



## شرح و درس دینامیک خاک

به همراه تشریح کامل سؤالات کنکور دکتری



مؤلف:

سید محمد شعاری شعار، دانشجوی دکتری ژئوتکنیک  
دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران



سرشناسه:	شعاری شعار، سیدمحمد، ۱۳۵۹ -
عنوان و نام پدیدآور:	شرح و درس دینامیک خاک به همراه تشریح کامل سوالات کنکور دکتری / مولف سیدمحمد شعاری شعار.
مشخصات نشر:	تهران : نوآور، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری:	۳۶۴ ص.
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۳۴۳-۵
وضعیت فهرست نویسی:	فیپا
یادداشت:	کتابنامه.
موضوع:	خاک -- دینامیک -- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع:	(Higher -- Soil dynamics -- Study and teaching (Higher
موضوع:	خاک -- دینامیک -- آزمون ها و تمرین ها (عالی)
موضوع:	(Higher -- Soil dynamics -- Examinations, questions, etc.
موضوع:	دانشگاه ها و مدارس عالی -- ایران -- آزمون ها
موضوع:	Universities and colleges --Iran -- Examinations
موضوع:	آزمون دوره های تحصیلات تکمیلی -- ایران
موضوع:	Iran -- Graduate Record Examination
رده بندی کنگره:	TAV۱۱/ش۷ش۴ ۱۳۹۵
رده بندی دیویی:	۱۵۱۳۶-۷۶/۶۲۴
شماره کتابشناسی ملی:	۴۴۴۸۱۴۰

## شرح و درس دینامیک خاک



نشر نوآور

مولف: سید محمد شعاری شعار

ناشر: نوآور

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۳۴۳-۵

مرکز بخش:

نوآور، تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان شهدای  
ژاندارمری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸  
طبقه دوم، واحد ۶ تلفن: ۹۲-۶۶۴۸۴۱۹۱، www.noavarpub.com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر نوآور می باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی دی، دی وی دی، فیلم فایل صوتی یا تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً حرام است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.



نشر نوآور

تلفن: ۲-۱۹۱۴۱۸۴۴۶۶

تقديم

به مولایم امیرالمومنین علی علیه السلام

آیت الله کوهستانی:

خدا یه دونه علی داشت الحمدلله اون رو هم امام ما کرد

## فهرست مطالب

### فصل اول. روانگرایی خاکها

۱۵	تعریف روانگرایی
۱۵	پروسه وقوع روانگرایی
۱۶	عوامل موثر بر روان شدن خاکها
۲۰	بررسی دقیقتر دو پارامتر (اثر سن ماسه و پیش کرنش)
۲۲	خودآزمایی
۲۴	بررسی پتانسیل روانگرایی (براساس آیین نامه‌ها)
۲۶	خودآزمایی
۳۰	وقوع روانگرایی و شتاب وارد بر ساختمان
۳۱	خودآزمایی
۳۲	عبور امواج مکانیکی تابع فاصله مولکولها در محیط انتشار
۳۳	آیا رس روانگرا می‌شود؟
۳۵	آیا شن‌ها روانگرا می‌شوند؟
۳۶	رفتار ماسه شل تحت بارگذاری سیکلی با دستگاه سه محور سیکلی
۳۸	رفتار ماسه شل در آزمایش برش ساده سیکلی
۳۹	رفتار ماسه شل در آزمایش برشی پیچشی سیکلی
۴۰	رفتار ماسه متراکم در آزمایش سه محوری سیکلی
۴۱	رفتار ماسه متراکم در آزمایش برشی پیچشی سیکلی
۴۳	خودآزمایی
۴۵	بررسی‌های آزمایشگاهی به کمک دستگاه سه محوری سیکلی
۴۹	بررسی آزمایشگاهی به کمک دستگاه برش ساده سیکلی
۵۲	رابطه بین نتایج روان شدن از آزمایشات سه محوری و شرایط صحرایی
۵۳	مقایسه تنش‌های سیکلی مولد روانگرایی خاکها در شرایط برش ساده سیکلی و سه محوری سیکلی
۵۴	خودآزمایی
۵۵	مطالعات آزمایشگاهی به کمک میز لرزان جهت بررسی رفتار ماسه شل
۵۸	خودآزمایی

- ۶۰ ضریب اطمینان در برابر روانگرایی
- ۶۵ خودآزمایی
- ۷۱ رابطه بین حداکثر شتاب زمین و تراکم نسبی ماسه برای روان شدن خاک
- ۷۲ خودآزمایی
- ۷۴ اثرات زمین نرم
- ۷۹ محو اضافه فشار آب حفره‌ای
- ۸۰ تحکیم پس از روانگرایی
- ۸۱ تاثیر روش‌های آماده سازی نمونه بر مقاومت در برابر روانگرایی در آزمایش‌های برشی آزمایشگاهی
- ۸۳ تاثیر فرکانس بر مقاومت در برابر روانگرایی
- ۸۵ اهمیت بارگذاری دو طرفه در برش سیکلی با تنش استاتیکی اولیه
- ۸۷ خودآزمایی
- ۸۹ روش‌های بهسازی خاک در برابر روانگرایی
- فصل دوم. دیوار حائل تحت بار لرزه‌ای**
- ۹۱ مقدمه‌ای بر دیوارهای حائل تحت اثر بارهای استاتیکی
- ۹۷ خودآزمایی
- ۹۹ تاثیر زاویه اصطکاک بین خاک و دیوار ( $\delta$ ) بر واژگونی دیوار
- ۱۰۰ گسیختگی خاک پشت دیوار حائل و تاثیر بر فشار جانبی وارد بر دیوار
- ۱۰۱ دیوار حائل با خاک روانگرا شده
- ۱۰۴ خودآزمایی
- ۱۰۶ آشنایی با روش شبه استاتیکی برای اعمال بار زلزله بر دیوار حائل
- ۱۰۷ بررسی دیوار حائل تحت اثر بار لرزه‌ای در حالت محرک
- ۱۰۹ خودآزمایی
- ۱۱۹ عوامل موثر بر ضریب فشار حالت محرک دینامیکی ( $K_{AE}$ )
- ۱۲۴ خودآزمایی
- ۱۲۶ نقطه اثر نیروی برآیند دینامیکی در حالت محرک ( $P_{AE}$ )
- ۱۲۸ بررسی سه وضعیت حرکت دیوار با معیار مونونوب - اوکابه به کمک مدل‌سازی فیزیکی

