



تعیین مقاومت برشی خاک دست نخورده توسط حلقه برشی پیچشی

ایمان احمدی^{*۱}

تاریخ دریافت: ۹۷/۱/۲۹

تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۳۰

چکیده:

اطلاع از مقدار پارامترهای مقاومت برشی خاک در تحلیل برخی از موضوعات مطرح در مکانیک خاک حائز اهمیت است. از سوی دیگر اگر این پارامترها با استفاده از نمونه‌های دست نخورده خاک اندازه‌گیری شوند تحلیل‌های ارائه شده با واقعیت هماهنگی بیشتری خواهند داشت. هدف از انجام این پژوهش طراحی، تحلیل تئوری، ساخت و ارزیابی یک حلقه برشی پیچشی ساده برای اندازه‌گیری پارامترهای مقاومت برشی خاک دست نخورده می‌باشد. هدف دیگر از انجام این پژوهش بررسی این موضوع می‌باشد که کدامیک از دو فرض توزیع تنش برشی یکنواخت و توزیع تنش برشی خطی با دقت بیشتری می‌تواند پارامترهای مقاومت برشی خاک را تعیین کند. بر مبنای نتایج به دست آمده با کاهش رطوبت خاک مقدار هر دو پارامتر مقاومت برشی برآورد شده توسط دستگاه افزایش یافت. از سوی دیگر با مقایسه میانگین درصد‌های خطای به دست آمده در محاسبه چسبندگی خاک (E_C) و زاویه اصطکاک داخلی آن (E_ϕ) نسبت به مقادیر محاسبه شده با آزمون برش مستقیم مشخص شد که فرض تنش برشی خطی نسبت به فرض تنش برشی یکنواخت خطای محاسباتی پائین‌تری را به همراه داشته‌است. بنابراین انجام محاسبات مربوط به دستگاه ساخته شده باید بر اساس فرض توزیع تنش برشی خطی صورت پذیرد.

واژه‌های کلیدی: چسبندگی، زاویه اصطکاک داخلی، برش خاک، گشتاور پیچشی

مقدمه:

آزمایشگاهی و راهکار مزرعه‌ای (در محل ۱). آزمایش‌های برش مستقیم^۲ و سه محوری^۳ (Srivastava et al., 2006) از جمله مهمترین روشهای راهکار آزمایشگاهی هستند و استفاده از دستگاه نفوذسنج مخروطی افتان^۴ (Bradford & Grossman, 1982)، پره برشی^۵ (Zimbone et al., 1996) و جعبه برشی پیچشی^۶ (Ohu et al., 1985) روش‌های مطرح در راهکار تعیین مقاومت برشی خاک به شیوه مزرعه‌ای (در محل) می‌باشند. مزیت روش‌های در محل نسبت به روش‌های آزمایشگاهی در این است که روش‌های در محل مقاومت برشی خاک دست نخورده^۷ را برآورد می‌کنند در نتیجه داده‌های به دست آمده با واقعیت انطباق بهتری دارند. البته دقت نتایج به دست آمده از روش‌های آزمایشگاهی به‌خصوص آزمون سه

شناخت برخی از پدیده‌های مطرح در رشته‌های مرتبط با خاک به در اختیار بودن اطلاعات صحیح از مقاومت برشی خاک وابسته است. به عنوان مثال موضوعاتی مانند پایداری خاک در مقابل رانش زمین (Michalowski, 2010)، تخمین نیروی پیشران چرخهای محرک تراکتور (Tiwari et al., 2010) و مقاومت کششی ادوات کشاورزی (Ahmadi, 2010)، پایداری خاک در مقابل فرسایش آبی (Havaee et al., 2015) و پیش‌بینی رفتار خاک از لحاظ مقاومت افزوده ناشی از وجود ریشه گیاهان (Comino et al., 2010) که بترتیب در رشته‌های عمران، ماشین‌های کشاورزی، محیط زیست و خاکشناسی مطرح می‌شوند با در اختیار بودن اطلاعاتی راجع به مقاومت برشی خاک قابل بررسی می‌باشد. بنابراین اندازه‌گیری مقاومت برشی خاک توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب کرده‌است. به طور کلی دو راهکار برای اندازه‌گیری مقاومت برشی خاک وجود دارد: راهکار

