

رابطه‌سازی اثرات حادث شده در اتصال سه نقطه تراکتورها با مقدار و موقعیت نقطه اثر بارها بر روی دنباله بند

عارف مردانی ۱- سید کاظم شهیدی ۲

چکیده

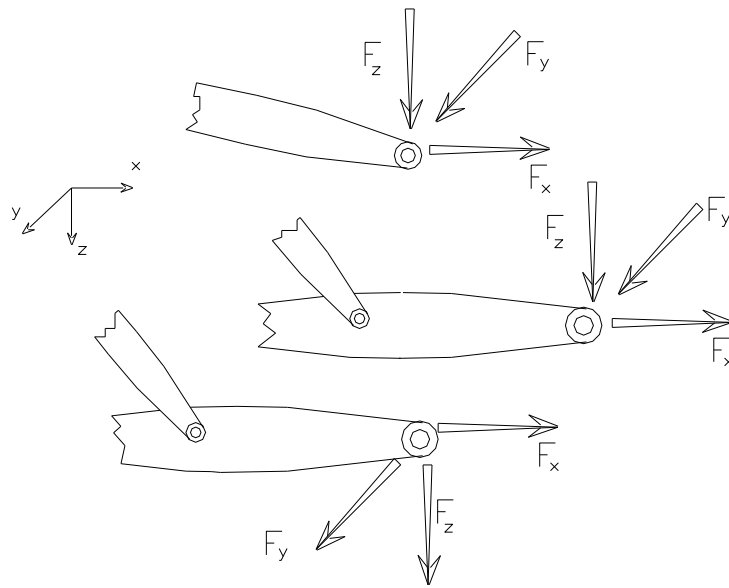
در این تحقیق به ارائه روشی تحلیلی جهت رابطه سازی مقدار و موقعیت بارهای وارده بر دنباله بندها با میزان اثرات به وجود آمده در اتصالات تراکتور پرداخته شده است. روابط به دست آمده در قالب ماتریسی به بیان معادلاتی پرداخته است که شامل نه پارامتر در هر طرف تساوی است. یک طرف تساوی شامل نه مولفه نیرو در سر اتصالات سه گانه تراکتور و دنباله بند بوده و نه پارامتر طرف دیگر معادله ماتریسی شامل شش مولفه نیرو و ممان وارده در نقطه خاصی از دنباله بند و سه مولفه مربوط به مکان هندسی نقطه مزبور می باشد. معادله یاد شده برای چهار استاندارد متداول تراکتورها به صورت پارامتری استخراج شده است و نهایتاً در محیط نرم افزار متلب به حل آنها پرداخته شده است. حل معادله در دو حالت مستقیم و معکوس انجام می گردد و در حالت اول با ارائه مقدار و موقعیت بارها و ممانهای وارده بر روی دنباله بند به تعیین نیرو در سر اتصالات می پردازد و در حالت معکوس، با اعمال ماتریس معکوس ضرائب در طرفین معادله قادر خواهد بود که با داشتن مقدار نیرو در سر اتصالات سه گانه (که به واسطه ابزارهایی مانند دینامومترها اندازه گیری می گردند)، موقعیت نقاط خاصی از قبیل مرکز مقاومت دنباله بند و نیز مقدار نیروها در این نقطه را تعیین نماید.

مقدمه:

تعیین نیروها و گشتاورهای به وجود آمده در اتصال سه نقطه تراکتورها در وضعیت های مختلف اتصالات حائز اهمیت می باشد. بررسی ظرفیت و قابلیت های تراکتورها از نظر توان، تخمین نیرو و توان لازم برای دنباله بند های مختلف، بررسی دینامیکی کشش در تقابل با بارهای متغیر اعمال شده بر دنباله بندها و از این قبیل را می توان از دستاوردهای مفید این تجزیه و تحلیل برشمرد. از طرف دیگر، بهینه سازی اتصالات دنباله بندها از نظر استحکام مکانیکی و نیز هندسه ابعادی آنها تنها با آگاهی کافی از مقادیر بارهای اعمال شده بر آنها میسر خواهد بود. در این راستا دینامومترهای نیرو و توان به منظور اندازه گیری عملی اثرات تحمیل شده از طرف دنباله بندها بر روی اتصالات تراکتورها طراحی و به کار گرفته می شوند به گونه ای که اثرات مزبور را در قالب نیرو و توان، اندازه گیری و ثبت می نمایند. مشخصه غالب این ابزار به صورتی است که اثرات مذکور صرفا در محل نصب ابزار، قرائت و ارائه می گردد، صرف نظر از این که این اثرات بر روی دنباله بند از نظر مقدار و موقعیت اثر چگونه بوده است. تحقیق حاضر به یک عبارت، فرایند دوطرفه ای را در پیش گرفته است به گونه ای که بتوان با در دست داشتن مقدار اثرات در اتصالات که ممکن است به واسطه دینامومترها و یا ابزار دیگر تعیین شده باشد درباره مقادیر و موقعیت اثر آنها بر روی دنباله بند به اظهار نظر پرداخت. از طرف دیگر، در شرایطی که محل اثر بارها و موقعیت آنها بر روی دنباله بند مشخص باشد می توان عکس العمل های حادث شده در اتصالات را طی راهکار ارائه شده تعیین نمود.

مواد و روش ها:

حالت عمومی و کامل اتصال دنباله بندها به تراکتور، اتصال سه نقطه می باشد که غالبا نصب ادوات سوار شونده بدین صورت انجام می پذیرد. در این وضعیت، اتصال دنباله بند با تراکتور در سه نقطه اعمال می گردد که هر سه نقطه حالت اتصال مفصلی (و یا اتصال گوی و ساچمه ای) را دارا می باشند و به عبارت دیگر، عکس العمل های به وجود آمده در هر یک از این سه نقطه، به سه مولفه نیرو محدود می گردد. عملا مولفه افقی نیرو در سیستم نمی تواند به وجود آید (یا به عبارت دیگر، مولفه عمود بر جهت حرکت تراکتور) اما به خاطر وجود زنجیرهای نگهدارنده بازوهای پائینی تراکتور، با انحراف بازوها به هر طرف، کشش به وجود آمده در زنجیرها می تواند وجود مولفه سوم نیرو در اتصالات را هم توجیه نماید که این شرایط برای دنباله بند های آفست و نیز در وضعیت انحراف مرکز مقاومت دنباله بند از خط مرکزی کشش، مشهود خواهد بود. شکل ۱ دیاگرام ساده ای از عکس العمل های نه گانه حادث شده در سه اتصال را نمایش داده است.



شکل ۱ دیاگرام ساده‌ای از عکس‌العمل‌های نه‌گانه حادث شده در سه اتصال تراکتور

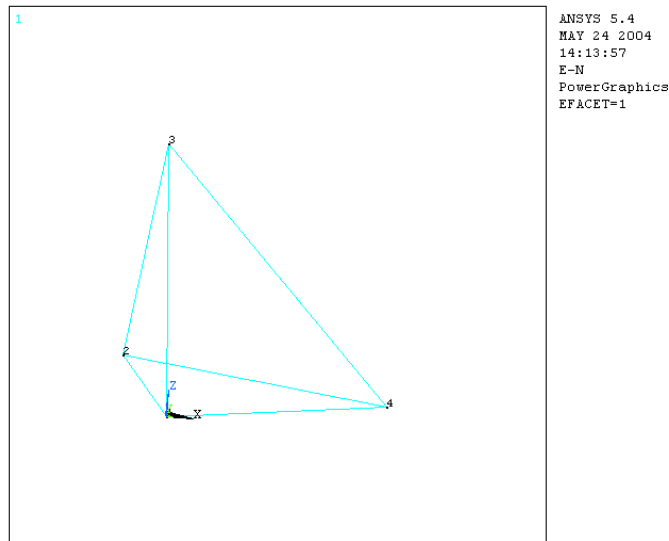
تبادل استاتیکی یک دنباله‌بند ایجاب می‌کند که مجموع اثرات اعمال شده بر آن، با عکس‌العمل‌های به وجود آمده در اتصالات دنباله‌بند به تراکتور برابر باشد. به عبارت دیگر، حداکثر نه مولفه نیرو در اتصالات سه‌گانه حادث خواهد گردید که لازم است اثرات بارهای دیگر را که بر دنباله‌بند اعمال شده‌اند خنثی نمایند که این بارها ممکن است مربوط به مقاومت‌های ناشی از عملکرد دنباله‌بند، وزن دنباله‌بند، شتاب محیط درگیر با دنباله‌بند (مانند خاک در رابطه با گاوآهن‌ها) و غیره باشند.

