

۱۳۶۱۷.۹

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



مکانیک خاک و پی (ویرایش دوم)

مؤلف

جان آکینسون

ترجمه

میشم بیات - الهام جدیدی



سرشناسه

: اتکینسون، جان، ۱۹۴۲ - م.

Atkinson, John

عنوان و نام پدیدآور

: مکانیک خاک و پی / تألیف جان اتکینسون؛ ترجمه میثم بیات، الهام جدیدی.

وضعیت ویراست

: [ویراست ۲]

مشخصات نشر

: تهران: سیمای دانش: آذر، ۱۳۹۴.

مشخصات ظاهری

: ی، ث، ۶۳۴ ص.

شابک

: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۰-۲۲۵-۴

وضعیت فهرست نویسی

: فیبا

یادداشت

: عنوان اصلی: The mechanics of soils and foundations.

موضوع

: خاک -- مکانیک

موضوع

: پی سازی

موضوع

: شیبها (مکانیک خاک)

شناسه افزوده

: بیات، میثم، ۱۳۶۵ - مترجم

شناسه افزوده

: جدیدی، الهام، ۱۳۶۵ - مترجم

رده بندی کنگره

: ۱۳۹۴۷۱۸۲۸ م۸ / الف

رده بندی دیویی

: ۱۵۱۳۶/۶۲۴

شماره کتابشناسی ملی

: ۳۹۵۶۹۲۵

مکانیک خاک و پی (ویرایش دوم)

تألیف:

جان اتکینسون

ترجمه:

میثم بیات، الهام جدیدی

ناشر:

انتشارات سیمای دانش

ناشر همکار:

انتشارات آذر

نوبت چاپ:

اول/ ۱۳۹۴

تیراژ:

۱۰۰۰ نسخه

حروفچینی:

موسسه مهراد

لیتوگرافی:

ندا

چاپخانه:

فرشیوه

محرافی:

یکتافر

شابک:

: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۰-۲۲۵-۴

قیمت:

۳۸۰۰۰ تومان

کلیه حقوق این اثر برای انتشارات سیمای دانش محفوظ است.

انتشارات سیمای دانش: خیابان انقلاب - ابتدای خیابان ۱۲ فروردین

پلاک ۳۱۸ - تلفن: ۶۶۴۶۴۷۷۹

فروشگاه سیمای دانش: ۶۶۴۶۰۵۴۵

انتشارات آذر: ۶۶۴۶۵۸۳۰

کتابفروشی عصر دانش: ۶۶۴۹۳۷۰۱

کتابفروشی پرهام: ۶۶۴۶۸۲۳۵

کتاب حاضر رفتار مهندسی خاک‌ها و سازه‌های ساده ژئوتکنیکی از قبیل پی‌ها و شبروانی‌ها و بیشتر مباحث تئوری مربوط به مهندسی ژئوتکنیک در مقطع کارشناسی مهندسی عمران را در بر می‌گیرد. این کتاب در درجه اول یک منبع مطالعاتی برای دانشجویان در دروس مکانیک خاک و پی و همچنین با تجدید نظر قابل کاربرد برای مهندسين ژئوتکنیک و زمین‌شناسی است که تمایل به مطالعه یک مقدمه ساده برای تئوری‌های موجود در مکانیک خاک و مهندسی زمین‌شناسی دارند. اگر چه این کتاب به طور خاص مرتبط با ماهیت خاک و مکانیک خاک است اما بیشتر تئوری‌ها و روش‌های تشریح شده برای مینگ‌ها و مکانیک سنگ نیز قابل کاربرد است. در سالهای اخیر آموزش و کارهای عملی در مهندسی ژئوتکنیک مورد توجه زیادی قرار گرفته است و در حال حاضر مهندسی ژئوتکنیک به عنوان یک رشته اصلی در مهندسی عمران است. مهمترین تحول در مکانیک خاک، ترکیب تأثیرات برشی و حجمی در تئوری‌هایی همچون مکانیک خاک حالت بحرانی و کاربرد آنها در تحلیل‌های ژئوتکنیکی است. در این کتاب، برخلاف سایر کتاب‌های موجود در زمینه مکانیک خاک، هدف اصلی گسترش کاربرد تئوری‌های پایه در مکانیک خاک و تئوری‌های ارائه شده برای پایداری پی‌ها و شبروانی‌ها در روش‌های خمیری حد بالا و پایین که به عنوان روش تعادل حدی نیز استفاده می‌شود. رویکرد استفاده از یک چهارچوب ساده و منطقی برای آموزش اصول اصلی یک موضوع خاص در مکانیک خاک و مهندسی ژئوتکنیک یک رویکرد کاملاً به روز است که در این کتاب از این ایده استفاده شده است. ادغام مکانیک خاک و مهندسی ژئوتکنیک در این کتاب ساده و تا حد زیادی ایده‌آل است و سعی شده است تا رفتار خاک‌ها و سازه‌های ژئوتکنیکی به تجربیات روزمره مرتبط شود و علاوه بر آن دانشجویان به انجام آزمایش‌های ساده در خانه و در آزمایشگاه‌های معمول مکانیک خاک تشویق شده‌اند. همچنین تعدادی آزمایش ساده برای نشان دادن اصول اصلی به جای روش‌های مورد استفاده برای رسیدن به نتایج دقیق ارائه شده است. از آنجاکه مهندسين باید برای طراحی و ساخت تجهیزات، کاربرد و استخراج نتایج باید آموزش‌های لازم را دیده باشند، تنها تعداد کمی از دستگاه‌ها و روش‌های خاص ارائه شده است. در سراسر کتاب با استفاده از نظریه‌های ساده و ایده‌آل سازی، رفتار خاک‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. با این حال واضح است که رفتار خاک متفاوت با ایده‌آل سازی‌های در نظر گرفته شده است و همچنین ممکن است عوامل دیگری نیز در طراحی و تحلیل سازه‌های ژئوتکنیکی مؤثر باشد. گرچه در مواردی اشاره شده است که رفتار انواع خاک‌های طبیعی ممکن است به طور قابل توجهی متفاوت با رفتار ایده‌آل باشد، با این حال استفاده از ایده‌آل سازی در امر آموزش توصیه می‌شود.

جان اتکینسون

دانشگاه سیتی، لندن

سخن مترجمان:

ساختمان و سازه در ارتباط مستقیم با زمینی است که بر روی آن قرار گرفته‌اند و بار کلیه این سازه‌ها توسط سیستم‌های مختلف پی به زمین، منتقل می‌گردد. بنابراین شناخت دقیق پی‌ها و زمین یا به عبارتی خاک بستر، در طراحی ایمن سازه‌ها امری حیاتی است. مهندسی ژئوتکنیک به طور خاص با شناخت مشخصات و ویژگی‌های خاک، پی و موضوعات مربوط به دینامیک خاک در ارتباط بوده و می‌توان چنین گفت که مبحث مهندسی ژئوتکنیک پایه و اساس مهندسی سازه است.

با توجه به افزایش روزافزون گودبرداری‌ها در ساختمان‌سازی، ساخت سازه‌های زیرزمینی، تونل‌ها و سدهای خاکی تعیین و شناخت خصوصیات فنی لایه‌های زیر سطحی (خاک، سنگ و آب زیر زمینی) و رفتار مکانیکی زمین ناشی از ساخت و سازه‌ها در تعیین محل اجرا و ارزیابی پارامترهای طراحی پی ابزاری در طرح‌های مختلف زیر بنائی ضروری‌تر به‌نظر می‌رسد. در دنیای امروز که علوم نظری و عملی به سرعت در حال پیشرفت است، اطلاع از دانش و تجارب سایر جوامع از ضروری‌ترین ارکان پیشرفت محسوب می‌شود و در این رابطه ترجمه کتاب‌های علمی و فنی دارای نقش کلیدی است.

