دانشگاه لرستان
دانشکده فنی و مهندسی

فصلنامه مهندسی عمران و سازه

دوره (۱) ، شماره (۲) ، پاییز ۱۳۹۶
شماره شاپا : ۳۲۸۳-۲۵۸۸

تاثیر وزن محور بر طول عمر روسازی آسفالتی به روش الاستیک

فرزین فاروقی[۱]

۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
پست الکترونیکی نویسنده مسئول: f.farooghi@uok.ac.ir

چکیده

در این مطالعه تاثیر نوع بار بر تنش‌ها و تغییرشکل‌های ایجاد شده در لایه‌های روسازی انعطاف‌پذیر آسفالتی و طول عمر سازه آن در شرایط کیفی مختلف سطح تماس لایه‌ها بررسی شده است. در انتخاب ویژگی‌های بار از بارگذاری پیشنهادی در آئین نامه‌های ایران و فرانسه استفاده شده است. در آئین‌نامه ایران وزن محور تک چرخ ۸۰ کیلو نیوتن و در آئین نامه فرانسه وزن محور زوج چرخ ۱۳۰ کیلونیوتن در نظر گرفته شده است. در تحلیل سازه از روش الاستیک خطی و به منظور بررسی طول عمر آن از مدل‌های خرابی خستگی و شیارگذاری استفاده شده است. در این بررسی‌ها تاثیر ضخامت لایه‌ها و دو نوع کیفیت سطح تماس چسبنده و غیر چسبنده در نظر گرفته شده است. از مهمترین نتایج این تحقیق می-توان به افزایش قابل توجه کرنش‌های قائم لایه بستر و افقی لایه بیندر در اثر بار تک چرخ در مقایسه با بار زوج چرخ اشاره کرد. کیفیت نامناسب لایه‌ها حدودا ۵۰٪ مقدار نشست در روسازی را افزایش داده است، حال آنکه وجود بار تک چرخ در مقایسه با بار جفت چرخ حدود ۴۵٪ نشست سازه را افزایش داده و در این شرایط بارگذاری،کاهش ضخامت لایه‌های بیندر و اساس موجب افزایش ۳۰٪ نشست در سازه روسازی شده است.

کلمات کلیدی

روسازی آسفالتی ، بار تک چرخ و زوج چرخ، طول عمر، تحلیل عددی.

تاریخ دریافت مقاله : ۲۶ مهر ۱۳۹۶

تاریخ پذیرش : ۲۰ آذر ۱۳۹۶

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-09-29]

۱- مقدمه

سازه روسازی در مدت خدمت رسانی تحت اثر عوامل جوی، بارهای ترافیکی، تغییرات محیطی و مشخصات بستر قرار داشته، دوام و پایداری مطلوب آن مستلزم عدم ظهور خرابی در آن است. تغییر این شاخص‌ها در طول مسیر و در فصول مختلف سال، در ایجاد تغییر شکل های دائمی و تشدید خرابی موثر است. شدت بار چرخ وسائل نقلیه سنگین و اجرای سازه روسازی، از عوامل موثر بر مدت بهره برداری سازه روسازی است. روسازی‌ها در دو نوع بتنی و آسفالتی طراحی و اجرا شده هر چند که پیشرفت علمی و تکنولوژیکی در دنیا موجب ساخت روسازی‌های نوینی چون استفاده از پلاستیک و یا مواد بازیافتی شده است. با این و جود روسازی‌های آسفالتی یا انعطاف‌پذیر بیش از ۸۵ درصد از انواع روسازی‌ها را به خود اختصاص داده و دارای یک سیستم سازه‌ای چند لایه بوده و توزیع و تقسیم بار چرخ وسائل نقلیه تقریبا به صورت متمرکز در آن صورت می‌گیرد [۱].

عموما در آئین نامه های مختلف محور استاندارد وسایل نقلیه سنگین به صورت جفت چرخ در طراحی روسازی در نظر گرفته می شود و برای تعیین تاثیر سایر حالت بارگذاری از ضریب محور هم ارز استفاده می‌شود. تفاوت عمده این مراجع در مقدار وزن محور مبنای طرح و سطح اثر لاستیک کامیون‌هاست. لذا بنظر می‌رسد در کشور ما مطالعات جامعی در این خصوص و بر اساس ماشین آلات موجود انجام نشده است و به اطلاعات مراجع معتبر خارجی اکتفا شده است. در این مقاله، مقایسه دو حالت خاص بارگذاری با در نظر گرفتن اثر وزن لاستیک و سطح اثر آن مطالعه شده است. برای این منظور از آئین نامه کشورهای ایران و فرانسه به ترتیب برای بارگذاری بارهای تک چرخ و جفت چرخ استفاده شده است. در این استانداردها بحرانی ترین حالت به ترتیب بر اساس بار چرخ منفرد ۸۰ کیلونیوتنی [۲,۳] و بار چرخ زوج، محور۱۳۰ کیلونیوتنی [۴] با سطح اثر و فشارهای مختلف چرخ انتخاب شده است. با توجه به تعداد بار، تغییر شدت بار و سطح تماس در نظر گرفته شده، توزیع تنش‌های قائم، برشی و مماسی در عمق لایه های روسازی یکسان نخواهد بود. لذا در صورت افزایش شدت بار وارده و یا کاهش کیفیت محل تماس شدت تنش های وارده افزایش و ممان اینرسی یکپارچه سازه‌ای کاهش خواهد یافت.