۱۳۲	خودآزمایی
۱۳۵	فشار جانبی خاک اشباع تحت اثر بار لرزه‌ای
۱۳۷	فشار هیدرو دینامیک آب بر دیوار حائل
۱۴۱	خودآزمایی
۱۴۶	محاسبه شتاب تسلیم به منظور شروع لغزش دیوارهای حائل
۱۴۷	خودآزمایی
۱۵۱	فشار جانبی اعمالی به دیوار تحت اثر بار لرزه‌ای در حالت مقاوم
۱۵۴	تست‌های تکمیلی فصل دیوار حائل تحت اثر بار لرزه‌ای
	<b>فصل سوم. خواص دینامیکی خاک‌ها</b>
۱۵۹	تفاوت شرایط بارگذاری استاتیکی و دینامیکی
۱۶۱	مقاومت برشی خاک‌ها تحت شرایط بارگذاری سریع
۱۶۳	مقاومت برشی و مدول الاستیسیته خاک‌ها تحت بارگذاری گذرا
۱۶۵	خودآزمایی
۱۶۵	آزمایش‌های دینامیکی خاک‌ها
۱۶۷	آشنایی با تعدادی از آزمایش‌های با کرنش کم در محل
۱۷۲	آشنایی با آزمایش آزمایشگاهی با کرنش کم (آزمایش ستون تشدید)
۱۷۳	آشنایی با آزمایش‌های آزمایشگاهی با کرنش زیاد
۱۸۷	خودآزمایی
۱۹۱	مدول برشی خاک‌ها و عوامل موثر بر آن‌ها
۱۹۲	خودآزمایی
۱۹۳	عوامل موثر بر نسبت $\frac{G}{G_{max}}$
۱۹۵	تاثیر عوامل موثر بر نسبت میرایی (ک)
۱۹۶	خودآزمایی
۱۹۸	روابط محاسباتی برای $G_{max}$
۲۰۰	عوامل موثر بر $G_{max}$

۲۰۲	خودآزمایی
۲۰۴	رفتار ماسه‌های اشباع تحت بارهای دینامیکی گذرا
۲۰۵	اثر میزان تنش استاتیکی و تعداد سیکل‌های بار بر مقاومت خاک‌های چسبنده
۲۱۲	خودآزمایی
	<b>فصل چهارم. اثرات ساختگاه</b>
۲۱۶	تاثیر تراکم خاک بر رفتار لرزه‌ای
۲۱۷	بررسی پدیده تشدید در مهندسی ژئوتکنیک
۲۱۸	خودآزمایی
۲۲۲	اثر شتاب ورودی زلزله بر پدیده تشدید
۲۲۳	تاثیر خاک نرم واقع بر بستر سنگی بر تقویت شتاب
۲۲۴	خودآزمایی
۲۲۵	اثر ساختگاه بر محتوای فرکانسی حرکت و طیف پاسخ
۲۲۶	اثر توپوگرافی بر پدیده تشدید
۲۲۷	بزرگنمایی ناشی از توپوگرافی
۲۲۸	انتشار امواج در یک میله در آزمایشگاه
۲۳۰	خودآزمایی
۲۳۲	انواع تحلیل دینامیکی پاسخ زمین
۲۳۴	اثر هندسه حوزه آبرفتی بر پدیده تشدید
۲۳۷	اثرات شرایط خاک محلی در ماکسیمم شتاب زلزله
۲۳۷	نتایج ناشی از حرکت زمین در خلال زلزله ۱۹۸۵ مکزیکو
۲۳۸	اثر تپه بر تقویت شتاب زلزله
۲۳۹	تقویت حرکت در بالای تپه
۲۳۹	تاثیرات بزرگنمایی (تقویت) محاسبه شده در توپوگرافی به شکل تپه
۲۴۱	تاثیرات توپوگرافیک مشاهده شده
۲۴۳	تخمین مدت زمان (duration) زلزله
۲۴۴	خودآزمایی

## فصل پنجم: شیب تحت اثر بار لرزه‌ای

- ۲۴۷ مقدمه‌ای بر روش شبه استاتیکی
- ۲۵۰ روش شبه استاتیکی اصلاح شده
- ۲۵۱ حرکت قائم
- ۲۵۲ پایداری شیب تحت اثر بار زلزله به کمک روش شبه استاتیکی
- ۲۵۳ محاسبه ضریب اطمینان شیب تحت اثر بار زلزله
- ۲۵۳ خودآزمایی
- ۲۶۰ انتخاب ضریب شبه استاتیکی ( $k_h$ )
- ۲۶۱ پایداری شیب تحت اثر بار لرزه‌ای - بلوک لغزشی نیومارک
- ۲۶۳ خودآزمایی
- ۲۶۴ محاسبه ضریب اطمینان با روش نیومارک
- ۲۶۵ اثر فرکانس بر جابجایی دائمی شیب‌ها
- ۲۶۷ محاسبه شتاب دائمی شیب توسط روش نیومارک
- ۲۶۷ جهت بحرانی اعمال نیروی لرزه‌ای در طراحی
- ۲۶۹ خودآزمایی

## فصل ششم: تئوری انتشار امواج در محیط الاستیک

- ۲۷۵ مقدمه
- ۲۷۵ انتشار موج در یک میله ارتجاعی
- ۲۷۶ انعکاس امواج در انتهای آزاد یک میله ارتجاعی
- ۲۷۸ انعکاس امواج در انتهای گیردار یک میله ارتجاعی
- ۲۷۹ انتشار یک بعدی موج در مرز مشترک مصالح در یک میله نامحدود
- ۲۸۱ خودآزمایی
- ۲۸۲ انتشار امواج در محیط ارتجاعی سه بعدی
- ۲۸۴ انتشار امواج در محیط نیم فضا
- ۲۸۷ انواع انعکاس و عبور (انکسار) موج بر حسب نوع موج
- ۲۸۸ خودآزمایی



