Archive of SID

مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۴۸، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶ (ص۲۶۱-۲۵۵)

بررسی مقاومت برشی خاک کشاورزی تحت تأثیر فرآیند یخبندان و ذوب

مجتبی جابری معز[۱]، علی جعفری[۲*]، علیرضا کیهانی[۳]، مهدی شرفا[۴]

۱. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

۲. استاد، گروه مهندسی بیوسیستم، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی ، دانشگاه تهران

۳. استاد، گروه مهندسی بیوسیستم، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی ، دانشگاه تهران

۴. دانشیار، گروه خاک‌شناسی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی ، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت : ۱۳۹۵/۸/۲۹ – تاریخ بازنگری : ۱۳۹۵/۱۲/۱۷- تاریخ تصویب : ۱۳۹۶/۲/۱۲)

چکیده

خاک به‌عنوان بستر تولید محصولات زراعی و باغی یکی از مهم‌ترین عوامل تولید محصولات کشاورزی می‌باشد. خاک از ذرات ریز خاک‌دانه‌ها تشکیل شده است که فضای بین این ذرات توسط آب یا هوا پر شده است. وجود ترکیب مناسب ذرات خاک، آب و هوا برای رشد محصولات کشاورزی لازم و ضروری است. یکی از عوامل طبیعی که باعث بهبود ساختمان خاک می‌گردد فرآیند یخبندان و ذوب می‌باشد. فرآیند یخبندان و ذوب برخی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک را تغییر می‌دهد. به منظور بررسی اثر فرآیند یخبندان و ذوب بر روی استحکام برشی خاک آزمایش هایی بر روی نمونه های خاک تحت تاثیر یخبندان و ذوب انجام گرفت. در این پژوهش دمای ۱۰- سانتی گراد برای یخبندان خاک با دو سطح رطوبتی ۱۰ و ۱۵ درصد با سه سطح دانسیته به عنوان متغیر در نظر گرفته شد و استحکام برشی خاک به عنوان متغییر وابسته مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج آزمایش ها بیانگر این مطلب است که فرآیند یخبندان و ذوب باعث کاهش استحکام برشی خاک می‌گردد. در دامنه تغییرات چگالی در این پژوهش، هر اندازه چگالی خاک افزایش یافت، اثر یخبندان و ذوب بر کاهش استحکام برشی خاک بیشتر شد.کاهش مقاومت برشی در برخی نمونه ها بیش از ۴۰درصد بود. با کاهش مقاومت برشی خاک، نیرو و توان لازم برای برش خاک در نتیجه نیرو توان لازم جهت انجام خاک‌ورزی در زمین‌های زراعی پس از فرآیند یخبندان و ذوب کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: مقاومت برشی خاک، دما، رطوبت، دانسیته

مقدمه

با کاهش دما و رسیدن آن به نقطه صفر درجه، آب با آزاد کردن انرژی حرارتی، شروع به یخ بستن می‌کند. آب ماده‌ای استثنایی است که با کاهش دما زیر نقطه انجماد، حجم آن افزایش می‌یابد. یخبندان در خاک پدیده ای کاملا متفاوت است و از چندین جنبه برای کشاورزی مهم و حیاتی می‌باشد. هنگامی که آب موجود در لایه بالایی خاک یخ می‌زند، علاوه بر افزایش حجم آب موجود در خاک، آب لایه زیرین و بخار آب به سمت لایه‌های یخ زده حرکت می‌کند و حجم یخ افزایش می‌یابد. بنابراین هر چه حجم یخ افزایش یابد، فضای بین ذرات خاک نیز افزایش خواهد یافت. لذا حرکت آب ازلایه‌های زیرین به سمت لایه خاک یخ زده حایز اهمیت است. در زمین‌های کشت نشده این امر از لحاظ ایجاد تخلخل بیشتر در خاک و افزایش حجم خاک یخ زده مناسب است. ذرات خاک فاقد پوشش گیاهی در اثر تکرار پدیده انجماد و ذوب ساختمان مناسبی پیدا کرده که که می‌توان آن را به شخم ناشی از یخبندان تعبیر کرد. از طرفی با ظهور پدیده یخبندان، آب لایه‌های زیرین تحت شرایط خاک به سمت لایه یخ زده حرکت کرده و با گرم شدن هوا رطوبت خاک در معرض هوا قرار گرفته و امکان از دست رفتن رطوبت افزایش می‌یابد. لذا از لحاظ حفظ رطوبت نیز پدیده یخبندان در مناطق کم آب بسیار حایز اهمیت است. در مناطقی که در زمستان لایه ای از برف سطح زمین را می‌پوشاند، نگهداری رطوبت بهتر انجام می‌گیرد. در مناطقی که دما به زیر صفر می‌رسد و زمین فاقد پوشش گیاهی مناسب و پوشش برف است، پدیده یخبندان می‌تواند باعث از دست رفتن رطوبت خاک در ماه‌های سرد سال نیز گردد.

