طراحی، ساخت و ارزیابی لودسل های یک دستگاه دینامومتر اتصال سه نقطه نوع قابی

عباس همت و داوود لطفی

چکیده

برای اندازه گیری مولفه های طولی- حرکتی (مقاومت کششی) و عمودی نیروی وارده به ادوات سوار نیاز به دینامومتر اتصال سه نقطه می باشد. دینامومتر مورد نظر در این تحقیق نوع قابی است. پس از انتخاب شکل لودسل های دینامومتر، ابعاد آنها بر اساس اصول طراحی مکانیکی تعیین شدند. برای تعیین مقادیر و محل ظهور کرنش های ماکزیمم (محل نصب کرنش سنج ها) در اثر اعمال بار به لودسل ها و تعیین حساسیت دو جانبه، از تحلیل های اجزاء محدود در دامنه الاستیک استفاده شد. پس از نصب کرنش سنج ها در محل های مورد نظر و تشکیل پل های وتستون، به تک تک لودسل ها بار اعمال شد و سپس کرنش های بوجود آمده در محل نصب کرنش سنج ها با نتایج بدست آمده از تحلیل اجزاء محدود مقایسه شدند. نتایج نشان داد که تفاوت در کرنش های بیشینه بدست آمده از این دو روش بارگذاری در راستای طولی- حرکتی حدود ۱۶ درصد بود. در بارگذاری در راستای عمودی لودسل ها، اختلاف بین کرنش های بیشینه بدست آمده حدود ۱۸ درصد بود. حساسیت دوجانبه (بارگذاری در جهت عمودی و مقدار کرنش ظهور پیدا کرده در محل نصب کرنش سنج های مربوط به اندازه گیری نیرو در راستای طولی- حرکتی) برای اندازه گیری مولفه طولی- حرکتی نیرو حدود ۹ درصد و حساسیت دوجانبه (بارگذاری در جهت طولی- حرکتی و مقدار کرنش ظهور پیدا کرده در محل نصب کرنش سنج های مربوط به اندازه گیری نیرو در راستای عمودی) برای اندازه گیری مولفه عمودی نیرو حدود ۹۲ درصد بود. بنابراین، دینامومتر ساخته شده بر اساس این لودسل ها برای اندازه گیری مولفه طولی- حرکتی(مقاومت کششی) مناسب بوده، ولی برای اندازه گیری نیرو در راستای عمودی مناسب نمی باشد.

واژه های کلیدی: دینامومتر اتصال سه نقطه، اجزاء محدود، لودسل، مقاومت کششی، حساسیت دوجانبه

مقدمه

در دینامومترهای اتصال سه نقطه، برای اندازه گیری مولفه های نیرو از لودسل هایی که مجهز به کرنش سنج های مقاومتی است، استفاده می شود (۴). در بعضی از طرح ها، همه مولفه‌های نیرویی وارد به ادوات با استفاده ازدینامومتر اندازه گیری می شوند (۲ و۳). در طرح های دیگر، تنها نیروهای افقی و عمودی اندازه گیری می گردد و بعلت کوچکی نیروی جانبی از آن چشم پوشی می شود (۵). در بسیاری دیگر از سیستم ها، فقط نیروی افقی (مقاومت کششی) اندازه گیری می شود (۴). بطورکلی دینامومترها می توانند به دو گروه عمده تقسیم شوند. ۱- نوع اتصالی و ۲- نوع قابی (۳).

در دینامومترهـای نـوع اتصـالی، کـرنش سـنج هـا مستقیماً روی بازوهـای اتصـال سـه نقطـه تراکتـور نصب مـی شـوند. دینامومترهـای نـوع قـابی شـامل لودسل هایی هستند،که روی یـک قـاب مخصـوص نصب می شوند، که این قاب بین تـراکتور و وسیـله قرار می گیرد. بعبارت دیگر، قـاب طـوری طراحـی می شود که از یک طرف به وسیله کشنده و از طرف دیگـر بـه ادوات وصـل مـی شـود. مزیـت اصـلی دینامومتر نوع قابی، این است که برای یـک تراکتـور یا وسیله خاص نمی باشد. قاب ها در تعداد زیـادی از اشکال با تنظیماتی خـاص کـه بتواننـد در گسـتره وسیعی از ادوات جفت شوند، طراحـی مـی شـوند. همچنین این قاب ها اجازه مـی دهنـد کـه از محـور توانـدهی تراکتـور (دز صـورت نیـاز) نیـز همزمـان استفاده شود. هدف از این تحقیق، طراحـی، سـاخت و ارزیابی لودسل های یک دینامومترهای نـوع قـابی بود.

مواد و روش ها

طراحی لودسل های دینامومتر اتصال سه نقطه

یک دینامومتر اتصال سه نقطه نوع قابی بر اساس طرح الجلیل و همکاران (۱) انتخاب شد. طرح کلی سازه این دینامومتر در شکل ۱ نشان داده شده است.