۲۹۰	انواع میرایی در خاک
۲۹۲	خودآزمایی
۲۹۸	امواج فشاری و برشی در خاک‌های اشباع
۳۰۰	انتشار امواج در محیط‌های جامد و مایع
۳۰۱	تغییرات سرعت موج فشاری و برشی در عمق
۳۰۱	خودآزمایی
	<b>فصل هفتم. پی ماشین آلات</b>
۳۰۵	انواع مختلف ماشین آلاتی که نیروهای پرودیک وارد می‌کنند
۳۰۵	انواع پی ماشین آلات
۳۰۷	درجات آزادی یک پی حجیم
۳۰۹	ضرایب مربوط به خاک (ضرایب بارکان)
۳۱۰	مقادیر توصیه شده برای $C_{II}$ برای مساحت ۱۰ متر مربع
۳۱۱	تغییرات $C_{II}$ بر حسب فشار همه جانبه و کرنش برشی
۳۱۲	ارتعاشات قائم بلوک پی
۳۱۳	ارتعاشات افقی (لغزشی) بلوک پی
۳۱۳	نکات طراحی پی ماشین آلات برای از بین بردن تشدید
۳۱۴	خودآزمایی
۳۱۷	تئوری بایوت (انتشار امواج در محیط متخلخل همگن اشباع)
۳۱۹	پرده کشی در برابر ارتعاش
۳۲۱	عایق سازی محرک به وسیله استفاده از کانال‌های رو باز
۳۲۲	عایق سازی مقاوم به وسیله استفاده از کانال‌های روباز
۳۲۲	عایق سازی مقاوم به کمک شمع‌های تو خالی
۳۲۴	خودآزمایی
	<b>فصل هشتم. ظرفیت باربری دینامیکی پی سطحی</b>
۳۲۶	ظرفیت باربری دینامیکی پی‌های سطحی
۳۲۹	خودآزمایی
۳۳۱	ظرفیت باربری دینامیکی پی‌های سطحی با روش شبه استاتیکی برای خاک‌های دانه‌ای

۳۳۳	بررسی منحنی بار - نشست پی‌های سطحی
۳۳۵	خودآزمایی
	<b>فصل نهم. تئوری ارتعاشات</b>
۳۳۷	مقدمه
۳۳۷	ارتعاش آزاد سیستم‌های یک درجه آزادی نامیرا
۳۳۹	ارتعاش اجباری سیستم‌های یک درجه آزادی نامیرا
۳۴۲	خودآزمایی
۳۴۵	ارتعاش آزاد یک سیستم یک درجه آزادی میرا
۳۴۸	خودآزمایی
۳۵۳	ارتعاش اجباری سیستم یک درجه آزادی میرا
۳۵۶	خودآزمایی
۳۶۴	مراجع

نشر نوآور

تلفن: ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱

نشر نوآور ضمن ارج نهادن و قدردانی از اعتماد شما به کتاب‌های این انتشارات، به استحضارتان می‌رساند که همکاران این انتشارات، اعم از مؤلفان و مترجمان و کارگروه‌های مختلف آماده‌سازی و نشر کتاب، تمامی سعی و همت خود را برای ارائه کتابی درخور و شایسته شما فرهیخته گرامی به‌کار بسته‌اند و تلاش کرده‌اند که اثری را ارائه نمایند که از حداقل‌های استاندارد یک کتاب خوب، هم از نظر محتوایی و غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد.

با این وجود، علی‌رغم تمامی تلاش‌های این انتشارات برای ارائه اثری با کم‌ترین اشکال، باز هم احتمال بروز ایراد و اشکال در کار وجود دارد و هیچ اثری را نمی‌توان الزاماً مبرا از نقص و اشکال دانست. از سوی دیگر، این انتشارات بنابه تعهدات حرفه‌ای و اخلاقی خود و نیز بنابه اعتقاد راسخ به حقوق مسلم خوانندگان گرامی، سعی دارد از هر طریق ممکن، به‌ویژه از طریق فراخوان به خوانندگان گرامی، از هرگونه اشکال احتمالی کتاب‌های منتشره خود آگاه شده و آن‌ها را در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی رفع نماید.

لذا در این راستا، از شما فرهیخته گرامی تقاضا داریم در صورتی که حین مطالعه کتاب با اشکالات، نواقص و یا ایرادهای شکلی یا محتوایی در آن برخورد نمودید، اگر اصلاحات را بر روی خود کتاب انجام داده‌اید پس از اتمام مطالعه، کتاب ویرایش‌شده خود را با هزینه انتشارات نوآور، پس از هماهنگی با انتشارات، ارسال نمایید، و نیز چنانچه اصلاحات خود را بر روی برگه جداگانه‌ای یادداشت نموده‌اید، لطف کرده عکس یا اسکن برگه مزبور را با ذکر نام و شماره تلفن تماس خود به ایمیل انتشارات نوآور ارسال نمایید، تا این موارد بررسی شده و در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی کتاب اعمال و اصلاح گردد و باعث هرچه پربارتر شدن محتوای کتاب و ارتقاء سطح کیفی، شکلی و ساختاری آن گردد.

نشر نوآور، ضمن ابراز امتنان از این عمل متعهدانه و مسئولانه شما خواننده فرهیخته و گرانقدر، به‌منظور تقدیر و تشکر از این همدلی و همکاری علمی و فرهنگی، در صورتی که اصلاحات درست و بجا باشند، متناسب با میزان اصلاحات، به رسم ادب و قدرشناسی، نسخه دیگری از همان کتاب و یا چاپ اصلاح‌شده آن و نیز از سایر کتب منتشره خود را به‌عنوان هدیه، به انتخاب خودتان، برایتان ارسال می‌نماید، و در صورتی که اصلاحات تأثیرگذار باشند در مقدمه چاپ بعدی کتاب نیز از زحمات شما تقدیر می‌شود.

همچنین نشر نوآور و پدیدآورندگان کتاب، از هرگونه پیشنهادها، نظرات، انتقادات و راه‌کارهای شما عزیزان در راستای بهبود کتاب، و هرچه بهتر شدن سطح کیفی و علمی آن صمیمانه و مشتاقانه استقبال می‌نمایند.



