تأثیر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاك بر روی حدود پایداری خاك‌های شالیزاری استان گیلان

زهرا حیدری پورلاخانی [۱]، محمود شعبانپور [۲] و صفورا اسدی کپورچال [۳]
۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاك دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان ،۲-دانشیار گروه علوم خاك دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان ،۳- استادیار گروه علوم خاك دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

چکیده
به منظور بررسی تأثیر برخی پارامترهای فیزیکی خاک بر حدود پایداری (آتربرگ) خاک‌های شالیزاری استان گیلان تعداد ۵۰ نمونه خاک از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر از نقاط مورد نظر و با فاصله ۹ کیلومتر از هم برداشته شد. سپس پارامترهای بافت خاک، جرم ویژه ظاهری، ماده آلی و آهن آزاد کل اندازه‌گیری شد. برای تعیین حدود پایداری، حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیرایی را به‌دست آورده و با استفاده از روش رگرسیون بهترین مدل رگرسیونی برازش داده شده برای هر متغیر مشخص شد. نتایج نشان داد برای هر دو پارامتر حد روانی و حد خمیرایی بهترین مدل مربوط به متغیر رس بود. همچنین، بر اساس نتایج به‌دست آمده از همبستگی بین متغیرهای مستقل با استفاده از نرم افزار SPSS از بین متغیرهای مستقل، حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیری همبستگی معنی‌داری با متغیرهای درصد رس، جرم ویژه ظاهری و ماده آلی دارند به‌طوری‌که حد روانی و خمیری با افزایش مقدار رس افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: حد خمیری، حد روانی، رس، شاخص خمیرایی، ماده آلی

مقدمه
عوامل متعددی بر روی ویژگی‌های مکانیکی خاک مؤثر هستند، یکی از این عوامل حدود استحکام خاک (حدود آتربرگ) می‌باشد که در خاک‌های مختلف متناسب با برخی ویژگی‌های زود یافت خ اک تغییر می‌کند. حدود پایداری آتربرگ خاک از ویژگی‌های مکانیکی مهم خاک می باشد که در خاک‌های چسبنده برای اهداف مهندسی به‌کار می‌رود و همبستگی بالایی با سایر ویژگی‌های خاک دارد. در کشاورزی نیز این ویژگی‌های مکانیکی خاک کاربرد دارند. با توجه به اهمیت حدود پایداری و وقت‌گیر بودن و نیاز به تجربه کافی برای اندازه‌گیری آن‌ها لازم است که این خصوصیات با استفاده از سایر خصوصیات زودیافت خ اک با دقتی قابل قبول برآورد شوند.
