

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مهندسی ژئوتکنیک

خاک‌های مشکل آفرین

تألیف

دکتر حسن رحیمی - دکتر نادر عباسی

۱۳۹۳



شماره مسلسل ۸۳۶۳

شماره انتشار ۳۶۰۸

انتشارات دانشگاه تهران

سرشناسه	: رحیمی، حسن، ۱۳۲۵-
عنوان و نام پدیدآور	: مهندسی ژئوتکنیک: خاک‌های مشکل آفرین/ تألیف حسن رحیمی، نادر عباسی.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ۸۷۰ ص: مصور (بخشی رنگی)، جدول، نمودار.
فروست	: انتشارات دانشگاه تهران؛ شماره انتشار ۳۶۰۸.
شابک	: 978-964-03-6729-2
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیفا
یادداشت	: کتابنامه.
عنوان دیگر	: خاک‌های مشکل آفرین.
موضوع	: خاک - شیمی
موضوع	: خاک - مکانیک
موضوع	: مکانیک سنگ
موضوع	: زمین‌شناسی مهندسی
موضوع	: عباسی، نادر، ۱۳۴۹-
شناسه افزوده	: دانشگاه تهران، مؤسسه انتشارات
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۴ - ۵۹ ر ۵۱ / S ۵۹۳
رده‌بندی دیویی	: ۶۳۱/۴۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۷۵۲۲۰۳

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. کثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های pdf، لوح فشرده، بازنویسی در وبلاگ‌ها، سایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌شود.

ISBN: 978-964-03-6729-2



9 789640 367292

عنوان: مهندسی ژئوتکنیک: خاک‌های مشکل آفرین

تألیف: دکتر حسن رحیمی دکتر نادر عباسی

نوبت چاپ: اول

تاریخ انتشار: ۱۳۹۴

شمارگان: ۵۰۰ نسخه

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

چاپ و صحافی: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مؤلفان است»

«کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است»

بها: ۵۰۰۰۰ ریال

خیابان کارگر شمالی - خیابان شهید فرش مقدم - مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

پست الکترونیک: press @ ut. ac. ir - تارنما: http://press.ut.ac.ir

پخش و فروش: تلفکس ۸۸۳۳۸۷۱۲

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۱.....	فصل اول.....
۱.....	مبانی شیمی خاک.....
۱.....	۱-۱- مقدمه.....
۱.....	۱-۲- تعریف و مکانیسم تشکیل خاک.....
۳.....	۱-۳- یادآوری اصول و برخی از مبانی شیمی.....
۳.....	۱-۳-۱- عناصر شیمیایی و نظریه اتمی.....
۵.....	۱-۳-۱-۱- نمادهای اتمی.....
۶.....	۱-۳-۱-۲- ایزوتوپ.....
۷.....	۱-۳-۱-۳- ظرفیت.....
۷.....	۱-۳-۱-۴- جدول تناوبی عناصر.....
۹.....	۱-۳-۲- مولکول‌ها و یون‌ها.....
۱۰.....	۱-۳-۳- وزن‌های اتمی و مولکولی.....
۱۱.....	۱-۳-۴- شعاع اتمی و یونی.....
۱۳.....	۱-۳-۵- ترکیب‌ها و مخلوط‌ها.....
۱۳.....	۱-۳-۶- غلظت شیمیایی و واحدهای آن.....
۱۳.....	۱-۳-۶-۱- مول.....
۱۴.....	۱-۳-۶-۲- اکی والان گرم.....
۱۴.....	۱-۳-۶-۳- درصد وزنی.....
۱۵.....	۱-۳-۶-۴- غلظت وزنی (C).....
۱۵.....	۱-۳-۶-۵- غلظت مولار / مولاریته (Cm).....
۱۶.....	۱-۳-۶-۶- نرمالیه.....
۱۷.....	۱-۳-۶-۷- فرمالیه (F).....
۱۷.....	۱-۳-۶-۸- مولالیه (m).....
۱۷.....	۱-۳-۶-۹- کسر مولی (جزء مولی).....
۱۷.....	۱-۴- اجزای خاک.....

