

تحلیل استاتیکی و دینامیکی نوعی پدآلومینیومی مورد استفاده بعنوان جاده قابل حمل

مجتبی رضایی^{۱*}، احمد محمودی^۲، ابوذر اسحقی اسکوئی^۳، رضا حسینی ثانی^۴

* نویسنده مسئول: mm_Rezayi@mut.ac.ir

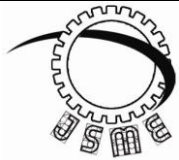
واژه‌های کلیدی	چکیده
ماده قابل حمل، پروفیل آلومینیومی، دهانه کانال، زاویه پد	با توجه به شرایط جغرافیایی و اقلیمی بعضی از مناطق کوهستانی که اغلب پوشیده از برف و یخ می باشند راههای مواسلاتی به مناطق روستایی و بویژه پایگاههای مرزی نا مناسب بوده و رفت و آمد و وسایط نقلیه و نیز حمل و نقل تجهیزات و نفرات به سختی انجام می پذیرد. جهت حل این مشکل و کمک به تسهیل رفت و آمد، می توان پدهایی طراحی نمود که بر روی بستر این مسیرها قرار گرفته و بعنوان نوعی جاده پوششی مورد استفاده قرار گیرند. در این مقاله نوعی پروفیل آلومینیومی فرم داده شده بصورت دهانه های ناودانی شکل جهت استفاده بعنوان پد قابل حمل جهت پوشش جاده، طراحی و تحلیل شده و بارهای وارده از طرف یک خودرو تویوتا هایلوکس با بار حدود ۳ تن شبه سازی می شود. حداکثر تنش های اعمالی بر اساس پارامترهای هندسی پد از قبیل دهانه کانال، فاصله دهانه و زوایای فرم دهی مورد بررسی قرار می گیرد.
تاریخ ارسال: ۱۳۹۳/۰۶/۱۵	
تاریخ بازنگری: ۱۳۹۳/۱۱/۲۰	
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۱۵	

۱- کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم و فناوری دفاعی شمال غرب، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ارومیه، ایران.

۲- کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم و فناوری دفاعی شمال غرب، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ارومیه، ایران.

۳- دانشجوی دکترا، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه تهران، ایران.

۴- کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم و فناوری دفاعی شمال غرب، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ارومیه، ایران.



Journal of
Solid Mechanics
in Engineering

Journal of Solid Mechanics in Engineering

<http://jsme.iaukhsh.ac.ir>



Static and Dynamic Analyze of the an Aluminum Pad used as Portable Roadway

MojtabaRezaye^{1,*}, Ahmad Mahmoudi², Abozar ehsaghi oskoei³, Reza Husseini Sane⁴

* Corresponding Author: mm_Rezayi@mut.ac.ir

Abstract:

Due to geographic and climatic conditions in mountainous northwest area, Roads in these areas are often covered with snow, ice and mud. Hence Transportation of equipment and soldiers encounter hardship and difficulties in rural area and specially outposts. To solve these problems, it is needed to fabricate portable roadway or traction mats. These high strength mats cover surface of roads and are compatible with mentioned conditions. In this Research an Aluminum alloy profile used as a portable pad and loads was analyzed and simulated for a Toyota Hilux with 3 ton weight. In order to selection optimal geometry, relation between stress and geometric parameters such as dimension, profile channel length and forming angle of pad was investigated. Results showed that the optimal profile angel, thickness and channel length is 90° , 4 mm and 3 mm respectively.

Key words:

Portable roadway
Aluminum profile
Profile channel
Pad angel

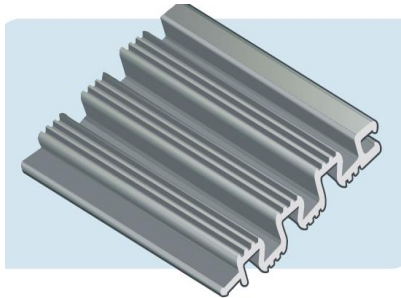
1- MSc, North West Institute of the Defense Science and Technology, Malek Ashtar University, Urmia, Iran.

2- MSc, North West Institute of the Defense Science and Technology, Malek Ashtar University, Urmia, Iran.

4- Phd student, Department of Mechanical Engineering, Tehran University, Tehran, Iran.

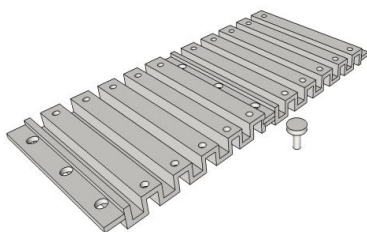
4- MSc, North West Institute of the Defense Science and Technology, Malek Ashtar University, Urmia, Iran.

توسط شرکت فان، نشان داده شده است. همان طور که در شکل (۱) مشاهده می شود این پدها به صورت نر و ماده بوده و بمنظور پوشش سطح مورد نظر به یکدیگر متصل می شوند. دمای کاری این پدها از 40°C تا $40^{\circ}\text{C}+$ بوده و می توان برای عبور انواع خودروها در مناطق برفی، و شن زارهای ساحلی از آنها استفاده کرد [۵].



