؤثر سازه با در نظر گرفتن اثر اندرکنش خاک و سازه به صورت زیر است:

$$T_e = T \sqrt{1 + \frac{k}{k_h} + \frac{kh^3}{k_r}}$$

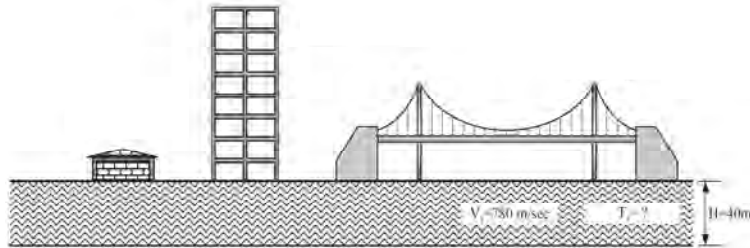
T پریود اصلی سازه، h ارتفاع مؤثر ساختمان و برابر $0.7 \sqrt{h_n}$ که h_n ارتفاع کل ساختمان است، مگر در مواردی که بخش عمده‌ی بار ثقلی در یک تراز مشخص به طور متمرکز قرار گرفته باشد، که در این صورت h برابر ارتفاع آن تراز در نظر گرفته می‌شود. k_h سختی جانبی پی و k_r سختی چرخشی آن است.

ت-۳.۵ پریود طبیعی و ارتعاش سیستم مقابل را تعیین کنید. میله‌ی AB بدون وزن و صلب است.



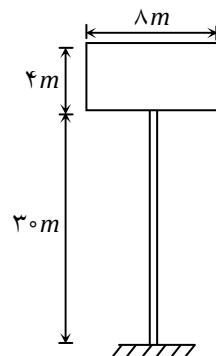
شکل ت-۳.۵ سیستم جرم و فنر

ت-۴.۵ در شکل زیر به‌طور تقریبی پریود متناظر با هر یک از سازه‌ها و پریود خاک را مشخص کنید. (بخشی از این مسأله در فصل ۸ بررسی خواهد شد.)



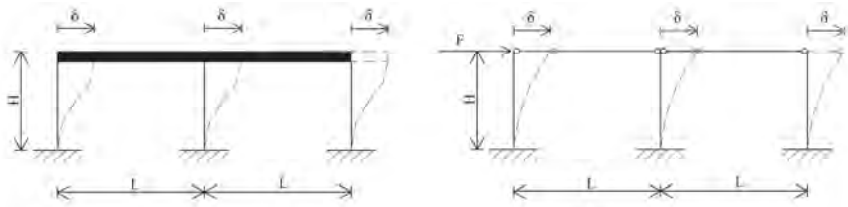
شکل ت-۴.۵ چند نمونه سازه بر روی خاک

ت-۵.۵ پریود یک مخزن آب استوانه‌ای با مشخصات زیر را تعیین کنید. (برای حل به «دستنامه‌ی ۶» مراجعه شود.)



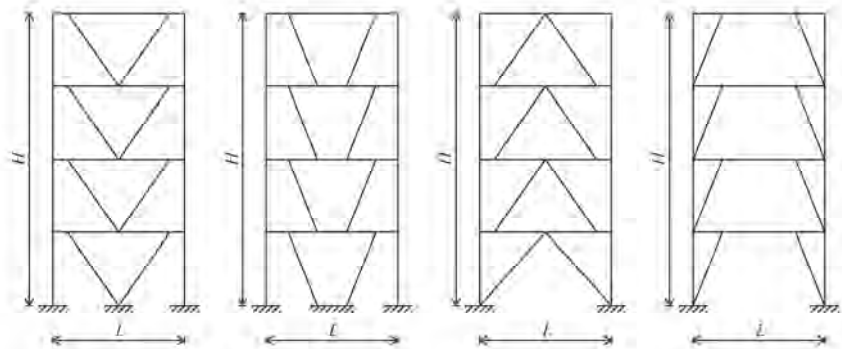
شکل ت-۵.۵ مخزن آب

$$P = \pi \times 4^2 \times 4 = 201 \text{ ton} \quad EI = 2 \times 10^8 \text{ t/m}^2 \quad \text{وزن پایه: } 40 \text{ ton}$$



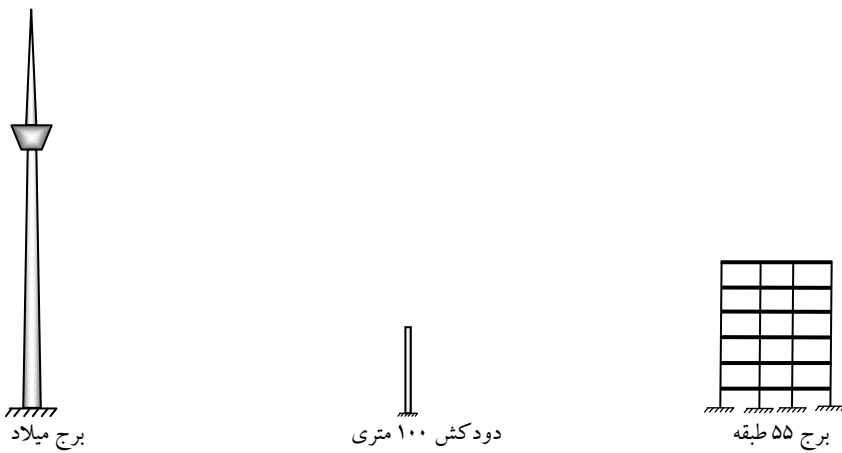
شکل ت-۲.۹.۵

ت-۱۰.۵ با فرضیات مناسب، سختی سیستم‌های زیر را با هم مقایسه کنید.



شکل ت-۱۰.۵ قاب‌های فولادی

ت-۱۱.۵ با فرضیات مناسب، سختی سیستم‌های زیر را با هم مقایسه کنید.



شکل ت-۱۱.۵ قاب‌های فولادی

\dot{u}_0 و u_0 به ترتیب، سرعت و جابه‌جایی اولیه هستند. پاسخ این سیستم را می‌توان به صورت زیر فرض کرد:

$$u(t) = A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t) \quad (۸.۶)$$

با در نظر گرفتن مقادیر اولیه می‌توان نوشت:

$$A = \frac{u_0}{\omega}$$

$$B = u_0$$

که $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ است. بنابراین می‌توان نوشت:

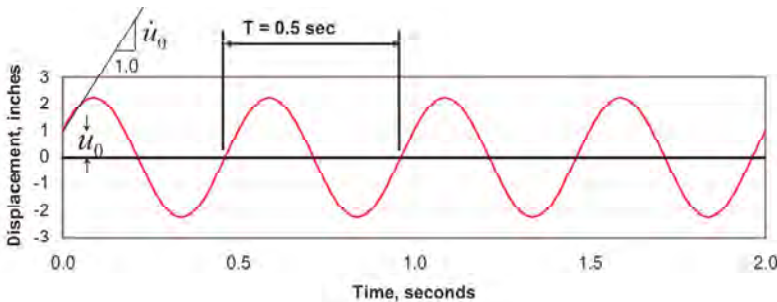
$$u(t) = \frac{\dot{u}_0}{\omega} \sin(\omega t) + u_0 \cos(\omega t) \quad (۹.۶)$$

می‌دانیم که $f = \frac{\omega}{2\pi}$ و $T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$ است. در شکل ۱۱.۶ پاسخ جابه‌جایی سیستم نامیرا با جابه‌جایی اولیه u_0 و سرعت اولیه \dot{u}_0 با پریود ۰/۵ ثانیه نشان داده شده است.

۵.۶ روش تقریبی تعیین پریود سازه (ASCE 7-05)

تعیین پریود سازه یکی از مهم‌ترین موارد در فرآیند بارگذاری لرزه‌ای است. در ASCE 7-05 رابطه‌ی زیر برای تعیین پریود سازه پیشنهاد شده است:

$$T_a = C_t h_n^x \quad (۱۰.۶)$$

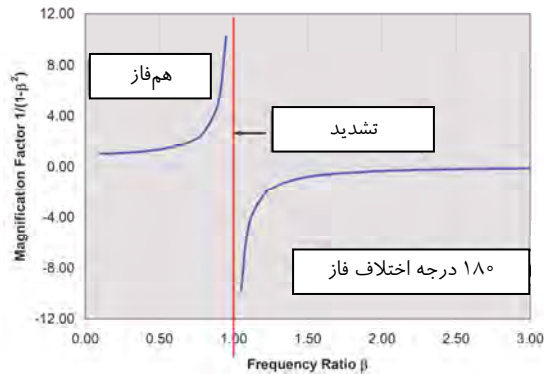


شکل ۱۱.۶ پاسخ جابه‌جایی سیستم با پریود ۰/۵ ثانیه و با جابه‌جایی اولیه u_0 و سرعت اولیه \dot{u}_0 .

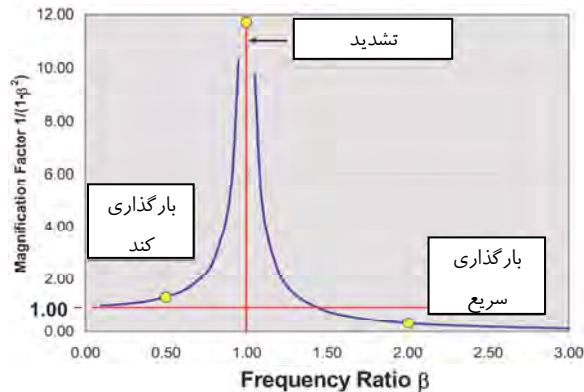


داده شده است. نکته‌ی مهم در این‌جا این است که اکنون دامنه‌ی پاسخ از جابه‌جایی استاتیکی کمتر است.

در شکل ۲۳.۶ نسبت دامنه‌ی پاسخ ماندگار به جابه‌جایی استاتیکی بر حسب فرکانس‌های مختلف بارگذاری رسم شده است. در فرکانس‌های پایین بارگذاری این نسبت مساوی یک است. فرکانس بسیار پایین بارگذاری همان حالت استاتیکی است، در نتیجه انتظار می‌رود که این نسبت برابر ۱ باشد. در حالتی که فرکانس بارگذاری بسیار بالا باشد، اصلاً سازه مهلتی برای عکس‌العمل و پاسخ پیدا نمی‌کند بنابراین انتظار می‌رود که جابه‌جایی سازه در این حالت نزدیک صفر باشد. پدیده‌ی تشدید نیز به روشنی مشاهده می‌شود. علامت منفی در نمودار به معنی اختلاف فاز 180° درجه بین تحریک و پاسخ است. در شکل ۲۴.۶ مقادیر قدرمطلق مربوط به ضریب تشدید دینامیکی بر حسب نسبت فرکانس‌ها رسم شده است.