- ۱۹-۵-۱ کانی شناسی رس ها ۱۹
- ۱۹-۱۰-۵-۱ کانی های خاک ۱۹
- ۲۰-۵-۱ ویژگی های فیزیکی کانی های رسی ۲۰
- ۲۲-۵-۱ ساختمان پایه ای کانی های رسی ۲۲
- ۲۳-۵-۱ انواع کانی های رسی ۲۳
- ۲۸-۶-۱ پیوندهای بین اتمی ۲۸
- ۲۸-۱-۶-۱ پیوندهای اولیه ۲۸
- ۲۸-۱-۶-۱ پیوندهای کووالانسی ۲۸
- ۳۰-۱-۶-۱ پیوندهای یونی ۳۰
- ۳۱-۱-۶-۱ پیوندهای فلزی ۳۱
- ۳۱-۲-۶-۱ پیوندهای ثانویه ۳۱
- ۳۱-۲-۶-۱ پیوند هیدروژنی ۳۱
- ۳۲-۲-۶-۱ پیوندهای واندروالس ۳۲
- ۳۲-۳-۶-۱ پیوندهای موجود در کانی های خاک ۳۲
- ۳۲-۷-۱ واکنش پذیری ذرات خاک ۳۲
- ۳۲-۱-۷-۱ سطح ویژه کانی های رسی ۳۲
- ۳۳-۲-۷-۱ بار الکتریکی ذرات رس ۳۳
- ۳۵-۸-۱ پدیده جذب سطحی در خاک ۳۵
- ۳۵-۱-۸-۱ لایه آب جذب سطحی شده ۳۵
- ۳۶-۲-۸-۱ نظریه لایه دو گانه پخشیده و مدل های آن ۳۶
- ۳۷-۳-۸-۱ ضخامت لایه دو گانه پخشیده ۳۷
- ۳۹-۹-۱ ساختمان رس ۳۹
- ۳۹-۱-۹-۱ ساختمان پراکنده ۳۹
- ۴۰-۲-۹-۱ ساختمان پراکنده ۴۰
- ۴۱-۱۰-۱ شاخص های کمی در شیمی خاک ۴۱
- ۴۲-۱-۱۰-۱ هدایت الکتریکی (EC) ۴۲
- ۴۷-۲-۱۰-۱ کل جامدات محلول (TDS) ۴۷
- ۴۸-۳-۱۰-۱ اسیدیته خاک (pH) ۴۸
- ۵۰-۴-۱۰-۱ آنیون ها و کاتیون های موجود در خاک ۵۰

۵۰	۱-۴-۱۰-۱- آنیون‌های اصلی
۵۱	۲-۴-۱۰-۱- کاتیون‌های تبادلی اصلی
۵۲	۵-۱۰-۱- مقادیر گچ و آهک
۵۲	۱-۵-۱۰-۱- آهک
۵۳	۲-۵-۱۰-۱- گچ
۵۳	۶-۱۰-۱- ظرفیت تبادل کاتیونی خاک
۵۵	۷-۱۰-۱- نسبت جذب سدیم (SAR)
۵۷	۸-۱۰-۱- درصد سدیم تبادلی (ESP)
۵۸	۱۱-۱- اهمیت و نقش ویژگی‌های شیمیایی خاک در خواص مهندسی آن
۵۸	۱-۱۱-۱- پروژه‌های سدسازی
۶۰	۲-۱۱-۱- ارزیابی منابع قرضه
۶۰	۳-۱۱-۱- پروژه‌های آبیاری و زهکشی
۶۰	۴-۱۱-۱- مصالح ساختمانی و مهندسی بی
۶۱	۵-۱۱-۱- پروژه‌های راه‌سازی
۶۱	۶-۱۱-۱- سازه‌های ساحلی
۶۲	۱۲-۱- منابع علمی فصل اول
۶۳	فصل دوم
۶۳	خاک‌های تورم‌پذیر
۶۳	۱-۲- مقدمه
۶۴	۲-۲- عوارض ناشی از تورم‌پذیری خاک‌ها
۷۰	۳-۲- تعریف پدیده تورم
۷۱	۴-۲- ماهیت تورم خاک‌ها
۷۳	۵-۲- پراکنش خاک‌های متورم‌شونده در سطح جهان
۷۳	۶-۲- فرایند تورم خاک
۷۷	۷-۲- عوامل مؤثر بر پدیده تورم
۷۸	۱-۷-۲- اثر عوامل درونی
۷۸	۱-۱-۷-۲- اثر نوع کانی رس
۷۹	۲-۱-۷-۲- اثر مقدار کانی رس