در طراحی روسازی انعطاف پذیر فرض بر آن است که لایه ها در محل تماس به طور کامل به هم چسبیده‌اند، در صورتیکه کیفیت اجرا نامناسب باشد چسبندگی لایه‌ها به یکدیگر کاهش خواهد یافت. از مهمترین دلایل ظهور این ضعف، عدم یکنواختی سطح رویه و یا کیفیت وکمیت نامناسب چسباننده‌های قیری است [۵]. خرابی‌های ایجاد شده در محل تماس لایه‌های روسازی می‌تواند نتیجه انتشار ترکهای قائم و افقی در تارهای تحت‌های لایه‌ها باشد. خرابی ناشی از عدم چسبندگی لایه‌های آسفالتی به صورت ترکهای لغزشی در سطح فوقانی روسازی ظاهر شده و این پدیده اغلب در محل ترمز و یا دور زدن سبب ایجاد لغزش سطحی و تغییر شکل خمشی می شود [۶،۵]. در این رابطه مطالعات آزمایشگاهی و صحرایی مختلفی جهت بررسی مقدار قیر مناسب برای افزایش مقاومت برشی محل تماس دو لایه روسازی انجام شده است [۷,۸]. همچنین تاثیرات مدت بارگذاری و اعمال بارهای دینامیکی موجب تغییر عملکرد روسازی شده و این مهم تاثیر زیادی بر افزایش خرابی شیارگذاری روسازی داشته است[۹]. علاوه بر آن به کمک روشهای غیر مخرب از قبیل رادار زمین‌شناسی می‌توان پس از اجرای روسازی و در مدت بهره‌برداری آن کیفیت محل تماس لایه‌ها را بررسی کرد [۱۰,۱۱].

در این مقاله ، تاثیر بار مبنای طرح محورهای تک چرخ و جفت چرخ و تاثیر کیفیت محل تماس لایه‌های روسازی انعطاف‌پذیر بر روی تلاشهای وارده و طول عمر سازه برای دو نوع روسازی که تغییراتی در ضخامت لایه‌های آن داده شده است، مطالعه شده است. سازه روسازی به روش الاستیک خطی تحلیل شده است [۱۲]. برای تعیین طول عمر روسازی از روابط شناخته شده شیارگذاری بستر و خستگی رویه های قیری بکار گرفته شده در مراجع آمریکایی و اروپایی استفاده شده است.

۲- پیشینه مطالعات

عنوان رایج‌ترین روش مدلسازی روسازی های انعطاف پذیر (روسازی آسفالت قیری) منطبق بر تحلیل یک سیستم چند لایه ای نیمه بینهایت الاستیک خطی ست که توسط برمیستر ارائه شده است (شکل ۱) و در آن با یک شمای ایده ال، روسازی چند لایه ای بر روی بستری با ضخامت بینهایت شبیه سازی می شود. مهمترین مشخصه های لایه های روسازی و بستر ، مدول الاستیسیته یانگ و ضریب پواسون بوده و مصالح همگن و ایزوتروپ فرض می شوند. نیروی وارده از محورهای وسایل نقلیه به صورت بارهای متمرکز تک وجفت با

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-09-29]

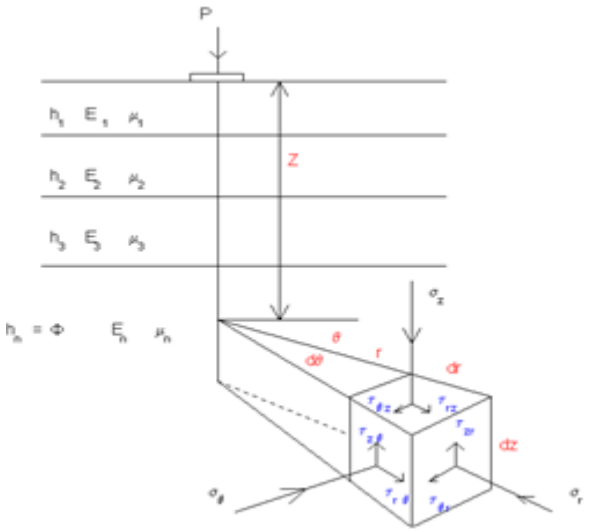
سطح دایره ای شکل و فشار ثابت در شبیه سازی می تواند انتخاب شود و تنشها به حالت تقارن محوری و حول یک محور تقارن دورانی که از محور تقارن تک چرخ و یا محور تقارن چرخ زوج عبور می نماید، محاسبه می گردد. برای تخمین پاسخ روسازی (تنش، تغییر شکل و نشست) به بارهای وارده از روابط تئوری الاستیسیته و برای محاسبه تلاشها وارده در نتیجه بارهای دوگانه از اصل تجمع آثار قوا استفاده می شود .

در این مطالعات از نرم افزار Alizé تهیه شده در آزمایشگاه مرکزی راه و پل کشور فرانسه جهت محاسبه مقادیر تنش و تغییر شکل نسبی لایه های مختلف و تحلیل ابعادی روسازی استفاده شده است. محاسبات در حالت دو بعدی و بر اساس محورهای مختصات استوانه ای (شکل ۱) انجام و سپس به سیستم مختصات کارتزین منتقل می گردد. در این برنامه، برای n لایه با مشخصات الاستیسیته مختلف، حل معادلات تنش و تغییر مکان با اعمال شرایط حدی و مرزی صورت می گیرد[۱۱]. شرایط مرزی طوری انتخاب شده است که در صورت چسبنده بودن محل تماس دو لایه، پیوستگی تنش ها و تغییر مکانها بین تارهای تحتانی لایه فوقانی و تارهای فوقانی لایه تحتانی برقرار باشد :

$$u_i=u_{i+1} \;\&\; w_i=w_{i+1} \;\&\; (\tau_z)_i=(\tau_z)_{i+1} \;\&\; (\tau_{rz})_i=(\tau_{rz})_{i+1} \qquad (۱)$$

