بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه زنجان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش: ژئوتکنیک (خاک و پی)

موضوع:

بررسی فرونشست مصالح ماسه‌ای هنگام اشباع شدن با استفاده از آزمایش مقاومت برشی سه محوری

نگارنده : آرش پورجعفر

استاد راهنما : دکتر رضا مهین روستا

تابستان ۱۳۹۰

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

تشکر و قدردانی

در ابتدا **خدا**ی بزرگ را شاکرم که هرچه در این سالها بدست آورده ام از عنایت، لطف و کرم اوست.

بر خود لازم می دانم که از حمایت ها، قوت قلب ها و توصیه های بجای استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر رضا مهین روستا که در تمامی مراحل نگارش این پایان نامه راهنما، حامی و پشتیبان بنده بوده نهایت تشکر را به جا آورم.

و همچنین تشکری ویژه دارم از مهندس وحید عشتاقی، مهندس میلاد خوش نشین، مهندس سید رامتین باقری، مهندس سید امیر میرمؤید، مهندس مسعود حسینی و مسؤلین آزمایشگاه های مکانیک خاک و مقاومت مصالح دانشگاه زنجان مهندسین اسدی و محمدی که در این رساله اینجانب را یاری نموده اند.

آرش پور جعفر

پاییز ۹۰

چکیده

هنگامی که مصالح دانه‌ای خشک اشباع شوند آزادسازی تنش در کل توده خاک رخ می‌دهد که منجر به نشست ناگهانی[1] در توده‌ی خاک شده که گاه به چندین متر هم می‌رسد. در این پایان‌نامه نشست ناگهانی با انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی مقاومت برشی سه محوری بررسی شده است. در ابتدا، دو نوع مصالح خاکی شامل مصالح ماسه‌ی ساحلی و ماسه شسته تهیه شدند؛ قبل از انجام آزمایش‌های اصلی، خصوصیات فیزیکی انواع مصالح با انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی شامل آزمایش‌های دانه‌بندی، تعیین مقدار توده ویژه، تعیین مقادیر دانسیته خشک حداکثر به روش میزلرزه و آزمایش تعیین دانسیته خشک حداقل اندازه‌گیری شد. سپس دستگاه آزمایش مقاومت برشی سه محوری در حالت‌های خشک، اشباع و نشست ناگهانی برای تعیین پارامترهای مقاومت برشی و افت تنش در خاک استفاده شد. در آزمایش‌های نشست ناگهانی، نمونه‌ها در وضعیت خشک تحت تنش همه جانبه قرار گرفته سپس تا نسبت مشخصی از تنش برشی، تحت بار محوری قرار گرفته و پس از اشباع شدن تا حد نهایی گسیختگی، بارگذاری محوری ادامه یافته است. نتایج آزمایش‌های مقاومت برشی نشان دادند که با اشباع کردن مصالح، مقادیر پارامترهای مقاومت برشی کاهش یافتند و این مقادیر در دو آزمایش اشباع و نشست ناگهانی نزدیک بودند. بخش اصلی این تحقیق به بررسی تأثیر عوامل مختلف بر میزان نشست ناگهانی مصالح ماسه‌ای تخصیص داده شد. برای شناخت اثر این عوامل پارامترهای به خصوصی نظیر تنش همه جانبه، دانسیته‌ی نسبی یا تراکم خاک، درصد رطوبت اولیه، تغییرمکان یا سطح تنش برشی، قطر دانه‌ها، نوع دانه‌بندی مصالح، مسیر تنش و سرعت بارگذاری انتخاب شدند. آزمایش‌ها نشان دادند که با افزایش تنش همه جانبه و سطح تنش برشی، میزان نشست ناگهانی افزایش می‌یابد و اضافه کردن رطوبت اولیه به خاک و افزایش میزان دانسیته‌ی نسبی در مصالح سبب کاهش مقدار نشست ناگهانی می‌گردد.

