شبیه‌سازی دینامیکی و تحلیل بارهای وارد بر نوعی جادۀ قابل حمل سبک

مجتبی رضایی[1]، احمد محمودی[2]، ابوذر اسحقی اسکوئی[3]، رضا حسینی ثانی[4]

۱ کارشناس ارشد، پژوهشکدۀ علوم و فناوری دفاعی شمال غرب، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ارومیه، mm_rezayi@mut.ac.ir

۲ کارشناس ارشد، پژوهشکدۀ علوم و فناوری دفاعی شمال غرب، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ارومیه

۳ دانشجوی دکتری، دانشگاه تهران، تهران

٤ کارشناس ارشد، پژوهشکدۀ علوم و فناوری دفاعی شمال غرب، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ارومیه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۲۳

چکیده

با توجه به اینکه بعضی از مناطق جغرافیایی ایران به‌ویژه مناطق کوهستانی شمال غرب اقلیم سرد و کوهستانی با بارش‌های زیاد برف و باران دارند، اغلب به‌دلیل بارش‌های زیاد برف و باران و نیز ایجاد گل‌ولای در مسیرهای مواسلاتی، گاه این جاده‌ها برای مدت‌های طولانی بسته می‌شوند و عملاً ارتباط نقاط روستایی و نیز مراکز نظامی مرزی قطع می‌گردد. از جمله روش‌های حل این مشکل و کمک به عادی‌سازی رفت‌وآمد، پیشنهاد طراحی و ساخت جاده‌های قابل حمل توسط خودرو و نفر است که در مواقع ضروری روی بستر این راه‌ها قرارگرفته و به‌عنوان جادۀ پوششی عمل می‌کنند. در این مقاله نوعی پروفیل آلومینیومی ناودانی‌شکل جهت استفاده به‌عنوان جادۀ قابل حمل برای نوعی خودرو تویوتا هایلوکس با بار کلی ۳ تن طراحی شده و حرکت خودرو روی آن به‌صورت دینامیکی شبیه‌سازی و تحلیل شده است. در پایان تنش‌های اعمالی براساس زوایای پروفیل و نیز سرعت حرکت خودرو روی پروفیل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

واژگان کلیدی: جادۀ قابل حمل، پروفیل آلومینیومی، تنش اعمالی، زاویۀ پروفیل

۱. مقدمه

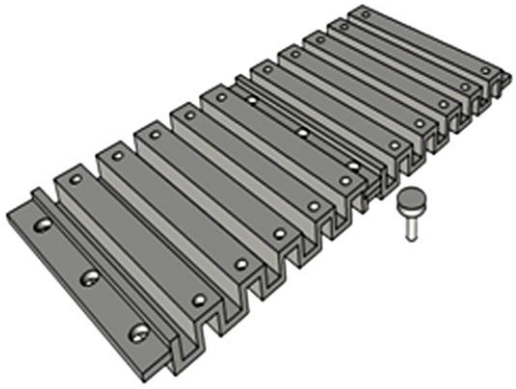
با توجه به شرایط جغرافیایی و اقلیمی مناطق کوهستانی شمال غرب کشور، که بارش‌های زیاد برف و باران دارند، و به‌دلیل ایجاد گل‌ولای در مواقع بارش، جاده‌های محلی و مواسلاتی تخریب و یا پوشیده از برف و گل‌ولای شده و دسترسی به مناطق روستایی، به‌ویژه پایگاه‌های مرزی به‌سختی و با مشکلات فراوان انجام می‌گیرد. یک پیشنهاد ساده و عملی برای حل این مشکل و ایجاد سهولت در تردد به این مناطق، طراحی و ساخت نوعی جادۀ قابل حمل سبک است که در مواقع لزوم به عنوان پوشش موقت روی جاده قرار می‌گیرد و، به‌عنوان جاده‌ای پوششی، تردد وسائل نقلیه را تسهیل می‌کند. این جاده‌ها از چندین پد سبک و قابل حمل تشکیل می‌شوند و می‌توانند در طول یا عرض به هم متصل شوند و پس از عبور وسیلۀ نقلیه دوباره جمع شوند. معمولاً جنس این پدها از مواد مختلف فلزی همچون آلومینیوم و مواد غیرفلزی از قبیل انواع پلیمرها یا

ترکیبی از آنهاست. جاده‌های قابل حمل علاوه بر استفاده در شرایط جوی ناسازگار، که به‌دلیل نامناسب بودن شرایط خاک ساخت یک جادهٔ دائمی غیرممکن است، از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به‌صرفه‌اند و نصب و جمع‌آوری آنها به سهولت امکان پذیر می‌باشد [۱-۴].

