



بررسی تأثیر پارامترهای کششی بر روی تنش ایجاد شده زیر چرخ محرک تراکتوربا استفاده از تنش سنج و

آزمونگر تک‌چرخ در انباره‌ی خاک

حمید تقوی فر^{۱*}، عارف مردانی^۲

۱- دانشجوی دکتری مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ارومیه، hamid.taghavifar@gmail.com

۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ارومیه

چکیده

در تحقیق حاضر اثر کشش خالص چرخ محرک بر روی تنش عمودی ایجاد شده زیر چرخ مورد مطالعه قرار گرفت. از این رو سرعت پیشروی در سه سطح ۰/۸، ۱ و ۱/۲ متر بر ثانیه، بار عمودی روی چرخ محرک 220/65R21 در سه سطح ۲، ۳ و ۴ کیلونیوتن و لغزش در سه سطح ۸، ۱۲ و ۱۵ درصد مورد استفاده قرار گرفتند تا مقدار نیروی کشش و تنش عمودی در سه عمق ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۲ متری اندازه‌گیری شوند. آزمون‌ها در طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی بر روی خاک رسی لومی با رطوبت ۱۲٪ با سه تکرار انجام شدند. تنش عمودی از طریق یک سامانه‌ی ساخته شده تنش سنج و نیروی کششی نیز از طریق ۴ عدد لودسل افقی نصب شده بین چرخ و کشنده‌ی چرخ اندازه‌گیری شدند. بررسی‌های انجام شده در سطح آماری ۱٪ نشان دادند که نیروی کششی باعث افزایش تنش عمودی زیر چرخ می‌گردد و بیشترین تنش عمودی زیر چرخ با مقدار ۷۸ کیلوپاسکال در عمق ۰/۱ متر مربوط به کشش بیشینه‌ی خالص حاصل شده تحت تأثیر بار ۴ کیلونیوتن، لغزش ۱۵ درصد و سرعت ۰/۸ متر بر ثانیه می‌باشد.

واژگان کلیدی: انباره‌ی خاک، تنش عمودی، چرخ محرک، کشش خالص، لغزش

مقدمه

پارامترهای کششی چرخ محرک از مهمترین شاخص‌های ارزیابی کیفیت عملکردی تراکتورهای کشاورزی محسوب می‌شوند. بازده کششی بالا به منظور بهره‌وری اقتصادی در کاهش مصرف سوخت مد نظر طراحان ماشین‌های کشاورزی می‌باشد. در اثر تقابل چرخ و خاک تغییراتی نیز در ساختار فیزیکی و مکانیکی خاک بوجود می‌آید که به فشردگی خاک منتج می‌شود و باعث کاهش چشمگیر تولید محصول در مزرعه می‌شود. از مولفه‌های موثر در ایجاد فشردگی خاک، تنش‌های ایجاد شده به وسیله‌ی تردد ماشین‌های کشاورزی و نیروهای وارده بر خاک می‌باشند. در حالیکه افزایش بازده کششی ماشین‌های کشاورزی مطلوب می‌باشد، در عین حال کاهش حداکثر تنش‌های ایجاد شده در خاک نیز باید در نظر گرفته شود و مصالح‌های بین یک عامل مطلوب و نامطلوب صورت پذیرد.



تحقیقات بسیاری در گذشته برای ذخیره‌ی داده‌های تنش و کرنش در اثر تردد ماشین‌های کشاورزی و خارج جاده‌ای و مرتبط کردن این پدیده‌ها با فشردگی خاک انجام شده‌اند. مشخص شده است که برای کاهش فشردگی خاک در سطح و عمق خاک باید تنش در سطح خاک کاهش یابد. چرخ به دلیل نقش اساسی آن در ارتباط ماشین با خاک، از عوامل مهم تأثیرگذار بر ایجاد تنش در سطح تماس ماشین با خاک می‌باشد. از این رو پارامترهای چرخ از جمله وزن روی چرخ، سرعت حرکت، فشار باد و لغزش چرخ مورد توجه محققین در این حوزه بوده است. از طرف دیگر چرخ در معرض تمامی نیروها و گشتاورهای تأثیرگذار بر حرکت ماشین می‌باشد و دینامیک ماشین به صورت قابل ملاحظه‌ای متأثر از نیروها و گشتاورهای وارده به چرخ می‌باشد. علاوه بر این، چرخ در حرکت، فرمان‌پذیری و بازده کششی ماشین نیز نقشی اساسی دارد. مورد اخیر، بازده کششی، مهمترین فاکتور بررسی بازده تراکتور کشاورزی می‌باشد.

