بررسی نحوه پخش تنش و مکانیزم شکست در روسازیهای انعطاف پذیر با استفاده از روش المان محدود

علی بابائی

مربی، گروه مهندسی عمران، واحد سمنان، **دانشگاه آزاد اسلامی**، سمنان، ایران
سمنان، ali.babaei967@gmail.com

چکیده

این مقاله به صورت تئوری مکانیزم های احتمالی توزیع تنش در لایه‌های روسازی قیری را با استفاده از روش المان محدود بررسی می‌کند و همچنین تاثیر یکنواخت فشار عمودی و افقی و توزیع تنش اصلی بین تایر و لایه‌های روسازی را مورد آزمایش قرار می دهد. یک روسازی مدل شده از قسمت‌های: ۱- قشر راه ۲- لایه اساس ۳- لایه زیر اساس دانه‌ای ۴- بستر راه تشکیل شده است. چگونگی عملکرد بار به اینصورت است که یک جفت چرخ با فشار استاندارد انتخاب می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که تنش‌های فشاری و کشش بین چرخ‌ها به حد قابل توجهی می‌رسد احتمالا خستگی در جایی آغاز می‌شود که بیشترین تنش از بالا تا پایین لایه‌ها رخ می‌دهد. اگر چه تنش عمودی در تمام لایه‌های روسازی تاثیرگذار است تنش افقی فقط در قشر راه و لایه اساس موثر است.

کلیدواژگان

روسازیهای انعطاف پذیر، المان محدود، مکانیزم شکست، تنش

Review of stress distribution situation and fracture mechanism in flexible pavements using Finite Element Method

Ali Babaei

Department of Civil Engineering, Semnan Branch, **Islamic Azad University**, Semnan, Iran
Semnan, Iran, ali.babaei967@gmail.com

Abstract

This paper reviews possible mechanisms of stress distribution and the effect of uniform horizontal and vertical pressures as well as major stress between tire and asphalt in the layers of flexible pavements surface using Finite Element Method. A model of pavement with these layers is made: asphalt concrete course, base course, subbase course and subgrade. Load applied by dual wheel with standard pressure. Results show that when compressive stresses and tension between wheels are very high, fatigue occurred in places that top-down stress have maximum values. While vertical stress is important in all layers, horizontal stress is important only in the contact of surface and base courses.

Keywords

Flexible pavement, Finite Element, fracture mechanism, Stress

۱- معرفی:

روسازی های قیری در معرض شرایط بارگذاری متفاوتی هستند که چه از نظر بزرگی و چه از نظر کمی در طول سالها افزایش پیدا می‌کنند و جزو مهمترین فاکتورهای شرکت کننده در تنش های زود هنگام مربوط به شکست قبل از عمر مخلوط به حساب می آیند.

احتمالا از وقتی که روسازی های آسفالتی بعنوان یک ترکیب پیچیده شامل تعدادی از مواد با ویژگی های متفاوت شناخته شده است، توضیح ریاضی کاملی از این ترکیب ارائه نشده است.

ساختار بیشتر مدلهای واکنشی بر اساس تئوری لایه ها استوار شده است و توجهی به ناهمگنی بتن آسفالتی ندارد. اکثر آنها بر اساس تئوری الاستیک خطی یا ویسکوالاستیک خطی مواد موجود در هر لایه همگن، ایزوتروپ و الاستیک خطی فرض می شود. موادی از این دست می توانند با ۲ پارامتر الاستیک نظیر مدول الاستیسیته و ضریب پواسون مشخص شوند.

تئوری ویسکوالاستیک نرخ زمانی تنش و کرنش های به وجود آمده در لایه بتن آسالتی را نیز در نظر می‌گیرد، اما با این وجود، فرض همگن و ایزوتروپ بودن لایه همچنان معتبر است.

از آنجا که بتن آسفالتی شامل مصالح دانه‌ای و بیندر، آسفالت با دو ویژگی متفاوت می‌باشد، ممکن است فرض همگن و ایزوتروپ بودن معتبر نباشد.