شکل (۱) نمونه ای از پد قابل حمل ساخته شده توسط شرکت فان [۵]

یکی از پارامترهای مهم در طراحی این نوع پدها، انتخاب ماده مناسب و قابلیت تطبیق شکل آن با توپولوژی جاده می باشد. ماده مورد نظر علاوه بر تحمل بارها و تنش های وارده، باید با شرایط محیطی از قبیل سرما و رطوبت و خوردگی نیز سازگار باشد. در این مقاله با توجه به شرایط محیطی منطقه شمالغرب و با توجه به پارامترهای اشاره شده در بالا، از نوعی ورق فلزی از جنس آلایژ آلومینیوم ۶۰۶۱ با ضخامت ۳-۴ میلیمتر که بصورت ناودانی فرم داده میشود بعنوان پد جهت تردد وسیله نقلیه مورد نظر استفاده می شود (شکل ۲).



شکل (۲) نمونه جاده ایجاد شده از پدهای آلومینیومی

مشخصات مکانیکی ورق آلومینیومی مورد استفاده در سازه پد در جدول (۱) نشان داده شده است.

۱- مقدمه

با توجه به شرایط جغرافیایی و اقلیمی مناطق کوهستانی شمال غرب کشور و بارش زیاد برف و باران و وجود گل و لای و نیز نبود جاده مناسب، دسترسی به مناطق روستایی بویژه پایگاه های مرزی به سختی و با مشکلات فراوان انجام می گیرد. یک راه حل برای این مشکل، طراحی و ساخت نوعی پدهای سبک و قابل حمل توسط نفر میباشد که در مواقع لزوم بعنوان پوشش موقت بر روی جاده قرار گرفته و بعنوان جاده ای پوششی تردد وسایل نقلیه را تسهیل سازند. این جاده های قابل از چندین پد سبک و قابل حمل تشکیل می شوند که می توانند در طول و یا عرض به یکدیگر متصل شده و پس از عبور وسیله نقلیه دوباره جمع شوند.

جنس این پدها معمولاً از مواد مختلف فلزی مانند آلومینیوم و مواد غیر فلزی از قبیل انواع پلیمرها و یا ترکیبی از آنها می باشد. جاده های قابل حمل علاوه بر استفاده در شرایط جوی ناسازگار کهنه دلیل نامناسب بودن شرایط خاک ساخت یک جاده دائمی غیر ممکن است، از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه بوده و نصب و جمع آوری آنها به سهولت امکان پذیر می باشد [۱-۴].

در کشورهای پیشرفته انواع مختلف جاده های قابل حمل برای کمک به وسایل نقلیه جهت تردد در شرایط محیطی طراحی و ساخته شده و چندین شرکت در این زمینه فعالیت می کنند که می توان به شرکت فان^۱، شرکت مبی مت^۲ و شرکت مگادک^۳ اشاره نمود. در شکل (۱) نمونه ای از یک پد مورد استفاده بعنوان جاده قابل حمل ساخته شده

۱-Faun

۲-Mobi-Mat

۳-Mega Deck

جدول (۱) مشخصات مکانیکی ورق آلومینیومی ۶-۶۱T-۶ [۶]

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

۳- تعیین بار چرخ و مدل سازی سطح تماس تایر با

جاده

بیشینه بار وارد شده از طرف خودرو بر سطح جاده بصورت زیر نشان داده می شود:

$$W_{tot} = W_g + W_c + W_v \quad (1)$$

در معادله بالا، W_{tot} بیشینه بار کل وارد بر پد می باشد که برابر مجموع سه بار بیشینه شامل وزن خودرو W_g ، وزن قسم بار تویوتا W_v و وزن سرشینان خودرو W_c می باشد. با دست داشتن مقادیر $W_g=1820$ و $W_c=860$ از جدول (۲) و با در نظر گرفتن ۴ نفر سرشینان و وزن ۸۵ کیلوگرم برای هر کدام یعنی $W_v=4 \times 85=340$ ، وزن کل برابر می شود با:

$$W_{tot} = 1820 + 860 + 340 = 2920 \text{ ton} \quad (2)$$

در معادله (۲)، W_{tot} بار کلی است که توسط چهارچرخ تویوتا تحمل می شود. با در نظر گرفتن اطلاعات ارائه شده در جدول (۲) ملاحظه می شود که بیشترین بار ممکن قابل تحمل توسط اکسل های تویوتا هایلوکس برابر ۱۲۸۰ و ۱۶۰۰ کیلوگرم به ترتیب برای اکسل های جلو و عقب می باشد. این بار که حداکثر بار ممکن می باشد، شامل وزن خودرو، وزن کلیه سرشینان، وزن قسمت بار، وزن قرار گرفته بر روی سقف کابین و غیره می باشد. ملاحظه می شود که بار تحمل شده توسط اکسل های عقب خودرو بیشتر از اکسل جلو می باشد در نتیجه بار وارد شده بر جاده قابل حمل از طرف چرخ عقب در حالت بیشینه خواهد بود. حداکثر بار تحمل شده توسط چرخ های تویوتا هایلوکس در بیشترین حالت ممکن به صورت زیر محاسبه می شود:

$$W_{de} = W_b = 800 \text{ kg} \quad (5)$$

که W_{de} بیشینه بار محاسبه شده در طراحی و انجام محاسبات مورد استفاده قرار گرفته است. از دیگر فاکتورهای طراحی جاده قابل حمل، مقدار سطح تماس لاستیک با پد می باشد