که در آن $(\tau_z)_i$ و $(\tau_z)_{i+1}$ به ترتیب تنش قائم تارهای تحتانی لایه فوقانی و تنش قائم تارهای فوقانی لایه تحتانی، $(\tau_{rz})_i$ و $(\tau_{rz})_{i+1}$ تنش‌های شعاعی، w_i و w_{i+1} تغییر مکانهای قائم و u_i و u_{i+1} تغییر مکانهای افقی لایه های فوق الذکر هستند. در حالتی که محل تماس دو لایه غیر چسبنده یا لغزشی باشد، در آن صورت تنها پیوستگی تنش قائم و تغییر مکان قائم بین دو لایه برقرار است و لذا شرایط ذیل در محل تماس لایه ها اعمال می گردد.

$$w_i=w_{i+1} \;\&\; (\tau_z)_i=(\tau_z)_{i+1} \;\&\; (\tau_{rz})_i=(\tau_{rz})_{i+1}=0 \qquad (۲)$$



شکل ۱: سیستم الاستیک چند لایه‌ای

۳- ویژگی‌های مدل سازه‌ای

در این شبیه سازی از یک رویه انعطاف پذیر آسفالت قیری که رایج ترین روسازی کشور است استفاده شده است. لایه های این نوع روسازی به ترتیب از بالا به پائین مرکب است از مخلوطهای توپکا و بیندر و مصالح دانه ای اساس و زیر اساس که بر روی بستر راه قرار دارند. برای مطالعه تاثیر ضخامت لایه ها در نتیجه بار های وارده و طول عمر آن، دو نوع روسازی با تغییری ۵۰ درصدی ضخامت

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-09-29]

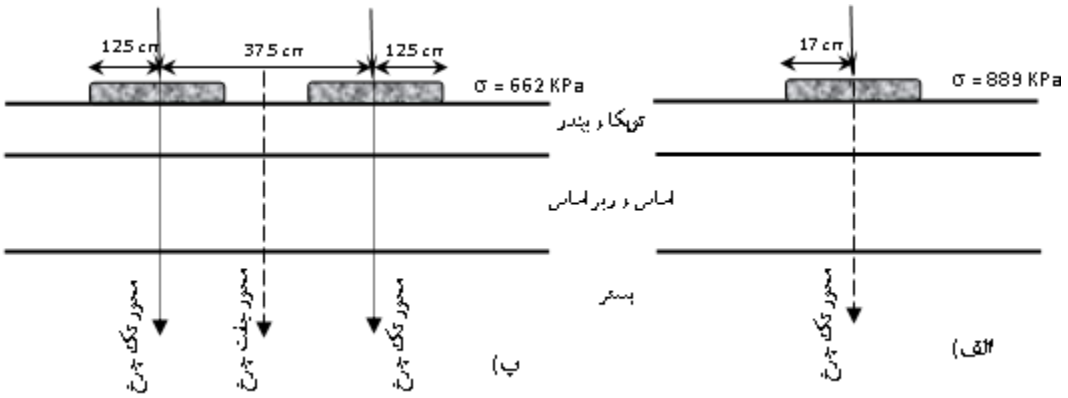
لایه های بیندر و اساس انتخاب شده است. در جدول ۱ مشخصات هندسی و مکانیکی این رویه ها شامل ضخامت، ضریب پواسون (υ) و مدول الاستیسیته یانگ (E) نشان داده شده است .

جدول ۱. مشخصات هندسی و مکانیکی لایه های روسازی

لایه روسازی	ضخامت لایه (cm)		υ	E (MPa)
	تیپ ۱	تیپ ۲		
توپکا	۵	۵	۰,۴	۵۰۰۰
بیندر	۱۰	۱۵	۰,۴	۳۰۰۰
اساس و زیر اساس	۳۰	۴۵	۰,۳	۲۰۰
بستر	--	--	۰,۲۵	۱۰۰

بارهای تک چرخ و جفت چرخ پیشنهادی در آئین نامه های ایران و فرانسه طوری انتخاب شده است که بحرانی ترین تلاشهای وارده بر سازه روسازی ایجاد شود. در آئین نامه روسازی ایران محور مبنای طرح، یک محور جفت ۸۰ کیلو نیوتنی است[۲]، حال آنکه در آئین‌نامه پل سازی ایران کامیون طرح از دو محور جفت چرخ ۱۶۰ کیلونیوتنی و یک محور تک چرخ ۸۰ کیلونیوتنی تشکیل شده است و علاوه بر آن از یک بار تک چرخ ۸۰ کیلونیوتنی استفاده شده است[۳]. با توجه به سطوح بارهای وارده، بحرانی ترین حالت مربوط به بار۸۰ کیلونیوتنی ست که بر سطحی به ابعاد۳۰ سانتیمتر در۳۰ سانتیمتر وارد می شود و این بار واحد مبنا با بارگذاری پیشنهادی آئین نامه فرانسه مقایسه شده است. با توجه به مشخصات داده شده، این بار تنشی معادل ۸۸۹ کیلوپاسکال را بر سطح روسازی وارد می کند، در مقابل در آئین نامه فرانسه، وزن محور مبنای طرح ۱۳۰ کیلونیوتن است و نیروی وارد بر هر جفت چرخ آن ۶۵ کیلو نیوتن خواهد بود. در این مرجع، سطح هر چرخ دایره ای به قطر ۲۵ سانتی متر بوده و فاصله محور به محور چرخها ۳۷,۵ سانتی متر است. بر اساس این اطلاعات در این حالت تنش وارده بر سطح فوقانی روسازی معادل ۶۶۲ کیلوپاسکال خواهد بود[۴].

در شکل ۲ مشخصات بار های وارده در این دو حالت (حالت الف و ب) نشان داده شده است. لازم به توضیح است که با توجه به روش تحلیل که بر اساس آن سطح بارگذاری می بایست به صورت دایره ای باشد، در حالت بار تک سطح دایره معادل آن در تحلیل محاسبه و منظور شده است .