کتاب حاضر کلیه مباحث مربوط به مکانیک خاک و مهندسی پی مربوط به دوره کارشناسی مهندسی عمران را با بیانی ساده پوشش می‌دهد؛ زیرا سعی بر این بوده است که رفتار خاک در بستر تجارب روزمره از مواد در دسترس توصیف شود تا خوانندگان بتوانند بین نظریه‌های ساده مکانیک خاک و مشاهدات روزمره خود ارتباط ایجاد کنند.

این کتاب توسط مترجمینی به زبان فارسی برگردانده شده است که علاوه بر آشنایی با مباحث موجود، تجربه تدریس در مباحث مرتبط را داشته‌اند ولی از آنجا که هر کاری ممکن است کمبود و نواقصی به همراه داشته باشد، از اساتید، دانشجویان و مهندسين محترم تقاضا می‌شود که نظرات و پیشنهادات خود را برای اصلاح و رفع نواقص کتاب برای مترجمین ارسال فرمایند. پیشاپیش از تمامی منتقدان و پیشنهاد کنندگان که اینجانبان را مورد منت قرار داده و زحمت ارسال نظرات و انتقادات خود را تقبل می‌کنند، صمیمانه تشکر می‌شود.

میثم بیات

bayat.m@ut.ac.ir

الهام جدیدی

Jadidi_basu@yahoo.com

تابستان ۱۳۹۴

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: مقدمه‌ای بر مهندسی ژئوتکنیک

۳	۱-۱. مهندسی ژئوتکنیک چیست؟
۶	۲-۱. اصول مهندسی
۷	۳-۱. اصول مکانیک
۹	۴-۱. رفتار مواد
۱۱	۵-۱. خصوصیات اصلی خاک
۱۲	۶-۱. انواع اصلی سازه ژئوتکنیکی
۱۳	۷-۱. ضرایب ایمنی و ضرایب بار
۱۵	۸-۱. استانداردها و آیین‌نامه‌های عملی
۱۶	۹-۱. خلاصه
۱۶	۱۰-۱. برای مطالعه بیشتر

فصل دوم: مکانیک پایه

۲۱	۱-۲. مقدمه
۲۱	۲-۲. تنش و کرنش
۲۳	۳-۲. کرنش مسطح و تقارن محوری
۲۴	۴-۲. مکانیک اجسام صلب
۲۵	۵-۲. تحلیل تنش
۲۶	۶-۲. تحلیل کرنش
۲۸	۷-۲. نسبت تنش و اتساع
۳۱	۸-۲. سطوح لغزش
۳۲	۹-۲. خلاصه
۳۳	۱۰-۲. مثال‌های حل شده
۳۵	۱۱-۲. برای مطالعه بیشتر

فصل سوم: اساس رفتار مواد

۴۱	۱-۳. رفتار تنش-کرنش، سختی و مقاومت
۴۰	۲-۳. انتخاب پارامترها برای تنش و کرنش
۴۴	۳-۳. مقاومت

۴۷	۴-۳. شکل پذیری و تردشکنی
۴۸	۵-۳. سختی
۴۹	۶-۳. مقاومت، سختی و صلبیت
۵۱	۷-۳. معادلات رفتاری
۵۲	۸-۳. کشسانی
۵۴	۹-۳. خمیری کامل
۵۷	۱۰-۳. رفتار ترکیبی کشسان خمیری
۶۲	۱۱-۳. اثرات زمان و سرعت
۶۳	۱۲-۳. خلاصه
۶۴	۱۳-۳. مثال های حل شده
۶۵	۱۴-۳. برای مطالعه بیشتر

فصل چهارم: ساختار زمین

۶۹	۱-۴. مقدمه
۶۹	۲-۴. پوسته زمین
۷۲	۳-۴. فرآیندهای زمین شناختی
۷۲	۴-۴. چینه شناسی و قدمت خاک ها و سنگ ها
۷۵	۵-۴. محیط های رسوب گذاری
۷۸	۶-۴. رویدادهای زمین شناسی اخیر
۸۱	۷-۴. اهمیت زمین شناسی در مهندسی ژئوتکنیک
۸۲	۸-۴. برای مطالعه بیشتر

فصل پنجم: طبقه بندی خاک

۸۵	۱-۵. شرح و طبقه بندی
۸۶	۲-۵. توصیف خاک
۸۷	۳-۵. اندازه، شکل و طبقه بندی ذرات خاک
۸۹	۴-۵. ویژگی های خاک های ریزدانه
۹۱	۵-۵. حجم مخصوص، میزان آب و وزن مخصوص
۹۳	۶-۵. حدود قوام
۹۵	۷-۵. حالت موجود
۹۷	۸-۵. منشأ خاک ها
۹۷	۹-۵. خلاصه
۹۸	۱۰-۵. مثال های حل شده

۱۱-۵. مراجع ۱۰۳

۱۲-۵. برای مطالعه بیشتر ۱۰۳

فصل ششم: فشار منفذی، تنش مؤثر و زهکشی

۱-۶. مقدمه ۱۰۷

۲-۶. تنش در زمین ۱۰۷

۳-۶. آب‌های زیرزمینی و فشار منفذی ۱۰۸

۴-۶. مکش‌ها در خاک اشباع ۱۱۱

۵-۶. تنش مؤثر ۱۱۳

۶-۶. اهمیت تنش مؤثر ۱۱۵

۷-۶. اثرات تنش مؤثر ۱۱۶

۸-۶. تغییر حجم و زهکشی ۱۱۸

۹-۶. بارگذاری زهکشی شده، بارگذاری زهکشی نشده و تحکیم‌یافته ۱۲۰

۱۰-۶. سرعت‌های بارگذاری و زهکشی ۱۲۵

۱۱-۶. خلاصه: ۱۲۷

۱۲-۶. مثال‌های حل‌شده ۱۲۸

۱۳-۶. مراجع ۱۳۳

فصل هفتم: آزمایش‌های آزمایشگاهی در خاک

۱-۷. اهداف آزمایش‌های آزمایشگاهی ۱۳۷

۲-۷. آزمایش‌های استاندارد و مشخصات آن‌ها ۱۳۸

۳-۷. آزمایش‌های طبقه‌بندی اساسی خاک ۱۳۹

۴-۷. اندازه‌گیری ضریب نفوذپذیری ۱۴۲

۵-۷. ویژگی‌های اصلی آزمایش‌های بارگذاری خاک ۱۴۴

۶-۷. آزمایش‌های (ادنومتري) تحکیم فشاری یک‌بعدی ۱۴۶

۷-۷. آزمایش برش ۱۴۷

۸-۷. آزمایش‌های سه محوری فشاری مرسوم ۱۴۹

۹-۷. سلول‌های سه محوری هیدرولیکی-آزمایش مسیر تنش ۱۵۲

۱۰-۷. نکات آزمایش‌های خاک ۱۵۵

۱۱-۷. خلاصه ۱۵۷

۱۲-۷. مثال‌های حل‌شده ۱۵۷

۱۳-۷. برای مطالعه بیشتر: ۱۶۳

فصل هشتم: تحکیم و تورم

۱۶۷.....	۱-۸. مقدمه
۱۶۸.....	۲-۸. تراکم و تورم همسان
۱۷۲.....	۳-۸. بیش تحکیم یافتگی و نسبت تنش تسلیم
۱۷۵.....	۴-۸. وضعیت خاک‌ها در سمت مرطوب و خشک حالت بحرانی
۱۷۷.....	۵-۸. تحکیم و تورم تک‌بعدی
۱۷۹.....	۶-۸. تنش افقی در بارگذاری یک‌بعدی
۱۸۲.....	۷-۸. خلاصه
۱۸۳.....	۸-۸. مثال‌های حل‌شده
۱۸۵.....	۹-۸. برای مطالعه بیشتر