کلمات کلیدی: نشست ناگهانی، مقاومت برشی، مصالح ماسه‌ای، اشباع شدن، آزمایش مقاومت برشی سه محوری

1 Collapse Settlement

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ۱

فصل دوم: مفاهیم اولیه و مروری بر تحقیقات گذشته ۵

۲-۱- مقدمه ۶

۲-۲- تعریف پدیده‌ی نشست ناگهانی ۶

۲-۲-۱- عوامل مؤثر در پدیده‌ی نشست ناگهانی ۸

۲-۲-۲- منابع مصنوعی به وجود آورنده‌ی پدیده‌ی نشست ناگهانی ۹

۲-۳- مروری بر تحقیقات گذشته در زمینه نشست ناگهانی ۱۰

۲-۳-۱- معیارهای ارزیابی پتانسیل نشست ناگهانی خاک‌ها ۱۰

۲-۳-۲- بررسی آزمایش‌های آزمایشگاهی صورت گرفته در زمینه‌ی نشست ناگهانی ۱۳

۲-۳-۳- روش‌هایی برای کاهش پدیده‌ی نشست ناگهانی ۴۱

فصل سوم: آزمایش‌های مقدماتی جهت تعیین خصوصیات فیزیکی مصالح ۴۳

۳-۱- مقدمه ۴۴

۳-۲- مصالح مورد استفاده ۴۴

۳-۳- آزمایش دانه‌بندی خاک ۴۵

۳-۳-۱- نحوه‌ی انجام آزمایش دانه‌بندی ۴۵

۳-۳-۲- محاسبات و نتایج ۴۵

۳-۴- آزمایش تعیین توده ویژه خاک ۵۰

۳-۵- آزمایش تعیین دانسیته و وزن مخصوص حداکثر خاک‌ها توسط میز لرزه ۵۱

۳-۵-۱- هدف ۵۱

۳-۵-۲- خلاصه‌ای از روش آزمایش ۵۲

۳-۵-۳- اهمیت و کاربرد آزمایش ۵۳

۳-۵-۴- نحوه‌ی انجام آزمایش ۵۳

۳-۶- آزمایش دانسیته و وزن مخصوص حداقل خاک‌ها ۵۵

۳-۶-۱- هدف ۵۵

۳-۶-۲- نحوه انجام آزمایش ۵۵

۳-۶-۳- محاسبات و نتایج ۵۷

۳-۷- آزمایش مقاومت برشی سه محوری ۵۹

۳-۷-۱- آماده سازی نمونه‌ها ۶۰
۳-۷-۲- نحوه‌ی انجام آزمایش ۶۰
۳-۷-۳- فرضیات، ایرادات و کارهای صورت گرفته جهت رفع نواقص ۶۳
فصل چهارم:آزمایش‌های مقاومت برشی و نشست ناگهانی در مصالح ماسه‌ای ۶۶
۴-۱- مقدمه ۶۷
۴-۲- آزمایش سه محوری بر روی مصالح ماسه‌ی ساحلی ۶۷
۴-۲-۱- بررسی آزمایش‌های مقاومت برشی بر روی مصالح ماسه‌ی ساحلی ۶۷
۴-۲-۲- بررسی آزمایش‌های نشست ناگهانی بر روی مصالح ماسه‌ی ساحلی ۷۸
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۹۹
۵-۱- نتایج ۱۰۰
۵-۲- پیشنهادها ۱۰۲
فهرست مراجع ۱۰۴

فهرست اشکال

شکل ۲-۱ سلول آزمایش فشاری ساخته شده توسط اگرتلی ۱۳

شکل ۲-۲ رابطه تنش و نشست در نمونه با رس سنگ ۱۴

شکل ۲-۳ نمودارهای تنش در برابر درصد فشردگی برای نمونه‌های رس‌سنگ برای ۴ آزمایش a، b، c و d ۱۶

شکل ۲-۴ نمودارهای تنش در برابر درصد فشردگی برای نمونه‌های ماسه‌سنگ برای ۳ آزمایش e، f و g ۱۷

شکل ۲-۵ رفتار نشست ناگهانی نمونه‌های سری ۱، ۲ و ۳ در حالت‌های متراکم و تحت ۴ بار سیکل تر و خشک شدن ۲۰

شکل ۲-۶ نمودار تغییر حجم در برابر فشار به دست آمده از آزمایش اودومتری برای نمونه‌های DM۱ و DJ۲. ۲۳

شکل ۲-۷ نمودار تنش برشی در برابر جابجایی و نمودار جابجایی قائم در برابر جابجایی افقی برای نمونه خاک خشک DJ۲ ..... ۲۳