شکل ۲۳.۶ نسبت دامنه‌ی پاسخ ماندگار به جابه‌جایی استاتیکی



شکل ۲۴.۶ قدرمطلق ضریب تشدید دینامیکی

حل

$$\delta = \frac{1}{n} \ln \left(\frac{x_0}{x_n} \right) = \frac{1}{5} \ln \left(\frac{0.975}{0.709} \right) = 0.476 = 2\pi\xi \Rightarrow \xi = 0.0758 \quad (\xi = 7.58\%)$$

م-۴.۶ تخمین ضریب میرایی بحرانی چگونه انجام می‌شود؟

حل

اگر یک سازه در لحظه‌ی $t = 0$ در موقعیت $x = x_0$ باشد، سپس رها شود، با فرض اینکه $\xi < 1$ ، آنگاه $\omega_d \approx \omega$ خواهد بود.

$$x(t=0) = x_0 = A \sin(\varphi)$$

$$x(t=nT = \frac{2n\pi}{\omega}) = x_n = A e^{-\xi 2n\pi} \sin(2n\pi + \varphi) =$$

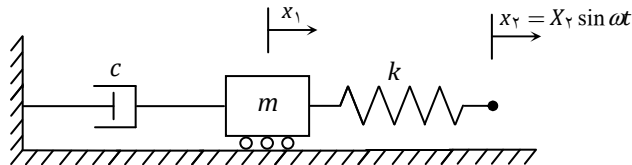
$$A e^{-\xi 2n\pi} [\sin(2n\pi) \cos(\varphi) + \cos(2n\pi) \sin(\varphi)] = A e^{-\xi 2n\pi} \sin(\varphi)$$

اکنون کاهش لگاریتمی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\delta = \frac{1}{n} \ln \left(\frac{x_0}{x_n} \right) = \frac{1}{n} \ln \left(\frac{A \sin(\varphi)}{A e^{-\xi 2n\pi} \sin(\varphi)} \right) = 2\pi\xi$$

در نتیجه با تعیین δ می‌توان ξ را نیز تخمین زد.

م-۵.۶ برای سیستم شکل زیر، معادله‌ی حرکت را بنویسید و دامنه و زاویه‌ی فاز را با استفاده از جبر مختلط تعیین کنید.



شکل م-۵.۶

حل

$$m\ddot{x}_1 + c\dot{x}_1 + k(x_2 - x_1) = 0 \Rightarrow m\ddot{x}_1 + c\dot{x}_1 + kx_1 = kx_2$$

اگر $x_2 = X_2 e^{i\omega t}$ باشد، می‌توان نوشت:

$$x_1 = X_1 e^{i(\omega t - \phi)} = X_1 e^{-i\phi} e^{i\omega t}$$

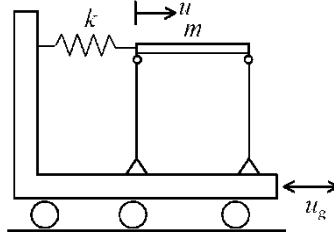
$$[(k - m\omega^2) + i\omega c] X_1 = kX_2$$

$$X_1 = \frac{kX_2}{\sqrt{(k - m\omega^2)^2 + (c\omega)^2}}$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{c\omega}{k - m\omega^2}$$



$$\ddot{u}_g = -u_{g0} \omega_g^2 \sin \omega_g t = -0.15 (1/9.8)^2 \sin 1/9.8 t = -1.2/1 \sin 1/9.8 t$$



شکل م-۱۸.۶

$$k = 4 \frac{\text{ton}}{\text{cm}} \times \frac{100 \text{ cm}}{\text{m}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{9.8 \text{ N}}{\text{kg}} = 3.92 \times 10^6 \text{ N/m}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{3.92 \times 10^6 \text{ N/m}}{10,000 \text{ kg}}} = 19.8 \text{ rad/s}$$

$$\omega_d = \omega \sqrt{1 - \xi^2} = 19.8 \sqrt{1 - 0.05^2} = 19.77 \text{ rad/s}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{19.8} = 0.317 \text{ sec}$$

$$\xi = \frac{c}{2m\omega} \Rightarrow c = 2 \times 0.05 \times 10,000 \times 19.8 = 19,800 \text{ kg/s}$$

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -m\ddot{u}_g = -10,000 \text{ kg} \times (-1.2/1 \sin 1/9.8 t) \text{ m/s}^2 \\ = 12,000 \sin 1/9.8 t \text{ (N)}$$

$$u = Be^{-\xi\omega t} \sin(\omega_d t + \varphi) + A \sin(\omega_g t + \alpha)$$

$$u_p = A \sin(\omega_g t + \alpha)$$

$$\dot{u}_p = A\omega_g \cos(\omega_g t + \alpha)$$

$$\ddot{u}_p = -A\omega_g^2 \sin(\omega_g t + \alpha)$$

$$m\ddot{u}_p + c\dot{u}_p + ku_p = -m\ddot{u}_g$$

$$-mA\omega_g^2 \sin(\omega_g t + \alpha) + cA\omega_g \cos(\omega_g t + \alpha) + kA \sin(\omega_g t + \alpha) = 12,000 \sin 1/9.8 t$$

$$-10,000 \times (1/9.8)^2 A \sin(1/9.8 t + \alpha) + 19,800 \times 1/9.8 \times A \cos(1/9.8 t + \alpha) +$$

$$3.92 \times 10^6 A \sin(1/9.8 t + \alpha) = 12,000 \sin 1/9.8 t$$

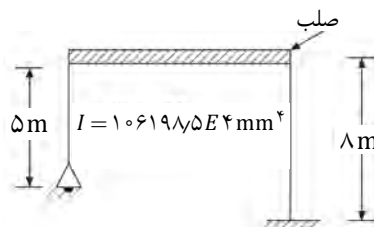
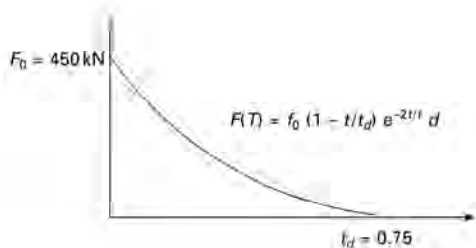
$$3.714 A \sin(1/9.8 t + \alpha) + 0.178 A \cos(1/9.8 t + \alpha) = 0.12 \sin 1/9.8 t$$

حل

جدول م-۴۰.۶ الگوریتم روش نیومارک برای حل مسایل خطی

<p>الف. محاسبه اولیه</p> $\ddot{u}_0 = \frac{F_0 - c\dot{u}_0 - ku_0}{m}$ <p>۱. انتخاب Δt</p> <p>۲. انتخاب Δt</p> <p>۳. سختی اصلاح شده:</p> $\hat{k} = k + \frac{v}{\beta\Delta t}c + \frac{v}{\beta\Delta t^2}m$ <p>۴. محاسبه کنید:</p> $a = \frac{m}{\beta\Delta t} + \frac{\gamma c}{\beta}$ $b = \frac{m}{\gamma\beta} + \Delta t \left(\frac{\gamma}{\beta} - 1 \right) c$
<p>ب. برای هر گام زمانی</p> $\Delta \hat{F}_i = F_{i+1} - F_i + a\dot{u}_i + b\ddot{u}_i$ <p>۱. $\Delta \hat{F}_i = F_{i+1} - F_i + a\dot{u}_i + b\ddot{u}_i$</p> $\Delta u_i = \frac{\Delta \hat{F}_i}{\hat{k}}$ <p>۲. $\Delta u_i = \frac{\Delta \hat{F}_i}{\hat{k}}$</p> $\Delta \dot{u}_i = \frac{v}{\beta\Delta t} \Delta u_i - \frac{v}{\beta} \dot{u}_i + \Delta t \left(1 - \frac{v}{\gamma\beta} \right) \ddot{u}_i$ <p>۳. $\Delta \dot{u}_i = \frac{v}{\beta\Delta t} \Delta u_i - \frac{v}{\beta} \dot{u}_i + \Delta t \left(1 - \frac{v}{\gamma\beta} \right) \ddot{u}_i$</p> $\Delta \ddot{u}_i = \frac{1}{\beta(\Delta t)^2} \Delta u_i - \frac{1}{\beta\Delta t} \dot{u}_i - \frac{1}{\gamma\beta} \ddot{u}_i$ <p>۴. $\Delta \ddot{u}_i = \frac{1}{\beta(\Delta t)^2} \Delta u_i - \frac{1}{\beta\Delta t} \dot{u}_i - \frac{1}{\gamma\beta} \ddot{u}_i$</p> <p>۵. $u_{i+1} = u_i + \Delta u_i$; $\dot{u}_{i+1} = \dot{u}_i + \Delta \dot{u}_i$; $\ddot{u}_{i+1} = \ddot{u}_i + \Delta \ddot{u}_i$</p>
<p>ج. گام‌های بالا برای سایر گام‌های زمانی در معادلات بالا تکرار می‌شود.</p> <p>روش شتاب میانگین: $\gamma = \frac{1}{4} \beta = \frac{1}{4}$</p> <p>روش شتاب خطی: $\gamma = \frac{1}{6} \beta = \frac{1}{6}$</p>

م-۴۱.۶ قاب برشی زیر، تحت پالس نمایی قرار گرفته است. تاریخچه‌ی پاسخ جابه‌جایی، سرعت و شتاب را تعیین کنید. $F_0 = 450 \text{ kN}$ ، $\rho = 0.07$ ، $W = 1079/1 \text{ kN}$ ، $E = 200 \text{ GPa}$. $\Delta t = 0.01 \text{ s}$ و $t_d = 0.75 \text{ s}$



شکل م-۴۱.۶

```

% Find total acceleration
for i=1:n1;
an(i)=an(i)+ug(i)*9.81;
end;
figure(1);
plot(s,u);
xlabel(' time (t) in seconds');
ylabel(' Response displacement (relative) u in m');
title(' dynamic response');
figure(2);
plot(s,v);
xlabel(' time (t) in seconds');
ylabel(' Response velocity (relative) v in m/sec');
title(' dynamic response');
figure(3);
plot(s,an);
xlabel(' time (t) in seconds');
ylabel(' Response acceleration (total) a in m/sec');
title(' dynamic response');
figure(4);
plot(s,ug);
xlabel(' time (t) in seconds');
ylabel(' ground acceleration / g');
title(' Elcentro NS');

```

م-۴۷.۶ یک سیکل کامل بارگذاری و باربرداری را برای رفتار چرخه‌ای الاستو-پلاستیک تشریح کنید.
حل

مرحله‌ی اول: بارگذاری الاستیک

قسمت oa در حالت $0 \leq u \leq u_{el}$ و $\dot{u} > 0$ که $u_{el} = \frac{R_m}{k}$. باربرداری متناظر با $\dot{u} < 0$ است. نیروی فنر $F_s = ku$.

مرحله‌ی دوم: بارگذاری پلاستیک

قسمت ab در حالت $u_{el} \leq u \leq u_{max}$ و $\dot{u} > 0$. نیروی فنر $F_s = R_m$.

مرحله‌ی سوم: باربرداری (بازگشت الاستیک)

قسمت bc در حالت $u_{max} - 2u_{el} \leq u \leq u_{max}$ و $\dot{u} < 0$. نیروی فنر $F_s = R_m - k(u_{max} - u)$.

مرحله‌ی چهارم: بارگذاری پلاستیک

قسمت cd در حالت $u_{min} \leq u \leq u_{max} - 2u_{el}$ و $\dot{u} < 0$. نیروی فنر $F_s = -R_m$.