فصل نهم: مقاومت حالت بحرانی خاک

۱۸۹.....	۱-۹. رفتار خاک تحت آزمایش‌های برشی
۱۹۲.....	۲-۹. مقاومت حالت بحرانی، اوج و باقیمانده
۱۹۴.....	۳-۹. حالت‌های بحرانی
۱۹۶.....	۴-۹. مقاومت زهکشی نشده
۱۹۸.....	۵-۹. تحلیل‌های تنش کل و مؤثر
۱۹۹.....	۶-۹. بی‌بعد سازی
۲۰۱.....	۷-۹. اندازه‌گیری مقاومت حالت بحرانی خاک‌ها با آزمایش‌های سه محوری
۲۰۶.....	۸-۹. ارتباط بین مقاومت اندازه‌گیری شده در آزمایش‌های برش و آزمایش‌های سه محوری
۲۰۷.....	۹-۹. حالت و پارامترهای حالت
۲۱۰.....	۱۰-۹. تحقیقات ساده آزمایشگاهی برای حالت بحرانی خاک
۲۱۱.....	۱۱-۹. چسبندگی واقعی در خاک‌ها
۲۱۳.....	۱۲-۹. خلاصه
۲۱۴.....	۱۳-۹. مثال‌های حل‌شده
۲۱۸.....	۱۴-۹. مراجع
۲۱۹.....	۱۵-۹. برای مطالعه بیشتر

فصل دهم: حالت اوج

۲۲۳.....	۱-۱۰. مقدمه
۲۲۴.....	۲-۱۰. خط موهر-کولمب برای مقاومت اوج در آزمایش‌های برش
۲۲۸.....	۳-۱۰. خط موهر-کولمب برای مقاومت اوج در آزمایش‌های سه محوری
۲۳۰.....	۴-۱۰. یک رابطه قانون توان برای مقاومت اوج

۲۳۴	۵-۱۰. حالت‌های اوج و اتساع
۲۳۹	۶-۱۰. مقایسه بین نظریه موهر-کولمب و نظریه تنش-اتساع
۲۴۰	۷-۱۰. رابطه میان مقاومت اوج و پارامتر حالت
۲۴۱	۸-۱۰. خلاصه
۲۴۱	۹-۱۰. مثال‌های حل‌شده
۲۴۵	۱۰-۱۰. مراجع
۲۴۶	۱۰-۱۱. برای مطالعه بیشتر

فصل یازدهم: رفتار خاک پیش از گسیختگی

۲۷۳	۱-۱۱. مقدمه
۲۷۴	۲-۱۱. سمت مرطوب و سمت خشک ناحیه بحرانی
۲۷۸	۳-۱۱. سطح مرزی حالت برای خاک
۲۸۳	۴-۱۱. رفتار کشتان در حالت‌های درون سطح مرزی حالت
۲۸۶	۵-۱۱. رفتار خاک در طول بارگذاری زهکشی نشده
۲۸۷	۶-۱۱. نسبت تنش و اتساع
۲۸۹	۷-۱۱. سطوح لغزشی و خطاهای ظاهری در نتایج آزمایش‌ها
۲۹۲	۸-۱۱. خلاصه
۲۹۳	۹-۱۱. مثال‌های حل‌شده
۲۹۷	۱۰-۱۱. مراجع
۲۹۷	۱۱-۱۱. برای مطالعه بیشتر

فصل دوازدهم: کم کلی

۲۹۹	۱-۱۲. مقدمه
۳۰۰	۲-۱۲. ویژگی‌های پایه مدل‌های کم کلی
۳۰۱	۳-۱۲. سطح مرزی کم کلی
۳۰۵	۴-۱۲. محاسبه کرنش‌های خمیری
۳۰۶	۵-۱۲. تسلیم و سخت‌شوندگی
۳۰۹	۶-۱۲. روابط رفتاری کم کلی
۳۱۱	۷-۱۲. کاربرد کم کلی در طراحی
۳۱۱	۸-۱۲. خلاصه
۳۱۱	۹-۱۲. مثال‌های حل‌شده
۳۱۳	۱۰-۱۲. مراجع
۳۱۳	۱۱-۱۲. برای مطالعه بیشتر

فصل سیزدهم: سختی خاک

۳۱۵	۱-۱۳. مقدمه:
۳۱۵	۲-۱۳. کم کلی و سختی خاک:
۳۱۷	۳-۱۳. روابط کرنش - سختی برای خاک:
۳۲۲	۴-۱۳. کرنش ها در زمین:
۳۲۲	۵-۱۳. اندازه گیری سختی خاک در آزمایش های آزمایشگاهی:
۳۲۵	۶-۱۳. سختی خاک در کرنش های کوچک و خیلی کوچک:
۳۳۰	۷-۱۳. صلیبت و غیر خطی بودن:
۳۳۳	۸-۱۳. مدل سازی عددی سختی خاک:
۳۳۵	۹-۱۳. خلاصه:
۳۳۵	۱۰-۱۳. مراجع:
۳۳۶	۱۱-۱۳. برای مطالعه بیشتر:

فصل چهاردهم: تراوش حالت ماندگار

۳۳۹	۱-۱۴. شرایط آب زیرزمینی:
۳۴۲	۲-۱۴. مسائل کاربردی جریان آب زیرزمینی:
۳۴۴	۳-۱۴. الزامات تراوش حالت ماندگار:
۳۴۸	۴-۱۴. جریان درون یک شبکه جریان ساده:
۳۵۰	۵-۱۴. شبکه جریان برای تراوش دو بعدی:
۳۵۳	۶-۱۴. جوشش و فرسایش:
۳۵۵	۷-۱۴. تراوش در خاک های ناهمسان گرد:
۳۵۶	۸-۱۴. خلاصه:
۳۵۷	۹-۱۴. مثال های حل شده:
۳۶۰	۱۰-۱۴. برای مطالعه بیشتر:

فصل پانزدهم: تحکیم

۳۶۳	۱-۱۵. مکانیسم اساسی تحکیم:
۳۶۴	۲-۱۵. تئوری تحکیم یک بعدی:
۳۶۸	۳-۱۵. منحنی های همزمان:
۳۶۹	۴-۱۵. ویژگی های ایزوکرون ها:
۳۷۳	۵-۱۵. راه حل برای تحکیم یک بعدی توسط منحنی های هم زمان سهموی:
۳۷۹	۶-۱۵. راه حل های دیگر تحکیم:
۳۸۰	۷-۱۵. تعیین c , از آزمایش های ادنومتر:

۲۸۳	۸-۱۵. بارگذاری پیوسته و تحکیم
۲۸۷	۹-۱۵. خلاصه
۳۸۷	۱۰-۱۵. مثال‌های حل شده
۳۹۱	۱۱-۱۵. مراجع

فصل شانزدهم: خاک‌های طبیعی

۳۹۳	۱-۱۶. مشخصه‌های خاک‌های طبیعی
۳۹۵	۲-۱۶. تحکیم عادی و تورم یک‌بعدی خاک در زمین
۴۰۰	۳-۱۶. تغییرات حالت و نسبت تنش تسلیمی در خاک‌های طبیعی
۴۰۱	۴-۱۶. تأثیر تغییر حجم به دلیل ارتعاش یا خزش
۴۰۳	۵-۱۶. تأثیر لایه‌بندی در خاک‌های رسوبی
۴۰۴	۶-۱۶. اثرات پیوند و فرسایش
۴۰۶	۷-۱۶. تغییر در ضریب آب منفذی
۴۰۷	۸-۱۶. خلاصه
۴۰۸	۹-۱۶. مراجع
۴۰۸	۱۰-۱۶. برای مطالعه بیشتر

