



www.ketab.ir

مؤلف:

دکتر احد باقرزاده خلخالی

(مدرس دانشگاه‌های تهران و مؤسسات آموزش عالی)

بسمه تعالی

سرشناسه	: باقرزاده خلخال، احد، ۱۳۵۶
عنوان و نام پدیدآور	: مکانیک خاک / مولف احد باقرزاده خلخالی
مشخصات نشر	: تهران؛ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، بسیج دانشجویی، مرکز خدمات آموزشی نصیر، ۱۳۹۳
مشخصات ظاهری	: [۴۲۸ ص: مصور (رنگی)، جدول (بخشی رنگی)، نمودار (بخشی رنگی)]
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۹۲۷-۲۱-۳
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
موضوع	: خاک - مکانیک - راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	: خاک - مکانیک - آزمون‌ها و تمرین‌ها (عالی)
موضوع	: دانشگاه‌ها و مدارس عالی - ایران - آزمون‌ها
شناسه رده	: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، بسیج دانشجویی، مرکز خدمات آموزشی نصیر
رده‌بندی کتبی	: ۱۳۴ م ۲/ب ۷۱۱/۷۱ TA
رده‌بندی دیویدی	: ۶۲۴/۱۵۱۳۶
شماره کتاب‌شناسی	: ۳۴۵

نام کتاب	: مکانیک خاک
مؤلفین	: احد باقرزاده خلخال
ناشر	: بسیج دانشجویی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
نوبت چاپ	: اول
سال و محل نشر	: تهران، ۱۳۹۳
ناظر فنی چاپ	: علیرضا داودی مقدم - حمیدرضا پوریان
طراح جلد	: محمدرضا حاج محمد حسینی
صفحه‌آرایی و حروف‌چینی	: اکرم بحری
طراح شکل	: سید علی سعیدی - سید محمد موسوی
تیراژ	: ۱۰۰۰ جلد
قیمت	: ۲۶۰۰۰ تومان
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۶۹۲۷-۲۱-۳

• هرگونه چاپ و تکثیر از این اثر ممنوع و به موجب بند ۵ ماده ۲ قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان پیگرد قانونی دارد.
نشانی: خیابان شریعتی، نرسیده به پل سید خندان، دانشکده برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، مرکز خدمات آموزشی نصیر
تلفن: ۸۸۴۶۶۳۵-۸۸۴۶۴۷۸۰

پس از انتشار کتب «راهسازی (طرح هندسی راه)» و «اصول مهندسی پی» از مجموعه کتاب‌های رشته مهندسی عمران «مرکز خدمات آموزشی نصیر»، بار دیگر توفیق یافتیم تا با انتشار کتاب «مکانیک خاک» به قلم استاد توانا جناب آقای دکتر احد باقرزاده خلخالی خدمت دیگری به دانشجویان عزیز ارائه نماییم. کتاب پیش روی شما به گونه‌ای نگاشته شده که هم برای دانشجویان کارشناسی قابل استفاده بوده و هم برای داوطلبان آزمون کارشناسی ارشد مورد استفاده قرار می‌گیرد و از این نظر مجموعه‌ای کامل است که نیاز دانشجویان را به هر مرجع دیگری برطرف می‌سازد.

«مرکز خدمات آموزشی نصیر» وابسته به بسیج دانشجویی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، اولین مرکز آموزشی در حیطه‌ی آمادگی آزمون‌های کارشناسی ارشد در کشور است که از شروع فعالیت‌های آن قریب به ۲۲ سال می‌گذرد. این مرکز که در سال ۱۳۷۱ توسط دانشجویان بسیجی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی راه‌اندازی شد در طی این سال‌ها همواره در حال رشد و ترقی و تعالی بوده است و امروزه بر گسترش حیطه فعالیت‌ها و گسترش کفای مخاطبان آن، کیفیت آموزش و سطح علمی آن همواره روند رو به رشدی را داشته است. با توجه به اینکه این مرکز زیرمجموعه بسیج دانشجویی می‌باشد، اصلی‌ترین هدف خود را خدمت‌رسانی، عدالت آموزشی و ارتقاء علمی دانشجویان قرار داده و از این جهت شاخص‌ترین مرکز آموزشی در میان مؤسسات مشابه است. و این حقیقت فراتر از یک ادعا می‌باشد و از این جهت هم به عنوان مرکزی خوش‌نام و موفق در میان اساتید و دانشجویان محترم مطرح بوده است و به علت اینکه مسئولین و کادر این مرکز خود نیز اغلب از دانشجویان دانشگاه‌های تهران هستند بیشترین ارتباط را با دانشجویان مخاطب این مرکز دارا بوده و از نقطه نظرات آنان استفاده کرده است. در زیر نکاتی برای آشنایی بیشتر شما مخاطب گرامی با این مرکز ذکر می‌شود:

۱. استفاده از اساتید مجرب و طاقتهای دانشگاه‌های تهران که به لحاظ علمی جزو سرآمدترین اساتید کشور می‌باشند از اصلی‌ترین نقاط قوت این مرکز است. اعتقاد ما این است که به این نقطه از موفقیت هرگز نائل نمی‌شدیم مگر با مساعدت و تلاش و همکاری صادقانه اساتید گرانقدری که در این مرکز به آشنایی آنان نیز در این مسیر، هدف مقدس و والایی است که سرلوحه فعالیت‌های مرکز قرار گرفته است.

۲. رویکرد ما همواره افزایش سطحی کیفی فعالیت‌های این راه را به بالاترین سطح ممکن می‌باشد که با تحقق این مهم، هدف اصلی ما که خدمت‌رسانی و ارتقاء هر چه بیشتر علمی دانشجویان در هر روز و بوم در کنار عدالت آموزشی می‌باشد محقق می‌شود.

۳. با توجه به برگزاری ۲۲ سال کلاس‌های آموزشی و ۱۱ سال آزمون‌های آزمایشی، تجربه گرانقدری اندوخته‌ایم که یکی از عوامل اصلی موفقیت روز افزون ما است. این تجربیات که در مواردی سایر مؤسسات نیز از آن استفاده کرده‌اند و از آن الگو گرفته‌اند، همواره مرکز خدمات آموزشی نصیر را در جایگاه پیشروترین مؤسسه آموزشی کارشناسی ارشد و دکتری قرار داده است.

۴. با توجه به اهداف ذکر شده، شهریه ارائه شده کمترین مقدار را در میان مؤسسات مشابه دارا می‌باشد، که این اختلاف عمیق بعضاً باعث تعجب و ایجاد سؤال برای مخاطبانی گردیده که تازه با این مرکز آشنا شده‌اند. ولی آشنایی بیشتر آنان با مجموعه راه را در جهت دریافت پاسخ می‌باید.

با توجه به سابقه درخشان این مرکز در طی این سال‌ها و ضعف موجود در زمینه کتاب‌های کارشناسی ارشد به لحاظ کیفی، این مجموعه تصمیم بر آن گرفت که در این زمینه نیز وارد شده و اقتخاری دیگر به افتخارات خود بیفزاید. **«مجموعه کتاب‌های کارشناسی ارشد نصیر»** که از این پس به مرور در اختیار علاقمندان قرار خواهد گرفت مجموعه‌ای بی‌نظیر با رویکردی نوین و ویژگی‌های منحصر به فرد می‌باشد به طوری که داوطلبان بعد از مراجعه به آن، نیازی به استفاده از منبع دیگری نخواهند داشت و نظر به همکاری اساتید گرانقدری که کوله‌باری از تجربه ارزشمند علمی را در سطح دانشگاه‌ها و کلاس‌های مرکز خدمات آموزشی نصیر با خود دارند و رعایت بالاترین کیفیت در صفحه آرایی و چاپ، دانشجویان عزیز لذت واقعی یادگیری را خواهند چشید. در این جا لازم است از زحمات فراوان استاد گران قدر جناب آقای دکتر باقرزاده در تألیف این اثر ارزشمند کمال قدردانی را بنماییم. در پایان اجر معنوی فعالیت‌های این مرکز را تقدیم می‌کنیم به شهدای دفاع مقدس، این شمع‌های همیشه فروزان بشریت که با مقاومت مردانه خود حماسه‌ای جاوید آفریدند.

با توجه به اینکه خاک بستر اصلی کثیری از سازه های عمرانی است و در بسیاری از ابنیه دیگر نظیر دیوارهای حائل، بدنه سدهای خاکی و شیروانی ها به عنوان مصالح تشکیل دهنده مطرح می باشد؛ آشنایی با اصول مهندسی خاک در چارچوب قوانین فیزیکی و مکانیکی جزو اولویتهای رشته مهندسی عمران محسوب می گردد. ضمن اینکه تاثیر مستقیم مشخصات فنی لایه های خاکی بستر بر روی ظرفیت باربری و مشخصات شالوده ساختمانها و بناها، اهمیت این موضوع را دوچندان می نماید.