حدود آتربرگ یک معیار تعریف شده برای میزان رطوبت خاک است. بر اساس این معیار سه حد برای مقدار رطوبت موجود در آب تعریف می شود. حد انقباض (SL)، حد خمیری (PL) و حد روانی(LL). خاکهای ریزدانه بر اساس مقدار آب جذب شده توسط آنها حالتهای مختلفی به خود میگیرند. این سه حد مرز میان چهار حالت رفتار خاک که شامل سفت (جامد)، نیمه سفت (نیمه جامد)، خمیر (پلاستیک) و مایع (روان)، می‌باشند. حد انقباض کم کاربرد ترین حدود اتربرگ است. این مقدار در واقع مقدار رطوبتی است که خاک با از دست دادن مقدار بیشتر از آن کاهش حجمی نخواهد داشت. حد خمیری، در صد رطوبتی است که در آن نقطه خاک از حالت نیمه سفت به حالت خمیر در می‌آید و حد روانی درصد رطوبتی است که در آن یک توده شیار داده شده توسط شیارکشی با ابعاد استاندارد، درون دستگاه حد روانی استاندارد در اثر ۲۵ ضربه در طولی معادل ۷/۱۲میلیمتر (۵/۰ اینچ) به هم برسد (Stuart et al., ۲۰۱۴ Ying and Qi, ۲۰۰۹).
میرخانی و همکاران (۱۳۸۶) طی تحقیقی نشان دادند که حد روانی و حد خمیری با متغیرهای ظرفیت تبادل کاتیونی، جرم ویژه ظاهری و رطوبت اشباع خاک به صورت معنی‌داری تغییر می کند.حد روانی و خمیری با افزایش مقدار رس افزایش می یابد. در واقع با کاهش اندازه ذرات، رطوبت حد خمیری و روانی افزایش یافته اما افزایش حد روانی بیشتر می باشد. در نتیجه افزایش شاخص خمیرایی بیش از حد خمیری می باشد (Budhu , ۲۰۰۱). کارگر و همکاران (۱۳۸۸) نمونه‌های مصنوعی گچی شده با درصدهای مختلف گچ را در آزمایشگاه تهیه و حدود آتربرگ، تراکم، نشست تحت بار ثابت در حالت معمولی و همراه با آبشویی و مقاومت روی نمونه ها را تعیین کردند. نتایج آنها نشان داد که افزایش مقدار گچ در کاهش حدود آتربرگ، نقش‌مهمی را ایفا کرده و آبشویی فاکتوری بسیار مهم در نشست‌های بعدی و کاهش مقاومت این خاك‌ها بوده است.
حدود آتربرگ برای طبقه بندی خاک‌های چسبنده بسیار مهم بوده و برای تفسیر مقاومت کششی، ظرفیت بردباری، تراکم‌پذیری و پتانسیل انقباض خاک‌ها مفید می‌باشد (Mcbride , ۲۰۰۲). تلاش محققان روی تعیین همبستگی بین زاویه اصطکاک خاک و شاخص‌های خاک مانند حدود آتربرگ متمرکز شده است (Kaya and Kwong , ۲۰۰۷). طی تحقیقی بر روی خاک‌های مناطق گرمسیری برای توسعه مدل‌های ساده برآورد و توصیف خواص مهندسی خاک با استفاده از خصوصیات زودیافت خاک، یک رابطه