فصل هفدهم: شناسایی زمین

۴۱۱	۱-۱۷. مقدمه
۴۱۲	۲-۱۷. اهداف شناسایی زمین
۴۱۴	۳-۱۷. طرح‌ریزی و انجام شناسایی
۴۱۶	۴-۱۷. کندن گودال آزمایشی، حفاری و نمونه‌برداری
۴۱۹	۵-۱۷. آزمایش در محل
۴۲۳	۶-۱۷. شناسایی شرایط آب زیرزمینی و نفوذپذیری
۴۲۶	۷-۱۷. گزارش‌های شناسایی زمین
۴۲۹	۸-۱۷. خلاصه
۴۳۰	۹-۱۷. مراجع
۴۳۰	۱۰-۱۷. برای مطالعه بیشتر

فصل هجدهم: پارامترهای خاک برای طراحی

۴۳۳	۱-۱۸. مقدمه
۴۳۴	۲-۱۸. اصول طراحی
۴۳۶	۳-۱۸. توصیف و طبقه‌بندی

۴-۱۸. زهکشی شده یا زهکشی نشده یا تحکیم یافته: پارامترهای تنش مؤثر یا تنش کل.....	۴۳۷
۵-۱۸. حالت حد نهایی: مقاومت حالت بحرانی و باقیمانده و ضرایب ایمنی.....	۴۳۹
۶-۱۸. حالت حدی بهره‌برداری: مقاومت اوج با یک ضریب بار.....	۴۴۴
۷-۱۸. حالت حدی بهره‌برداری: سختی خاک و بارهای طراحی.....	۴۴۶
۸-۱۸. پارامترهای مربوط به توصیف و طبقه‌بندی.....	۴۴۸
۹-۱۸. حالت‌های خاک در زمین.....	۴۵۲
۱۰-۱۸. محاسبه تغییرپذیری.....	۴۵۳
۱۱-۱۸. خلاصه.....	۴۵۵
۱۲-۱۸. مراجع.....	۴۵۶

فصل نوزدهم: پایداری نهایی ساختارهای خاکی با استفاده از روش‌های حدی

۱-۱۹. مقدمه.....	۴۱۱
۲-۱۹. ضرایب.....	۴۱۲
۳-۱۹. قضایای گسیختگی خمیری.....	۴۱۲
۴-۱۹. مکانیسم‌های سازگاری در سطوح گسیختگی.....	۴۱۵
۵-۱۹. کار انجام‌شده توسط تنش‌های داخلی و بارهای خارجی.....	۴۱۷
۶-۱۹. حدود بالای ساده برای یک پی.....	۴۲۰
۷-۱۹. حالات تنش متعادل ناپیوسته.....	۴۲۲
۸-۱۹. حدود پایین ساده برای یک پی.....	۴۲۶
۹-۱۹. راه‌حل‌های حد بالا و پایین با استفاده از گوه‌ها.....	۴۲۸
۱۰-۱۹. راه‌حل‌های حدی برای ظرفیت باربری پی برای بارگذاری زهکشی نشده با استفاده از گوه‌ها.....	۴۳۴
۱۱-۱۹. راه‌حل‌های حدی برای ظرفیت باربری پی تحت یک بارگذاری زهکشی شده با استفاده از گوه‌ها.....	۴۹۲
۱۲-۱۹. خلاصه.....	۴۴۰
۱۳-۱۹. مثال‌های حل‌شده.....	۴۴۰
۱۴-۱۹. برای مطالعه بیشتر.....	۴۴۹

فصل بیستم: روش تعادل حدی

۱-۲۰. تئوری روش تعادل حدی.....	۴۵۳
۲-۲۰. راه‌حل‌هایی برای تعادل حدی ساده.....	۴۵۴
۳-۲۰. تجزیه و تحلیل گوه کولمب.....	۴۵۷
۴-۲۰. تحلیل‌های ساده دایره لغزش برای بارگذاری زهکشی نشده.....	۴۶۲

- ۴۶۳..... ۵-۲۰. روش دایره لغزش برای بارگذاری زهکشی شده-روش قطعه‌ها.
- ۴۶۸..... ۶-۲۰. سایر روش‌های تعادل حدی.....
- ۴۷۰..... ۷-۲۰. پاسخ‌های تعادل حدی.....
- ۴۷۱..... ۸-۲۰. خلاصه.....
- ۴۷۱..... ۹-۲۰. مثال‌های حل شده.....
- ۴۷۶..... ۱۰-۲۰. منابع.....
- ۴۷۶..... ۱۱-۲۰. برای مطالعه بیشتر.....

فصل بیست و یکم: پایداری شیروانی

- ۴۷۹..... ۱-۲۱. مقدمه.....
- ۴۸۰..... ۲-۲۱. انواع ناپایداری‌ها.....
- ۴۸۲..... ۳-۲۱. پارامترها و ضرایب برای طراحی شیروانی‌ها.....
- ۴۸۴..... ۴-۲۱. تغییرات تنش در شیروانی‌ها.....
- ۴۸۶..... ۵-۲۱. تأثیر آب روی پایداری شیروانی.....
- ۴۹۱..... ۶-۲۱. پایداری شیروانی نامحدود.....
- ۴۹۸..... ۷-۲۱. تأثیر تراوش بر روی پایداری شیروانی نامحدود.....
- ۵۰۰..... ۸-۲۱. پایداری گودبرداری‌های عمودی.....
- ۵۰۳..... ۹-۲۱. روش‌های معمول تحلیل پایداری شیروانی.....
- ۵۰۶..... ۱۰-۲۱. رفتار خاک در حفاری‌های ساده.....
- ۵۰۸..... ۱۱-۲۱. خلاصه.....
- ۵۰۸..... ۱۲-۲۱. مثال‌های حل شده.....
- ۵۱۰..... ۱۳-۲۱. مراجع.....
- ۵۱۰..... ۱۴-۲۱. برای مطالعه بیشتر.....

فصل بیست و دوم: ظرفیت باربری و نشست پی‌های سطحی

- ۵۱۲..... ۱-۲۲. انواع پی‌ها.....
- ۵۱۴..... ۲-۲۲. رفتار پی.....
- ۵۱۶..... ۳-۲۲. پارامترهای مقاومت خاک و ضرایب طراحی پی سطحی.....
- ۵۱۸..... ۴-۲۲. تغییرات تنش در پی‌ها.....
- ۵۱۹..... ۵-۲۲. ظرفیت باربری پی‌های سطحی.....
- ۵۲۲..... ۶-۲۲. پی‌ها در خاک ماسه‌ای.....
- ۵۲۳..... ۷-۲۲. بارگذاری ترکیبی افقی و عمودی وارد بر پی سطحی.....
- ۵۲۵..... ۸-۲۲. پی‌ها در خاک کشسان.....

۵۲۸	۹-۲۲. پارامترهایی برای تجزیه و تحلیل کشتان
۵۳۰	۱۰-۲۲. نشست‌های تحکیم برای بارگذاری یک‌بعدی
۵۳۴	۱۱-۲۲. بالا آمدن و یا نشست پی به دلیل تغییرات آب زیرزمینی
۵۳۶	۱۲-۲۲. خلاصه
۵۳۸	۱۳-۲۲. مثال‌های حل شده
۵۴۱	۱۴-۲۲. مراجع
۵۴۱	۱۵-۲۲. برای مطالعه بیشتر

فصل بیست و سوم: پی‌های شمعی

۵۴۵	۱-۲۳. انواع پی‌های شمعی
۵۴۷	۲-۲۳. مقاومت انکابی شمع‌های منفرد
۵۴۹	۳-۲۳. اصطکاک جداره در شمع‌ها
۵۵۱	۴-۲۳. آزمایش شمع و روابط کوهش شمع
۵۵۲	۵-۲۳. ظرفیت گروه شمع‌ها
۵۵۳	۶-۲۳. خلاصه
۵۵۴	۷-۲۳. مراجع
۵۵۴	۸-۲۳. برای مطالعه بیشتر