مرحله‌ی پنجم: بارگذاری الاستیک

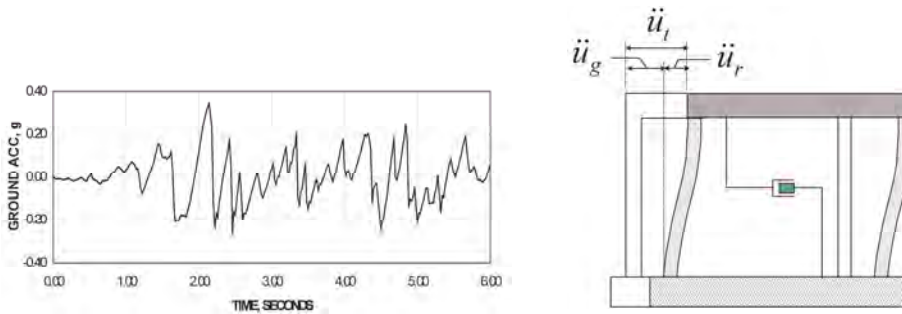
در شکل ۱۳.۷ مشاهده می‌شود که شتاب کل برابر است با حاصل جمع شتاب نسبی و شتاب زمین. یادآور می‌شود که معادله‌ی حرکت سیستم به صورت زیر است:

$$m[\ddot{u}_g(t) + \ddot{u}_r(t)] + c\dot{u}_r(t) + ku_r(t) = 0 \quad (۳.۷)$$

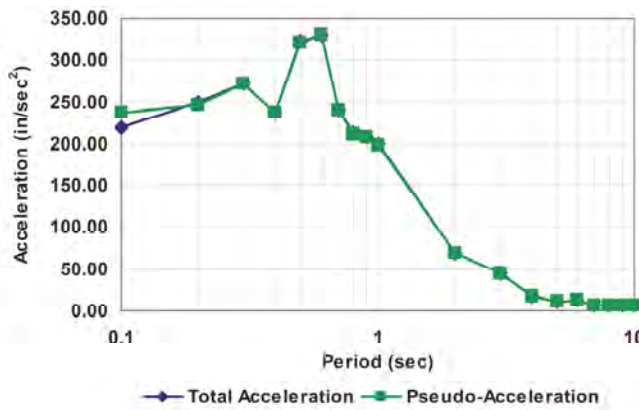
که می‌توان آن را به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$m\ddot{u}_r(t) + c\dot{u}_r(t) + ku_r(t) = -m\ddot{u}_g(t) \quad (۴.۷)$$

در شکل ۱۴.۷ تفاوت بین شبه‌شتاب و شتاب کل برای زلزله‌ی السترو و میرایی $\xi = 0.05$ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که غیر از پریودهای پایین (کمتر از ۰/۲ ثانیه) انطباق زیادی بین شتاب کل و شبه‌شتاب وجود دارد.



شکل ۱۳.۷ شتاب پی و سیستم



شکل ۱۴.۷ تفاوت اندک بین شتاب کل و شبه‌شتاب در پریودهای پایین

زندگی‌نامه‌ی بایوت



موریس آنتونی بایوت (MAURICE ANTHONY BIOT)

موریس آنتونی بایوت در ۲۵ مه ۱۹۰۵ در شهر Antwerp کشور بلژیک به دنیا آمد. در سال ۱۹۲۷ از دانشگاه Louvain مدرک کارشناسی فلسفه دریافت کرد. هم‌چنین در سال ۱۹۲۹ موفق به اخذ مدرک مهندسی معدن شد و نیز مهندسی برق را در سال ۱۹۳۰ دریافت کرد. در سال ۱۹۳۱ دکترای علوم را اخذ کرد. هم‌چنین در سال ۱۹۳۲ دکترای علوم هوانوردی (هوا-فضا) را از مؤسسه‌ی تکنولوژی کالیفرنیا دریافت کرد؛ در حالی که سه مورد از اولین اختراعات خود را ثبت کرده بود و بیش از ۱۰ اثر علمی چاپ کرده بود. سپس به فعالیت‌های دانشگاهی پرداخت: دانشگاه هاروارد (۱۹۳۴-۳۵)، دانشگاه Louvain (۳۷-۱۹۳۵)،

دانشگاه کلمبیا (۴۶-۱۹۳۷)، دانشگاه برون (۵۲-۱۹۴۶). در این سال‌ها او بیش از ۴۰ مقاله و ۲۰ گزارش مشاوره‌ای، چاپ کرد.

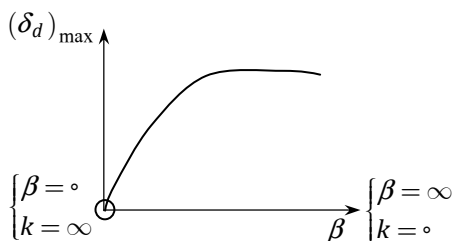
پس از سال ۱۹۵۲ بایوت عمدتاً تنها و به صورت انفرادی به عنوان مشاور برای نهادهای دولتی و آزمایشگاه‌های صنعتی کار می‌کرد. تعداد زیادی گزارش‌های مشاوره‌ای حاصل کار این دوران است. هم‌چنین به چاپ مقاله ادامه داد و بیش از ۱۷۰ مقاله به چاپ رساند.

بایوت موفق به اخذ مدال‌ها و جوایز متعددی شد. به عنوان مثال مدال تیموشنکو را از انجمن مهندسان مکانیک آمریکا دریافت کرد. هم‌چنین مدال فون کارمن از طرف انجمن مهندسان عمران آمریکا به وی اعطاء شد. بایوت در مجموع شش ثبت اختراع داشته است و هم‌چنین بیش از ۲۰ گزارش فنی که به صورت عمومی چاپ نشده است. هم‌چنین او سه کتاب تألیف کرده است. اولین کتاب او با عنوان «روش‌های ریاضی در مهندسی» است که با همکاری فون کارمن نگاشته شده است و در سال ۱۹۴۰ به چاپ رسیده است. این کتاب بعدها به ۹ زبان زنده دنیا ترجمه شد. تألیف بعدی او «مکانیک تغییرشکل‌های نرمی» در سال ۱۹۶۵ است. هم‌چنین اثر ارزشمند دیگری به نام «اصول تغییراتی در انتقال حرارت» در سال ۱۹۷۰ به چاپ رساند. لیست کتاب‌های بایوت:

Mathematical Methods in Engineering, (co-author Th. von Karman), McGraw-Hill Book Company, Inc., 505 pages, New York and London, 1940. Foreign translations have been published in the following languages: French, Spanish, Portuguese, Russian, Turkish, Japanese, Polish Hungarian, Italian.

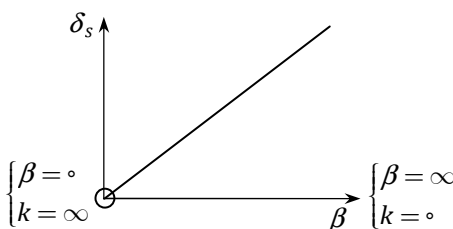


آنچه در طیف جابه‌جایی داریم، به صورت زیر است:



شکل م-۳.۳.۷

آیا با ضرب کردن طیف $\frac{(\delta_d)_{max}}{\delta_s}$ در طیف δ_s می‌توان به طیف جابه‌جایی رسید؟!



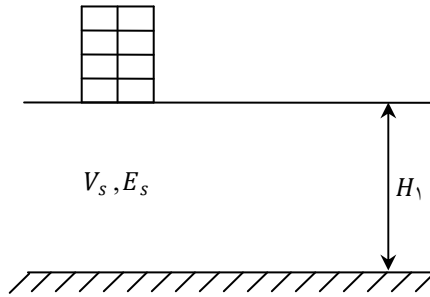
شکل م-۴.۳.۷

م-۴.۷ یک برنامه‌ی MATLAB بنویسید که طیف پاسخ برای انواع بارگذاری پالسی را تعیین کند.
حل

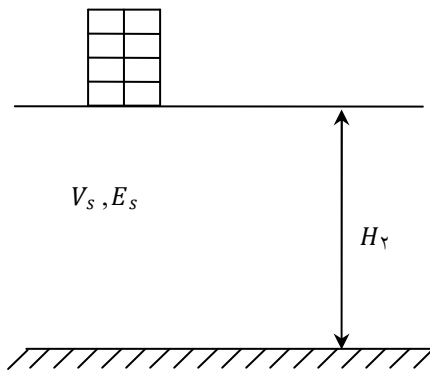
MATLAB program to find the response spectrum for any load pulse

```
%program for finding max dynamic response factor for given loading
% define damping ratios for which response is required
rho=[0 0.02 0.05 0.1 0.2]
for jj=1:5
zeta=rho(jj);
%define the fac=td/Tn= duration of loading / natural period
for ii=1:193
fac(ii)=0.03125*(ii-1);
td=0.1; %period of forcing function
% natural frequency of the system
wn=fac(ii)*2*pi/td;
% assume mass =1
m=1;
% find natural frequency of damped system
```

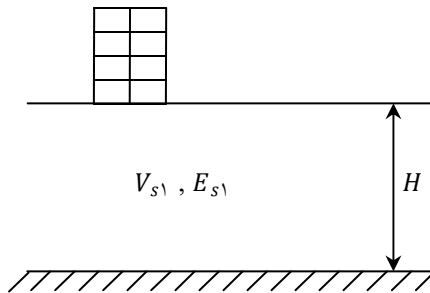
H_1 و H_2)، مطابق شکل‌های ۱.۸ و ۲.۸ در این حالت می‌توان به‌سادگی احساس کرد که خاک با عمق بیشتر، دارای نرمی بیشتری است و در نتیجه پریود آن بیشتر است. بنابراین با افزایش عمق خاک، پریود آن افزایش می‌یابد.
 اکنون مطابق شکل‌های ۳.۸ و ۴.۸ دو لایه خاک با ارتفاع یکسان ولی سختی (مدول یانگ) مختلف را در نظر بگیرید.



شکل ۱.۸ خاک یک‌لایه با عمق H_1



شکل ۲.۸ خاک یک‌لایه با عمق H_2



شکل ۳.۸ خاک نوع ۱

$$B = B_1 N \quad (۲۰.۸)$$

در این رابطه B_1 ضریب شکل طیف و N ضریب اصلاح طیف است. ضریب شکل طیف، B_1 ، با در نظر گرفتن بزرگ‌نمایی خاک در پیوندهای مختلف و میزان لرزه‌خیزی منطقه مشخص می‌شود. این ضریب با استفاده از روابط زیر تعیین می‌شود:

$$\begin{aligned} B_1 &= S_0 + (S - S_0 + 1)(T/T_0) & 0 \leq T \leq T_0 \\ B_1 &= S + 1 & T_0 \leq T \leq T_s \\ B_1 &= (S + 1)(T_s/T) & T > T_s \end{aligned} \quad (۲۱.۸)$$

T : زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان به ثانیه است. T_0 ، T_s ، S و S_0 : پارامترهایی هستند که به نوع زمین و میزان خطر لرزه‌خیزی منطقه وابسته‌اند. مقادیر این پارامترها در جدول ۲.۸ مشخص شده‌اند.