شکل ۲-۸ نمودار تنش برشی در برابر جابجایی و نمودار جابجایی قائم در برابر جابجایی افقی برای نمونه خاک غرقاب شده DJ۲ ..... ۲۳

شکل ۲-۹ پوش گسیختگی برای حالات خشک و غرقاب شده نمونه DJ۲ ..... ۲۴

شکل ۲-۱۰ نمودار کرنش حجمی در برابر فشار نرمال برای نمونه خاک‌های DJ۲ ..... ۲۴

شکل ۲-۱۱ نمودار نشست ناگهانی در برابر زمان برای نمونه خاک های DJ۲ که در فشار نرمال ۱۰۰ KPa غرقاب شده‌اند ۲۵

شکل ۲-۱۲ نمودار تنش برشی در برابر جابجایی و نمودار جابجایی قائم در برابر جابجایی افقی برای نمونه خاک‌های DJ۲ که تحت فشار ثابت ۱۰۰ KPa غرقاب شده و تحت برش قرار گرفته‌اند ۲۵

شکل ۲-۱۳ نمودار پتانسیل نشست ناگهانی معمولی و برشی در برابر وزن مخصوص خشک برای نمونه خاک‌های DJ۲ ..... ۲۶

شکل ۲-۱۴ نمودار تنش- نشست ناگهانی برای خاک‌های ماسه‌ای و رسی موجود در جیبروپیلی ۲۸

شکل ۲-۱۵ نتایج به دست آمده از آزمایش برش مستقیم برای خاک‌های ماسه‌ای و رسی جیبروپیلی در شرایط در محل و اشباع ۲۹

شکل ۲-۱۶ نمودارهای تنش و کرنش حجمی در برابر کرنش محوری برای ماسه‌ی آنتیوچ ۳۱

شکل ۲-۱۷ نمودار تنش محوری-کرنش محوری برای مقایسه‌ی میزان نشست ناگهانی در دو حالت خشک و اشباع با یکدیگر در مصالح سد پیرامید ۳۲

شکل ۲-۱۸ اثر اضافه شدن آب به نمونه‌ی سیلتی خشک شده در برابر هوا در فشار محوری و حجم ثابت با استفاده از آزمایش تک محوری ۳۴

شکل ۲-۱۹ نمودار نشست- زمان برای مصالح سد پیرامید ۳۵

شکل ۲-۲۰ نمودارهای تنش محوری-کرنش محوری برای حالات خشک،اشباع و نشست ناگهانی برای مصالح سد پیرامید در دانسیته‌های نسبی، الف) ٪۷۰ و ب) ٪۹۳ ..... ۳۶

شکل ۲-۲۱ نمودار کرنش حجمی در لحظه‌ی نشست ناگهانی در برابر تنش همه جانبه برای مصالح سد پیرامید ۳۸

شکل ۲-۲۲ نمودارهای اضافه تنش محوری-کرنش محوری و کرنش حجمی-کرنش محوری برای حالات خشک و اشباع در تنش‌های همه جانبه‌ی الف) $\frac{Kg}{Cm^2}$ ۱ و ب) $\frac{Kg}{Cm^2}$ ۳..... ۳۹

شکل ۲-۲۳ پوش گسیختگی موهر-کولمب برای مصالح سد پیرامید در حالات خشک و اشباع ۳۹

شکل ۲-۲۴ نمودار تغییرات زاویه‌ی اصطکاک داخلی در برابر لگاریتم تنش همه جانبه برای مصالح سد پیرامید . ۴۰

شکل ۲-۲۵ نمودارهای تنش و کرنش حجمی در برابر کرنش محوری در سه حالت خشک، اشباع و خشک-اشباع (نشست ناگهانی) به دست آمده از آزمایش سه محوری ۴۲

شکل ۳-۱ منحنی دانه‌بندی ۵ نمونه از مصالح ماسه‌ی ساحلی به همراه تصویری از این مصالح ۴۶

شکل ۳-۲ منحنی دانه‌بندی ۵ نمونه از مصالح ماسه‌ی ساحلی به همراه تصویری از این مصالح ۴۷

شکل ۳-۳ منحنی دانه‌بندی مصالح فیلتر بالا دست و پایین دست سد خاکی شهیدان امیر تیموری ۴۸