فصل بیست و چهارم: فشارهای زمین و پایداری دیوارهای حائل

۵۵۷	۱-۲۴. مقدمه
۵۵۸	۲-۲۴. فشارهای زمین
۵۵۹	۳-۲۴. انواع سازه‌های نگهدارنده
۵۵۹	۴-۲۴. گسیختگی دیوارهای حائل
۵۶۱	۵-۲۴. تغییرات تنش در خاک نزدیک دیوارهای حائل
۵۶۶	۶-۲۴. تأثیر آب بر دیوارهای حائل
۵۶۷	۷-۲۴. محاسبه فشارهای زمین-بارگذاری زهکشی شده
۵۶۹	۸-۲۴. محاسبه فشارهای زمین-بارگذاری زهکشی نشده
۵۷۱	۹-۲۴. پایداری کل
۵۷۶	۱۰-۲۴. مقاومت خاک و ضرایب برای طراحی دیوارهای حائل
۵۷۸	۱۱-۲۴. خلاصه
۵۷۹	۱۲-۲۴. مثال‌های حل شده
۵۸۳	۱۳-۲۴. برای مطالعه بیشتر

فصل بیست و پنجم: تونل‌کشی در زمین‌های نرم

۵۸۷	۱-۲۵. ساخت تونل:
۵۸۸	۲-۲۵. ساختن تونل‌های حفاری‌شده در زمین‌های نرم:
۵۹۰	۳-۲۵. تغییرات تنش در اطراف تونل
۵۹۲	۴-۲۵. پایداری دهانه تونل
۵۹۵	۵-۲۵. تأثیر آب در تونل‌ها
۵۹۷	۶-۲۵. حرکات زمین بر اثر تونل‌سازی
۵۹۹	۷-۲۵. شرایط بار برای محدود کردن حرکات زمین
۶۰۱	۸-۲۵. خلاصه
۶۰۱	۹-۲۵. منابع
۶۰۱	۱۰-۲۵. برای مطالعه بیشتر

فصل بیست و ششم: رفتار خاک‌های غیراشباع

۶۰۵	۱-۲۶. مقدمه
۶۰۵	۲-۲۶. پیدایش خاک غیراشباع
۶۰۶	۳-۲۶. درجه اشباع و حجم مخصوص
۶۰۷	۴-۲۶. توزیع آب و هوا در خاک غیراشباع
۶۰۸	۵-۲۶. فشار منفذی و مکش در خاک غیراشباع
۶۰۹	۶-۲۶. اشباع‌زدایی و نگهداشت آب
۶۱۱	۷-۲۶. بارگذاری زهکشی نشده روی خاک غیراشباع
۶۱۲	۸-۲۶. مقاومت خاک غیراشباع در پایداری شیب
۶۱۳	۹-۲۶. نشست پی‌ها در خاک غیراشباع
۶۱۴	۱۰-۲۶. تراکم و خاک‌های متراکم
۶۱۶	۱۱-۲۶. منحنی‌های تراکم و رفتار خاک متراکم
۶۱۸	۱۲-۲۶. خلاصه
۶۱۸	۱۳-۲۶. برای مطالعه بیشتر

فصل بیست و هفتم: مدل‌سازی در سانتریفیوژ ژئوتکنیکی

۶۲۱	۱-۲۷. مدل‌سازی در مهندسی
۶۲۲	۲-۲۷. قوانین مقیاس بندی و تحلیل ابعادی
۶۲۳	۳-۲۷. مقیاس بندی مدل‌های ژئوتکنیکی

۶۲۶.....	۴-۲۷. هدف از مدل سازی.....
۶۲۸.....	۵-۲۷. سانتریفیوژهای ژئوتکنیکی.....
۶۳۰.....	۶-۲۷. کنترل و ابزاربندی در مدل های سانتریفیوژ.....
۶۳۱.....	۷-۲۷. خلاصه.....
۶۳۲.....	۸-۲۷. مراجع.....
۶۳۲.....	۹-۲۷. برای مطالعه بیشتر.....
	فصل بیست و هشتم: نتیجه گیری
۶۳۴.....	۱-۲۸. نتیجه گیری.....

www.ketab.ir

۱. مقدمه

در اینجا به برخی از آزمایش‌های ساده‌ای که می‌توان آن‌ها را در خانه یا در ساحل دریا بدون هیچ وسیله خاصی انجام داد اشاره می‌شود. این توضیحات از ابتدایی‌ترین تئوری‌های مکانیک خاک و مهندسی زمین‌شناسی است که در این کتاب به آن‌ها پرداخته شده است. در این کتاب در بخش‌های مختلف برای هر یک از این آزمایش‌ها، تئوری‌ها و توضیحات لازم ارائه شده است.

۲. دانه‌های خاک

برای بررسی این موضوع، به یک ذره‌بین و بطری تمیز نیاز است. برای این منظور، مقداری از خاک‌ها با اندازه‌های متفاوت را جمع‌آوری شده و به‌دقت مورد بررسی قرار می‌گیرند. در نزدیک ساحل می‌توان مقداری ماسه و شن تهیه کرد و هم‌چنین در خانه می‌توان مقداری از خاک باغچه و مقداری ماسه از کارگاه‌های ساختمانی اطراف به دست آورد. نمونه‌های به‌دست‌آمده باید در گرمخانه در دمای ۱۰۰ درجه خشک شده و اگر دانه‌ها به هم چسبیده‌اند با هاونگ کوبیده شوند تا دانه‌ها از هم جدا شوند و یا با یک چکش کوچک آن را خرد نموده و دانه‌های خردشده در اندازه‌های مختلف به‌صورت زیر دسته‌بندی شوند:

دانه‌ها با قطر کوچک‌تر از ۰/۰۱ میلی‌متر

دانه‌ها با قطر بین ۰/۰۱ تا ۰/۱ میلی‌متر

دانه‌ها با قطر ۰/۱ تا ۱ میلی‌متر

دانه‌ها با قطر ۱ تا ۱۰ میلی‌متر

دانه‌ها با قطر بزرگ‌تر از ۱۰ میلی‌متر

دانه‌های بزرگ‌تر از حدود ۰/۱ میلی‌متر را می‌توان با چشم غیرمسلح دید و دانه‌های با قطر حدود ۰/۰۱ میلی‌متر با ذره‌بین دیده می‌شوند. نسبت‌های وزنی هر قسمت از خاک محاسبه می‌شود و با استفاده از آن‌ها یک منحنی دانه‌بندی رسم می‌شود. این منحنی در بخش ۳-۵ توضیح داده خواهد شد.

حال مقداری خاک درون بطری محتوی آب ریخته، طوری که سطح آب با بالای بطری هم‌سطح شود و حدود ۷۵ درصد حجم بطری از نمونه خاکی باشد. سپس به‌خوبی بطری تکان داده شود و بعد در حالت ایستاده قرار گیرد. تا زمانی که آب قسمت بالای بطری شفاف شود یا حداکثر ۲۴ ساعت زمان بگذرد. در این مدت، دانه‌های درشت آب ته‌نشین می‌شود و به انتهای بطری می‌روند. اگر آب بالای بطری هنوز شفاف نشده باشد نشان‌دهنده وجود کانی‌های رسی در خاک موردنظر است. با استفاده از این مشاهدات می‌توان نسبت اندازه دانه‌ها را تخمین زد و نمودار دانه‌بندی مربوطه را رسم نمود. برای خاک‌های مشابه باید نمودارهای دانه‌بندی به‌دست آمده یکسان باشد.

دانه‌های بزرگ‌تر از ۱ میلی‌متر به‌صورت جداگانه بررسی شده و چگونگی شکل و بافت آن‌ها تشریح می‌شود: از قبیل اینکه گرد گوشه هستند یا گوشه‌دار، باریک هستند یا تخت و زیر هستند یا نرم؟

به این ترتیب توصیف پایه‌ای از ماهیت خاک ارائه می‌شود (به فصل ۵ مراجعه شود).