در جوامع پیشرفته انواع مختلف جاده‌های قابل حمل برای کمک به وسائل نقلیه جهت تردد در شرایط محیطی طراحی و ساخته شده و چندین شرکت در این زمینه فعالیت می‌کنند که از آن جمله می‌توان به شرکت فان[۱]، مبی مت[۲] و مگا دک[۳] اشاره کرد. در شکل ۱ نمونه‌ای ازیک پد مورد استفاده به‌عنوان جادهٔ قابل حمل، ساخته‌شده توسط شرکت فان، نمایش داده شده است. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، این پدها به صورت نر و ماده‌اند و به‌منظور پوشش سطح مورد نظر به یکدیگر متصل می‌شوند. دمای کاری این پدها از ۴۰- تا ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد بوده و می‌توان برای عبور انواع خودرو در مناطق برفی و شنزارهای ساحلی از آنها استفاده کرد [۵].

شکل۱. نمونه‌ای از پد قابل حمل ساخته‌شده توسط شرکت فان [۵]

از مهمترین پارامترهای مهم در طراحی این نوع پدها، انتخاب مادهٔ مناسب و قابلیت تطبیق شکل آن با توپولوژی راه است. مادهٔ مورد نظر علاوه بر تحمل بارها و تنش‌های وارده، باید با شرایط محیطی از قبیل سرما و رطوبت و خوردگی نیز سازگار باشد. در این مقاله با توجه به شرایط کوهستانی مناطق شمال غرب کشور و با توجه به پارامترهای اشاره‌شده، از نوعی ورق فلزی از جنس آلیاژ آلومینیوم ۶۰۶۱ با ضخامت ۳ تا ۴ میلی‌متر، که به‌صورت ناودانی فرم داده می‌شود، به‌عنوان جادهٔ قابل حمل سبک جهت تردد وسیلهٔ نقلیهٔ مورد نظر استفاده می شود (شکل ۲). مشخصات مکانیکی ورق آلومینیومی مورد استفاده در سازهٔ جاده نیز در جدول ۱ ذکر شده است.



شکل۲. نمونه‌ای از جادهٔ ایجادشده از پدهای آلومینیومی

جدول ۱. مشخصات مکانیکی ورق آلومینیومی 6061-T6 [٦]

خواص	مقدار
استحکام تسلیم (مگاپاسکال)	۲۷۶
درصد ازدیاد طول	٪۱۷
مدول الاستیک (گیگاپاسکال)	۶۸/۹
ضریب پواسون	۰/۳۳

۲. مدلسازی سطح تماس تایر با جاده

چون اعمال بار از طرف خودرو بر سطح پدها، از طریق لاستیک ها صورت می‌گیرد، ابتدا باید نحوهٔ توزیع بار بر سطح جاده از طرف خودرو مشخص شود. در این مقاله، خودرو مورد نظر نوعی تویوتا هایلوکس دوکابین است که مشخصات آن در جدول ۲ ذکر شده است.

جدول ۲. مشخصات فنی تویوتا هایلوکس [۷]

وزن خالص خودرو بدون سرنشین و بار[۴]	۱۸۲۰ کیلوگرم
وزن کل خودرو[۵] (شامل وزن حداکثر بار و جز این‌ها)	۲۶۸۰ کیلوگرم
حداکثر ظرفیت تحمل بار[۶]	۸۶۰ کیلوگرم
حداکثر بار قابل‌تحمل توسط اکسل جلو[۷]	۱۲۸۰ کیلوگرم
حداکثر بار قابل‌تحمل توسط اکسل عقب[۸]	۱۶۰۰ کیلوگرم
قطر رینگ چرخها	۱۵ اینچ

بیشینهٔ بار وارده از طرف خودرو بر سطح جاده به‌صورت رابطهٔ ۱ نشان داده می‌شود:

$$W_{tot} = W_g + W_c + W_v \qquad (۱)$$

به‌طوری‌در معادلهٔ ۱ W_{tot} بیشینهٔ بار کل وارد بر پد است که برابر با مجموع سه بار بیشینه شامل وزن خودرو W_g، وزن قسم بار تویوتا W_v و وزن سرنشینان خودرو W_c می‌باشد. با در دست داشتن مقادیر ذیل و از جدول ۲ و با در نظر گرفتن چهار نفر سرنشین و وزن ۸۵ کیلوگرم برای هر کدام، وزن کل برابر با ۳ تن خواهد بود.