۲- تحلیل بارهای وارد بر پد

از آنجا که اعمال بار از طرف خودرو بر روی سطح پدها، از طریق لاستیک ها صورت می گیرد لذا ابتدا باید نحوه توزیع بارها بر روی سطح جاده از طرف خودرو مشخص شود. خودرو مورد نظر در این تحقیق نوعی تویوتا هایلوکس دو کابین می باشد که مشخصات آن در جدول (۲) و همچنین تایر مورد استفاده در این خودرو (255/70R15) در شکل (۴) نشان داده شده اند.

جدول (۲) مشخصات فنی تویوتا هایلوکس [۷]

وزن	حالت های مختلف خودرو
۱۸۲۰ کیلوگرم	وزن خالص خودرو بدون سرشینان و بار ^۱
۲۶۸۰ کیلوگرم	وزن کل خودرو ^۲ (شامل وزن حداکثر بارو ...)
۸۶۰ کیلوگرم	حداکثر ظرفیت تحمل بار ^۳
۱۲۸۰ کیلوگرم	حداکثر بار قابل تحمل توسط اکسل جلو ^۴
۱۶۰۰ کیلوگرم	حداکثر بار قابل تحمل توسط اکسل عقب ^۵
۱۵ اینچ	قطر رینگ چرخ ها



شکل (۴) مشخصات تایر مورد استفاده جهت تجزیه و تحلیل و ابعاد پد

آلومینیومی [۷]

۱- Kerb weight

۴- Gross vehicle weight

۵- Max payload

۶- Axle load limit, front

۷- Axle load limit, rear

تایر^۵ (Si) برای چرخ‌های تویوتا مورد نظر، مطابق جدول سازنده و با توجه به بارهای محاسبه شده، تایر انتخابی از نوع 255/70R15 می‌باشد [۹و۸]. برای وانت‌های تویوتا هایلوکس معمولاً عرض رینگ در محدوده ۶ تا ۹ اینچ می‌باشد و اغلب تولید کنندگان و طراحان مقدار ۸ اینچ را برای عرض رینگ پیشنهاد کرده و مورد استفاده قرار می‌دهند؛ زیرا در این حالت تعادلی بین کنترل و فرمان‌پذیری و کیفیت رانندگی به وجود می‌آید به طوری که به ازای مقادیر پهن تر و یا باریک تر، از فرمان‌پذیری یا کیفیت رانندگی کاسته می‌شود. برای عرض رینگ ۸ اینچ و با توجه به شکل (۶) و در نظر گرفتن قطر رینگ برابر با ۱۵ اینچ، نسبت منظر تایر (نسبت ارتفاع مقطع تایر به پهنای تایر) برابر خواهد بود با $Ar = 70$ [۹و۸]. 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 [۱۱،۱۰].

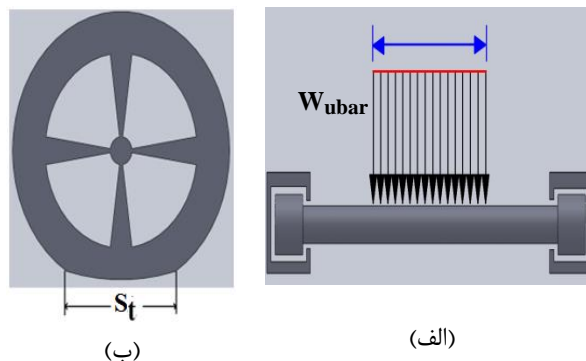
Output Vehicle Data	Result Tire 1	Result Tire 2
Vehicle Tire Section Width (@ vehicle load, speed and air pressure)	340 mm	340 mm
Vehicle Tire Section Height (@ vehicle load, speed and air pressure)	136.6 mm	136.6 mm
Vehicle Tire Deflection (@ vehicle load, speed and air pressure)	39.42 mm	39.42 mm
Vehicle Tire Rolling Circumference (@ vehicle load, speed and air pressure)	2055.1 mm	2055.1 mm
Vehicle Dynamic Rolling Radius (@ vehicle load, speed and air pressure)	327.1 mm	327.1 mm
Vehicle Tire Stiffness Rate (@ vehicle load, speed and air pressure)	20.3 kg/mm	20.3 kg/mm
Contact Patch Width (@ vehicle load, speed and air pressure)	206.6 mm	206.6 mm
Contact Patch Length (@ vehicle load, speed and air pressure)	242 mm	242 mm
Contact Patch Area (@ vehicle load, speed and air pressure)	499.91 cm ²	499.91 cm ²
Speedometer Reading (Tire 1 is assumed accurate)	20 km/h	20 km/h
Tire Suspension Comfort Value	10	10

شکل (۶) ابعاد سطح تماس تایر تویوتا هایلوکس مورد نظر [۷]

۵- تعیین پارامترهای دینامیکی تایر

جهت محاسبه ابعاد سطح تماس تایر با زمین، نیاز به پارامترهای دینامیکی فشار، سرعت تایر و حداکثر بار لاستیک می‌باشد.