در تحقیقی توسط محمدزاده و همکاران (Mohammadzadeh et al., 2013) تأثیر فشار باد، بار روی چرخ و هندسه مانع بر روی نیروی مقاومت غلتشی درون انباره خاک بررسی شد و گزارش گردید که نیروی کششی لازم برای گذراندن مانع به صورت خطی، با افزایش سرعت پیشروی و ارتفاع مانع بیشتر می‌گردد. همچنین بری کوترمارش (Coutermarsh, 2007) اثر سرعت‌های متفاوت در محدوده‌ی بین ۲/۱ تا ۴/۶ متر بر ثانیه را بر روی مقاومت غلتشی در سه بار اعمالی روی چرخ در خاک شنی خشک مورد تحقیق قرار داد. در آزمایش‌های این محقق از یک آزمونگر که به پشت یک تریلر متصل شده بود استفاده شد. تحقیقات وی حاکی از افزایش ابتدایی و کاهش قابل توجه ضریب کشش موجود در اکسل با افزایش سرعت می‌باشد. برای محاسبه‌ی تنش‌های ایجاد شده در خاک و فشردگی متعاقب آن تحقیقات گسترده‌ای انجام شده‌اند.

شریفی و همکاران (Sharifi et al., 2013) تأثیر بار و فشار باد بر برخی عوامل مرتبط با فشردگی خاک به عنوان محصول تنش‌های ایجاد شده در خاکاز جمله عمق و اثر چرخ، شاخص مخروط و شاخص مقاومت افقی خاک در لایه‌های مختلف توسط یک حسگر اندازه‌گیر پروفیل فشردگی خاک در انباره خاک با بافت لوم شنی اندازه‌گیری شد و نتایج نشان داد فشردگی خاک ناشی از میزان بار عمودی وارد بر لاستیک در لایه‌های زیرین بیشتر از لایه‌های سطحی خاک بود. نگوین و همکاران (Nguyen et al., 2008) تنش عمودی زیر چرخ‌های محرک را با استفاده از کرنش سنجهای نصب شده در زیر اکسل چرخ‌های عقب تراکتور محاسبه کردند. آزمایش آن‌ها در حالت ثابت بودن تراکتور و ترکیب‌هایی از فشار باد و وزن روی چرخ متفاوت انجام شد. تنش‌های محاسبه شده در این آزمایش، تنش‌های عمودی و مماسی در محل تماس چرخ با خاک را نیز شامل بود. توماس کِلر (Keller, 2005) به بررسی مدلی برای پیش‌بینی اندازه‌ی سطح تماس و پخش شدگی تنش در زیر چرخ در اثر پارامترهای چرخ پرداخت و این کار را برای ۲۹ ترکیب مختلف از بار چرخ و خواص چرخ انجام داد و سطح تماس و تنش عمودی توزیع شده زیر چرخ را اندازه‌گیری کرد. بر اساس نتایج بدست آمده ویژگی‌های سطح تماس و تنش توزیع شده به عوامل مختلفی از جمله پارامترهای چرخ، بار اسمی روی چرخ، فشار باد، عرض و قطر چرخ بستگی دارد و همچنین نتیجه گرفت که، توزیع طولی تنش عمودی بوسیله‌ی یک تابع توانی و توزیع عرضی تنش عمودی بوسیله‌ی یک تابع زوال تعریف می‌شود. لودسل‌های فشاری به تعداد ۵ عدد



ابتدا در محفظه‌هایی با ابعاد نشان داده شده در شکل قرار گرفتند و تا نصف رد چرخ در جهت عمود بر حرکت در عمق ۰/۱ متری خاک دفن شدند به نحوی که یکی در مرکز رد چرخ و یکی در لبه‌ی چرخ و سه لودسل دیگر به فواصل مساوی در بین آنها قرار گرفتند. در تحقیق دیگری که توسط پیتکا و همکارانش (Pytkae *et al.*, 2006) انجام شد، اثر فشار باد و بار روی چرخ بر روی مقاومت غلتشی و تنش به صورت جداگانه و بدون در نظر گرفتن بر هم کنش این دو پارامتر مهم صورت گرفت و گزارش شد که افزایش بار و کاهش فشار باد باعث بهبود کشش می‌گردند.

