

به نام آنکه جان را فکرت آموخت

مکانیک خاک

(ارشد عمران)

تالیف

محمد علیایی

(استادیار دانشگاه تربیت مدرس)

محمد ساسانی

(دانشجوی دکتری پژوهشگاه بین المللی
زلزله شناسی و مهندسی زلزله)

کمیل خاکپور

(دانشجوی دکتری دانشگاه تربیت مدرس)

سارا ممانی

(کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس)



سرشناسه	: نوروذعلیایی، محمد، ۱۳۵۵-
عنوان و نام‌پدیدآور	: مکانیک خاک (ارشد عمران)/تالیف محمد علیایی، کمیل خاکپور، محمد ساسانی، سارا مماتی
مشخصات نشر	: تهران : فدک ایستاتیس، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	: ۳۳۰ ص. :مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۹۰۰۰ ریال : ۹-۰۶۰-۱۶۰-۶۰۰-۹۷۸
موضوع	: دانشگاه‌ها و مدارس عالی-- ایران-- آزمون‌ها
موضوع	: خاک -- مکانیک -- آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)
موضوع	: خاک -- مکانیک -- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	: آزمون دوره‌های تحصیلات تکمیلی-- ایران
شناسه افزوده	: خاکپور، کمیل، ۱۳۶۳-
شناسه افزوده	: ساسانی، محمد، ۱۳۶۳-
شناسه افزوده	: مماتی، سارا، ۱۳۶۲-
رده‌بندی کنگره	: LB۲۳۵۳/م۷۵۲۴ ۱۳۹۰
رده‌بندی دیویی	: ۳۷۸/۱۶۶۴
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۶۷۸۴۱۲

مکانیک خاک (ارشد عمران)



تالیف	: محمد علیایی- کمیل خاکپور - محمد ساسانی- سارا مماتی
مدیر تولید	: رضا کرمی شاهنده
حروفچینی و صفحه‌آرایی	: واحد تولید انتشارات فدک ایستاتیس (بیتا تبریزی پور)
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۱
تیراژ	: ۱۰۰۰
چاپ و صحافی	: گنج‌شایگان
قیمت	: ۹۹۰۰۰ ریال
شابک	: ۹-۰۶۰-۱۶۰-۶۰۰-۹۷۸

دفتر انتشارات :	تهران- خیابان انقلاب - خیابان اردیبهشت - بین‌لبافی‌نژاد و جمهوری - ساختمان ۱۰
تلفن:	۶۶۴۶۵۸۳۱ - ۶۶۴۸۱۰۹۶ - ۶۶۴۸۲۲۲۱
نمایندگی تهران :	خیابان انقلاب- نبش ۱۲ فروردین- پلاک ۱۳۱۲- انتشارات صانعی
تلفن:	۶۶۴۰۹۹۲۴ - ۶۶۴۰۵۳۸۵
فروشگاه یزد:	میدان آزادی (باغ ملی)- ابتدای خیابان فرخی- جنب مجتمع ستاره
تلفن:	۶۲۲۷۴۷۵ - ۶۲۲۶۷۷۱ - ۶۲۲۶۷۷۲

ایمیل و وب‌سایت: www.fadakbook.ir - info@fadakbook.ir

کلیه حقوق و حق چاپ متن و عنوان کتاب که به ثبت رسیده است؛ مطابق با قانون حقوق مولفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ و متعلق به انتشارات فدک ایستاتیس می‌باشد. هرگونه برداشت، تکثیر، کپی‌برداری به هر شکل (چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی) بدون اجازه کتبی از انتشارات فدک ایستاتیس ممنوع بوده و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