- ۸۰ ۳-۱-۷-۲- اثر رطوبت اولیه
- ۸۰ ۴-۱-۷-۲- اثر دانسیته خشک اولیه
- ۸۱ ۵-۱-۷-۲- اثر مشخصات شیمیایی آب منفذی
- ۸۲ ۶-۱-۷-۲- اثر مقدار خمیرایی خاک
- ۸۲ ۲-۷-۲- اثر عوامل محیطی
- ۸۲ ۱-۲-۷-۲- اثر تغییرات طبیعی رطوبت خاک
- ۸۶ ۲-۲-۷-۲- اثر تنش خاک
- ۸۶ ۳-۲-۷-۲- اثر چرخه‌های تر و خشک شدن
- ۸۶ ۴-۲-۷-۲- اثر روش متراکم‌سازی خاک
- ۸۷ ۵-۲-۷-۲- اثر شرایط اقلیمی
- ۸۸ ۸-۲- روش‌های شناسایی خاک متورم‌شونده
- ۸۸ ۱-۸-۲- خصوصیات خاک‌های متورم‌شونده در مشاهدات صحرایی
- ۸۹ ۱-۱-۸-۲- دانه‌بندی، وزن واحد حجم و سختی خاک
- ۸۹ ۲-۱-۸-۲- رنگ خاک
- ۸۹ ۳-۱-۸-۲- عمق آب زیرزمینی
- ۸۹ ۴-۱-۸-۲- الگوهای طبیعی زهکشی
- ۸۹ ۵-۱-۸-۲- ترک خوردن زمین
- ۹۰ ۶-۱-۸-۲- نوع تخریب‌های ایجادشده در سازه‌های موجود
- ۹۱ ۷-۱-۸-۲- بررسی دستی - چشمی نمونه خاک
- ۹۱ ۲-۸-۲- شناسایی آزمایشگاهی خاک‌های متورم‌شونده
- ۹۱ ۱-۲-۸-۲- آزمایش‌های کانی‌شناسی
- ۹۴ ۲-۲-۸-۲- آزمایش‌های شیمیایی
- ۹۴ ۳-۸-۲- آزمایش‌های فیزیکی - مکانیکی
- ۹۴ ۱-۳-۸-۲- آزمایش تورم آزاد
- ۹۵ ۲-۳-۸-۲- آزمایش پتانسیل تغییر حجم (PVC)
- ۹۸ ۳-۳-۸-۲- آزمایش ادومتر (تحکیم یک بعدی)
- ۹۹ ۴-۳-۸-۲- آزمایش انبساط خطی (COLE)
- ۱۰۰ ۵-۳-۸-۲- آزمایش تعیین نمایه انبساط (EI)
- ۱۰۱ ۶-۳-۸-۲- آزمایش مکش خاک

۱۰۱	۲-۸-۴- روش‌های تجربی ارزیابی پتانسیل تورمی
۱۰۴	۲-۹- طبقه‌بندی خاک‌های تورم‌پذیر
۱۰۴	۲-۹-۱- طبقه‌بندی سید
۱۰۵	۲-۹-۲- طبقه‌بندی سازمان عمران آمریکا (USBR)
۱۰۶	۲-۹-۳- طبقه‌بندی USAFEWS
۱۰۶	۲-۹-۴- طبقه‌بندی واندرمرو و پوپسکو
۱۰۶	۲-۹-۵- طبقه‌بندی برحسب حدود آتربریگ و درصد ذرات کلونیدی
۱۰۷	۲-۹-۶- مقایسه روش‌های مختلف طبقه‌بندی
۱۰۸	۲-۱۰- روش‌های مقابله با تورم خاک‌ها
۱۰۸	۲-۱۰-۱- روش‌های مرتبط با خاک
۱۰۸	۲-۱۰-۱-۱- روش پیش مرطوب سازی (غرقاب سازی)
۱۱۱	۲-۱۰-۱-۲- روش تعویض خاک
۱۱۱	۲-۱۰-۱-۳- روش تثبیت خاک با آهک
۱۱۲	۲-۱۰-۱-۳-۱- عوامل موثر بر ترکیب آهک با رس
۱۱۴	۲-۱۰-۱-۳-۲- مقدار بهینه اختلاط آهک با رس
۱۱۸	۲-۱۰-۱-۳-۳- واکنش آهک با خاک
۱۲۱	۲-۱۰-۱-۴- اثرات آهک بر رس‌ها
۱۲۴	۲-۱۰-۱-۵- روش‌های اجرایی تثبیت خاک با آهک
۱۳۱	۲-۱۰-۱-۴- تثبیت رس با سیمان پرتلند
۱۳۴	۲-۱۰-۱-۵- تثبیت رس با مواد قیری
۱۳۵	۲-۱۰-۱-۶- تثبیت رس با سایر مواد شیمیایی
۱۳۶	۲-۱۰-۱-۷- روش کنترل شرایط تراکم خاک
۱۳۸	۲-۱۰-۱-۸- روش الکترو شیمیایی
۱۴۱	۲-۱۰-۱-۹- روش ایجاد موانع رطوبتی
۱۴۱	۲-۱۰-۱-۹-۱- مانع رطوبتی افقی
۱۴۵	۲-۱۰-۱-۹-۲- مانع رطوبتی قائم
۱۴۷	۲-۱۰-۲- روش‌های سازه‌ای
۱۴۷	۲-۱۰-۲-۱- پی‌های عمیق
۱۴۹	۲-۱۰-۲-۲- پی سطحی

