

دینامیک خاک

www.ketab.ir

تألیف:

دکتر محمد حسن بازاریار

استاد دانشگاه علم و صنعت ایران

و مهندس زینب قناد

سرشناسه	بازیار، محمدحسن، ۱۳۳۵-
عنوان و پدیدآور	دینامیک خاک / تألیف محمدحسن بازیار، زینب قناد.
وضعیت ویراست	[ویراست ۲].
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران
مشخصات ظاهری	ض، ۵۳۶ ص: مصور.
فروست	دانشگاه علم و صنعت ایران: ۳۸۳.
شابک	۳۹۰۰۰۰ ریال ۲-۲۲۸-۴۵۴-۹۶۴-۹۷۸
فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	ویراست قبلی کتاب تحت عنوان « مبانی دینامیک خاک با نگرش ویژه به مهندسی زلزله » در سال ۱۳۸۶ منتشر شده است.
یادداشت	واژه نامه.
یادداشت	کتابنامه: ص. ۵۰۷-۵۳۲.
عنوان دیگر	مبانی دینامیک خاک با نگرش ویژه به مهندسی زلزله.
موضوع	خاک - دینامیک
موضوع	زلزله - مهندسی.
شناسه افزوده	ناد، زینب
شناسه افزوده	دانشگاه علم و صنعت ایران
رده بندی کنگره	۱۳۹۱ م ۲ ب ۷۱۱
رده بندی دیویی	۶۲۴/۱۵۱۳۶
شماره کتابشناسی ملی	۲۷۳۹۸۹۴

- مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران - تهران - نارمک صندوق پستی ۷۷۲۴۰۴۲۵ تلفن: ۷۷۲۴۰۴۲۵ - ورنویس: ۷۷۲۴۰۴۲۵
- فروشگاه: میدان رسالت - خیابان هگام - خیابان دانشگاه علم و صنعت - دانشگاه علم و صنعت ایران - تلفن: ۷۷۲۴۰۴۲۵
- وب سایت: Publication.iust.ac.ir



نام کتاب: دینامیک خاک

تألیف: دکتر محمدحسن بازیار - مهندس زینب قناد

چاپ اول: ۱۳۹۸

شمارگان: ۵۰۰ جلد

قیمت: ۸۰۰,۰۰۰ ریال

شماره انتشارات: ۵۳۶

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران

* حق چاپ برای دانشگاه علم و صنعت ایران محفوظ است.

ISBN: 978-964-454-228-2

شابک: ۲-۲۲۸-۴۵۴-۹۶۴-۹۷۸

علم دینامیک خاک با حقیقتات مهندسان آلمان روی پی ماشین آلات عملاً در سالهای ۱۹۳۰ پا به عرصه وجود گذاشت. در آن سالها عمده تحقیقات دینامیک خاک بصورت ارائه روابط تجربی بین رفتار پی و سرعت امواج زلزله در خاک بود. تحقیقات فوق در زمان خود بسیار معتبر بوده و نتایج بدست آمده مهندسان آلمان در سایر کشورها از جمله آمریکا و کشورهای اروپای غربی مورد توجه بوده و روابط تقریبی - تجربی آنها تا حدود سالهای ۱۹۵۰ مورد استفاده قرار می گرفت.

تحقیقات بنیادی دینامیک خاک که رفتار مشاهده شده را با تئوریهای مربوطه مرتبط می کرد در اتحاد جماهیر شوروی سابق در سالهای دهه ۱۹۳۰ شروع شد اما نتایج این تحقیقات تا حدود سالهای ۱۹۶۰ در اختیار عموم قرار ننگرفت. در کشور آمریکا درک صحیح از روابط بین رفتار و تئوریهای بنیادی خصوصیات تنش - کرنش خاک در دوره سالهای ۱۹۶۱ تا ۱۹۷۵ به دست آمد و سرعت توسعه علم دینامیک خاک شتاب بیشتری گرفت. البته این توسعه از فرصت استثنائی علاقمندی دولت آمریکا به طراحی پی را دارهای خیلی بزرگ بوجود آمد.

