مقایسه روش‌های تعیین تنش پیش- فشردگی در یک خاک لوم شنی

منا طهماسبی[۱]، عباس همت[۲]، محمود وفاییان[۳] و محمدرضا مصدقی[۴]

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
monatahmasebi@yahoo.com

۲- استاد گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
ahemmat@cc.iut.ac.ir

۳- استاد دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۴- استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی, دانشگاه بوعلی سینا همدان.

مقدمه

در اثر کاربرد ادوات و ماشین‌های کشاورزی سنگین به ویژه در خاک خیس منجر به تراکم خاک می‌شود. تراکم خاک موضوع پژوهشی مهمی است که لازم است دانسته‌های ما در مورد آن افزایش یابد. زیرا تراکم خاک بر عملکردمحصول از طریق کاهش عمق نفوذ ریشه و نرخ رشد آن اثر می گذارد. (۱۰). پارامترهایی که برای مدل‌سازی تراکم خاک استفاده می‌شوند معمولاً از آزمایش‌های فشردگی محصور[۱] (CCT) و نشست صفحه‌ای[۲] (PST) به دست می آیند. از این آزمایش‌ها می‌توان برای تعیین تنش پیش-فشردگی ($\sigma_{P'c}$) استفاده نمود (۲). منحنی فشردگی خاک با تعیین رابطه بین تنش فشاری و پارامترهای حجمی خاک تعیین می‌شود. این منحنی مشخصه معمولاً با قرار دادن لگاریتم تنش فشاری قائم (σ_n) در برابر نسبت پوکی (e) یا کرنش عمودی (ε_n) خاک ترسیم می‌شود. این منحنی دارای دو ناحیه مربوط به رفتار برگشت‌پذیر (کشسان) در تنش‌های پایین و رفتار برگشت ناپذیر (خط فشردگی بکر[۳] VCL) در تنش‌های بالاتر می‌باشد. نقطه‌ای از منحنی که مشخص کننده تغییر رفتار خاک از برگشت پذیر (کشسان) به ماندگار (منحنی فشردگی بکر) می‌باشد، تنش پیش-فشردگی یا پیش-تحکیمی نامیده می‌شود (۶). با محدود کردن تنش‌های مکانیکی اعمالی به مقادیر کمتر از σ_{Pc}، می‌تواند خطر تغییرات نامطلوب در ساختمان خاک را به حداقل رساند (۱۰).

چندین روش برای تعیین σ_{Pc} وجود دارد که عبارتند از: روش کاساگراند (۳)، روش اشمرتمن (۱۲)، روش سالفورز (۱۱)، روش جوس و همکاران (۷)، روش کولی و لارسون، روش لیبرت و هورن (۸)، روش دایاس جونیور و پیرس (۵)، روش الکساندرو و ارل (۱) و روش مکبراید و جوس (۹). پر استفاده‌ترین و معروف‌ترین روش، روش پیشنهادی کاساگراند (۱۹۳۶) می‌باشد، که مفهوم تنش پیش-تحکیمی نیز توسط او برای اولین بار ارائه شد (۳). در این روش ترسیمی، σ_{Pc} از روی منحنی لگاریتم تنش عمودی- نسبت پوکی تعیین می‌شود (۱۰). روش اشمرتمن تا حدودی نزدیک به روش کاساگراند می‌باشد با این تفاوت که تأثیر بهم‌خوردگی خاک را تصحیح می‌کند. در روش سالفورز با رسم کرنش در برابر تنش، σ_{Pc} تخمین زده می‌شود. در روش پیشنهادی دایاس جونیور و پیرس چهار شیوه تخمین σ_{Pc} وجود دارد که از تقاطع خط گذرنده از اولین دو نقطه، سه نقطه، چهار نقطه یا پنج نقطه متوالی منحنی تنش-کرنش در بخش کشسان و امتداد VCL تعیین می‌شود. برخلاف روش کاساگراند که از مقیاس لگاریتمی تنش استفاده می‌کند، در روش الکساندرو و ارل (۱۹۹۵) مقیاس خطی تنش به کار رفته است. حساسیت این روش به خطاهای آزمایشی کمتر است ولی انحنا منحنی نیز در این روش کمتر می‌باشد (۱۰). مکبراید و جوس امکان وجود دامنه‌ای برای مقادیر σ_{Pc} تخمینی را بررسی نمودند. در این مدل، مقادیر σ_{Pc} شامل σ_{Pc} حداقل محتمل، σ_{Pc} با بیشترین احتمال (روش کاساگراند) و σ_{Pc} حداکثر محتمل بودند.