۳. حالت خاک

برای این موضوع نیاز به ماسه تمیز و یک ظرف شیشه‌ای است. اندازه دانه‌های ماسه باید حدود ۱ میلی‌متر باشد و تقریباً گرد گوشه باشد. می‌توان ماسه موردنیاز را از ساحل دریا یا از ماسه نرم موجود در مصالح ساختمانی تهیه کرد. حدود ۷۵ درصد از حجم ظرف شیشه‌ای با ماسه خشک پر شود. یک ظرف شیشه‌ای (خالی) روی یک بشقاب (گود) قرار گرفته و کاملاً با آب پر می‌شود. ماسه به آرامی در ظرف آب ریخته شده تا آب سرریز شود. آب بیرون ریخته و جمع شده درون بشقاب وزن می‌شود. بدین ترتیب حجم اشغال‌شده توسط دانه‌های ماسه و چگالی دانه‌های ماسه را می‌توان حساب کرد (جواب حدود ۲/۶ تا ۲/۷ است).

دانه‌های ماسه‌ها باید به‌صورت سست و بدون تراکم روی هم قرار گیرند. با اندازه‌گیری مقدار ارتفاع ماسه در ظرف شیشه‌ای، حجم اشغال‌شده توسط ماسه به دست می‌آید. در این صورت، می‌توان نسبت تخلخل و حجم مخصوص ماسه را نیز حساب کرد. چگونگی این محاسبات در بخش ۵،۵ نشان داده شده است. تنش عمودی کل، فشار منفذی آب و تنش مؤثر در موقعیت ته ظرف شیشه‌ای با توضیحات ارائه‌شده در بخش ۶-۲، قابل محاسبه هستند:

حال شیشه باید تکان داده شود، این کار را می‌توان با گرفتن ظرف شیشه‌ای و ضربات آرام یک چکش پلاستیکی انجام داد اما دقت شود که شیشه نشکند. ماسه از بالا شروع به حرکت می‌کند و

به آرامی دانه‌های ماسه روی هم سوار می‌شود و به حالت متراکم‌تری می‌رسد. با اندازه‌گیری مجدد ارتفاع می‌توان دوباره تمام پارامترها را محاسبه کرد. در این حالت ممکن است برخی از این پارامترها به صورت متفاوت‌تری به دست آید.

۴. شیب در ماسه

برای این موضوع مقداری ماسه تمیز، یک فنجان پلاستیکی، یک تشت، یک بطری و یک لوله پلاستیکی نیاز است. قطر دانه‌های ماسه حدود یک میلی‌متر باشد و بهتر است گرد گوشه باشند. می‌توان ماسه لازم را از کنار دریا و یا در ساختمان‌های در حال ساخت به دست آورد.

مقداری ماسه خشک از درون فنجان پلاستیکی درون یک سطح صاف ریخته می‌شود به طوری که شیب مخروطی شکلی با آن ایجاد شود. شیب ایجاد شده اندازه‌گیری شود. مقدار این شیب برابر با مقدار زاویه اصطکاک حالت بحرانی ماسه است. زاویه اصطکاک حالت بحرانی در بخش ۹-۳ توضیح داده شده است و ارتباط بین زاویه اصطکاک بحرانی و زاویه شیب در بخش ۲۱-۶ نیز ارائه شده است.

نیمی از بطری با ماسه خشک پر شود و به صورت افقی روی یک میز به آرامی غلتانده شود. به این ترتیب شیب ایجاد شده در ماسه به صورت یکنواخت از بین می‌رود. زاویه شیب در اینجا برابر با زاویه اصطکاک حالت بحرانی است. روند بهتر و دقیق‌تر این آزمایش در بخش ۹-۱۴ ارائه شده است.

نیمی از تشت از ماسه پر شده و تکان داده شود، به طوری که ماسه متراکم شده و سطح آن صاف شود. برای این کار می‌توان به تشت به آرامی ضربه زد تا زمانی که شیب شروع به حرکت کند، قبل از حرکت دانه‌های ماسه، زاویه شیب اندازه‌گیری شود. این زاویه برابر با زاویه اصطکاک در حالت اوج^۱ است. لازم به ذکر است که مقاومت حداکثر متناظر با نقطه اوج خاک در بخش ۱۰-۴ توضیح داده شده است. هنگامی که شیب رو به حالت باقیمانده خود است، مقدار زاویه شیب جدید اندازه‌گیری می‌شود، این زاویه برابر با زاویه اصطکاک حالت بحرانی خاک است.

مقداری ماسه بدون ایجاد جریان درون آب، به آرامی در داخل آب ریخته شود. این کار مشکل است و نیاز به عمق زیاد آب دارد و در یک ظرف بزرگ قابل انجام است. وقتی به صورت آرام و بدون هیچ حالت جریانی دانه‌های ماسه رسوب می‌کنند، زاویه اصطکاک حالت بحرانی در این حالت شبیه زاویه شیب در حالت انجام آزمایش با ماسه خشک بدون آب است و این نشان می‌دهد زاویه اصطکاک حالت بحرانی در حالت خشک و حالت اشباع یکی است.

^۱ Peak

بدون اینکه جریانی در آب به وجود بیاید از لوله برای تخلیه آب استفاده شود. وقتی آب از ماسه خارج می‌شود، حالت زهکشی اتفاق می‌افتد و شیب ماسه ریخته شده به سمت صاف شدن میل می‌نماید. این خاصیت، اثر نفوذپذیری بر روی پایداری شیب را نشان می‌دهد که در بخش ۲۱-۷ ارائه شده است.

۵. مقاومت فشاری محصور نشده

برای این موضوع به مقداری ماسه خشک با دانه‌هایی با قطر حدود یک میلی‌متر، مقداری رس، تعدادی فنجان پلاستیکی و ترازوی آشپزخانه نیاز است. مقداری خاک رس از باغچه یا خاک مخصوص سفال‌گری نیز تهیه شود.

مقداری آب به ماسه اضافه شده و با استفاده از سطل پلاستیکی ماسه به حالت قلعه درآید (مثل حالتی که ماسه درون سطل بازی بچه‌ها ریخته می‌شود و سطل برگردانده می‌شود تا به صورت استوانه درآید). توجه شود مقدار آب برای ساختن یک قلعه ماسه‌ای مناسب باشد.

اکنون می‌توان میزان مقاومت و میزان رطوبت نمونه ماسه را محاسبه کرد. برای میزان مقاومت ماسه روی ترازو قرار داده می‌شود و میزان وزن آن ثبت می‌شود و سپس با دست بر روی سطح فشار وارد شود تا زمانی که ازهم گسیخته شود و در این حالت میزان حداکثر وزن نشان داده شده روی ترازو ثبت شود. اگر نیروی اعمال شده مورد نیاز برای گسیخته شدن قلعه به سطح اعمال بار تقسیم گردد، مقدار به دست آمده نشان‌دهنده مقاومت فشاری محصور نشده خاک مورد نظر است. این یکی از مقاومت‌های تعریف شده در بخش ۳-۲ است. تمام خاک قلعه ماسه‌ای در گرمخانه با دمای ۱۰۰ درجه قرار داده شود تا زمانی که تمام ماسه خشک شود و سپس ماسه خشک وزن گردد. اکنون می‌توان میزان رطوبت در قلعه ماسه‌ای را محاسبه کرد (به بخش ۵-۵ مراجعه شود). این آزمایش می‌تواند با درصد رطوبت‌های کم و زیاد تکرار گردد و سپس نمودار تغییرات مقاومت فشاری محصور نشده در برابر درصد رطوبت ترسیم شود. سوالی که مطرح می‌شود این است که: تغییرات میزان رطوبت چه تأثیری بر روی مقاومت فشاری محصور نشده خاک ماسه‌ای دارد؟

مقداری رس را برداشته و مقدار رطوبت آن با اضافه کردن آب و یا خشک کردن آن تا زمانی که رس به شکل خمیری دربیاید تنظیم شود. خمیر به دست آمده را می‌توان در یک لیوان پلاستیکی با انگشت شکل داد. همانند مراحل ارائه شده برای ماسه، میزان مقاومت و میزان رطوبت نمونه را به دست آورد. این آزمایش را دوباره برای مقادیر کمتر و بیشتر رطوبت نیز می‌توان انجام داد تا نمودار تغییرات مقاومت فشاری محصور نشده را در برابر مقدار رطوبت رسم نمود. سوالی که مطرح می‌شود این است که: تغییرات میزان رطوبت چه تأثیری بر روی مقاومت فشاری محصور نشده خاک رس دارد؟

با مقایسه نتایج آزمایش‌های مربوط به نمونه‌های ماسه‌ای و رسی می‌توان مطالبی را در مورد مقاومت خاک و فشار آب منفذی و اینکه چرا نمونه رسی مقاوم‌تر از نمونه ماسه‌ای است، بیان نمود.