به این ترتیب، تبادل استاتیکی دنباله‌بند را می‌توان در قالب تبادل نیروهای خارجی و تعادل ممان‌های خارجی اعمال شده بر آن معرفی نمود. (واضح است که این شرایط منحصر به وضعیت استاتیکی و یا سرعت‌های ثابت می‌باشد).

$$\sum F_{External} = 0 \quad , \quad \sum M_{External} = 0$$

اگر هدف، تعیین مولفه‌های نه‌گانه نیروها در سه اتصال باشد دیده می‌شود که با تحلیل‌های ساده استاتیکی نمی‌توان به تعیین همه این نیروها امیدوار بود و بر این اساس، تحلیل سیستم به روش‌های دیگر و از جمله روش‌های عددی ماکول می‌گردد که در مطالعه حاضر، به روش اجزاء محدود و توسط نرم‌افزار ANSYS صورت پذیرفته است. روش مدل‌سازی به گونه‌ای بوده است که یک نقطه اثر فرضی برای اعمال نماینده تمامی اثرات وارده بر دنباله‌بند فرض شده است و ارتباط این نقطه با نقاط سه‌گانه اتصال، توسط سازه‌ای با صلبیت بسیار زیاد مهیا شده است به گونه‌ای که کرنش‌های به وجود آمده در مدل، در محدوده باری ممکنه، کم باشد و بالطبع تغییر شکل‌های مدل هم ناچیز باشند. به این منظور، مطابق شکل ۲ یک قاب فضائی صلب متشکل از چهار گره

ساخته شده است که سه گره از آنها مربوط به اتصال سه نقطه است (گره‌های ۱ و ۲ مربوط به اتصالات پائینی تراکتور به دنباله‌بند بوده و گره ۳، اتصال ساق وسط می‌باشد) و گره چهارم هم به عنوان نقطه اثر اعمال بارها بر دنباله‌بند می‌باشد که در موقعیت دلخواهی اختیار می‌گردد. به عبارت دیگر، مدل مزبور تجسمی از پیکره صلب یک دنباله‌بند می‌باشد و هدف از تحلیل این مدل، به دست آوردن مولفه‌های نیرو در سر سه اتصال آن است که به منظور اقناع شرایط تعادل استاتیکی در تقابل با اثرات وارده بر مدل، مورد نیاز می‌باشد.



شکل ۲ مدل شبکه صلب اتصالات

به منظور تعریف طبیعت صلب برای مدل، اجزاء تشکیل دهنده آن با صلبیت بسیار بالا فرض شده‌اند به گونه‌ای که مقدار EI برای این اجزاء، معادل $250 \times 10^6 \text{ Nm}^2$ فرض شده است. (E مدول یانگ مصالح مدل و I ممان اینرسی سطح مقطع اجزاء مدل است) با توجه به این که مختصات گره‌های ۱ و ۲ و ۳ نسبت به یکدیگر در مقدار عکس‌العمل‌های به وجود آمده در سر اتصالات دخیل می‌باشد، با در نظر گرفتن استانداردهای ممکن برای انواع تراکتورها، همه محاسبات برای هر چهار گروه تراکتورها که توسط استانداردها دسته‌بندی شده‌اند به صورت مجزا در نظر گرفته شده است. جدول ۱ مقدار فواصل مزبور را برای هر چهار استاندارد معرفی کرده است.