---
[1] Confined compression test
[2] Plate sinkage test
[3] Virgin compression line

مواد و روشها

در این پژوهش از یک خاک لوم شنی با ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی که در جدول ۱ آورده شده است، استفاده شد. نمونه‌برداری از لایه خاک سطحی (۲۰-۰ سانتی‌متر) به‌وسیله بیل انجام شد.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک مورد بررسی*

بافت خاک	درصد وزنی			ماده آلی (٪)	حدود پایداری (w/w٪)		
	شن	سیلت	رس		LL	PL	SL
لوم شنی	۶۴	۲۶	۱۰	۰/۷۸	۲۷/۷	۱۸/۴	۸/۲

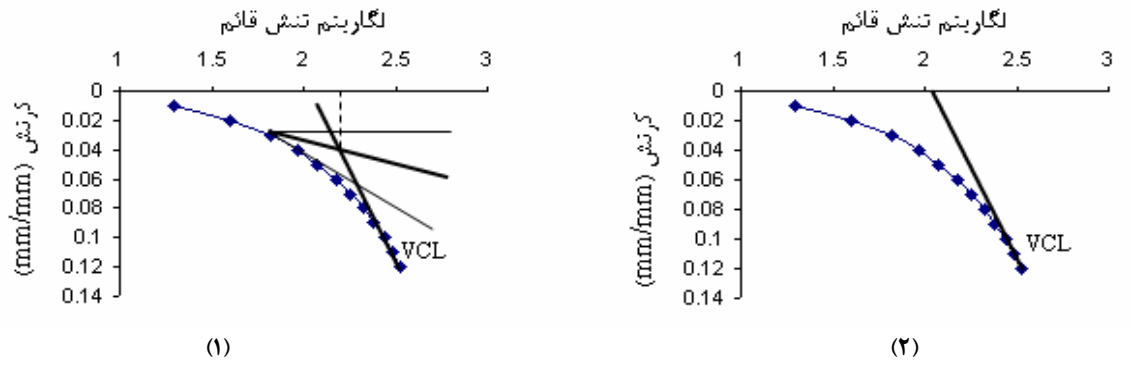
* LL، PL و SL به ترتیب بیانگر حد روانی، حد خمیری و حد انقباض خاک می باشند.

خاک سطحی هوا-خشک از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد و به طور یکنواخت در ظروفی با قطر و ارتفاع به ترتیب ۲۸ و ۱۵ سانتی‌متر ریخته شد. آزمایش‌ها با در نظر گرفتن چگالی ظاهری تر ۱/۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب انجام گردید. از دستگاه CBR [1] برای انجام پیش-بارگذاری استفاده شد. قطر پیستون دستگاه CBR برای این آزمایش‌ها ۵ سانتی‌متر و سرعت بارگذاری ۱ میلی‌متر بر دقیقه بود. مدت زمان پیش-بارگذاری هر نمونه خاک ۳۰ دقیقه بود. برای تعیین مقدار σ_{Pc} خاک از آزمایش‌های نشست صفحه‌ای (PST) و فشردگی محصور (CCT) استفاده شد.

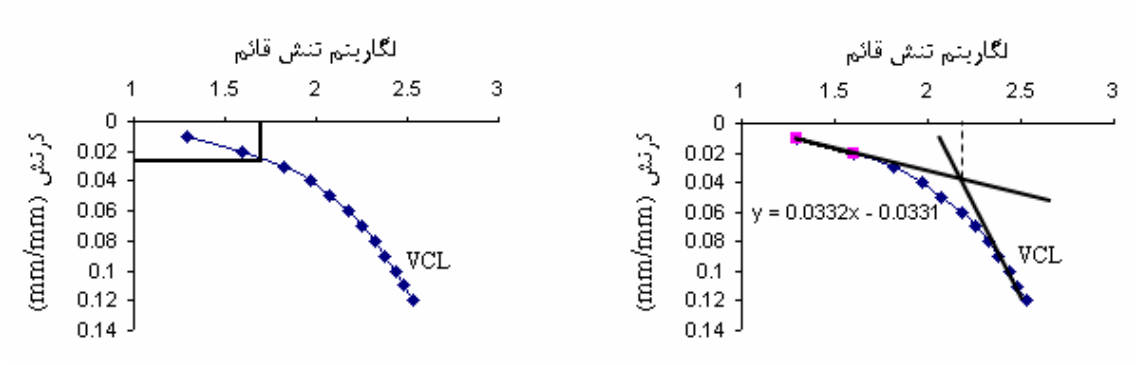
برای تعیین σ_{Pc}، از منحنی تنش- نشست PST و از منحنی تنش–کرنش CCT استفاده شد. پنج روشی که برای تعیین σ_{Pc} استفاده گردید، عبارت بودند از: ۱) روش کاساگراند، ۲) تقاطع خط VCL با محور x در نقطه کرنش صفر، ۳) تنش در کرنش ۲/۵ درصد ، ۴) تقاطع خط VCL و خط عبوری از دو نقطه اول منحنی، و ۵) تقاطع خط VCL و خط رگرسیون سه نقطه اول منحنی. روش۲، ۴ و ۵ بوسیله دایاس جونیور و پیرس (۱۹۹۵)، روش ۲ توسط اشمرتمن (۱۹۵۵) و مکبراید و جوس (۱۹۹۶) استفاده شده است. در آزمایشCCT از هر پنج روش برای تعیین σ_{Pc} استفاده شد، ، در صورتی که. در آزمایش PST برای تعیین σ_{Pc} فقط از روش‌های ۱، ۲، ۴ و ۵ استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که برآورد σ_{Pc} توسط روش کاساگراند نسبت به روش‌های دیگر بیشتر می‌باشد (شکل ۱). با توجه به مقایسه مقادیر به دست آمده از روش‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ با روش کاساگراند چنین استنباط می‌شود که σ_{Pc} به دست آمده در این روش‌ها در آزمایش PST حدود ۷۹ تا ۸۳ و در آزمایش CCT حدود ۶۱ تا ۹۰ درصد مقادیر به دست آمده با روش کاساگراند می‌باشد. در هر دو آزمایش PST و CCT، کمترین مقادیر σ_{Pc} با روش دوم به دست آمد. بنابراین استفاده از این روش برای ارزیابی ظرفیت باربری خاک، و نگه داشتن فشار اعمالی توسط وسایل زمین گیرایی تراکتورها به مقادیر کمتر از این حد آستانه، احتمال تراکم خاک را به حداقل می‌رساند. به عبارت دیگر این روش برآورد محافظه کارانه‌تری برای ظرفیت باربری ارائه کرده و احتمال تراکم خاک در مزرعه را کمتر می‌نماید. این نتیجه‌گیری با نتایج پژوهش‌های مکبراید و جوس (۹) هم‌خوانی دارد.