شکل ۲ : شرایط بارگذاری : الف) آئین نامه ایران ، ب) آئین نامه فرانسه

۴- مدل‌های خرابی

بر اساس روش مکانستیک، خرابی روسازی بر اساس سه معیار ترک خستگی، شیار گذاری و ترک حرارتی بررسی می شود[۱۳]. در خرابی نوع اول، ترک های روسازی در نتیجه تکرار بارهای وارده و ایجاد تنش های متناوب کششی و فشاری در رویه های چسبنده بوده و مکانیسم خرابی بر اساس پدیده خستگی مطالعه می شود. در حالت دوم، خرابی در نتیجه پدیده شیارگذاری یا به طور ساده‌تر

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-09-29]

ردپای چرخ وسایل نقلیه سنگین در روسازی‌ها که در نتیجه ضعف مقاومت لایه بستر روسازی و نشست آن در نتیجه این بار است، ظهور می نامید. و نهایتا خرابی نوع سوم بعلت تغییرات شدید درجه حرارات محیطی، با ظهور ترکهای در سطح رویه ایجاد شده که در دراز مدت باعث تخریب روسازی ست. در این مطالعات تنها خرابی‌های بوجود آمده در نتیجه خستگی و شیارگذاری مطالعه شده است.
با توجه به اینکه در آئین نامه ایران، از روش مکانستیک برای طراحی روسازی استفاده نشده است لذا ضوابط خاصی جهت بررسی معیار های فوق الذکر پیشنهاد نشده است و بر این اساس از روابط و فرمولهای پیشنهاد شده در سایر مراجع و آئین نامه ها استفاده می شود. در این آئین نامه ها با توجه به مطالعات آزمایشگاهی انجام شده بر روی نمونه های روسازی آسفالت قیری رایج در این کشور ها، رابطه بین تعداد بار و کرنشهای افقی و قائم و مدول الاستیسیته مصالح در لایه های چسبنده و بستر محاسبه و ارائه شده است. در تعیین این روابط عواملی از قبیل دما، فرکانس بارگذاری، فاکتور ریسک و خطای نتایج، ضریب تاثیر بین نمونه واقعی و نمونه آزمایشگاهی، ضریب تاثیر تغییرات جنس مصالح، ضریب تاثیر مشخصات مصالح بستر و ضریب اطمینان اعمال شده بر روی ضخامت و نتایج آزمایش خستگی منظور شده است[۱۵،۱۴] .
عموما پدیده خستگی با توجه به نوع مصالح یا برحسب تغییرات کرنش و تنش تعریف و تخمین زده می شود. برای رویه های آسفالت قیری برای تعیین معیار خستگی، مقاومت خستگی مصالح آسفالت قیری بر حسب تغییر شکل نسبی کششی بیان می شود و با توجه به آن، تعداد سیکل بارگذاری که موجب ایجاد کرنش افقی مجاز در سطح تحتانی لایه آسفالتی می شود محاسبه می گردد. این کرنش خود تابعی از کرنش نسبی به دست آمده از نتایج آزمایش خمش نمونه های آزمایشگاهی با در نظر گرفتن ضرایب اطمینان است[۱۶].
معمولا نمونه های آزمایشگاهی در دمای ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتیگراد و فرکانس ۲۵ تا ۵۰ هرتز تحت میلیونها سیکل بارگذاری قرار می گیرند تا خرابی در آنها ظاهر گردد و برای آن کرنش کششی که باعث تخریب نمونه شده است محاسبه می شود. برای کنترل معیار شیارگذاری، آزمایش راتینگ با عبور یک چرخ به صورت رفت و برگشتی بر روی نمونه روسازی که بر روی بستر مناسب تعبیه شده است، مقدار کرنش قائم مجاز بستر بر حسب تعداد بار طوری تعیین می گردد که رد پای ایجاد شده در زیر چرخ در محدوده مجاز باشد[۱۷].
با توجه به مسائل عنوان شده و برای تامین معیارهای خستگی و شیارگذاری، تعداد بار معادل N بر حسب کرنش افقی کششی مصالح چسبنده و کرنش قائم مصالح بستر تعریف می گردد. و این تعداد بار به عنوان مرجعی جهت تعیین طول عمر روسازی انتخاب می گردد. در جدول ۲ تعدادی از روابط پیشنهادی در مراجع شناخته شده خارجی نشان داده شده است[۱۹،۱۸]. تفاوت عمده روابط ارائه شده مربوط به معیار خستگی است که در آن مدول الاستیسیته یا به طور مستقیم و یا بطور غیر مستقیم در روابط دخالت داده شده است. در جدول ۲، کرنش افقی کششی لایه های چسبنده آسفالتی و کرنش قائم سطح فوقانی بستر است.

جدول ۲. مدل های خستگی و شیارگذاری مراجع معتبر

مرجع	معیار خستگی	معیار شیارگذاری
آئین نامه فرانسه، French code	$N = 3.277\times10^{-15}(\varepsilon_t)^{-5}(E)^{-2.5}$	$N = 2.227\times10^{-9}(\varepsilon_z)^{-4.505}$
انستیتو آسفالت، Asphalt Institute	$N = 0.07965(\varepsilon_t)^{-3.291}(E)^{-0.854}$	$N = 1.365\times10^{-9}(\varepsilon_z)^{-4.477}$
مرکز تحقیقات راه و ترابری انگلستان، U.K.Transportation & Road Research	$N = 1.66\times10^{-10}(\varepsilon_t)^{-4.32}$	$N = 6.18\times10^{-8}(\varepsilon_z)^{-3.95}$
آئین نامه شل، Shell	$N = 0.0685(\varepsilon_t)^{-5.671}.(E^{-2.363})$	$N = 6.15\times10^{-7}(\varepsilon_z)^{-4.0}$
مرکز تحقیقات راه بلژیک، Belgian Road Research Center	$N = 4.92\times10^{-14}(\varepsilon_t)^{-4.76}$	$N = 3.05\times10^{-9}(\varepsilon_z)^{-4.35}$

