مقاله کوتاه

تاثیر انتخاب معیار شکست در تحلیل تنش و کرنش رویه‌های آسفالتی در مناطق گرمسیر

سید عباس طباطبائی*

دانشکده مهندسی، دانشگاه شهید چمران اهواز

(دریافت مقاله: ۸۴/۹/۱۳– دریافت نسخه نهایی: ۸۶/۱۰/۹)

چکیده – بررسی طرحهای ضخامت روسازی بیانگر این است در اکثر روشهای طرح ضخامت روسازی دو نوع معیار شکست را ملاک ارزیابی قرار می‌دهند. این دو معیار عبارت‌اند از کرنش کششی زیر لایه آسفالتی که موجب ترک می‌شود و کرنش فشاری قائم روی بستر که موجب نشست می‌شود. در این تحقیق پس از تعریف عاملهای مختلف موثر بر طرح ضخامت، بیش از ۲۱۶ حالت روسازی معرفی شده است و سازه ها توسط برنامه فلکس پاس[1] تحلیل شده‌اند و سپس با انتخاب هریک از معیارهای گفته شده مورد تحلیل قرار گرفته‌اند.

واژگان کلیدی : روسازی، تنش و کرنش، فلکس‌پاس، گود افتادگی، معیار شکست

Effect of Failure Criteria on Stress and Strain Analysis of Asphalt Pavement in Tropical Areas

S.A. Tabatabaei

Department of Civil Engineering, Shahid Chamran University

Abstract: ***A review of pavement thickness designs shows that two kinds of failure criteria are used in most cases. They are: 1) The tension strain under the asphalt layer that causes cracking; and 2) the vertical compression strain on the sub-grade that causes deflection. In this study, various factors affecting thickness design are first defined and more than 216 pavement conditions are introduced. Structures are analyzed using the Flex pass program and their strains and stresses are investigated severally by choosing the failure criteria one at a time.***

Keywords: ***Pavement, Stress and Strain, Flex pass, Rutting, Failure Criteria.***

---

* – استادیار

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-07-03]

[DOR: 20.1001.1.22287698.1387.27.1.10.4]

۱- مقدمه

بارگذاری ناشی ازحرکت وسایل نقلیه سنگین باعث به وجود آمدن تنش و کرنش بالایی در لایه‌های مختلف روسازی راهها و خیابانها می‌شود. چنانچه مقادیر تنش و کرنش در دماهای بالاتر رویه آسفالتی بیشتر از حد مجاز برای هر یک از لایه های روسازی باشد احتمال بروز خرابی در روسازی حتمی است. در شرایط هوای گرم و بار سنگین (ترافیک کند و سنگین) و در مواردی بارهای سبک باعث به وجود آمدن تنشهای موضعی بزرگ در مخلوط آسفالتی می‌شوند. در این شرایط خواص و رفتار رویه‌های آسفالت از نوع ویسکوپلاستیک خواهد بود که در این حالت احتمال گودافتادگی مسیر چرخها که یکی از انواع خرابیهای رایج در مناطق گرمسیر است خواهد بود.

درک نحوه توزیع تنشها و کرنشها در لایه های روسازی با انتخاب معیار خرابی روسازی مهمتر جلوه خواهد کرد زیرا در هر معیار، تنش و کرنش در محدوده خاصی بحرانی خواهد بود.

در اکثر روشهای طرح ضخامت روسازی دو معیار برای خرابیهای روسازی در نظر گرفته می‌شود یکی معیار ترک است که در این حالت تغییر مکانهای زیر لایه آسفالتی مد نظر خواهند بود (کرنش کششی). حالت دوم معیار نشست که در این حالت کرنشها و تنشهای روی بستر بحرانی و تعیین کننده‌اند (کرنش فشاری قائم).

مقادیر و توزیع تنش و کرنش در لایه‌ها به عوامل متعددی چون دما، نحوه بارگذاری، ضخامت روسازی و مقاومت بستر و غیره بستگی دارد که در این تحقیق تاثیر عوامل مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- مروری بر منابع

رفتار عملکردی آسفالت در مناطق مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی، متفاوت خواهد بود. برای شناخت از مناطق گرمسیر که آسفالت به حداکثر گرما در تابستان خواهد رسید، مطالعات زیادی در بعضی از کشورها برای مرزبندی آب و هوایی مناطق مختلف انجام شده است.