نشر نوآور

تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۸۴۱۹۱

[www.noavarpub.com](http://www.noavarpub.com)

[info@noavarpub.com](mailto:info@noavarpub.com)

با توجه به اهمیت درس دینامیک خاک در کنکور دکترای مهندسی عمران در دو گرایش ژئوتکنیک (خاک و پی) و زلزله بر آن شدیم تا مجموعه حاضر را به منظور آمادگی آزمون دکترای تهیه کنیم. نظر به یکپارچگی آزمون دکترای وزارت علوم و دانشگاه آزاد از کنکور پیش‌رو به این معنا که تنها یک آزمون واحد برگزار می‌شود لذا برای کنکور دکترای سال ۹۶ بسیاری از داوطلبین محترم به دنبال تهیه منبعی کنکوری به منظور پوشش دادن نیازهای خود می‌باشند. از آنجایی که مولف کتاب چند سال اخیر را به تدریس در موسساتی چون ماهان و پارسه در کلاسهای آمادگی آزمون دکترای گذرانده و با فضای این آزمون قرابت زیادی دارد تصمیم بر آن شد کتابی چاپ کنیم تا علاوه بر شرح کامل درسی نکات مهم کنکوری، سوالات آزمون دکترای چند سال اخیر را هم به خوبی پوشش داده باشد. تاکنون درس دینامیک خاک چهار سال در کنکور سراسری طرح شده است. از سال ۹۱ تا ۹۴. همچنین در آزمون دکترای آزاد هم دینامیک خاک جزء مواد آزمون بود و از سال ۹۲ که این آزمون به صورت تستی برگزار شد تا سال ۹۵ از این درس سوال طرح می‌شد. متأسفانه به دلیل سیاست عجیب دانشگاه آزاد در خصوص عدم انتشار سوالات کنکور دکترای، مولف با توجه به احساس نیاز به دسترسی به سوالات بیشتر برای این درس با حضور در جلسه آزمون دکترای سوالات کنکور دکترای آزاد ۹۴ و ۹۵ را به طور کامل جمع‌آوری کرده و در این کتاب شاهد این سوالات و بررسی زوایای مختلف آن خواهیم بود. همچنین از کنکور سال ۹۲ و ۹۳ دکترای آزاد نیز به طور موردی سوالاتی را که داوطلبین محترم برایمان نقل کرده اند طرح و بررسی خواهیم کرد. با توجه به اینکه این سوالات به طور عمومی توزیع نشده است و منحصر به این کتاب است از همه دانشجویان و مخاطبین عزیز استعفا داریم تا از انتشار این سوالات در مراجع دیگر اجتناب نمایند که موجب نارضایتی صاحب اثر و دین خواهد گردید. به این ترتیب در این کتاب با خلاصه و شرح درس دینامیک خاک از مراجع مختلف خارجی و داخلی و پاسخ تشریحی سوالات کنکور دکترای سراسری و آزاد مواجه خواهیم بود. یکی از سوالات عمده ای که داوطلبین آزمون دکترای همواره می‌پرسند آن است که با توجه به فرم سوالات آزمون دکترای در بین مراجع فارسی ترجمه شده دینامیک خاک یا ژئوتکنیک لرنه‌ای کدام کتاب را برای مطالعه توصیه می‌کنید؟ و به عبارتی همواره این نگرانی وجود دارد که در صورت مطالعه یک مرجع خاص، سوالات از مرجع یا مراجعی دیگر مطرح شود.

با توجه به اینکه این کتاب ترکیبی از نکات مهم و کلیدی مراجع بین‌المللی خارجی و فارسی در زمینه دینامیک خاک است و سعی شده از مباحثی که طراحان سوال چندان تمایلی به طرح سوال در آن ندارند پرهیز شود لذا می‌توان گفت به نظر می‌رسد مرجعی مناسب و راهگشا برای داوطلبین آزمون دکترای باشد.

در نگارش این کتاب سعی شده اولویت‌بندی فصول بر اساس اهمیت آن در آزمون دکترا باشد لذا بر خلاف اسلوب کتاب‌های دینامیک خاک، مباحث کتاب از روانگرایی خاک‌ها آغاز می‌شود و سپس به سراغ دیوار حائل تحت بار لرزه‌ای و بعد خواص دینامیکی خاک‌ها می‌رویم که این سه فصل حدود ۸۰ درصد سوالات آزمون دکترای سراسری را در این ۴ سال شامل می‌شوند و سپس به سراغ اثرات ساختگاه و بعد هم فصول دیگر خواهیم رفت. در جدول ذیل، بودجه‌بندی سوالات دینامیک خاک از سال ۹۱ تا ۹۴ می‌آید.

بودجه‌بندی سوالات دینامیک خاک در آزمون دکترای سراسری

سرفصل درس	۹۱	۹۲	۹۳	۹۴
تئوری ارتعاشات	۰	۱	۱	۰
انتشار امواج در محیط الاستیک	۲	۰	۰	۰
اثرات ساختگاه	۲	۲	۱	۱
خواص دینامیکی خاکها و آزمایش‌های دینامیک خاک	۳	۳	۲	۳
آشنایی با زلزله	۰	۰	۰	۰
ظرفیت باربری دینامیکی پی‌های سطحی	۰	۰	۱	۱
روانگرایی خاکها	۳	۳	۳	۳
دیوار حائل تحت اثر بار لرزه‌ای	۲	۲	۳	۳
شیب تحت اثر بار لرزه‌ای	۱	۱	۲	۱
پی ماشین‌آلات	۱	۰	۰	۰

بر اساس بودجه بندی می‌توان انتظار داشت از ۱۲ سوال موجود در آزمون دکترا برای درس دینامیک خاک در هر سال، ۳ سوال از روانگرایی، سه سوال از دیوار حائل تحت اثر زلزله و ۳ سوال از خواص دینامیکی خاک‌ها مطرح شود و سپس از فصول اثرات ساختگاه و شیب تحت اثر بار لرزه‌ای هم هر سال معمولاً یک سوال مطرح می‌شود. بر این اساس سه فصل یاد شده حائز اهمیت بیشتری بوده و در این کتاب با شرح و بسط بیشتری پوشش داده شده‌اند. شیوه نگارش کتاب به این صورت است که در هر فصل ابتدا دو یا سه مبحث شرح و بسط داده شده و نکات مهم و کلیدی آن مطرح می‌شود و سپس وارد بخش خودآزمایی می‌شویم که سوالات کنکور دکترای سراسری و آزاد که از آن مباحث ارائه شده طرح شده و سپس به طور کامل پاسخ داده می‌شود. بر این اساس ابتدا سوالات آورده می‌شود و سپس پاسخ سوالات. به این ترتیب آن مبحث پرونده اش بسته می‌شود و وارد مباحث بعدی خواهیم شد. از آنجاییکه علیرغم تمام تلاش‌های انجام شده این اثر نمی‌تواند خالی از ایراد و اشتباه باشد لذا از همه دانشجویان عزیز و اساتید گرامی تقاضا می‌کنیم موارد مورد نظر خود را از طریق مکاتبه و یا از طریق وبسایت نشر نوآورد در اختیار مولف قرار دهند.