که بستگی به نوع لاستیک و نیز بار وارد بر آن دارد. در شکل (۵) بارهای وارده بر پد و طول تماس لاستیک خودرو با آن نشان داده شده است.



شکل (۵) مدل سازی: (الف) بارهای وارده بر پد (ب) طول تماس لاستیک خودرو با پد

بار طراحی W_{de} ، از طریق پهنای تایر L_t ، بر روی سطح جاده که زیر کمان S_t قرار دارد توزیع می‌شود. از آنجا که بار به صورت گسترده بر روی سطح وارد می‌شود داریم:

$$W_{ubar} = \frac{W_{bar}}{L_t} = W_{as}/L_t \quad (6)$$

که 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 می‌باشد که داده‌های استاتیکی از مشخصات فنی مربوط به شرکت سازنده خودرو و تایر و داده‌های دینامیکی نیز از نرم افزارهای کاربردی شرکت سازنده تایرها استخراج می‌شود.

۴- تعیین پارامترهای استاتیکی تایر

با تعریف عرض رینگ^۱ (R_w)، قطر رینگ^۲ (R_d)، نسبت منظر تایر^۳ (Ar)، شاخص بار تایر^۴ (Li)، شاخص سرعت

۱- Rim width

۲- Rim Diameter

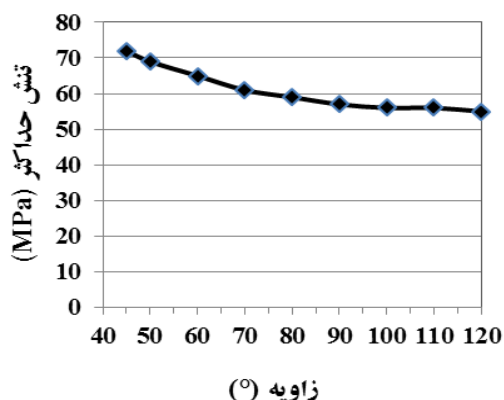
۳- Aspect Ratio

۴- Tire Load Index Number

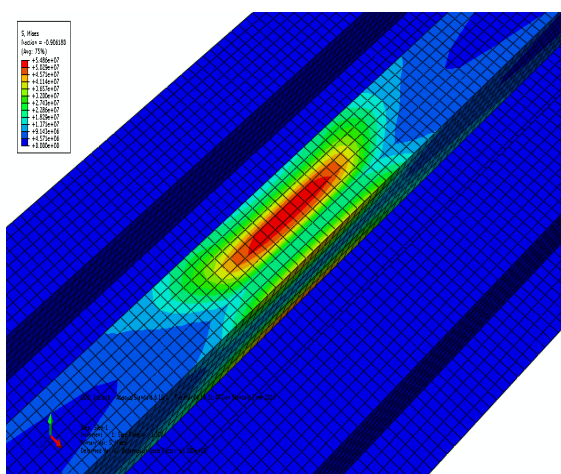
۵- Tire Speed Index letter

با در نظر گرفتن اطلاعات موجود در کاتالوگ سازنده تایر، فشار تایر $Tp=29\text{psi}$ و سرعت تایر ۲۰ کیلومتر بر ساعت انتخاب می‌شود [۱۲]. با جایگذاری داده‌های استاتیکی و دینامیکی در نرم افزار اشاره شده [۷]، خروجی شامل سطح تماس تایر با جاده بصورت شکل (۶) می‌باشد.

چنانکه مشاهده می‌شود افزایش زاویه α باعث کاهش مقدار حداکثر تنش در پد شده و باعث همگرا شدن مقادیر حداکثر تنش به عدد ثابت ۵۵ می‌گردد (شکل ۸). از طرفی افزایش زاویه پروفیل پد باعث انتقال تمرکز تنش به لبه پایینی کانال می‌گردد که در شکل (۹) مشاهده می‌شود و احتمال شکست از این مقطع بحرانی را افزایش می‌دهد.