بعبارت دیگر در سالهای اولیه ظهور علم دینامیک خاک، طراحی پی ماشین آلات یکی از متداولترین مسائل مطرح در دینامیک خاک بوده و به همین دلیل اولین کتاب آن، تنها از دید طراحی پی ماشین آلات به مبانی دینامیک خاک پرداخته است. بعد از سالهای ۱۹۷۰، که دو زلزله نیکانای سال ۱۹۶۴ ژاپن و سان فراندو سال ۱۹۷۱ آمریکا بوقوع پیوست، نیاز به درک بهتر از رفتار خاک تحت بارهای دینامیکی زلزله بیشتر از گذشته ملموس گردید. علی الخصوص

با وقوع زلزله های مکزیکوسیتی ۱۹۸۵، لوماپریتا (۱۹۹۳) آمریکا، کوبه (۱۹۹۵) ژاپن و ازبیت (۱۹۹۹) ترکیه، روند توسعه علم دینامیک خاک با محوریت مهندسی زلزله ادامه یافت. به همین دلیل کاملاً طبیعی است که قسمت عمده تحقیقات انجام یافته در دو دهه گذشته به سمت شناخت رفتار لایه های خاک تحت بار زلزله و همچنین تغییرات ایجاد شده در امواج زلزله ناشی از عبور از لایه خاک معطوف شده است.

مباحث دینامیک خاک را می توان به دو گروه کلی بنیادی و کاربردی تقسیم نمود. در مباحث بنیادی بحث پاسخ سیستمهای یک یا چند درجه آزادی (بصورت جرم متمرکز) و نحوه انتشار امواج یک چند بعدی (بصورت جرم پیوسته) در محیط های با خصوصیات کشایند و همچنین نحوه تعیین خصوصیات دینامیکی خاک قرار دارد.

در بخش کاربردی دینامیک خاک، می توان به اثر زلزله بر شبیها، دیوار حائل، پی های سطحی و عمیق، اثر شمع کوبی، رانگ های، طراحی پی ماشین آلات و... اشاره نمود. بخش کاربردی دینامیک خاک اخیراً تنوع و توسعه زیادی یافته است، و لذا بخش بنیادی و مبانی دینامیک خاک نسبت به گذشته کم تر مورد توجه قرار گرفت است. به همین دلیل تصمیم گرفته شد در کتاب حاضر در ابتدا به اصول بنیادی و مبانی دینامیک خاک پرداخته شود و در سه فصل انتهایی به بخش کاربردی یعنی پی ماشین آلات، اثر زلزله بر دیوار حائل و پدیده روانگرایی پرداخته شود.

در کشور عزیزمان ایران که در منطقه زلزله خیزی قرار گرفته، تمام علوم مرتبط با مهندسی زلزله اهمیت ویژه ای یافته و علم دینامیک خاک با محوریت مهندسی زلزله در چند سال اخیر رونق خاصی یافته است. به همین دلیل در مجموعه حاضر، در سه فصل بنیادی این علم با محوریت مهندسی زلزله مورد توجه خاص قرار گرفته است. بنابر رویکرد بنیادین چنانچه بحث رفتاری سیستمهای دینامیکی و نحوه انتشار امواج درون لایه خاک، در بخش عمیق مورد توجه علاقمندان قرار گیرد موضوعات کاربردی دینامیک خاک بسادگی قابل درک و استفاده می باشد. ساختار بخش بنیادی کتاب حاضر که حاصل تلاش یک کار بیست ساله نویسندگان می باشد بیشتر از یادداشتهای کلاس درس پروفیسور ویتمن در MIT و پروفیسور دوبری در RPI آمریکا گرفته شده است و براساس تجربیات تدریس بیست ساله این درس در کشور تکمیل شده است. ضمناً با توجه به استقبال دانشجویان کارشناسی ارشد از کتاب مبانی دینامیک خاک که در سال ۱۳۸۲ انتشار یافته بود، تصمیم گرفته شد که نسخه اولیه کتاب فوق تصحیح و با اضافه کردن فصول جدید تکمیل گردد. البته همانطور که ذکر شد با توجه به اهمیت موضوعی مهندسی زلزله

در کشور، تأکید اصلی این مجموعه بر بخش مهندسی زلزله از علم دینامیک خاک آنهم حتی‌الامکان با مثال‌ها و اطلاعات مربوط به کشور ایران می‌باشد. لذا کتاب حاضر چنان تنظیم شده است که بخشی از آن برای درس مهندسی زلزله کارشناسی و تمام کتاب برای درس دینامیک خاک کارشناسی‌ارشد مورد استفاده مستقیم دانشجویان قرار گیرد.