مقاومت هر دو نمونه ماسه‌ای و رسی از ترکیب اصطکاک و تنش مؤثر تشریح شده در بخش ۳-۹ به وجود می‌آید. تنش مؤثر بستگی به تنش کل و فشار آب منفذی که در بخش ۶-۵ تعریف شده دارد. در اینجا مجموع تنش‌های شعاعی برابر با صفر است و فشار آب منفذی منفی است (به صورت مکش است)، بنابراین تنش‌های مؤثر مثبت هستند. همان‌طور که در بخش ۶-۴ بیان شده مقدار مکش به اندازه دانه‌ها بستگی دارد. در نمونه‌های رسی به دلیل اینکه دانه‌ها خیلی کوچک هستند دارای مقدار مکش و مقاومت نسبتاً بزرگ‌تری هستند، در حالی که در نمونه‌های ماسه‌ای با توجه به اینکه دانه‌ها درشت‌تر هستند، مقادیر مکش و مقاومت نسبتاً کوچک‌تر است.

۶. بارگذاری زهکشی نشده روی ماسه

مقداری ماسه نرم از ساحل دریا تهیه شود. توجه شود با راه رفتن روی ماسه، رد پای به جای مانده در مدت کوتاهی خشک است. حال اگر بار را زمین گذاشته و از کنار فشار وارد شود، ماسه‌های اطراف پا خشک به نظر می‌آید اما اگر اعمال فشار ادامه یابد به حالت اولیه خود برمی‌گردد. در این حالت اگر پا از روی ماسه برداشته شود ماسه خیس خواهد بود و شاید حتی مقداری آب آزاد روی ماسه پدیدار شود.

در حالتی که ماسه متراکم است اگر از کنار با سرعت فشار وارد شود، ماسه به صورت زهکشی نشده دچار برش می‌شود و همان‌طور که در بخش ۱۱-۱ و ۱۱-۲ نشان داده شده است، در این حالت فشار منفذی کاهش می‌یابد. فشار منفذی منفی باعث می‌شود که سطح ماسه خشک به نظر برسد. اگر فرصت داده شود تا اضافه فشار منفذی منفی به وجود آمده از بین برود، آب در قسمت جای پا بالا می‌آید و سطح ظاهری خاک به حالت اصلی برمی‌گردد. وقتی پا برداشته می‌شود آب بر روی سطح ظاهر می‌شود.

۷. حفاری‌ها

در ساحل دریا چاله‌هایی در نقاط مختلف حفر شود (ارتفاع چاله‌ها را تا کمر بیشتر حفر نکنید زیرا ممکن است گودال بریزد و خطر ایجاد کند). یک چاله در جایی بالاتر از ارتفاع مد و دیگری را در جایی نزدیک به سطح آب حفر شود.

در سخت یا آسان بودن حفر چاله‌ها دقت شود، اطراف چاله‌ها به چه صورت است، ماسه‌های حاصل از حفاری روی زمین چگونه به نظر می‌آید، وقتی به آب می‌رسد چه اتفاقی می‌افتد؟

در این حالت پدیده‌های اتفاق افتاده در یک حفاری ساده که در شکل ۲۱-۲۰ توضیح داده شده است مشاهده خواهند شد. وقتی سطح حفاری به سطح آب می‌رسد، آب در چاله جریان می‌یابد و دیگر

نمی‌توان به حفاری ادامه داد. اگر ماسه مرطوب دارای مقدار آب زیادی باشد، حفاری درون آن مشکل است، زیرا حفاری سریع به صورت زهکشی نشده خواهد بود و مکش در آب منفذی ایجاد می‌شود؛ اما اگر ماسه تقریباً خشک باشد یا به عبارتی درجه اشباع آن کم باشد، مکش درون آن کم است و ماسه نسبتاً راحت‌تر حفر می‌شود.

در هنگام بازرسی حفاری‌ها دقت شود که آیا خاک درون گودال یکسان است و یا اینکه خاک دارای لایه‌های متفاوتی از ماسه و شن است، و نیز توجه شود که خاک نزدیک به حالت خشک است یا مرطوب. سعی شود با انگشت به دیواره‌های گودال فشار وارد آورده تا انگشت در آن فرو رود، این کار سخت است یا به آسانی انجام می‌شود؟

با انجام این آزمایش ساده یک شناسایی ساده از محل انجام می‌شود. درواقع یک گودال آزمایش مطابق آنچه که در بخش ۱۷-۴ توضیح داده شده است ایجاد شده و می‌توان آزمایش‌های کاوشی ساده که در بخش ۱۷-۵ ارائه شده است را انجام داد. از طرف دیگر با نمونه‌گیری از خاک می‌توان دانه‌بندی، زاویه اصطکاک، میزان رطوبت و مقاومت فشاری محصور نشده خاک موجود را به دست آورد.

۸. پی‌های سطحی

برای فهم این موضوع مقداری ماسه و یک تشت و تعدادی لیوان یا فنجان با اندازه‌های مختلف و یک قطعه لوله نیاز است. لوله‌های پلاستیکی را در ته ظرف قرار داده تا بتوان از طریق آن درون تشت را با ماسه خشک پرکرد. یک ظرف مانند یک لیوان بلند که قبلاً وزن شده است روی ماسه قرار داده می‌شود و میزان نشست ثبت می‌شود. درون لیوان به آرامی با ماسه پر شود و میزان وزن ماسه و میزان نشست در مراحل مختلف بارگذاری ثبت شود. قطر لیوان اندازه‌گیری شود تا بتوان با استفاده از آن میزان تنش‌های وارد بر سطح خاک را محاسبه نمود. اکنون میزان تنش اعمال شده در مقابل مقادیر نسبت نشست به قطر لیوان در یک نمودار قابل رسم است.

باید بتوان یک نمودار برای فشار باربری در مقابل نشست مانند آنچه در شکل ۲۲-۳ ارائه شده است، به دست آورد. آیا پی به ظرفیت باربری خود رسیده است؟

وقتی لیوان پر از ماسه است درواقع مثالی از یک پی بارگذاری شده است. در این وضعیت اجازه داده می‌شود تا آب به آرامی از لوله‌ها وارد ته تشت شود. با این کار آب به پایین ماسه هدایت می‌شود. با قرار دادن یک لایه شنی با ضخامت ۱۰ الی ۱۵ میلی‌متر در زیر ماسه به نفوذ سریع‌تر آب کمک می‌شود. دقت شود که در زمان بالا آمدن سطح آب چه اتفاقی برای پی رخ می‌دهد. با بالا آمدن سطح آب، تنش‌های مؤثر در ماسه کاهش می‌یابد و این امر موجب کاهش ظرفیت باربری پی و افزایش نشست می‌شود. ظرفیت باربری پی‌های سطحی در بخش ۲۲-۵ بحث شده است و همچنین تأثیر سطح آب

زیرزمینی در ظرفیت باربری نیز در رابطه ۲۲-۱۰ نشان داده شده است.

