رفتار آسایش تنش یک خاک آهکی مخلوط شده با کود دامی در دراز مدت

ناهید عقیلی ناطق[۱*] و عباس همت[۲]

۱- دانشجوی دکتری مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران
۲- استاد گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

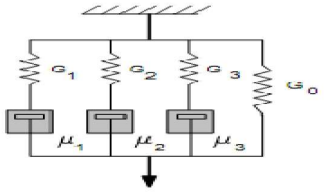
زمانیکه خاک تحت بار خارجی متراکم می شود رابطه تنش-کرنش خطی نبوده و کرنش از دو بخش الاستیک و ویسکوز تشکیل شده است. دانستن این رفتار در کنترل تراکم خاک های کشاورزی مفید است. در کار حاضر آزمایش فشردگی محصور بر روی نمونه های بازسازی شده که از خاک سطحی که کود دامی در سه سطح (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ تن در هکتار) برای هفت سال پیاپی تحت تناوب زراعی گندم- ذرت به آن اضافه شده بود، تهیه گردیدند. هر نمونه خاک تحت یک تنش به مقدار ۱۰۰ کیلو پاسکال در دو سطح رطوبت ۱۷/۱ و ۲۰/۹ قرار گرفت. پس از رسیدن بار به حد مورد نظر؛ کرنش نمونه ثابت نگه داشته شد و کاهش تنش در مدت ۳۰ دقیقه ثبت گردید. رفتار ویسکو الاستیک خاک براساس مدل رئولوژیکی ماکسول با دو المان مورد بررسی قرار گرفت. ثابتهای مربوط به معادله مدل به دست آمده و به خوبی بر دادههای تجربی برازش گردید.ضریب الاسیسیته باقی مانده در خاک با افزایش ماده آلی افزایش یافت،که این به الاسیسیته بالاتر نمونه ها با ماده آلی بالا اشاره می کند. همچنین نرخ آسایش تنش خاک با افزایش مقدار ماده آلی تغییر نکرد..

واژه های کلیدی: تست آسایش تنش، مواد آلی، ویسکو الاستیک، مدل ماکسول.

مقدمه

خاک یک ماده پیچیده است که بصورت غیر خطی رفتار می کند و موقعیکه در معرض تنش قرار می گیرد، رفتار وابسته به زمان نشان می دهد (Oka,1999). یعنی باید در معادله تنش -تغییر شکل عامل زمان را هم دخالت داد .این گونه مواد که تغییر شکل آنها بستگی به زمان دارد مواد ویسکو الاستیک نامیده می شوندآزمون های رایج شبه استاتیکی بیشتر به وسیله آزمایش های آسایش تنش و خزش ارائه می شوند . در آزمون هایآسایش تنش یک کرنش ثابت به نمونه اعمال می شود تنش مورد نیاز برای ثابت نگه داشتن تغییر شکل ایجاد شده در نمونه به عنوان تابعی از زمان اندازه گیری می شود (Sinha,2003). برای تفسیر داده های آسایش تنش یک ماده ویسکو الاستیک خطی از مدل تعمیم یافته ماکسول بارها استفاده شده است .این مدل شامل n المان ماکسول و یک فنر که به طور موازی با المانها قرار گرفته است هر المان ماکسول خود شامل دو جزء فنر و کمک فنر می باشد که به طور سری قرار گرفته اند(Bock,et al.,1989). در مدل های رئولوژیکی جزء فنر نشانگر قانون هوک (رفتار الاستیک ایده آل) و جزء

کمک فنر نشانگر قانون ویسکوزیته نیوتن (رفتار ویسکوز ایده آل) می باشند که در شکل زیر مدل رئولوژیکی تعمیم یافته ماکسول نشان داده شده است.