بر حسب دمای متوسط سالیانه هوا، مناطق را به سه منطقه (سردسیر، معتدل و گرمسیر) تقسیم بندی و بر اساس این شاخص نوع قیر مصرفی در این گونه مناطق تعیین و توصیه شده است [۱].

همچنین مطالعات در آمریکا دمای رویه آسفالتی را به سه دسته زیاد، متوسط و کم تفکیک کرده است [۲]. مطالعات انجام شده در ایران نشان می دهد که مناطق ایران به ۹ منطقه آب و هوایی تقسیم شده است[۳].

در این مطالعات مشخص شده است که پهناورترین ناحیه آب و هوایی ایران، ناحیه گرم و خشک است که در قسمت داخلی ایران قرار گرفته است [۳].

مطالعات انجام شده در کویت به منظور تعیین توزیع دما در عمقهای مختلف روسازی آسفالتی بیانگر آن است که تاثیر تغییرات اشعه خورشیدی روی دمای روسازی نسبت به تغییرات دمای هوا از اهمیت بیشتری برخوردار است [۴].

همچنین بر اساس تحقیقات انجام شده در ایران نشان می‌دهد که دمای آسفالت به درجه هوا و عمق بستگی دارد. معادله (۱) برای تعیین دمای رویه‌های آسفالتی با توجه به عمق و ساعت معین از روز پیشنهاد شده است[۵].

$$Tasp = ۱/۱۹T_{air} - ۰/۳۵۴H + ۲۰ \qquad (۱)$$

Tasp: دمای رویه آسفالتی

T_{air}: دمای هوا

H : عمق مورد نظر در رویه آسفالتی

این مطالعات بیانگر آن است که دمای ۳۵ درجه سانتیگراد به عنوان دمای مرجع و حداکثر دمای بحرانی رویه‌های آسفالتی ۶۵ درجه سانتی گراد است[۵].

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-07-03]

[DOR: 20.1001.1.22287698.1387.27.1.10.4]

در تعیین معیار خرابی روسازی بیشتر محققان کرنشهای کششی زیر لایه آسفاتی و کرنشهای فشاری بالای بستر را به عنوان معیار بحرانی انتخاب می‌کنند[۶].

تنش افقی موجب خرابیهایی می‌شود که الگویی متفاوت با تنشهای قائم دارند. تنشهای افقی کششی به انتهای لایه آسفالتی و بالای سطح اساس اثر می‌گذارند این امر ممکن است دلیل ترویج نوعی ترک در لایه‌ها باشد [۷].

همچنین بر اساس همین تحقیقات می‌توان مشاهده کرد که افزایش مدول الاستیک لایه آسفالتی باعث افزایش تنش افقی کششی در سطح روسازی می‌شود. این امر به دلیل این است که بارهای اعمالی به طور موثری توسط موادی با مدول های الاستیک بالا منتقل می شوند.

۳- فرضیات اولیه انتخاب نرم افزار و داده های ورودی

در این تحقیق تنش و کرنش رویه های آسفالتی جاده ها و خیابانها در مناطق گرمسیر با استفاده از نتایج بارگذاری سازه‌های تعریف شده توسط برنامه رایانه‌ای فلکس پاس اجرا شده است.

در این پژوهش سه نوع بستر شامل بستر قوی، متوسط و ضعیف و سه نوع روسازه به شرح جداول (۱) و (۲) مورد بررسی قرار گرفته است و مدول الاستیسته بر حسب فصل سرد و گرم اعمال شده است[۵]. به منظور در نظر گرفتن شرایط بحرانی بارگذاری در این مناطق، بارگذاری محور مرکب کامیون سه محور و محور عقب کامیون دو محور مطابق جدول(۳) در نظر گرفته شده است. برنامه برای شرایط مختلف ضخامت (۳ حالت)، بستر (۳ حالت)، بارگذاری (۲ حالت)، درصد قیر (۳ حالت) و فضای خالی (۲ حالت) معادل ۲۱۶ حالت اجرا شده تنشها و تغییر مکانها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

× (۲ دما) × (۲ بارگذاری) × (۳ضخامت) ×(۳بستر)

