

بسم الله الرحمن الرحيم

مکانیک خاک پیشرفته

مؤلفین :

احد باقرزاده خلخالی / رضا رضائی موید / محمدرضا کوهستانی



انتشارات دانشگاهی فرهنگد

نام کتاب : مکانیک خاک پیشرفته

احد باقرزاده خلخالی / رضا رضایی موید / محمدرضا کوهستانی

تاریخ و نوبت چاپ : اول ۱۴۰۳

شمارگان : ۱۰۰ نسخه

بها : ۴۵۰۰۰۰۰ ریال

شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۷۳۱۵-۸۷-۵

حق چاپ برای نشر دانشگاهی فرهنگد محفوظ می باشد

نشانی : تهران، خیابان انقلاب، روبروی دانشگاه تهران، پاساژ فروزنده، طبقه اول، پلاک ۴۱۹

تلفن : ۶۶۹۶۸۶۱۴ - ۶۶۱۰۶۸۸

WWW.FARBOOK.IR

Farbook.pub@gmail.com

سرشناسه	باقرزاده خلخالی، احد، ۱۳۵۶ -
عنوان و نام پدیدآور	مکانیک خاک پیشرفته/ احد باقرزاده خلخالی، رضا رضایی موید، محمدرضا کوهستانی.
مشخصات نشر	تهران: نشر دانشگاهی فرهنگد، ۱۴۰۳.
مشخصات ظاهری	[۴۰۲] ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	978-622-7315-87-5
وضعیت فهرست نویسی	فیا
یادداشت	کتابنامه: ص. [۴۰۲].
موضوع	خاک -- مکانیک -- راهنمای آموزشی (عالی) Soil mechanics -- Study and teaching (Higher) خاک -- مکانیک -- مسائل، تمرینها و غیره (عالی) Soil mechanics -- Problems, exercises, etc. (Higher)
شناسه افزوده	رضایی موید، رضا، ۱۳۷۰ -
شناسه افزوده	کوهستانی، محمدرضا، ۱۳۷۸ -
رده بندی کنگره	TA۷۱۰
رده بندی دیویی	۶۲۴/۱۵۱۳۶.۷۶
شماره کتابشنسی ملی	۹۶۸۲۲۳۰
اطلاعات رکورد کتابشنسی	فیا

مقدمه مؤلف

با توجه به این که خاک بستر اصلی کثیری از سازه‌های عمرانی است و در بسیاری از این‌ها دیگر نظیر دیوارهای حائل، بدنه سدهای خاکی و شیروانی‌ها به عنوان مصالح تشکیل‌دهنده مطرح می‌باشد؛ آشنایی با اصول مهندسی خاک در چارچوب قوانین فیزیکی و مکانیکی بویژه از دیدگاه اصول پیشرفته و بروزرسانی شده؛ جزو اولویت‌های رشته مهندس عمران محسوب می‌گردد. ضمن این که تأثیر مستقیم مشخصات فنی لایه‌های خاکی بستر بر روی ظرفیت باربری و مشخصات شالوده ساختمان‌ها و بناهای بلند مرتبه و با اهمیت ساختاری و کاربردی، اهمیت این موضوع را دوچندان می‌نماید.

کتاب حاضر اصول مکانیک خاک پیشرفته را با در نظر گرفتن ارتباط پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی خاک‌ها جمع‌آوری و ارائه نموده است. تلاش گردیده در مجموعه حاضر ضمن فراهم نمودن امکان بهره‌برداری دانشجویان دوره‌های کاردانی و کارشناسی رشته مهندسی عمران از اصول مکانیک خاک؛ قابلیت استفاده برای دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی ژئوتکنیک و البته سایر رشته‌های ارشد و دکتری مرتبط با مهندسی عمران نیز میسر گردد. ضمناً مطالب کتاب که بر پایه سرفصل‌های مصوب وزارت علوم و فناوری تنظیم و تدوین شده‌اند؛ امکان بهره‌مندی از رشته‌های دانشگاهی دیگر نظیر زمین‌شناسی مهندسی و مهندسی کشاورزی را فراهم آورده است. در هر فصل نسبتاً به منظور تشریح و سهولت درک صحیح نکات اصلی مباحث درس مکانیک خاک، برخی سؤالات تالیفی در تدوین و به همراه پاسخ‌های تشریحی در بخش پایانی کتاب ارائه شده‌اند.

