نشریه علمی - پژوهشی مهندسی سازه و ساخت، دوره ۵، شماره ۲، سال ۱۳۹۷، صفحه ۱۳۴ تا ۱۴۵

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)

www.jsce.ir

بررسی عددی تاثیر وجود لایه آسفالت مخلوط گرم بر رفتار ناحیه انتقال پل‌های دهانه کوتاه خطوط ریلی بالاستی

علی رضا قاری قرآن[1*]، حمید رضا حیدری نوقابی[2]، علی معینی کربکندی[3]

۱- استادیار، دانشکده حمل و نقل، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۲- دانشجوی دکتری مهندسی راه‌آهن ، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
۳- کارشناس ارشد مهندسی راه‌آهن، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

چکیده

چنانچه در طول مسیر خطوط ریلی، سختی قائم خط بطور ناگهانی تغییر کند، این تغییر سختی ناگهانی منجر به افزایش نیروهای دینامیکی وارد به خط می‌گردد. به علت افزایش نیروهای دینامیکی در این نواحی، نشست های نامتقارن خط، خرابی های ریل و اجزای روسازی و ناوگان افزایش خواهد یافت. تاکنون روش‌های مختلفی به عنوان ناحیه انتقال جهت ایجاد تغییر تدریجی در سختی خط ارائه و اجرا گردیده است. استفاده از لایه آسفالت مخلوط گرم (HMA) به عنوان روشی جدید جهت انتقال سختی تدریجی در نواحی انتقال خطوط ریلی شناخته می‌شود. بنابراین در تحقیق حاضر تاثیر لایه آسفالت مخلوط گرم بر رفتار خط ریلی در ناحیه انتقال پل‌های دهانه کوتاه بررسی گردید. برای این منظور یک مدل اجزاء محدود از خط ریلی بالاستی در محل پل های دهانه کوتاه بتنی با در نظر گرفتن اجزای روسازی و زیرسازی بالاستی ساخته شد و تاثیر پارامترهای هندسی لایه آسفالتی (شامل ضخامت و طول لایه آسفالت مخلوط گرم) از منظر معیارهای مختلف (تغییر مکان ریل، تغییر مکان قائم وسط لایه بالاست و مقدار تنش نرمال در لایه بستر) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بدست آمده از این ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که لایه آسفالت مخلوط گرم با ضخامت ۷۰ سانتی متر و طول ۷ متر بر رفتار خط ریلی در محل ناحیه انتقال پل‌های بتنی با دهانه کوتاه تاثیر مناسبی دارد به طوری که وجود این لایه موجب گردیده تا تغییر مکان قائم ریل، تغییر مکان قائم لایه بالاست و مقدار تنش در لایه بستر به ترتیب حدود ۱۹٪، ۲۲٪ و ۳۶ ٪ کاهش یابد.

کلمات کلیدی: لایه آسفالت مخلوط گرم ، پل دهانه کوتاه، خط ریلی بالاستی، ناحیه انتقال، مدلسازی عددی

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	doi: 10.22065/JSCE.2017.80167.1116
۱۳۹۵/۱۲/۲۳	۱۳۹۶/۳/۲۰	۱۳۹۶/۴/۱۷	۱۳۹۶/۴/۱۷	۱۳۹۷/۵/۳۰	http://dx.doi.org/10.22065/JSCE.2017.80167.1116

*نویسنده مسئول: علی رضا قاری قرآن

پست الکترونیکی: gharighoran@yahoo.com

Numerical Investigation of HMA Effect on Dynamic Behavoiur of Railway Track Transition Zone

Alireza Ghari-Ghoran[1*], Hamidreza Heydari-Noghabi[2], Ali Moeini-Korbekandi[3]

1- Assistant professor, Faculty of Transportation, University of Isfahan, Iran
2- PhD student, Iran University of Science and Technology, Iran
3- MSc, Faculty of Transportation, University of Isfahan, Iran