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-09-29]

۵- نتایج و بحث

بر اساس مشخصات هندسی و مکانیکی لایه ها و شرایط مختلف بارگذاری و با استفاده از نرم افزارAlizé ، سازه روسازی تحلیل و مقادیر حداکثر کرنش افقی و قائم تعیین شده است. همچنین به منظور بررسی تاثیر کیفیت محل تماس لایه ها بر این تلاشها و نهایتا تاثیر آن بر طول عمر روسازی، ۲ نوع اتصال برای فصل مشترک توپکا و بیندر و بیندر و اساس فرض شده است که در جدول۳ نشان داده شده است. در بهترین حالت (A) هر دو محل اتصال به صورت کاملا چسبنده فرض شده است، در صورتیکه در بدترین حالت (B) هر دو محل اتصال به صورت لغزشی (اصطکاکی) فرض شده است.

جدول ۳. شرایط کیفی محل تماس لایه ها

حالت اتصال	فصل مشترک توپکا – بیندر	فصل مشترک بیندر– اساس
A	چسبنده	چسبنده
B	غیر چسبنده	غیر چسبنده

درجدول۴ مقادیرکرنش شعاعی حداقل در تارهای تحتانی رویه های توپکا و بیندر و کرنش قائم در سطح فوقانی بستر نشان داده شده است. در این جدول کرنش‌های کششی با علامت منفی و کرنش های فشاری با علامت مثبت مشخص شده است. مقادیر این کرنشها در نتیجه تاثیر همزمان کیفیت اتصال لایه هاچسبنده و غیر چسبنده، نوع بارگذاری (تک چرخ الف و جفت چرخ ب) و تاثیر هندسه روسازی (ضخامت کم تیپ۱ ،ضخامت زیاد تیپ ۲) در بدنه روسازی تحلیل شده است .

با مطالعه تاثیر کیفیت محل اتصال لایه ها، مشاهده می گردد که در صورت عدم اجرای مناسب لایه های روسازی و پائین بودن کیفیت چسبندگی لایه ها، مقادیرکرنشها شعاعی و قائم افزایش خواهد یافت، ولی درصد افزایش با در نظر گرفتن تاثیر سایر پارامترها یکسان نیست. برای مقادیرکرنش شعاعی لایه بیندر و کرنش قائم بستر مقایسه ارقام نشان دهنده افزایش تقریبا ۲۰۰٪ مقادیر این تلاشهاست. در صورتیکه این پارامتر بر مقادیر کرنش لایه توپکا در حالت کیفیت اتصالA ، برای بارگذاری حالت ب بسیار شدید تر از حالت الف بوده، بطوریکه سبب ظهور کرنشهای منفی یا کششی شده که خود خستگی در این لایه را افزایش می دهد. ولی در حالت کیفیت اتصالB ، علامت کششی تلاشها ثابت مانده و حدود ۳۰ برابر افزایش را نسبت به حالت A نشان می دهد. با توجه به این موارد می‌توان به این نتیجه رسید که در اثر کاهش کیفیت محل تماس، رشد صدمات وارده به لایه توپکا بیشتر و این رشد در حالت وجود کامیونهای با بارهای منفرد سنگین، شدیدتر خواهد بود. لازم به توضیح است که دو حالت حدی چسبنده و لغزشی در نظر گرفته شده در این شبیه سازی، بدترین و بهترین شرایط کیفی را در محاسبات منظور کرده است و می توان شرایط میانی را نیز با توجه به درصد چسبندگی بینابینی با استفاده از مدل های خاص بررسی کرد و یا اینکه از میانگین مقادیر بدست آمده از این دو حالت استفاده کرد .

جدول ۴. مقادیر کرنش شعاعی حداقل در رویه ها و کرنش قائم در سطح فوقانی بستر

کرنش	کیفیت اتصال	A				B			
	بارگذاری	الف		ب		الف		ب	
	روسازی	تیپ ۱	تیپ ۲	تیپ ۱	تیپ ۲	تیپ ۱	تیپ ۲	تیپ ۱	تیپ ۲
شعاعی	لایه توپکا	۲۵×۱۰^{-۶}	۳۳۵×۱۰^{-۶}	-۸×۱۰^{-۶}	-۵×۱۰^{-۶}	۳۶۸×۱۰^{-۶}	۲۲۸×۱۰^{-۶}	۲۶۶×۱۰^{-۶}	۱۷۸×۱۰^{-۶}
	لایه بیندر	۳۶۰×۱۰^{-۶}	۲۶۱×۱۰^{-۶}	۲۴۰×۱۰^{-۶}	۱۷۵×۱۰^{-۶}	۶۲۵×۱۰^{-۶}	۴۵۴×۱۰^{-۶}	۴۱۴×۱۰^{-۶}	۳۰۱×۱۰^{-۶}
قائم	بستر	۷۰۶×۱۰^{-۶}	۳۷۵×۱۰^{-۶}	۴۹۰×۱۰^{-۶}	۲۷۸×۱۰^{-۶}	۱۴۳۰×۱۰^{-۶}	۷۱۸×۱۰^{-۶}	۹۰۶×۱۰^{-۶}	۵۱۰×۱۰^{-۶}

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-09-29]