در پایان لازم می‌دانم از همراهی همکاران محترم جناب آقای مهندس رضائی مؤید و جناب آقای مهندس کوهستانی در ارتقاء مطالب کتاب بر پایه اصول خاک پیشرفته و تدوین فصول جدید کمال سپاس را داشته باشم و آرزوی توفیق را برای مدیران و همکاران انتشارات دانشگاهی، و کلیه دوستان که در مراحل مختلف تألیف کتاب حاضر با اینجانب همکاری داشته‌اند؛ از درگاه الهی خواهم.

دکتر احمد باقرزاده خلخالی

فصل ۱: زمین شناسی مهندسی.....	۷
۱.۱ تعریف خاک.....	۷
۲.۱ چرخه‌ی سنگ و انواع سنگ.....	۷
۳.۱ خصوصیات خاک‌های مکانیکی و شیمیایی.....	۱۰
۴.۱ کانی شناسی خاک‌ها.....	۱۷
فصل ۲: روابط وزنی - حجمی.....	۲۳
۱.۲ روش حل مسائل وزنی - حجمی.....	۲۷
۱.۱.۲ نوع اول سؤالات - سؤالات مفهومی.....	۲۷
۲.۱.۲ نوع دوم سؤالات - سؤالات پارامتریک.....	۳۲
۳.۱.۲ نوع سوم سؤالات - سؤالات خاص.....	۳۷
۲.۲ سفتی (قوام) خاک (ارض، خمیری خاک‌های ریزدانه).....	۳۸
۳.۲ فعالیت خاک‌های رسی (Activity (A).....	۴۲
۴.۲ حد انقباض خاک.....	۴۳
فصل ۳: دانه‌بندی و طبقه‌بندی فادها.....	۴۷
۱.۳ دانه‌بندی خاک.....	۴۷
۲.۳ آزمایش دانه‌بندی.....	۴۷
۱.۲.۳ آزمایش هیدرومتری (دانه‌بندی به وسیله‌ی ششینی ذرات).....	۴۸
۲.۲.۳ منحنی دانه‌بندی.....	۵۰
۳.۲.۳ ویژگی‌ها و انواع منحنی دانه‌بندی.....	۵۰
۳.۳ کاربردهای منحنی دانه‌بندی خاک.....	۵۳
۱.۳.۳ کاربرد اول - سؤالات مفهومی.....	۵۳
۲.۳.۳ کاربرد دوم.....	۵۴
۳.۳.۳ کاربرد سوم - طبقه‌بندی یا نام‌گذاری خاک‌ها.....	۵۸
فصل ۴: تراکم.....	۶۷
مقدمه.....	۶۷
۱.۴ مبانی تراکم.....	۶۷
۲.۴ پارامترهای تراکمی در انواع خاک‌ها.....	۶۸
۱.۲.۴ تراکم در خاک‌های دانه‌ای.....	۶۸
۲.۲.۴ تراکم در خاک‌های ریزدانه.....	۶۹
۳.۴ آزمایش‌های تراکم.....	۷۱
۱.۳.۴ آزمون‌های آزمایشگاهی.....	۷۱
۲.۳.۴ آزمایش دانسیته درجا.....	۷۶