¹ - in situ² - direct shear test³ - triaxial test⁴ - drop cone penetrometer⁵ - shear vane⁶ - torsional shear box⁷ - undisturbed soil shear strength

۱- استادیار، مکانیک ماشین‌های کشاورزی، گروه زراعت، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

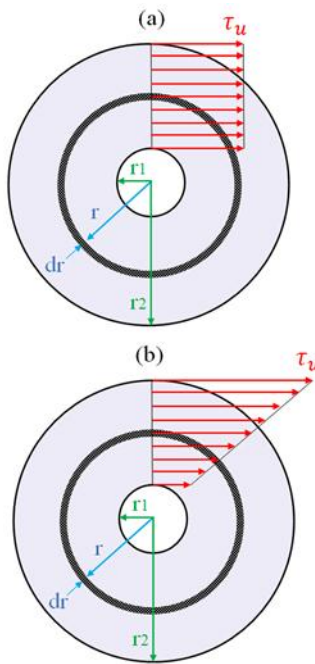


مجله مهندسی زیست سامانه

صفحه افقی حلقه‌ای شکل که در تصویر ۱ نشان داده شده است (صفحه برش خاک)، می‌شود.

(ب) تئوری کاری دستگاه به منظور محاسبه پارامترهای مقاومت برشی خاک (C, ϕ)

هدف اول از این بحث تئوری به دست آوردن تابعی است که تنش برشی نهایی خاک (τ_u) را به گشتاور اعمالی (T) و هندسه بخش درگیر با خاک (r_1, r_2) ارتباط دهد. تابع مورد نظر با لحاظ دو فرض وجود تنش برشی یکنواخت و تنش برشی خطی به دست آورده می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲- نمایش گرافیکی وجود تنش برشی یکنواخت (a) و تنش برشی خطی (b)

• فرض وجود تنش برشی یکنواخت

با توجه به شکل (a) داریم:

$$T = \int_{r_1}^{r_2} r \times \tau_u \times dA = \int_{r_1}^{r_2} r \times \tau_u \times 2\pi r dr = 2\pi\tau_u \int_{r_1}^{r_2} r^2 dr = 2\pi\tau_u \left(\frac{r_2^3 - r_1^3}{3} \right) \rightarrow \tau_u = \frac{3T}{2\pi(r_2^3 - r_1^3)} \quad (1)$$

• فرض وجود تنش برشی خطی

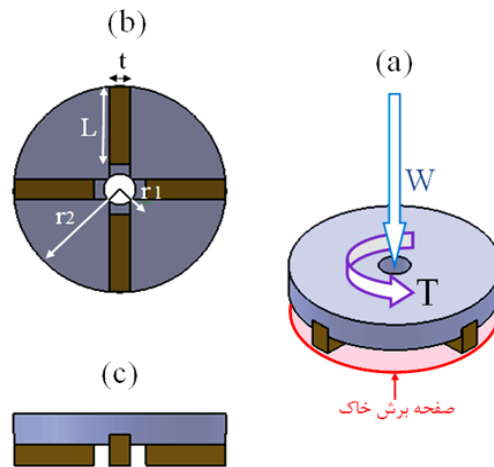
با توجه به شکل (b) داریم:

$$T = \int_{r_1}^{r_2} r \times \frac{\tau_u \times r}{r_2} \times dA = \int_{r_1}^{r_2} r^2 \times \frac{\tau_u}{r_2} \times 2\pi r dr = \frac{2\pi\tau_u}{r_2} \int_{r_1}^{r_2} r^3 dr = \frac{2\pi\tau_u}{r_2} \left(\frac{r_2^4 - r_1^4}{4} \right) \rightarrow \tau_u = \frac{2T}{\pi(r_2^3 - \frac{r_1^4}{r_2})} \quad (2)$$