یک راه در نظر گرفتن ناهمگونی بتن آسفالتی استفاده از ۲ مدول متفاوت برای کشش و فشار بجای استفاده از ۲ مدول مجزا می باشد.

استفاده از ۱ مدول الاستیسیته برای بتن آسفالتی زمانی قابل توجیه است که لایه بتن آسفالتی تنها تحت بارهای ترافیک یا تحت تنش کشش یا فشاری در طول ضخامت لایه باشند.

همچنین اگر بتن آسفالتی مدول الاستیسیته یکسانی در کشش و فشار داشته باشد، فرض فوق قابل قبول خواهد بود.

Pister و westman به روشنی گزارش کرده اند که مواد، رفتار متفاوتی در فشار و کشش دارند. بنابراین استفاده از مقادیر مختلف مدول الاستیسیته

برای بتن آسفالتی در کشش و فشار و در تحلیل و طراحی روسازی واقعی تر به نظر می رسد.

بررسی تغییرات تنش در لایه های روسازی حین بارگذاری لزوم وجود یک ماده مقاوم در برابر خستگی در بالا و پایین لایه های قیری را اثبات کرد. در هنگام عبور یک چرخ تنش در بالا و پایین روسازی به سرعت از فشار به کشش و سپس به حالت اصلی تغییر می کند. موضوعی که دارای اهمیت حیاتی می باشد کنترل ماکزیمم کرنش عمودی مجاز در بستر راه و ماکزیمم کرنش افقی مجاز در مرز زیرین ماده قیری می باشد.

مقدار تنش تحمیلی در لایه های پشتیبانی بستگی به صلبیت الاستیکی اساس جاده برای ضخامت لایه داده شده دارد.

۲- مدل ساختاری روسازی و شرایط بارگذاری

هدف ابتدایی از این تجزیه و تحلیل ارزیابی تقابل و همکاری ساختاری قشر راه و لایه اساس در ایجاد ظرفیت تحمل بارها در ساختار روسازی، زمانی که در لایه هایی با ضخامت های مختلف یا با مواد مختلف (از نظر مدول الاستیسیته) مورد استفاده قرار می گیرند، می باشد.

قبل از ایجاد روسازی مدل، باید یک زیربنای مناسب انتخاب گردد. گزارش آزمایشگاه تحقیقات ترابری بعنوان راهنمایی برای انتخاب بستر روسازی و مواد لایه دانه ای مورد استفاده قرار گرفت، بنابراین ملاک کرنش فشاری عمودی در بستر روسازی قانع کننده بود. ضخامت و مدول الاستیسیته لایه های آسفالت از گزارش گرفته شد و همچنین ضریب پواسون برای تمام لایه ها در طول مدت آزمایش ثابت در نظر گرفته شد.

تاثیر توزیع بار بر روی سطح بر اساس تئوری الاستیک تماسی هرتز فرض و بار 80 Kn بر روی چرخ ها گذاشته شد که کاربردی همانند یک بار خطی در لایه های روسازی داشت.

۲-۱- مدل روسازی بر اساس روش المان محدود

در مدل سازی مسئله FRANC2D برنامه المان محدود مورد استفاده قرار گرفت.

۸ گره از المان های ایزوپارامتریک برای مدل المان محدود در نظر گرفته شد. همچنین شبکه مورد استفاده در آزمایش در منطقه تماس جایی که تنش زیاد و شیب کرنش مورد انتظار بود قرار گرفت. مسئله تحت شرایط کرنش مسطح مورد توجه قرار گرفت و همچنین از ویژگی های مواد هر لایه از روسازی استفاده شد.

فشار تماسی نرمال اینگونه فرض شده بود که در تمام سطح تماس یکنواخت توزیع شده است.

تمام ساختارهای روسازی بعنوان سیستم نیمه بی نهایت الاستیک خطی شامل ۴ لایه در نظر گرفته شدند که عبارتند از: قشر راه، لایه اساس، زیر اساس دانه ای، بستر راه.

۳- نتایج آزمایش

۳-۱-پخش تنش در لایه های روسازی

مهمترین المان در طراحی روسازی ملاک توزیع تنش است. روش های مختلفی برای طراحی روسازی در مهندسی بزرگراه ها مورد استفاده قرار می گیرد. کرنش عمودی فشاری و کرنش افقی کششی باید در دامنه مجاز و محدود باشند.