بررسی منابع مشخص کرد که مطالعات مختلفی در حوزه‌ی ارزیابی پارامترهای کششی در آزمون‌های مزرعه‌ای و یا شرایط آزمایشگاهی با رویکرد افزایش بازده کششی تراکتورها انجام شده است. مطالعات مرتبط با مقاومت مکانیکی خاک نیز به بررسی فاکتورهای موثر در کاهش مقدار تنش در خاک پرداخته‌اند تا مقدار فشردگی حاصل از انتشار تنش در خاک را کاهش دهند. تمرکز تحقیق حاضر با در نظر گرفتن پارامترهای بار، سرعت و لغزش قابل تنظیم که دارای مکانیزمی نوین در سیستم مورد استفاده است، بررسی نقش پارامترهای کششی در ایجاد تنش عمودی در پروفیل خاک در محیط کنترل شده‌ی آزمایشگاهی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

انباره خاک موجود در گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه ارومیه که در این تحقیق استفاده شد، در جهت طولی ۲۴ متر، عرض کانال تا ۲ متر و عمق ۱ متری بود و شرایط مناسب برای آزمایشات با حذف اثرات مرزی را فراهم کرد. از مکانیزم انتقال توان زنجیری به دلیل توانایی بهتر انتقال توان برای حرکت حامل مجموعه‌ی حاضر استفاده شد. همانطور که در شکل ۱ مشخص است، حرکت حامل بر روی ریل از طریق زنجیر به واسطه‌ی چهار بلبرینگ^۱ چرخ‌ی انجام می‌شود که البته وظیفه‌ی حمل بار حامل را نیز بر عهده دارند. شاسی حامل از دو قسمت تشکیل شده است که قسمت اول وظیفه‌ی حمل وزن حامل را دارد و بلبرینگ‌های چرخ‌ی متصل به آن قابلیت حرکت مجموعه‌ی حامل را درون ریل مهیا می‌کند. خاک پس از هر آزمایش به منظور انجام آزمون بعدی فرآوری و آماده شد.

¹Ball bearing



شکل ۱- شماتیکی از مجموعه‌ی انباره‌ی خاک و آزمونگر تک چرخ مورد استفاده در آزمایشات

از یک الکتروموتور سه فاز با توان ۲۲ کیلووات که در یک انتهای انباره‌ی خاک قرار داشت استفاده شد. از یک اینورتر^۱ مدل SV 220 IS5-2NO, 380V ساخت شرکت LG برای کنترل الکتروموتور استفاده شد که با تغییر ترکیب ولتاژ-فرکانس تغذیه‌ی الکتروموتور میزان دور آن را به صورت پیوسته و در تعداد سطوح مختلف فراهم می‌آورد که در نتیجه فرآیندهای راه اندازی، متوقف سازی و نیز جهت چرخش الکتروموتور قابل کنترل گشته و سطوح مختلف سرعت برای حامل قابل دسترسی می‌باشد. در این تحقیق چرخ‌محرك 220/65R21 مورد استفاده قرار گرفت. یک پیچ قدرت^۲ از قسمت بالا به شافتی که به صورت عرضی به قسمت قابل لولاشدن حامل وصل است متصل گردید و از قسمت پایین به یک لودسل به ظرفیت ۲۰۰۰ کیلوگرمی مدل Bongshin به صورت سری متصل شد. لودسل مذکور نیز از قسمت پایین به شاسی چرخ متصل گردید. برای ایجاد نیروی کششی در چرخ محرك مورد ارزیابی، یک الکتروموتور با توان ۵/۵ کیلووات و یک جعبه دنده با نسبت کاهندگی ۱ به ۷/۵ استفاده شد (شکل ۱). برای کنترل سرعت دورانی خروجی الکتروموتور محرك چرخ نیز از یک عدد اینورتر ۵/۵ کیلووات با نام تجاری LS ساخت شرکت LG استفاده شد. با توجه به سامانه‌های در نظر گرفته شده برای سرعت حامل و آزمونگر، لغزش چرخ به عنوان یکی از پارامترهای مورد نظر برای بررسی اثر ایجاد شده در سطوح مختلف لغزش بر تنش‌های عمودی در خاک در نظر گرفته شد. به منظور دستیابی به سطوح مطلوب از لغزش از سرعت‌های خطی خروجی از الکتروموتور های در نظر گرفته شده برای حامل و آزمونگر و اختلاف سرعت‌های خطی بین آنها استفاده گردید. اندازه‌گیری تنش‌های عمودی با استفاده از یک سامانه‌ی مجهز به لودسل و نمایشگر و نیز دینالاگر برای ثبت داده‌های بدست آمده انجام گرفت. شاسی سیستم از یک محفظه‌ی تو خالی با مقطع مربعی شکل شامل چهار عدد لودسل کیلوگرمی که با فواصل ۱۲/۵ سانتی‌متری از یکدیگر قرار داشتند استفاده شد. قسمت فوقانی این محفظه متشکل از