شکل ۱- طرح کلی سازه دینامومتر.

همانگونه که ملاحظه می شود، این دستگاه شامل سه بازو می باشد که این بازوها در یک بخش T شکل وارونه، وارد می شوند. حالت کشویی بودن این بازوها در این بخش T شکل، این قابلیت را به دستگاه می دهد که به بسیاری از ادوات استاندارد و غیراستاندارد موجود جفت شوند. در انتهای هر بازو یک لودسل قرار دارد. هر لودسل به شکل یک تیر U- شکل وارونه می باشد. این لودسل ها نیروهای وارد بر ادوات را اندازه‌گیری می کنند.

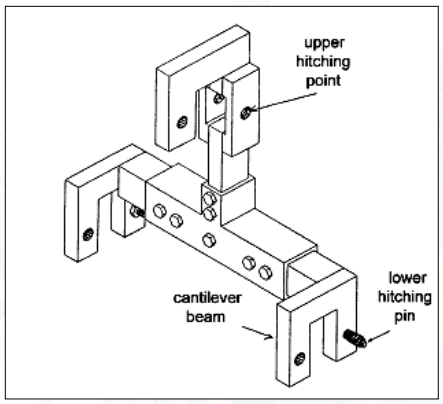
برای طراحی لودسل هـای دینـامومتر جهـت انـدازه گیری مقاومت کششی فرض شد که این لودسـل‌هـا بصورت تیرهای یکسرگیردار مـی باشـند. بـا فـرض اینکه انتهای تیر ثابت شده اسـت کـه تـنش خمشـی بیشینه درانتهـای تیـر یـک سـرگیردار از رابطـه زیـر بدست می آید:

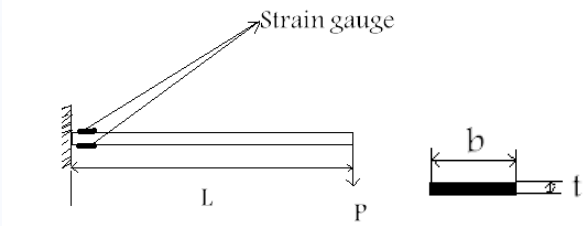
$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max} \times C}{I} \qquad (۱)$$

از طرفی دیگر گشتاور بیشینه در تیر نشان داده شـده در شکل ۲، بصورت زیر می باشد:

$$M = P \times L \qquad (۲)$$

$$I = \frac{1}{12} b \times t^3 \qquad (۳)$$





شکل ۲- نمای کلی از یک تیر یکسرگیردار.

می توان گشتاور لختی سطح با مقطع مستطیلی شکل را بصورت زیر نوشت:

با جایگذاری روابط (۱) و (۲) در رابطه (۳)، می توان نوشت:

$$\sigma_{\max} = \frac{12 \times p \times l \times c}{b \times t^3} \qquad (۴)$$

در رابطه (۴) ، $c = \frac{t}{2}$ می باشد، بنابراین:

$$\sigma_{\max} = \frac{6 \times p \times l}{b \times t^2} \qquad (۵)$$

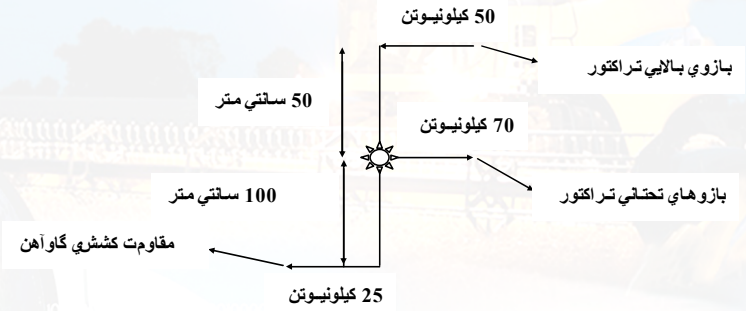
همانطوریکه می دانید رابطه بین تنش و کرنش در محدوده الاستیک بصورت خطی و بصورت زیر می‌باشد:

$$\sigma_{\max} = E \times \varepsilon_{\max} \qquad (۶)$$

از روابط (۵) و (۶)، رابطه زیر نتیجه می شود:

$$\varepsilon_{\max} = \frac{6 \times p \times l}{b \times t^2 \times E} \qquad (۷)$$

لذا با توجه به رابطه فوق می توان مقدار کرنش



شکل ۳- نیروهای وارد به بازوهای اتصال سه نقطه تراکتور.

بیشینه در محل نصب کرنش سنج ها را محاسبه نمود. توان مالبندی بیشینه برای تراکتورهای گروه II، ۷۵ کیلووات است. برای یک ماشین کشاورزی مانند گاوآهن، مقاومت کششی بیشینه گاوآهن سه خیش ۲۵ کیلونیوتن فرض شد. سر گاوآهن که به اتصال سه نقطه پشت تراکتور متصل می شود را می توان به صورت سازه ای که حول بازوهای تحتانی حالت لولایی دارد، تصور کرد. با توجه به طول بازوها، مقدار نیروی وارده به هر کدام از لودسل های دینامومتر قابل محاسبه است.