نوع بارگذاری به شکلی متفاوت باعث تغییر تلاشهای وارده بر سازه روسازی شده است. برای لایه توپکا و در صورتیکه کیفیت‌های محل تماس لایه ها را جداگانه مطالعه کنیم، مشاهده می‌شود که تغییراین پارامتر تاثیر محسوسی را در تلاشهای وارده نداشته است و با ثابت ماندن ضخامت و انتخاب کیفیت چسبندگی مناسب لایه‌ها، کرنش شعاعی با در نظر گرفتن پدیده خستگی ناچیز است. برای کرنش-های شعاعی لایه بیندر و کرنش های قائم لایه بستر، مقادیر تلاشهای وارده در حالت بار تک چرخ، بحرانی تر از بار جفت چرخ خواهد بود و تاثیر آن برای روسازی های با ضخامت کم، بیشتر خواهد بود. با توجه به داده های تحلیلی، بطور متوسط می توان رقمی معادل ۴۰٪ را برای تفاوت این تلاشها تخمین زد. همچنین در حالت تغییرکیفیت محل تماس لایه ها همین شرایط برقرار است.

بر اساس مقادیر کرنش شعاعی و قائم و با توجه به روابط پیشنهاد شده برای تعیین معیارهای خستگی و شیارگذاری، تعداد بار معادل هر لایه جهت ایجاد خرابی در آن محاسبه شده است. در حالت کرنش شعاعی، پدیده خستگی تنها در صورت ایجاد تنش های کششی قابل تعریف است و لذا برای مقادیر کرنش مثبت، خستگی در لایه صرفنظر می گردد. برای لایه های بستر، پدیده شیارگذاری در نتیجه افزایش تنش های فشاری و ظهور کرنش قائم در لایه بستر ظاهر می گردد.

در جدول ۵ میانگین طول عمر لایه های مختلف نشان داده شده است، برای این منظور از متوسط اعداد بدست آمده از روابط پیشنهادی در آئین نامه های مختلف استفاده شده است. برای محاسبه طول عمر سازه روسازی، حداقل طول عمر هر کدام از لایه های توپکا، بیندر و بستر در هر حالت انتخاب شده است. با توجه به نتیجه تحلیل های انجام شده، حداقل طول عمر مربوط به کیفیت‌های اتصال B است. در این حالت بعلت کیفیت نامناسب اتصال مصالح، طول عمر روسازی، با توجه به شرایط مختلف بارگذاری و ضخامت لایه ها بطور متوسط ۲۰ برابر کمتر از حالتیست که لایه ها با کیفیت مناسب اجراشده باشد .

تاثیر انتخاب نوع بارگذاری بر طول عمر سازه روسازی نیز متاثر از مقادیر کرنش های بدست آمده در لایه هاست. بررسی کلی نتایج نشان دهنده آن است که انتخاب بار های منفرد سبب کاهش طول عمر سازه (حدود ۶ برابر) نسبت به بارهای جفت چرخ شده است. افزایش ضخامت لایه ها قطعا طول عمر سازه روسازی را افزایش خواهد داد. با توجه با افزایش ۵۰٪ ضخامت لایه های بیندر و اساس و زیر اساس در تیپ۲، طول عمر سازه بطور متوسط بیش از ۹ برابر افزایش یافته است .

مقایسه طول عمر محاسبه شده از آئین نامه های مختلف نشان می دهد که کمترین مقدار، مربوط به مدل خستگی آئین نامه فرانسه و بیشترین مقدار مربوط به آئین نامه های انگلستان و بلژیک است. در حالت مدل شیارگذاری، در مقادیر پیشنهادی مراجع مختلف تفاوت محسوسی مشاهده نمی شود. بنظر می رسد علت اصلی تفاوت های ایجاد شده در مدل خستگی، در نتیجه تفاوت کیفی مصالح مصرفی در این کشور هاست .

جدول ۵. میانگین طول عمر لایه های مختلف روسازی بر اساس روابط پیشنهادی (تعداد بار)

کیفیت اتصال	A				B			
بارگذاری	الف		ب		الف		ب	
روسازی	نوع ۱	نوع ۲	نوع ۱	نوع ۲	نوع ۱	نوع ۲	نوع ۱	نوع ۲
توپکا	--	--	$۳,۶۵\times۱۰^{۱۸}$	$۴,۳۹\times۱۰^{۱۹}$	$۲,۹۲\times۱۰^{۱۰}$	$۲,۷۰\times۱۰^{۱۱}$	$۱,۳۲\times۱۰^{۱۱}$	$۸,۶۰\times۱۰^{۱۱}$
بیندر	$۳,۴۳\times۱۰^{۱۰}$	$۱,۵۶\times۱۰^{۱۱}$	$۲,۳۳\times۱۰^{۱۱}$	$۱,۰۵\times۱۰^{۱۲}$	$۲,۶۳\times۱۰^{۹}$	$۱,۱۶\times۱۰^{۱۰}$	$۱,۷۹\times۱۰^{۱۰}$	$۷,۹۷\times۱۰^{۱۰}$
بستر	$۲,۳۲\times۱۰^{۱۰}$	$۳,۶۶\times۱۰^{۱۱}$	$۱,۱۴\times۱۰^{۱۱}$	$۱,۳۶\times۱۰^{۱۲}$	$۱,۰۹\times۱۰^{۹}$	$۲,۱۶\times۱۰^{۱۰}$	$۷,۸۷\times۱۰^{۹}$	$۹,۵۶\times۱۰^{۱۰}$
حداقل	$۲,۳۲\times۱۰^{۱۰}$	$۱,۵۶\times۱۰^{۱۱}$	$۱,۱۴\times۱۰^{۱۱}$	$۱,۰۵\times۱۰^{۱۲}$	$۱,۰۹\times۱۰^{۹}$	$۱,۱۶\times۱۰^{۱۰}$	$۷,۸۷\times۱۰^{۹}$	$۷,۹۷\times۱۰^{۱۰}$