^۱ Inverter

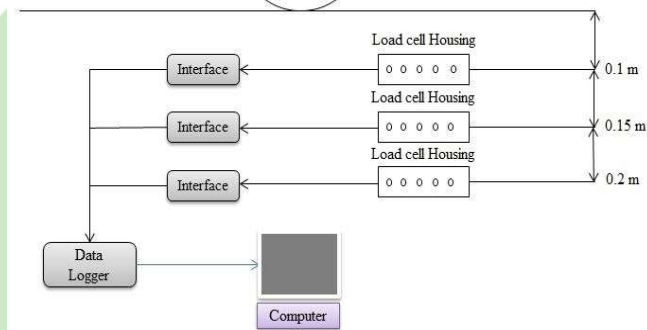
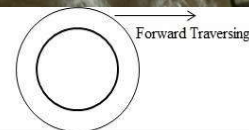
^۲ Power bolt



یک پوشش از جنس MDF با سوراخ‌کاری‌های تعبیه شده برای جاسازی ابزارهای تنش سنجی بود. لودسل‌های مذکور از یک سو به سوپاپ‌های اندازه‌گیر تنش و از سوی دیگر به کف پروفیل با پیچ نصب شدند. قبل از نصب لودسل‌ها، کالیبراسیون لودسل‌ها انجام گرفت. در این سیستم از یک پروفیل با ابعاد استاندارد مقطع $0/12 \times 0/12$ متر به عنوان شاسی استفاده شد. تعداد ۴ عدد لودسل با ظرفیت ۲۰۰ کیلوگرمی به صورت طولی در خط مرکزی شاسی تنش سنج نصب شدند. به منظور جلوگیری از هر گونه انحراف جانبی سوپاپ و حرکت در راستای قائم، سر سوپاپ از داخل یک صفحه از جنس MDF به ضخامت ۱۰ میلی‌متر عبور داده شده است. سردیگر لودسل‌ها با یک عدد پیچ M8 به صفحه مقابل پروفیل محکم شده است. شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب سامانه‌ی تنش سنج مورد استفاده و نحوه‌ی قرارگیری تنش سنج در عمق هدف را نشان می‌دهند.



شکل ۲- سامانه اندازه‌گیری تنش زیر چرخ محرک با درپوش از جنس MDF با سوراخکاری‌های مورد نیاز برای نصب لودسل



(ب)

(الف)

شکل ۳-الف) نحوه‌ی قرار گیری پروفیل تنش سنج در راستای مسیر حرکت چرخ محرک و (ب) شماتیک سیستم اندازه‌گیری تنش زیر چرخ محرک در عمق‌های مختلف

اندازه‌گیری‌هایی که در تحقیق حاضر توسط لودسل‌های S شکل انجام می‌شدند باید برای تحلیل و ارزیابی ثبت و ذخیره سازی می‌شدند. هر یک از لودسل‌های مربوط به سامانه‌ی تنش سنجی به صورت مستقیم به یک نمایشگر Bongshin متصل شدند. به همین ترتیب لودسل‌های موجود در پروفیل تنش سنج نیز به صورت مجزا هر یک به یک عدد از نمایشگرهای دیجیتالی متصل شدند در حالی که یک عدد نمایشگر هم برای اندازه‌گیری بارهای دینامیکی متغیر ایجاد شده در حال حرکت اختصاص یافت. داده‌ها از طریق دیتالاگر به کامپیوتر انتقال یافتند. این تحقیق در قالب رابطه‌ی بین کشش چرخ محرک و تنش عمودی ایجاد شده زیر چرخ در اثر پارامترهای بار عمودی روی چرخ در سه سطح (۲، ۳ و ۴ کیلونیوتن)، سرعت پیشروی در سه سطح (۰/۸، ۱ و ۱/۲ متر بر ثانیه)، لغزش در سه سطح (۸، ۱۲ و ۱۵ درصد) و عمق‌های مختلف (۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۲ متر) در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی مورد آزمایش و بررسی قرار گرفت. داده‌های مربوط به تکرارهای تیمارها میانگین‌گیری شدند و مورد استفاده قرار گرفتند. از نرم افزار (Statistical Analysis System) SAS برای تجزیه و تحلیل آماری در سطح آماری ۱٪ استفاده شد.