توزیع تنش در لایه های روسازی برای ۴ مدول الاستیسیته مختلف مورد تحقیق قرار گرفت.

زمانی که ماکزیمم تنش فشاری در بالای سطح رخ می دهد، میزان قابل توجهی از کرنش کششی در زیر اتفاق می افتد که می تواند یکی از دلایل اصلی پدیده خستگی در لایه های روسازی باشد. واضح است که لایه های بالایی و پایینی نقش حیاتی را در کرنش های تحمیلی ناشی از شکست ساختاری نابهنگام با یکدیگر بازی می کنند. در مقایسه با لایه های انتهایی و ابتدایی، لایه های میانی مستقل از تنش های کاربردی عمل می کنند. کرنش های کششی افقی در لایه قیری مرزی عمومملا در پایین سطح لایه، اگر بیش از اندازه باشند باعث ترک می شوند. اگر در سطح بستر راه تنش فشاری عمودی وجود داشته باشد، پارامتر تغییر شکل در بالای بستر راه به وقوع خواهد پیوست و این باعث تغییر شکل سطح روسازی خواهد شد. تنش فشاری عمودی در زیر بار چرخ به مراتب بیش از تنش افقی اتفاق می افتد. تا جایی که تنش افقی (xx) در حدود 111 Mpa و تنش عمودی (yy) در حدود 212 Mpa روی سطح و زیر چرخ ها اتفاق می افتد. بر خلاف تنش افقی که به میزان کمی در میان لایه های روسازی اتفاق می افتد، میزان قابل توجهی از تنش عمودی در لایه های میانی روسازی تاثیر گذار است و در جهت لایه های زیرین افزایش می یابد.

تنش افقی معمولا تنها در قشر راه تاثیر می گذارد در حالی که میزان قابل توجهی از تنش عمودی علاوه بر قشر راه در لایه اساس و اساس دانه ای نیز اتفاق می افتد که برای شیار افتادگی و تنش برشی که بعد از عبور چرخ اتفاق می افتد بسیار حیاتی است.

۳-۲- تاثیر مدول الاستیسیته بر قشر و لایه اساس

در ارزیابی مسئله، تاثیر مدول الاستیسیته بر قشر و لایه اساس مورد آزمایش قرار گرفت.

بر اساس این ملاک، رخ داد تنش در جهت xx و yy در طرح و میان لایه ها با مدول الاستیسیته های مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

افزایش مدول الاستیسیته منجربه افزایش تنش های فشاری و کششی می شود. این امر به این دلیل است که بارها به طور موثر به وسیله موادی با مدول الاستیسیته بالا جابجا می شوند که سطح روسازی در منطقه کوچکی به مرکزیت و اطراف لبه چرخ ها در کشش می افتد. افزایش مدول الاستیسیته قشر راه موجب افزایش کششی در سطح روسازی می شود.

تنش افقی معمولا تنها در قشر راه تاثیر می‌گذارد در حالی که میزان قابل توجهی از تنش عمودی علاوه بر قشر راه در لایه اساس و اساس دانه ای نیز اتفاق می افتد که برای شیار افتادگی و تنش برشی که بعد از عبور چرخ اتفاق می افتد بسیار حیاتی است.

افزایش مدول الاستیسیته لایه اساس موجب افزایش xx تنش کششی سطح می شود.

در نتیجه، تغییر مدول الاستیسیته قشر راه یا لایه اساس تاثیر چندانی بر تنش کل نمی گذارد.

قبل از ایجاد روسازی مدل، باید یک زیربنای مناسب انتخاب گردد. گزارش آزمایشگاه تحقیقات ترابری بعنوان راهنمایی برای انتخاب بستر روسازی و مواد لایه دامنه ای مورد استفاده قرار گرفت، بنابراین ملاک کرنش فشاری عمودی در بستر روسازی قانع کننده بود، ضخامت و مدول الاستیسیته لایه های آسفالت از گزارش گرفته شد و همچنین ضریب پواسون برای تمام لایه ها در طول مدت آزمایش ثابت در نظر گرفته شد.