جدول ۲.۸ پارامترهای مربوط به طیف بازتاب

خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد		خطر نسبی کم و متوسط		T_s	T_0	نوع زمین
S_0	S	S_0	S			
۱	۱/۵	۱	۱/۵	۰/۴	۰/۱	I
۱	۱/۵	۱	۱/۵	۰/۵	۰/۱	II
۱/۱	۱/۷۵	۱/۱	۱/۷۵	۰/۷	۰/۱۵	III
۱/۱	۱/۷۵	۱/۳	۲/۲۵	۱/۰	۰/۱۵	IV

ضریب اصلاح طیف، N ، به شرح زیر تعیین می‌شود:
الف- برای پهنه‌های با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد:

$$\begin{aligned} N &= 1 & T < T_s \\ N &= \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 & T_s < T < 4 \text{ sec} \end{aligned} \quad (۲۲.۸)$$

$$N = 1/7 \quad T > 4 \text{ sec}$$

ب- برای پهنه‌های با خطر نسبی متوسط و کم:

$$\begin{aligned} N &= 1 & T < T_s \\ N &= \frac{0.4}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 & T_s < T < 4 \text{ sec} \end{aligned} \quad (۲۳.۸)$$

$$N = 1/4 \quad T > 4 \text{ sec}$$

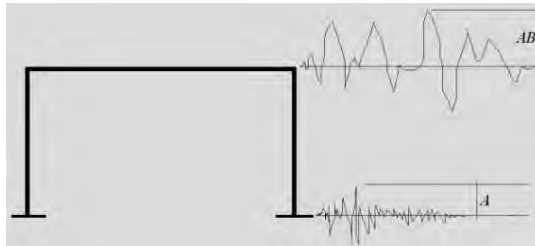
برای اطلاع از مبانی فلسفی این مباحث به دستنامه ۲۷ (جلد سوم تفسیر ۲۸۰۰) مراجعه شود.

مسائل تکمیلی

ضریب بازتاب و اثر خاک

م-۱.۸ مفهوم ضریب بازتاب چیست؟

پاسخ: نسبت شتاب بیشینه‌ی سازه به شتاب بیشینه‌ی زلزله. اگر شتاب بیشینه‌ی زلزله A باشد، شتاب بیشینه‌ی سازه $A.B$ خواهد بود.



شکل م-۱.۸ همان ضریب بازتاب است.

م-۲.۸ فلسفه‌ی تعریف ضریب بازتاب چیست؟

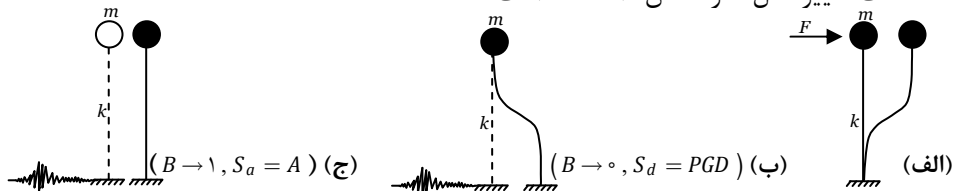
پاسخ ارتباط منطقی بر پایه‌ی تئوری ارتعاشات بین بحرانی‌ترین حالت تحریک با بحرانی‌ترین حالت پاسخ.

م-۳.۸ تعریف دقیق ضریب بازتاب در آیین‌نامه چیست؟

پاسخ: نسبت بین شتاب سازه به شتاب تحریک در سنگ بستر زیر سازه.

م-۴.۸ چرا در پیوندهای بسیار پایین (سازه‌های بسیار سخت) مقدار ضریب بازتاب مساوی واحد است؟

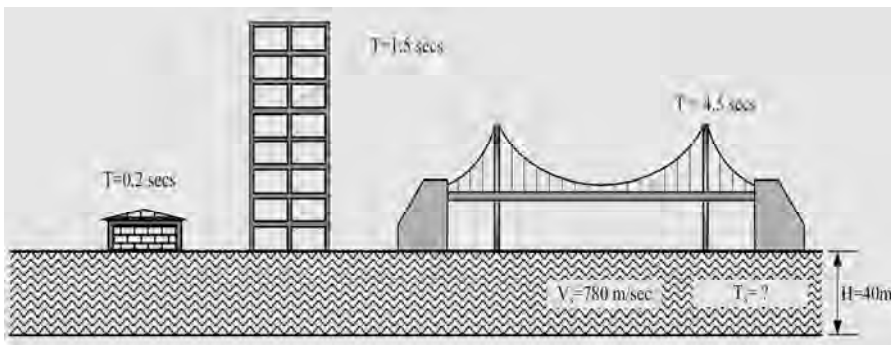
پاسخ زیرا اگر سازه، بسیار سخت باشد، بدون این که در ستون‌ها تغییرشکل نسبی رخ دهد، کل سازه با زمین جابه‌جا می‌شود. در صورتی که سازه نرم باشد، وقتی که زمین جابه‌جا می‌شود، پای ستون نسبت به بالای آن همراه زمین جابه‌جا می‌شود در حالی که جرم سازه تقریباً ثابت می‌ماند و نیروی ایجادشده در سازه متناسب با تغییرمکان نسبی در ستون است. در صورت سخت بودن سازه، شتاب کل سازه با شتاب زمین مساوی است، در نتیجه مقدار ضریب بازتاب مساوی واحد است. در شکل صفحه بعد سه حالت تغییرشکل سازه نشان داده شده است.



شکل م-۴.۸ تغییرشکل سازه (الف) تحت بار استاتیکی، تغییرشکل تحت بار زلزله، (ب) سازه‌ی بسیار نرم، (ج) سازه‌ی بسیار سخت

تمرین‌ها

- ت-۱.۸ پرپود خاک چگونه تعیین می‌شود؟
- ت-۲.۸ ضریب بازتاب نشان‌دهنده‌ی چیست؟
- ت-۳.۸ لزوم وابستگی ضریب بازتاب به شدت زلزله را شرح دهید.
- ت-۴.۸ رفتار سازه‌های بسیار سخت و بسیار نرم در زلزله چگونه است؟
- ت-۵.۸ مقدار طیف بازتاب در پرپودهای بالا و پایین چقدر است؟
- ت-۶.۸ در شکل زیر پرپود خاک را مشخص کنید.



شکل ت-۶.۸ مشخصات خاک

- ت-۷.۸ قرار است بحرانی‌ترین طبقه از یک ساختمان ده طبقه، به‌صورت سازه تمام مقیاس یک طبقه بر روی میز لرزان تست شود. چه نکاتی در فرایند این آزمایش باید لحاظ شود.
- ت-۸.۸ روابط تعیین ضریب بازتاب را در ویرایش‌های سوم و چهارم استاندارد ۲۸۰۰ با هم مقایسه کنید (برای آگاهی بیشتر از فلسفه ضریب بازتاب به جلد سوم تفسیر استاندارد ۲۸۰۰، دستنامه ۲۷ مراجعه شود).

۵.۹ تحلیل ارتعاش اجباری سیستم چنددرجه‌آزادی میرا

معادله‌ی حرکت سیستم چنددرجه‌آزادی میرا تحت نیروی خارجی به صورت زیر است:

$$M\ddot{U} + \dot{C}U + KU = F(t) \quad (۳۳.۹)$$

با استفاده از تبدیل مختصات به صورت:

$$U = \Phi Y \quad (۳۴.۹)$$

معادله‌ی حرکت به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$M\Phi\ddot{Y} + C\Phi\dot{Y} + K\Phi Y = F(t) \quad (۳۵.۹)$$

با ضرب طرفین معادله‌ی بالا در Φ^T ، معادله‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\Phi^T M \Phi \ddot{Y} + \Phi^T C \Phi \dot{Y} + \Phi^T K \Phi Y = \Phi^T F(t) \quad (۳۶.۹)$$

با توجه به شرایط تعامد، معادلات غیردرگیر به صورت زیر هستند:

$$\begin{bmatrix} m_1^* & & \\ & m_2^* & \\ & & m_3^* \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{y}_1 \\ \ddot{y}_2 \\ \ddot{y}_3 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1^* & & \\ & c_2^* & \\ & & c_3^* \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \\ \dot{y}_3 \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1^* & & \\ & k_2^* & \\ & & k_3^* \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} f_1^*(t) \\ f_2^*(t) \\ f_3^*(t) \end{Bmatrix} \quad (۳۷.۹)$$

معادله‌ی بالا را می‌توان به صورت مجزا برای هر یک از مدها به صورت زیر نوشت:

$$\text{Mode ۱} \quad m_1^* \ddot{y}_1 + c_1^* \dot{y}_1 + k_1^* y_1 = f_1^*(t) \quad (۳۸.۹)$$

$$\text{Mode ۲} \quad m_2^* \ddot{y}_2 + c_2^* \dot{y}_2 + k_2^* y_2 = f_2^*(t) \quad (۳۹.۹)$$

$$\text{Mode ۳} \quad m_3^* \ddot{y}_3 + c_3^* \dot{y}_3 + k_3^* y_3 = f_3^*(t) \quad (۴۰.۹)$$

۱۰.۹ روش استاتیکی معادل

مقدار جرم مؤثر مد اول $M = W/g$ فرض می‌شود. با استفاده از طیف طرح مانند شکل ۴۲.۹ مقدار شتاب کل در پریود اصلی سازه (T_1) را تعیین می‌کنیم. مقدار برش پایه برابر است با:

$$V_B = (S_{a1}g)M = (S_{a1}g)\frac{W}{g} = S_{a1}W$$

با فرض خطی بودن مد اول مطابق شکل ۴۳.۹، نیروی هر طبقه به صورت زیر است:

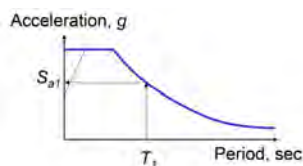
$$f_x(t) = \frac{h_x}{h} d_r(t) \omega_1^2 \frac{W_x}{g}$$

برش پایه برابر است با:

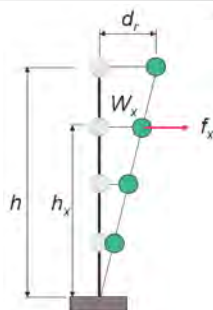
$$V_B(t) = \sum_{i=1}^{nstories} f_i(t) = \frac{d_r(t) \omega_1^2}{hg} \sum_{i=1}^{nstories} h_i W_i$$

نسبت نیروی هر طبقه به برش پایه مساوی است با:

$$\frac{f_x(t)}{V_B(t)} = \frac{h_x W_x}{\sum_{i=1}^{nstories} h_i W_i}$$



شکل ۴۲.۹ طیف طرح برای میرایی ۵٪



شکل ۴۳.۹ تغییر شکل جانبی در مد اول خطی و نیروی طبقه‌ی X



برش پایه برابر است با:

$$V = C_S W \quad (۷۹.۹)$$

ضریب برش پایه در منطقه‌ی ۱:

$$C_S = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

ضریب برش پایه در منطقه‌ی ۲:

$$C_S = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)} \quad (۸۰.۹)$$

R ضریب رفتار (کاهش نیرو به علت رفتار غیرخطی) و I ضریب اهمیت است. نیروی جانبی طبقه‌ی X برابر است با:

$$F_x = C_{Vx} V \quad (۸۱.۹)$$

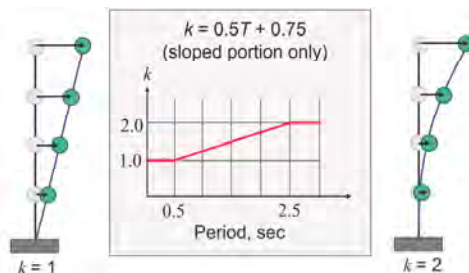
که در آن:

$$C_{Vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i^k} \quad (۸۲.۹)$$

ASCE 7-05 برای در نظر گرفتن اثر مدهای بالاتر توان k را پیشنهاد داده است:

$$k = 0.5T + 0.75$$

که T پریود اصلی ساختمان است. در شکل ۴۸.۹ تابع k و شکل توزیع نیرو برای دو مقدار $k = 1$



شکل ۴۸.۹ تابع k و شکل توزیع نیرو برای دو مقدار $k = 1$ و $k = 2$

$$\begin{bmatrix} a_{11}m_1 - \lambda & a_{12}m_2 & a_{13}m_3 \\ a_{21}m_1 & a_{22}m_2 - \lambda & a_{23}m_3 \\ a_{31}m_1 & a_{32}m_2 & a_{33}m_3 - \lambda \end{bmatrix} \{\varphi\} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

در معادله‌ی بالا $\lambda = \frac{1}{\omega^2}$ است.