معاونت حقوقی
انتشارات فدک ایستاتیس



تقدیم به خانواده ایمان

پیشگفتار

مکانیک خاک و مهندسی پی دو شاخه مهم از علوم مهندسی عمران می‌باشند. مکانیک خاک به مطالعه خواص خاک و رفتار آن در شرایط مختلف بارگذاری می‌پردازد. مهندسی پی نیز شامل کاربرد اصول مکانیک خاک در طراحی و ساخت سازه‌ها می‌باشد. با توجه به اهمیت این دو مبحث در طراحی سازه‌های سطحی و زیرسطحی، آشنایی با مفاهیم اصلی آنها برای مهندسين عمران ضروری است. لذا در دو کتاب «مکانیک خاک» و «مهندسی پی» سعی شده است به مبانی اصلی این دو رشته به صورت جامع و ساده پرداخته شود. این کتب جهت استفاده دانشجویان دوره‌های کارشناسی و کارشناسی ارشد تألیف شده‌اند. علاوه بر موضوعات اصلی، در پایان هر یک از فصل‌ها، به منظور افزایش قدرت تحلیل دانشجویان، سوالات آزمون‌های ورودی دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران به همراه پاسخ‌های تشریحی آنها ارائه و سعی شده است با توجه به مفاهیم بنیادی مکانیک خاک و مهندسی پی به ساده‌ترین روش به مسائل پاسخ داده شود. موضوعات ارائه شده در کتاب مکانیک خاک شامل موارد ذیل می‌باشند:

- فصل اول: طبیعت و طبقه‌بندی خاک
- فصل دوم: روابط وزنی - حجمی و تراکم خاک
- فصل سوم: تنش در خاک
- فصل چهارم: جریان آب در خاک و تنش مؤثر
- فصل پنجم: نشست خاک
- فصل ششم: مقاومت برشی خاک
- فصل هفتم: پایداری شیروانی‌های خاکی
- فصل هشتم: فشار جانبی خاک و دیوار حائل

ویژگی‌های کتاب مکانیک خاک را می‌توان به صورت ذیل خلاصه نمود:

- ارائه مبانی، طرح درس و نکته‌های مهم
 - پاسخ تشریحی کامل و ساده به سوالات آزمون‌های ورودی کارشناسی ارشد
 - شامل آزمون‌های سراسری از سال ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۱ (۲۰ دوره مشتمل بر بیش از ۳۰۰ سؤال)
 - طبقه‌بندی سوالات براساس موضوع و به ترتیب سال آزمون در انتهای هر فصل
- در انتها از مدیرعامل محترم انتشارات فدک ایساتیس آقای مجیدرضا زروئی، مدیریت تولید آقای کرمی شاهنده و همچنین سرکار خانم بیتا تیریزی‌پور جهت صفحه‌بندی متون تشکر و از خانم سعیده مرادی برای تایپ اولیه متون قدردانی می‌گردد.
- از اساتید، دانشجویان و مهندسين محترم دعوت می‌شود تا با ارائه پیشنهادات و انتقادات ما را از نظرات کارشناسانه خود بهره‌مند نمایند.

m.olyaei@modares.ac.ir

اسفند ۱۳۹۰

محمد علیایی

کمیل خاکپور محمد ساسانی سارا ممانی

فهرست مطالب

فصل اول طبیعت و طبقه‌بندی خاک ۱

مقدمه ۲	۱.۱
نحوه تشکیل خاک ۲	۲.۱
تقسیم‌بندی خاک براساس نحوه تشکیل ۲	۳.۱
انواع خاک از دیدگاه مهندسی ۲	۴.۱
خصوصیات کانی‌های رسی ۳	۵.۱
گروه‌های مهم کانی‌های رسی ۵	۶.۱
ساختار خاک (SOIL STRUCTURE) ۶	۷.۱
دانه‌بندی خاک ۸	۸.۱
خصوصیات خمیری (حدود اتربرگ) ۱۲	۹.۱
فعالیت رس (A) ۱۵	۱۰.۱
نمودار خمیری (نمودار کاساگرانده) ۱۵	۱۱.۱
طبقه‌بندی خاک ۱۷	۱۲.۱
سوالات فصل اول ۱۹	
پاسخ تشریحی سؤالات فصل اول ۲۷	

فصل دوم روابط وزنی - حجمی و تراکم خاک ۳۵

روابط وزنی - حجمی در خاک ۳۶	۱.۲
تراکم نسبی (RELATIVE DENSITY) ۳۹	۲.۲
تراکم خاک ۳۹	۳.۲
سوالات فصل دوم ۴۷	
پاسخ تشریحی سؤالات فصل دوم ۵۷	