ABSTRACT

There are many structures along the railway tracks such bridges and culverts. The track vertical stiffness suddenly changes where the track passes over these structures. Therefore, these locations are called transition zones. Sudden track stiffness changes in these locations can lead to the asymmetric deformations, railway roughness, damage to the components of superstructure system. Studies shown that changing of the track stiffness along the railway lines is one of the main sources of tracks geometric damages. One of the most common places that the railway track stiffness changed along the railway lines are the culverts and bridges. The vertical stiffness change in these area causes the asymmetric deformations, rail roughness, damage of the components and as a result increasing the maintenance costs. One of the methods to solve the above problems is used to the hot mix asphalt (HMA) layer in adjacent of the culverts and bridges. In the present study, the behaviour of railway track in adjacent of culverts with HMA layer has been evaluated. For this purpose, a 3D finite element model of railway track culvert with HMA layer was built, and then different sensitivities on the geometric dimensions of HMA layer (including thickness and length) were analysed. Also based on analyse with exist a optimized layer of hot mixed asphalt around bridges structures the rail vertical displacement, ballasted layer vertical displacement and the normal stress in the middle of the subsgrade layer decreased approximately 19%, 22% and 36% respectively

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

ARTICLE INFO

Received: 13/03/2017
Revised: 10/06/2017
Accepted: 8/07/2017

Keywords:
Railway track transition zone
Hot mix asphalt (HMA) layer
Railway ballasted tracks
Culvert
Finite element modelling

doi: 10.22065/JSCE.2017.80167.1116

*Corresponding author: Alireza Ghari-Ghoran
Email address: gharighoran@yahoo.com

۱- مقدمه

ناحیه انتقال بین خط ریلی بالاستی و یک سازه سخت همچون پل‌ها و آبروها، یکی از منابع خرابی‌های هندسی در طول مسیرهای ریلی می‌باشد. وقتی قطار از روی یک خط بالاستی به روی سازه‌ای سخت همچون پل‌ها حرکت می‌کند به علت تغییرات ناگهانی و غیریکنواخت سختی قائم خط، بار دینامیکی چرخ افزایش یافته و در نتیجه نرخ خرابی و نشست نسبی بین خاکریز و سازه بیشتر می‌شود و این شرایط نیز باعث ایجاد اختلاف ارتفاع در تراز طولی خط ریلی شده و افزایش نیروهای اندرکنشی بین چرخ و ریل را به همراه دارد[۱و۲]. به دلیل تغییرات ناگهانی سختی قائم خط در ناحیه انتقال، اجزاء خط ریلی در این نواحی تنش بیشتری را متحمل می‌شوند و از این رو تعمیر و نگهداری بیشتری را نیاز خواهند داشت [۳]. در کشور هلند تخمین زده شده که ۴۰ درصد از هزینه‌های تعمیر و نگهداری مربوط به حفظ شرایط هندسی در وضعیت استاندارد است و هزینه‌های تعمیر و نگهداری ناحیه انتقال ۲ تا ۴ برابر بیشتر از یک خط‌آهن عادی است[۴]. بر اساس مطالعاتی در خطوط راه‌آهن امریکا سالانه در حدود ۲۰۰ میلیون دلار و در اروپا سالانه ۸۵ میلیون یورو برای تعمیر و نگهداری نواحی انتقال هزینه می‌شود [۵ و ۶].