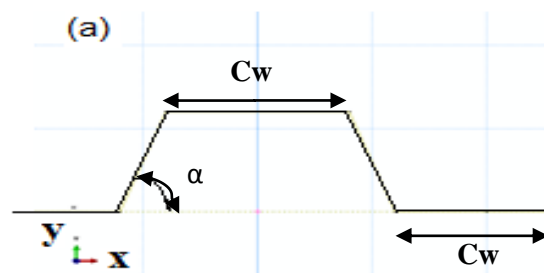
شکل (۸) روند تغییرات حداکثر تنش پد به ازای زوایای مختلف پروفیل در ضخامت پد و بارگذاری ثابت



شکل (۹) نتایج تحلیل تنش پد به ازای $\alpha=120^\circ$ و تمرکز تنش به وجود آمده در آن

جدول (۳) شاخص سرعت تایرها [۱]

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



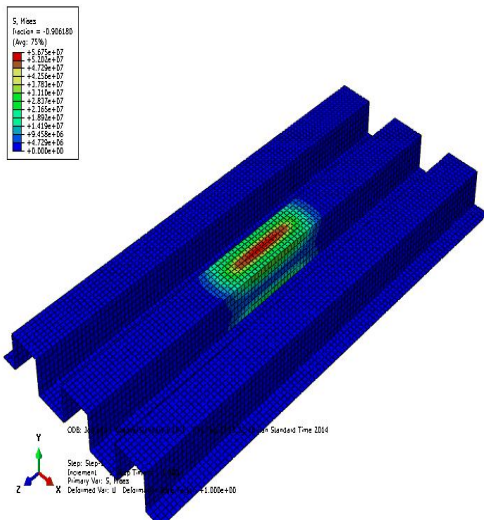
شکل (۷) زاویه و اندازه دهانه کانال (C_w) پروفیل آلومینیومی

جدول (۴) مقادیر حداکثر تنش در پد به ازای زوایای مختلف پروفیل در

ضخامت پد و بارگذاری ثابت

زاویه پروفیل (α)	حداکثر تنش پد (MPa)
45°	۷۲
50°	۶۹
60°	۶۵
70°	۶۱
80°	۵۹
90°	۵۷
100°	۵۶
110°	۵۶
120°	۵۵

کمانش محلی در پد مشاهده نمی‌شود و زاویه بهینه $\alpha = 90^\circ$ را تأیید می‌کند.



شکل (۱۱) نتایج تحلیل تنش پد به ازای $\alpha = 90^\circ$

۷- تحلیل استاتیکی مقادیر حداکثر تنش بر حسب اندازه دهانه

برای بررسی تأثیر اندازه دهانه کانال، مقادیر حداکثر تنش برای دو زاویه پروفیل 70° درجه و 90° درجه به ازای اندازه دهانه‌های مختلف شکل (۱۲) مورد تحلیل قرار گرفته است که نتایج آن در جدول (۶) آورده شده است.

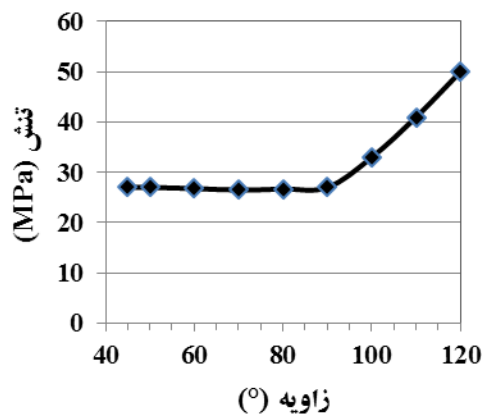
مطابق جدول (۶)، کاهش اندازه دهانه باعث افزایش استحکام سازه می‌شود که از نظر تحمل مقادیر حداکثر تنش عاملی مثبت می‌باشد. البته بایستی توجه داشت که با کاهش اندازه دهانه، در واقع صلبیت پد افزایش و انعطاف‌پذیری آن کاهش می‌یابد. در نتیجه بایستی اندازه دهانه را مقداری متوسط در نظر گرفت. نکته قابل توجه دیگر که از جدول (۶) استنتاج می‌شود، تغییر نسبت حداکثر تنش در اندازه دهانه‌های مختلف می‌باشد که در زوایای پروفیل مختلف تقریباً ثابت می‌باشد و لذا این نکته می‌تواند در پیش‌بینی تنش‌ها در زوایای پروفیل و اندازه دهانه‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

در ناحیه فوق‌الذکر برای تمامی زوایای پروفیل تمرکز تنش مورد بررسی قرار گرفته که نتایج آن در شکل (۵) و شکل (۱۰) مشاهده می‌شود.

جدول (۵) مقادیر تنش در پد به ازای زوایای مختلف پروفیل

زاویه پروفیل (α)	تنش پد (MPa)
45°	۲۷/۱
50°	۲۷/۰
60°	۲۶/۸
70°	۲۶/۵
80°	۲۶/۷
90°	۲۷
100°	۳۳
110°	۴۱
120°	۵۰

همانطور که در شکل (۱۰) مشاهده می‌شود بعد از زاویه 90° درجه، تنش در محل مورد نظر شدیداً افزایش می‌یابد. با مقایسه جدول (۴) و (۵) مشاهده می‌شود که با تغییر زاویه پروفیل از 90° درجه به 120° درجه، تنش در موقعیت مشخص شده در شکل (۱۰)، به مقدار $85/2$ افزایش پیدا می‌کند، درحالی که حداکثر تنش در پد تنها به مقدار $3/51$ کاهش یافته است. لذا می‌توان نتیجه گرفت که زاویه 90° درجه، زاویه بهینه برای پروفیل پد خواهد بود.