جدول ۱ مشخصات ابعادی اتصالات در استانداردهای چهارگانه تراکتورها

Category	a	b	3
1	460	718	

2	610	870
3	685	1010
4	685	1220

تحلیل مدل:

به منظور تحلیل مدل، از روش اعمال بار واحد استفاده می‌شود به طوری که با اعمال بارهای شش‌گانه مشتمل بر سه مولفه نیروی واحد و سه مولفه ممان واحد در هر سه راستای مختصات دستگاه کارتیزین، و در نقطه اثر فرضی (گره شماره ۴ شکل ۲) سازه مورد تحلیل قرار گرفته است و مولفه‌های نیرو در اتصالات سه‌گانه به عنوان خروجی‌های تحلیل از نرم‌افزار دریافت گردیده است. جداول نتایج تحلیل‌ها را در قالب مولفه‌های نیرو و ممان واحد نشان داده است به گونه‌ای که در هر حالت، تنها یک اثر واحد (نیرو و یا ممان) بر روی نقطه اثر، اعمال و تحلیل صورت گرفته است. مشاهده می‌شود که در تمامی حالات در اتصالات سه‌گانه ممانی حادث نشده است که البته با توجه به طبیعت مفصلی این نقاط، قابل پیش‌بینی نیز بوده است. بعد از تحلیل شش حالت اثرات واحد، می‌تون اثرات منتقل شده بر روی سه گره اتصالات را به صورت یک ترکیب خطی از اثرات وارد شده در محل گره چهارم نوشت. در توجیه این کار می‌توان به قضایای بار واحد و یا کار مجازی در مکانیک جامدات اشاره نمود به طوری که در حالت الاستیک مصالح مهندسی، اثرات به وجودآمده در تکیه‌گاه‌های سه‌گانه مزبور را می‌توان در ارتباط خطی با مقدار بار وارده بر سازه در نظر گرفت. به این ترتیب، اگر M_{zp} ، M_{yp} ، M_{xp} ، F_{zp} ، F_{yp} ، F_{xp} مولفه‌های نیرو و ممان در نقطه اثر گره ۴ باشند، مولفه‌های نیرو در سر اتصالات تراکتور و یا همان عکس‌العمل‌های سه تکیه‌گاه، F_{xi} و F_{yi} و F_{zi} (اندیس i شماره اتصالات ۱ تا ۳ است) به صورت ترکیب خطی اثرات گره ۴ با ضرایب مربوط به تحلیل‌های اثرات واحد خواهند بود:

اما با توجه به این که دنباله‌بند در حالت تعادل استاتیکی قرار گرفته است، اگر مقدار نیروها در مرکز مقاومت دنباله‌بند (نقطه‌ای که اثرات وارده بر دنباله‌بند در آن محدود به سه مولفه نیرو می‌باشد) در راستاهای اصلی، F_x ، F_y و F_z باشند تساوی این سه نیرو با نیروهای واقع در اتصالات مبرهن است.

$$\begin{aligned}
 F_x &= F_{x1} + F_{x2} + F_{x3} \\
 F_y &= F_{y1} + F_{y2} + F_{y3} \\
 F_z &= F_{z1} + F_{z2} + F_{z3}
 \end{aligned}
 \quad ۲$$

اگر مولفه‌های M_{zp} و M_{yp} ، M_{xp} ، F_{zp} ، F_{yp} ، F_{xp} مولفه‌های نیرو و ممان در نقطه اثر گره ۴ و مبین اثرات انتقال یافته واقعی باشند به این ترتیب، مولفه‌های واقعی نیروها و ممانها در هر نقطه دلخواه از

دنباله‌بند ($F_z, F_y, F_x, M_x, M_y, M_z$) به صورت اثرات شش‌گانه مولفه‌های نیرو و ممان در گره ۴ و در قالب مولفه‌های $F_{xp}, F_{yp}, F_{zp}, M_{xp}, M_{yp}, M_{zp}$ قابل تعریف خواهند بود. بردار کلی ممان در گره ۴، M_p در اثر بارهای اعمال شده در نقطه به مختصات (x, y, z) به صورت رابطه ۳ می‌باشد.