برای رفع مشکلات مذکور در نواحی انتقال و داشتن بهره برداری مناسب و ایمن، لزوم انتقال سختی و انتقال تغییر مکان مطلوب امری ضروری به نظر می‌رسد. راه کارهای متفاوتی برای این موضوع پیشنهاد شده که اصول همگی آن‌ها یکنواخت کردن سختی قائم و تغییرمکان خط و یا انتقال تدریجی آن‌ها در این نواحی است. از روش های انتقال سختی پرکاربرد می توان به کاربرد دال دسترسی بتنی در اطراف سازه پل، لایه آسفالت مخلوط گرم، تثبیت و اصلاح خاکریز ناحیه انتقال و استفاده از پدهای زیر تراورس در روی عرشه پل اشاره نمود. همان‌طور که گفته شد یکی از روش‌های رایج، استفاده از لایه آسفالت مخلوط گرم[1](HMA) در اطراف سازه است. عملکرد لایه‌ی آسفالت مخلوط گرم (HMA) بین لایه بالاست و بستر برای تقویت کردن بسترهای ضعیف توسط محققین مختلف مورد بررسی قرار گرفته است[۷و۸]. این مطالعات بیان می‌کند که اگر این لایه به طور مناسب اجرا شود میزان تنش‌های روی بستر و نشست نسبی خط را کاهش می‌دهد و همچنین دوره‌ی تعمیر و نگهداری را افزایش می‌دهد چرا که لایه HMA یک المان سازه‌ای است که می‌تواند تنش‌ها را تا حد مقاومت فشاری مجاز برای خاک با مقاومت کم در بستر کاهش دهد. لایه HMA علاوه بر انعطاف پذیرتر خط ریلی می‌تواند باعث کاهش نفوذ آب به بستر و همچنین کاهش آلودگی‌های صوتی شود[۹ و۱۰]. همچنین برای یک خط ریلی در استرالیا استفاده از لایه HMA حدود ٪۵۰ میزان نرخ خرابی و زوال خط ریلی را کاهش داده است[۱۰]. رز و همکاران در مطالعه‌ای طراحی، انتخاب مصالح و عملکرد بلند مدت لایه آسفالت مخلوط گرم بر روی خطوط باری صنعتی راه آهن امریکا و همچنین هزینه تعمیر و نگهداری آن را بررسی نموده‌اند [۱۱]. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که هزینه‌های نگهداری خطوط بالاستی با بستر دانه‌ای نسبت به بسترهای آسفالتی بسیار زیاد است و استفاده از بستر آسفالتی بسیار مناسب می‌باشد و همچنین لایه‌های آسفالتی مزایایی بسیاری نظیر توزیع مناسب بار روی بستر خاکی، محدود کردن فشار آب منفذی و محدود کردن تنش‌ها تا حد مجاز برای لایه‌های زیرین را دارا می‌باشند و این لایه‌ها در ناحیه انتقال برای ایجاد بستری با سختی مناسب و اصلاح انتقال سختی مناسب هستند [۱۱]. توجه در مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که تاکنون تحلیل حساسیت بر روی پارامترهای ابعادی و سازه‌ای ناحیه انتقال با لایه آسفالت مخلوط گرم در محل پل‌های دهانه کوتاه بررسی نشده است. لذا در تحقیق حاضر، تاثیر مشخصات هندسی لایه آسفالتی بر رفتار خط ریلی در محل ناحیه انتقال خطوط بالاستی مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. برای این منظور مدل عددی از خط ریلی بالاستی به همراه لایه آسفالت مخلوط گرم در محل ناحیه انتقال پل دهانه کوتاه، ساخته شد و تاثیر پارامترهای هندسی لایه آسفالتی (طول و ضخامت لایه) بر رفتار خط ریلی از منظر معیارهای مختلف (تغییرمکان قائم ریل، تغییرمکان قائم وسط لایه بالاست، تنش نرمال در لایه بستر) مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در این مقاله ارائه و تشریح گردیده است.

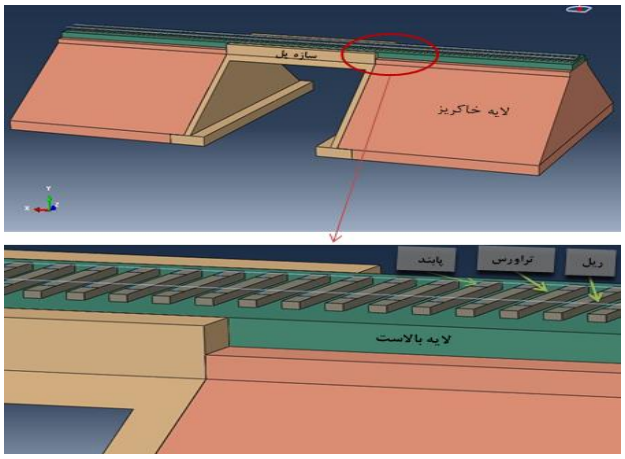
۲- مدل سازی

در مطالعه حاضر مدل‌سازی خط و پل راه آهن در نرم افزار اجزای محدود آباکوس انجام گردیده و اجزای اصلی این مدل‌سازی شامل خط ریلی بالاستی، پل بتنی و بستر خاکی است. پل مدل‌سازی شده در این مطالعه از نوع پورتال فریم است که به طور معمول در محل تقاطع