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب سال ۱۳۴۸ و آیین‌نامه اجرایی آن مصوب ۱۳۵۰، برای ناشر محفوظ و منحصرأ متعلق به نشر نوآور است. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از مطالب، اشکال، نمودارها، جداول، تصاویر این کتاب در دیگر کتب، مجلات، نشریات، سایت‌ها و موارد دیگر، و نیز هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از کتاب به هر شکل از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، تایپ از کتاب، تهیه پی‌دی‌اف از کتاب، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم، فایل صوتی یا تصویری و غیره بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع و غیرقانونی بوده و شرعاً نیز حرام است، و متخلفین تحت پیگرد قانونی و قضایی قرار می‌گیرند.

با توجه به اینکه هیچ کتابی از کتب نشر نوآور به صورت فایل ورد یا پی‌دی‌اف و موارد این‌چنین، توسط این انتشارات در هیچ سایت اینترنتی ارائه نشده است، لذا در صورتی که هر سائیتی اقدام به تایپ، اسکن و یا موارد مشابه نماید و کل یا قسمتی از متن کتب نشر نوآور را در سایت خود قرار داده و یا اقدام به فروش آن نماید، توسط کارشناسان امور اینترنتی این انتشارات، که مسئولیت اداره سایت را به عهده دارند و به طور روزانه به بررسی محتوای سایت‌ها می‌پردازند، بررسی و در صورت مشخص شدن هرگونه تخلف، ضمن اینکه این کار از نظر قانونی غیرمجاز و از نظر شرعی نیز حرام می‌باشد، وکیل قانونی انتشارات از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، پلیس فتا (پلیس رسیدگی به جرایم رایانه‌ای و اینترنتی) و نیز سایر مراجع قانونی، اقدام به مسدود نمودن سایت متخلف کرده و طی انجام مراحل قانونی و اقدامات قضایی، خاطیان را مورد پیگرد قانونی و قضایی قرار داده و کلیه خسارات وارده به این انتشارات از متخلف اخذ می‌گردد.

همچنین در صورتی که هر کتابفروشی، اقدام به تهیه کپی، جزوه، چاپ دیجیتال، چاپ ریسو، آفست از کتب انتشارات نوآور نموده و اقدام به فروش آن نماید، ضمن اطلاع‌رسانی تخلفات کتابفروشی مزبور به سایر همکاران و مؤذعین محترم، از طریق وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، اتحادیه ناشران، و انجمن ناشران دانشگاهی و نیز مراجع قانونی و قضایی اقدام به استیفای حقوق خود از کتابفروشی متخلف می‌نماید.

**خرید، فروش، تهیه، استفاده و مطالعه از روی نسخه غیراصل کتاب،**

**از نظر قانونی غیرمجاز و شرعاً نیز حرام است.**

انتشارات نوآور از خوانندگان گرامی خود درخواست دارد که در صورت مشاهده هرگونه تخلف از قبیل موارد فوق، مراتب را یا از طریق تلفن‌های انتشارات نوآور به شماره‌های ۲-۶۶۴۸۴۱۹۱ و ۰۲۱ و ۰۹۱۲۳۰۷۶۷۴۸ یا از طریق ایمیل انتشارات به آدرس [info@noavarpub.com](mailto:info@noavarpub.com) و یا از طریق منوی تماس با ما در سایت [www.noavarpub.com](http://www.noavarpub.com) به این انتشارات ابلاغ نمایند، تا از تضییع حقوق ناشر، پدیدآورنده و نیز خود خوانندگان محترم جلوگیری به عمل آید، و نیز به‌عنوان تشکر و قدردانی، از کتب انتشارات نوآور نیز هدیه دریافت نمایند.

## فصل اول

### روانگرایی خاکها

#### ۱. تعریف روانگرایی

وقتی ماسه شل و اشباع تحت ارتعاش قرار گیرد تمایل به کاهش حجم خواهد داشت اگر زهکشی انجام نشود فشار آب منفذی زیاد می شود، لذا تداوم ارتعاش باعث می شود فشار آب حفره‌ای زیادتر شده تا جائیکه تنش موثر صفر می شود و ماسه از خود مقاومتی نشان نمی دهد و رفتاری مانند یک مایع خواهد داشت. در این حالت سازه‌های بنا شده روی آن به راحتی داخل زمین فرو می روند.

#### بررسی اصطلاحات مربوط به روانگرایی:

- (۱) **روانگرایی:** تغییر شکل‌های مداوم در خاک در حالی که خاک مقاومتی ندارد.
  - (۲) **روانگرایی اولیه:** وقتی در حین اعمال تنش سیکنی، فشار آب حفره‌ای با فشار همه جانبه برابر می شود. این پدیده در خاک‌های شل رخ می دهد.
  - (۳) **حرکت سیکنی:** " روانگرایی اولیه با قابلیت تغییر شکل نسبی محدود " وقتی که روانگرایی اولیه رخ داده و اعمال سیکل‌های بعدی باعث ظهور مقدار محدودی تغییر شکل می شود. این پدیده در خاک‌های متراکم رخ می دهد.
- چرا تغییر شکل محدود پس از روانگرایی اولیه رخ می دهد؟ این امر یا به علت مقاومت باقیمانده خاک در برابر تغییر شکل است یا به علت اتساع خاک و کاهش فشار آب حفره‌ای که باعث تثبیت خاک تحت تنش‌های اعمالی می شود.