۳

$$\vec{M}_p = \begin{vmatrix} i & j & k \\ x & y & z \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix} + M_x i + M_y j + M_z k =$$

$$(yF_z - zF_y + aF_y + M_x) \hat{i} - (xF_z - zF_x + aF_x - aF_z + M_y) \hat{j} + (xF_y - yF_x - aF_y + M_z) \hat{k}$$

در صورت اعمال بارهای واحد و در گره چهارم با مختصات $(a, a, 0)$ رابطه فوق به صورت رابطه ۴ خواهد بود:

$$\vec{M}_p = \begin{vmatrix} i & j & k \\ x-a & y & z-a \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} + i + j + k = (y-z+a+1) \hat{i} + (z-x+1) \hat{j} + (x-y-a+1) \hat{k}$$

۴

بردار نیروی کلی در گره چهارم هم به صورت رابطه ۵ و بر اساس نیروهای واقع در مرکز مقاومت دنباله‌بند قابل ارائه است.

$$\vec{F}_p = \hat{i} + \hat{j} + \hat{k} \quad ۵$$

به منظور تحلیل مدل، از روش اعمال بار واحد استفاده می‌شود به طوری که با اعمال بارهای شش‌گانه مشتمل بر سه مولفه نیروی واحد و سه مولفه ممان واحد در هر سه راستای مختصات دستگاه کارتزین، و در نقطه اثر فرضی (گره شماره ۴ شکل) سازه مورد تحلیل قرار گرفته است و مولفه‌های نیرو در اتصالات سه‌گانه به عنوان خروجی‌های تحلیل از نرم‌افزار دریافت گردیده است. جداول ۲ مربوط به خروجی‌های نرم‌افزار است و نتایج تحلیل‌ها را در قالب مولفه‌های نیرو و ممان واحد نشان داده است به گونه‌ای که در هر حالت، تنها یک اثر واحد (نیرو و یا ممان) بر روی نقطه اثر، اعمال و تحلیل صورت گرفته است. مشاهده می‌شود که در تمامی حالات در اتصالات سه‌گانه ممانی حادث نشده است که البته با توجه به طبیعت مفصلی این نقاط، قابل پیش‌بینی نیز بوده است. بعد از تحلیل شش حالت اثرات واحد، می‌تون اثرات منتقل شده بر روی سه گره اتصالات را به صورت یک ترکیب خطی از اثرات وارد شده در محل گره چهارم نوشت. در توجیه این کار می‌توان به قضایای بار واحد و یا کار مجازی در مکانیک جامدات اشاره نمود به طوری که در حالت الاستیک مصالح مهندسی، اثرات به وجود آمده در تکیه‌گاه‌های سه‌گانه مزبور را می‌توان در ارتباط خطی با مقدار بار وارده بر سازه در نظر گرفت. به این ترتیب، اگر $F_{xp}, F_{yp}, F_{zp}, M_{xp}, M_{yp}, M_{zp}$ مولفه‌های نیرو و ممان در نقطه اثر گره ۴ باشند، مولفه‌های نیرو در سر اتصالات تراکتور و یا همان عکس‌العمل‌های سه تکیه‌گاه، F_{xi} و F_{yi} و F_{zi} (اندیس i شماره اتصالات ۱ تا ۳ است) به صورت ترکیب خطی اثرات گره ۴ با ضرایب مربوط به تحلیل‌های اثرات واحد خواهند بود:

$$\begin{aligned}
F_{x1} &= a_1 F_{xp} + b_1 F_{yp} + c_1 F_{zp} + d_1 M_{xp} + e_1 M_{yp} + f_1 M_{zp} \\
F_{y1} &= a_2 F_{xp} + b_2 F_{yp} + c_2 F_{zp} + d_2 M_{xp} + e_2 M_{yp} + f_2 M_{zp} \\
F_{z1} &= a_3 F_{xp} + b_3 F_{yp} + c_3 F_{zp} + d_3 M_{xp} + e_3 M_{yp} + f_3 M_{zp} \\
F_{x2} &= a_4 F_{xp} + b_4 F_{yp} + c_4 F_{zp} + d_4 M_{xp} + e_4 M_{yp} + f_4 M_{zp} \\
F_{y2} &= a_5 F_{xp} + b_5 F_{yp} + c_5 F_{zp} + d_5 M_{xp} + e_5 M_{yp} + f_5 M_{zp} \\
F_{z2} &= a_6 F_{xp} + b_6 F_{yp} + c_6 F_{zp} + d_6 M_{xp} + e_6 M_{yp} + f_6 M_{zp} \\
F_{x3} &= a_7 F_{xp} + b_7 F_{yp} + c_7 F_{zp} + d_7 M_{xp} + e_7 M_{yp} + f_7 M_{zp} \\
F_{y3} &= a_8 F_{xp} + b_8 F_{yp} + c_8 F_{zp} + d_8 M_{xp} + e_8 M_{yp} + f_8 M_{zp} \\
F_{z3} &= a_9 F_{xp} + b_9 F_{yp} + c_9 F_{zp} + d_9 M_{xp} + e_9 M_{yp} + f_9 M_{zp}
\end{aligned}$$

۶

ضرائب a, b, c نتایج تحلیل بارهای واحد و ممان های واحد هستند. با انجام عملیات ماتریسی بر روی معادله فوق می توان رابطه کلی بین مقدار نیروها در مرکز مقاومت دنباله بند و اثرات به وجود آمده در اتصال سه نقطه تراکتور را استخراج نمود. به این ترتیب می توان ترکیب خطی اثرات نه گانه نیرو در اتصالات را در قالب ماتریسی به صورت رابطه ۷ بیان نمود.

$$\begin{Bmatrix} f_{x1} \\ f_{x2} \\ f_{x3} \\ f_{y1} \\ f_{y2} \\ f_{y3} \\ f_{z1} \\ f_{z2} \\ f_{z3} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0 & -0.125E-2 & 0.125E-2 \\ 0.5 & -0.5 & 0.5 & 0 & -0.125E-2 & -0.125E-2 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0.25E-2 & 0 \\ -0.425 & 0.401 & 0.55E-1 & 0.78E-3 & 0.44E-3 & -0.95E-4 \\ 0.42 & 0.40 & -0.55E-1 & 0.78E-3 & -0.44E-3 & -0.96E-4 \\ 0 & 0.197 & 0 & -0.15E-2 & 0 & 0.19E-3 \\ -0.10E-1 & -0.98E-1 & 0.36 & -0.46E-3 & -0.35E-3 & -0.95E-4 \\ -0.10E-1 & 0.98E-1 & 0.36 & -0.46E-3 & -0.33E-3 & -0.96E-4 \\ 0.20E-1 & 0 & 0.28 & 0.38 & 0.68E-3 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} f_{xp} \\ f_{yp} \\ f_{zp} \\ M_{xp} \\ M_{yp} \\ M_{zp} \end{Bmatrix}$$

۷

جدول ۲ نتایج بارگذاری مدل تحت بارهای واحد

PRINT SUMMED NODAL LOADS

***** POST1 SUMMED TOTAL NODAL LOADS LISTING *****

LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1
TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0

THE FOLLOWING X,Y,Z SOLUTIONS ARE IN GLOBAL COORDINATES

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	.50000	-.42539	-.10354E-01			
2	.50000	.42539	-.10354E-01			
3			.20708E-01			
4	-1.0000					
NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	.50000	.40110	-.98898E-01			
2	-.50000	.40110	.98898E-01			
3		.19780				
4		-1.0000				
NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	.50000	.55411E-01	.36098			
2	.50000	-.55411E-01	.36098			
3	-1.0000		.27804			
4			-1.0000			
NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1		.78419E-03	-.46581E-03			
2		.78419E-03	.46581E-03			
3		-.15684E-02				
4				-1.0000		
NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	-.12500E-02	.44122E-03	-.33967E-03			
2	-.12500E-02	-.44122E-03	-.33967E-03			
3	.25000E-02		.67934E-03			
4					-1.0000	
NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	.12500E-02	-.95943E-04	-.95943E-04			
2	-.12500E-02	-.95943E-04	.95943E-04			
3		.19189E-03				
4						-1.0000