با توجه به شکل ۳، مجموع نیروهای وارد بر لودسل های چپ و راست دینامومتر، ۷۰ کیلونیوتن می باشد. بنابراین نیروی وارد بر هر کدام از لودسل ها ۳۵ کیلونیوتن است. از طرفی دیگر نیروی وارد بر لودسل بالایی ۵۰ کیلونیوتن می باشد. از طرفی دیگر برای طراحی لودسل ها، از فولاد ساختمانی با مدول الاستیسیته ۲۰۷GPa، مدول صلبیت ۷۹/۳GPa ، ضریب پواسون ۰/۲۹۳ و چگالی $7/81 Mg/m^3$ استفاده شد. تصمیم گرفته شد که برای طراحی لودسل ها در حد بیشینه، تنش در رویه تیر به ۱۰۰MPa محدود شود. از رابطه ۵، برای تعیین ابعاد لودسل ها استفاده می شود. با جایگذاری مقادیر داده شده در این رابطه، رابطه‌ای بین ابعاد لودسل ها بدست می آید، بنابراین می توان نوشت:

$$\sigma_{max} = \frac{6 \times p \times L}{b \times t^2} \quad \rightarrow$$

$$۱۰۰ \times ۱۰^۶ = ۶ \times ۳۵ \times ۱۰^۳ \times l / b \times t^۲$$

با جایگذاری اطلاعات مربوط به لودسل های کناری چپ و راست می توان نوشت:

$$l^۳/t^۳ = ۲۰۷ \times ۱۰^۹ \times ۴۵ \times ۱۰^{-۳} \times \delta_{max} / ۴ \times ۳۵ \times ۱۰^۳$$

$$l^۳/t^۳ = ۶۶۵۳۵/۷ \times \delta_{max} \qquad (۱۰)$$

برای لودسل های کناری چپ و راست، مقدار جابجایی بیشینه ۴۵×۱۰^{-۳} mm در نظر گرفته شد. با توجه به رابطه (۱۰) و مقدار جابجایی بیشینه در نظر گرفته شده برای لودسل، می توان نوشت:

$$l^۳/t^۳ = ۶۶۵۳۵/۶ \times ۴۵ \times ۱۰^{-۶} = ۲/۹۹ \qquad (۱۱)$$

همچنین با توجه به روابط (۸) و (۱۱) ضخامت لودسل از رابطه زیر نتیجه می شود:

$$\frac{((t)^۲)^۳}{(t)^۳} \times \frac{۱}{(۲۱/۴۳)^۳} = ۲/۹۹ \quad \rightarrow \quad t = ۶۷ \text{ mm}$$

$$\rightarrow \quad b \times t^۲ = ۲/۱ \times ۱۰^{-۳} \times l \quad \rightarrow$$

$$l = ۴۷۶/۲ \times b \times t^۲$$

اگر پهنای لودسل های کناری راست وچپ، ۴۵ میلی متر در نظر گرفته شود، می توان نوشت:

$$l = ۴۷۶/۲ \times ۴۵ \times ۱۰^{-۳} \times t^۲ \quad \rightarrow \quad l = ۲۱/۴۳ \times t^۲ \qquad (۸)$$

جابجایی بیشینه در تیر یکسرگیردار، در سر تیر می باشد و این مقدار جابجایی از رابطه زیر بدست می آید:

$$\delta_{max} = \frac{P \times L^3}{3 \times E \times I} \quad \rightarrow \quad I = \frac{1}{12} b \times t^3$$

$$\delta_{max} = \frac{4 \times P \times L^3}{E \times b \times t^3} \qquad (۹)$$

مقدار طول تیر از رابطه (۸) بدست می آید:

$$l = ۲۱/۴۳ \times t^۲$$

$$l = ۲۱/۴۳ \times (۶۷ \times ۱۰^{-۳})^۲$$

$$l = ۹۵ \text{mm}$$

بنابراین پهنا، ضخامت و طول لودسل های مربوط به بازوهای تحتانی چپ و راست به ترتیب زیر بدست آورد:

$$b = ۴۵ \text{ mm}$$

$$t = ۶۷ \text{ mm}$$

$$l = ۹۵ \text{ mm}$$

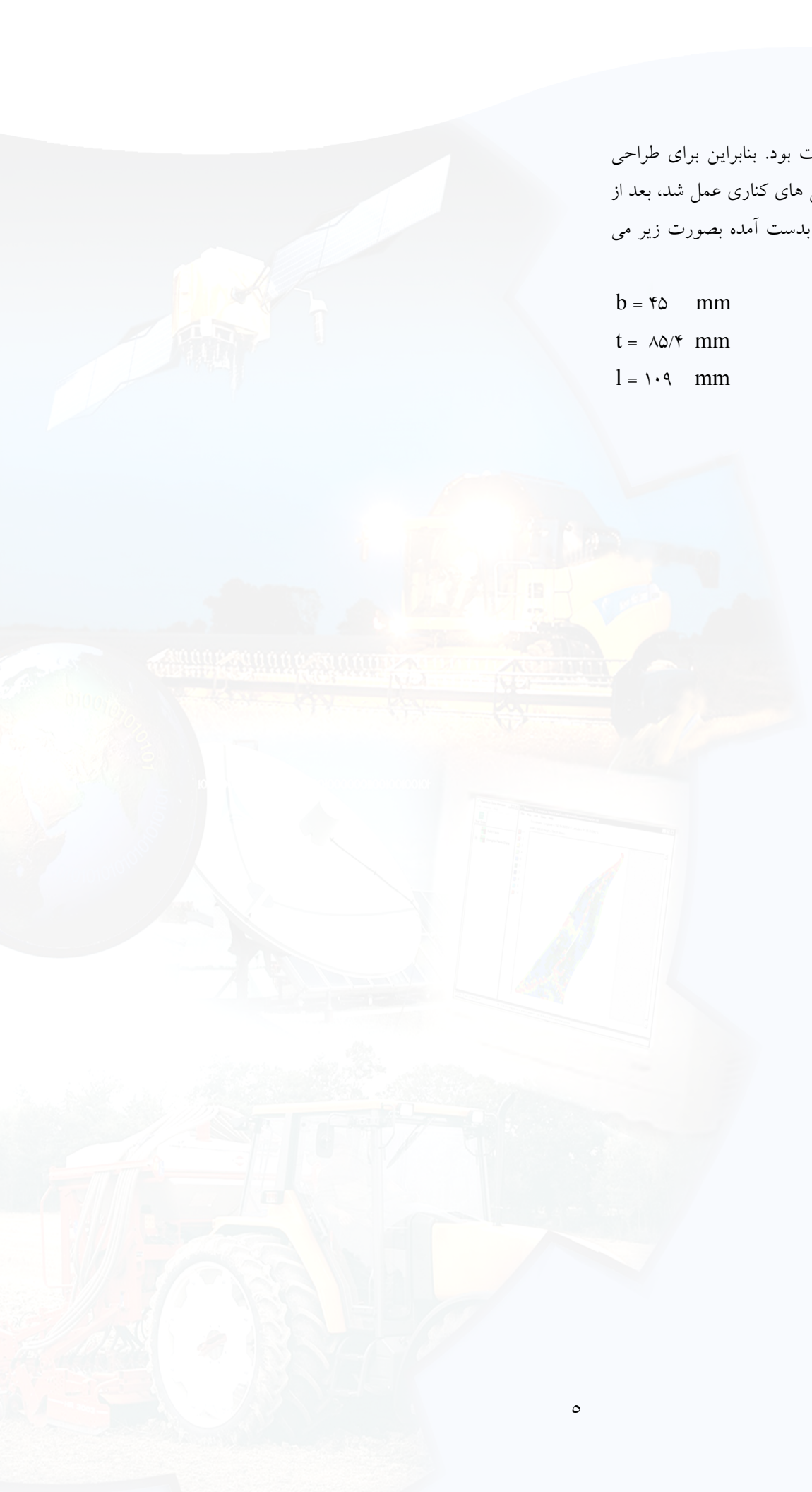
در مرحله بعد، برای طراحی لودسل بالایی همانند روش طراحی لودسل های چپ و راستی عمل شد. بار بیشینه که برای طراحی این لودسل در نظر گرفته شد، ۵۰kN بود. جنس و مقدار تنش تسلیمی که برای طراحی این لودسل در نظر گرفته شد، همانند لودسل

های کناری چپ و راست بود. بنابراین برای طراحی این لودسل همانند لودسل های کناری عمل شد، بعد از طراحی این لودسل ابعاد بدست آمده بصورت زیر می باشد:

$b = ۴۵$ mm

$t = ۸۵/۴$ mm

$l = ۱۰۹$ mm



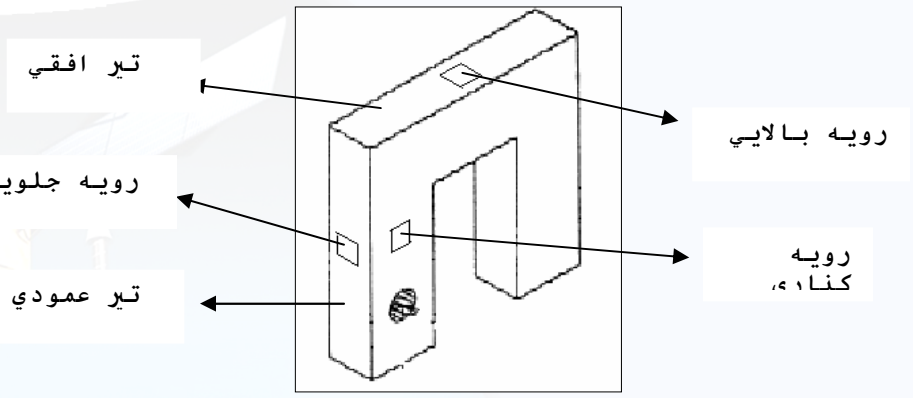
نصب کرنش سنج ها

بری اینکه به توان از هر لودسل U- شکل برای اندازه گیری همزمان مولفه های نیروی افقی و عمودی استفاده نمود، کرنش سنج های نصب شده در هر محل باید فقط حساس به یک مولفه نیرو باشد. در غیر این صورت، حساسیت دو جانبه[1] ایجاد شده و دیگر اندازه گیری دقیق نخواهد بود. برای اندازه گیری نیرو در راستای طولی- حرکتی، الجلیل و همکاران (۱)، کرنش سنج هایی روی رویه جلو و عقبی تیر عمودی هر لودسل U-شکل نصب نمودند. آنها همچنین پیشنهاد نمودند که با نصب کرنش سنج هایی در جهت Y (جهت عمود) امکان اندازه گیری نیرو در راستای عمودی نیز وجود دارد، ولی عملاً دینامومتر برای اندازه گیری مولفه عمودی ارزیابی نشده بود. محل مناسب برای نصبب کرنش سنج ها برای اندازه گیری مولفه عمودی، رویه بالایی و پایینی تیر افقی هر لودسل بود (شکل ۴)، ولی بنظر می رسید که این کرنش سنج ها نیز تحت تاثیر گشتاور خمشی حاصل از اعمال نیرو در راستای طولی-حرکتی (راستای X) نیز قرار می گیرد و حساسیت دو جانبه ایجاد می شود. بنابراین، هر لودسل بطور جداگانه با استفاده از روش اجزاء محدود تحلیل و کرنش بیشینه در نقاط مختلف آن تحت بارگذاری افقی وعمودی تعیین شد. سپس با نصب کرنش سنج هایی روی هر لودسل و با تشکیل پل های وتستون و اندازه گیری خروجی آنها، با نتایج قسمت تحلیلی مقایسه شدند.

تحلیل کرنش در لودسل ها با استفاده از نرم افزار ANSYS

برای تعیین مقادیر و محل ظهور کرنش های بیشینه در اثر اعمال بار به لودسل ها و تعیین حساسیت دو جانبه، از تحلیل های المان محدود در دامنه الاستیک استفاده شد. برای تحلیل از المان Solid 92، استفاده شد. این المان یک المان سه بعدی است و دارای ۳۰ گره بوده و مناسب برای تحلیل‌های مربوط به کرنش و جابجایی می باشد. مساله برای بار اعمالی ۲۰ کیلو نیوتن بر لودسل ها در دو حالت حل شد: ۱- اعمال بار درجهت X و تعیین محل ظهور کرنش بیشینه روی هر یک از تیر های عمودی و افقی هر لودسل، ۲- اعمال بار در جهت Y و تعیین محل ظهور کرنش بیشینه روی هر یک از تیر های عمودی و افقی هر لودسل.

[1] Cross-sensitivity



شکل ٤- تیرهای عمودی و افقی و موقعیت کرنش سنج ها در یک لودسل

واسنجی لودسل ها

برای تعیین منحنی واسنجی لودسل ها، تک تک لودسل ها در دو جهت افقی (X) و عمودی (Y) بطور جداگانه بارگذاری شد و با توجه به خروجی بدست آمده از پل های وتستون لودسل ها، منحنی واسنجی آنها ترسیم شد. برای اعمال بارگذاری ها، از یک جرثقیل ۵ تنی استفاده شد. این جرثقیل به یکی از ستون های کارگاه ثابت شد. برای قرائت مقدار بار اعمال شده توسط جرثقیل روی دینامومتر اتصال سه نقطه از یک دینامومتر کششی (تک محوری دیجیتالی) استفاده شد. این دینامومتر شامل دو قرقری می باشد که از یک طرف به جرثقیل و از طرف دیگر توسط زنجیر به قلاب قاب متصل می شد. مقدار بار اعمال شده، توسط یک صفحه نمایشگر که از طریق یک سیم به دینامومتر تک محوری متصل می شود، قابل مشاهده بود. ظرفیت این دینامومتر ۵۰ کیلو نیوتن بود. بارگذاری لودسل ها در دو مرحله و برای هر لودسل انجام شد که این مراحل عبارت بودند از: ۱) بارگذاری تک تک لودسل ها در جهت X و قرائت خروجی لودسل ها در جهات X و Y، و ۲) بارگذاری تک تک لودسل ها در جهت Y و اندازه گیری خروجی این لودسل ها در جهات X و Y .