معادله‌ی مشخصه به صورت زیر در می‌آید:

$$\begin{vmatrix} a_{11}m_1 - \lambda & a_{12}m_2 & a_{13}m_3 \\ a_{21}m_1 & a_{22}m_2 - \lambda & a_{23}m_3 \\ a_{31}m_1 & a_{32}m_2 & a_{33}m_3 - \lambda \end{vmatrix} = 0$$

اگر ریشه‌ها را به صورت $\lambda_1 = \frac{1}{\omega_1^2}$ ، $\lambda_2 = \frac{1}{\omega_2^2}$ و $\lambda_3 = \frac{1}{\omega_3^2}$ در نظر بگیریم، می‌توان نوشت:

$$\frac{1}{\omega_1^2} + \frac{1}{\omega_2^2} + \frac{1}{\omega_3^2} = a_{11}m_1 + a_{22}m_2 + a_{33}m_3$$

(حاصل جمع ریشه‌ها مساوی است با مجموع اعضای قطری)

از آن جا که:

$$\omega_1^2 < \omega_2^2 < \omega_3^2$$

اکنون می‌توان نوشت:

$$\frac{1}{\omega_1^2} \cong a_{11}m_1 + a_{22}m_2 + a_{33}m_3$$

در نتیجه مقدار $\frac{1}{\omega_1^2}$ را بیش‌تر از مقدار واقعی تخمین زده‌ایم. پس ω_1^2 کران پایینی فرکانس اصلی

سازه است. با تعریف $a_{ii}m_i = \omega_{ii}^2$ می‌توان نوشت:

$$\frac{1}{\omega_1^2} \cong \frac{1}{\omega_{11}^2} + \frac{1}{\omega_{22}^2} + \frac{1}{\omega_{33}^2}$$

(ω_{ii}^2 مربوط به تأثیر جرم m_i است در حالی که سایر جرم‌ها حذف شده باشند.)

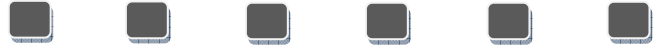
م-۱۷.۹ مطابق پیوست ۴ استاندارد ۲۸۰۰ مقدار پریود برای جرم متمرکز واقع در انتهای طره‌ی لاغر

(بدون جرم) به ارتفاع h از رابطه‌ی $T = 2\pi \sqrt{\frac{mh^3}{3EI}}$ که در آن EI سختی خمشی طره و m

جرم متمرکز است. هم‌چنین در حالتی که طره به صورت منشوری و مقطع آن یکنواخت باشد

مقدار پریود از رابطه‌ی $T = 1.79h^2 \sqrt{\frac{\mu}{EI}}$ به دست می‌آید که μ جرم واحد طول منشور است.

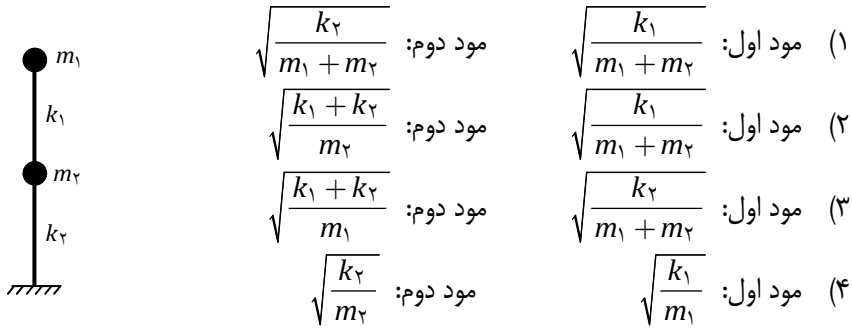
اکنون با استفاده از معادله‌ی دانکرلی مقدار پریود طره‌ی منشور به جرم واحد طول μ که دارای



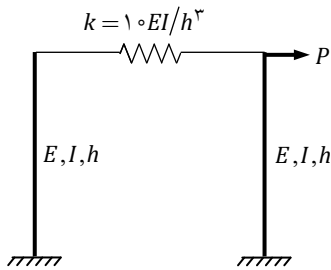
پیوست

نمونه امتحان

۱- یک ساختمان دو طبقه طوری است که سختی طبقه پایین آن خیلی بیش تر از سختی طبقه بالا می باشد ($k_2 \gg k_1$). جرم طبقات تقریباً مساوی است. فرکانس های موده های اول و دوم چقدر هستند؟

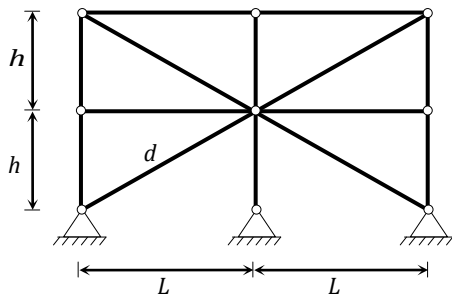


۲- سختی معادل سیستم روبه رو چقدر است؟



$\frac{69}{13} \frac{EI}{h^3}$	(۱)
$\frac{16}{h^3} EI$	(۲)
$\frac{34}{h^3} EI$	(۳)
$\frac{144}{17} \frac{EI}{h^3}$	(۴)

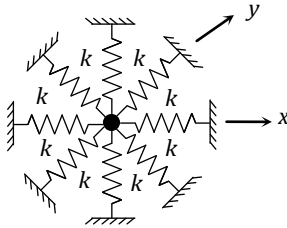
۳- در سازه ۲ طبقه زیر، مؤلفه k_{11} در ماتریس سختی چقدر است؟ سطح مقطع تمام بادبندها: A و از تغییر شکل محوری تیرها و ستون ها صرف نظر می شود. مدول یانگ: E .



$\frac{2AEL^2}{d^3}$	(۱)
$\frac{4AEL^2}{d^3}$	(۲)
$\frac{4AE}{d} \frac{L^2}{h^2}$	(۳)
$\frac{2AE}{d} \frac{h^2}{L^2}$	(۴)

۴- پیرو سیستم زیر در راستاهای x و y چه قدر است؟

فکرها به صورت مورب با افق زاویه 45° می سازند، جرم متمرکز مساوی m است.



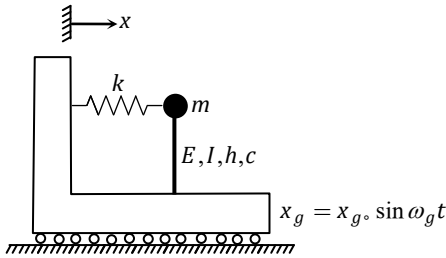
$$T_x = T_y = \pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (۱)$$

$$T_x = T_y = \pi \sqrt{\frac{m}{\sqrt{2}k}} \quad (۲)$$

$$T_x = T_y = \pi \sqrt{\frac{\sqrt{2}m}{k}} \quad (۳)$$

$$T_x = \sqrt{\sqrt{2}} T_y = \pi \sqrt{\frac{m}{\sqrt{2}k}} \quad (۴)$$

۵- معادله حرکت جرم m چیست؟



$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = -mx_{g_0} \sin \omega_g t \quad (۱)$$

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + \left(k + \frac{\sqrt{3}EI}{h^3}\right) = -mx_{g_0} \sin \omega_g t \quad (۲)$$

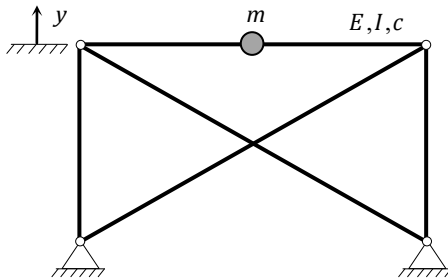
$$m\ddot{x} + c\dot{x} + \left(k + \frac{\sqrt{3}EI}{h^3}\right) = mx_{g_0} \omega_g^2 \sin \omega t \quad (۳)$$

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + \left(k + \frac{\sqrt{3}EI}{h^3}\right) = -m\omega_g \ddot{x}_g \quad (۴)$$

۶- در وسط یک تیر پیوسته به طول L (بدون جرم) یک جرم متمرکز به اندازه m وجود دارد.

تمام اتصالات سازه مفصلی است. اگر شتاب قائم زلزله، \ddot{x}_g باشد، معادله حرکت m با دقت

قابل قبول در راستای قائم چیست؟



$$m\ddot{y} + c\dot{y} + \frac{24EI}{L^3} = -m\ddot{y}_g \quad (1)$$

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + \frac{48EI}{L^3} = -m\ddot{y}_g \quad (2)$$

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + \frac{6EI}{L^3} = -m\ddot{y}_g \quad (3)$$

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + \frac{12EI}{L^3} = m\ddot{y}_g \quad (4)$$

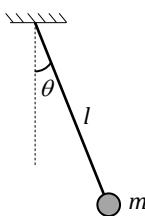
۷- معادله دیفرانسیل غیرخطی سیستمی به صورت $m\ddot{x} + c_1\dot{x} + c_2\dot{x}|\dot{x}| + kx = F_0 \sin \omega t$ می‌باشد. آیا می‌توان پاسخ حالت مانای این سیستم را با دقت خوبی به روش تحلیلی به دست آورد؟

(۱) خیر- به علت غیرخطی بودن شدید باید از روش عددی مثلاً بتا- نیومارک استفاده شود.

(۲) بله- البته اگر $c_2 \ll c_1$ باشد.

(۳) بله- البته اگر c_2 منفی باشد.

(۴) بله- در تمام مقادیر c_1 و c_2 .



۸- اگر در آونگ، مقدار تغییر شکل θ ، کوچک نباشد، پریود چه قدر است؟

$$\sqrt{\frac{g}{l}} \quad (1)$$

$$\sqrt{\frac{g}{l}} \text{ کم تر از} \quad (2)$$

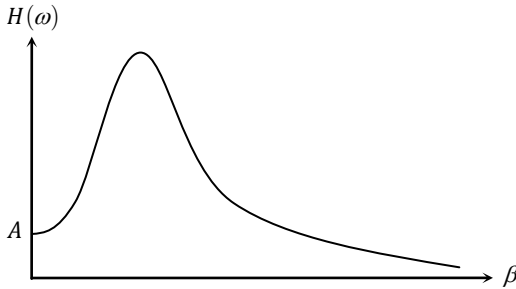
$$\sqrt{\frac{g}{l}} \text{ بیش تر از} \quad (3)$$

(۴) باید محاسبه شود، معلوم نیست.