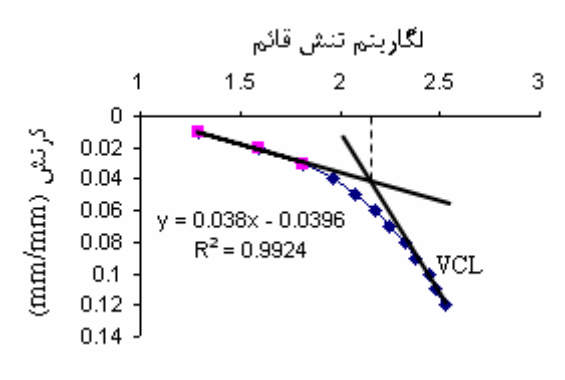


[1] California Bearing Ratio



(۳)

(۴)



(۵)

شکل ۱- مقایسه پنج روش تعیین تنش پیش- فشردگی در آزمایش CCT

منابع

[1] Alexandrou, A., and R. Earl. 1995. In situ determination of the pre- compaction stress of a soil. J. Ag. Eng. Res. 61: 67-72.

[2] Arvidsson, J. and T. Keller. 2004. Soil precompression stress I. A survey of Swedish arable soils. Soil Till. Res. 77: 85-95.

[3] Casagrande, A., 1936. The determination of preconsolidation load and its practical significance. International Conference on soil Mechanics and Foundation Engineering. 22-26 June, Cambridge, MA, Vol. 3, pp.60-64.

[4] Das, B.M. 1997. Advanced Soil Mechanics.

[5] Dias Junior, M.S., Pierce, F.J., 1995. A simple procedure for estimating preconsolidation pressure from soil compression curves. Soil Technol. 8, 139–151.

[6] Gregory, A.S., Whalley, W.R., Watts, C.W., Bird, N.R.A., Hallett, P.D., and Whitmore, A.P. 2006. Calculation of the compression index and precompression stress from soil compression test data. Soil Till. Res. 69: 45-57.

[7] Jose, B.T., A. Sridharan and B.M. Abraham. 1989. Log-log method for determination of preconsolidation pressure. Geotech. Test. J. 12: 230-237.

[8] Lebert, M. and R. Horn. 1991. A method to predict the mechanical strength of agricultural soils. Soil Till. Res. 19 (2-3): 275-289.

[9] McBride, R.A., Joosse, P.J., 1996. Overconsolidation in agricultural soils. II. Pedotransfer functions for estimating preconsolidation stress. Soil Sci. Soc. Am. J. 60, 373–380.

[10] Mosaddeghi, M.R., A.J. Koolen, A. Hemmat, M.A. Hajabbasi, and P. Lerink.2007. Comparisons of different procedures of pre-compaction stress determination on weakly structured soils. J. Terramech. 44: 53-63.

[11] Sällfors, G., 1975. Preconsolidation pressure of soft high plastic clays. Thesis. Department of Geotechnical Engineering, Gothenburg, Sweden.

[12] Schmertmann, J.H., 1955. The undisturbed consolidation behaviour of clay. Trans. ASCE 120, 1201–1233.