با جایگزینی مقدار درایه های ماتریس نیروها و ممانها از رابطه ۳ رابطه ۸ برای استاندارد نوع دوم اتصال سه نقطه به دست می آید:

$$\begin{Bmatrix} f_{x1} \\ f_{x2} \\ f_{x3} \\ f_{y1} \\ f_{y2} \\ f_{y3} \\ f_{z1} \\ f_{z2} \\ f_{z3} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0 & -0.125E-2 & 0.125E-2 \\ 0.5 & -0.5 & 0.5 & 0 & -0.125E-2 & -0.125E-2 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0.25E-2 & 0 \\ -0.425 & 0.401 & 0.55E-1 & 0.78E-3 & 0.44E-3 & -0.95E-4 \\ 0.42 & 0.40 & -0.55E-1 & 0.78E-3 & -0.44E-3 & -0.96E-4 \\ 0 & 0.197 & 0 & -0.15E-2 & 0 & 0.19E-3 \\ -0.10E-1 & -0.98E-1 & 0.36 & -0.46E-3 & -0.35E-3 & -0.95E-4 \\ -0.10E-1 & 0.98E-1 & 0.36 & -0.46E-3 & -0.33E-3 & -0.96E-4 \\ 0.20E-1 & 0 & 0.28 & 0.38 & 0.68E-3 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ yF_z - zF_y + aF_y + M_x \\ xF_z - zF_x + aF_x - aF_z + M_y \\ xF_y - yF_x - aF_y + M_z \end{Bmatrix}$$

۸

در این رابطه a به اعمال نوع استاندارد اتصال سه نقطه مربوط است و مشاهده می گردد که با در دست داشتن مقدار بار و نقطه اثر بارها (شامل نیرو و ممان) می توان به تعیین مقدار نیرو در سر اتصالات سه گانه تراکتور به دنباله بند پرداخت که در قالب ماتریس سمت چپ معادله بالا رخ می نماید. در این رابطه، برنامه ساده ای در محیط متلب نوشته شده و در قدم اول مقدار پارامتر مربوط به نوع استاندارد اتصال (a) توسط برنامه مورد سوال قرار می گیرد و سپس با وارد کردن مولفه های شش گانه نیرو و ممان و نیز مختصات سه گانه محل اعمال این بارها، نرم افزار طی تحلیل ساده ای مقدار نیروهای نه گانه سر اتصالات را محاسبه می نماید.

هدف دیگری که در راستای این تحقیق مد نظر بوده است، استفاده معکوس از روابط به دست آمده در بخش قبلی است. به عبارت دیگر، با اعمال ملاحظات بتوان با در دست داشتن مقدار نیروها در سر اتصالات تراکتور به تعیین محل نقاط خاصی از قبیل مرکز مقاومت دنباله بند و مقدار نیروهای واقع در آن پرداخت. به همین منظور، اگر بتوان رابطه را به صورت معکوس در آورد می توان به نتیجه مشابهی دست یافت که البته مشکل این رابطه در مربع نبودن ماتریس ضرائب تحلیل بار واحد می باشد. به همین منظور از یک فرض نسبتا ایده آل برای رفع مشکل مربوطه استفاده شده است به این ترتیب که با صرف نظر کردن از امکان رخداد مولفه های نیروی عرضی در اتصالات، سه سطر از ماتریس ضرائب حذف گردیده و این ماتریس به یک ماتریس مربع شش در شش تبدیل خواهد گردید. اکنون می توان با اعمال ضرب ماتریس معکوس ماتریس به دست آمده در طرفین معادله تغییر یافته، ماتریس مربوط به مقدار و موقعیت نقاط خاص را به دست آورد.