$$W_g = 1820 \quad W_c = 860 \quad W_v = 4 \times 85 = 340$$

$$W_{tot} = 1820 + 860 + 340 = 3 ton \qquad (۲)$$

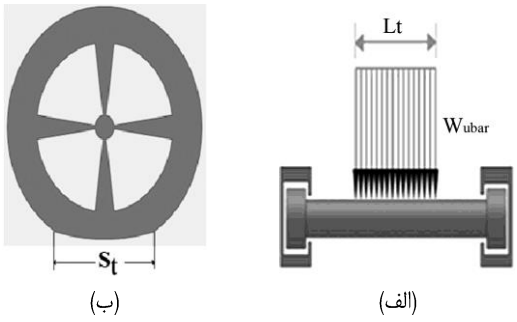
در معادلهٔ ۲، W_{tot} بار کلی است که توسط چهار چرخ تویوتا تحمل می‌شود. با درنظر گرفتن اطلاعات ارائه‌شده در جدول ۲ ملاحظه می‌شود که بیشترین بار ممکن قابل تحمل توسط اکسل‌های تویوتا هایلوکس برابر ۱۲۸۰ و ۱۶۰۰ کیلوگرم به ترتیب برای اکسل‌های جلو و عقب می‌باشد. این بار که حداکثر بار ممکن می‌باشد، شامل وزن خودرو، وزن کلیهٔ سرنشینان، وزن قسمت بار، وزن قرارگرفته روی سقف کابین و جز این‌هاست. ملاحظه می‌شود که بار تحمل‌شده توسط اکسل‌های عقب خودرو بیشتر از اکسل جلو است؛ در نتیجه بار وارده بر جادهٔ قابل حمل از طرف چرخ عقب در حالت بیشینه خواهد بود. حداکثر بار تحمل‌شده توسط چرخ‌های تویوتا هایلوکس در بیشترین حالت ممکن به‌صورت ۳ است.

$$W_{de} = W_b = 800\,kg \qquad (۳)$$

به‌طوری‌که W_{de} بیشینهٔ بار محاسبه‌شده در طراحی و انجام محاسبات مورد استفاده قرار گرفته است. از دیگر فاکتورهای طراحی جادهٔ قابل حمل، مقدار سطح تماس لاستیک با جاده اس که به نوع لاستیک و بار وارد بر آن بستگی دارد. در شکل ۳ بارهای وارده بر پد و طول تماس لاستیک خودرو با آن نمایش داده شده است. بار طراحی W_{de}، از طریق پهنای تایر L_t، روی سطح جاده که زیر کمان S_t قرار دارد توزیع می‌شود. چون بار به‌صورت گسترده روی سطح وارد می‌شو، لذا:

$$W_{ubarr} = \frac{W_{bar}}{L_t} = W_{ds} / L_t \qquad (۴)$$

به‌طوری‌که W_{ubar} بزرگی بار یکنواخت و گسترده‌ای است که به سطح پد وارد می‌شود. برای تعیین طول سطح تماس لاستیک با سطح، نیاز به تعیین داده‌های استاتیکی و دینامیکی تایر است که داده‌های استاتیکی از مشخصات فنی مربوط به شرکت سازندهٔ خودور و تایر و داده‌های دینامیکی از نرم‌افزارهای کاربردی شرکت سازندهٔ تایرها استخراج می‌شود.