شکل ۳-۴ منحنی دانه‌بندی خاک ماسه‌ی مخلوط با حداکثر قطر ۶ mm و C_u= ۸/۶۷ و مصالح فیلتر سد ۴۸

شکل ۳-۵ منحنی‌های دانه‌بندی خاک ماسه‌ی مخلوط با حداکثر قطرها و ضرایب دانه‌بندی مختلف ۴۹

شکل ۳-۶ تعدادی از وسایل آزمایش تعیین توده‌ی خاک ۵۱

شکل ۳-۷ قرارگرفتن قالب فلزی استاندارد همراه با سربار آن بر روی میزلرزه ۵۴

شکل ۳-۸ استفاده از قیف جهت ریختن خاک به درون قالب در آزمایش تعیین دانسیته خشک حداقل ۵۶

شکل ۳-۹ استفاده از خط کش فلزی لبه تیز جهت خارج کردن خاک اضافی و تراز کردن سطح خاک تا لبه قالب در آزمایش تعیین دانسیته خشک ۵۶

شکل ۳-۱۰ قالب تهیه‌ی نمونه‌ی سه محوری معمولی موجود در آزمایشگاه دانشگاه زنجان ۶۱

شکل ۳-۱۱ قالب تهیه‌ی نمونه‌ی سه محوری ساخته شده به همراه سوراخ‌های ورود و خروج هوا ۶۱

شکل ۳-۱۲ نمای کلی دستگاه سه محوری دانشگاه زنجان ۶۵

شکل ۳-۱۳ نمونه‌ی الف) در حال بارگذاری و ب) گسیخته شده ۶۵

شکل ۴-۱ نمودار تفاضل تنش محوری-کرنش محوری برای مصالح ماسه‌ی ساحلی در حالت خشک تحت تنش‌های همه جانبه‌ی۱، ۳ و ۵ $\frac{Kg}{Cm^2}$ ۶۸

شکل ۴-۲ نمودارهای تفاضل تنش محوری-کرنش محوری برای مصالح ماسه‌ی ساحلی در حالت اشباع تحت تنش‌های همه جانبه‌ی ۱، ۳ و ۵ $\frac{Kg}{Cm^2}$ ۶۹

شکل ۴-۳ نمودارهای کرنش حجمی-کرنش محوری برای مصالح ماسه‌ی ساحلی در حالت اشباع تحت تنش‌های همه جانبه‌ی ۱، ۳ و ۵ $\frac{Kg}{Cm^2}$ ۶۹

شکل ۴-۴ نمودار کرنش حجمی-کرنش محوری و نحوه‌ی محاسبه‌ی ضریب پواسون و زاویه‌ی اتساع ۷۰

شکل ۴-۵ نمودار تفاضل تنش محوری-کرنش محوری برای مصالح ماسه‌ی ساحلی در حالت نشست ناگهانی تحت تنش‌های همه جانبه‌ی ۳ $\frac{Kg}{Cm^2}$، اشباع شده در سطح تنش ۱۰۰٪ ۷۱

شکل ۴-۶ پوش گسیختگی موهر-کولمب در سیستم q-p برای حالت‌های خشک، اشباع و نشست ناگهانی ۷۳

شکل ۴-۷ منحنی تغییرات زاویه‌ی اصطکاک داخلی بر حسب تنش همه جانبه به فشار اتمسفر برای ماسه‌ی ساحلی در حالت های خشک، اشباع و نشست ناگهانی ۷۶

شکل ۴-۸ نمودار مدول الاستیسیته در برابر تنش همه جانبه برای مصالح ماسه‌ی ساحلی در حالات خشک و اشباع در سه تنش ۱، ۳ و ۵ $\frac{Kg}{Cm^2}$ ۷۷

شکل ۴-۹ مسیر تنش در آزمایش نشست ناگهانی ۷۸

شکل ۴-۱۰ منحنی تفاضل تنش محوری-کرنش محوری در حالت نشست ناگهانی تحت سه تنش همه جانبه‌ی ۱، ۳ و ۵ $\frac{Kg}{Cm^2}$ ، اشباع شده در سطح تنش ٪۱۰۰ ..... ۸۰

شکل ۴-۱۱ نمودار ضریب نشست ناگهانی در برابر تنش همه جانبه برای ماسه‌ی ساحلی، اشباع شده در سه سطح تنش مختلف ۸۲