۲۱۶=(۲ درصد هوا) × (۳ درصد قیر)

۳-۱- تاثیر انتخاب معیار شکست (ترک) روی تحلیل سازه روسازی

اگر کرنش کششی زیر لایه آسفالتی ناشی از عوامل مختلف از حد مجاز تجاوز کند باعث ایجاد ترک در پایین لایه آسفالتی خواهد شد و به تدریج این ترک به سطح آسفالت منتقل می شود. عوامل متعددی موجب افزایش کرنش کششی خواهد شد. در این تحقیق عواملی مهمی از قبیل دما، ضخامت، بارگذاری، مورد بررسی قرار گرفته است.

۳-۱-۱- تاثیر دمای روسازی

پاسخ مکانیکی مخلوطهای آسفالتی به بارگذاری در دماهای بالا، با خواص رئولوژیک قیر و رفتار ویسکوپلاستیک آسفالت بستگی دارد.

با توجه به منحنیهای حاصل از نتایج تحلیل به وضوح قابل مشاهده است که تغییر مکانهای شعاعی در زیر لایه آسفالتی در فصل گرم بیشتر ازتغییر مکان در فصل سرد در مناطق گرمسیر است. این مطلب موجب تغییر مدول الاستیسیته بتن آسفالتی تحت تاثیر افزایش دما مطابق شکل (۱) است.

۳-۱-۲- تاثیر ضخامت روسازی

شکل (۲) نشان می‌دهد که تغییر مکان شعاعی در زیر لایه آسفالتی در روسازی ضخیم کمترین مقدار را دارد ولی در مورد روسازی نازک و متوسط به صراحت نمی‌توان چنین نظریه‌ای اعلام کرد. لذا توصیه می‌شود برای کنترل تغییر مکان شعاعی از روسازی ضخیم استفاده شود. یکی از عوامل مهم و موثر در طراحی روسازی بارهای وارده از وسایط نقلیه به سطح روسازی است. در این پروژه دو نوع وسیله نقلیه سنگین مطابق جدول (۳) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بار محور منفرد جفت چرخ ۱۳ تنی تغییر مکان شعاعی بیشتری در زیر لایه آسفالتی مطابق شکل (۳) ایجاد می‌کند.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-07-03]

[DOR: 20.1001.1.22287698.1387.27.1.10.4]

جدول ۱- مشخصات بستر

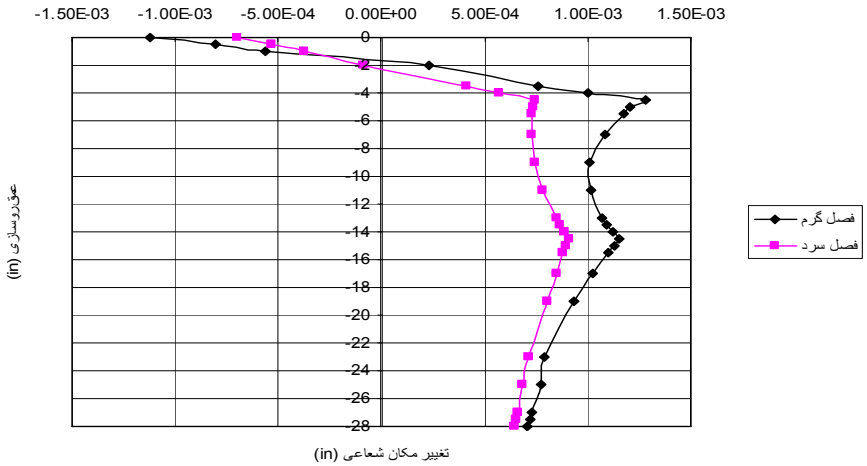
ضریب پواسون	سی - بی آر	نوع بستر
۰/۵	۵۰۰۰	ضعیف
۰/۴	۷۵۰۰	متوسط
۰/۳۵	۱۵۰۰۰	قوی

جدول ۲- انواع ضخامت روسازی (سانتی متر)