۷۷	۴.۴ عوامل مؤثر بر تراکم
۷۷	۱.۴.۴ تأثیر جنس و نوع خاک
۸۰	۲.۴.۴ تأثیر انرژی تراکم (E)
۸۱	۵.۴ منحنی‌های تراکم در خاک‌های ریزدانه
۸۲	۶.۴ روش‌های تراکم خاک
۸۲	۱۶.۴ روش‌های سطحی
۸۵	۲۶.۴ روش‌های نیمه سطحی
۸۹	۷.۴ تفاوت تراکم و تحکیم
۹۳	فصل ۵: تراوش آب در خاک
۹۳	مقدمه
۹۵	۱.۵ معیارهای برقراری تراوش آب در خاک
۹۷	۲.۵ پارامترهای مؤثر در تراوش
۹۷	۱.۲.۵ شبکه جریان
۱۰۲	۲.۲.۵ نفوذپذیری
۱۱۰	۳.۵ تئوری تراوش آبی در خاک دارسی
۱۱۱	۱.۳.۵ نحوه تعیین گرادین هیدروویکی
۱۱۲	۲.۳.۵ نحوه تعیین سطح مقطع جریان
۱۱۴	۴.۵ محاسبات پارامترهای تراوش در خاک تک‌لایه (خاک همگن و غیر ایزوتروپ)
۱۱۴	۱.۴.۵ نحوه تبدیل خاک غیرایزوتروپ به خاک ایزوتروپ در نمونه‌ها
۱۱۵	۲.۴.۵ نحوه تبدیل خاک غیرایزوتروپ به خاک ایزوتروپ در نمونه‌ها
۱۱۶	۵.۵ محاسبات پارامترهای تراوش در خاک‌های لایه‌لایه
۱۱۷	۱.۵.۵ جریان عمود بر لایه‌ها
۱۱۹	۲.۵.۵ جریان در راستای لایه‌های خاک
۱۲۰	۶.۵ محاسبه پارامترهای تراوش دوبعدی در خاک‌های همگن و ایزوتروپ
۱۲۰	۱۶.۵ خصوصیات فنی شبکه ترلوش دوبعدی
۱۲۴	۲۶.۵ کاربردهای شبکه جریان (سؤالات متداول بر روی شبکه جریان)
۱۲۷	۷.۵ مسائل خاص در تراوش
۱۲۷	۱.۷.۵ سؤالات بدون تراوش واقعی
۱۲۸	۲.۷.۵ سؤالات پیرومتریک
۱۲۹	۳.۷.۵ محاسبه زیر فشار یا فشار بالا برنده
۱۳۰	۴.۷.۵ سؤالات پایداری کلی

۱۳۶	فصل ۶: تنش در خاک.....
۱۳۶	مقدمه.....
۱۳۶	۱.۶ تنش قائم.....
۱۳۷	۱.۱.۶ تنش قائم ناشی از سربار خاک (وزن خاک‌های مستقر بر روی نقطه موردنظر).....
۱۳۷	۲.۱.۶ تنش قائم ناشی از بارگذاری خارجی بر روی خاک (اضافه تنش).....
۱۶۱	۳.۱.۶ تنش قائم ناشی از آب آزاد.....
۱۶۲	۲.۶ مفهوم تنش کل و تنش مؤثر قائم.....
۱۶۲	۱.۲.۶ تنش کل.....
۱۶۳	۲.۲.۶ فشار آب حفره‌ای خاک.....
۱۶۷	۳.۲.۶ تنش مؤثر قائم - پدیده جوشش.....
۱۷۱	۳.۶ فشار جانبی خاک.....
۱۷۲	۱.۳.۶ فشار جانبی خاک در حالت سکون.....
۱۷۴	۲.۳.۶ فشار جانبی خاک در حالت اکتیو.....
۱۷۵	۳.۳.۶ فشار جانبی خاک در حالت پسیو.....
۱۷۹	۴.۶ نیروی فشاری وارد بر دیوارها - الگوریتم حل.....
۱۸۳	۱.۴.۶ فشار جانبی خاک‌های چسبنده - بار - زون کششی.....
۱۸۶	۵.۶ مسائل پیشرفته تنش (المان تنش - پایداری).....
۱۸۷	۱.۵.۶ دایره موهر تنش.....
۱۸۹	۲.۵.۶ کنترل پایداری خاک.....
۱۹۲	۳.۵.۶ مسیر تنش.....
۱۹۹	فصل ۷: نشست خاک‌ها.....
۱۹۹	مقدمه.....
۱۹۹	۱.۷ تغییر شکل خاک.....
۲۰۰	۲.۷ مفاهیم نشست.....
۲۰۰	۱.۲.۷ تعریف نشست و شروط برقراری آن.....
۲۰۳	۲.۲.۷ مکانیسم نشست.....
۲۰۳	۳.۲.۷ انواع نشست.....
۲۰۴	۳.۷ نشست آبی.....
۲۰۹	۴.۷ رابطه‌ی بین میزان نشست و تغییرات تخلخل خاک (e).....
۲۱۱	۵.۷ نشست تحکیم.....
۲۱۱	۱.۵.۷ سوالات انتهای زمان تحکیم $t = \infty$
۲۲۱	۲.۵.۷ سوالات زمان خاص (t).....
۲۲۸	۳.۵.۷ تحکیم ثانویه (نشست خزشی).....
۲۳۰	۴.۵.۷ مسائل خاص در تحکیم.....