شکل ۴-۱۲ نمودار تفاضل تنش محوری-کرنش محوری برای حالات: الف- خشک، ب- نشست ناگهانی، در سه دانسیته‌ی نسبی ٪۵۰ ، ٪۷۰ و ٪۱۰۰ برای خاک ماسه‌ی ساحلی در تنش همه جانبه‌ی ۳$\frac{Kg}{Cm^2}$، اشباع شده در سطح تنش تنش ٪۷۵ ..... ۸۴

شکل ۴-۱۳ منحنی اضافه تنش محوری در برابر کرنش محوری در حالت نشست ناگهانی تحت تنش همه جانبه‌ی ۵ $\frac{Kg}{Cm^2}$، اشباع شده در جابجایی ۲mm، سطوح تنش ٪۷۵ و ٪۱۰۰ ..... ۸۵

شکل ۴-۱۴ نمودارهای تغییرات الف- ضریب نشست ناگهانی، ب- افت تنش برشی و ج- ضریب کاهش تنش، در برابر سطح تنش برشی ۸۷

شکل ۴-۱۵ نمودار تفاضل تنش محوری-کرنش محوری برای حالات: الف- آزمایش معمول مقاومت سه محوری و ب- آزمایش سه محوری همراه با نشست ناگهانی، در سه درصد رطوبت مختلف در تنش همه جانبه‌ی ۳ $\frac{Kg}{Cm^2}$، اشباع شده در سطح تنش ٪۷۵ ..... ۹۰

شکل ۴-۱۶ نمودارهای تفاضل تنش محوری-کرنش محوری برای حالات مختلف باربرداری- بارگذاری در تنش همه جانبه‌ی ۳ $\frac{Kg}{Cm^2}$ با دانسیته‌ی نسبی ٪۷۰ ..... ۹۳

شکل ۴-۱۷ نمودارهای تفاضل تنش محوری-کرنش محوری برای حالت نشست ناگهانی بر روی خاک ماسه‌ی ساحلی با دانسیته‌ی نسبی ٪۷۰ و تحت تنش همه جانبه‌ی ۳ $\frac{Kg}{Cm^2}$ با سرعت‌های بارگذاری ۰/۰۵ و ۰/۱ میلیمتر بر دقیقه ۹۴

شکل ۴-۱۸ نمودارهای تفاضل تنش محوری-کرنش محوری برای حالات خشک و نشست ناگهانی برای ماسه‌ی مخلوط در دانسیته‌ی نسبی ٪۷۰ با تنش همه جانبه‌ی ۳ $\frac{Kg}{Cm^2}$ ۹۷

فهرست جداول

جدول۲-۱ شدت نشست ناگهانی خاک‌ها ۱۲

جدول۲-۲ خصوصیات خاک‌های واریزه‌ای موجود در بنگلور ۱۹

جدول۲-۳ تعیین شدت میزان نشست ناگهانی در خاک‌ها ۲۲

جدول۲-۴ شدت میزان نشست ناگهانی در خاک واریزه‌ای بنگلور در حالات متراکم و خشک شده ۲۲

جدول۲-۵ تخمین نشست زمین به علت اشباع شدن با استفاده از آزمایش‌های آزمایشگاهی ۳۲

جدول۳-۱ نتایج آزمایش دانه‌بندی و مقادیر پارامترهای این آزمایش برای انواع مختلف مصالح استفاده شده در پژوهش حاضر ۵۰

جدول۳-۲ مقادیر G_S برای خاک‌های ماسه‌ی ساحلی و تمیز ۵۱

جدول۳-۳ (الف) مقادیر دانسیته‌ی حداکثر و حداقل برای مصالح مخلوط ۵۸

جدول۳-۳ (ب) مقادیر دانسیته‌ی حداکثر و حداقل برای مصالح ماسه‌ی ساحلی و تمیز ۵۹

جدول۴-۱ مقادیر زاویه‌ی اصطکاک داخلی ماسه‌ی ساحلی با توجه به پوش گسیختگی موهر-کولمب ۷۳

جدول۴-۲ مقادیر $\emptyset$ به دست آمده از رابطه‌ی ۴-۲ برای ماسه‌ی ساحلی در حالت‌های خشک، اشباع و نشست ناگهانی در سه تنش همه جانبه‌ی ۱، ۳ و ۵ $\frac{Kg}{Cm^2}$ ۷۵