پدیده یخبندان در خاک، پدیده پیچیده‌ای است که ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد. میزان اثر پدیده یخبندان و چرخه ذوب و یخبندان به نوع خاک،

* نویسنده مسئول : jafarya@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

دمای محیط، رطوبت خاک، خواص فیزیکی خاک وبرخی شرایط دیگر بستگی دارد. آب موجود در خاک در هنگام انجماد افزایش حجم پیدا کرده در حالی که برخی اجزای دیگر خاک کاهش حجم پیدا می‌کنند. این دوگانگی باعث ایجاد فشار بالایی شده که می‌تواند پیوند بین اجزای خاک را بگسلد و خاک را نفوذپذیرکند (Tsytovich, 1973; Qi *et al*., 2004) در بررسی‌های خود به این نتیجه رسیدند که خواص مکانیکی خاک به شدت تحت تاثیر پیوند یخ با اجزاء خاک در طی دوره یخبندان و همچنین آب حاصل از ذوب یخ می‌باشد. (Qi *et al*., 2008) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که چرخه ذوب و یخبندان یک پدیده فصلی است که به طور قابل ملاحظه‌ای خواص مهندسی خاک را تغییر می‌دهد. بنابراین بررسی اثرات چرخه ذوب و یخبندان می‌تواند به عنوان کلیدی برای مدل کردن رفتار تنش-کرنش و آنالیز پایداری و تغییر شکل و استحکام برشی خاک در مناطق سردسیر مورد بررسی قرار گیرد. (Eigenbrod, 1996) در تحقیقات خود به این نتیجه رسید که خاک هایی که به دلیل پوشش لایه بالایی خود در معرض چرخه ذوب و یخبندان قرار نگرفته‌اند، وقتی تحت تاثیر این پدیده قرار می‌گیرند، ظرفیت تحمل بار آنها کاهش پیدا کرده و خاک آسیب می‌بیند. (Qi *et al*., 2008) طی آزمایش-هایی به این نتیجه رسیدند که در اثر یخبندان خاصیت چسبندگی خاک کاهش پیدا کرده و هر اندازه دمای خاک پایین‌تر باشد، خاصیت چسبندگی نیز کاهش خواهد یافت ولی ضریب اصطکاک داخلی خاک به آرامی افزایش می‌یابد. در نتیجه استحکام برشی خاک که منتج از این دو مولفه است کاهش می‌یابد. همچنین ایشان دریافتند که با افزایش جرم حجمی خاک چسبندگی خاک بعد از چرخه ذوب و یخبندان ابتدا تا حد معینی افزایش یافته و بعد از آن کاهش می‌یابد. ایشان بیان نمودند که یک حد بحرانی برای جرم حجمی خاک وجود دارد که چسبندگی خاک در آن حد تحت تاثیر چرخه ذوب و یخبندان قرار نمی‌گیرد. این حد بحرانی برای تغییرات ضریب اصطکاک داخلی نیز وجود دارد. زاویه اصطکاک داخلی در جرم حجمی کمتر خیلی آرام تغییر می‌کند تا حد بحرانی و بعد از آن با افزایش جرم حجمی نسبت به خاک تیمار نشده افزایش پیدا می‌کند. (Van Klaveren, 1987) نشان داد که استحکام برشی خاکی که تحت تاثیر چرخه یخبندان و ذوب قرار گرفته، کمتر آز خاکی است که هرگز تحت تاثیر این فرآیند قرار نگرفته است.(Yong *et al*., 1985) مشاهده نمودند که مقاومت برشی خاک تحت تاثیر یخبندان و ذوب به طور معنی-داری تحت تاثیر فرآیند یخبندان و ذوب قرار می‌گیرد ولی چرخه‌های بعدی اثر کمتری بر مقاومت برشی خاک دارد. (Andersland and Ladanyi., 2004)در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که وقتی خاک تحت تاثیر یخبندان و ذوب قرار می‌گیرد آب خالص به یخ تبدیل می‌شود به دلیل این‌که آب خالص پس از یخبندان افزایش حجم پیدا می‌کند، وقتی یخ ذوب می‌شود فضای خالی افزایش یافته به طور کامل پر نمی-شود و فضای خالی بین ذرات خاک بیشتر شده و چسبندگی خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