خطی بین حد روانی، حد خمیری و حد انقباض از یکسو و ظرفیت تبادل کاتیونی، مواد آلی و درصد رس از سوی دیگر نشان دادند (Mbagwu and Abeh , ۱۹۹۸).

در تحقیق انجام شده توسط Moradi (۲۰۱۳b)، تاثیر کربن آلی بر حدود پایداری و پارامترهای تحکیم روی چهار بافت خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، بررسی و مشخص شد که تغییرات کربن آلی از ۳/۰ درصد در خاک لومی رسی تا ۲۸/۱ درصد در خاک رسی بوده است. همچنین نتایج نشان داد که مواد آلی به طور معنی‌داری باعث افزایش ویژگی‌های مکانیکی خاک و کاهش تحکیم آن شده و در تمام آزمایش‌ها، حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیرایی افزایش داشته و بیشترین این مقادیر در بافت رسی دیده شده است. ارتباط بین کربن آلی و حدود پایداری به صورت خطی معنی‌دار شده و کربن آلی یکی از مشخصه‌های مهم حدود پایداری و آتربرگ خاک بیان شده است (Moradi , ۲۰۱۳b).

در تحقیق مشابه‌ای (Moradi ۲۰۱۳a)، تاثیر ظرفیت تبادل کاتیونی بر حدود پایداری و شاخص خمیرایی روی چهار بافت خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، بررسی و عنوان کرده کم‌ترین و بیشترین مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی به ترتیب در خاک لومی رسی و رسی بوده است. نتایج نشان که حد خمیری خاک ارتباط مستقیم و معنی داری با ظرفیت تبادل کاتیونی خاک دارد و در تمام آزمایش‌ها، حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیرایی افزایش داشته و بیشترین این مقادیر در بافت رسی دیده شده است. در خاک رسی مقدار حد روانی به طور معنی‌داری بیشتر از حد روانی و شاخص خمیرایی در خاک‌های دیگر گزارش شده است (Moradi, ۲۰۱۳a). با توجه به اهمیت حدود پایداری در خاک‌های مختلف و تأثیر آن در اندازه‌گیری مقاومت خاک، هدف از این پژوهش بررسی تأثیر پارامترهای فیزیکی خاک از قبیل بافت خاك(درصد رس، سیلت و شن)، ماده آلی، جرم ویژه ظاهری و میزان آهن بر حدود پایداری (آتربرگ) خاک‌های شالیزاری استان گیلان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۳ بر روی خاک‌های شالیزاری استان گیلان انجام شد. پس از تعیین نقاط نمونه‌برداری به روش سیستماتیک و با فاصله ۹ کیلومتر از هم، تعداد ۵۰ نمونه خاک از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر برداشته شد. نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن، کوبیده و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد. به منظور بررسی همبستگی حدود آتربرگ و ویژگی‌های فیزیکی خاک پارامترهای بافت خاک به روش هیدرومتری با قرائت کامل، جرم ویژه ظاهری به روش کلوخه و پارافین، ماده آلی به روش والکی و بلاک و آهن آزاد کل اندازه‌گیری شد (Page et al., ۱۹۸۶; Klute *et al*., ۱۹۸۶).

به منظور تعیین حدود پایداری (آتربرگ)، حد روانی، حد خمیرایی و شاخص خمیرایی محاسبه گردید. حد روانی به روش تک نقطه‌ای یا تک نمونه ای با استفاده از دستگاه کاساگراند اندازه‌گیری شد. بدین صورت که نمونه خاک هوا خشک شده را از الک ۴/۰ میلی‌متر عبور داده و حدود ۱۰۰ گرم از آن را داخل بشر ریخته و مقداری آب به آن اضافه و خمیری یکنواخت تهیه شد. سپس خمیر تهیه شده را داخل جام دستگاه کاساگراند ریخته و با شیارکش، شیاری در امتداد محور جام ایجاد کرده و دسته دستگاه با سرعت حدود دو ضربه در هر ثانیه چرخانده شد. این کار تا زمان بسته شدن شیار در طولی به اندازه ۱۳ میلی‌متر انجام و تعداد ضربات لازم برای بسته شدن شیار ثبت گردید. خمیر مورد نظر به گونه‌ای ایجاد شد که شیار در فاصله بین ۲۰ تا ۳۰ ضربه بسته شد. سپس مقداری خمیر از قسمت بسته شده شیار داخل جام برای تعیین مقدار رطوبت برداشته شد (Klute, ۱۹۸۶). در نهایت حد روانی از معادله ۱ بدست آمد.

$$LL = \omega n \times (N/25)^{0.121} \quad (۱)$$

که در آن ωn درصد رطوبت مربوط به بسته شدن شیار در طول ۷/۱۲ میلی‌متر، N تعداد ضربات و LL حد روانی می‌باشد.

حد خمیری به روش تهیه فتیله اندازه‌گیری شد. برای این منظور میزان ۲۰ گرم از خمیر تهیه شده برای حد روانی را برداشته و سپس رطوبت خاک را کاهش داده تا بتوان آن را در دست لوله کرده بدون اینکه به‌دست بچسبد. عمل لوله کردن تا جایی ادامه پیدا کرده که قطر لوله حدوداً به ۲/۳ میلی‌متر برسد. این عمل آنقدر تکرار شد تا ترک‌هایی روی لوله به وجود آمده، به طوری که لوله به تکه‌های جدا از هم تبدیل شد و رطوبت آن اندازه‌گیری شد (Klute, ۱۹۸۶). در نهایت حد خمیری از معادله ۲ به‌دست آمد.

$$PL = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100 \quad (۲)$$

که در آن W_1 وزن ظرف (gr)، W_2 وزن خاک مرطوب همراه وزن ظرف (gr)، W_3 وزن خاک خشک همراه وزن ظرف (gr) و PL حد خمیری است.