در روسازی های با ضخامت کم، تیپ ۱، از بین دو مدل خستگی و شیارگذاری، ،مدل شیارگذاری طول عمر کمتری را به دست داده، در صورتیکه برای روسازی تیپ ۲ و باز افزایش ضخامت لایه بیندر و لایه های شنی راه، خرابی روسازی در نتیجه مدل خستگی ایجاد شده است. از نظر فیزیکی طول عمر یک سازه روسازی با ظهور ترکهای ناشی از پدیده خستگی در سطح فوقانی رویه آسفالتی و

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-09-29]

همچنین نشست لایه ها قابل مشاهده است. افزایش نشست لایه ها خود در نتیجه افزایش کرنش قائم بستر بوده و در خط عبور لاستیک های ماشین آلات سنگین ایجاد می گردد. در این مطالعات در نتیجه پارامترهای مختلف، مقدار نشست سطح فوقانی رویه بررسی و مطالعه شده است (جدول ۶) .

مقایسه نتایج نشان می‌دهد که به ترتیب کاهش کیفیت محل تماس لایه‌ها، وجود بار متمرکز وکاهش ضخامت لایه‌ها موجب افزایش نشست لایه‌های روسازی می‌شوند. کیفیت نامناسب لایه ها حدودا ۵۰٪ مقدار نشست در روسازی را افزایش داده است، حال آنکه وجود بار تک چرخ در مقایسه با بار جفت چرخ حدود ۴۵٪ نشست را افزایش داده و کاهش ضخامت لایه‌های بیندر و اساس حداکثر ۳۰٪ سبب افزایش نشست در سازه روسازی شده است.

جدول ۶. مقدار نشست لایه های روسازی (میلیمتر)

کیفیت اتصال	A				B			
بارگذاری	الف		ب		الف		ب	
روسازی	نوع ۱	نوع ۲	نوع ۱	نوع ۲	نوع ۱	نوع ۲	نوع ۱	نوع ۲
حداقل	۰,۷۳۷	۰,۵۷۷	۰,۵۰۹	۰,۴۰۷	۱,۱۵۲	۰,۸۷۱	۰,۷۶۶	۰,۶۰۳

۶- نتیجه‌گیری

مهمترین پارامتر مولد خرابی در یک سازه روسازی، بار وارده از چرخهای ماشین آلات سنگین وزن به رویه راه و عبور مکرر آنها از سطح راه است. در مراجع مختلف غالبا با توجه به وزن محور مبنای طرح و مقایسه آن با انواع مختلف محور های موجود و به روش های تجربی، مکانستیک و یا ترکیب دو روش، ضرایب معادل تبدیل محورهای مختلف به محور استاندارد تعیین می گردد. هدف از بررسی‌های انجام شده در این مقاله، مقایسه تلاشهای ایجاد شده در سازه روسازی در نتیجه بارهای چرخ منفرد و چرخ زوج و همچنین تاثیر این بارگذاری بر روی مدت خدمت دهی و طول عمر یک نوع روسازی انعطاف پذیر به روش مکانستیک الاستیک خطی است. برای این منظور از آئین نامه‌های کشورهای ایران و فرانسه به ترتیب برای بارگذاری حالت های اول و دوم یاد شده استفاده شده است. علاوه بر نوع بارگذاری، تاثیرات کیفی محل تماس لایه ها و افزایش ضخامت آنها بر دوام و پایداری سازه، بررسی شده است. روسازی مطالعه شده از نوع آسفالت قیری ست که از لایه های توپکا، بیندر، اساس و زیر اساس تشکیل شده است. بمنظور تحلیل ابعادی سازه از برنامه Alizé که بر اساس روش برمیستر پایه نهاده شده، استفاده شده است. برای تعیین طول عمر سازه از مدل های خستگی و شیارگذاری استفاده شده در مراجع معتبر بین المللی استفاده شده است .

نتایج بدست آمده در این تحلیل ابعادی نشان می دهد که مقدار کرنش قائم بستر در اثر بار تک چرخ بیشتر از بار جفت چرخ بوده، همچنین این ضابطه برای کرنش افقی کششی تارهای تحتانی لایه بیندر برقرار است. در مقابل مقدار کرنش افقی تارهای تحتانی لایه توپکا برای بار جفت چرخ کششی است ولی این پارامتر در حالت بار منفرد لزوما کششی نبوده که این مسئله باعث افزایش طول عمر لایه توپکا در حالت بار منفرد نسبت به بار جفت می گردد. با افزایش همزمان ضخامت لایه های اساس، زیر اساس و بیندر، کرنش افقی در لایه های آسفالتی در نتیجه دو حالت بارگذاری کاهش یافته و تنها برای لایه توپکا با افزایش ضخامت لایه‌های تحتانی و درنتیجه اثر بار چرخ منفرد، مقدار کرنشی افقی در پاره‌ای از موارد افزایش یافته است. دو نوع کیفیت محل تماس چسبنده و محل تماس لغزشی (اصطکاکی) برای محل تماس لایه‌ها در نظر گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهد که در صورتیکه به علت اجرای نامناسب و یا پائین بودن کیفیت مصالح چسباننده قیری، اتصال لایه توپکا و بیندر و یا لایه بیندر و اساس به شکل صحیح و کامل انجام نشده باشد، خستگی در سازه روسازی افزایش یافته و طول عمر آن را به شدت کاهش می‌دهد. این پدیده در نتیجه افزایش قابل توجه کرنش شعاعی در لایه بیندر و کرنش قائم در سطح فوقانی بستر حادث می گردد. به نظر می رسد که دو حالت حدی چسبنده و لغزشی در نظر گرفته شده در این مطالعات فرضیه نسبتا اختیاری بوده و می‌توان شرایط میانی را نیز با توجه به درصد چسبندگی بینابینی با