زمانی که دمای خاک به زیر صفر درجه سانتی گراد افت می‌کند ذرات آب سرد شده و پس از تشکیل یخ، ذرات یخ به‌درون‌حفرات نفوذ می کنند در طول این تغییر فاز آب چیزی حدود ۹درصد از ساختار کریستالی شش ضلعی خود منبسط می شود. این ذرات کریستالی تازمانی که ذرات کریستالی دیگر مانع شوند یا به ذرات خود خاک نزدیک شوند رشد می کنند (Taylor and Luthin, 1987). زمانی که دمای سطحی خاک زیر صفر درجه سانتیگراداست جبهه یخ زده در خاک پیشروی می کند. یخ زدگی باعث افزایش فشار یخ و کاهش در فشار آب حفره ای می شود. به دلیل کاهش فشار آب حفره ای در جبهه یخ زده، آب از لایه های زیرین به طرف مرزهای یخ زده و درون خاک های یخ زده حرکت می کند حتی اگر هیچ راه دسترسی به آب های خارجی نداشته باشد (Williams and perfect, 1980).

آنچه مهم است حفظ ساختمان بهینه خاک‌های کشاورزی برای رشد و نمو محصولات زراعی و باغی است که متاسفانه استفاده بیش از اندازه و ناصحیح بکار گیری ماشین ها و ادوات کشاورزی باعث تخریب ساختمان خاک های کشاورزی مخصوصا در دهه‌های اخیر شده است. به نظر می‌رسد فرآیندهای طبیعی مانند یخبندان و ذوب راهی مناسب و بی هزینه برای اصلاح خاک‌های کشاورزی باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از خاک زراعی عمق ۰-۲۰ سانتی‌متری مزرعه آموزشی و پژوهشی عباس آباد دانشگاه بوعلی استفاده شد. خاک مورد نظر در ۱۰ سال گذشته کود دهی نشده بود. بعد از تهیه خاک مورد نظر خاک از الک ۲ میلیمتری عبور داده شد و سپس به صورت یک لایه نازک در سطحی که با پلاستیک پوشیده شده بود پهن شد. بعد از اطمینان از خشک شدن کامل

www.SID.ir

Archive of SID

خاک با نمونه برداری های متعدد، خاک خشک شده جمع‌آوری شده و داخل کیسه های پلاستیکی به صورت چند لایه قرار داده شد تا از تبادل رطوبتی جلوگیری شود. در هر مرحله از آزمایش به مقدار لازم از خاک خشک برداشته می‌شد. در این تحقیق خاک با دو سطح رطوبتی ۱۰ و ۱۵ درصد رطوبت بر پایه وزن خشک تهیه شد و مورد آزمایش قرار گرفت. برای تهیه نمونه ها با رطوبت مورد نظر یک سینی فلزی گالوانیزه با لبه هایی به ارتفاع ۵ سانتی‌متر برای جلوگیری از پراکنده شدن خاک مورد آزمایش ساخته شد. بعد از وزن کردن خاک خشک و با در نظر گرفتن درصد رطوبت، میزان اب مورد نیاز برای تهیه نمونه ها محاسبه می‌شد. خاک به صورت لایه نازک در سطح سینی پخش می‌شد و آب با آب‌پاش دستی بر روی خاک اسپری می-شد و با خاک کاملا مخلوط می‌گردید و این عمل تا زمانی که نمونه ها به رطوبت مطلوب برسند ادامه پیدا می‌کرد. بعد از پایان کار برای اطمینان از درستی کار نمونه های مرطوب شده کاملا از سطح سینی جمع آوری شده و وزن می‌شد. بعد از حصول اطمینان از درستی کار، نمونه ها داخل پاکت های پلاستیکی قرار داده می‌شد و در ب پاکت ها کاملا بسته می‌شد. نمونه ها در داخل چند لایه پلاستیک دیگر قرار دا ده می‌شد تا رطوبت نمونه ها حفظ شود. نمونه ها برای تعادل رطوبتی به مدت ۲۴ ساعت داخل پاکت ها پلاستیکی می‌ماند و نمونه ها برای مراحل بعدی آماده می‌شد. در این تحقیق سه سطح چگالی خاک(۱،۱۵، ۱،۲۶۵ و ۱،۳۹) گرم بر سانتی متر مکعب استفاده شد که چگالی ۱،۲۶۵ نماینده چگالی خاک مزرعه، ۱،۱۵ نماینده یک خاک نرم(خاک شخم خورده) و چگالی ۱،۳۹ نماینده یک خاک متراکم شده می‌باشد.