همان طور که انتظار می رفت تنش عمودی در محل اثر چرخ اتفاق می افتد و منجربه شیار افتادگی می گردد. افزایش تنش بستگی به ضخامت لایه دارد که در منطقه a/x به حد نهایی خود می رسد و تغییرات تنش در نمونه ای ثابت و ضخیم انجام می شود. تنش به طور اعم در لایه قشر و لایه اساس اتفاق می افتد. بنابراین اگر چه تنش افقی در میان چرخ ها به حد نهایی خود می رسند تنش عمودی در همان محدوده به صورت بسیار محدود رخ می دهد.

زمانی که ماکزیمم تنش فشاری در بالای طرح رخ می دهد، میزان قابل توجهی از کرنش کششی در زیر اتفاق می افتد که می تواند یکی از دلایل اصلی پدیده خستگی در لایه های روسازی باشد.

۴- نتیجه گیری:

از نتایج آزمایش به طور اخص می توان موارد زیر را دریافت کرد.

فرض عمومی این است که حداکثر تنش کششی افقی در زیر لایه های اتصال در سطح روسازی اتفاق می افتد نتیجه های بدست آمده فرض روی اثر چرخ را تایید کرد اگر چه در بین جفت چرخ ها کاملا صحیح نمی باشد. تنش افقی باعث شکست های نسبی ناشی از خستگی می باشند و نمونه متفاوتی نسبت به تنش عمودی هستند تنش کششی افقی به طور اعم بر اساس لایه قشر و سطح لایه اساس تاثیر گذار است.

اگر چه تنش کششی افقی در میان چرخ ها به طور قابل توجهی با اثر چرخ مقایسه می شوند این ممکن است دلیلی برای پخش ترک در لایه ها باشد.

تنش کشش افقی همچنین در پایین روسازی (sube-grade) در مقایسه با میان لایه ها (اساس دانه ای) تاثیر گذار است اینگونه نتیجه گیری می شود که پایین روسازی و لایه اساس برای پدیده خستگی بحرانی هستند.

تنش فشاری عمودی که دلیل اصلی شیار افتادگی می باشند در قشر و لایه اساس تاثیر گذارند. این تنش تاثیری همانند آنچه که در لایه های دانه ای اتفاق می افتد نخواهد داشت. افزایش مدول الاستیسیته در لایه قشر راه موجب افزایش نقش کششی افقی در سطح روسازی می گردد.

مدول های الاستیسیته استاندارد موجود در مواد بی شمار قابل استفاده در لایه های روسازی موجب دقت در صحت تنش می شوند، بنابراین در پروسه طراحی، لایه های مرزی قیری نقش حیاتی دارند.

۵- مراجع

[1] Whiteoak D. The Shell bitumen handbook. Shell bitumen, UK, ISBN-0-9516625-0-3, 1990.

[2] Von Quintis HL, Rauhut JB, Kennedy TW. Comparision of asphalt concrete sti.ness as measured by various testing techniques. Proc AAPT 1982:38:35-52.

[3] Pister KS, Westman RA. Analysis of viscoelastic pavements subjected to moving loads. Proc int Conf Struct Des Asphalt Pavements 1962:522-9.

[4] Monismith CL, Secor KE. Viscoelastic behavior of asphalt concrete pavements. Proc Int Conf Struct Des Asphalt Pavements 1962:476-98.

[5] Punya PK, Mamlouk MS. Tensile versus compressive moduli of asphalt concrete, TRR Report, No. 1492, Hot mix asphalt design, testing, evaluation and performance. Washington, DC; 1995.p.144-150.

[6]Read JM, Brown SF. Fatigue characterisation of bituminous mixtures using a simpli.ed test method. In: Proceedings of the Performance and durability of bituminous material. UK; 1994.p.158-172.

[7]Powell WD, Potter JF, Mayhew HC, Nun Me. The structural design of bituminous roads, TRRL Laboratory Report 1132, DTp,Crowthorne; 1984.