۵۵.۷	حضور همزمان زهکش‌های قائم و افقی (تحکیم ذوب‌دلی)	۲۳۶
۶۵.۷	تورم (باربرداری در خاک)	۲۳۷
۷۵.۷	محاسبات نشست پی‌ها	۲۳۷

فصل ۸: آزمون‌های مقاومت برشی خاک..... ۲۴۵

مقدمه	۲۴۵
۱.۸ پارامترهای مکانیکی خاک (ϕ و C)	۲۴۵
۲.۸ آزمون‌های آزمایشگاهی تعیین ϕ و C	۲۴۶
۱.۲.۸ آزمایش برش مستقیم (جعبه برش)	۲۴۶
۲.۲.۸ آزمایش برش سه محوری	۲۵۱
۳.۲.۸ آزمایش برش تک محوری	۲۶۲

فصل ۹: پایداری شیروانی‌های خاکی..... ۲۶۷

مقدمه	۲۶۷
۱.۹ ضریب اطمینان (SF)	۲۶۷
۲.۹ پایداری شیروانی‌های نامحدود	۲۶۹
۱.۲.۹ گروه اول (حالت خشک)	۲۶۹
۲.۲.۹ گروه دوم (وجود تراوش آب در شیروانی)	۲۷۱
۳.۹ پایداری شیروانی‌های محدود	۲۷۴
۱.۳.۹ سطح لغزش صفحه‌ای (روش کولمان)	۲۷۴
۲.۳.۹ سطح لغزش دایروی (روش توده و قطعات)	۲۷۷
۴.۹ روش خلاصه (تستی) برخی از مسائل مهم	۲۸۲
۱.۴.۹ شیروانی نامحدود در خاک‌های دانه‌ای (ϕ دار)	۲۸۲
۲.۴.۹ شیروانی محدود در خاک‌های دانه‌ای	۲۸۴
۳.۴.۹ شیروانی محدود در خاک‌های مخلوط (C و ϕ دار)	۲۸۶
۴.۴.۹ شیروانی محدود در خاک‌های رسی اشباع	۲۸۸

فصل ۱۰: مکانیک خاک غیراشباع..... ۲۹۴

۱.۱.۱۰ پدیده خاک غیراشباع	۲۹۴
۱.۱.۱.۱۰ تعریف مکانیک خاک غیراشباع	۲۹۴
۲.۱.۱.۱۰ شناخت فیزیک پایه خاک غیراشباع	۲۹۵
۲.۱.۰ پارامترهای موثر بر خاک غیراشباع	۲۹۶
۱.۲.۱.۰ دانسیته هوای خشک	۲۹۶
۲.۲.۱.۰ دانسیته آب	۲۹۶
۳.۲.۱.۰ ویسکوزیته آب و هوا	۲۹۷

۲۹۷	۴.۲.۱۰. رژیم های جریان (عدد رینولدز)
۲۹۸	۵.۲.۱۰. رطوبت نسبی RH
۲۹۸	۶.۲.۱۰. پدیده کاویتاسیون
۲۹۹	۷.۲.۱۰. پدیده گشش سطحی
۲۹۹	۳.۱۰. وضعیت تنش در خاک غیراشباع و اصول محاسباتی آن
۳۰۲	۴.۱۰. توصیف مفهومی تانسورهای تنش در خاک غیراشباع
۳۰۵	۵.۱۰. معیار گسیختگی موهر - کولمب توسعه یافته
۳۰۵	۱۵.۱۰. معیار موهر - کولمب برای خاک اشباع
۳۰۷	۲۵.۱۰. مشاهده های آزمایشگاهی مقاومت برشی خاک غیر اشباع
۳۱۳	۳۵.۱۰. معیار موهر - کولمب توسعه یافته
۳۱۶	۴۵.۱۰. معیار موهر - کولمب توسعه یافته بر حسب تنش های اصلی
۳۱۸	۶.۱۰. پارامترهای مقاوم برشی برای معیار موهر - کولمب توسعه یافته
۳۱۸	۱۶.۱۰. تفسیر نتایج آزمایش سه محوری
۳۲۱	۲۶.۱۰. تفسیر نتایج آرایش برس مستقیم
۳۲۲	۷.۱۰. روش های اندازه گیری و کنترل تنش در خاک غیراشباع
۳۲۳	۱.۷.۱۰. تکنیک ترجمه محور
۳۲۳	۲.۷.۱۰. تکنیک اسمزی
۳۲۴	۳.۷.۱۰. تکنیک کنترل رطوبت
۳۲۴	۸.۱۰. بررسی و مقایسه اجمالی ابزارهای اندازه گیری مکش کل و ماتریس مکش در خاک غیراشباع