برای ایجاد شرایط یخبندان نمونه‌ها از یک دستگاه فریزر با قابلیت کاهش دما تا ۲۴-درجه سانتی گراد استفاده شد. سیستم سرمایشی مورد استفاده مطابق شکل(۱) در سطح بالای فریزر قرار داده شده تا جریان هوای سرد از بالا بر نمونه ها اثر کند.

شکل ۱. نمای داخلی فریزر با سیستم سرمایشی واقع در بالای آن

فریزر مورد نظر به یک ترموستات دیجیتالی مجهز بود که قادر بود دما را تا ۲۵- درجه سانتی گراد با دقت یک درجه تنظیم کند و طوری تنظیم شده بود که دما را در دامنه ۱۰- تا۱۱- درجه سانتی‌گراد ثابت نگه می‌داشت. شکل ۲ ترموستات مذکور را نشان می‌دهد. برای اندازه گیری دما در داخل فریزر از ۵ عدد ترمومتر دیجیتالی استفاده شد که سه عدد از آنها در شکل ۲ قابل مشاهده می‌باشد. در این تحقیق نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت تحت تاثیر فرآیند یخبندان قرار گرفته و سپس از فریزر خارج شده تا خاک یخ زده ذوب شود. این فرآیند هفت مرتبه تکرار شد. سنسور کنترل دما نزدیک به سطح نمونه در داخل فریزر قرار داده شد تا تنظیم دما بر اساس دمای بالای تمونه داخل فریزر انجام گیرد.

شکل۲. سیستم کنترل دمای فریزر(ترموستات دیجیتالی)

نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت داخل فریزر قرار داده می‌شد و سپس از فریزر خارج شده تا خاک یخ زده ذوب شود. این عمل هفت بار تکرار شد. برای جلوگیری از کاهش رطوبت، نمونه‌ها با لایه پلاستیکی کاملا پوشیده می‌شد. بعد از آخرین بار یخبندان و ذوب نمونه تحت آزمایش برش با دستگاه پره برشی قرار می‌گرفت. نمونه های شاهد(بدون یخبندان) دقیقا شبیه به نمونه‌های تیمار یجبندان تهیه شد. نمونه های شاهد به عنوان یک سطح از دو سطح دما در نظر گرفته شد. دستگاه پره برشی

www.SID.ir

Archive of SID

با سرعت دورانی ۱/۴ دور در دقیقه مورد آزمایش قرار گرفت و نمودار گشتاور برشی و کرنش برشی یا زمان برش رسم گردید. تنش برشی معادل در هر لحظه با توجه به رابطه بین گشتاور و ابعاد پره برشی و تنش برشی محاسبه می‌گردد.

$$\tau = \frac{6\,T}{7\pi D^3} \qquad \text{(رابطه۱)}$$

در این رابطه D قطر پره برشی می‌باشد که طبق استاندارد ASTM2005، ۵۰/۸ میلی‌متر و ارتفاع این پره ۲D یا ۱۰۱/۶ میلی‌تر می‌باشد