$$\begin{pmatrix} 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0 & -0.125E-2 & 0.125E-2 \\ 0.5 & -0.5 & 0.5 & 0 & -0.125E-2 & -0.125E-2 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0.25E-2 & 0 \\ -0.10E-1 & -0.98E-1 & 0.36 & -0.46E-3 & -0.35E-3 & -0.95E-4 \\ -0.10E-1 & 0.98E-1 & 0.36 & -0.46E-3 & -0.35E-3 & -0.96E-4 \\ 0.20E-1 & 0 & 0.28 & 0.38 & 0.68E-3 & 0 \end{pmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} f_{x1} \\ f_{x2} \\ f_{x3} \\ f_{z1} \\ f_{z2} \\ f_{z3} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ yF_z - zF_y + aF_y + M_x \\ xF_z - zF_x + aF_x - aF_z + M_y \\ xF_y - yF_x - aF_y + M_z \end{Bmatrix}$$

۹

بنابر این، ماتریس سمت راست بر حسب حاصلضرب ماتریسهای سمت چپ به دست می آید که البته چون دارای نه پارامتر می باشد و با توجه به در دست بودن تنها شش معادله از تساوی طرفین، باید سه پارامتر معلوم در دست باشد و در همین رابطه می توان به کارآیی رابطه به دست آمده در تعیین محل مرکز مقاومت دنباله بند اشاره کرد چراکه در این نقطه با علم به اینکه هیچگونه ممانی در آن حادث نخواهد گردید لذا حالت $M_x = M_y = M_z = 0$ شرط رعایت شش مجهول را در رابطه به دست آمده اقلان نموده و می توان به تعیین شش پارامتر باقیمانده به قرار سه مولفه نیرو در محل مرکز مقاومت دنباله بند و نیز سه مختصه مکان نقطه مزبور امیدوار بود. رابطه اخیر هم در محیط متلب مورد برنامه سازی قرار گرفته است و نرم افزار با اعمال ماتریس معکوس ضرائب، به فرایند تعیین محل مرکز مقاومت دنباله بند و نیز مقدار نیروها در نقطه مذکور منجر گردیده است. معادله مزبور تنها زمانی دچار مشکل در تحلیل خواهد شد که مقدار دترمینان ضرائب صفر گردد و در این حالت خاص هم به طور کلی نمی توان محل نقطه اثر منحصر به فردی را برای مرکز مقاومت دنباله بند معرفی نمود و این محدودیت منحصر به روش ارائه شده در این تحقیق نمی باشد.

نتیجه گیری:

در صورت اندازه گیری نیروهای سر اتصالات تراکتور و دنباله بند، می توان با استفاده از شرایط تامین تعادل مکانیکی دنباله بند، رابطه منطقی این نیروها را با مقدار نیروها و ممانهای واقع بر روی دنباله بند و نیز محل اثر آنها تعیین نمود. در این پژوهش به استخراج مجموعه روابطی در قالب کلی و ماتریسی برای بیان رابطه مزبور پرداخته شده است و در یک ارتباط دوسویه سعی شده است با در دست داشتن داده های یک طرف معادله کلی (اثرات و نقطه اثر آنها و یا نیروهای سر اتصالات) به تعیین پارامترهای طرف دیگر پرداخت. معادله کلی برای چهار استاندارد متنوع اتصالات به دست آمده است و در هر حالت تحلیل معادله در محیط متلب مورد بررسی قرار گرفته است.

منابع:

۱. شفیعی، سید احمد، ۱۳۷۱، اصول ماشینهای کشاورزی. انتشارات دانشگاه تهران.

۲- Bernakj, H., Haman, J., Kanafoiskj, C.Z., " *Agricultural Machines, Theory and construction* " 1972

۳. *ASAE Standards, 1992, American Society of Agricultural Engineering, MI, USA.*

۴. Fenner R.T., 1986, *Engineering Elasticity, Application of Numerical and Analytical Techniques. JOHN WILEY & SONS.*

Δ. Kelvin N. I., I. F. Popove, V. A. Sakun, 1985, Agricultural Machines Theory of operation, Computation of Controlling Parameters and the Conditions of operation. A.A.Balkema /Rotterdam.