محاسبه کرنش در لودسل ها با استفاده از نتایج واسنجی لودسل ها در کارگاه

برای محاسبه کرنش بوجود آمده در لودسل ها از فرمول ۱۲ استفاده شد. یک نمونه از محاسبات کرنش در زیر آورده شده است. نمودار واسنجی لودسل سمت چپ، به ازاء ۲۰ کیلونیوتن بار اعمالی در راستای X، مقدار ولتاژ خروجی ۰/۳ میلی‌ولت را نشان می دهد. از طرف دیگر، ولتاژ تحریک پل‌ها ۱۰ ولت و تعداد کرنش سنج‌های فعالدر هر پل دو عدد بود. بنابراین کرنش بوجود آمده در راستای X این لودسل به ازاء این بار، بصورت زیر محاسبه می شود:

$$\varepsilon = \frac{4 \times \Delta V}{V_0 \times n \times G.F.} \quad \rightarrow$$

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{n}{4}(G.F.) \times \varepsilon \quad \rightarrow$$

$$\varepsilon = ٤ \times ٠/٣ \times ١٠^{-٣} / ١٠ \times ٢ \times ٢/١$$

$$\varepsilon = ٠/٢٨٥ \times ١٠^{-٤} \ (\mathrm{m/m}) \qquad (١٢)$$

برای لودسل بالایی نیز روش کار همانند لودسل‌های کناری می باشد. در این لودسل به ازاء اعمال ۲۰ کیلونیوتن بار در راستای X، مقدار ولتاژ خروجی از پل وتستون در همین راستا، ۰/۱۳۲ میلی ولت می

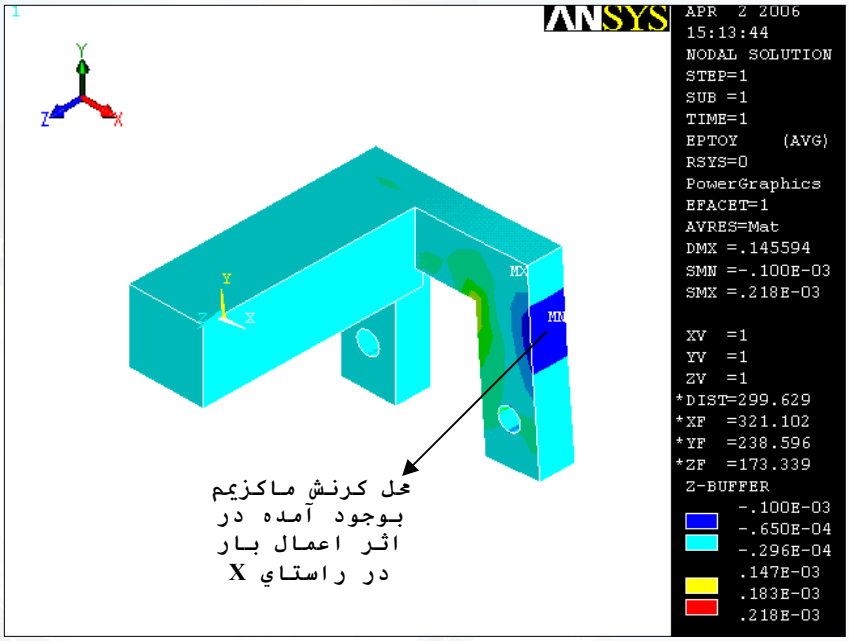
باشد. ولتاژ تحریک در این پل نیز ۱۰ ولت، و تعداد کرنش سنج‌های فعال دو عدد بود. بنابراین در این لودسل، مقدار کرنش بوجود آمده در راستای X، به ازاء بار ۲۰ کیلونیوتنی، از رابطه زیر، بدست می آید.

$$\varepsilon = ٤\times ٠/١٣٢\times ١٠^{-٣}/١٠\times ٢\times ٢/١$$

$$\varepsilon = ٠/١٢٥\times ١٠^{-٤}\ (m/m)$$

بحث و نتایج

بارگذاری در راستای X لودسل های سمت چپی (و یا راستی) و یالایی در محیط ANSIS به ترتیب در شکل های ۵ و ۶ نشان داده شده است. کرنش بیشینه در پایه تیرعمودی لودسل‌ها بوجود می آید. بنابراین، کرنش سنج‌ها برای اندازه گیری نیرو در راستای X (مولفه طولی – حرکتی) باید در محل ظهور کرنش های بیشینه لودسل‌ها نصب شوند.