محوری به علت وجود تجهیزات اندازه‌گیری مفصل با روش‌های مزرعه‌ای قابل مقایسه نمی‌باشند. نکته دیگری که باید بر آن تاکید شود این است که از بین روش‌های ذکر شده تنها دو روش مطرح در راهکار آزمایشگاهی و روش جعبه برشی پیچشی قادر به ارائه پارامترهای مقاومت برشی خاک یعنی چسبندگی (c) و زاویه اصطکاک داخلی (ϕ) می‌باشند. هدف از انجام این پژوهش طراحی، تحلیل تئوری، ساخت و ارزیابی یک حلقه برشی پیچشی ساده برای اندازه‌گیری پارامترهای مقاومت برشی (C, ϕ) خاک دست نخورده می‌باشد. هدف دیگر از انجام این پژوهش بررسی این موضوع می‌باشد که کدامیک از فرض‌های توزیع تنش برشی خطی با دقت بیشتری می‌تواند پارامترهای مقاومت برشی خاک را تعیین کند.

مواد و روش‌ها

الف) ویژگی‌های بخش درگیر با خاک دستگاه حلقه برشی پیچشی. شکل ۱ بخش درگیر با خاک حلقه برشی را نشان می‌دهد.



شکل ۱- (a) تصویر سه بعدی و (b) و (c) تصاویر دوبعدی از پائین و جلوی بخش درگیر با خاک دستگاه

بخش درگیر با خاک دستگاه از یک فلنج و چهار پین با سطح مقطع $3\text{cm} \times 2\text{cm}$ تشکیل شده است که به صورت شعاعی به فلنج جوش داده شده‌اند. پس از قرار دادن این بخش از دستگاه روی سطح خاکی که به روش شرح داده شده در قسمت (ج) آماده شده است، امکان اعمال گشتاور پیچشی T به دستگاه فراهم می‌شود. می‌توان گفت گشتاور به دستگاه صرفاً صرف غلبه بر مقاومت برشی خاک قرار گرفته روی

برای قرار دادن حلقه محصور کننده نمونه خاک استفاده می-شود.

(۳) قرار دادن حلقه محصور کننده اطراف خاک استوانه‌ای شکل با حذف دقیق خاک بیرون زده از قسمت پائینی حلقه محصور کننده توسط بیلچه و فشار دادن حلقه به سمت پائین (c).

(۴) قرار دادن چهار تسمه فولادی L شکل روی سطح خاک و کوبیدن آنها به داخل خاک به گونه‌ای که در جریان کوبش وضعیت تسمه‌ها عمودی باقی بماند (d).

(۵) درآوردن خاک قرار گرفته در بخش صلیبی شکل وسط تسمه‌های L شکل با قلم و چکش (e) تا وضعیت نهایی نمونه خاکی به شکل (f) درآید.

(۶) قرار دستگاه برشی پیچشی (g) روی نمونه خاک به گونه‌ای که فرورفتگی‌های صلیبی شکل خاک با برآمدگی-های صلیبی شکل دستگاه پر شود (h).

(۷) قرار دادن ترکمتر دیجیتالی روی محل اعمال گشتاور دستگاه و اندازه‌گیری حداکثر گشتاور پیچشی قابل تحمل خاک (i).

(۸) تکرار مراحل ۱ تا ۷ با این تفاوت که بار عمودی دیگری به سطح خاک اعمال شود (با توجه به سطح صاف بالای فلنج امکان افزودن وزنه‌های حلقوی شکل با وزن معلوم فراهم است).