#### ۲. پروسه وقوع روانگرایی

با وقوع روانگرایی سازه داخل خاک فرو می رود سپس بلافاصله مراحل تحکیم خاک رخ می دهد که با نشست سطح زمین همراه است به این ترتیب ذرات بیش تر در هم فرو می روند و فشار آب حفره‌ای محو خواهد شد و آب به طرف بالا (سطح زمین) جریان پیدا می کند، جریان رو به بالا تنش موثر را بیش تر کاهش می دهد در نهایت این امر ممکن است موجب روانگرایی لایه‌هایی از زمین بشود که قبلاً روان نشده بود.

تخلخل بحرانی - معیار اولیه روان شدن خاک‌ها که بعدها مردود شد  
می دانیم ماسه متراکم تحت برش ازدیاد حجم دارد و ماسه شل تحت برش کاهش حجم. بر اساس

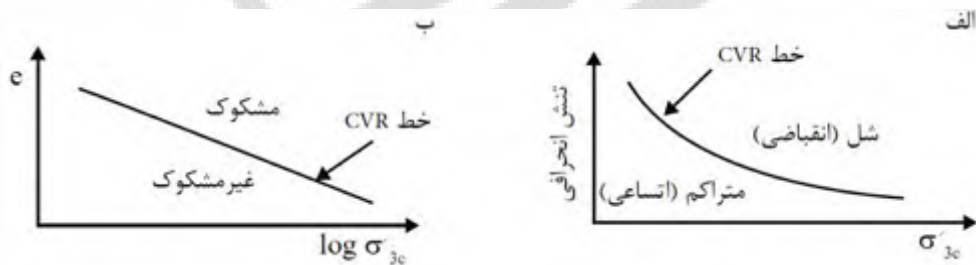
مفاهیم مکانیک خاک.

پس تخلخلی وجود دارد که در آن وضعیت از تراکم هیچگونه تغییر حجمی نخواهیم داشت که آن را تخلخل بحرانی گویند. ( $e_{cr}$ )  
 کا: اگرانده تخلخل بحرانی را مبنای وقوع یا عدم وقوع روانگرایی در نظر گرفت. اما تخلخل بحرانی ( $e_{cr}$ ) تابع فشار همه جانبه ( $\sigma_v$ ) بود. همچنین شرایط تغییر شکل‌های مرزی نیز موجب تغییر ( $e_{cr}$ ) می‌شد.

### جدول ۱. تاثیر فشار همه جانبه بر تخلخل بحرانی

تخلخل بحرانی ( $e_{cr}$ )	فشار همه جانبه ( $\sigma_v$ ) ، کیلوگرم بر سانتی متر مربع
۰/۸۵	۱/۱
۰/۸۲	۲/۲
۰/۷۸	۴/۴

به عبارتی شرایط نمونه خاک کرنش صفحه‌ای یا وضعیت سه محوری باشد ( $e_{cr}$ ) متفاوت خواهد بود. پس ( $e_{cr}$ ) یک خاصیت ثابت و غیرقابل تغییر خاک نیست. البته این مفهوم در سال ۱۹۸۳ با شکست شیروانی پایین دست سد فرت پک تناقض نشان داد.



شکل ۱. الف) تغییرات تنش انحرافی با فشار همه جانبه موثر. ب) تغییرات تخلخل خاک بر حسب فشار همه جانبه موثر. دیده می‌شود با افزایش فشار همه جانبه موثر تخلخل بحرانی کم می‌شود.

### ۳. عوامل موثر بر روان شدن خاک‌ها

- ۱- اندازه ذرات ماسه (دانه‌بندی)
- ۲- دانسیته نسبی اولیه ماسه
- ۳- خصوصیات بارهای ارتعاشی
- ۴- ضخامت ماسه (و موقعیت زهکش‌ها)
- ۵- تنش همه جانبه
- ۶- روش شکل گرفتن ماسه
- ۷- سن ماسه
- ۸- سابقه تغییر شکل‌های نسبی قبلی (پیش کرنش)
- ۹- حباب‌های هوای محبوس بین ذرات
- ۱۰- سفره آب زیرزمینی
- ۱۱- نوع خاک
- ۱۲- شکل ذرات
- ۱۳- بار ساختمان
- ۱۴- نسبت پیش تحکیمی



حالا برویم سراغ توضیحات هر یک.

### ۱- اندازه ذرات ماسه (دانه‌بندی)

ذرات ریز خاک‌های خوب دانه‌بندی شده فضای خالی بین ذرات درشت‌تر را پر می‌کنند، این امر باعث می‌شود که پتانسیل انقباض خاک کاهش یابد. ماسه‌های ریزدانه در مقایسه با ماسه‌های درشت دانه تحت شرایط یکسان پتانسیل بیش‌تری جهت روانگرایی دارند زیرا نفوذپذیری مصالح درشت دانه بیش‌تر است و فشار آب حفره‌ای آسان‌تر محو می‌شود لذا پتانسیل روانگرایی کم‌تر خواهد بود. ماسه‌های با دانه‌بندی یکنواخت (بد دانه‌بندی شده) از ماسه با دانه‌بندی گسترده (خوب دانه‌بندی شده) قابلیت بیش‌تری برای روانگرایی دارند.

### ۲- دانسیته نسبی اولیه ماسه:

هر چه تراکم نسبی ماسه افزایش یابد صلبیت خاک بیش‌تر شده و افزایش مقاومت در خاک و کاهش پتانسیل روانگرایی رخ خواهد داد.

### ۳- خصوصیات بارهای ارتعاشی

روانگرایی خاک تابع ۱. نوع بار دینامیکی و ۲. مقدار بار دینامیکی وارده می‌باشد. در بارگذاری‌های آبی و ضربه‌ای کل لایه ماسه ممکن است روان شود، در حالیکه در بارگذاری‌های دینامیکی آرام و پیوسته روانگرایی از قسمت‌های بالایی لایه ماسه شروع شده و بتدریج به طرف پایین پیش می‌رود. اگر بالای ماسه خشک باشد روانگرایی اصلا رخ نمی‌دهد.

**توجه:** نشست‌های ایجاد شده در ماسه تحت اثر ارتعاشات افقی به مراتب بیش‌تر از ارتعاشات قائم است. یکی از مواردی که دستگاه آزمایش موضوعیت پیدا می‌کند همین جاست.