شکل ۳. نمایی شماتیک از مدلسازی

الف) بارهای وارده بر پد، ب) طول تماس لاستیک خودرو با پد

۳. تعیین پارامترهای استاتیکی تایر

با تعریف عرض رینگ[۹]، قطر رینگ[۱۰]، نسبت منظر تایر[۱۱]، شاخص بار تایر[۱۲] و شاخص سرعت تایر[۱۳] برای چرخ‌های تویوتای مورد نظر، مطابق جدول سازنده و با توجه به بارهای محاسبه‌شده، تایر انتخابی از نوع 255/70R15 می‌باشد [۸–۹]. برای وانت‌های تویوتا هایلوکس معمولاً عرض رینگ در محدودهٔ ۶ تا ۹ اینچ می‌باشد و اغلب تولیدکنندگان و طراحان مقدار ۸ اینچ را برای عرض رینگ پیشنهاد کرده و مورد استفاده قرار می‌دهند؛ زیرا در این حالت تعادلی بین کنترل و فرمان پذیری و کیفیت رانندگی به‌وجود می‌آید، به‌طوری‌که به ازای مقادیر پهن‌تر یا باریک‌تر، از فرمان‌پذیری یا کیفیت رانندگی کاسته می‌شود. برای عرض رینگ ۸ اینچ و در نظر گرفتن قطر رینگ برابر با ۱۵ اینچ، نسبت منظر تایر (نسبت ارتفاع مقطع تایر به پهنای تایر) برابربا ۷۰ خواهد بود [۸–۹]. همچنین با انتخاب شاخص بار تایر برابر ۱۰۸ و شاخص سرعت تایر S برابر با ۱۸۰ از جدول ۳ می‌توان داده‌های دینامیکی را محاسبه نمود [۱۰–۱۱].

۴. تعیین پارامترهای دینامیکی تایر

برای محاسبهٔ ابعاد سطح تماس تایر با زمین، به پارامترهای دینامیکی فشار، سرعت تایر و حداکثر بار لاستیک نیاز است. با

در نظر گرفتن اطلاعات موجود در کاتالوگ سازندهٔ تایر، فشار تایر ۲۹ پوند بر اینچ مربع و سرعت تایر۲۰ کیلومتر بر ساعت انتخاب می‌شود [۱۲]. با جایگذاری داده‌های استاتیکی و دینامیکی در نرم‌افزار مورد نظر [۷]، طول و پهنای سطح تماس تایر جاده به‌ترتیب برابر با ۲۴۲ و ۲۰۶/۶ میلی‌متر به‌دست می‌آید:

$$S_t = 242\,mm$$
$$L_t = 206.6\,mm \qquad (۵)$$

با توجه به مقادیر به‌دست آمده، بار گسترده و یکنواخت وارد بر سطح به‌صورت ۶ محاسبه می‌شود.

$$W_{ubar} = W_{ds} / L_t = 800 / 206.6\,km/mm \qquad (۶)$$

جدول۳. شاخص سرعت تایرها [۷]

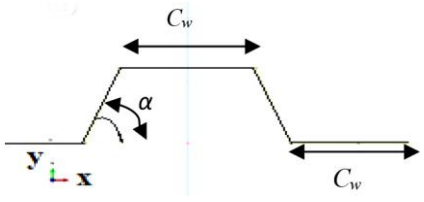
سرعت (کیلومتر بر ساعت)	شاخص سرعت	سرعت (کیلومتر بر ساعت)	شاخص سرعت
۱۰۰	J	۵	A1
۱۱۰	K	۱۰	A2
۱۲۰	L	۱۵	A3
۱۳۰	M	۲۰	A4
۱۴۰	N	۲۵	A5
۱۵۰	P	۳۰	A6
۱۶۰	O	۳۵	A7
۱۷۰	R	۴۰	A8
۱۸۰	S	۵۰	B
۱۹۰	T	۶۰	C
۲۰۰	U	۶۵	D
۲۱۰	H	۷۰	E
۲۴۰	V	۸۰	F
۲۷۰	Y	۹۰	G

۵. شکل هندسی جادهٔ قابل حمل

به‌عنوان فرض اولیه، یک پد نمونه با ابعاد ۷۰×۵۰ سانتی‌متر و ضخامت ۴ میلی‌متر تحت بار۸۰۰ کیلوگرم در نظر گرفته و تحلیل می‌شود. هندسهٔ پروفیل پد نمایش داده شده در شکل ۱ در شکل ۴ نمایش داده شده است. در این شکل α زاویه و C_w اندازهٔ دهانهٔ کانال پروفیل است.