۹- تابع تبدیل فرکانس یک سیستم یک درجه آزادی به شکل زیر است. ω فرکانس سیستم

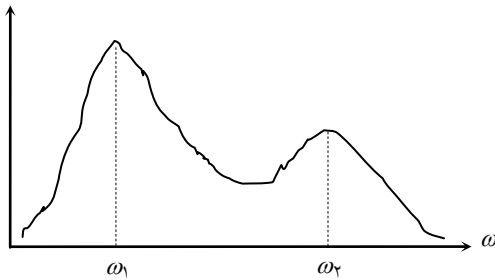
$$\text{و } \bar{\omega} \text{ فرکانس تحریک است و } \beta = \frac{\bar{\omega}}{\omega}.$$

کدام جمله درست است؟



- (۱) در نقطه A ممکن است بارگذاری خارجی به صورت استاتیکی باشد و یا سازه بسیار انعطاف پذیر باشد.
- (۲) در نقطه A یا سازه صلب است و یا بارگذاری، حالت استاتیکی دارد.
- (۳) در $\beta \rightarrow \infty$ بارگذاری حالت استاتیکی دارد و یا سازه صلب است.
- (۴) در $\beta \rightarrow \infty$ بارگذاری حالت ضربه‌ای دارد و یا سازه بسیار صلب است.

۱۰- اگر تابع تبدیل فرکانسی (فوریه) برای یک سیستم ارتعاشی به صورت زیر باشد (برای یکی از درجات آزادی مشخص از سیستم) آن گاه کدام جمله درست است؟



- (۱) فرکانس درجه آزادی مربوطه ω_1 و فرکانس تحریک ω_2 است.
- (۲) فرکانس درجه آزادی مربوطه ω_2 و فرکانس یکی دیگر از درجات آزادی ω_1 است.
- (۳) فرکانس تحریک بیش تر از فرکانس سیستم است.
- (۴) ممکن است هر دو گزینه ۱ و ۲ صحیح باشد.

۱۱- دو ساخت گاه متفاوت یکی دارای سرعت موج برشی $V_s = 300$ با عمق خاک $H = 100m$ تا سنگ بستر (ساخت گاه ۱) و دیگری دارای سرعت موج برشی $V_s = 600$ با

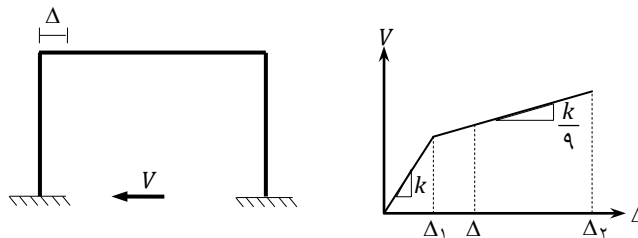


عمق خاک $H = 200m$ تا سنگ بستر است (ساخت گاه ۲). نسبت پریود خاک ساخت گاه ۱ به ساخت گاه ۲ چه قدر است؟

- (۱) $\sqrt{3}$
 (۲) ۲
 (۳) ۴
 (۴) ۱

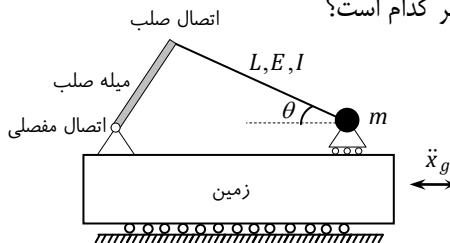
- ۱۲- در خصوص فرکانس‌های یک ساختمان برشی N طبقه کدام جمله درست است؟
 (۱) ممکن است یکی از فرکانس‌های سازه با فرکانس یک مود دیگر یکسان باشد.
 (۲) حتماً وزن مود اول بیش از ۹۰٪ است.
 (۳) سازه دارای N فرکانس مثبت غیریکسان خواهد بود.
 (۴) اختلاف فرکانس اول با فرکانس N حداکثر ۲ برابر فرکانس اول است.

۱۳- منحنی ظرفیت جانبی یک قاب به صورت شکل زیر است. هنگامی که $\Delta_1 < \Delta < \Delta_2$ قرار دارد. کدام جمله درست است؟



- (۱) در این حالت پریود $\frac{1}{3}$ پریود حالت الاستیک است.
 (۲) در این حالت پریود ۳ برابر پریود حالت الاستیک است.
 (۳) در این حالت پریود مقداری بیش‌تر از پریود حالت الاستیک است.
 (۴) در این حالت پریود سازه مساوی صفر است.

۱۴- معادله دیفرانسیل حرکت سیستم زیر کدام است؟



$$m\ddot{x} + \left(\frac{3EI}{L^3} \cot \theta\right) x = +m\ddot{x}_g \quad (1)$$

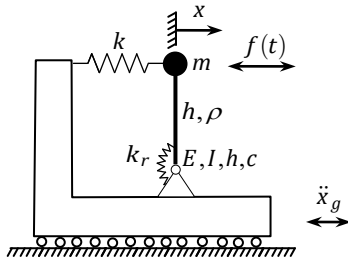
$$m\ddot{x} + \left(\frac{3EI}{L^3} \tan \theta\right) x = -m\ddot{x}_g \quad (2)$$

$$m\ddot{x} + \left(\frac{6EI}{L^3} \tan \theta\right) x = -m\ddot{x}_g \quad (3)$$

$$m\ddot{x} + \left(\frac{6EI}{L^3} \cos \theta\right) x = -m\ddot{x}_g \quad (4)$$

۱۵- معادله دیفرانسیل حرکت سیستم زیر کدام است؟

جرم واحد طول ستون: $\rho = \frac{m}{\Delta h}$ و $k_r = \Delta kh^2$



$$m\ddot{x} + \Delta kx = -\rho m\ddot{x}_g - \rho f(t) \quad (1)$$

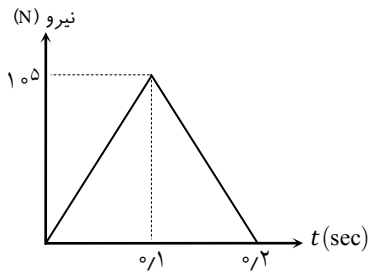
$$\frac{\rho}{\Delta} m\ddot{x} + \frac{\rho}{\Delta} kx = \frac{\rho}{\Delta} m\ddot{x}_g - f(t) \quad (2)$$

$$\frac{\rho}{\Delta} m\ddot{x} + \frac{\rho}{\Delta} kx = -m\ddot{x}_g + f(t) \quad (3)$$

$$\frac{\rho}{\Delta} m\ddot{x} + \rho kx = -\rho m\ddot{x}_g + f(t) \quad (4)$$

۱۶- منحنی ضربه وارده به یک سازه با پریود $T = 2 \text{ sec}$ به صورت زیر است. اگر سختی

سازه 10^7 N/m باشد، جابه‌جایی بیشینه سازه تحت این ضربه چه قدر است؟



$$\frac{2\pi}{10^3} \quad (1)$$

$$\frac{\pi}{2 \times 10^3} \quad (2)$$

$$\frac{\pi}{10^3} \quad (3)$$

$$\frac{\pi^2}{10^3} \quad (4)$$

۱۷- در یک زلزله، تعداد زیادی از خرپشته‌ها کاملاً ویران شده و کل سازه کاملاً سالم مانده

است. کدام جمله درست است؟

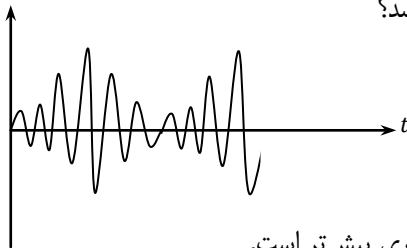


- (۱) ممکن است نسبت جرم خرپشته به سختی آن مساوی جرم کل سازه به سختی معادل کل سازه باشد.
- (۲) حتماً اشکالات اجرایی در تراز خرپشته وجود دارد.
- (۳) محتوای فرکانسی زلزله طوری بوده که فقط طبقه خرپشته را تحریک شدید می کرده است.
- (۴) بارگذاری نیروی شلاقی در خرپشته قرار داده نشده است.

۱۸- در مدل سازی میرایی برای سیستم ارتعاشی ساختمان تحت بار زلزله، کدام جمله درست است؟

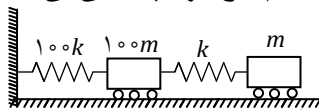
- (۱) بهترین مدل سازی این است که میرایی به صورت لزج ($C\dot{X}$) مدل شود.
- (۲) مدل سازی میرایی به صورت اصطکاک خشک، واقعی تر است.
- (۳) چون رفتار غیرخطی سازه به صورت میرایی چرخه‌ای است، هیچ یک از مدل‌های میرایی لزج و یا اصطکاک خشک، مناسب نیستند.
- (۴) میرایی سازه همواره ترکیبی از میرایی‌های لزج، چرخه‌ای و اصطکاک خشک است.

۱۹- پاسخ یک سیستم ارتعاشی به تحریک معینی به صورت زیر است. در خصوص فرکانس سیستم و تحریک کدام جمله نمی‌تواند درست باشد؟



- (۱) فرکانس سیستم اندکی از فرکانس بارگذاری بیش تر است.
- (۲) فرکانس سیستم اندکی از فرکانس بارگذاری کم تر است.
- (۳) فرکانس سیستم با فرکانس تحریک برابر است، ولی میرایی سیستم زیاد است.
- (۴) سیستم میرایی ندارد و یا میرایی آن اندک است.

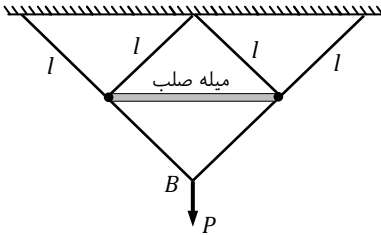
۲۰- سیستم دو درجه آزادی زیر را در نظر بگیرید. اگر فنر k از سیستم قطع شود، چه اتفاقی می‌افتد؟



- (۱) ممکن است پاسخ سیستم شدیداً افزایش یابد.
- (۲) از آن جا که جرم سیستم کاهش می‌یابد، پاسخ آن نیز کاهش می‌یابد.
- (۳) چون سختی k در مقایسه با $100k$ ناچیز است، با حذف سختی k پاسخ سیستم تغییر قابل ملاحظه‌ای نمی‌کند.

(۴) شتاب جرم $100m$ اندکی افزایش می‌یابد.

۲۱- در شکل زیر سطح مقطع تمام میله‌ها مساوی A است. طول میله l و مدول یانگ E می‌باشد. سختی معادل سیستم چه قدر است؟ نیروی P در نقطه B وارد شود.