نتایج و بحث

به دلیل این که سطوح مختلف پارامتر عمق مستقل از یکدیگر نمی‌باشند، نتایج تحلیل کوواریانس بین نیروی کششی و تنش عمودی در سه بازه‌ی ۰-۰/۱ متری، ۰/۱-۰/۱۵ متری و ۰/۱۵-۰/۲ متری در جداول ۱، ۲ و ۳ ارائه شده‌اند. تاثیر سرعت در تنش نیز در عمق ۰/۱ متری در سطح آماری ۱٪ و در عمق‌های بیشتر در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار می‌باشد. تاثیر بار روی چرخ و لغزش بر روی تنش در هر سه عمق مورد آزمایش در سطح آماری ۱٪ معنی‌دار می‌باشند. اثرات متقابل دوگانه پارامترهای ورودی در جداول ۱، ۲ و ۳ نیز در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشند. همچنین تاثیر متقابل سه‌گانه‌ی سرعت×لغزش×بار روی چرخ نیز در هر سه سطح عمق در سطح آماری ۵٪ معنی‌دار می‌باشد.

ضریب تبیین اصلاح شده برای کوواریانس‌های مربوط به جداول ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۰/۹۹۱، ۰/۹۸۷ و ۰/۹۹ می‌باشند.



جدول ۱- تحلیل کوواریانس تنش عمودی با کشش چرخ در عمق ۰-۰/۱ متری

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	P-value
Source of variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean Squares	
بار	1129.158	2	564.579	109.378**
Wheel load				
سرعت	11042.660	2	5521.330	1069.669**
Velocity				
لغزش	15250.667	2	7625.334	1477.286**
Slippage				
بار×سرعت	146.827	4	36.707	7.111**
Velocity× Wheel load				
بار×لغزش	348.153	4	87.038	16.862**
Wheel load×Slippage				
سرعت× لغزش	1526.702	4	381.675	73.944**
Velocity× Slippage				
بار×سرعت× لغزش	210.744	8	26.343	5.104**
Wheel load× Slippage× Velocity				
خطا	273.571	53	5.162	
Error				
کل	198180,828	81		
Total				

ضریب تبیین تصحیح شده=0.991

** معنی داری در سطح ۱ درصد

جدول ۲- تحلیل کوواریانس تنش عمودی با کشش چرخ در عمق ۰/۱-۰/۱۵ متری

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	P-value
Source of variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean Squares	
سرعت	6972.200	2	3486.100	718.765*
Velocity				
بار	930.396	2	465.198	95.915**
Wheel load				
لغزش	10126.713	2	5063.357	1043.965**
Slippage				
بار×سرعت	146.429	4	36.607	7.548**
Velocity× Wheel load				
سرعت× لغزش	1714.454	4	428.614	88.372**
Velocity× Slippage				
بار×لغزش	533.880	4	133.470	27.519**
Wheel load×Slippage				
بار×سرعت× لغزش	183.133	8	22.892	4.720**
Wheel load× Slippage× Velocity				
خطا	257.056	53	4.850	
Error				
کل	107355.218	81		
Total				