فصول دوم و سوم در واقع مبانی دینامیک سازه‌ها شامل سیستم‌های یک درجه و چند درجه آزادی تحت بارهای منظم (هارمودینامیک) و بارهای گذرا را مطرح و به بحث میرایی از نوع ویسکوز و استرژیس می‌پردازد. سپس در فصول چهارم و پنجم به سیستم‌های پیوسته و انتشار امواج یک بعدی و چند بعدی می‌پردازد که به عنوان مبانی دینامیک خاک شناخته می‌شود. در فصل ششم نحوه اندازه‌گیری و تخمین پارامتر مدول برشی (و یا سرعت انتشار موج برشی) بعنوان اصلی ترین پارامتر تحلیل دینامیکی خاک مورد بحث قرار می‌گیرد. نحوه تأثیر پارامترهای مختلف خاک بر روی این پارامتر مهم بمنظور افزایش درک مهندسی دانشجویان، در این فصل بطور مفصل مدون گردیده است. در فصل هفتم بمنظور آشنایی با پارامترهای زلزله و مکانیسم ایجاد زلزله، نحوه انتشار آن و روابط کاهندگی آن، توضیحاتی آورده شده است. سه فصل آخر کتاب شامل طراحی پی‌ها، طراحی لرزه‌ای دیوار حائل و موضوع روانگرایی از جمله فصول کاربردی دینامیک خاک می‌باشد که با اطمینان می‌توان گفت ارائه این مطالب به صورت کتابی که نیازهای طراحی به در مهندسین طراح ژئوتکنیک را تأمین نماید برای اولین بار می‌باشد.

نویسندگان از تمامی افرادی که در طی سالیان مختلف با ارائه نقدها و نظرات خود در ارتقاء مطالب این کتاب سهم داشتند، تشکر می‌نمایند. علی‌الخصوص از آقایان مهندس علیرضا سعیدی عزیز کندی و مسعود رابطی مقدم که در تدوین مطالب دو فصل آخر کتاب همکاری موثر و با ارزشی داشتند قدردانی می‌گردد.

بدون شک هیچ اثر انسانی بدون خطا و کاستی نمی‌باشد، لذا نویسندگان از همکاران معظم دانشگاهی، متخصصان محترم این حرفه و دانشجویان عزیز تقاضا می‌نمایند که نقطه نظرات اصلاحی خود را برای نویسندگان ارسال نمایند.

فهرست مطالب

فصل اول - کاربرد دینامیک خاک در مسائل مهندسی

- ۱-۱ - دینامیک خاک چیست ۳
- ۲-۱ - پی ماشین آلات ۴
- ۱-۲-۱ - بارهای وارد بر ماشین آلات ۶
- ۶ - ماشین آلات رفت و رانشتی ۶
- ۸ - ماشین‌های چرخشی ۸
- ۹ - ماشین آلات ضربه‌ای ۹
- ۹ - ماشین آلات دقیق (حساس) ۹
- ۲-۲-۱ - معیار حاکم بر طراحی پی ماشین آلات ۱۲
- ۱۵ - تشدید ۱۵
- ۳-۱ - مهندسی زلزله ۱۶
- ۴-۱ - سازه‌های فراساحلی ۱۶
- ۵-۱ - اثرات انفجار ۲۰
- ۶-۱ - شمع کوبی ۲۲
- ۷-۱ - تراکم دینامیکی و ارتعاشی ۲۲
- ۸-۱ - سایر مباحث دینامیک خاک ۲۳
- ۹-۱ - جرم، نیرو و وزن ۲۶