شاخص خمیرایی (PL)، دامنه‌ای از رطوبت که خاک در آن خاصیت خمیرایی دارد که در عمل رطوبت بین حد روانی و خمیری بوده و از معادله ۳ بدست آمد.

$$PI = LL - PL \quad (۳)$$

نتایج و بحث

بررسی همبستگی بین متغیرهای مستقل با استفاده از نرم افزار SPSS نشان داد از بین متغیرهای مستقل، حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیری همبستگی معنی‌داری با متغیرهای درصد رس، جرم ویژه ظاهری و ماده آلی دارند. سپس با استفاده از روش رگرسیون گام به گام، مناسب‌ترین ترکیب از متغیرهای مستقل برای برآورد حد روانی، حد خمیرایی و شاخص خمیرایی انتخاب و بهترین مدل رگرسیونی برازش داده شده برای هر متغیر مشخص شد. جدول‌های ۱ و ۲ به ترتیب نتایج بهترین مدل برازش داده شده حد روانی و حد خمیری برای متغیرهای مورد بررسی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- نتایج بهترین مدل برازش داده شده به متغیرهای مورد بررسی برای حد روانی

پارامتر	ضرایب ثابت		آماره های مدل			معادله
	a	b	R	SE	Sig F	
رس (%)	۲۲.۸۸	۰.۲۶	۰.۷۰	۰.۲۰	۰.۰۰۱	$y=22.88x^{-0.26}$
سیلت (%)	۲۶.۶۷	۰.۲۱	۰.۶۰	۰.۲۵	۰.۰۰۱	$y=26.67x^{-0.21}$
شن (%)	۷۳.۹۵	-۰.۵۳	۰.۶۰	۱۰.۵۹	۰.۰۰۱	$y=73.95-0.53x$
ماده آلی	۴۶.۴۲	۹.۰۰	۰.۶۱	۰.۲۶	۰.۰۰۱	$y=46.42+9\ln x$
آهن	۷۰.۵۲	۰.۱۴	۰.۳۴	۰.۲۶	۰.۰۰۱	$y=70.52x^{-0.14}$
جرم ویژه ظاهری	۳۰.۳۴	۰.۳۹	۰.۶۳	۰.۲۷	۰.۰۰۱	$y=30.34e^{-0.39x}$

جدول ۲- نتایج بهترین مدل برازش داده شده به متغیرهای مورد بررسی برای حد خمیری

پارامتر	ضرایب ثابت		آماره های مدل			معادله
	a	b	R	SE	Sig F	
رس (%)	۷.۰۴	۷.۸۱	۰.۴۴	۱۱.۵۶	۰.۰۰۲	$y=7.04+7.81\ln x$
سیلت (%)	-۵.۴۷	۱۱.۱۴	۰.۴۳	۱۲.۳۸	۰.۰۰۲	$y=-5.47+11.14\ln x$
شن (%)	۴۱.۱۸	-۰.۲۳	۰.۳۳	۱۰.۳۷	۰.۰۰۲	$y=41.18-0.23x$
ماده آلی	۲۴.۴	۶.۸۱	۰.۴۳	۱۱.۸۹	۰.۰۰۲	$y=24.4+6.81\ln x$
آهن	۳۶.۴	-۰.۵۴	۰.۱۶	۱۲.۷	۰.۰۰۲	$y=36.4-0.54x$
جرم ویژه ظاهری	۲۹.۰۱	۲.۷۲	۰.۴۰	۱۰.۶۵	۰.۰۰۲	$y=29.01+2.72x$

با توجه به جدول‌های ۱ و ۲، بهترین مدل مربوط به متغیر رس بوده که برای هر دو پارامتر حد روانی و حد خمیرایی به ترتیب معادله توانی و لگاریتمی به‌دست آمد. در نهایت، بر اساس نتایج به‌دست آمده حد روانی و حد خمیری با متغیرهای درصد رس، جرم ویژه ظاهری و ماده آلی به صورت معنی‌داری تغییر می‌کند. به‌طوری‌که حد روانی و خمیری با افزایش مقدار رس افزایش می‌یابد. در واقع با کاهش اندازه ذرات، رطوبت حد خمیری و روانی افزایش یافته که این افزایش برای حد روانی بیشتر بوده است. در نتیجه افزایش شاخص خمیرایی بیش از حد خمیری می‌باشد که این با نتایج میرخانی و همکاران (۱۳۸۶) و Moradi (۲۰۱۳b) همخوانی دارد.