میزان خسارت وارده به ساختمان‌ها ناشی از روانگرایی بستگی دارد به اینکه چه مدتی ماسه در حالت مایع باقی بماند. در ماسه‌های درشت دانه این مدت کوتاه‌تر از ماسه‌های ریز دانه است. (به علت نفوذپذیری بالای مصالح)

مطالعه موردی:

در سال ۱۹۷۱ در یکی از شیروانی‌های آلاسکا ۹۰ ثانیه پس از شروع زلزله لغزش رخ داد. اگر مدت زمان زلزله (حرکات زمین) مثلاً ۵۰ ثانیه طول می‌کشید ناپایداری رخ نمی‌داد اینجاست که مفهوم تعداد سیکل‌های بارگذاری موضوعیت پیدا می‌کند.

آستانه لرزه‌ای برای ایجاد روانگرایی:  $(M_L \geq 5, a_{max} \geq 0.1g)$

اگر کم‌تر از این‌ها باشد تحلیل روانگرایی نیاز نیست. متداول‌ترین علت رخداد روانگرایی انرژی آزاد شده در هنگام زلزله است. پتانسیل روانگرایی با افزایش شدت زلزله و مدت زمان لرزه‌ها افزایش می‌یابد. زلزله با بزرگی بیش‌تر شتاب زمین بزرگتری ایجاد می‌کند و مدت زمان لرزه‌های زمین بیش‌تر است.

نکته بعد اینکه در زلزله ارتعاشات چند بعدی به وقوع می‌پیوندد پس تاثیر شدیدتری از ارتعاش یک بعدی دارد (بر اساس مطالعات سید) زیرا فشار آب حفره‌ای در اثر ارتعاشات چند بعدی بسیار سریعتر از ارتعاشات یک بعدی افزایش می‌یابد. (آزمایش‌های سه محوری سیکلی و برش ساده سیکلی زلزله یک

بعدی را مدل می‌کنند اما میز لرزه چند بعدی را).

از طرفی نسبت تنش‌های اصلی که در آن وضعیت از تنش‌ها فشار آب‌های حفره‌ای به مقدار ماکسیمم خود برسد در ارتعاشات چند بعدی ۱۰ درصد کم‌تر از مقدار آن در ارتعاشات یک بعدی است.  
۴- ضخامت ماسه (و موقعیت زهکش‌ها)

در لایه ماسه با ابعاد وسیع حین بارگذاری زلزله موقعیت زهکشی نشده می‌باشد پس مسیر زهکشی طولانی می‌شود و احتمال وقوع روانگرایی زیاد می‌شود. راه حل استفاده از زهکش‌های شنی است. اگر نفوذپذیری زهکش‌های شنی ۲۰۰ برابر نفوذپذیرتر از مصالح اصلی باشند عمل زهکشی با راندمان کامل صورت می‌گیرد و طول مسیر زهکشی کوتاه‌تر خواهد شد.

۵- تنش همه جانبه

اعمال تنش‌های بزرگ همه جانبه بر لایه ماسه و ایجاد تنش‌های موثر اولیه بزرگ در خاک احتمال وقوع روانگرایی را کاهش می‌دهند. افزایش عمق، باعث افزایش فشار همه جانبه به ماسه می‌شود از این رو حداکثر عمقی که احتمال روانگرایی در آن وجود دارد باید بررسی شود. طبق نشریه ۵۲۵ سازمان مدیریت و برنامه ریزی تحت عنوان راهنمای ارزیابی پتانسیل روانگرایی خاک‌ها باید دست کم تا عمق ۱۵ متر در زیر سطح زمین موجود یا پایین‌ترین تراز تمام شده پیشنهادی (هر کدام که پایین‌تر بود) مورد بررسی قرار گیرد. در جاهایی که سازه‌ها دارای فضاهای زیرزمینی یا پی‌های عمیق هستند نظیر شمع‌ها عمق بررسی باید دست کم به اندازه بیشینه دو مقدار زیر ادامه یابد:

الف. ۶ متر زیر پایین‌ترین تراز پی پیش بینی شده (برای مثال نوک شمع)

ب. ۱۵ متر زیر سطح زمین موجود یا پایین‌ترین تراز تمام شده پیشنهادی.

چنانچه شاخص‌های ارزیابی روانگرایی نشان دهد که پتانسیل روانگرایی می‌تواند در عمق‌های بیش‌تر از عمق تعیین شده نیز وجود داشته باشد باید عملیات شناسایی تا عمق برخورد به یک ضخامت قابل توجه از خاک غیر روانگرا (دست کم ۳ متر) ادامه پیدا کند.  
شرایط تنش اولیه در توده خاک همگن:

اگر شرایط اولیه تنش در خاک همانطور که معمولاً در طبیعت وجود دارد در جهات مختلف یکسان نباشد شرایط تنش‌هایی که موجب روانگرایی می‌شود وابسته به  $(k_0)$  ضریب فشار جانبی خاک در حال سکون خواهد بود.

توجه: برای  $(k_0)$  بزرگتر از ۰/۵ تنش‌های اولیه لازم جهت ایجاد روانگرایی خاک حداقل ۰/۵٪ افزایش خواهد یافت پس آزمایش سه محوری سیکلی نمی‌تواند به طور واقعی شرایط تنش‌ها را مطابق آن چه در عمل است برقرار سازد چون در سه محوری سیکلی  $k_0 = 1$  است. لذا نتایج آزمایش سه محوری سیکلی در ارتباط با روانگرایی محافظه‌کارانه است.

۶- روش شکل گرفتن ماسه:

خصوصیات روان شدگی ماسه اشباع تابع ۱. روش تهیه نمونه و ۲. ساختمان ماسه است. مطالعات سید (SEED) نشان داد بسته به روش تهیه نمونه شرایط تنش‌های لازم جهت روانگرایی تا حدود ۲۰۰

درصد تغییر می‌کند. نهشته‌های خاک طبیعی شکل گرفته در دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و اقیانوس‌ها نیز ساختار خاک شل و ذرات جدا از هم را تشکیل می‌دهند و بیش‌تر مستعد روانگرایی اند. پس خاک‌هایی که در محیط‌های نهشته‌های دریاچه‌ای، آبرفتی و دریایی شکل می‌گیرند بیش‌تر مستعد روانگرایی اند.