فصل دوم - ارتعاشات سیستم‌های یک درجه آزادی

- ۱-۲ - ارتعاشات آزاد ۳۲
- ۳۳ - ارتعاشات آزاد بدون میرایی ۳۳

- ۳۴..... ارتعاش آزاد میرا شوونده
- ۳۴..... میرایی بحرانی
- ۳۵..... ارتعاش آزاد با میرایی کوچکتر از میرایی بحرانی
- ۳۷..... ارتعاش آزاد با میرایی بزرگتر از میرایی بحرانی
- ۳۸..... ۲-۲- بررسی مسأله ارتعاش سیستم نامیرا از دیدگاه انرژی
- ۳۹..... ۲-۳- ارتعاش اجباری
- ۳۹..... سیستم بهن میرایی
- ۴۱..... سیستم با میرایی
- ۴۳..... حالت میرایی کوچک
- ۴۹..... ارتعاشات تحت نیروی ناشی از دوران جرم خارج از مرکز
- ۵۰..... ۲-۴- ارتعاش تحت بارهای متناوب
- ۵۰..... الف- بار پله ای
- ۵۱..... ب- بار شیب دار
- ۵۲..... ج- بار مربعی
- ۵۳..... د- بار سینوسی با مدت محدود
- ۵۵..... ۲-۵- بار ضربه ای با شکل دلخواه (معرفی انتگرال حلقه)
- ۵۵..... تحریک ضربه ای
- ۵۷..... تحریک دلخواه
- ۵۸..... ارتعاشات پایه
- ۵۹..... ۲-۶- ارتعاشات اجباری تحت حرکات تناوبی پی
- ۶۳..... ۲-۷- ارتعاشات در اثر حرکات گذرای پی
- ۶۳..... محاسبه در حوزه فرکانس
- ۶۳..... آنالیز در حوزه زمان
- ۶۶..... طیف پاسخ
- ۷۰..... ۲-۸- میرایی و اتلاف انرژی
- ۷۳..... عبارات مختلف بیان میرایی

۷۵.....	مدل هیستریزیس خطی
۷۸.....	میرایی ویسکوز معادل
۸۰.....	سیستم هیستریزیس خطی یک درجه آزادی
۸۱.....	۹-۲- نگاهی کوتاه بر پاسخ غیر خطی
۹۶.....	مسائل

فصل سوم - سیستمهای چند درجه آزادی

۱۰۲.....	۱-۳- ارتعاشات آزاد سیستمهای دو درجه آزادی
۱۰۳.....	۱-۱-۳- ارتعاشات آزاد غر و وابسته سیستم نامیرا با دو جرم
۱۰۷.....	۱-۲-۳- ارتعاشات آزاد وابسته سیستم نامیرا با یک جرم
۱۱۴.....	۲-۳- ارتعاشات وابسته سیستمهای دو درجه آزادی با یک جرم تحت بارهای پریودیک
۱۱۶.....	۱-۲-۳- ارتعاشات اجباری وابسته سیستم نامیرا
۱۲۲.....	پاسخ سیستمهای دارای میرایی
۱۲۳.....	پاسخ به حرکات پی
۱۲۳.....	ارتعاشات اجباری وابسته سیستم دارای میرایی با یک جرم
۱۲۵.....	۳-۳- سیستمهای چند درجه آزادی
۱۲۶.....	ماتریس سختی و نرمی
۱۲۷.....	مقادیر و بردارهای ویژه
۱۳۰.....	مسائل

فصل چهارم - انتشار امواج یک بعدی

۱۳۲.....	۱-۴- معادله موج و سرعت آن
۱۳۶.....	امواج حجمی
۱۳۷.....	امواج برشی
۱۴۰.....	امواج میله
۱۴۱.....	میرایی