(د) روش انتخاب الگوی توزیع تنش صحیح مقایسه نتایج به دست آمده از دستگاه ساخته شده و نتایج حاصل از آزمون برش مستقیم با محاسبه خطای اندازه‌گیری دستگاه نسبت به آزمون برش مستقیم صورت پذیرفت. اگر حرف X نماینده یکی از پارامترهای مقاومت برشی خاک باشد خطای اندازه‌گیری در تکرار i از رابطه ۵ به دست می‌آید:

$$E_i = \frac{|x_i - x_{dst}|}{x_{dst}} \times 100 \quad (5)$$

که در آن x_{dst} بیانگر پارامتر به دست آمده از طریق آزمون برش مستقیم می‌باشد. خطای E_i برای هر تکرار i از فرض‌های وجود توزیع تنش یکنواخت و توزیع تنش خطی صورت پذیرفت و میانگین خطای محاسبه شده از تکرارهای هر توزیع تنش، مشخص کننده دقت آن توزیع در برآورد پارامتر X بود. لازم به ذکر است که آزمایش‌ها در تاریخ‌های ۷، ۱۱ و ۱۵ روز پس از آبیاری غرقابی مزرعه صورت پذیرفت تا اثر تغییرات مقدار رطوبت خاک بر نتایج حاصله نیز مد نظر قرار گیرد.

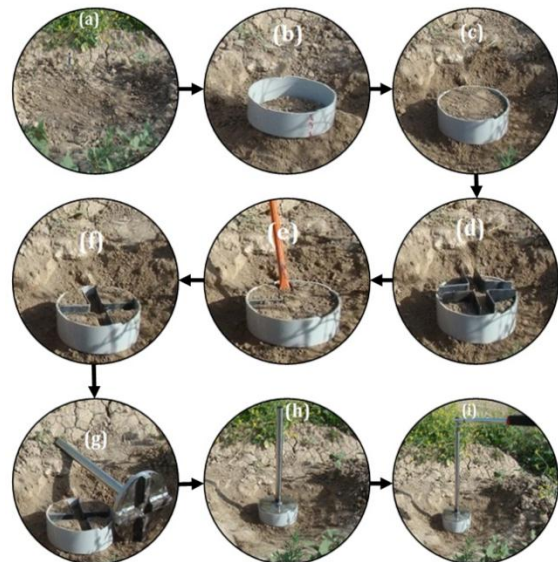
هدف دوم از این بحث تئوری چگونگی محاسبه پارامترهای مقاومت برشی خاک با وجود زوجهای مرتب (T_i, τ_{ui}) می-باشد. اگر دو بار عمودی متفاوت W_1 و W_2 به صورت مجزا به سطح فلنج اعمال شود و آزمایش برش خاک صورت گیرد و حداکثر گشتاور مورد نیاز برای انجام آزمایش در هر مرحله یعنی T_1 و T_2 ثبت گردد، می‌توان تنش‌های برشی نهایی τ_{u1} و τ_{u2} را با هر یک از فرض‌های توزیع تنش برشی یکنواخت و توزیع تنش برشی خطی به کمک روابط ۱ و ۲ محاسبه کرد. در نهایت با توجه به رابطه کولمب $(\tau_{ui} = c + \sigma_i \times \text{tg}(\varphi))$ و استفاده از تنش‌های برشی محاسبه شده می-توان دستگاه دو معادله دو مجهول زیر را تشکیل داد:

$$\begin{cases} \tau_{u1} = c + \sigma_1 \times \text{tg}(\varphi) \\ \tau_{u2} = c + \sigma_2 \times \text{tg}(\varphi) \end{cases} \quad (3)$$

جواب‌های حاصل از حل دستگاه معادلات ۳، مجهولات خواسته شده یعنی چسبندگی (c) و زاویه اصطکاک داخلی (φ) می‌باشد. لازم به ذکر است که تنش عمودی σ_i از رابطه $\sigma_i = \frac{W_i}{A}$ قابل محاسبه است که در آن A سطح تماس فلنج با خاک است که از رابطه ۴ به دست می‌آید:

$$A = \pi(r_2^2 - r_1^2) - 4tL \quad (4)$$

(ج) جزئیات روش کار با دستگاه با توجه به شکل ۳ مراحل کار با دستگاه به شرح زیر است:



شکل ۳- نمایش تصویری مراحل کار با دستگاه حلقه برشی پیچشی
(۱) برداشتن سله سطحی و مسطح کردن خاک (a).
(۲) به وجود آوردن حجمی در خاک به شکل شبه استوانه با گودبرداری خاک اطراف آن با بیل (b). از این حجم از خاک