کتاب حاضر اصول مکانیک خاک را با در نظر گرفتن ارتباط پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی خاک ها جمع آوری و ارائه نموده است. تلاش گردیده در مجموعه حاضر ضمن فراهم نمودن امکان بهره برداری دانشجویان دوره های کاردانی و کارشناسی رشته مهندسی عمران؛ قابلیت استفاده برای دانشجویان و مهندسين رشته کشاورزی نیز میسر گردد. همچنین با ارائه سوالات طبقه بندی شده آزمونهای ورودی دوره های کارشناسی ارشد دانشگاه های سراسری و آزاد به همراه برخی سوالات آزمون نظام مهندسی، بهره برداری مهندسين و داوطلبان حضور در دوره های تحصیلات تکمیلی نیز هموار گردیده است. در همین راستا به منظور تشریح و سهولت درک صحیح نکات اصلی مباحث درس مکانیک خاک، برخی سوالات تألیفی نیز تدوین و به همراه پاسخهای تشریحی در بخش پایانی هر فصل ارائه شده اند.

با توجه به ارتباط مستقیم مکانیک خاک با اصول مهندسی پی؛ توصیه می گردد در استفاده از مجلد حاضر، کتاب "اصول مهندسی پی" ه.الف.به توفیق انتشارات مرکز خدمات آموزشی نصیر در سال ۱۳۹۲ چاپ گردیده است؛ نیز مدنظر قرار گیرد. بویژه اینکه مباحث نشست ها و توزیع تنش در زیر آنها به جهت ممانعت از تکرار مطالب و صرف هزینه های موازی، در مجموعه مجلد حاضر گنجانده شده است. همان طور که آزمونهای درجای اکتشافات محلی در فصل نخست کتاب اصول مهندسی پی جمع بندی و تشریح شده است.

در پایان لازم می دانم از همراهی همکاران محترم مکتب آموزشی نصیر دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی کمال سپاس را داشته باشم و آرزوی توفیق را برای کلیه دوستان و دوستانه در مراحل مختلف تألیف کتاب حاضر با اینجانب همکاری داشته اند؛ از درگاه الهی خواهانم.

احمد باقرزاده خلخالی

فهرست مندرجات

۷	زمین‌شناسی مهندسی	۱
۷	۱.۱ تعریف خاک	۱.۱
۷	۲.۱ چرخه سنگ انواع سنگ	۲.۱
۹	۳.۱ خصوصیات کداهای کانیکی و شیمیایی	۳.۱
۱۴	۴.۱ کانی شناسی	۴.۱
۱۸	نمونه‌های طبقه‌بندی شده بر اساسی ارشد سراسری، آزاد و نظام مهندسی	۱۸
۲۲	نمونه سؤالات تألیفی	۲۲
۲۵	۲ روابط وزنی - حجمی	۲
۲۸	۱.۳ روش حل مسائل وزنی - حجمی	۱.۳
۲۸	۱.۱.۲ نوع اول سؤالات - سؤالات مفهومی	۱.۱.۲
۳۱	۲.۱.۲ نوع دوم سؤالات - سؤالات پارامتریک	۲.۱.۲
۳۵	۳.۱.۲ نوع سوم سؤالات - سؤالات خاص	۳.۱.۲
۳۶	۲.۲ سفتی (قوام) خاک (خواص خمیری خاک‌های ریزدانه)	۲.۲
۳۹	۳.۲ فعالیت خاک‌های رسی (Activity (A)	۳.۲
۴۰	۴.۲ حد انقباض خاک	۴.۲
۴۱	تست‌های طبقه‌بندی شده کارشناسی ارشد سراسری، آزاد و نظام مهندسی	۴۱
۵۷	نمونه سؤالات تألیفی	۵۷
۶۵	۳ دانه‌بندی و طبقه‌بندی خاک‌ها	۳
۶۵	۱.۳ دانه‌بندی خاک	۱.۳
۶۵	۲.۳ آزمایش دانه‌بندی	۲.۳
۶۶	۱.۲.۳ آزمایش هیدرومتری (دانه بندی به وسیله ته‌نشینی ذرات)	۱.۲.۳
۶۷	۲.۲.۳ منحنی دانه‌بندی	۲.۲.۳
۶۷	۳.۲.۳ ویژگی‌ها و انواع منحنی دانه‌بندی	۳.۲.۳

۶۹	کاربردهای منحنی دانه‌بندی خاک	۳.۳
۶۹	کاربرد اول - سؤالات مفهومی	۱.۳.۳
۷۱	کاربرد دوم	۲.۳.۳
۷۴	کاربرد سوم - طبقه‌بندی یا نام‌گذاری خاک‌ها	۳.۳.۳
۸۰	تست‌های طبقه‌بندی شده کارشناسی ارشد سراسری، آزاد و نظام مهندسی	
۹۲	نمونه سؤالات تألیفی	