ضخیم	متوسط	نازک	لایه
۱۵	۱۲	۱۰	بتن آسفالتی
۲۵	۲۵	۲۰	اساس
۴۰	۳۵	۲۵	زیر اساس

جدول ۳- میزان بارگذاری محور ساده و مرکب

محور عقب کامیون دو محوره	محور عقب وسایل نقلیه سنگین	
محورد منفرد ۱۳ تنی	محور ۲۰ تن مرکب	محور
۱۳۰۰۰/۴=۳۲۵۰	۲۰۰۰۰/۸=۲۵۰	وزن وارد به هر چرخ (kg)
۶/۴۵۶۶	۰/۳۲۲۵	ضریب هم‌ارزی



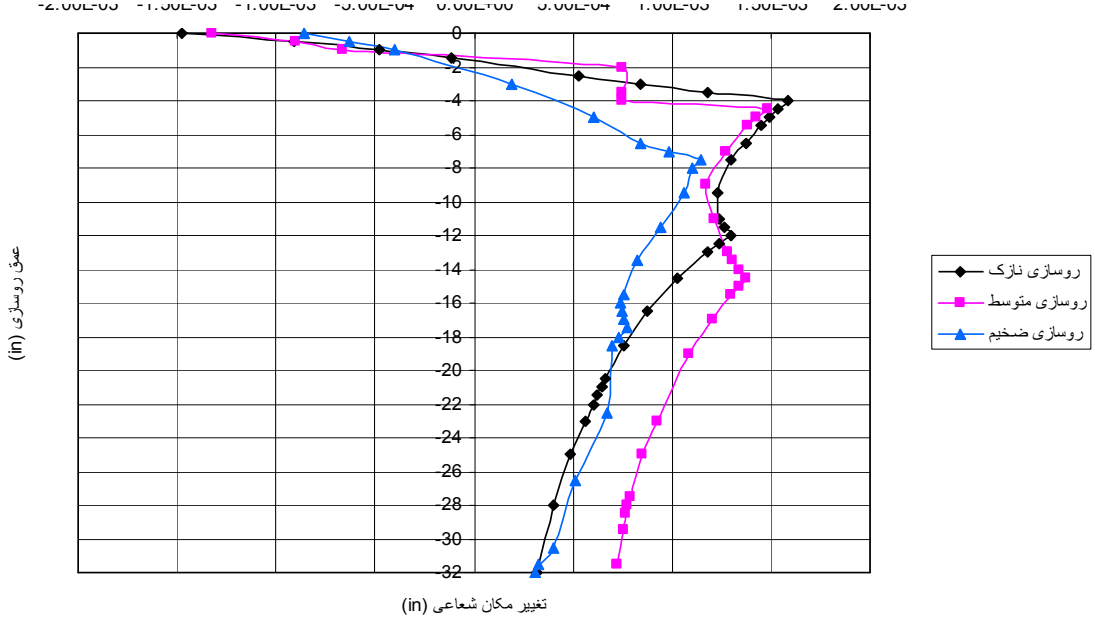
شکل ۱ - مقایسه تغییر مکان شعاعی در فصول سرد و گرم تحت بار محور۲۰ تنی، بستر قوی و روسازی متوسط

۳-۱-۳- تاثیر نوع بستر سایر عوامل

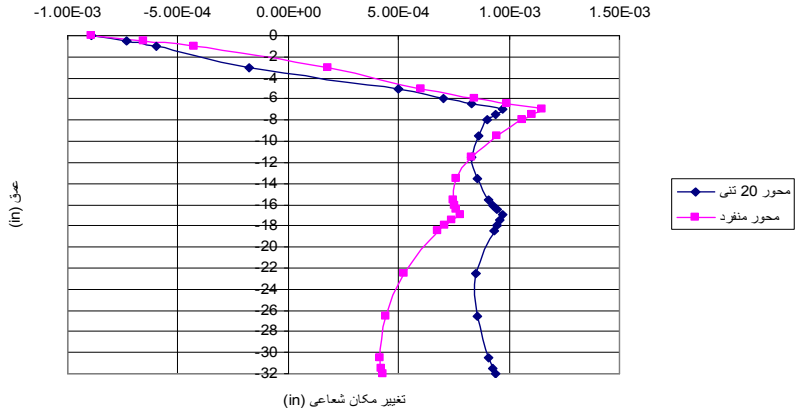
از نتایج به‌دست آمده از تحلیل می توان نتیجه گیری کرد که نوع بستر در مقدار تغییر مکان شعاعی ایجاد شده در زیر لایه بتن آسفالتی تاثیر چندانی ندارد اگر معیار خرابی روسازی را ترک در نظر بگیریم نوع بستر جزو عوامل اساسی و موثر نمی‌تواند باشد، شکل (۴).