منابع

کارگر، س.، رئیسی، ع. و رحیمی، ح. ۱۳۸۸. تأثیر گچ بر تغییرات خواص فیزیکی و مکانیکی خاك رسی. هشتمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، دانشگاه شیراز، شیراز.

میرخانی، ر.، سعادت، س.، شعبانپور شهرستانی، م.، آریا، پ. و یگانه، م. ۱۳۸۶. برآورد حدود پایداری خاک با استفاده از ویژگی‌های زودیافت خاک. مجله علوم خاک و آب، جلد ۲۱، شماره‌ی ۲، صفحه‌های ۲۰۱ تا ۲۰۷.

Budhu M. ۲۰۰۱. Soil mechanics and foundation. ۱st edition. John Wiley and Sons. Inc, ۵۷۰p.

Kaya A. and Kwong K.P. ۲۰۰۷. Evaluation of Common Practice Empirical Procedures for Residual Friction Angle of Soils: Hawaiian Amorphous Materials Rich Colluvial Soil Case Study. Engineering Geology, ۹۲: ۱-۲.

Klute A. ۱۹۸۶. Methods of Soil Analysis. Part۱. Physical and Mineralogical properties Methods. Soil Science Society of America, Wisconsim, USA.

Mbagwu J.S.C. and Abeh O.G. ۱۹۹۸. Prediction of engineering properties of tropical using intrinsic pedagogical parameters. Soil Science, ۱۶۳(۲): ۹۳-۱۰۲.

Moradi S. ۲۰۱۳a. Effects of CEC on Atterberg limits and Plastic Index in Different Soil Textures. International Journal of Agronomy and Plant Production, ۴ (۹): ۲۱۱۱-۲۱۱۸.

Moradi S. ۲۰۱۳b. Impacts of organic carbon on consistency limits in different soil textures. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, ۵ (۱۲): ۱۳۸۱-۱۳۸۸.

McBride R.A. ۲۰۰۲. Atterberg limits. Hi: Methods of Soil Analysis, Part ۴: Physical Methods. SSSA No. ۵. J. H. Dane and G. C. Topp (Eds.). Soil Science Society of America, Madison, WI, pp: ۳۸۹-۳۹۸.

Page A.L. ۱۹۸۶. Methods of Soil Analysis. Part۲. Che and Chemical and Mineralogical Methods. Soil Science Society of America, Wisconsim, USA.

Stuart K., Haigh P. and Vardanega J. ۲۰۱۴. Fundamental basis of single-point liquid limit measurement approaches. Applied Clay Science, ۱۰۲: ۸-۱۴.

Ying G. and Qi W. ۲۰۰۹. Experimental research on fall cone test to determine liquid limit and plastic limit of silts. Rock and Soil Mechanics, ۳۰(۹۰): ۲۵۶۹-۲۵۷۴.

Abstract

To study the effect of some soil physical parameters on soil consistency (Atterberg limits) of paddy soils of Guilan province ۵۰ samples were taken from depth of ۰-۲۰ cm with distance of ۹ km from each other. Then parameters of soil texture, bulk density, organic matter and total free iron were measured. To determine consistency limits, liquid limit, plastic limit and plastic index were obtained and the best regression model for each variable was determined by using regression method. The results indicated that best model was related to clay variable for both parameters of liquid limit and plastic limit. Also, based on the results of the correlation between the independent variables by using SPSS software, liquid limit, plastic limit and plastic index have significantly correlation with variables of clay content, bulk density and organic matter and liquid and plastic limits have increased with increasing clay content of soil.