- ۲-۴- رفتار میله تحت تأثیر نیروی اعمالی پرئودیک..... ۱۴۳
- پیچش سینوسی..... ۱۴۳
- تنش محوری سینوسی..... ۱۴۷
- مودهای ارتعاشی..... ۱۴۷
- جرم در بالای میله..... ۱۵۰
- تأثیر میرایی..... ۱۵۰
- ۳-۴- ارتعاشات گذرا در میله کشايند (الاستیک)..... ۱۵۳
- انعکاس ساده..... ۱۵۶
- میله با دو نوع مصالح..... ۱۶۲
- ضربه..... ۱۶۶
- ۴-۴- میرایی تشعشعی..... ۱۶۷
- اثر میرایی هیستریزيس مصالح..... ۱۷۰
- مشابهت میراگرويسکوز..... ۱۷۲
- ۵-۴- بستر يکنواخت تحت اثر حرکات ۱.۰-۱.۰ و ۱.۰-۱.۰..... ۱۷۶
- لايه يکنواخت خاک بر لایه‌ای با عمق محدود..... ۱۸۰
- ۶-۴- پروفيل‌های غير يکنواخت و لایه‌ای..... ۱۸۴
- مدول و سرعت تابع عمق..... ۱۸۴
- پروفيل دو لایه‌ای..... ۱۸۵
- پروفيل چند لایه‌ای..... ۱۸۷
- ۷-۴- پاسخ غير خطی..... ۱۸۷
- ۸-۴- شرایط ساختگاه..... ۱۸۸
- ۱-۸-۴- تقویت شتاب حداکثر..... ۱۸۹
- ۲-۸-۴- شکل طیفی..... ۱۹۱
- پاسخ ساختگاههای نرم به شتابهای کوچک سنگ بستر..... ۱۹۲
- ۳-۸-۴- ارزیابی تقویت شتاب با استفاده از یافته‌های تئوری و تجربی..... ۱۹۴
- ۴-۸-۴- روش ضرائب دو گانه..... ۱۹۶

۱۹۸.....	۴-۸-۵- کاربرد پارامترهای دیگر ژئوتکنیکی بجای $\bar{V}_s$
۱۹۹.....	مسائل.....

فصل پنجم - انتشار امواج دو و سه بعدی

۲۰۳.....	۵-۱- امواج کروی.....
۲۰۶.....	۵-۲- امواج راییلی.....
۲۱۰.....	۵-۳- انعکاس و انکسار در مرزها.....
۲۱۰.....	انعکاس در سطح آزاد.....
۲۱۴.....	مرز بین دو جسم جامد.....
۲۱۵.....	انتشار امواج تولید شده لایه های زیرین خاک.....
۲۱۵.....	انتشار امواج تولید شده در لایه های فوقانی خاک.....
۲۱۷.....	امواج استانی.....
۲۱۸.....	۵-۴- امواج سطحی در محیط لایه ای.....
۲۱۸.....	امواج راییلی تعمیم یافته.....
۲۲۱.....	تفرق.....
۲۲۳.....	امواج لاول.....
۲۲۳.....	میرایی.....
۲۲۳.....	۵-۵- اثر توپوگرافی و دره ها بر روی امواج زلزله.....
۲۲۹.....	مسائل.....

فصل ششم - سرعت موج و مدول خاک در کرنشهای کوچک

۲۳۱.....	۶-۱- روشهای اندازه گیری.....
۲۳۲.....	آزمایشات آزمایشگاهی.....
۲۳۴.....	روش پالس.....
۲۳۵.....	انواع دیگر آزمایشات.....

- ۲۳۶..... اندازه گیری های در محل
- ۲۳۷..... روش بین گمانه ای
- ۲۳۹..... تشدید ارتعاش کننده سطحی
- ۲۳۹..... امواج سطحی حاصل از ارتعاش کننده
- ۲۴۱..... مقاومت نفوذ استاندارد
- ۲۴۳..... ۲- سرعت امواج در خاکهای دانه ای خشک
- ۲۴۴..... تأثیر تنش محصور کننده
- ۲۴۵..... رفتار خاک با الگوی قرارگیری ثابت ذرات
- ۲۴۶..... حرکت نسبی بین ذرات
- ۲۴۷..... تنش های اصلی نامساوی
- ۲۴۸..... تأثیر نسبت منافذ، اندازه ذرات، شکل دانه بندی
- ۲۵۲..... تأثیر فرکانس
- ۲۵۲..... تأثیر سایر پارامترها
- ۲۵۴..... نسبت پواسون
- ۲۵۴..... ۳- ۶- سرعت موج برشی در خاکهای دانه ای مرطوب
- ۲۵۴..... نقش تنش کل و مؤثر
- ۲۵۴..... جرم مؤثر سیال حفره ای
- ۲۵۵..... تئوری جرم مؤثر
- ۲۵۷..... داده ها باتوجه به جرم مؤثر
- ۲۵۷..... تأثیر فرکانس
- ۲۵۸..... ۴- ۶- سرعت موج فشاری عبوری از میان خاکهای دانه ای مرطوب
- ۲۵۸..... تعلیق خاک در آب
- ۲۵۹..... تأثیر اسکلت کانی
- ۲۶۲..... سرعت موج حجمی در ماسه نیمه اشباع
- ۲۶۴..... نسبت پواسون و سرعت موج میله
- ۲۶۴..... ۵- ۶- سرعت موج برشی در خاکهای چسبنده