۹۹	تراکم	۴
۹۹	مبانی تراکم	۱.۴
۱۰۰	پارامترهای تراکمی در انواع خاک‌ها	۴
۱۰۰	تراکم در خاک‌های دانه‌ای	۱.۲.۱
۱۰۱	تراکم در خاک‌های ریزدانه	۲.۲.۴
۱۰۲	آزمایش‌های تراکم	۳.۴
۱۰۲	تجهیزات آزمایشگاهی	۱.۳.۴
۱۰۶	آزمون انسیته درجا	۲.۳.۴
۱۰۶	عوامل مؤثر بر تراکم	۴.۴
۱۰۶	تأثیر جنس نوع خاک	۱.۴.۴
۱۰۸	تأثیر انرژی تراکم (E)	۲.۴.۴
۱۰۹	منحنی‌های تراکم در خاک‌های ریزدانه	۵.۴
۱۱۰	روش‌های تراکم خاک	۶.۴
۱۱۰	روش‌های سطحی	۱.۶.۴
۱۱۲	روش‌های نیمه سطحی	۲.۶.۴
۱۱۶	تفاوت تراکم و تحکیم	۷.۴
۱۱۷	تست‌های طبقه‌بندی شده کارشناسی ارشد سراسری، آزاد و نظام مهندسی	
۱۲۲	نمونه سؤالات تألیفی	

۱۲۵	تراوش آب در خاک	۵
۱۲۷	معیارهای برقراری تراوش آب در خاک	۱.۵
۱۲۹	پارامترهای مؤثر در تراوش	۲.۵
۱۲۹	شبکه جریان	۱.۲.۵
۱۳۳	نفوذپذیری	۲.۲.۵
۱۳۹	تئوری تراوش آبی در خاک دارسی	۳.۵
۱۳۹	نحوه تعیین گرادیان هیدرولیکی	۱.۳.۵
۱۴۰	نحوه تعیین سطح مقطع جریان	۲.۳.۵
۱۴۱	محاسبات پارامترهای تراوش در خاک تک لایه (خاک همگن و غیر ایزوترپ)	۴.۵

۱۴۲	نحوه‌ی تبدیل خاک غیر ایزوتروپ به خاک ایزوتروپ در نمونه‌ها	۱.۴.۵
۱۴۲	نحوه‌ی تبدیل خاک غیر ایزوتروپ به خاک ایزوتروپ معادل در نیمرخ‌ها	۲.۴.۵
۱۴۳	محاسبات پارامترهای تراوش در خاک‌های لایه‌لایه	۵.۵
۱۴۴	جریان عمود بر لایه‌ها	۱.۵.۵
۱۴۵	جریان در راستای لایه‌های خاک	۲.۵.۵
۱۴۶	محاسبه پارامترهای تراوش دوبعدی در خاک‌های همگن و ایزوتروپ	۶.۵
۱۴۶	خصوصیات فنی شبکه تراوش دو بعدی	۱.۶.۵
۱۴۹	کاربردهای شبکه جریان (سؤالات متداول بر روی شبکه جریان)	۲.۶.۵
۱۵۱	مسائل خاص در تراوش	۷.۵
۱۵۱	سؤالات بدون تراوش واقعی	۱.۵
۱۵۲	سؤالات پیرومتریکی	۲.۱
۱۵۳	تشدید یا کاهش فشار یا فشار بالا برنده (Uplift)	۳.۷.۵
۱۵۴	سؤالات پایداری کنی	۴.۷.۵
۱۵۶	تست‌های طراحی و پایداری - تست کارشناسی ارتش سراسری، آزاد و نظام مهندسی	۱۵.۶
۱۷۳	نمونه سؤالات تستی	۱۷.۳
۱۸۷	تنش در خاک	۶
۱۸۷	تنش قائم	۱.۶
۱۸۷	تنش قائم ناشی از سربار خاک در خاک‌های مستقر بر روی نقطه مورد نظر	۱.۱.۶
۱۸۸	تنش قائم ناشی از بارگذاری جانبی بر روی خاک (اضافه تنش)	۲.۱.۶
۲۰۳	تنش قائم ناشی از آب آزاد	۳.۱.۶
۲۰۴	مفهوم تنش کل و تنش مؤثر قائم	۲.۶
۲۰۴	تنش کل	۱.۲.۶
۲۰۵	فشار آب حفره‌ای خاک	۲.۲.۶
۲۰۷	تنش مؤثر قائم - پدیده جوشش	۳.۲.۶
۲۱۰	فشار جانبی خاک	۳.۶
۲۱۱	فشار جانبی خاک در حالت سکون	۱.۳.۶
۲۱۲	فشار جانبی خاک در حالت اکتیو	۲.۳.۶
۲۱۳	فشار جانبی خاک در حالت پسیو	۳.۳.۶
۲۱۵	نیروی فشاری وارد بر دیوارها - الگوریتم حل	۴.۶
۲۱۸	فشار جانبی خاک‌های چسبنده C دار - زون کششی	۱.۴.۶
۲۲۰	مسائل پیشرفته تنش (المان تنش - پایداری)	۵.۶
۲۲۰	دایره موهر تنش	۱.۵.۶
۲۲۱	کنترل پایداری خاک	۲.۵.۶
۲۲۴	مسیر تنش	۳.۵.۶