۷- سن ماسه

هر اندازه خاک بیش‌تر تحت اثر فشار همه جانبه باشد مقاومت بیش‌تری دارد. با گذشت زمان ممکن است در محل تماس ذرات خاک با یکدیگر پیوندهای سیمانی شکل گیرد و یا به یک چیدمان پایدارتر برسند.

۸- سابقه تغییر شکل‌های قبلی

در اینجا سابقه زلزله‌های قبلی بررسی می‌شود. به اعتقاد سید (Seed)، تغییر شکل‌های قبلی باعث تغییرات قابل ملاحظه‌ای بر دانسیته ماسه نمی‌شود اما باعث افزایش تا حدود  $1/5$  برابر تنش‌هایی می‌شود که مولد روانگرایی خواهند بود.

۹- حباب‌های هوای محبوس بین ذرات

چون حباب‌های هوای داخل آب قابلیت تراکم دارد لذا بخشی از فشار اضافی به آب را جذب می‌کنند، پس هوای محبوس بین ذرات ماسه موجب تقلیل احتمال روانگرایی خواهد شد.

۱۰- سفره‌های آب زیرزمینی در نزدیکی سطح زمین

خاک غیر اشباعی که در بالای سفره آب زیرزمینی قرار داشته باشد روانگرا نمی‌شود. با نوسان سفره آب زیر زمینی پتانسیل روانگرایی هم تغییر می‌کند. در تحلیل باید از بالاترین ترازوی استفاده کرد که سفره آب تاکنون داشته است.

۱۱- نوع خاک

بر اساس توضیحات ایشی هارا (۱۹۸۵) خاک‌هایی که محتملاً روانگرایی در آن‌ها رخ می‌دهد:

الف. ماسه با اندازه ریز تا متوسط

ب. ماسه دارای ریزدانه با خاصیت خمیری کم

ج. گاهی اوقات روانگرایی در شن هم گزارش شده است.

به طور کلی خاک‌های مستعد روانگرایی ماسه تمیز، ماسه لای دار غیر خمیری، لای‌های غیر

خمیری و شن‌ها می‌باشند.

۱۲- شکل ذرات

خاک‌های با ذرات تیز گوشه‌تر در مقایسه با خاک با ذرات گرد گوشه بهتر چفت و بست شده و راحت‌تر متراکم می‌شوند. بنابراین خاک‌های گرد گوشه‌تر بیش‌تر مستعد روانگرایی هستند.

۱۳- بار ساختمان

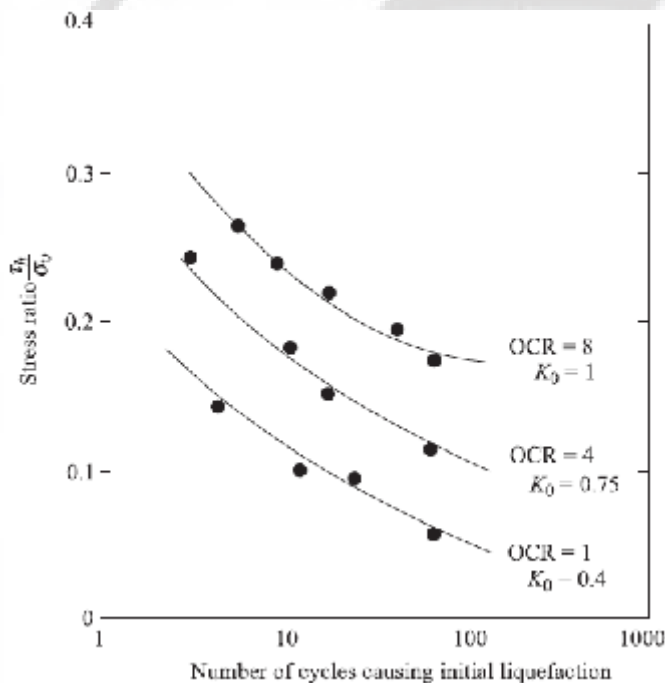
ساخت ساختمان‌های سنگین روی لایه‌های ماسه‌ای باعث کاهش مقاومت در برابر روانگرایی می‌شود.

چرا؟ خاک زیر یک پی گسترده که در بردارنده ساختمان سنگین است تحت تاثیر تنش‌های برشی

است که توسط بار ساختمان ایجاد می‌شود، این تنش‌های برشی خاک را برای روانگرایی آماده‌تر می‌کند. چون تنش برشی اضافی کوچکتری از طرف زلزله جهت روانگرایی مورد نیاز است. مثلاً خاک ۵۰٪ ظرفیت برشی اش را برای تحمل بار ساختمان خرج کرده و زلزله با برش کمتری می‌تواند باعث روانگرایی شود.

۱۴- نسبت پیش تحکیمی (OCR)

هر چه OCR خاک بیش‌تر شود خاک متراکم‌تر شده و پتانسیل روانگرایی کاهش می‌یابد.



شکل ۲. تغییرات نسبت تنش بر حسب تعداد سیکل‌های لازم برای روانگرایی اولیه. بر اساس شکل دیده

می‌شود با افزایش نسبت پیش تحکیمی خاک مقاوم‌تر شده و نسبت  $\left(\frac{\tau_h}{\sigma_v}\right)$  افزایش می‌یابد.

#### ۴. بررسی دقیقتر دو پارامتر (اثر سن ماسه و پیش کرنش)

##### الف. اثر سن بر مقاومت در برابر روانگرایی

نمونه‌های زیادی از روانگرا نشدن خاک‌های ماسه‌ای طبیعی مسن و روانگرایی ماسه‌های جوان متراکم نشده در پروژه‌های مهندسی دیده می‌شود. بنابراین تفاوت بارزی در احتمال روانگرایی بدلیل سن نمونه خاک وجود دارد. اگرچه فشردگی حجمی پس از روانگرایی، دانیسته ماسه را افزایش می‌دهد اما مقاومتش در برابر روانگرایی افزایش چندانی نمی‌یابد. اینکه چرا با افزایش سن ماسه مقاومتش در برابر روانگرایی افزایش می‌یابد به طور دقیق مشخص نیست اما به نظر می‌رسد شاید به دلیل پشت سر