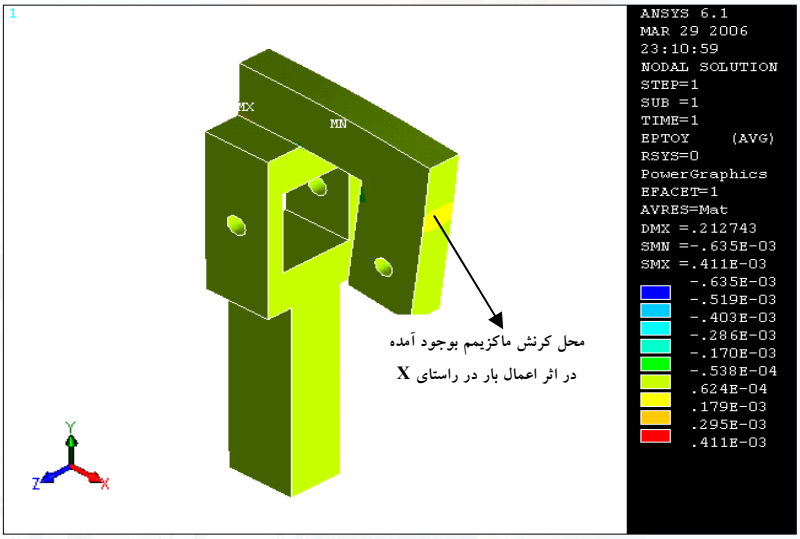


شکل ۵- توزیع کرنش در تیرهای لودسل سمت چپ در اثر بارگذاری در راستای X.

در جداول۱، ۲، ۳ و ٤ کـرنش بدسـت آمـده در محـل نصب کرنش سنج ها تعیـین شـده بـا روش تجربـی و تحلیل‌اجزاء محدود در بارگذاری های مختلف هر سـه لودسل با هم مقایسـه شـده انـد. اخـتلاف بـین نتـایج حاصل از این دو روش، حاصل از ساده سازی در مدل سازی لودسل ها برای محاسبه کرنش بیشینه با اسـتفاده از نتایج تجربی و تفـاوت در خـواص مکـانیکی فـولاد سـاختمانی اسـتفاده شـده بـا مقـادیر فـرض شـده در محاسبات، خطا در اندازه گیرها و نحوه مدل سازی در نرم افزار ناشی می شود.

جدول ۱- مقایسه نتایج بدست آمده از بارگذاری در راستای X لودسل‌ها و کرنش‌های حاصل از این بارگذاری در این راستا از روش‌های اجزاء محدود و واسنجی.

نوع لودسل	کرنش بیشینه (روش اجزاء محدود)	کرنش بیشینه (روش واسنجی)	اختلاف بین دو کرنش بدست آمده (٪د)
لودسل بالا	۰/۱۵۸×۱۰$^{-٤}$	۰/۱۲۵×۱۰$^{-٤}$	۲۰/۸
لودسل سمت راست	۰/۳۲۱×۱۰$^{-٤}$	۰/۲۷۲×۱۰$^{-٤}$	۱۵/۳
لودسل سمت چپ	۰/۳۲۱×۱۰$^{-٤}$	۰/۲۸۵×۱۰$^{-٤}$	۱۱/۲



شکل ٦- توزیع کرنش در تیرهای لودسل بالایی در اثر بارگذاری در راستای X.

جدول ۲- مقایسه نتایج بدست آمده از بارگذاری در راستای Y لودسل‌ها و کرنش‌های حاصل از این بارگذاری در این راستا از روش‌های اجزاء محدود و واسنجی.

اختلاف بین دو کرنش بدست آمده (٪)	کرنش بیشینه (روش واسنجی)	کرنش بیشینه (روش اجزاء محدود)	نوع لودسل
۱۸/۳	۰/۱٤۳×۱۰$^{-٤}$	۰/۱۷۵×۱۰$^{-٤}$	**لودسل بالا**
۲۰/٤	۰/۳۱۲×۱۰$^{-٤}$	۰/۳۹۲×۱۰$^{-٤}$	**لودسل سمت راست**
۱٦/۰	۰/۳۲۹×۱۰$^{-٤}$	۰/۳۹۲×۱۰$^{-٤}$	**لودسل سمت چپ**

جدول ۳- مقایسه نتایج بدست آمده از بارگذاری در راستای Y لودسل‌ها و کرنش‌های حاصل از این بارگذاری در راستای X از روش‌های اجزاء محدود و واسنجی.

اختلاف بین دو کرنش بدست آمده ٪)	کرنش بیشینه (روش واسنجی)	کرنش بیشینه (روش اجزاء محدود)	نوع لودسل
۲۵/۰	۰/۹۵۲×۱۰$^{-٦}$	۰/۱۲۷×۱۰$^{-٥}$	**لودسل بالا**
۱٦/۷	۰/۳٤۳×۱۰$^{-٥}$	۰/٤۱۲×۱۰$^{-٥}$	**لودسل سمت راست**
٤٤/۷	۰/۲۲۸×۱۰$^{-٥}$	۰/٤۱۲×۱۰$^{-٥}$	**لودسل سمت چپ**

جدول ۴- مقایسه نتایج بدست آمده از بارگذاری در راستای X لودسل‌ها و کرنش‌های حاصل از این بارگذاری در راستای Y از روش‌های اجزاء محدود و واسنجی.