ضریب تبیین تصحیح شده=0.987

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد



جدول ۳- تحلیل کوواریانس تنش عمودی با کشش چرخ در عمق ۰/۱۵-۰/۲ متری

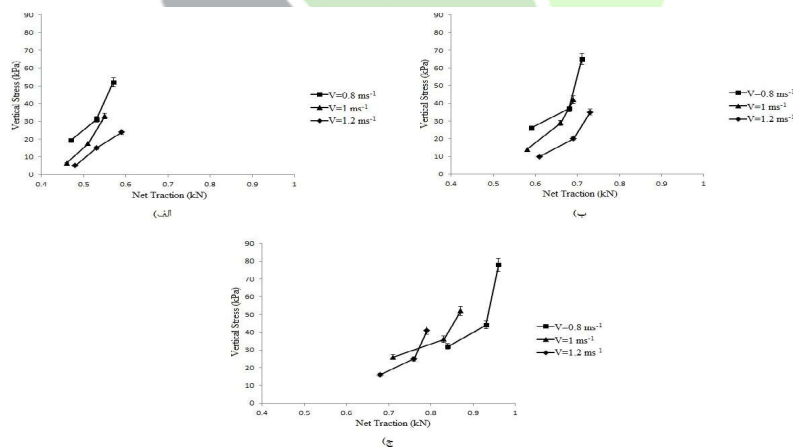
منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	P-value
Source of variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean Squares	
سرعت	3685.186	2	1842.593	1059.263*
Velocity				
بار	398.719	2	199.359	114.607**
Wheel load				
لغزش	4045.299	2	2022.649	1162.773**
Slippage				
بار×سرعت	117.855	4	29.464	16.938**
Velocity× Wheel load				
سرعت× لغزش	263.031	4	65.758	37.803**
Velocity× Slippage				
بار×لغزش	143.242	4	35.811	20.587**
Wheel load×Slippage				
بار×سرعت× لغزش	45.731	8	5.716	3.286**
Wheel load× Slippage× Velocity				
خطا	92.194	53	1.740	
Error				
کل	50208.530	81		
Total				

ضریب تبیین تصحیح شده=0.990

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد

با توجه به شکل های ۴، ۵ و ۶ افزایش تنش عمودی با افزایش نیروی کششی قابل ملاحظه است. این روند برای هر سه سطح از عمق آزمایش شده صادق می باشد. افزایش نیروی کشش به عنوان یکی از مهم ترین پارامترهای عملکردی ماشین های کشنده مد نظر می باشد ولی در محدوده ای آزمایشات انجام شده افزایش نیروی کششی منجر به افزایش تنش عمودی می شود که این امر خود از عوامل مهم تاثیرگذار بر ایجاد فشردگی خاک می باشد. بیشترین مقدار تنش بدست آمده با ۷۸ کیلو پاسکال در عمق ۰/۱ متری،

در بار ۴ کیلو نیوتن، سرعت ۰/۸ متر بر ثانیه و لغزش ۱۵٪ بدست آمد. این تیمار بیشترین مقدار افزایش نسبت به لغزش را با ۵۸٪ دارا می‌باشد که تحت تاثیر همین تیمار، بیشترین مقدار نیروی کششی نیز حاصل شد. طبق این مطالعه با افزایش بارگذاری مقدار تنش در هر دو عمق مورد مطالعه افزایش می‌یابد. این افزایش مقدار تنش به دلیل افزایش مقدار نیروی اعمالی به خاک در واحد سطح و کرنش بیشتر ایجاد شده در پروفیل خاک و در نتیجه انتشار تنش بیشتر در خاک بوده است. با افزایش مقدار عمق، انتشار تنش^۱ در عمق خاک دچار کاهش می‌شود و بدین ترتیب تنش‌های اندازه‌گیری شده در عمق ۰/۲ متری کمترین مقدار و ۰/۱ متری بیشترین مقادیر تنش بودند. نتایج مشابهی در مطالعات محققان دیگری نیز گزارش شده است (Schjønning and Lamandé, 2010; Pytka, 2005; Pytka et al., 2006; Arvidsson and Keller, 2007; Keller and Lamandé, 2010). با افزایش مقدار لغزش، مقدار تنش‌های برشی در سطح تماس افزایش می‌یابد که در عمق‌های بیشتر از سطح تماس، این تنش‌ها به تنش‌های عمودی تبدیل می‌شوند. در هر یک از شکل‌های مذکور بیشترین افزایش تنش عمودی در سرعت ۰/۸ متر بر ثانیه و در لغزش از ۱۲ تا ۱۵٪ اتفاق افتاده است. دلیل این امر را می‌توان در افزایش مدت تماس^۲ در سرعت‌های پایین دانست. از منظر مقاومت مکانیکی خاک نیز با افزایش بار روی چرخ، مقدار نیروی مقاوم برشی با ننگ داشتن خاک در بین آج لاستیک، افزایش می‌یابد که باعث افزایش نیروی کششی می‌شود که به نوبت خود باعث افزایش تنش‌های برشی سطحی خاک می‌شود. این تنش‌های برشی در عمق خاک بصورت تنش عمودی اثر خود را نشان می‌دهند که در نتیجه می‌توان افزایش تنش عمودی در عمق با افزایش نیروی کششی را توجیه کرد.