[1] Hot Mix Asphalt-HMA

خط راه‌آهن و مسیرهای جاده‌ای ساخته می‌شود. نمونه‌ای از این نوع پل‌ها و مدل اجزای محدود آن در شکل های (۱) و (۲) نشان داده شده است. طول کل مدل شامل خط بالاستی و سازه پل، ۵۶/۴ متر و عرض مقطع خط ریلی مدل‌سازی شده در بالای مدل ۶ متر و در پایین ۳۱/۵ متر است. لایه خاکریز به ضخامت ۸ متر با مصالح یکنواخت و شیب ٪ ۱/۵ (۱ قائم به ۲ افقی) در کناره‌ها است که کمترین عرض مقطع آن در بالا ۶ متر و طول هر خاکریز در طرفین پل ۲۰ متر است. دهانه پل ۱۵ متر ، طول عرشه ۱۶,۴ متر ، ضخامت کوله ها ۷۰ سانتی‌متر و عرض پل ۶ متر می‌باشد. ریل به صورت المان تیری اولر – برنولی و دارای سطح مقطع و ممان اینرسی مشابه ریل UIC60 در نظرگرفته شده است. همچنین ابعاد تراورس بتنی ۱۵ cm در ۲۵ cm و به طول ۲/۵ متر و فاصله بین تراورس‌ها ۶۰cm بوده و لایه بالاست دارای ضخامت ۶۰cm و عرض ۶ متر است. در مدل ساخته شده، اندرکنش بین سطوح مختلف طبق مراجع [۱۲و ۱۳] با قید tie تعریف شده و در پایین‌ترین قسمت مدل‌سازی از شرایط تکیه گاهی کاملاً گیردار برای پایدار کردن مدل‌سازی استفاده شده است. مشخصات فنی و مکانیکی اجزای مورد استفاده جهت مدلسازی در جدول (۱) ارائه گردیده است [۱۲].

شکل۱: نمونه‌ای از پل پورتال فریم در سوئد[۱۲]

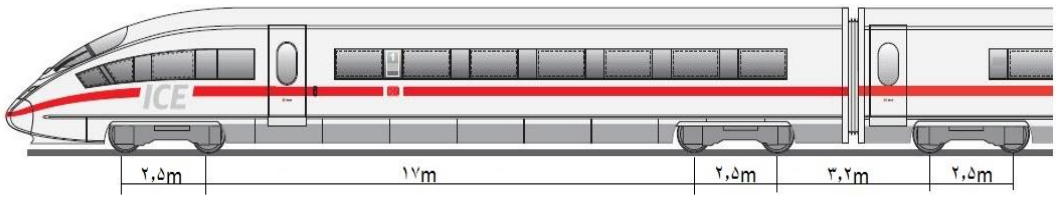


شکل۲: مدل اجزاء محدود خط ریلی بالاستی و پل دهانه کوتاه

جدول ۱: خواص مکانیکی اجزا به کار رفته در مدل سازی

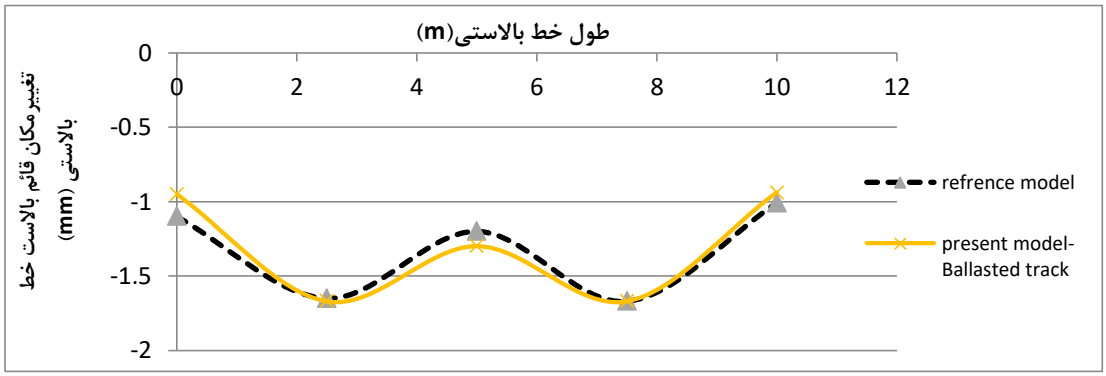
اجزای مدل	مدول الاستیسیته MPa(E)	ضریب پواسون	دانسیته Kg/m^3
ریل [۱۴]	۲۰۰۰۰۰	۰/۳	۷۸۵۰
تراورس [۱۲]	۲۰۰۰۰	۰/۲۵	۲۵۰۰
بالاست [۱۵]	۲۰۰	۰/۲	۱۹۰۰
بتن پل [۱۲]	۲۰۰۰۰	۰/۲	۲۵۰۰
لایه آسفالت [۲]	۵۶۲۰	۰/۳	۲۳۰۰
بستر- خاکریز [۱۲]	۶۰	۰/۱	۱۷۰۰