در این تحقیق برای به حداقل رسانیدن به هم خوردگی خاک مورد آزمایش، از دستگاه پره برشی استفاده شد. دلیل دیگر استفاده از این دستگاه برای محاسبه تنش برشی، حساسیت این دستگاه نسبت به چسبندگی خاک بود و خاک تحت تاثیر یخبندان و ذوب بیشتر چسبندگی‌اش تغییر می‌کرد. برای معرفی هر کدام از نمونه ها از کد vst(a-b.c) استفاده شد که vst نمایش دهنده آزمون پره برشی، a نمایش دهنده چگالی بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب، b نشان دهنده دمای یخبندان بود که اگر b برابر صفر قرار داده شد یعنی نمونه شاهد است وتیمار یخبندان روی آن اعمال نشده است و c نشان دهنده درصد رطوبت نمونه ها می باشد.

نتایج و بحث

جدول شماره۱ نتیجه تجزیه واریانس اثر فاکتورهای متغییر(دما، دانسیته و رطوبت) را بر گشتاور مورد نیاز برای برش خاک را نشان می‌دهد. همانطور که در جدول تجزیه واریانس مشخص است، اثر هر سه فاکتور بر روی گشتاور مورد نیاز جهت برش خاک(در نتیجه استحکام برشی خاک) در سطح یک درصد معنی دار است.

جدول ۱. تجزیه واریانس مطالعه اثر سه فاکتور دما، رطوبت و دانسیته بر گشتاور لازم برای برش خاک

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
دما	۱	۱۱۶۷	۱۱۶۷**
رطوبت	۱	۴۷۷	۴۷۷**
دانسیته	۲	۹۶۸۶	۴۸۴۳**
دما*رطوبت	۱	۰/۶۹	/۶۹^{ns}
دما*دانسیته	۲	۶۶۷	۳۳۴**
رطوبت*دانسیته	۲	۴۵۵	۲۲۸**
دما*رطوبت*دانسیته	۲	۴۰۹	۲۰۵**

**: در سطح ۱ درصد معنی‌دار ns: غیرمعنی‌دار

یکی از عوامل موثر بر استحکام برشی خاک، دانسیته خاک است. هرچه خاک متراکم‌تر باشد، نیروی لازم برای برش خاک بیشتر است. آنچه دراین پژوهش نیز مشخص شد، هرچه خاک تراکم بیشتری داشته باشد، مقاومت برشی آن بیشتر است. اگر نمونه‌ای از خاک تحت جابجایی برشی قرار گیرد، نقش جابجایی در اندازه‌گیری‌های استحکام برشی شدیدا به حالت تراکم خاک وابسته است (Johnson *et al*., 1987) . مقاومت اصطکاکی خاک در برابر برش نه تنها به علت اصطکاک بین ذراتی است که بر هم لغزش می‌کنند، بلکه بخشی از این مقاومت به دلیل حرکت غلت مانند بین ذرات مجاور و بخشی نیز به علت قفل شدن دانه ها در یکدیگر می‌باشد. بنابراین مقاومت اصطکاکی خاک بستگی به شکل دانه ها و درجه تراکم (به عبارت دیگر دانسیته کلی خاک) دارد. هر چه درجه تراکم خاک بیشتر باشد، درگیری و تماس بین ذرات بیشتر شده و مقاومت برشی افزایش می‌یابد (Aghili nategh. 2008) .

پارامتر دیگری که بر مقاومت برشی خاک مورد مطالعه اثرگذار بود، رطوبت نمونه‌ها بود. رطوبت نمونه ها در سطح ۱ درصد معنی دار بود. هر چه رطوبت نمونه ها در این مطالعه بیشتر شد، تنش برشی کاهش پیدا کرد. از آنجایی که آب داخل خاک به عنوان روان کننده عمل می‌کند، تا حدی باعث کاهش پیوند اجزاء خاک شده و اصطکاک خاک را نیز کاهش می‌دهد. با افزایش رطوبت زاویه اصطکاک داخلی شروع به کاهش می‌کند و آب بین ذرات مانند روان کننده عمل کرده که از تماس ذرات با یکدیگر جلوگیری و اصطکاک کاهش می‌یابد. در خاک‌های رسی افزایش درصد رطوبت باعث کاهش چسبندگی می‌شود (Jones, 1976). از آنجا که مقاومت برشی خاک حاصل از دو مولفه چسبندگی بین ذرات خاک و مقاومت حاصل از اصطکاک است، هر عاملی که این دو مولفه را تحت تاثیر قرار دهد، مقاومت برشی خاک را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد.