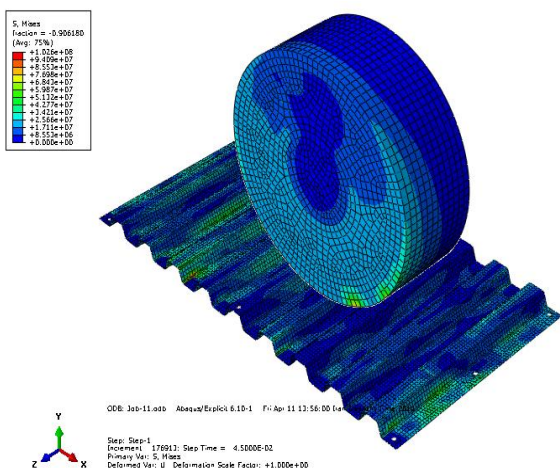
شکل (۱۰) روند تغییرات تنش پد به ازای زوایای مختلف پروفیل

شکل (۱۱) نتایج تحلیل را برای مقدار $\alpha = 90^\circ$ نشان می‌دهد که در این پروفیل هیچ‌گونه عیوب و نقص از جمله

مختلف دارای روند تکرارپذیری می‌باشد. با جمع‌بندی مباحث فوق می‌توان نتیجه گرفت که با کمک جدول (۴) و جدول (۶) می‌توان مقادیر تقریبی حداکثر تنش در پد را به ازای اندازه دهانه‌های کانال و زوایای پروفیل مختلف پیش-بینی کرد.

۸- تحلیل دینامیکی پدها

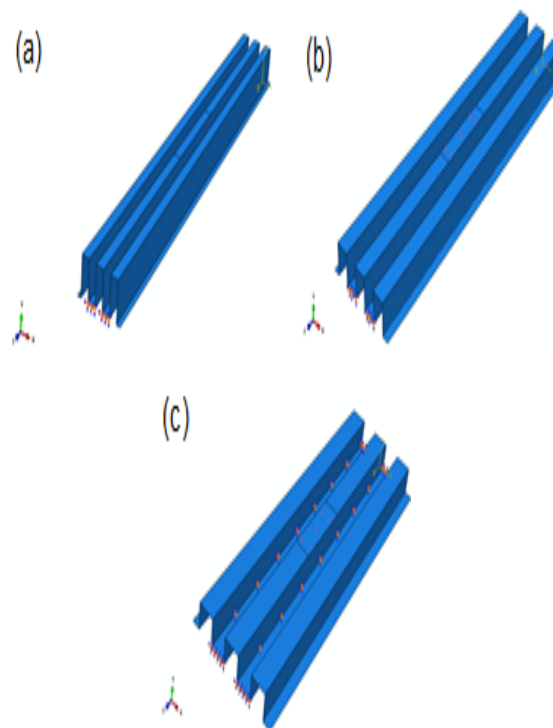
به منظورشیه سازی دینامیکی حرکت تایر بر روی پد، مطابق شکل (۱۳) فرض می‌شود که لاستیک از دو قسمت تشکیل شده که دایره داخلی قش محور را دارد و تمام ییارگذارها به مرکز آن وارد شده‌اند و نقطه مبنا نامیده می‌شود. تماس بین لاستیک و ورق جاده قابل حمل در حالت حداکثر اصطکاک بین آنها تعریف شده است چرا که در این حالت حداکثر تنش بر شیب ورق وارد خواهد شد. تحلیل به صورت غیر خطی بوده و مقادیر مدول یانگ، ضریب پواسون و چگالی بهتر تیب برابر ۵/۰۵ و ۰/۴۵ مگا پاسکال و ۳۱۱۳۲/۰ کیلوگرم بر مترمکعب فرض می‌شود.



شکل (۱۳) - کانتور تنش در تحلیل دینامیکی ورق جاده قابل حمل

۸-۱- تأثیر سرعت در تنش ورق‌ها

جهت بررسی تأثیر سرعت بر تنش در پدها، سه سرعت ۳۶، ۲۵ و ۱۵ کیلومتر بر ساعت در نظر گرفته شده و تحلیل برای



شکل (۱۲) شماتیک کلی پد با زاویه پروفیل ۹۰ درجه در اندازه دهانه‌های کانال مختلف، (a) ۲ cm، (b) ۳ cm، (c) ۴ cm