اختلاف بین دو کرنش بدست آمده (٪)	کرنش بیشینه (روش واسنجی)	کرنش بیشینه (روش اجزاء محدود)	نوع لودسل
۱/۵	۰/۱۳۲×۱۰$^{-٤}$	۰/۱٦٤×۱۰$^{-٤}$	**لودسل بالا**
۲۱/۹	۰/۲۸۵×۱۰$^{-٤}$	۰/۳٦۵×۱۰$^{-٤}$	**لودسل سمت راست**
۱۷/۵	۰/۳۰۱×۱۰$^{-٤}$	۰/۳٦۵×۱۰$^{-٤}$	**لودسل سمت چپ**

نتیجه گیری کلی

علی رغم ساده سازی مدل لودسل ها برای محاسبه کرنش بیشینه در روش تجربی، اختلاف مقادیر نیروهای محاسبه شده در هر دو روش تحلیلی (اجزاء محدود) و تجربی در بارگذاری افقی (طولی – حرکتی) و عمودی، به ترتیب ۱۶ و۱۸٪ بود. نتایج نشان داد که محل نصب کرنش سنج ها برای اندازه گیری مولفه طولی – حرکتی (مقاومت کششی) مناسب است، چرا که در اثر اعمال بار عمودی، فقط باندازه ۹٪ نیروی اندازه گیری شده توسط کرنش سنج های نصب شده روی تیر عمودی لودسل مربوط به اندازه گیری نیرو در راستای طولی – حرکتی، تغییر نمود (حساسیت دوجانبه کم). ولی محل نصب کرنش سنج ها روی تیر افقی لودسل ها برای اندازه گیری نیروی عمودی به علت تاثیر بسیار معنی دار اعمال نیرو در راستای افقی روی خروجی این کرنش سنج ها، اصلا" مناسب نبود، چرا که حساسیت دوجانبه حدود ۹۲

درصد بود. بنابراین، این دینامومتر با لودسل هـای U-شکل، فقط برای اندازه گیری مقاومـت کششـی ادوات سوار مناسب است.

سپاسگزاری

این مقاله حاصـل بخشـی از طـرح پژوهشـی دانشـگاه صنعتی اصفهان تحت عنوان "تاثیر نوع تیغه بر مقاومت کششی و توان مالبندی مورد نیاز گاوآهن برگرداندار و نفوذ تجمعی آب به خاک " و به شـماره 1AGD811 می باشد کـه بدینوسـیله از معاونـت محتـرم پژوهشـی دانشکده و دانشگاه به خاطر تصـویب و تـامین اعتبـار این طرح سپاسگزاری می شود.

منابع

1. Al-Jalil, H.F., A. Khdair and W. Mukahal. 2001. Design and Performance of an adjustable three-point hitch dynamometer. Soil & Till. Res, 62: 152-156.
2. Barker, G. L., L. A. Smith and R. F. Colwick. 1981. Three-point hitch dynamometer for directional force measurement. ASAE paper 81-1044, ASAE, St. Joseph, MI 49085.
3. Chaplin, J., M.Lueders and Y . Zhao. 1987. Three-point hitch dynamometer design and calibration. Applied Eng. in Agric., 3(1), 10-13.
4. Kirisci, V., B. S. Blackmore, J. Kilgour, R.J. Godwin and A. S. Babier. 1992. A three-point linkage dynamometer system. Int. Conf. on Agric. Eng., Paper No 9206-108, AgEng 1992, Uppsala, Sweden.
5. Scholtz, D. C. 1964. A three-point hitch dynamometer for mounted implements. J. Agr. Eng. Res, 9(3): 252-258.

Design, Development and Evaluation of Load Cells for a Frame-Type Three-Point Hitch Dynamometer

Abstract

Three-point hitch dynamometer is essential to measure the horizontal and vertical force components of a mounted tillage implement. In this research, a frame-type three-point hitch dynamometer was selected. After selecting the load cell shape, their dimensions were determined by the principles of mechanical design. A finite-element (FE) analysis was employed to determine the values and the locations of the maximum strains which induced by the load on the load cells. After attaching the strain gages on the desired locations, each load cell was calibrated with applying a known load and measuring bridge circuit's output voltage. Then, the calculated strain from the output of circuit was compared with the results obtained from FE analysis. Results showed that the strains obtained from FE analysis were higher than those calculated from the outputs of circuits by 16 and 18% for horizontal and vertical loadings of the load cells, respectively. The cross-sensitivity for measuring horizontal force component (applying vertical force to the load cell and measuring the output of the horizontal force measuring bridge) was 9%. The cross-sensitivity for measuring vertical force component (applying horizontal force to the load cell and measuring the output of the vertical force measuring bridge) was 92%. Therefore, the dynamometer built based on these load cells is suitable only for measuring horizontal force component (draft), but not for measuring vertical force component simultaneously.

Keywords: Three-point hitch dynamometer; Finite element; Load cell; Draft; Cross-sensitivity