مقاومت خاک به علت چسبندگی دانه‌ها حاصل از مقاومت مولکولی(نیروی جاذبه الکترو شیمیایی) بین ذرات ریز و پیوندهای کلوئیدی-آبی است. بنابراین، این مقاومت بستگی به تعداد ذره‌ها در واحد حجم، مقدار آب بین ذرات خاک، نوع مواد محلول در آب منفذی و نیز ترکیب و نوع کانی‌های تشکیل دهنده ذرات دارد (Aghili nategh. 2008)

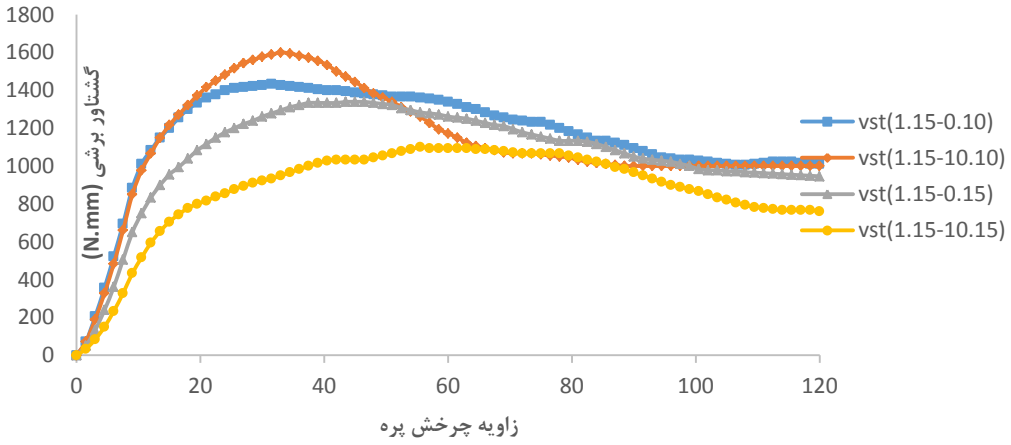
عامل سوم که در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفت، فرآیند یخبندان و ذوب بود. این عامل با احتمال ۹۹ درصد بر مقاومت برشی خاک اثرگذار بود. فرآیند یخبندان و ذوب در اکثر نمونه‌هایی که تحت تاثیر این فرآیند قرار گرفته بودند،