شکل ۱ . مدل تعمیم یافته ماکسول با سه المان و یک فنر موازی با المانها

مواد و روش ها

در کار حاضر نمونه های بازسازی شده از خاک سطحی که کود دامی در سه سطح (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ تن در هکتار) برای هفت سال پیاپی تحت تناوب زراعی گندم- ذرت به آن اضافه شده بود، تهیه گردیدند. برخی خواص کود مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. خواص شیمیایی کود گاوی مورد مطالعه

Characteristics	FYM
PH	8.6
EC(dSm^{-1})	17
OM ($g\ kg^{-1}$)	430

پس از عبور خاک هواخشک از الک ۲ میلی‌متر و با داشتن حجم ظرف (قطر ۲۵/۵ و ارتفاع ۸ سانتی‌متر) و چگالی تر ۱/۴گرم بر سانتی‌مترمکعب و درصد رطوبت مورد نظر(نمونه دو سطح رطوبت ۱۷/۱ و ۲۰/۹)، مقدار خاک و آب مورد نیاز محاسبه گردید. خاک مرطوب با افشان کردن آب به‌طور یکنواخت تهیه گردید. به این‌صورت که مقدار آب لازم بعد از محاسبه به خاک توسط یک آب-پاش به صورت افشان به روی خاک پاشیده شد و خاک به مدت ۴۵ دقیقه ورز داده شد. تست آسایش تنش با استفاده از دستگاه CBR (California bearing ratio) انجام گرفت و آزمایشات بدین صورت بود که هر نمونه با سرعت ثابت۱ میلیمتر بر دقیقه توسط پروب دستگاه تحت فشار محوری۱۰۰ کیلو پاسکال قرار می گرفت پس از رسیدن بار به حد مورد نظر نمونه به مدت ۳۰ دقیقه تحت بار باقی ماند. نیروی اعمال از سمت نمونه به پروب دستگاه را به مدت ۳۰ دقیقه ثبت و منحنی نیرو بر حسب زمان رسم شد .برای تبدیل منحنی نیرو - زمان به منحنی تنش -زمان مقدار نیروی ثبت شده توسط دستگاه را بر سطح تماس بین نمونه و پروب دستگاه تقسیم و مقدار تنش اعمالی به دست آمد. معادله مربوط به مدل تعمیم یافته ماکسول که توسط رابطه زیر ارائه می شود با نرم افزار ANSYS توسط ابزار curve fitting بر داده ها فیت گردیدند:

$$\sigma(t) = \varepsilon(M_\infty + \sum_{i=1}^{\eta_m} M_i e^{(\frac{-t}{\tau_i^M})}) \qquad (۱)$$

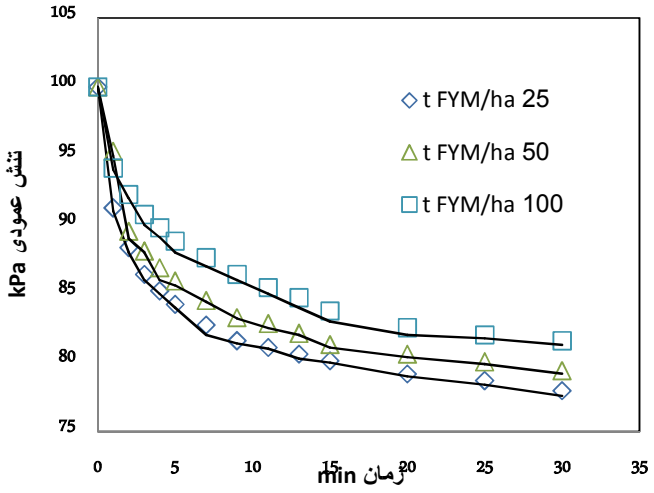
جاییکه M_∞ مدول الاسیسیته تعادلی و M_i مدول الاسیسیته محصور τ_i^M زمان آسایش تنش برای جز iام (که عبارت از نسبت ویسکوزیته جزء کمک فنر به مدول الاستیسیته جزء فنر) ، η_m تعداد المان ماکسول استفاده شده و $\sigma(t)$ تنش خاک در زمانt و ε کرنش اعمال شده به خاک (Sanchez-giron et al., 2001).