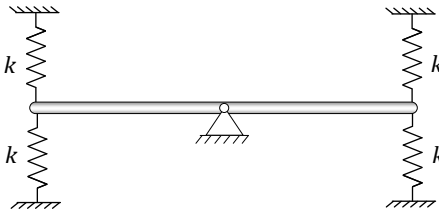
$$(1) \frac{AE}{L}$$

$$(2) \frac{2AE}{L}$$

$$(3) \frac{3AE}{L}$$

$$(4) \frac{2AE}{3L}$$

۲۲- میله‌ای به طول $2L$ و جرم m در قسمت میانی روی یک تکیه‌گاه مفصلی است و چهار فنر با سختی k به آن متصل هستند. فرکانس سیستم چه قدر است؟



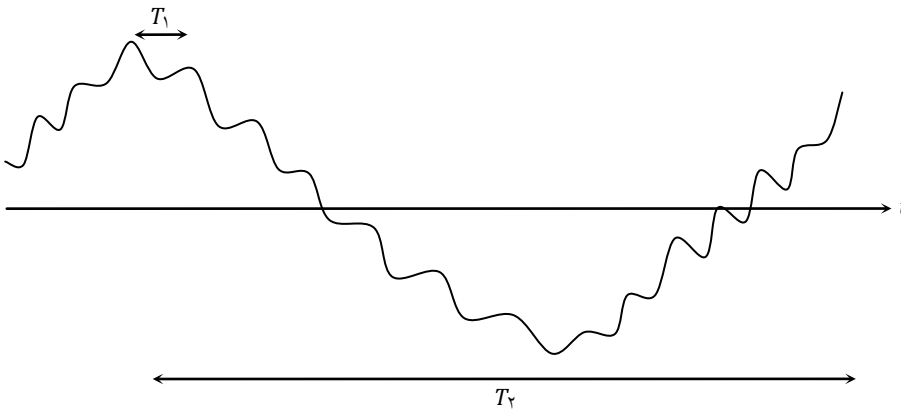
$$(1) 4\sqrt{\frac{3k}{m}}$$

$$(2) \sqrt{\frac{3k}{m}}$$

$$(3) \sqrt{\frac{3k}{2m}}$$

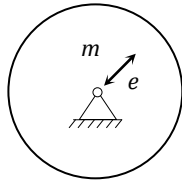
$$(4) 2\sqrt{\frac{3k}{m}}$$

۲۳- پاسخ ارتعاشی یک سیستم به صورت مقابل است. این سیستم دارای چه ویژگی می‌باشد؟



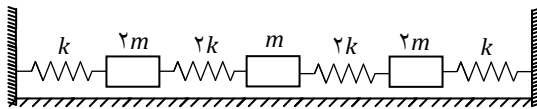
- (۱) سیستم دو درجه آزادی که پریود مود اول T_1 و پریود مود دوم T_2 است و تحت تحریک اجباری قرار دارد.
- (۲) سیستم دو درجه آزادی که پریود مود اول T_1 و پریود مود دوم T_2 است و تحت ارتعاش آزاد قرار دارد.
- (۳) سیستم یک درجه آزادی با پریود T_1 و تحت تحریک اجباری با پریود T_2 .
- (۴) سیستم یک درجه آزادی با پریود T_2 تحت ارتعاش آزاد.

۲۴- یک دیسک به جرم m حول مرکز خود دوران می‌کند. مرکز جرم به اندازه e از مرکز دیسک خروج از محوریت دارد (نامیزانی یا غیربالانسی)، اگر معادله دیفرانسیل حرکت به صورت $m\ddot{r} + c\dot{r} + (k - m\dot{\theta}^2)r = F \cos(\omega t - \theta)$ باشد چه قدر است؟



- (۱) $me^2\omega$
- (۲) $me\omega^2$
- (۳) $me^2\omega^2$
- (۴) $me\omega$

۲۵- یکی از فرکانس‌های طبیعی سیستم زیر چقدر است؟



- (۱) $\sqrt{\frac{k}{m}}$
- (۲) $\frac{2}{5}\sqrt{\frac{k}{m}}$
- (۳) $\sqrt{\frac{3k}{m}}$
- (۴) $\sqrt{\frac{1}{5}\frac{k}{m}}$

۲۶- در چه صورتی ترکیب 100° و 30° برای دو جهت زلزله در مورد ستون‌های موجود در محل دو یا چند سیستم مقاوم باریب جانبی، ضروری نمی‌باشد؟

- (۱) همواره ضروری است.
- (۲) چنانچه بار محوری ناشی از اثر زلزله، در ستون در هر یک از دو امتداد موردنظر کمتر از 20% درصد بار محوری مجاز ستون باشد.
- (۳) چنانچه بار محوری ناشی از اثر زلزله در ستون در هر یک از دو امتداد مورد نظر کمتر از 25% درصد بار محوری مجاز ستون باشد.

۴) چنانچه بار محوری ناشی از اثر زلزله در ستون در هر یک از دو امتداد مورد نظر کمتر از ۳۰ درصد بار محوری مجاز ستون باشد.

- ۲۷- آیا مقدار ضریب بازتاب باید در خاک‌های نرم، بیش‌تر از خاک‌های سخت باشد؟ چرا؟
- ۱) بله. زیرا خاک نرم، دامنه حرکت موجود در سنگ بستر را بیش‌تر از خاک سخت، تقویت می‌کند.
 - ۲) بله. زیرا پریود خاک نرم بیش‌تر از خاک سخت است.
 - ۳) بله. زیرا خاک نرم هنگام زلزله نشست می‌کند.
 - ۴) خیر. زیرا لرزش در خاک سخت بیش‌تر از خاک نرم است، چون فرکانس بیش‌تر یا پریود کم‌تری نسبت به خاک نرم دارد.

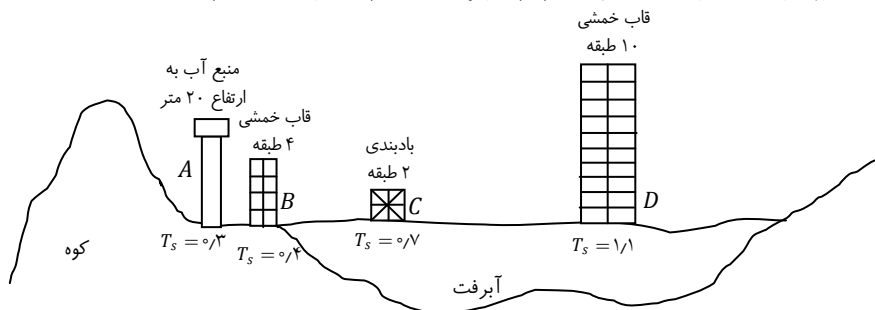
۲۸- در انتقال حرکت زلزله در سنگ بستر به سطح زمین چه اتفاقاتی رخ می‌دهد؟

- ۱) فرکانس حرکت بیش‌تر و دامنه حرکت کم‌تر می‌شود.
- ۲) پریود حرکت بیش‌تر و دامنه حرکت تغییر زیادی نمی‌کند.
- ۳) پریود و دامنه حرکت هر دو بیش‌تر می‌شود.
- ۴) پریود حرکت بیش‌تر می‌شود ولی دامنه حرکت ممکن است کم‌تر یا بیش‌تر شود.

۲۹- در انتقال حرکت زلزله از پای سازه به بام چه اتفاقاتی رخ می‌دهد؟

- ۱) دامنه حرکت بیش‌تر و فرکانس حرکت کم‌تر می‌شود.
- ۲) فرکانس حرکت هیچ تغییری نمی‌کند ولی دامنه حرکت بیش‌تر می‌شود.
- ۳) دامنه حرکت ممکن است کم‌تر یا بیش‌تر شود و محتوای فرکانس نیز تغییر می‌کند.
- ۴) حتماً دامنه حرکت کم‌تر می‌شود ولی پریود حرکت ممکن است کم‌تر یا بیش‌تر شود.

۳۰- در شکل زیر، پریود خاک هر ساخت‌گاه با T_s نشان داده شده است. بیش‌ترین تأثیرپذیری در زلزله به کدام سازه(ها) مربوط است؟ (از نظر ساخت‌گاه)



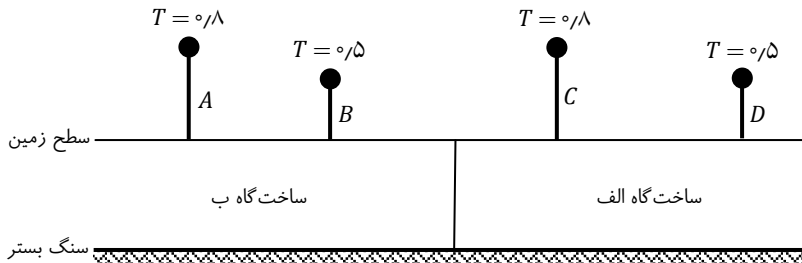


- D, A (۱)
- D, B (۲)
- C, A (۳)
- B, A (۴)

۳۱- مهم‌ترین عامل در رفتار مناسب لرزه‌ای یک ساختمان چیست؟

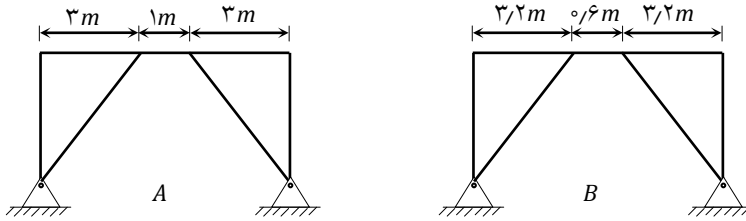
- (۱) شکل‌پذیری، زیرا قابلیت تحمل تغییرشکل‌های غیرخطی در زلزله‌های بزرگ باعث جلوگیری از تلفات جانی می‌شود.
- (۲) مقاومت و شکل‌پذیری، زیرا هر چه مقاومت جانبی بیش‌تر باشد، علاوه‌بر کاهش شکل‌پذیری نیاز، می‌تواند زلزله‌های شدیدتری را تحمل کند.
- (۳) سختی و شکل‌پذیری، زیرا سختی باعث کنترل و کاهش تغییرشکل‌ها می‌شود و علاوه بر کاهش شکل‌پذیری نیاز، برش پایه را نیز کم می‌کند.
- (۴) هیچ کدام

۳۲- در یک منطقه وسیع مسکونی دو نوع ساخت‌گاه وجود دارد. ساخت‌گاه الف با پریود ۰/۵ ثانیه و ساخت‌گاه ب با پریود ۰/۸ ثانیه. اگر در فاصله ۴۰ کیلومتری از این منطقه مسکونی زلزله رخ دهد، بیش‌ترین و کم‌ترین تأثیر روی کدام سازه‌هاست؟



- (۱) بیش‌ترین اثر A ، کم‌ترین اثر B .
- (۲) بیش‌ترین اثر A ، کم‌ترین اثر D .
- (۳) بیش‌ترین اثر A ، کم‌ترین اثر C .
- (۴) بیش‌ترین اثر D ، کم‌ترین اثر B .

۳۳- سختی در دو دهانه زیر چه تفاوتی با هم دارند؟



۱) تفاوت ناچیز است.

۲) سختی B خیلی بیش تر از سختی A است.

۳) سختی B حدود ۱/۵ برابر سختی A است.

۴) سختی هر دو یکسان است.

۳۴- اگر بخواهیم برهم کنش خاک را با سازه لحاظ کنیم، پریود سازه و درز انقطاع چه تغییراتی می کنند؟

۱) پریود زیادتر می شود و درز انقطاع کاهش می یابد.

۲) هر دو بیش تر می شود.

۳) هر دو کم تر می شود.

۴) درز انقطاع بیش تر می شود ولی پریود کاهش می یابد.

۳۵- علت وجود نیروی شلاقی چیست و آیا روش دیگری به جای در نظر گرفتن آن وجود دارد؟

۱) در نظر گرفتن اثر مودهای بالاتر - روش جایگزین ندارد.