مجله مهندسی زیست سامانه

بنابراین سطح تماس فلنج با خاک برابر با $A = 208 \text{ cm}^2$ به دست می‌آید و مقدار تنش‌های عمودی در مرحله اول و دوم آزمایش بترتیب برابر با $\sigma_1 = \frac{W_1}{A} = \frac{M_1 g}{A} = 2878 \text{ Pa}$ و $\sigma_2 = \frac{W_2}{A} = \frac{M_2 g}{A} = 6889 \text{ Pa}$ به دست آورده می‌شوند. با در اختیار بودن اطلاعات بالا و انجام آزمایش تعیین پارامتر-های مقاومت برشی با استفاده از دستگاه ساخته شده در این پژوهش و دستگاه برش مستقیم، داده‌های جدول‌های ۲ و ۳ به دست آمدند:

نتایج و بحث

ابعاد هندسی و ویژگی‌های ثابت حلقه برشی پیچشی در

جدول ۱ آورده شده است:

جدول ۱- مقادیر ثابت دستگاه مورد مطالعه در این پژوهش

جرم دستگاه در مرحله دوم	جرم دستگاه در مرحله اول	طول پین	ضخامت پین	شعاع خارجی حلقه برشی	شعاع داخلی حلقه برشی
M_2 (kg)	M_1 (kg)	L (cm)	t (cm)	r_2 (cm)	r_1 (cm)
14.6	6.1	7	2	9.5	2.5

جدول ۲- مقایسه نتایج حاصل از دستگاه ساخته شده و دستگاه برش مستقیم با فرض وجود تنش برشی یکنواخت

روز	تکرار آزمایش	T_1	T_2	C_{dst}	ϕ_{dst}	τ_{u1}	τ_{u2}	c	ϕ	E_c	E_ϕ				
		Nm	Nm			kPa	deg					kPa	kPa	kPa	deg
۷ روز پس از آبیاری	۱	22	26	15	32	12.5	14.7	10.8	29.5	27	7.8				
	۲	21.2	25.9			12	14.5					10.2	33.6	32	5
	۳	23	26.1			13	14.8					11.7	23.6	21.4	26
۱۱ روز پس از آبیاری	۱	26.4	30.8	24	35	15	17.4	13.1	32	45	8.8				
	۲	26	30			14.7	17					13.1	29.5	45	15.7
	۳	25.9	29.3			14.7	16.6					13.3	26	44.5	26.6
۱۵ روز پس از آبیاری	۱	30.1	35	34	40	17	19.8	15	34.7	55.6	13.2				
	۲	31.2	35.9			17.7	20.4					15.8	33.6	53.5	16
	۳	31	35.5			17.6	20.1					15.7	32.4	53.6	18.8
خطای میانگین تکرارهای ۷ روز پس از آبیاری										26.8	13				
خطای میانگین تکرارهای ۱۱ روز پس از آبیاری										44.8	17				
خطای میانگین تکرارهای ۱۵ روز پس از آبیاری										54.9	16				
خطای میانگین کل										42	15.3				

جدول ۳- مقایسه نتایج حاصل از دستگاه ساخته شده و دستگاه برش مستقیم با فرض وجود تنش برشی خطی

روز	تکرار آزمایش	T_1	T_2	C_{dst}	ϕ_{dst}	τ_{u1}	τ_{u2}	c	ϕ	E_c	E_ϕ				
		Nm	Nm			kPa	deg					kPa	kPa	kPa	deg
۷ روز پس از آبیاری	۱	22	26	15	32	16.4	19.4	14.3	36.6	4.8	14.5				
	۲	21.2	25.9			15.8	19.1					13.3	41.1	11.3	28.6
	۳	23	26.1			17.1	19.5					15.5	30	3.3	6.3
۱۱ روز پس از آبیاری	۱	26.4	30.8	24	35	19.6	23	17.3	39.2	27	12.2				
	۲	26	30			19.4	22.4					17.2	36.6	28	4.7
	۳	25.9	29.3			19.3	21.8					17.5	32.3	27	7.6
۱۵ روز پس از آبیاری	۱	30.1	35	34	40	22.5	26.1	19.8	42.3	41.6	5.8				
	۲	31.2	35.9			23.2	26.8					20.7	41.1	39	2.9
	۳	31	35.5			23.1	26.5					20.7	39.9	39	0.17
خطای میانگین تکرارهای ۷ روز پس از آبیاری										6.4	16.4				
خطای میانگین تکرارهای ۱۱ روز پس از آبیاری										27	8				
خطای میانگین تکرارهای ۱۵ روز پس از آبیاری										40	3				
خطای میانگین کل										24.5	9.1				