در این حالت اگر بتوان یک سوراخ در ته کاسه ایجاد نمود، شرایط زهکشی برای آب فراهم می‌شود. در این وضعیت چه اتفاقی برای پی و ماسه می‌افتد؟ این وضعیت مشابه آزمایش نشان داده شده در شکل ۶-۷ است.

با زهکشی شدن آب منفذی، فشار آب منفذی کاهش یافته و به دنبال آن تنش مؤثر افزایش می‌یابد. باین حال خاک به صورت کامل خشک نخواهد شد. همان طور که در شکل ۲۶-۵ نشان داده شده است در این حالت مقدار مکش به درجه اشباع بستگی دارد که مرتبط با منحنی نگهداشت آب^۱ است. خاک خشک دارای مقاومت و سختی بیشتری است. در این حالت می‌توان به بار موجود بر روی پی اضافه نمود و مشاهده خواهد شد که مقادیر نشست نسبتاً کمتر خواهند شد. اگر سوراخ ایجاد شده درون تشت مسدود شود و با افزایش مقدار آب درون لوله، احتمالاً پی گسیخته خواهد شد.

تشت با گلوله‌های پلی‌استایرن پر شود. فنجان خالی یا لیوان در سطح آن‌ها قرار داده شود. احتمالاً لیوان فوراً به سمت پایین فرو می‌رود. چرا ماسه می‌تواند فشار یک پی را تحمل کند اما پلی‌استایرن نمی‌تواند؟ به رابطه ۲۲-۱۰ نگاه کنید. خاک پلی‌استایرن خشک است و در آن $\gamma_w = 0$ است و همچنین پلی‌استایرن خیلی سبک است بنابراین $\gamma \approx 0$ است و در نتیجه ظرفیت باربری پلی‌استایرن ناچیز است.

هنگام رانندگی روی یک زمین شیب‌دار در خارج از جاده چرخ‌ها شروع به درجا چرخیدن می‌کند، حال باید چه کرد؟ باید به تعداد افراد داخل ماشین اضافه کرد یا تعدادی را پیاده کرد؟ خاک موجود در آنجا ماسه است یا رس؟ برای پاسخ به این سوالات به بخش ۲۲-۷ مراجعه شود.

۹. پی‌های شمعی

برای این آزمایش به مقداری ماسه، رس، تعدادی فنجان پلاستیکی و یک مداد نیاز است. روی مدادها به فواصل ۵ میلی‌متری علامت‌گذاری شود. داخل فنجان یا لیوان مقداری ماسه خشک بدون تراکم و به صورت سست ریخته شده و وزن آن با ترازوی آشپزخانه اندازه‌گیری و ثبت شود. مداد به صورت آهسته و پیوسته در ماسه فرو شده و در هر نقطه علامت‌گذاری شده مقدار وزن نشان داده شده در ترازو ثبت گردد. این کار تا انتهای علامت‌ها ادامه یابد. سپس مداد به آرامی و به صورت پیوسته از درون ماسه خارج شود. در این مرحله نیز با رسیدن به هر علامت ۵ میلی‌متری مقدار وزن قرائت و ثبت شود.

^۱ Water retention curve

مقداری ماسه جدید درون فنجان یا لیوان اضافه شود و با لرزاندن آن به صورت متراکم‌تری درآید. حال دوباره مراحل آزمایش نفوذ مداد و بیرون کشیدن آن تکرار شود.

مقدار رطوبت رس طوری تنظیم شود که حالت خمیری به خود بگیرد. حالا آزمایش فرورفتن و بیرون کشیدن مداد برای مقادیر رطوبت کمتر و بیشتر از مقدار اولیه برای رس نیز تکرار گردد.

برای هر آزمایش، نمودار بار در مقابل جابجایی مداد در حین مراحل نفوذ و بیرون کشیدن مداد در یک شکل رسم گردد. نمودارهای بارگذاری در مقابل نفوذ نیز باید بررسی شوند. رفتار به دست آمده در حالت آزمایش بر روی رس و ماسه، یا در حالت‌های نفوذ و خروج مداد از ماسه متراکم و سست و همچنین نمودارهای مربوط به رس با درصد رطوبت‌های متفاوت را می‌توان با یکدیگر مقایسه نمود.

فرض می‌شود تنش بین جداره پیرامونی مداد با ماسه در نفوذ و خروج یکسان باشد، در این حالت می‌توان سهم بار انتقال یافته توسط نوک شمع یا محیط پیرامونی شمع را محاسبه کرد. نمودارهای مربوط به بار انتقال داده شده توسط نوک یا محیط پیرامونی شمع در مقابل عمق نفوذ برای هر آزمایش قابل ترسیم است.

به این ترتیب آزمایش بارگذاری شمع انجام شد که رفتار مشاهده شده شبیه به نتایج ارائه شده در شکل ۲۳-۲ است.

۱۰. گسیختگی سدهای خاکی

این آزمایش در ساحل دریا و در جایی که آب راه‌های از آب از سمت ساحل به سمت دریا جریان داشته باشد قابل انجام است. به طوری که یک سد کوچک بر روی جریان آب در یک گودال ساخته و تغییرات مورد بررسی قرار می‌گیرد. اگر گودال آب پر شد و سد را پشت سر گذاشت و شیب پایین دست سد مورد فرسایش قرار گرفت، یک شکست بزرگ در سد ایجاد خواهد شد که باعث ایجاد یک نقص بزرگ در سد می‌شود.

اگر به دلیل نفوذپذیری بالای سد آب از سد رد نشود، آب از جداره سد نفوذ خواهد کرد و تراوش درون سد اتفاق خواهد افتاد و در پنجه سد آب ظاهر می‌شود که به دنبال آن شیب آن قسمت سد نسبتاً کم می‌شود. شرایط و چگونگی فرسایش در پنجه سد مشابه با مطالب ارائه شده در بخش ۲۱-۵ و در شکل ۲۱-۷ است. فرسایش ناشی از جریان آب داخل سد ادامه خواهد یافت تا اینکه این پدیده سد را دچار شکست خواهد کرد. این فرسایش هیدرولیکی در بخش ۱۴-۶ توضیح داده شده است.

مقداری رس از باغچه برداشته و با اضافه کردن آب یا با خشک کردن آن، رطوبت خاک طوری تنظیم می‌شود که به حالت خمیری برسد و بتوان آن را درون یک قالب شکل داد. وسط یک تشت با این خمیر یک سد ساخته می‌شود به طوری که فضای تشت را به دو قسمت تقسیم کند. یکی از دو

قسمت ایجادشده با آب پرمی شود، سد تراوش نخواهد کرد و به صورت پایدار باقی می ماند. مشاهده می شود که سد رسی به علت نفوذپذیری نسبتاً کم خاک رس تراوش نمی کند. نفوذپذیری ماسه و رس در بخش ۶-۱۰ توضیح داده شده است.

۱۱. خلاصه

امید است که با انجام این آزمایش های ساده و همچنین استفاده از تئوری های ساده ارائه شده در این کتاب بتوان به فهم این مطلب که در هر یک از این پدیده ها چه اتفاقی رخ می دهد، کمک کرد. قابل ذکر است که بسیاری از اصول اساسی ژئوتکنیک با این آزمایش های ساده قابل توصیف است.

هر فرد به عنوان بخشی از دوره تحصیلی خود ممکن است در آینده نیاز به انجام آزمایش بر روی نمونه های خاکی یا مدل های فیزیکی از پی ها، شیروانی ها و دیوارهای حائل داشته باشد. در این موارد باید بتوان اتفاقاتی را که در طول آزمایش رخ می دهد مشاهده نموده و مشاهدات خود را با تئوری های ساده ارائه شده در فصل های بعد مرتبط ساخت.