در نظر گرفتن کلیه عوامل موثر در تعیین تنش و کرنش روسازی امکانپذیر نیست. در این تحقیق سعی شده عواملی را

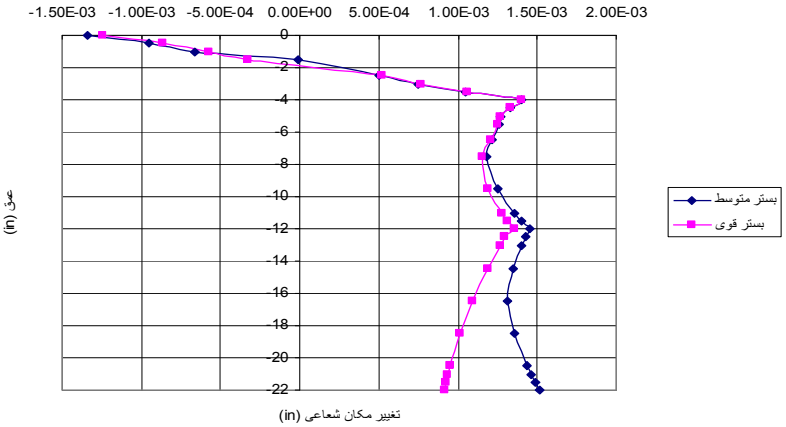
[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-07-03]
[DOR: 20.1001.1.22287698.1387.27.1.10.4]



شکل ۲ – مقایسه تغییر مکان شعاعی در انواع ضخامت روسازیها تحت بار محورمنفرد، فصل گرم و بستر قوی

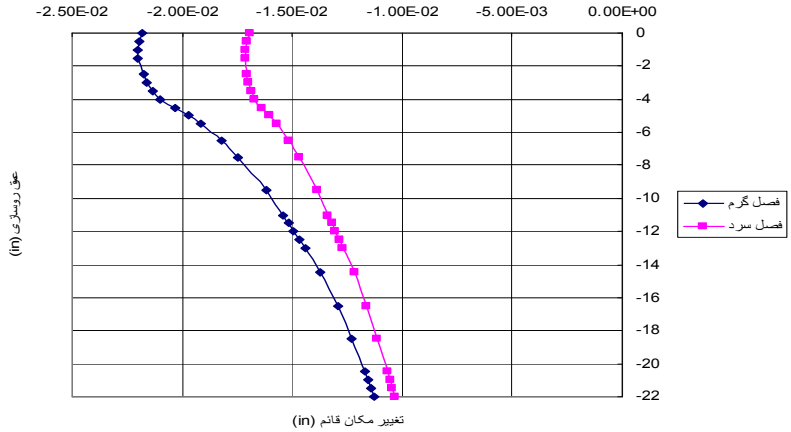


شکل ۳ – مقایسه تغییر مکانهای شعاعی در دو نوع بارگذاری، بستر متوسط، روسازی ضخیم و فصل گرم

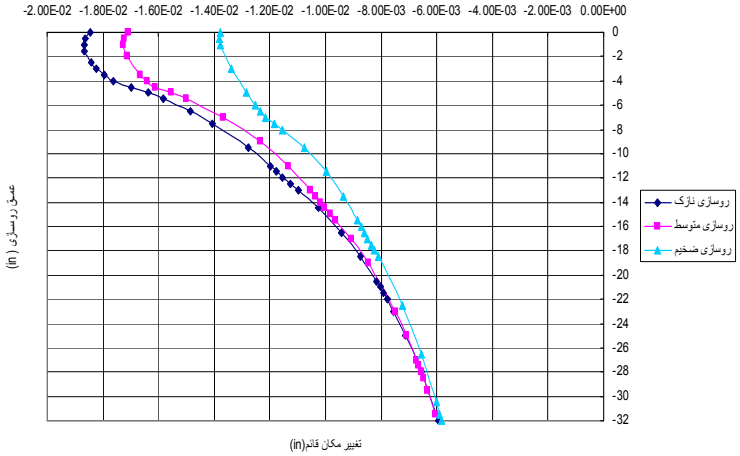


شکل ۴ – مقایسه تغییر مکان شعاعی در دو نوع بستر تحت بار محور۲۰ تنی، فصل گرم و روسازی نازک