۱۵۱	۲-۱۰-۳- سایر روش‌های سازه‌ای.....
۱۵۱	۲-۱۰-۴- مقایسه انواع پی برای استقرار روی خاک‌های تورم‌زا.....
۱۵۳	۲-۱۱- منابع علمی فصل دوم.....
۱۶۳	فصل سوم.....
۱۶۳	خاک‌های رمبنده.....
۱۶۳	۳-۱- مقدمه.....
۱۶۳	۳-۲- ویژگی‌های عمومی خاک‌های رمبنده.....
۱۶۶	۳-۳- گسترش خاک‌های رمبنده.....
۱۶۶	۳-۴- تعریف پدیده رمبش.....
۱۷۰	۳-۵- انواع خاک‌های رمبنده.....
۱۷۲	۳-۶- ماهیت پدیده رمبش.....
۱۷۸	۳-۷- مدل بنیادی بارسلونا (BBM).....
۱۷۹	۳-۸- نحوه رخداد رمبش پس از اجرای سازه.....
۱۸۲	۳-۹- مراحل مختلف رمبش.....
۱۸۴	۳-۱۰- رابطه اندازه ذرات خاک و رمبش.....
۱۸۶	۳-۱۱- شناسایی خاک‌های رمبنده.....
۱۸۷	۳-۱۲- روش‌های تعیین اندازه رمبش.....
۱۸۷	۳-۱۲-۱- معیارهای تجربی ارزیابی پتانسیل رمبندگی.....
۱۸۸	۳-۱۲-۱-۱- اثر دانسیته خشک.....
۱۸۸	۳-۱۲-۱-۲- اثر حدود آتربرگ و دانسیته خشک.....
۱۸۹	۳-۱۲-۱-۳- اثر حدود آتربرگ و درجه اشباع.....
۱۹۰	۳-۱۲-۱-۴- اثر حدود آتربرگ، نسبت پوکی و درجه اشباع.....
۱۹۳	۳-۱۲-۱-۵- اثر دانه‌بندی، رطوبت و فشار رطوبتی.....
۱۹۳	۳-۱۲-۱-۶- سایر روابط تجربی ارزیابی پتانسیل رمبندگی.....
۱۹۳	۳-۱۲-۲- آزمایش‌های ارزیابی خاک‌های رمبنده.....
۱۹۵	۳-۱۲-۲-۱- آزمایش‌های درجا.....
۱۹۹	۳-۱۲-۲-۲- آزمایش‌های آزمایشگاهی.....
۲۰۹	۳-۱۳- روش‌های کیفی ارزیابی رمبندگی خاک.....

۲۰۹.....	۱۴-۳- منابع خطا در تعیین مقادیر رمبش
۲۱۲.....	۱۵-۳- روش‌های اصلاح و کنترل خاک‌های رَمبنده
۲۱۳.....	۱-۱۵-۳- آباندازی قبل از ساخت
۲۱۵.....	۲-۱۵-۳- حفاری موضعی و تعویض خاک با خاک‌های درشت‌دانه
۲۱۵.....	۳-۱۵-۳- استفاده از ژئوسنتتیک‌ها
۲۱۶.....	۴-۱۵-۳- ممانعت از اشباع‌شدن خاک (توسعه سیستم های زهکشی)
۲۱۶.....	۵-۱۵-۳- پایدارسازی شیمیایی
۲۱۸.....	۶-۱۵-۳- آباندازی کنترل‌شده
۲۱۸.....	۷-۱۵-۳- استفاده از حرارت
۲۱۹.....	۸-۱۵-۳- متراکم‌سازی خاک
۲۲۱.....	۱-۸-۱۵-۳- اثر روش تراکم بر پتانسیل رمبش
۲۲۱.....	۲-۸-۱۵-۳- اثر تراکم نسبی
۲۲۲.....	۳-۸-۱۵-۳- اثر مقدار رطوبت
۲۲۳.....	۴-۸-۱۵-۳- روش‌های تعیین مقدار رطوبت بهینه
۲۲۵.....	۹-۱۵-۳- طراحی سازمها و پی‌های مقاوم به اختلاف نشست
۲۲۵.....	۱۶-۳- مراحل طراحی پی برای استقرار روی خاک‌های رَمبنده
۲۲۷.....	۱۷-۳- منابع مورد استفاده فصل سوم