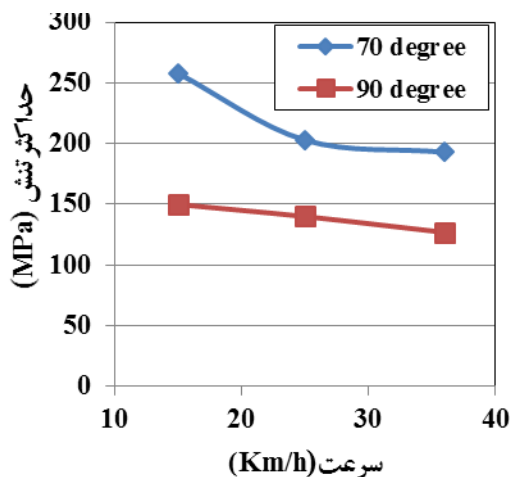
جدول (۶) مقادیر حداکثر تنش برای دو زاویه پروفیل ۷۰ درجه و ۹۰ درجه به ازای اندازه دهانه‌های مختلف و ضخامت ۴mm

اندازه دهانه کانال (cm)	حداکثر تنش وارد از لاستیک (MPa)	حداکثر تنش پد (MPa)	
		زاویه پروفیل (۷۰°)	زاویه پروفیل (۹۰°)
۲	۳/۶۸	۳۳	۳۰/۵
۳	۲/۴۵	۴۹	۴۴/۳
۴	۱/۸۴	۶۱	۵۷

مطابق جدول (۶) در زاویه پروفیل ۷۰ درجه، مقادیر تنش به ترتیب برای اندازه دهانه‌های ۲، ۳ و ۴ سانتیمتر برابر ۳۳، ۴۹ و ۶۱ می‌باشد؛ یعنی نسبت تنش‌های اندازه دهانه ۴ به ۳ و ۴ به ۲، به ترتیب برابر ۱/۲۴ و ۱/۸۴ می‌باشد و همین مقادیر به ازای زاویه پروفیل ۹۰ درجه، به ترتیب برابر ۳۰/۵ و ۴۴/۳ می‌باشد. لذا مشاهده می‌شود که مقادیر حداکثر تنش به ازای تغییر اندازه دهانه‌های مختلف و در زاویه پروفیل‌های

با مقایسه شکل‌های (۱۴ و ۱۵) مشاهده می‌شود که روند تغییرات حداکثر تنش در زاویه پروفیل ۹۰ درجه دارای تکرارپذیری و نظم بیشتری می‌باشد و مهم‌تر اینکه سطح تنش‌ها در ورق با پروفیل ۹۰ درجه در حالت کلی حدود ۴۲٪ کمتر از مقادیر مشابه در ورق با زاویه پروفیل ۷۰ درجه می‌باشد. می‌توان نتیجه گرفت که از نظر دینامیکی نیز مشابه شرایط استاتیکی، زاویه پروفیل ۹۰ درجه مناسب برای استفاده در ورق جاده قابل حمل می‌باشد.

شکل (۱۶) مقادیر حداکثر تنش در پد را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که مقادیر حداکثر تنش حاصل از زاویه پروفیل ۹۰ درجه کمتر از مقادیر متناظر در زاویه پروفیل ۷۰ درجه است. از طرفی مشاهده می‌شود که تأثیرات تغییر سرعت در مقادیر حداکثر تنش در هر دو زاویه ناچیز بوده و در حالت کلی با افزایش سرعت، مقادیر حداکثر تنش کاهش نسبی پیدا می‌کنند.



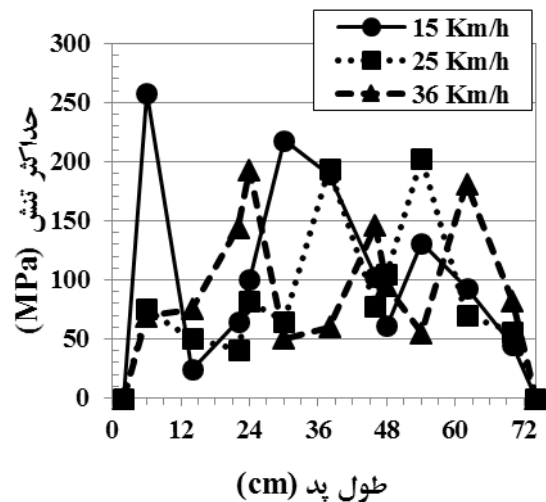
شکل (۱۶) - مقادیر حداکثر تنش در پد برای زوایای ۷۰ و ۹۰ درجه بر حسب سرعت‌های مختلف

۹- نتیجه گیری

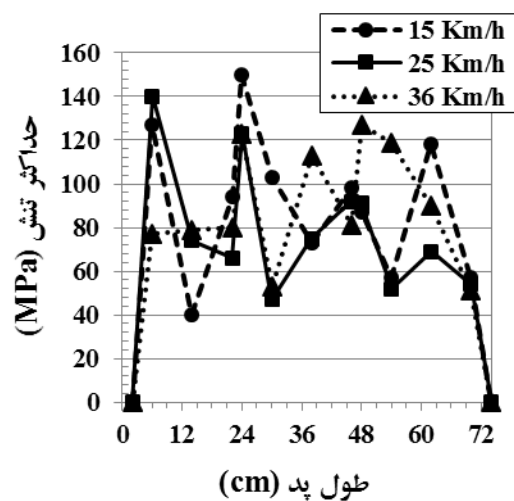
بمنظور بررسی اثر هندسه بر روی تنش‌ها در یک پد مورد استفاده بعنوان جاده قابل حمل، یک پد نمونه از جنس پد آلایاز آلومینیوم T۶-۶۰۶۱ به ابعاد $۵۰ \times ۷۰ \text{ Cm}^2$ و ضخامت ۴ میلی متر، تحت بار ۸۰۰ کیلوگرم مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج زیر بدست آمد:

دو زاویه پروفیل ۷۰ و ۹۰ درجه صورت می‌گیرد. روند تغییرات تنش در طول ورق جاده قابل حمل در سرعت‌های مختلف و برای زاویه پروفیل‌های ۷۰ و ۹۰ درجه به ترتیب در شکل‌های (۱۴ و ۱۵) ارائه شده است.

مشاهده می‌شود که با افزایش سرعت لاستیک، حداکثر تنش در ورق کاهش می‌یابد. گرچه این اختلاف زیاد نیست ولی از این جهت که در سرعت‌های بالا محدودیت چندانی نخواهد بود حائز اهمیت است. دلیل تغییرات نامنظم تنش در سرعت‌های مختلف این است که افزایش تنش‌ها ناشی از ضربات لاستیک می‌باشد که بر حسب سرعت‌های مختلف محل آن متفاوت می‌باشد.



شکل (۱۴) مقادیر حداکثر تنش در پد با زاویه پروفیل ۷۰ درجه بر حسب طول آن



شکل (۱۵) مقادیر حداکثر تنش در پد با زاویه پروفیل ۹۰ درجه بر حسب طول آن

- [3] Bouchard J., *Ground mat and method of making the same using recycled tires*, US 2013/0259568 A1, 2013, pp. 1-15.
- [4] Fan H., Liu F., Long H., Locomotion of vehicles on hinged road mats, *Journal of Terramechanics*, vol. 48, 2011, pp. 47-55.
- [5] Faun track way, available at: <http://www.Fauntrackway.com>, Accessed 2014.
- [6] Davis J.R., Allenet P., et al., *Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*, ASM Handbook, Tenth Edition, vol. 2, 1990, pp. 1-1342.
- [7] The Toyota Hilux specifications, Armored Toyota Hilux, available at <http://www.toyota-europe.com>, Accessed 2014.
- [8] Wheel fitment and tire size quid and knowledge base, available at <http://www.wheel-size.com/size/toyota/hilux>, Accessed, 2014.
- [9] Knowles D., Erjavec J., *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, pp.1-1088.
- [11] Schnubel M., *Today's Technician: Automotive Suspension & Steering Classroom Manual and Shop Manual*, Edition 6, Cengage Learning Publisher, 2014, pp. 1-1088.
- [12] Pure Tyre, available at <http://www.puretyre.co.uk/toyota-tyre-pressures>, Accessed, 2014.
- ۱- افزایش زاویه کانال پروفیل آلومینیومی (α) باعث کاهش مقدار حداکثر تنش در پد می‌شود که این افزایش زاویه باعث همگرا شدن مقادیر حداکثر تنش به عدد ثابت ۵۵ می‌شود. از طرفی افزایش زاویه پروفیل پد باعث انتقال تمرکز تنش به لبه پایینی کانال می‌گردد.
- ۲- نشان داده شد که حداکثر تنش وارده از لاستیک با افزایش اندازه دهانه کانال‌ها کاهش می‌یابد. همچنین مقادیر حداکثر تنش پد برای زاویه پروفیل ۹۰ درجه به ازای اندازه‌های مختلف طول کانال، کمتر از زاویه پروفیل ۷۰ درجه می‌باشد. لذا در نهایت نتیجه گیری شد که زاویه پروفیل ۹۰ درجه و ضخامت ۴ میلیمتر و اندازه دهانه ۳ سانتیمتر بهینه‌ترین حالت می‌باشند.
- ۳- با افزایش سرعت لاستیک، حداکثر تنش در ورق کاهش می‌یابد. روند تغییرات حداکثر تنش در زاویه پروفیل ۹۰ درجه دارای تکرارپذیری و نظم بیشتری می‌باشد و سطح تنش‌ها در ورق با پروفیل ۹۰ درجه در حالت کلی حدود ۴۲٪ کمتر از مقادیر مشابه در ورق با زاویه پروفیل ۷۰ درجه می‌باشد.
- ۴- مقادیر حداکثر تنش با افزایش سرعت برای هر دو زاویه کاهش می‌یابد. با افزایش سرعت حداکثر تنش حاصل از زاویه پروفیل ۹۰ درجه کمتر از مقادیر متناظر در زاویه پروفیل ۷۰ درجه است.

مراجع:

- [1] Lynn A., *Device for improving tire traction*, US Patent 20120273582, 2012, pp. 1-13.
- [2] Studstill, H., *Foldable vehicle wheel traction device*, US Patent 8,210,443B2, 2012, pp. 1-11,.