www.SID.ir

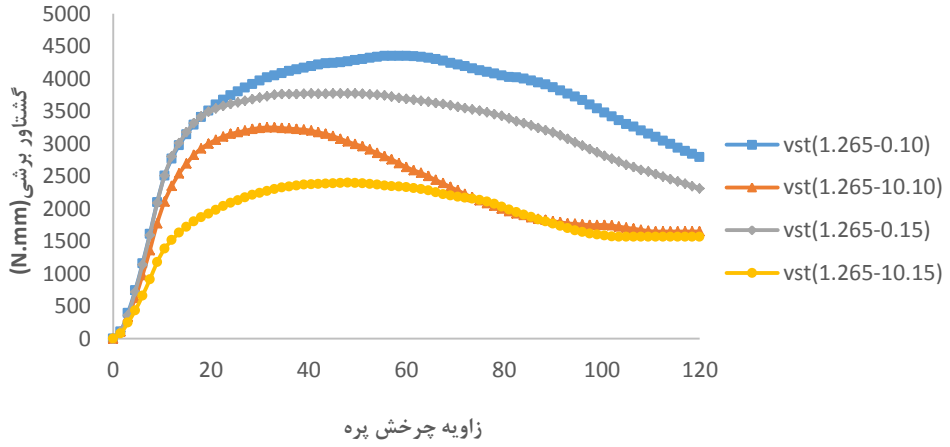
Archive of SID

باعث کاهش مقاومت برشی خاک شد. مورد استثنا در این پژوهش، نمونه با چگالی ۱٫۱۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب با رطوبت ۱۰ درصد بود که افزایش در مقاومت برشی را نشان می‌داد. (Qi *et al.*, 2008) طی آزمایش‌هایی تغییرات خواص مهندسی ناشی از یخبندان و ذوب یک خاک مشخص را مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس این پژوهش مشخص گردید که تحت شرایط انجماد یکسان، یک وزن واحد خشک بحرانی وجود دارد که وقتی وزن واحد خشک نمونه مورد نظر معادل وزن بحرانی باشد، چسبندگی، دانسیته و فشار پیش تحکیم پس از چرخه انجماد و ذوب بدون تغییر باقی می‌ماند. هنگامی وزن واحد خشک بیشتر از آن حد بحرانی بود، این سه پارامتر کاهش می‌یافت و با وزن واحد خشک اولیه کمتر، این پارامترها افزایش می‌یافتند. (Qi *et al.*, 2008) در مطالعه خویش به این نتیجه رسیدند که در اثر یخبندان خاصیت چسبندگی خاک کاهش پیدا کرده و هر اندازه دمای خاک پایین‌تر باشد، خاصیت چسبندگی نیز کاهش خواهد یافت ولی ضریب اصطکاک داخلی خاک به آرامی افزایش می‌یابد. ایشان بیان نمود که یک حد بحرانی برای جرم حجمی خاک وجود دارد که چسبندگی خاک در آن حد تحت تاثیر چرخه ذوب و یخبندان قرار نمی‌گیرد. این حد بحرانی برای تغییرات ضریب اصطکاک داخلی نیز وجود دارد. زاویه اصطکاک داخلی در جرم حجمی کمتر خیلی آرام تغییر می‌کند تا حد بحرانی و بعد از آن با افزایش جرم حجمی نسبت به خاک تیمار نشده افزایش پیدا می‌کند.

اشکال ۳، ۴ و ۵ روابط گشتاور برشی با زاویه چرخش پره برشی را در شرایط مختلف خاک مورد آزمایش نشان می‌دهد.



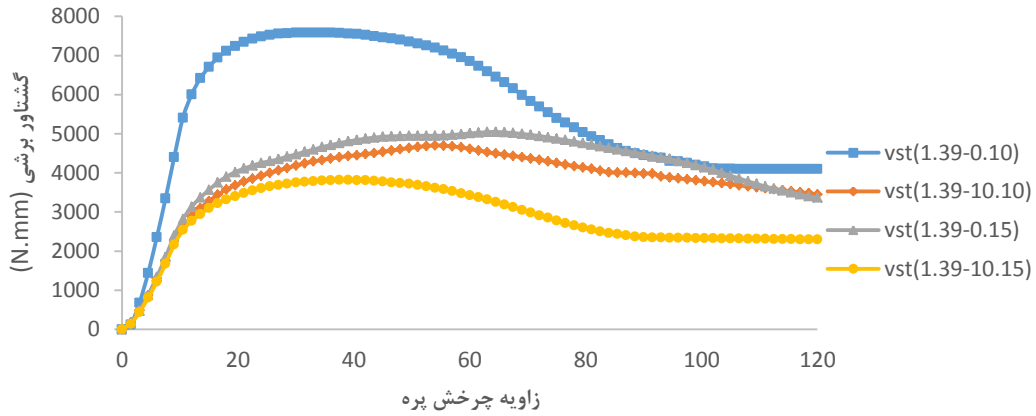
شکل ۳. نمودار رابطه گشتاور برشی با درجه چرخش پره خاک با چگالی ۱٫۱۵ گرم بر سانتی متر مکعب



شکل ۴. نمودار رابطه گشتاور برشی با درجه چرخش پره خاک با چگالی ۱٫۲۶۵گرم بر سانتی متر مکعب

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵. نمودار رابطه گشتاور برشی با درجه چرخش پره خاک با چگالی ۱،۳۹ گرم بر سانتی متر مکعب

طبق نتایج به دست آمده در این پژوهش اثر متقابل هر سه پارامتر یخبندان، رطوبت و میزان تراکم خاک(دانسیته خاک) بر روی مقاومت برشی خاک در سط ٪۱معنی دار شد که نشان می‌دهد بین تیمارهای رطوبت*دما*چگالی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در این پژوهش مشخص شد که با افزایش چگالی اثر یخبندان و ذوب بر مقاومت برشی خاک بیشتر است و در چگالی بالاتر تحت تاثیر یخبندان و ذوب بر کاهش مقاومت برشی خاک بیشتر است.