۶. شبیه‌سازی دینامیکی پروفیل‌ها

به‌منظور شبیه‌سازی دینامیکی حرکت تایر روی پد، مطابق شکل ۵ فرض می‌شود که لاستیک از دو قسمت تشکیل شده است که دایرهٔ داخلی نقش محور را دارد و تمامی بارگذاری‌ها به مرکز آن وارد شده و نقطهٔ مبنا نامیده می‌شود. تماس بین لاستیک و ورق جادهٔ قابل‌حمل در حالت حداکثر اصطکاک بین آنها تعریف شده است؛ زیرا در این حالت حداکثر تنش برشی بر ورق وارد خواهد شد. تحلیل با استفاده از نرم‌افزار آباکوس و به‌صورت غیرخطی بوده و مقادیر مدول یانگ، ضریب پواسون و چگالی به‌ترتیب برابر ۵/۰۵ و ۰/۴۵ مگاپاسکال و ۳۱۱۳۲/۰ کیلوگرم بر متر فرض می‌شود. با توجه به غیرخطی بودن تحلیل دینامیکی، برای جلوگیری از طولانی‌شدن حل مسئله، از تعداد ۱۶۱۳۱ المان برای پروفیل استفاده شده است.



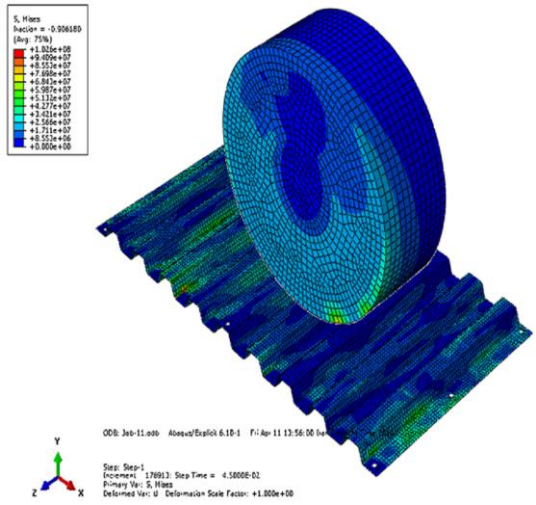
شکل ٤. زاویه و اندازهٔ دهانهٔ کانال پروفیل آلومینیومی

۷. تأثیر سرعت در تنش ورق‌ها

با توجه به اینکه در این تحلیل، تنش‌های لاستیک نیز محاسبه شده است، مقدار تنش به‌دست آمده از نرم‌افزار مربوط به لاستیک می‌باشد و برای به‌دست آوردن تنش مربوط به جاده، باید نقاط حساس و دارای تمرکز تنش آن مورد بررسی قرار گیرند. برای درک بیشتر توزیع تنش در ورق در حین عبور لاستیک، مقادیر تنش در نقاط خاصی که می‌توانند مهم باشند، در کل زمان تحلیل در مسئلهٔ فوق مورد بررسی قرار گرفته است. این نقاط در شکل ۶) با توجه به اهمیت آنها انتخاب شده است که یا مستقیماً تحت تأثیر بار دینامیکی لاستیک می‌باشند و یا احتمال تمرکز در آنها وجود دارد.

جهت بررسی تأثیر سرعت بر تنش در پدهای جاده، سه سرعت ۳۶، ۲۵ و ۱۵ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته شده و تحلیل برای دو زاویهٔ پروفیل ۷۰ و ۹۰ درجه صورت می‌گیرد. جدول‌های ۴ و ۵ مقادیر حداکثر تنش حاصل از تحلیل دینامیکی پدهای جاده را در حین عبور خودرو در نقاط مشخص شده نشان می‌دهند. با بررسی این جدول‌ها ملاحظه می‌شود که با افزایش سرعت لاستیک، حداکثر تنش در ورق کاهش می‌یابد. اگرچه این اختلاف زیاد نیست، اما از این جهت که در سرعت

های بالا محدودیت چندانی نخواهد بود حائز اهمیت است. نتیجهٔ دیگری که از این جداول گرفته می‌شود این است که در تمامی سرعت‌ها، تنش‌های مربوط به زاویهٔ پروفیل ۹۰ درجه دارای مقادیر کمتری می‌باشند و این اختلاف برابر ۴۲ درصد می‌باشد. لذا می‌توان نتیجه گرفت که زاویهٔ پروفیل ۹۰ درجه زاویه مناسب برای استفاده در ورق جادهٔ قابل حمل می‌باشد. در جدول ۶ مقادیر حداکثر تنش استخراج‌شده از تحلیل‌های دینامیکی برای سرعت‌های مختلف و زاویه پروفیل‌های ۷۰ و ۹۰ درجه که طراحی جاده براساس آنها صورت خواهد گرفت جمع‌بندی شده است و شکل) نیز مقادیر تنش جاده را برحسب سرعت‌های مختلف لاستیک و برای زاویه‌های مختلف پروفیل ارائه داده است.