تأثیر پیش تحکیمی.....	۲۶۵
تأثیر مدت زمان اعمال تنش.....	۲۶۶
تأثیر پیش کرنش.....	۲۶۸
رابطه همبستگی بین مدول ومقاومت برشی زهکشی نشده.....	۲۶۸
۶-۶ - سرعت موج فشاری در خاکهای چسبنده.....	۲۶۸
۷-۶ - مدول و سرعت موج در محل.....	۲۷۰
عوامل مؤثر بر سرعت موج برشی.....	۲۷۱

فصل هفتم - مرور بر مباحث سی زلزله

۱-۷ - زمین لرزه.....	۲۷۶
۲-۷ - عوارض ناشی از زلزله.....	۲۷۶
۲-۷ - الف - زمین لغزه.....	۲۷۶
۲-۷ - ب - روانگرایی.....	۲۷۷
۲-۷ - ج - سونامی.....	۲۷۷
۳-۷ - عوامل ایجاد زلزله.....	۲۷۸
۱-۳-۷ - الگوهای تکتونیکی.....	۲۸۰
۲-۳-۷ - عمق زلزله‌ها.....	۲۸۱
۴-۷ - لرزه‌خیزی ایران.....	۲۸۳
۵-۷ - انواع امواج لرزه‌ای ایجاد شده در اثر زلزله.....	۲۸۵
۶-۷ - حرکات زمین.....	۲۸۸
۱-۶-۷ - ثبت حرکات زمین.....	۲۹۱
۲-۶-۷ - ثبت و آماده‌سازی حرکات زمین.....	۲۹۱
۷-۷ - اندازه زلزله‌ها.....	۲۹۳
۷-۷ - ۱- بزرگی.....	۲۹۳
۲-۷-۷ - شدت زلزله.....	۲۹۵
۳-۷-۷ - انرژی رها شده در اثر زلزله.....	۲۹۶

۲۹۶	۷-۷-۴ - شتاب لرزش زمین
۲۹۷	۷-۸ - کاهندگی شتاب و سرعت
۲۹۸	۷-۸-۱ - رابطه بور و جویئر (۱۹۸۲)
۲۹۸	۷-۸-۲ - رابطه امبرسیز و بومر (۱۹۹۱)
۳۰۰	۷-۸-۳ - رابطه کمپل و بزرگ نیا
۳۰۳	۷-۸-۴ - رابطه بور و اتکینسون (۲۰۰۸)
۳۰۴	۷-۸-۵ - رابطه سیرایی فلات ایران
۳۰۵	۷-۹ - طیف
۳۰۶	قضیه انتگرال فوریه
۳۱۲	۷-۱۰ - کاربرد حرکات زمین - طراحی
۳۱۳	آزمون زلزله
۳۱۴	مسائل

فصل هشتم - طراحی پی ماشین آلات

۳۱۶	۸-۱ - روشهای قدیمی آنالیز
۳۲۳	۸-۲ - روشهای نوین آنالیز دینامیکی پی ماشین آلات
۳۲۴	۸-۲-۱ - روش اجزاء محدود
۳۲۶	۸-۲-۲ - روش نیم فضای کشایند (الاستیک)
۳۲۷	فرض تنش غیر یکنواخت
۳۲۷	تشکیل معادلات حرکت
۳۲۸	الف - نوسان قائم پی دایره شکل
۳۳۰	دامنه مجاز نوسان قائم
۳۳۱	ب - نوسان چرخشی (گهواره‌ای - Rocking) پی
۳۳۶	۸-۲-۳ - روش ارائه شده توسط دویری و گزاس
۳۳۶	۸-۲-۳-۱ - تعریف پاسخ دینامیکی
۳۳۸	۸-۲-۳-۲ - میراثی تشعشعی پی‌های سطحی

۳۴۲.....	اثر شکل شالوده بر روی میرائی تشعشعی.....
۳۴۳.....	تأثیر لایه‌بندی خاک زیرین.....
۳۴۴.....	تأثیر میرایی هیستریزس.....
۳۴۵.....	سختی استاتیک جابجائی پی‌ها با سطح مقطع دلخواه.....
۳۴۵.....	الف- پی‌سطحی بر روی نیم فضای الاستیک.....
۳۴۶.....	ب- پی‌های مدفون در نیم فضای الاستیک.....
۳۵۰.....	ضریب سختی دینامیکی جابجائی پی‌ها.....
۳۶۳.....	پی‌های مدفون نیم‌فضا.....