جهت بارگذاری مدل از مشخصات قطار سریع السیر ICE3 که نمایی از این ناوگان و مشخصات و فواصل آن درشکل (۳) نشان داده شده استفاده گردیده است. بار محوری این ناوگان ۱۷ تن و سرعت بار عبوری ۳۰۰ Km/h در نظر گرفته شده است.



شکل۳: بارگذاری مدل بر اساس ناوگان قطار سریع السیر ICE3[۱۶]

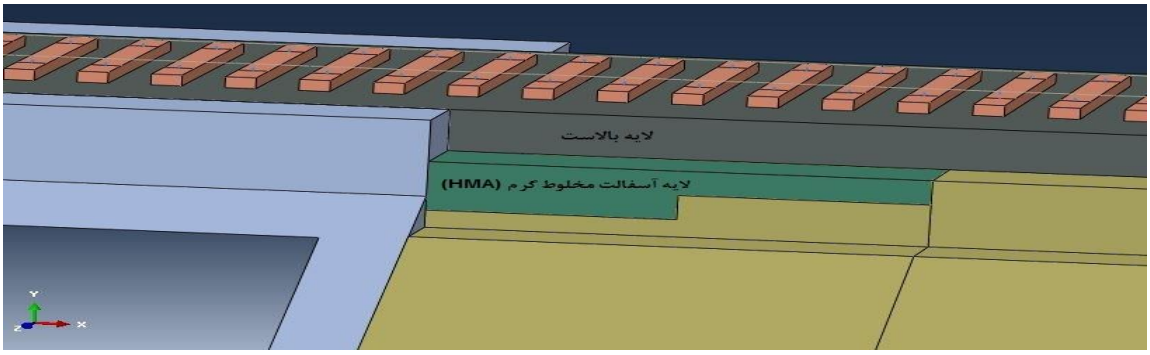
به منظور اعتبارسنجی مدل از نتایج مطالعات فنگ[۱۷] استفاده شده است. شکل (۴) مقدار تغییرمکان وسط لایه بالاست برای خط بالاستی در محدوده ناحیه انتقال تحت بار عبوری که شامل بارگذاری دو بار محوری بوده را نشان می‌دهد. نتایج اعتبارسنجی نشان می‌دهد که خطای مدل‌سازی کمتر از ۵ درصد می‌باشد.



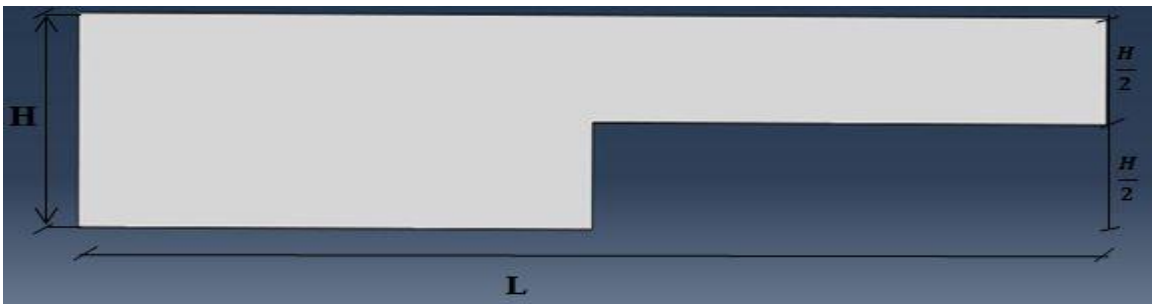
شکل۴: مقایسه نتایج مدل حاضر و مدل Feng 2011 [۱۷]