شکل ۵. کانتور تنش در تحلیل دینامیکی ورق جادهٔ قابل حمل

شکل ٦. نقاط بررسی‌شده جهت تحلیل دینامیکی

جدول ٤. مقادیر حداکثر تنش حاصل از تحلیل دینامیکی پد جادهٔ قابل‌حمل برای زاویهٔ پروفیل ۷۰ درجه

	سرعت خطی (کیلومتر بر ساعت)	۳۶	۲۵	۱۵
زاویهٔ پروفیل ۷۰ درجه	گره	حداکثر تنش		
	۱	۸۲	۵۶	۴۵
	۲	۱۸۱	۷۰	۹۳
	۳	۵۵	۲۰۳	۱۳۱
	۴	۱۴۶	۷۸	۱۰۳
	۵	۶۰	۱۹۴	۱۸۹
	۶	۵۰	۶۵	۲۱۸
	۷	۱۴۴	۴۱	۶۵
	۸	۷۵	۵۰	۲۴
	۹	۶۹	۷۵	۲۵۸
	۱۰	۶۶	۷۱	۲۳۲
	۱۱	۱۹۳	۸۲	۱۰۰
	۱۲	۴۶	۴۶	۴۸
	۱۳	۹۵	۱۰۵	۶۱
	۱۴	۰	۰	۰

از جدول ۶ مشاهده می‌شود که با افزایش سرعت لاستیک، حداکثر تنش در ورق کاهش می‌یابد. دلیل تغییرات نامنظم تنش در سرعت‌های مختلف این است که افزایش تنش‌ها ناشی از ضربات لاستیک می‌باشد که برحسب سرعت‌های مختلف محل آن متفاوت است. شکل ۷ مقادیر میانگین تنش در پد را نمایش می‌دهد. مشاهده می‌شود که مقادیر میانگین تنش حاصل از

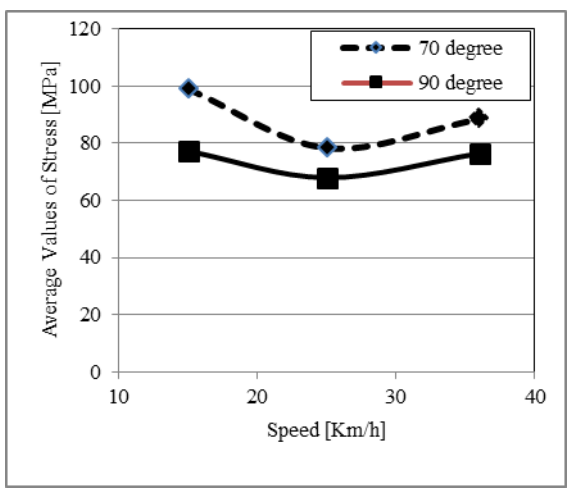
زاویهٔ پروفیل ۹۰ درجه کمتر از مقادیر متناظر در زاویهٔ پروفیل ۷۰ درجه است. از طرفی مشاهده می‌شود که آثار تغییر سرعت در مقادیر تنش در هر دو زاویه ناچیز بوده و در حالت کلی با افزایش سرعت، مقادیر تنش کاهش نسبی پیدا می‌کنند.

جدول ۵. مقادیر حداکثر تنش حاصل از تحلیل دینامیکی ورق جاده قابل‌حمل برای زاویه پروفیل ۷۰ درجه

	سرعت خطی (کیلومتر بر ساعت)	۳۶	۲۵	۱۵
زاویهٔ پروفیل ۹۰ درجه	گره	حداکثر تنش		
	۱	۵۱	۵۴	۵۷
	۲	۹۰	۶۹	۱۱۸
	۳	۱۱۹	۵۲	۵۷
	۴	۸۱	۹۲	۹۸
	۵	۱۱۳	۷۵	۷۳
	۶	۳۳	۴۷	۱۰۳
	۷	۸۰	۶۶	۹۴
	۸	۷۹	۷۴	۴۰
	۹	۷۷	۱۴۰	۱۲۷
	۱۰	۷۶	۸۶	۸۶
	۱۱	۱۲۳	۱۲۳	۱۵۰
	۱۲	۲۷	۱۹	۳۶
	۱۳	۱۲۷	۹۱	۸۷
	۱۴	۰	۰	۰