جدول۴-۳ مقادیر $\emptyset_0$ و $\Delta\emptyset$ برای ماسه‌ی ساحلی در حالت‌های خشک، اشباع و نشست ناگهانی ۷۶

جدول۴-۴ مقادیر E_t، K و n برای ماسه‌ی ساحلی در حالت‌های خشک و اشباع ۷۸

جدول۴-۵ مقادیر α ، β به دست آمده از رابطه‌ی ۴-۸ برای ماسه‌ی ساحلی با دانسیته‌ی ٪۷۰، در سطوح تنش ٪۵۰، ٪۷۵ و ٪۱۰۰ ..... ۸۱

جدول۴-۶ مقادیر $\Delta\sigma_{tc}$ ، C_{sr} و a برای ماسه‌ی ساحلی در حالت اشباع شده در سطح تنش ٪۱۰۰ تحت تنش‌های همه جانبه‌ی۱ ، ۳ و ۵ $\frac{Kg}{Cm^2}$ ۸۲

جدول۴-۷ مقادیر $\Delta\sigma_{tc}$، C_{sr} و a برای ماسه‌ی ساحلی در حالت اشباع شده در سطح تنش ٪ ۷۵ تحت تنش همه جانبه‌ی $\frac{Kg}{Cm^2}$ ۳ با دانسیته‌های نسبی ٪۵۰ ، ٪۷۰ و ٪۸۵ ..... ۸۴

جدول۴-۸ مقادیر $\Delta\sigma_{tc}$، C_{sr} و a برای ماسه‌ی ساحلی در حالت نشست ناگهانی، اشباع شده در سه سطح تنش مختلف تحت تنش‌های همه جانبه‌ی ۱، ۳ و $\frac{Kg}{Cm^2}$ ۵ با دانسیته‌ی نسبی ٪۷۰ ..... ۸۶

جدول۴-۹ مقادیر α' و β' در رابطه‌ی (۴-۱۰) برای ماسه‌ی ساحلی در سه سطح تنش مختلف تحت تنش‌های همه جانبه‌ی ۱ ، ۳ و $\frac{Kg}{Cm^2}$ ۵ با دانسیته‌ی نسبی ٪۷۰ ..... ۸۸

جدول۴-۱۰ مقادیر $\Delta\sigma_{tc}$، C_{sr} و a برای ماسه‌ی ساحلی در حالت نشست ناگهانی، در رطوبت‌های ٪۰ ، ٪۳ و ٪۷ اشباع شده در سطح تنش ٪۷۵ تحت تنش همه جانبه‌ی $\frac{Kg}{Cm^2}$ ۳، با دانسیته‌ی نسبی ٪۷۰ .. ۹۰

جدول۴-۱۱ مقادیر $\Delta\sigma_{tc}$، C_{sr} و a برای ماسه‌ی ساحلی در حالت نشست ناگهانی، برای بارگذاری- باربرداری تحت تنش همه جانبه‌ی $\frac{Kg}{Cm^2}$ ۳، با دانسیته‌ی نسبی ٪۷۰ ..... ۹۲

جدول۴-۱۲ مقادیر $\Delta\sigma_{tc}$، C_{sr} و a برای ماسه ی ساحلی در حالت نشست ناگهانی، در نرخ‌های بارگذاری ۰/۰۵ و ۰/۱ میلیمتر بر دقیقه ،اشباع شده در سطح تنش ٪۷۵ تحت تنش همه جانبه‌ی $\frac{Kg}{Cm^2}$ ۳، با دانسیته‌ی نسبی ٪۷۰ ..... ۹۴

جدول۴-۱۳ مقادیر $\Delta\sigma_{tc}$، C_{sr} و a برای ماسه‌ی مخلوط (ماسه‌ی ساحلی و تمیز) در حالت نشست ناگهانی، برای نمونه، اشباع شده در سطح تنش ٪۷۵ تحت تنش همه جانبه‌ی $\frac{Kg}{Cm^2}$ ۳، با دانسیته‌ی نسبی ٪۷۰ ..... ۹۶