۲) در نظر گرفتن جرم خرپشته - روش جایگزین دارد.

۳) در نظر گرفتن اثر مودهای بالاتر - روش جایگزین دارد.

۴) در نظر گرفتن اثر مودهای بالاتر و افزودن برش پایه - روش جایگزین دارد.

۳۶- در بارگذاری لرزه ای چه پارامترهایی در نظر گرفته می شود؟

۱) جرم و سختی سازه - نرمی و سختی خاک.

۲) جرم سازه - نرمی و سختی خاک - شدت لرزه ای منطقه.

۳) جرم و سختی سازه - نرمی و سختی خاک - شدت لرزه ای منطقه.

۴) جرم سازه - نرمی و سختی خاک - ضریب بازتاب.

۳۷- برش پایه در یک سیستم با معادله دیفرانسیل $m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = -m\ddot{x}_g$ که \ddot{x}_g

شتاب پایه است، چه قدر می باشد؟



- (۱) $m\ddot{x}$
 (۲) $m\ddot{x} + c\dot{x}$
 (۳) $c\dot{x} + kx$
 (۴) kx

۳۸- آیا معادله حرکت سازه تحت تحریک زلزله را می‌توان به‌جای

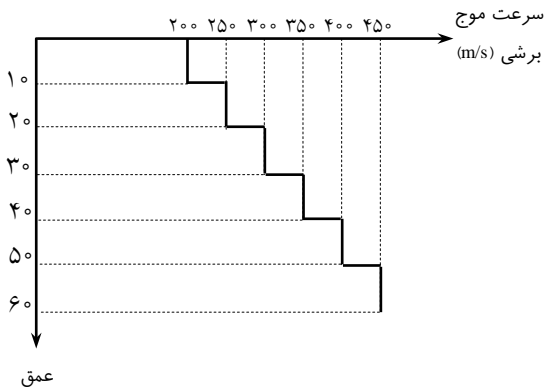
$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = -m\ddot{x}_g$$

به‌صورت $m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = m\ddot{x}_g$ نوشت؟

- (۱) بله.
 (۲) خیر.
 (۳) برحسب شکل تاریخچه شتاب ممکن است جواب مثبت یا منفی باشد.
 (۴) اگر به تغییر علامت توجه شود، می‌توان این کار را کرد، ولی پاسخ‌ها را کم‌تر به‌دست می‌دهد.

۳۹- پروفیل سرعت موج برشی در عمق خاک برای یک ساخت‌گاه به‌صورت زیر است، نوع

خاک کدام است؟



- I (۱)
 II (۲)
 III (۳)
 IV (۴)

۴۰- مقایسه نسبی طیف شتاب خاک سخت با خاک نرم به چه صورت است؟



(۱) گزینه یک



(۲) گزینه دو



گزینه سه (۳)



گزینه چهار (۴)

۴۱- شتاب کل در یک سازه یک درجه آزادی تحت تحریک شتاب پایه \ddot{x}_g چه قدر است؟

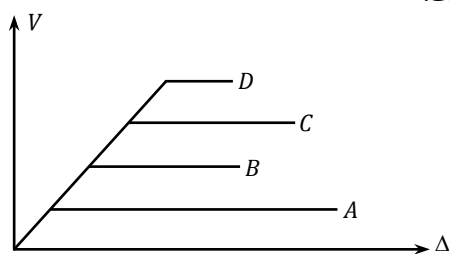
(۱) $\ddot{x} + \ddot{x}_g$

(۲) $\ddot{x} - \ddot{x}_g$

(۳) گزینه‌های ۱ و ۲ درست است.

(۴) هیچ کدام.

۴۲- با استفاده از ایده نیومارک با فرض بلند بودن سازه، کدام طرح مناسب‌تر است؟ V برش پایه و Δ جابه‌جایی بام است.



(۱) A

(۲) B

(۳) C

(۴) D

۴۳- در زلزله نزدیک گسل، علت وجود سیکل‌های با پریود بلند و دامنه بزرگ چیست؟

(۱) نزدیکی سرعت انتشار موج به سرعت گسیختگی گسل.

(۲) بلندپریود بودن خاک و ساخت‌گاه.

(۳) جذب پریودهای کوتاه در طول حرکت از محل زلزله تا ساخت‌گاه.

(۴) آزاد شدن ناگهانی انرژی در یک نقطه.

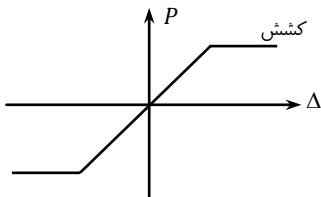


۴۴- وجود نیروی محوری زیاد در کنار تغییر شکل جانبی بزرگ (اثر $P - \Delta$) چه تأثیری بر

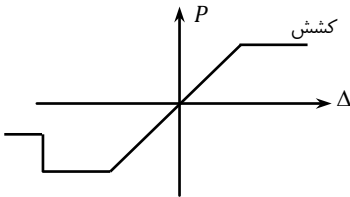
منحنی نیرو- تغییر شکل می‌گذارد؟

- (۱) سختی قسمت ابتدایی منحنی را کم می‌کند.
- (۲) ممکن است شیب قسمت ثانویه منحنی، منفی شود.
- (۳) مقاومت سازه را تا حدی کاهش می‌دهد.
- (۴) تمام موارد.

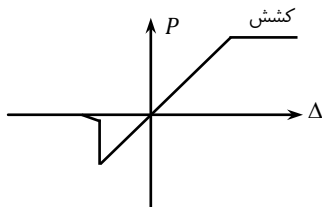
۴۵- رفتار متداول بادبندهای فولادی ضربدری به چه صورت است؟



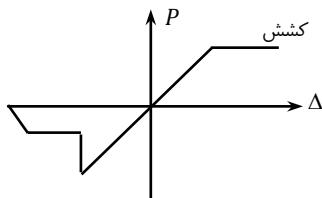
(۱) گزینه یک



(۲) گزینه دو



(۳) گزینه سه



(۴) گزینه چهار

۴۶- کدام رویکرد در ساختمان فولادی بادبندی مناسب‌تر است؟

- (۱) توزیع بادبندها در چند دهانه و در پیرامون سازه
- (۲) تمرکز بادبندها در دهانه‌های اندک
- (۳) توزیع بادبندها در چند دهانه و قرار دادن آن‌ها در قسمت مرکزی ساختمان
- (۴) تمرکز بادبندها در گوشه‌های ساختمان

۴۷- امتداد انتشار موج لرزه‌ای و سرعت آن در انتقال از لایه سخت زیرین به لایه نرم‌تر فوقانی با چه تغییری همراه است؟

- (۱) کاهش سرعت و تمایل جهت انتشار به سمت محور قائم.
- (۲) افزایش سرعت و تمایل جهت انتشار به سمت محور قائم.
- (۳) افزایش سرعت و تمایل جهت انتشار به سمت محور افقی.
- (۴) کاهش سرعت و تمایل جهت انتشار به سمت محور افقی.

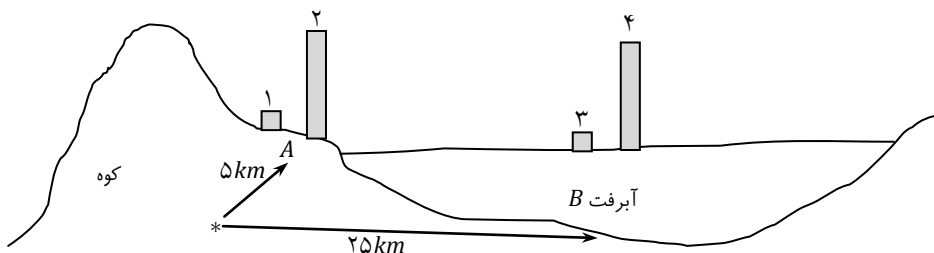
۴۸- آیا به همان روش متداول برای رکوردهای معمولی در تحلیل دینامیکی فزاینده *IDA* می‌توان تحلیل *IDA* را برای رکوردهای نزدیک گسل به کار برد؟

- (۱) بله- زیرا در هر تحلیل، شتاب رکورد را افزایش می‌دهیم.
- (۲) خیر- زیرا در زلزله نزدیک گسل سازه‌های بیش‌تری وارد ناحیه غیرخطی می‌شوند.
- (۳) بله- زیرا در زلزله نزدیک گسل، پالس‌های بزرگی به سازه وارد می‌شود.
- (۴) خیر- زیرا مقیاس کردن متداول برای رکوردهای حوزه نزدیک، اشکال دارد.

۴۹- از محل گسل تا کوه‌پایه سخت *A*، حدود ۵ کیلومتر و تا آبرفت وسیع و نرم *B* حدود ۱۵ کیلومتر فاصله وجود دارد. کدام سازه در زلزله اثر شدیدتری می‌یابد؟

سازه ۱ و ۳: بادبندی یک‌طبقه

سازه ۲ و ۴: بادبندی ده‌طبقه



(۱) سازه ۱



(۲) سازه ۲

(۳) سازه ۳

(۴) سازه ۴

۵۰- دو ساختمان منظم از تمام نظرها با یکدیگر مشابه هستند، جز ارتفاع. ارتفاع یکی از ساختمان‌ها ۴ برابر دیگری است (یکی از ساختمان‌ها ۵ و دیگری ۲۰ طبقه است). برش پایه ساختمان ۲۰ طبقه چند برابر ساختمان ۵ طبقه است؟

(۱) ۴ برابر.

(۲) ۳ برابر.

(۳) ۲ برابر.

(۴) $\sqrt{2}$ برابر.



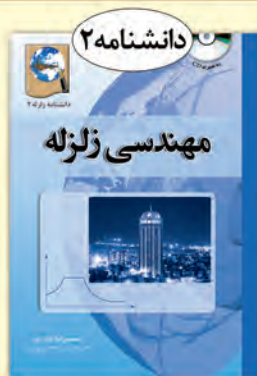
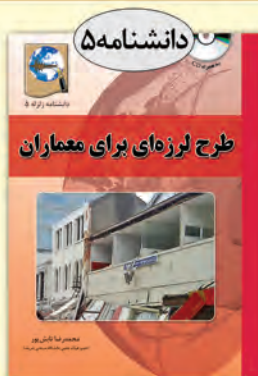
کلید مسائل

۳	۳۵
۳	۳۶
۳	۳۷
۱	۳۸
۳	۳۹
۱	۴۰
۳	۴۱
۱	۴۲
۱	۴۳
۴	۴۴
۴	۴۵
۱	۴۶
۱	۴۷
۴	۴۸
۴	۴۹
۳	۵۰

۱	۱۷
۲	۱۸
۳	۱۹
۱	۲۰
۱	۲۱
۴	۲۲
۳	۲۳
۲	۲۴
۴	۲۵
۲	۲۶
۱	۲۷
۳	۲۸
۳	۲۹
۲	۳۰
۴	۳۱
۳	۳۲
۲	۳۳
۲	۳۴

گزینه	مسأله
درست	
۴	۱
۱	۲
۲	۳
۱	۴
۳	۵
۲	۶
۴	۷
۳	۸
۲	۹
۴	۱۰
۴	۱۱
۳	۱۲
۳	۱۳
۱	۱۴
۴	۱۵
۱	۱۶





دوره دستنامه سازه‌های دریایی