جدول ٦. مقادیرحداکثر تنش برای دو زاویهٔ پروفیل ۷۰ و ۹۰ درجه به ازای سرعت‌های مختلف لاستیک (ضخامت ۵ میلی‌متر)

حداکثر تنش ورق (مگاپاسکال)		سرعت خطی لاستیک (کیلومتر بر ساعت)	سرعت خطی لاستیک (متر بر ثانیه)	سرعت دورانی لاستیک (دور بر دقیقه)
زاویه پروفیل (۹۰ درجه)	زاویه پروفیل (۷۰ درجه)			
۱۵۰	۲۵۸	۱۵	۴/۱۶۶۷	۱۶/۶۶۶۷
۱۴۰	۲۰۳	۲۵	۶/۹۴۴۵	۲۷/۷۷۸
۱۲۷	۱۹۳	۳۶	۱۰	۴۰



شکل ۷. میانگین تنش‌های حداکثر در نقاط مختلف ورق با زاویهٔ پروفیل ۷۰ و ۹۰ درجه برحسب سرعت‌های مختلف و مستخرج از تحلیل دینامیکی پد

۸. نتیجه‌گیری

به‌منظور بررسی اثر هندسه روی تنش‌ها در یک پد مورد استفاده به‌عنوان جادهٔ قابل حمل، یک پد نمونه از جنس پد آلیاژ آلومینیوم 6061-T6 به ابعاد ۷۰×۵۰ سانتی‌متر مربع و ضخامت ۴ میلی‌متر، تحت بار ۸۰۰ کیلوگرم مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مشاهده شد که با افزایش سرعت لاستیک، حداکثر تنش در ورق کاهش می‌یابد. سطح تنش‌ها در ورق با پروفیل ۹۰ درجه در حالت کلی کمتر از مقادیر مشابه در ورق با زاویه پروفیل ۷۰ درجه می‌باشد. همچنین مقادیر حداکثر تنش با افزایش سرعت برای هر دو زاویه کاهش می‌یابد. با افزایش سرعت حدکثر تنش حاصل از زاویهٔ پروفیل ۹۰ درجه کمتر از مقادیر متناظر در زاویه پروفیل ۷۰ درجه است. در پایان می‌توان نتیجه گرفت که زاویهٔ پروفیل بیین ۷۰ تا ۹۰ درجه زوایای مناسب در فرایند ساخت و فرم‌دهی پروفیل جادهٔ قابل حمل می‌باشند.

۹. مآخذ

[1] Lynn, A., "Device for improving tire traction", US Patent 20120273582, pp.1-13, 2012.

[2] Studstill, H., "Foldable vehicle wheel traction device", US Patent 8,210,443B2, pp.1-11, 2012.

[3] Bouchard, J., "Ground mat and method of making the same using recycled tires", US 2013/0259568 A1, pp.1-15, 2013.

[4] Fan, H., F. Liu, H. Long. "Locomotion of vehicles on hinged road mats." *Journal of Terramechanics* 48, 2011, pp. 47-55.

[5] Faun track way, http://www.Fauntrackway.com (accessed August 1, 2014).

[6] Davis, J., R., Allenet, P., et al. "Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials", *ASM Handbook*, 10th Edition, Vol. 2, 1990, pp.1-1342.

[7] The Toyota Hilux specifications, Armored Toyota Hilux, http://www.toyota-europe.com (accessed august 30, 2014).

[8] Wheel fitment & tire size quid and knowledge base, http://www.wheel-size.com/size/toyota/hilux (accessed august 25, 2014).

[9] Knowles, D., J. Erjavec, *Basic automotive service and maintenance*, Cengage Learning Publisher, 2004, pp. 1-697.

[10] Jazar, R. N., *Vehicle Dynamics: Theory and Application*, Springer Science & Business Media, 2013.

[11] Schnubel, M., *Today's Technician: Automotive Suspension & Steering Classroom Manual and Shop Manual*, 6th Edition, Cengage Learning Publisher, 2014.

[12] Pure Tyre, http://www.puretyre.co.uk/toyota-tyre-pressures (accessed sep. 1, 2014).

پی‌نوشت

1. Faun
2. Mobi-Mat
3. Mega Deck
4. Kerb weight
5. gross vehicle weight
6. max payload
7. axle load limit, front
8. axle load limit, rear
9. rim width
10. rim Diameter
11. aspect Ratio
12. tire load index number
13. tire speed index letter