توزیع تنش یکنواخت منطقی خواهد بود. در این پژوهش چون رابطه بالا برقرار نیست در نتیجه فرض توزیع تنش یکنواخت منطقی نخواهد بود و باید از فرض توزیع تنش خطی استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش به دست آوردن روابط تئوری، ساخت عملی و ارزیابی مزرعه‌ای دستگاه حلقه برشی پیچشی بود. کاربرد این دستگاه در اندازه‌گیری پارامترهای مقاومت برشی خاک دست نخورده است. بنابر نتایج به دست آمده خطای محاسباتی در اندازه‌گیری پارامترهای مقاومت برشی خاک با فرض توزیع تنش خطی نسبت به فرض توزیع تنش یکنواخت کمتر می‌باشد. بنابراین انجام محاسبات مربوط به دستگاه ساخته شده باید بر اساس فرض توزیع تنش خطی صورت پذیرد.

منابع

- Ahmadi, I. 2017. A power estimator for an integrated active-passive tillage machine using the laws of classical mechanics. *Soil & Tillage Research*, 171, 1-8.
- Bassoullet, P., Le Hir, P. 2007. In situ measurements of surficial mud strength: A new vane tester suitable for soft intertidal muds. *Continental Shelf Research*, 27, 1200-1205.
- Bradford, J. M., Grossman, R. B. 1982. In situ measurement of near-surface soil strength by the fall-cone device. *Soil Science Society of America Journal*, 46, 685-688.
- Comino, E., Marengo, P., Rolli, V. 2010. Root reinforcement effect of different grass species: a comparison between experimental and models results. *Soil & Tillage Research*, 110, 60-68.
- Havaee, S., Mosaddeghi, M. R., Ayoubi, S. 2015. In situ surface shear strength as affected by soil characteristics and land use in calcareous soils of central Iran. *Geoderma*, 237-238, 137-148.
- Horn, R., Fleige, H. 2003. A method for assessing the impact of load on mechanical stability and on physical properties of soils. *Soil & Tillage Research*, 73, 89-99.
- Michalowski, R. L. 2010. Limit analysis and stability charts for 3D slope failures. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 136(4), 583-593.
- Ohu, J. O., Raghavan, G. S. V., Mckyes, E. 1985. Peatmoss effect on the physical and hydro-

همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش تعداد روز از آبیاری و کاهش تدریجی رطوبت خاک مقدار پارامترهای مقاومت برشی در هر سه روش آزمایش برش مستقیم و آزمایش با حلقه برشی با دو فرض وجود توزیع تنش یکنواخت و توزیع تنش خطی افزایش یافته‌است. این نتیجه با گزارش Horn & Fleige (2003) در توافق است. آنها نیز روند افزایشی را برای مقدار پارامترهای مقاومت برشی خاک با کاهش درصد رطوبت آن مشاهده کردند.

نکته دیگری که از داده‌های جدول ۲ نتیجه‌گیری می‌شود این است که محاسبه ضریب اصطکاک داخلی خاک نسبت به محاسبه چسبندگی در هر دو فرض توزیع تنش، خطای کمتری را به همراه داشته‌است. دلیل این امر می‌تواند به یکسان نبودن شرایط کاری آزمایش برش مستقیم و آزمون حلقه برشی مربوط باشد، چون آزمایش برش مستقیم روی نمونه‌های بازسازی شده انجام شد اما آزمایش حلقه برشی روی نمونه‌های دست نخورده صورت گرفت. بنابراین می‌توان این طور نتیجه‌گیری کرد که در جریان بازسازی نمونه‌ها در آزمایش برش مستقیم که با کوبیدن مصنوعی نمونه‌ها همراه است چسبندگی نمونه‌ها افزایش یافته اما کوبش خاک اثری روی تغییر زبری ذرات خاک نداشته است.