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-09-29]

استفاده از مدل‌های با پیچیدگی بیشتر بررسی کرد. طول عمر بدست آمده از آئین نامه‌های مختلف نشان می‌دهد که آئین نامه فرانسه کمترین و آئین نامه های انگلستان و بلژیک بیشترین مقادیر را برای مدل خستگی تخمین زده اند ولی تفاوت محسوسی در این مراجع برای حالت مدل شیارگذاری مشاهده نمی‌شود. همچنین مقایسه نتایج نشان داده است که به ترتیب اهمیت کاهش کیفیت محل تماس لایه ها، وجود بار متمرکز وکاهش ضخامت لایه‌ها سبب افزایش نشست لایه‌های روسازی می‌شود. در هر حال مدل‌های خستگی و شیارگذاری ارائه شده در سایر کشورها نمی‌تواند با روسازی اجرا شده در کشور ایران مطابقت داشته و لازم است با انجام مطالعات جامع آزمایشگاهی نسبت به تعیین رابطه مناسب مطابق با جنس مصالح روسازی، شرایط ساخت و اجرای آن، بارگذاری و شرایط اقلیمی اقدام نمود.

منابع

[1] Jeuffroy G. et Sauterey R., (1982), "Dimensionnement de Chaussées, Cours de routes. Presses de l'école nationale des Ponts et Chaussées".

[۲] آئین نامه روسازی آسفالتی راه های ایران، نشریه شماره ۲۳۴، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور فنی، وزارت راه وترابری مرکز تحقیقات و آموزش ۱۳۹۱.

[۳] آئین نامه بارگذاری پلها، نشریه شماره ۱۳۹، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور فنی، ۱۳۷۹.

[4] LCPC-SETRA, (1997), "French design manual for pavement structures", guide technique. Paris.

[5] Jaskula P. and Dawid Ry., (2017), "Effect of interlayer bonding quality of asphalt layers on pavement performance"IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 236, BESTInfra2017.

[6] Vaitkus A., Gražulyt J., Kleizien R., (2014), "Influence of Static and Impact Load on Pavement Performance", The 9th International Conference Enviromental Engineering, 22–23 May 2014, Vilnius, Lithuania.

[7] LCPC, (1998), "Catalogue des dégradations de surface des chaussées", Paris.

[8] Sainton C., (2000), "Etude du collage du béton sur un support en grave- bitume réalisé au LROP", Revue générale des routes-N°789, nov.-pp 44-48.

[9] . Audrius Vaitkusa, Miglė Paliukaitėb., (2013) "Evaluation of Time Loading Influence on Asphalt Pavement Rutting", 11th International Conference on Modern Building Materials, Structures and Techniques,MBMST 2013, Procedia Engineering 57, pp1205-1212.

[10] C.Collop A & H.Thom N & R. Kruntcheva M., (2005), "Effect of Bond Condition on Flexible Pavement Performance", Journal of Transportation Engineering, Volume 131, Issue 11, pp 880 – 888.

[11] Saarenketo T., Scullion T., (2000), "Road Evaluation with Ground Penetration Radar. Journal of Applied Geophysics", Vol. 43, No 2-4, pp.119-138.

[12] Pouteau B., (2004), "Durabilité mécanique du collage blanc sur noir dans les chaussées", Thèse de Doctorat, Université de Nantes.

[13] LCPC, (1975), "Notice Alizé "3, publication LCPC, Paris.

[14] Jouffroy G. et Sauterey R., (1982), "Dimensionnement de Chaussées, Cours de routes", Presses de l'école nationale des Ponts et Chaussées.

[15] C.Collop A & H.Thom N & R. Kruntcheva M., (2006), "Properties of Asphalt Concrete Layer Interfaces", Journal of Material in Civil Engineering, Volume 18, Issue 3, pp 461 – 471.

[16] Papagiannakis A. T. and Masad E.A. (2008), "Pavement Design and Materials", John Wiley & Sons Inc. Hoboken, New Jersey, USA.

[17] L.Carvalho R., (2006), "Mechanistic-Emperical Design of Flexible Pavements", PHD dissertation, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Maryland.

[18] Yang H. Huang (1993) "Pavement Analysis & Design, Prentice", Hall Englewood Cliffs, New Jersey.

[19] LCPC-SETRA, (1997), "French Design Manual for Pavement Structures", Guide technique, Paris.

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-09-29]

Influence of axle load on hot-mix asphalt lifetime using elastic method

Farzin Farooghi[1]

[1]Assistant professor, Department of Civil Engineering, University of Kurdistan, Iran.
[*]**E-mail: f.farooghi@uok.ac.ir**

ABSTRACT

In these studies, the effect of the load types on the stress and the deformation created in the hot-mix asphalt and its lifetime in different qualitative conditions of the surface contact of the layers has been investigated. For this purpose, we have used a set of rules in Iran and France codes. In Iran, the weight of the single-axle load 80 kN and in the French Code the weigh of the dual-axle load is 130 kN. Linear elastic method has been used in structural analysis and fatigue failure and rutting failure has been used to investigate the lifetime of structure. In these studies, the effect of the layer thickness and the two types of contact surface quality (adherence and Non-adherence) are considered. One of the most important results of this study is the significant increase in the vertical strain of the subbase course and horizontal strain of the base course due to single axle load compared to the dual axle load. Inappropriate quality of the layers has increased about 50% of the settlement in the pavement. Also, the effect of single axle load increased about 45% of structural settlement and decreasing of the base and surface courses thicknesse has increased about 30% seattlement in the pavement structure.

KEYWORDS

Hot-Mix asphalt, Single and Dual axle load, Lifetime, Analytical Analysis.

[Downloaded from journals.lu.ac.ir on 2024-09-29]