فصل نهم - رفتار لرزه‌ای دیوارهای حائل

۳۶۹.....	۱-۹-انواع الگوهای حرکتی دیوارهای حائل طی زلزله.....
۳۶۹.....	۲-۹-رفتار دیوارهای حائل در طی زلزله.....
۳۷۱.....	۳-۹-روش‌های تحلیل دینامیکی دیوارهای حائل.....
۳۷۳.....	۴-۹-مبنای طراحی لرزه‌ای دیوارهای حائل.....
۳۷۳.....	۵-۹-روش‌های طراحی مبتنی بر نیرو.....
۳۷۴.....	۱-۵-۹-روش‌های شبه استاتیکی.....
۳۸۰.....	۲-۵-۹-روش‌های شبه دینامیکی.....
۳۸۴.....	۶-۹-روش‌های طراحی مبتنی بر تغییر مکان.....
۳۸۵.....	۱-۶-۹-روش بلوک لغزشی نیومارک.....
۳۹۰.....	۲-۶-۹-مفهوم تغییر مکان ماندگار در دیوار حائل.....
۳۹۲.....	۳-۶-۹-روش ریچارد-المس (R-E).....
۳۹۷.....	۴-۶-۹-سایر روشهای مبتنی بر تغییر مکان.....
۳۹۷.....	روش ویتمن و لیاو.....
۳۹۸.....	روش دو بلوک ضرابی کاشانی.....
۳۹۸.....	روش بلوک چرخان.....
۳۹۹.....	روش پرکاش و وو.....

۳۹۹	روش چاودوری و تیمبالکار
۴۰۰	۷-۹-روش‌های تجربی و عددی
۴۰۰	۹-۷-۱-روش‌های عددی
۴۰۱	۹-۷-۲-مدلهای آزمایشگاهی
۴۰۱	مدلسازی سانتریفیوژ
۴۰۱	میز لرزه
۴۰۱	آزمایش دیوارحائل با ابعاد واقعی
۴۰۲	۹-۸-ملاحظات طراحی لرزه‌ای دیوارهای حائل
۴۰۳	۹-۸-۱-دیوارهای وزنی
۴۰۳	۹-۸-۲-دیوارهای تیرهای
۴۰۴	۹-۸-۳-دیوارهای مهار شده
۴۰۴	۹-۸-۴-دیوارهای خاک مسلح
۴۰۷	۹-۹-تاثیر آب روی فشار خاک وارده به دیوار
۴۰۷	۹-۹-۱-تعاریف ضرایب لرزه‌ای مختلف در مورد آب
۴۰۹	۹-۹-۲-فشار دینامیکی خاک ناشی از خاک‌های غرقاب
۴۱۰	۹-۱۰-۱-ملاحظات آیین نامه ای طراحی دینامیکی دیوارهای حائل
۴۱۲	۹-۱۰-۱-انتخاب ضریب kh برای دیوارهای حائل
۴۱۳	۹-۱۰-۲-توصیه نامه FHWA-NJ-۲۰۰۵-۰۰۲
۴۱۴	مثال‌های حل شده

فصل دهم - روانگرایی

۴۲۱	۱۰-۱-رفتار تنش-کرنش خاک دانه ای و مفهوم حالت دائم
۴۲۱	۱۰-۱-۱-رفتار نرم شونده‌گی کرنشی
۴۲۲	۱۰-۱-۲-رفتار سخت شونده‌گی کرنشی
۴۲۲	۱۰-۲-مفهوم حالت ثابت