از سوی دیگر با مقایسه میانگین درصدهای خطای به دست آمده در محاسبه چسبندگی خاک (E_c) و زاویه اصطکاک داخلی آن (E_ϕ) با فرض‌های تنش برشی یکنواخت و تنش برشی خطی نسبت به مقادیر محاسبه شده با آزمون برش مستقیم این طور نتیجه‌گیری می‌شود که فرض وجود تنش برشی خطی نسبت به فرض وجود تنش برشی یکنواخت خطای محاسباتی پائین‌تری را به همراه داشته‌است (درصد خطای ۹/۱٪ در مقابل ۱۵/۸٪ برای محاسبه ضریب اصطکاک داخلی و درصد خطای ۲۴/۵٪ در مقابل ۴۲٪ برای محاسبه چسبندگی خاک). بنابراین انجام محاسبات با فرض توزیع تنش خطی نتایج بهتری را نسبت به انجام محاسبات با فرض توزیع تنش یکنواخت به همراه خواهد داشت. این نتیجه به طور ضمنی با نتیجه حاصل از پژوهش Bassoullet & Le Hir (2007) هماهنگ است. آنها در پژوهش خود بر این نکته تاکید داشتند که اگر بین شعاع‌های داخلی و خارجی پره‌های برشی رابطه $(\gamma_2 - \gamma_1) < \frac{(\gamma_2 + \gamma_1)}{2}$ برقرار باشد فرض وجود



ulic characteristics of compacted soils. Transactions of the ASAE, 28, 420-424.

9. Srivastava A. K., Goering C. E., Rohrbach R. P., Buckmaster D. R. 2006. Engineering Principles of Agricultural Machines, second ed. ASA-E Publication, USA.

10. Tiwari, V. K., Pandey, K. P., Pranav, P. K. 2010. A review on traction prediction equations. Journal of Terramechanics, 47, 191-199.

11. Zimbone, S. M., Vickers, A., Morgan, R. P. C., Vella, P. 1996. Field investigations of different techniques for measuring surface soil shear strength. Soil Technology, 9, 101-111.



Determination of undisturbed soil shear strength using a torsional shear annulus

Iiman Ahmadi¹

*1- Assistant professor of Mechanics of Agricultural Machinery, Department of Agronomy, Islamic Azad University, Isfahan (Khorasgan) Branch, Isfahan, Iran.
Corresponding author email: i_ahmadi_m@yahoo.com*

Received: 1 April 2018

Accept: 20 July 2018

Abstract

It is important to have accurate information about shear strength parameters of soil in order to analyze some topics of the soil mechanics. On the other hand, if these parameters are obtained using some undisturbed soil samples, the presented analysis will be more compatible with reality. The aim of this study is to design, analyze theoretically, fabricate and evaluate a simple torsional shear annulus for measuring parameters of the undisturbed soil shear strength. The other aim of this study is to inspect which of the two assumptions about soil shear stress distribution (i.e. uniform stress distribution and linear stress distribution) is able to measure shear strength parameters of soil accurately. According to the results of this study, if soil moisture content reduces, both of the strength parameters will increase. On the other hand, comparison of the average values of error percentages obtained for the calculation of soil cohesion (i.e. E_c) and soil internal friction angle (i.e. E_ϕ) shows that the assumption of linear shear stress distribution has resulted in less error percentages in comparison with the assumption of uniform shear stress distribution. Therefore, required calculations for obtaining shear strength parameters from the fabricated apparatus should be carried out based on the assumption of linear shear stress distribution.

Keywords: *cohesion, internal friction angle, soil shearing, torsional torque*