فصل سوم تنش در خاک ۶۷

مقدمه ۶۸	۱.۳
روابط بوسینسک برای حالت‌های مختلف بارگذاری ۶۸	۲.۳
روش تقریبی محاسبه اضافه تنش قائم (روش ۲ به ۱) ۷۳	۳.۳
روش نیومارک در محاسبه اضافه تنش قائم ۷۶	۴.۳
سوالات فصل سوم ۷۸	
پاسخ تشریحی سوالات فصل سوم ۸۵	

فصل چهارم جریان آب در خاک و تنش مؤثر ۹۳

مقدمه ۹۴	۱.۴
سطح سفره آب زیرزمینی ۹۴	۲.۴
لایه آرتزین (لایه تحت فشار) ۹۴	۳.۴
استفاده از رابطه برنولی در بررسی جریان یک‌بعدی آب در خاک ۹۵	۴.۴
گرادیان هیدرولیکی (شیب آبی، شیب هیدرولیکی) ۹۶	۵.۴
قانون دارسی و نفوذپذیری ۹۶	۶.۴
عوامل مؤثر بر ضریب نفوذپذیری خاک ۹۶	۷.۴
سرعت آب در خاک ۹۷	۸.۴
تعیین ضریب نفوذپذیری به روش‌های آزمایشگاهی ۹۸	۹.۴
نفوذپذیری معادل ۹۹	۱۰.۴
روابط تجربی بین ضریب نفوذپذیری و خصوصیات فیزیکی محیط ۱۰۱	۱۱.۴
رابطه پیوستگی ۱۰۲	۱۲.۴
شبکه جریان در حل تراوش دوبعدی ۱۰۳	۱۳.۴
فشار برگنش (UPLIFT) در زیر سازه‌های هیدرولیکی ۱۰۶	۱۴.۴
تنش مؤثر در خاک اشباع ۱۰۷	۱۵.۴
تنش مؤثر در خاک غیر اشباع ۱۰۸	۱۶.۴
موئینگی در خاک ۱۰۸	۱۷.۴
تنش مؤثر در خاک اشباع با تراوش ۱۱۰	۱۸.۴
زهکشی در خاک ۱۱۲	۱۹.۴
سوالات فصل چهارم ۱۱۳	
پاسخ تشریحی سوالات فصل چهارم ۱۳۷	

فصل پنجم نشست خاک ۱۵۹

۱.۵	مقدمه	۱۶۰
۲.۵	نشست آبی	۱۶۰
۳.۵	نشست تحکیمی	۱۶۲
	سوالات فصل پنجم	۱۷۷
	پاسخ تشریحی سؤالات فصل پنجم	۲۰۱

فصل ششم مقاومت برشی خاک ۲۲۱

۱.۶	مقدمه	۲۲۲
۲.۶	معیار گسیختگی مور-کولمب	۲۲۲
۳.۶	آزمایشات تعیین پارامترهای مقاومت برشی	۲۲۴
	سوالات فصل ششم	۲۳۶
	پاسخ تشریحی سؤالات فصل ششم	۲۵۵

فصل هفتم پایداری شیروانی‌های خاکی ۲۷۵

۱.۷	مقدمه	۲۷۶
۲.۷	تحلیل پایداری شیروانی	۲۷۶
۳.۷	پایداری شیروانی نامحدود	۲۷۷
۴.۷	پایداری شیروانی محدود	۲۸۰
	سوالات فصل هفتم	۲۸۳
	پاسخ تشریحی سؤالات فصل هفتم	۲۸۹

فصل هشتم فشار جانبی خاک ۲۹۷

۱.۸	مقدمه	۲۹۸
۲.۸	فشار جانبی خاک در حالت سکون	۲۹۸
۳.۸	تأثیر حرکت جانبی دیوار بر شرایط محرک و مقاوم	۲۹۹
۴.۸	فشار جانبی خاک در حالت محرک و مقاوم طبق نظریه رانکین	۳۰۰
۵.۸	فشار جانبی خاک در حالت محرک و مقاوم طبق نظریه کولمب	۳۰۳
۶.۸	ارتفاع خودایستایی ترانشه قائم	۳۰۵

سوالاآ فصل هشام ۳۰۶

پاسخ اشریحی سؤالاآ فصل هشام ۳۳۱

منابع و مراجع ۳۳۷



فصل اول

طبیعت و طبقه‌بندی

خاک