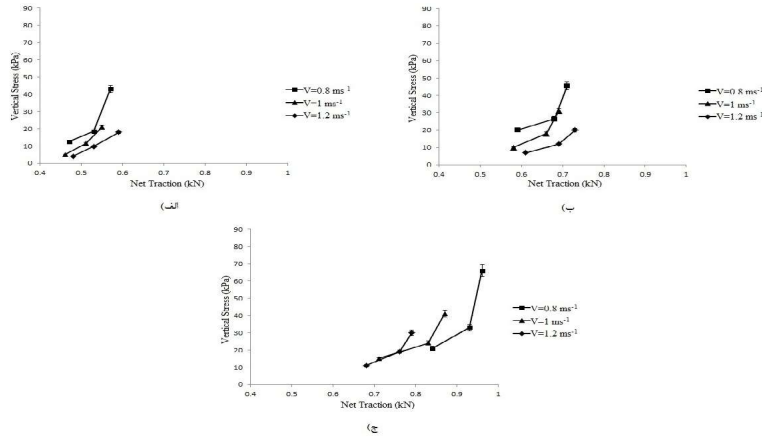


شکل ۴- اثر نیروی کشش بر روی تنش عمودی ایجاد شده در عمق ۰/۱ متری در سرعت‌های مختلف و بارهای الف) ۲

کیلونیوتن، ب) ۳ کیلونیوتن و ج) ۴ کیلونیوتن

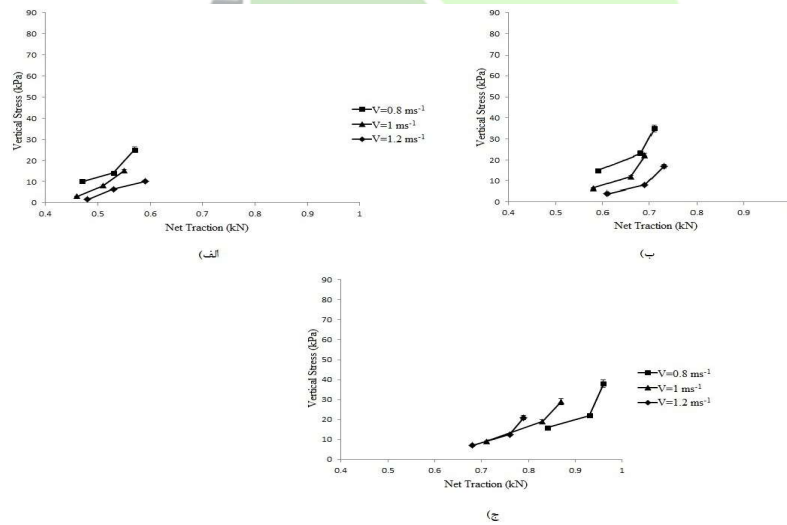
¹Stress Propagation

²Contact Duration



شکل ۵- اثر نیروی کشش بر روی تنش عمودی ایجاد شده در عمق ۰/۱۵ متری در سرعت‌های مختلف و بارهای الف) ۲ کیلو نیوتن، ب) ۳ کیلو نیوتن و ج) ۴ کیلو نیوتن

Fig.5. The effect of traction on soil vertical stress in 0.15 m at different velocities and wheel loads of 2, 3, and 4 kN



شکل ۶- اثر نیروی کشش بر روی تنش عمودی ایجاد شده در عمق ۰/۱۵ متری در سرعت‌های مختلف و بارهای الف) ۲ کیلو نیوتن، ب) ۳ کیلو نیوتن و ج) ۴ کیلو نیوتن

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر اثر کشش خالص چرخ محرک بر روی تنش عمودی ایجاد شده زیر چرخ مورد مطالعه قرار گرفت. بررسی‌های انجام شده در سطح آماری ۱٪ نشان دادند که نیروی کششی باعث افزایش تنش عمودی زیر چرخ می‌گردد و بیشترین تنش عمودی زیر چرخ با مقدار ۷۸ کیلوپاسکال در عمق ۰/۱ متر مربوط به کشش بیشینه‌ی خالص حاصل شده تحت تاثیر بار ۴ کیلونیوتن، لغزش ۱۵ درصد و سرعت ۰/۸ متر بر ثانیه می‌باشد.

(۱) پارامترهای سرعت، بار روی چرخ و لغزش اثر معنی‌داری بر روی تنش عمودی زیر چرخ داشتند که مقدار تنش عمودی با بار روی چرخ و لغزش رابطه‌ای مستقیم و با سرعت پیشروی رابطه‌ای عکس دارد. همچنین مشاهده شد که مقدار تنش با افزایش عمق دچار کاهش می‌شود.