۲۲۷	تست‌های طبقه‌بندی شده کارشناسی ارشد سراسری، آزاد و نظام مهندسی
۲۴۵	نمونه سؤالات تألیفی

۷ نشست خاک‌ها

۲۵۵	۱.۷ تغییر شکل خاک
۲۵۵	۲.۷ مفاهیم نشست
۲۵۵	۱.۲.۷ تعریف نشست و شروط برقراری آن
۲۵۷	۲.۲.۷ مکانیسم نشست
۲۵۸	۳.۲.۷ انواع نشست
۲۵۹	۴.۲.۷ نشست آبی
۲۶۳	۴.۷ رابطه‌ی بین میزان نشست و تغییرات تخلخل خاک (e)
۲۶۳	۵.۷ نشست در زمان $t = \infty$
۲۶۴	۵.۷ سؤالات راجع به نشست خاص (t)
۲۷۱	۳.۵.۷ نشست در تئوری (نویه نشست خزشی)
۲۷۵	۴.۵.۷ مسائل خاص در تحکیم
۲۷۷	۵.۵.۷ حضور همزمان زمین‌شکنی قائم و افقی (تحکیم دوبعدی)
۲۸۰	۶.۵.۷ تورم (باربرداری خاک)
۲۸۱	۷.۵.۷ محاسبات نشست پی‌ها
۲۸۵	تست‌های طبقه‌بندی شده کارشناسی ارشد سراسری، آزاد و نظام مهندسی
۳۱۹	نمونه سؤالات تألیفی

۸ آزمون‌های مقاومت برشی خاک

۳۳۱	۱.۸ پارامترهای مکانیکی خاک (ϕ و C)
۳۳۱	۲.۸ آزمون‌های آزمایشگاهی تعیین ϕ و C
۳۳۲	۱.۲.۸ آزمایش برش مستقیم (جعبه برش)
۳۳۵	۲.۲.۸ آزمایش برش سه محوری
۳۴۳	۳.۲.۸ آزمایش برش تک محوری
۳۴۵	تست‌های طبقه‌بندی شده کارشناسی ارشد سراسری، آزاد و نظام مهندسی
۳۷۱	نمونه سؤالات تألیفی

۹ پایداری شیروانی‌های خاکی

۳۸۳	۱.۹ ضریب اطمینان (SF)
۳۸۴	۲.۹ پایداری شیروانی‌های نامحدود
۳۸۴	۱.۲.۹ گروه اول (حالت خشک)

۲۲۹	گروه دوم (وجود تراوش آب در شیروانی)	۳۸۶
۳۹	پایداری شیروانی‌های محدود	۳۸۸
۱۳۹	سطح لغزش صفحه‌ای (روش کولمان)	۳۸۸
۲۳۹	سطح لغزش دایروی (روش توده و قطعات)	۳۹۰
۴۹	روش خلاصه (تستی) برخی از مسائل مهم	۳۹۳
۱۴۹	شیروانی نامحدود در خاک‌های دانه‌ای (ϕ دار)	۳۹۳
۲۴۹	شیروانی محدود در خاک‌های دانه‌ای	۳۹۵
۳۴۹	شیروانی محدود در خاک‌های مخلوط (C و ϕ دار)	۳۹۵
۴۴۹	شیروانی محدود در خاک‌های رسی اشباع	۳۹۷
	سنجش‌های طبقه‌بندی شده کارسناسی 'رشد سراسری'، 'زاد و نظام مهندسی'	۴۰۰
	نمونه سؤالات تألفی	۴۱۰
	سؤالات زمین‌کار سالیانه سال ۹۲	۴۱۴
	فهرست مراجع	۴۲۵