هنگامی که مصالح خاکی خشک اشباع شوند و آزاد سازی تنش در کل توده‌ی خاک رخ دهد، نشست ناگهانی[1] در توده‌ی خاک را به همراه خواهد داشت که این نشست‌ها گاه به چندین متر هم می‌رسند. در این پایان‌نامه، نشست ناگهانی با انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی بررسی شده است. در ابتدا، دو نوع مصالح خاکی، ماسه‌ی ساحلی و ماسه شسته تهیه شدند؛ قبل از انجام آزمایش‌های اصلی، خصوصیات فیزیکی انواع مصالح با انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی به خصوص شامل: آزمایش‌های دانه‌بندی، تعیین مقدار توده ویژه، تعیین مقادیر دانسیته خشک حداکثر به روش میزلرزه و آزمایش تعیین دانسیته خشک حداقل، اندازه‌گیری شد. دستگاه آزمایش مقاومت برشی سه محوری در حالت‌های خشک و اشباع و نشست ناگهانی برای تعیین پارامترهای مقاومت برشی خاک استفاده شد. آزمایش‌های نشست ناگهانی بر روی نمونه‌های در ابتدا خشک که در هنگام برش خوردن اشباع شدند انجام شدند. نتایج آزمایش‌های مقاومت برشی نشان دادند که با اشباع کردن مصالح مقادیر پارامترهای مقاومت برشی کاهش یافته‌اند و این مقادیر در دو آزمایش اشباع و نشست ناگهانی به یکدیگر نزدیک بودند. بخش اصلی این تحقیق به بررسی تأثیر عوامل مختلف بر میزان نشست ناگهانی مصالح ماسه‌ای تخصیص داده شد. برای شناخت اثر این فاکتورها، پارامترهای به خصوصی نظیر: تنش همه جانبه، دانسیته‌ی نسبی یا تراکم خاک، درصد رطوبت اولیه، تغییرمکان یا سطح تنش برشی، قطر دانه‌ها، نوع دانه‌بندی مصالح، مسیر تنش و سرعت بارگذاری انتخاب شدند. مشخص شد که با افزایش تنش همه جانبه و سطح تنش برشی، میزان نشست ناگهانی افزایش می‌یابد و اضافه کردن رطوبت اولیه به خاک و افزایش میزان دانسیته‌ی نسبی در مصالح سبب کاهش مقدار نشست ناگهانی می‌گردد.

[1] Collapse Settlement

فصل اول:

مقدمه

محاسبه و پیش بینی پایداری و اجرای سدهای خاکی در فازهای ساخت، اولین آبگیری و بهره برداری نیازمند به دانش و آگاهی در مورد خصوصیات هیدرولیکی و مکانیکی مصالح سد دارد. اجرای یک سد خاکی به ایستادگی آن سد در برابر بارها و گرادیان‌های هیدرولیکی تحمیل شده به آن بستگی دارد. تحلیل‌های عددی وابسته به سد در مواردی که سد تحت تغییرات زیادی در خصوصیات مکانیکی و هیدرولیکی‌اش به علت تغییر در شرایط فشار آب حفره‌ای قرار می‌گیرد، پیچیده‌تر می‌شود. افزایش میزان درصد رطوبت خاک ممکن است در طول اولین آبگیری و یا در طول یک فصل بارانی اتفاق بیافتد.

جابجایی‌های اندازه‌گیری شده در پوسته بالادست سدهای سنگریزه[1] مقداری نشست که با تغییرات سطح آب به چندین متر هم می‌رسد را نشان می‌دهد که این رفتار به خصوص در طول اولین آبگیری مشاهده می‌شود. البته این رفتار در پوسته پایین دست نیز در صورت وقوع یک بارندگی شدید مشاهده می‌شود. سدهای خاکی به علت این تغییرات در رفتار مکانیکی خاک در طول اشباع شدن ممکن است گسیخته شوند. چناچه خاکی تحت اثر اشباع شدن از خود کاهش حجم نشان دهد، این امر باعث نشست خاک مورد نظر شده و به این پدیده نشست ناگهانی[2] گفته می‌شود.