۲۳۳.....	فصل چهارم
۲۳۳.....	خاک‌های روانگرا
۲۳۳.....	۱-۴- مقدمه
۲۳۴.....	۲-۴- روانگرایی و چگونگی وقوع آن
۲۳۵.....	۳-۴- علت وقوع پدیده روانگرایی در خاک‌ها
۲۳۸.....	۴-۴- مناطق حساس به روانگرایی
۲۴۰.....	۵-۴- رویدادهای مهم ناشی از روانگرایی خاک‌ها در سطح جهان
۲۴۶.....	۶-۴- خاک‌های مستعد روانگرایی
۲۵۳.....	۷-۴- شیوه‌های تخریب ناشی از پدیده روانگرایی
۲۵۴.....	۱-۷-۴- گسیختگی جریانی
۲۵۴.....	۲-۷-۴- پخشیدگی جانبی

- ۳-۷-۴- گسیختگی نوسانی زمین ۲۵۷
- ۴-۷-۴- کاهش ظرفیت باربری ۲۵۷
- ۵-۷-۴- اثر روانگرایی بر شمع‌ها ۲۶۰
- ۸-۴- عوامل موثر بر روانگرایی خاک‌ها ۲۶۱
- ۱-۸-۴- سوابق تاریخی ۲۶۱
- ۲-۸-۴- منشاء زمین شناسی ۲۶۲
- ۳-۸-۴- اثر نوع خاک و دانه‌بندی ۲۶۲
- ۴-۸-۴- اثر تراکم نسبی خاک ۲۶۸
- ۵-۸-۴- مشخصات بار زلزله ۲۶۸
- ۶-۸-۴- اثر تنش موثر قائم و بیش تحکیمی ۲۷۱
- ۷-۸-۴- اثر سن زمین شناسی و منشاء تشکیل خاک ۲۷۱
- ۸-۸-۴- اثر تاریخچه کرنش لرزشی ۲۷۲
- ۹-۸-۴- اثر درجه اشباع ۲۷۳
- ۱۰-۸-۴- اثر ضخامت لایه ماسه ۲۷۳
- ۹-۴- روش‌های ارزیابی پتانسیل روانگرایی خاک‌ها ۲۷۳
- ۱-۹-۴- بررسی‌های آزمایشگاهی روانگرایی ۲۷۴
- ۱-۱-۹-۴- آزمایش سه‌محوری تناوبی ۲۷۵
- ۲-۱-۹-۴- آزمایش برش ساده تناوبی ۲۷۷
- ۳-۱-۹-۴- تاثیر شرایط آزمایش ۲۷۸
- ۲-۹-۴- ارزیابی پتانسیل روانگرایی با استفاده از آزمایش‌های صحرایی ۲۸۱
- ۱-۲-۹-۴- استفاده از آزمایش نفوذ استاندارد (SPT) ۲۸۱
- ۲-۲-۹-۴- استفاده از آزمایش نفوذ مخروط استاتیکی (CPT) ۲۹۶
- ۳-۲-۹-۴- استفاده از سرعت موج برشی (Vs) ۳۰۰
- ۴-۲-۹-۴- اثر بزرگی زلزله ۳۰۲
- ۵-۲-۹-۴- ارزیابی پتانسیل روانگرایی خاک های شنی ۳۰۳
- ۳-۹-۴- مقایسه آزمایش‌های صحرایی ارزیابی پتانسیل روانگری ۳۰۸
- ۴-۹-۴- برآورد مقدار نشست ناشی از روانگرایی خاک ۳۰۹
- ۱۰-۴- روش‌های بهسازی خاک‌های روانگرا ۳۱۲
- ۱-۱۰-۴- روش لرزه‌شناوری (Vibrofloatation) ۳۱۷