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-07-03]
[DOR: 20.1001.1.22287698.1387.27.1.10.4]



شکل ۵ – مقایسه تغییر مکان قائم در فصول سرد و گرم تحت بار محور۲۰تنی، بستر متوسط و روسازی نازک



شکل ۶ – مقایسه تغییر مکان قائم در انواع ضخامت روسازیها تحت بار محور۲۰ تنی، فصل گرم و بستر قوی

مورد مطالعه قرار دهد کـه بیـشترین تـاثیر را در ایجـاد تـنش و کرنش داشته باشند. همچنین با توجه به محدودیتهای برنامه‌های نرم افزاری و سایر برنامه های تحلیل روسازی عواملی انتخـاب شده‌اند که امکان مطالعه آنها میـسر باشـد. تـاثیر فـضای خـالی آسفالت و درصد قیر در این تحقیق ناچیز است.

۳-۲- تاثیر انتخاب کرنش قائم به عنوان معیار شکـست روی تحلیل روسازه

درصد افزایش تغییر مکانهای قائم فشاری روی بستر از حد مجاز ابتدا باعث گودافتادگی در بستر و سپس به لایـه آسـفالتی خواهند شد. بررسی میزان تاثیر عوامـل مختلـف روی عملکـرد روسازی با توجه به معیار نشست در ادامه خواهند آمد.

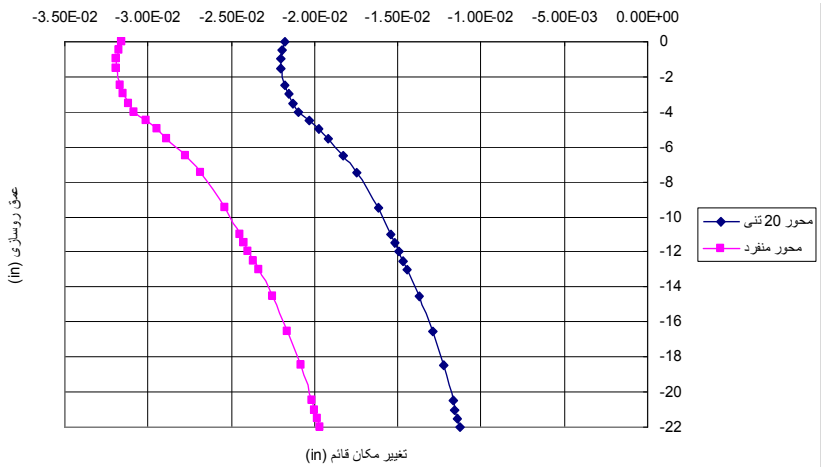
۳-۲-۱- تاثیر دمای روسازی

با توجه به منحنیهای حاصل از تحلیل روسازه توسط برنامـه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تغییر مکان قائم روی بستر در فصل گرم بیشتر از فصل سرد در مناطق گرمـسیر اسـت. لـذا مطـابق شکل (۵) احتمال نشست در روسازی در فصول گـرم بیـشتر از فصول سرد خواهد بود.