یکی از حساس‌ترین مراحل در طول عمر یک سد، آبگیری اولیه می‌باشد. بر اساس آمارهای موجود در زمینه‌ی تخریب سدهای سنگریزه و همچنین سدهایی که با رطوبت کافی خاکریزی نشده‌اند، این سدها

1 Rockfill
2 Collapse Settlement

به طور عمده با مشکل نشست ناگهانی یا نشست بیش از اندازه شیب بالادست روبرو بوده‌اند. همچنین پدیده‌ی نشست ناگهانی در قسمت فیلتر سدهای خاکی که رطوبت کافی برای تراکم نداشته‌اند نیز مشاهده می‌شود. پدیده‌ی نشست ناگهانی در خاکریزهای جاده‌ها و یا خطوط راه‌آهن نیز می‌تواند اتفاق بیافتد که شدت آن کمتر از مصالح شنی در سدهای خاکی می‌باشد.

هدف از انجام این پژوهش بررسی میزان نشست خاک‌های ماسه‌ای تحت اثر اشباع شدن و بررسی عوامل تاثیرگذار بر آن با استفاده از دستگاه آزمایش مقاومت برشی سه محوری می‌باشد. همچنین سعی شده است که با ایجاد سطوح تنش برشی مختلف در نمونه‌های ماسه‌ای، شرایط واقعی المانی از یک توده‌ی حجیم خاک که در پوسته‌ی سد یا هر خاکریز دیگری قرار گرفته باشد، شبیه سازی شود و با اشباع سازی این نمونه‌ها در سطوح تنش مختلف پدیده‌ی نشست ناگهانی مورد بررسی قرار گیرد. در این تحقیق بررسی عوامل موثر در میزان نشست ناگهانی مصالح ماسه‌ای به علت اشباع شدن و تعیین تابعیت آنها بر این پدیده از جمله اثر نوع دانه‌بندی، اثر دانسیته، تنش برشی اولیه و غیره بر روی نمونه‌ها مورد بحث می‌باشد. با انجام آزمایش‌های مقاومت برشی سه محوری در شرایط خشک، اشباع و نشست ناگهانی علاوه بر مشخص کردن پارامترهای مقاومت برشی خاک مورد آزمایش، وضعیت خاک از لحاظ نشست پذیری هنگام اشباع شدن نیز بررسی می‌شود.

قبل از انجام آزمایش‌های سه محوری لازم به ذکر است که با توجه به استفاده نشدن به مدت طولانی از دستگاه سه محوری دانشگاه زنجان، نیاز اساسی به کالیبره کردن دستگاه موجود و رفع کاستی‌ها و تأمین قطعات لازم جهت شروع آزمایش‌ها و همچنین یادگیری نحوه‌ی عملکرد دستگاه به طور دقیق احساس می‌شد که تمامی کارهای صورت گرفته در این زمینه در فصل سوم اشاره شده است.

پس از مقدمه‌ی کوتاهی که ارائه شد، در فصل دوم با معرفی کلی پدیده‌ی نشست ناگهانی به بیان تحقیقات و آزمایش‌های صورت گرفته در این زمینه پرداخته شده است.

در فصل سوم آزمایش‌های مقدماتی جهت تعیین خصوصیات فیزیکی مصالح مورد مطالعه از جمله آزمایش‌های تعیین دانه‌بندی، تعیین چگالی ذرات جامد، G_S، تعیین دانسیته‌ی حداکثر به روش میز-لرزه و دانسیته‌ی حداقل صورت گرفته است. در انتهای این فصل نیز به علت انجام آزمایش‌های این پایان‌نامه به وسیله‌ی دستگاه سه محوری به شرح نحوه‌ی انجام آزمایش توسط این دستگاه پرداخته می‌شود.

فصل چهارم که مهمترین بخش این پایان‌نامه را در بر می‌گیرد شامل انجام آزمایش‌های خشک واشباع جهت تعیین پارامترهای مقاومت برشی و آزمایش‌های نشست ناگهانی و عوامل تأثیرگذار بر نشست ناگهانی مصالح (تنش همه جانبه، دانسیته‌ی نسبی، سطح تنش برشی، رطوبت اولیه، مسیر تنش، نوع دانه‌بندی و نرخ بارگذاری) می‌باشد.

در نهایت در فصل پنجم به جمع‌بندی کلی، نتیجه‌گیری و ارائه‌ی پیشنهاداتی در زمینه‌ی نشست ناگهانی برای افرادی که مشتاق به انجام کارهای پژوهشی در این حیطه می‌باشند اختصاص داده شده است.

فصل دوم:

مفاهیم اولیه و مروری بر تحقیقات گذشته