فصل ۱۱: بهسازی خاک

۳۲۷	مقدمه
۳۳۰	۱.۱۱. خاکریزهای سبک و سازه های
۳۳۱	۲.۱۱. تراکم
۳۳۳	۱.۲.۱۱. نشست های تحکیمی خاکریز متراکم شده
۳۳۳	۲.۲.۱۱. تراکم دینامیکی
۳۳۵	۳.۱۱. خاک - سیمان، آهک و نرمه خاکستر
۳۳۶	۴.۱۱. پیش فشردگی جهت بهبود خاک های ساختگاه
۳۳۸	۵.۱۱. زهکشی با استفاده از روکش ها و زهکش های ماسه ای
۳۳۸	۱۵.۱۱. زهکش های ماسه ای
۳۳۹	۲۵.۱۱. زهکش های فیلته ای
۳۴۰	۶.۱۱. ستون های ماسه ای جهت افزایش سفتی خاک
۳۴۰	۷.۱۱. ستون های سنگی
۳۴۳	۸.۱۱. شمع ها یا ستون های خاک - سیمانی
۳۴۴	۹.۱۱. تزریق دوغاب

۳۴۴	۱۰.۱۱ تزریق دوغاب در پی و تثبیت شیمیایی
۳۴۵	۱۱.۱۱ روشهای ارتعاشی برای افزایش تراکم خاک
۳۴۷	۱۲.۱۱ استفاده از زمین پارچه (ژئوتکستایل) جهت بهبود خاک
۳۴۹	۱۳.۱۱ تغییر شرایط آب زیر زمینی
۳۴۹	۱۴.۱۱ مقایسه روش های متداول بهسازی خاک

۳۵۱	فصل ۱۲: عواملی که باید در طراحی پی در نظر گرفت.
۳۵۱	۱.۱۲ عمق و فاصله شالوده ها
۳۵۲	۲.۱۲ تاثیرات خاک جابجا شده
۳۵۳	۳.۱۲ فشار خاک خالص در مقابل ناخالص: فشارهای خاک طراحی
۳۵۳	۴.۱۲ مسائل فرسایش در سازه های مجاور آبهای جاری
۳۵۴	۵.۱۲ نوسان سطح ایستابی
۳۵۴	۶.۱۲ پی های مستقر در نهشته های ماسه ای و لای
۳۵۵	۷.۱۲ پی های مستقر بر بادرنت و دیگر خاک های ریزشی
۳۵۶	۸.۱۲ پی های مستقر بر خاک های بیرانشی که در اثر تغییر میزان رطوبت دچار تغییر حجم می شوند
۳۵۷	۹.۱۲ طراحی سازه های مستقر بر خاک های مستقر تغییر حجم
۳۵۸	۱۰.۱۲ پی های مستقر بر رس ها و لای های رس دار
۳۵۹	۱۱.۱۲ پی های مستقر بر زمین های دفن زباله
۳۶۱	۱۲.۱۲ ملاحظات محیطی
۳۶۲	۱۳.۱۲ اصول و ملاحظات مهم طراحی پی با توجه به مبحث هفتم، تکرار ملی ساختمان

۳۶۶	پاسخنامه
۳۶۶	پاسخنامه سوالات فصل اول
۳۶۸	پاسخنامه سوالات فصل دوم
۳۷۱	پاسخنامه سوالات فصل سوم
۳۷۵	پاسخنامه سوالات فصل چهارم
۳۷۸	پاسخنامه سوالات فصل پنجم
۳۸۲	پاسخنامه سوالات فصل ششم
۳۸۵	پاسخنامه سوالات فصل هفتم
۳۸۹	پاسخنامه سوالات فصل هشتم
۳۹۲	پاسخنامه سوالات فصل نهم
۳۹۶	پاسخنامه سوالات فصل دهم
۳۹۹	پاسخنامه سوالات فصل یازدهم
۴۰۰	پاسخنامه سوالات فصل دوازدهم
۴۰۲	منابع و مآخذ