- ۴۲۶ ۱۰-۳-تعریف روانگرایی
- ۴۲۶ ۱۰-۲-۱-روانگرایی جریانی
- ۴۲۷ ۱۰-۲-۲-نرم شوندگی تناوبی
- ۴۲۸ ۱۰-۴-ارزیابی روانگرایی
- ۴۳۲ ۱۰-۴-۱-روشهای آزمایشگاهی
- ۴۳۷ ۱۰-۴-۲-روشهای تخمین سریع روانگرایی
- ۴۴۳ ۱۰-۴-۱-۱-استفاده از نتایج آزمایش نفوذ استاندارد
- ۴۴۴ ۱۰-۴-۱-۱-۱-اصلاح عدد نفوذ استاندارد
- ۴۵۰ ۱۰-۴-۱-۲-نسبت CRR با استفاده از داده های آزمایش نفوذ استاندارد
- ۴۵۴ ۱۰-۴-۱-۲-۱-تعیین CRR با استفاده از آزمایش نفوذ مخروط
- ۴۵۷ ۱۰-۴-۱-۲-۳-محاسبه CRR با استفاده از داده های Vs
- ۴۵۸ ۱۰-۴-۲-۲-روش کرنش
- ۴۵۹ ۱۰-۴-۲-۳-روش انرژی کرنشی
- ۴۶۰ ۱۰-۴-۲-۳-۱-مدلهای ارائه شده برای استناد از روش انرژی
- ۴۶۲ ۱۰-۴-۲-۳-۲-مدل های آزمایشگاهی روش انرژی
- ۴۷۱ ۱۰-۵-گسترش جانبی
- ۴۷۵ ۱۰-۶-روشهای پیشگیری و مقابله با روانگرایی
- ۴۷۸ ۱۰-۶-۱-۱-تراکم ویبرو
- ۴۷۸ ۱۰-۶-۱-۲-ستون های سنگی ویبرو (جابجایی ویبرو)
- ۴۷۹ ۱۰-۶-۱-۳-ستون های بتنی ویبرو
- ۴۸۰ ۱۰-۶-۱-۴-تراکم دینامیکی عمیق
- ۴۸۰ ۱۰-۶-۱-۵-انفجار عمیق
- ۴۸۰ ۱۰-۶-۱-۶-تزیق تراکمی
- ۴۸۲ ۱۰-۶-۱-۷-شمع های جابجایی
- ۴۸۲ ۱۰-۶-۲-روش های زهکشی
- ۴۸۲ ۱۰-۶-۲-۱-زهکش های شنی
- ۴۸۳ ۱۰-۶-۲-۲-زهکش های قائم پیش ساخته

- ۴۸۴ ۱۰-۶-۳- روش های تسلیح
- ۴۸۴ ۱۰-۶-۴- روش های تثبیتی با استفاده از تزریق و اختلاط
- ۴۸۵ ۱۰-۶-۴-۱- تزریق جت
- ۴۸۶ ۱۰-۶-۴-۲- تزریق نفوذی (شیمیایی)
- ۴۸۷ ۱۰-۶-۴-۳- تزریق داخلی
- ۴۸۷ ۱۰-۶-۴-۴- تزریق الکتروشیمیایی
- ۴۸۷ ۱۰-۶-۵- اختلاط عمیق خاک
- ۴۸۸ ۱۰-۶-۱- تراکم دینامیکی
- ۴۸۸ ۱۰-۶-۱-۱- رس اجا
- ۴۹۲ ۱۰-۶-۵-۲- عمق بهسازی
- ۴۹۳ ۱۰-۶-۵-۳- دستور العمل مای طراحی موجود
- ۴۹۳ ۱۰-۶-۵-۳-۱- وزن بونه و ارتفاع سقوط
- ۴۹۴ ۱۰-۶-۵-۳-۲- ملزومات انرژی اعمال شده
- ۴۹۵ ۱۰-۶-۵-۳-۳- سطح تراکم
- ۴۹۵ ۱۰-۶-۵-۳-۴- فاصله شبکه ها و تعداد ضربات
- ۴۹۶ ۱۰-۶-۵-۳-۵- تعداد سیکل ها
- ۴۹۶ ۱۰-۶-۵-۳-۶- درجه بهسازی
- ۴۹۸ ۱۰-۶-۵-۴- روش های ارزیابی بعد از بهسازی
- ۴۹۸ ۱۰-۶-۵-۵- نشست بوجود آمده زمین
- ۵۰۰ مراجع
- ۵۳۰ واژه نامه
- ۵۳۴ ارجاع به موضوعات