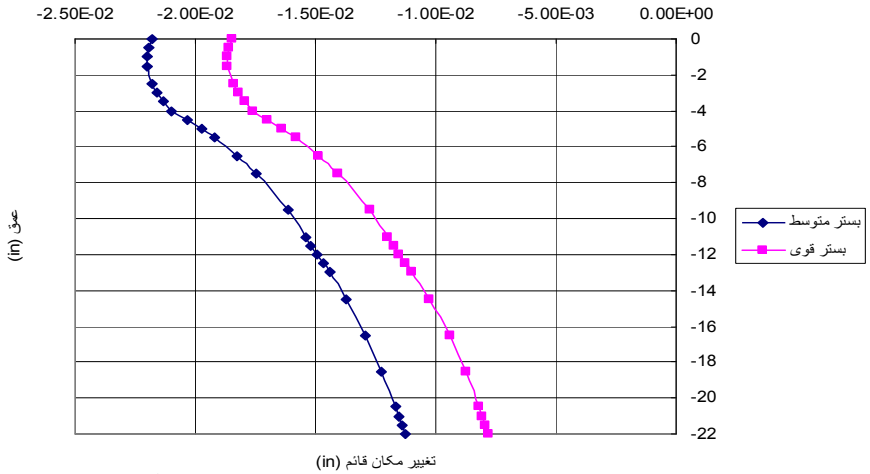
۳-۲-۲- تاثیر ضخامت روسازی و بارگذاری

بررسـی شکل (۶) نشـان می دهد اگر نشـست بـه عنـوان

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-07-03]
[DOR: 20.1001.1.22287698.1387.27.1.10.4]



شکل ۷ – مقایسه تغییر مکانهای قائم در دو نوع بارگذاری در حالت، بستر متوسط، روسازی نازک و فصل گرم



شکل ۸ – مقایسه تغییر مکان قائم در دو نوع بستر تحت بار محور۲۰ تنی، فصل گرم و روسازی نازک

معیار شکست تلقی شود روسازی ضخیم تغییر مکان قائم کمتری در روی بستر از خود نشان می دهد و برعکس روسازی نازک بیشترین تغییر مکان قائم در روی بستر را خواهد داشت. بررسی شکل (۷) نشان می‌دهد که بار محور منفرد جفت چرخ ۱۳ تنی حالت بحرانی دارد و تغییر مکانهای قائم حاصل از این بارگذار بسیار بیشتر از بارگذاری سایر محورهاست.

۳-۲-۳- تاثیر نوع بستر

تغییر مکانهای ایجاد شده در روی بستر در بستر قوی بسیار کمتر از انواع دیگر است مطابق شکل (۸) نوع بستر یک عامل مهم و اساسی و تاثیرگذار است.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به تحلیلها و مقایسه‌های انجام شده و با در نظر گرفتن هر دو معیار شکست برای روسازی می توان به نتایج زیر رسید:

اگر معیار شکست ترک باشد به ترتیب عوامل زیر تاثیرگذار خواهند بود:

۱- دما ۲- بارگذاری ۳- ضخامت روسازی در حالی‌که نوع بستر از اهمیت چندانی برخوردار نیست.

اگر معیار شکست نشست باشد عوامل زیر به اولویت تاثیرگذار خواهند بود.

نوع بستر ۲- ضخامت روسازی ۳- دما ۴- بارگذاری

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-07-03]
[DOR: 20.1001.1.22287698.1387.27.1.10.4]

واژه نامه

1. flex pass

مراجع

1. Vande Loo, P.J., "The Creep Test, a Key Total in Asphalt Mix Desired in the Prediction Rutting," *Proc. Association Asphalt Paving technologists*, 1978.
2. "The Super Pave Specification," Pamphleteer of Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington D.C, 1993.

۳. کاووسی، ا.، و طباطبایی، ن.، "بهینه سازی آب و هوایی ایران از نظر روسازی راههای روستایی (پهنه‌بندی مقدماتی)،" معاونت عمران و صنایع روستایی، اداره کل وزارت جهاد سازندگی، ۱۳۷۲.

4. Bissada, Amir. F., "Asphalt Pavement Temperature Related to Kuwait Climate," *ASCE Journal of Transportation*, PP. 71-85, 1994.

۵. طباطبایی، س.ع.،"طرح ضخامت لایه آسفالت در مناطق گرمسیر بر اساس مقاومت مخلوط آسفالتی در برابر تغییر شکل دائم،" پایان نامه دکتری، دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۰.

6. Molenaar A. A. A, Houben, L. J. M., and Alemgena A. A., "Estimation of Maximum Strain in Road Bases for Pavement Performance Predictions," In Paulo Pereia and Fernando Branco (Eds.), *Maintenance and rehabilitation of pavements and technological control* PP. 199-206, 2003.
7. Akbut, H. Aslantas, K., "Finite Element Analysis of Stress Distribution on Bituminous Pavement and Failure Mechanism," Materials and Design, Vol. 26, PP. 383-387, 2005.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-07-03]

[DOR: 20.1001.1.22287698.1387.27.1.10.4]