(۲) پارامترهای لغزش و بار روی چرخ دارای اثر معنی‌داری بر روی نیروی کششی می‌باشند به نحوی که با افزایش پارامترهای مذکور نیروی کششی افزایش می‌یابد. همچنین مشخص شد که سرعت پیشروی در سطح آماری ۱٪ بر روی نیروی کششی تاثیر ندارد.

(۳) تحلیل کوواریانس نیروی کششی و تنش عمودی زیر چرخ علاوه بر تایید تاثیردار بودن نیروی کششی بر روی تنش عمودی در سطح آماری ۱٪ نشان داد که با افزایش نیروی کشش (به عنوان پارامتری مطلوب) تنش عمودی ایجاد شده (به عنوان پارامتری نامطلوب) دچار افزایش می‌شود که باید مصالحه‌ی بین این دو پارامتر برقرار گردد.

منابع

1. Arvidsson, J. and T. Keller. 2007. Soil stress as affected by wheel load and tire inflation pressure. Soil and Tillage Research, 96, 284-291.
2. Coutermarsh, B. 2007. Velocity effect of vehicle rolling resistance in sand. Journal of Terramechanics, 44(4), 275-291.
3. Keller, T. 2005. A model for the prediction of the contact area and the distribution of vertical stress below agricultural tyres from readily available tyre parameters. Biosystems engineering, 92(1), 85-96.
4. Keller, T., M. Lamandé, 2010. Challenges in the development of analytical soil compaction models. Soil and Tillage Research, 111(1), 54-64.
5. Mohammadzadeh, H., A. Mardani, A. Modarres Motlagh, 2013. Investigation of the Effects of Tire Inflation Pressure and Forward Speed of Driven Wheel on Horizontal Impact of Passing Rectangular Obstacle. Journal of Agricultural Machinery, 3(2), 114-122.
6. Nguyen, V. N., T. Matsuo, S. Inaba, T. Koumoto. 2008. Experimental analysis of vertical soil reaction and soil stress distribution under off-road tires. Journal of Terramechanics, 45(1), 25-44.
7. Pytka, J. 2005. Effects of repeated rolling of agricultural tractors on soil stress and deformation state in sand and loess. Soil and Tillage Research, 82(1), 77-88.



8. Pytka, J., J.Dąbrowski, M.Zajac,P.Tarkowski, 2006. Effects of reduced inflation pressure and vehicle loading on off-road traction and soil stress and deformation state. Journal of Terramechanics, 43(4), 469-485.
9. Sharifi Malvajerdi, A., M. Younesi Alamouti, A. Mohsenimanesh.2013. The Effect of Load and Inflation Pressure of a Stiff-Carcass Tyre on selected Soil Compaction Related Factors. Journal of Agricultural Machinery, 3(1), 1-8
10. Schjønning, P., M.Lamandé.2010. A note on the vertical stresses near the soil-tyre interface. Soil and Tillage Research, 108(1), 77-82.





Investigating on the effect of tractive parameters on imposed vertical stresses under driving wheel using a soil bin test rig facility

Hamid Taghavifar^{1*}, Aref Mardani¹

1- Ph.D. Candidate, Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Urmia University, Iran
Hamid.taghavifar@gmail.com

2- Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Urmia University, Iran

Abstract

The present study is aimed at investigating the effect of net traction force on the imposed vertical stress under the 220/65R21 driving wheel. Hence, velocity at three levels (i.e. 0.8, 1, 1.2 m/s), wheel load at three levels (i.e. 2, 3, and 4 kN) and slippage at three levels (i.e. 8, 12, and 15%) were considered to obtain traction force and soil vertical stress at three depths of 0.1, 0.15 and 0.2 m. Experiments were carried out in the complete randomized block design with three replicates on clay loam soil at 12% moisture content. The vertical stress was measured using a manufactured soil stress transducer where the net traction was measured using the four horizontally installed load cells between the tester rig and the carriage. A correlation was developed between soil stress and traction force. Results revealed that vertical stress increases with respect to increase of wheel load and slippage, where vertical stress decreases by increase of depth and velocity. Additionally, it was found that wheel load and slippage bring about increased traction force while velocity has no significant effect on traction force at 1% significance level. Finally, it was deduced that increase of traction force results in increase of vertical stress transmission.

Keywords: Driving wheel, Net traction, Slippage, Soil bin, Vertical stress