نتیجه گیری

هدف از این مطالعه بررسی اثر فرآیند یخبندان و ذوب بر مقاومت برشی خاک مورد مطالعه در دو سطح رطوبتی و سه سطح دانسیته بود.

در این پژوهش مشخص گردید فرآیند یخبندان و ذوب اثر معنی‌داری بر روی کاهش مقاومت برشی خاک دارد. این فرآیند در دامنه تغییرات پارامترهای مورد مطالعه می‌تواند تا بیش از ۴۰ درصد باعث کاهش استحکام برشی خاک گردد. در هنگام انجام عملیات خاکورزی، استحکام برشی خاک جزء پارامترهای اصلی و تاثیر گذار بر مصرف انرژی است و در تولید یک محصول زراعی بیشترین مصرف انرژی در هنگام انجام عملیات خاکورزی است، انتخاب وسیله مناسب خاکورزی و انجام عملیات خاکورزی در زمان مناسب با توجه به شرایط اقلیمی، می‌تواند در کاهش مصرف انرژی و هزینه های تولید، مناسب باشد. انجام یک عملیات خاکورزی سبک مانند بکارگیری گاوآهن چیزل قبل از شروع بارندگی ها جهت افزایش نفوذپذیری خاک و جذب رطوبت بیشتر یک راهکار مناسب جهت استفاده بهینه از این فرآیند می‌تواند باشد. زیرا در این شرایط انژری زیادی مصرف نشده و شرایط برای استفاده حداکثری از فرآیند یخبندان و ذوب به وجود می‌آید.

REFERENCE

Aghili nategh, N. (2008). Long-term effects of adding organic matter to the soil bearing capacity and shear resistance, mechanical master's thesis Machines Agriculture, University of Technology, Esfahan. (In Farsi).

Andersland, O. B., and Ladanyi, B. (2004). *Frozen ground engineering*. John Wiley & Sons.

Eigenbrod, K. D. (1996). Effects of cyclic freezing and thawing on volume changes and permeabilities of soft fine-gained soils. *Canadian Geotechnical Journal*, *33*(4), 529-537.

Johnson, C. E., R. D. Grissio, T. A. Nicholas and A. C. Bailey. (1987). Shear measurement for agricultural soil-A Review. Transe. ASAE. 30:935-938.

Jones, A. (1971). Soil piping and stream channel initiation. *Water Resources Research*, *7*(3), 602-610.

Qi, J.L., Zhang, J.M., Zhu, Y.L. (2004). Influence of freezing-thawing on soil structure and its soils mechanics significance, *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering* (Supp. 2), 2690-2694.

Qi, J., Ma W., Song C., (2008). Influence of freeze-thaw on engineering properties of silty soil. *Cold Regions science and technology*. 53: 397-404.

Taylor GS and Luthin JN, (1978). A model for coupled heat and moisture transfer during soil freezing. *Canadian Geotechnical Journal* 15: 548-555.

Tsytovich, H.A., (1973). Mechanics of Frozen Ground. *Science Press, Beijing*. Translate d by Zhang Ch. Q. and Zhu Y.L. (1985) (in Chinese).

Yong, R.N., Boonsinsuk, P., Yin, C.W.P., (1985). Alteration of soil behavior after cyclic freezing

www.SID.ir

Archive of SID

and thawing. In: Kinosita, S., Fukuda, M. (Eds.), *Proceedings of the 4th International Symposium on Ground Freezing*, 5–7 August 1985, Sapporo, Japan. A.A.Balkema Publishers, Rotterdam, Netherlands, pp. 187–195.

Van Klaveren, R.W., (1987). Hydraulic erosion resistance of thawing soil. Ph.D. Dissertation, Department of Agricultural Engineering, Washington State University, Pullman, Washington (1987).

Williams PJ and Perfect E, (1980). Investigation of thermally actuated water migration in frozen soils. Eotechnical Science Laboratories, Department of Geography, Carleton University, Ottawa, Canada.

www.SID.ir