با مشتق گرفتن از معادله ۲ به R_r, می رسیم که معیار سرعت تنزل تنش (نرخ آسایش تنش) خاک است.

$$R_r = \left(\frac{d\sigma(t)}{dt}\right)_{t=0} = \varepsilon(M_1T_1 + M_2T_2) \qquad (۲)$$

نتایج

شکل ۲ نشان می دهد مدل ماکسول به خوبی بر دادههای تجربی مورد برازش قرارگرفت و می توان مشاهده نمود که مقدار بارز آسلیش تنش در یک زمان کوتاه رخ دادکه علت این افت ناگهانی می تواند به دلیل جابحایی هوا باشد در حالیکه زمان آسایش تنش طولانی مربوط به جریان آب در منافذ است. جدول ۱ مقادیر مدل تعمیم یافته ماکسول را نشان می دهد. با توجه به جدول ۲ مقدار کود و رطوبت تاثیری بر نرخ آسایش تنش ندارد. همچنین تغییر رطوبت اثری بر زمان آسایش تنش ندارد. مدول الاسیسیته باقی مانده در خاک و کرنش ایجاد شده در خاک با افزایش ماده آلی افزایش یافت، که این به الاسیسیته بالاتر نمونه ها با ماده آلی بالا اشاره می کند.



شکل۲. آسایش تنش خاک مخلوط شده با مقادیر مختلف کود دامی (سمبل های توخالی داده های تجربی و خط ها داده های پیش بینی شده توسط مدل تعمیم یافته ماکسول)

جدول ۲. خلاصه پارامترهای مدل تعمیم یافته ماکسول

Factor Level	M_r (kPa)	T_1 (min)	M_1 (kPa)	T_2 (min)	M_2 (kPa)	ε	R_r
Content of organic manure(Mg ha^{-1})							
25	741.06^{c}	10.32^{a}	115.05^{b}	0.72^{b}	111.86^{b}	0.11^{a}	17.68^{a}
50	913.89^{ab}	11.17^{a}	133.39^{ab}	1.51^{a}	105.46^{b}	0.09^{b}	12.74^{a}
100	1078.52^{a}	10.21^{a}	181.98^{a}	0.56^{b}	139.52^{a}	0.08^{c}	19.93^{a}
Moisture content							
17.1	103.97^{a}	10.88^{a}	165.38^{a}	1.16^{a}	130.4^{a}	0.1^{a}	17.7^{a}
20.9	785.34^{b}	10.26^{a}	121.57^{b}	0.69^{a}	107.49^{b}	0.08^{b}	15.86^{a}

منابع

1-Bock, R. G., Puri, V. M. & Manbeck. 1998. Modeling stress relaxation response of wheat en Masse using the triaxial test. Transactionsof the ASAE, 32(5), 1701–1708.

2-Oka, F.1999. Continuum theory of granular materials. An Introduction Mechanics of Granular Materials. Oda, M & Iwashita, K, editors. Balkema, Netherlands, pp 107-113.

3- Sanchez-Giron, v., E. Andreu, and J.L. Hernanz. 2001. Stress relaxation of five different soil samples when uniaxiaslly compacted at different water contents.Soil Till. Res. 62:85-99.

4-Sinha, N. K.2003. Limitations of stress relaxation tests for determining stress dependence of strain rate at high temperatures .Scripta Materialia. 48:731–736

STRESS RELAXATION BEHAVIOUR OF SOIL AMENDED WITH LONG-TERM APPLICATION OF FARM YARD MANURE

Abstract

When soil strain occurs under external force the strain-stress relation is not linear and strains are composed of elastic and plastic or viscose components. Various combinations of rheological elements has been used to develop models for assessing the viscoelastic behavior of soils. The viscoelastic properties of a soil can be determined by a uniaxial compression device using two kinds of transient test: creep and stress relaxation. In the present work, a uniaxial confined compression test was conducted on the remolded samples collected from the topsoil of experiment plots in which organic manures (municipal solid waste compost; fresh air-dry sewage sludge; farmyard manure) were added to the soil at three rates (25, 50 and 100 Mg ha^{-1}) for 7 years successively under annual wheat - corn rotation. Large remolded specimens were prepared at two gravimetric water contents (17.1 and 20.9%) and axial load was applied. When the applied stress reached 100 kPa, the strain was kept constant and the decay of the stress with time was recorded for 30 min. The stress relaxation behavior was represented by the generalized Maxwell model with 2 elements,that it fit on experimental data as well. The residual modulus of elasticity increased linearly indicating higher elasticity with higher organic matter. The stress relaxation rates of the soils were not influenced by the long-term incorporation of organic manures tested at two moisture content.

Keywords: Uniaxial confined compression test; Relaxation test; Municipal solid waste compost; Sewage sludge; Farmyard manure