۳- تحلیل نتایج

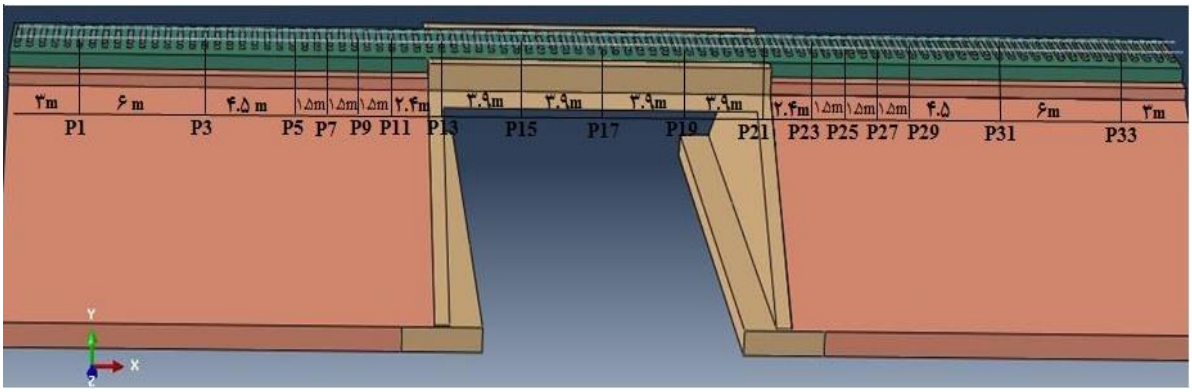
در این مطالعه ارزیابی عملکرد استفاده از لایه آسفالت مخلوط گرم (HMA) در محدوده نواحی انتقال پل‌ها به عنوان روشی جدید برای انتقال سختی قائم خطوط ریلی و ایجاد تغییر مکان تدریجی و جلوگیری از نشست نسبی نامتقارن مورد نظر قرار گرفته است. در شکل (۵) موقعیت قرارگیری این لایه در ناحیه انتقال قابل مشاهده می‌باشد. پارامترهای هندسی لایه HMA شامل ضخامت و طول که در این مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفته، در شکل (۶) نمایش داده شده است. در شکل (۷) موقعیت نقاط مورد بررسی در طی تحلیل های انجام شده جهت ارزیابی عملکرد ناحیه انتقال با لایه HMA نشان داده شده اند. در این بخش نتایج تحیل ها و ارزیابی های انجام شده بر روی عملکرد ناحیه انتقال با لایه HMA با تغییر مشخصات هندسی آن (شامل ضخامت و طول) ارائه و تشریح گردیده است.



شکل ۵: موقعیت استفاده از لایه HMA در محل ناحیه انتقال



شکل ۶: پارامترهای هندسی مورد استفاده در ارزیابی لایه HMA

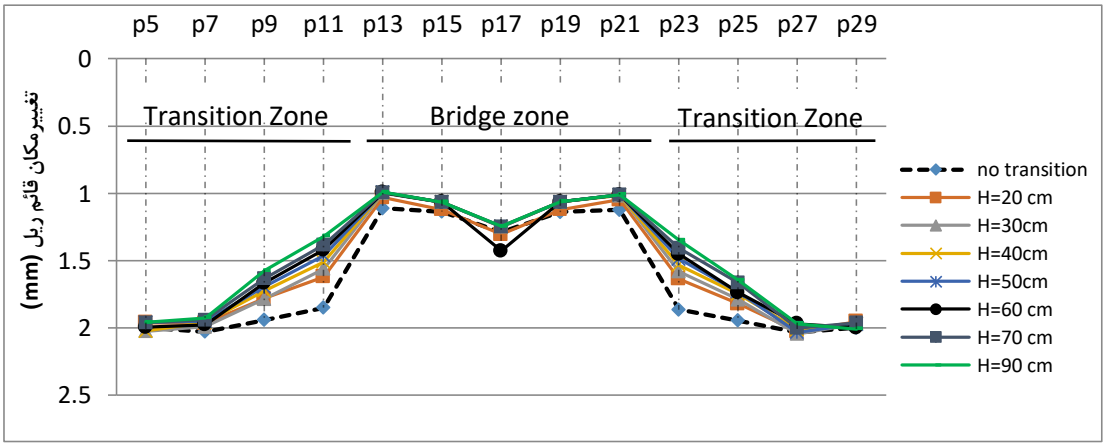


شکل ۷: موقعیت نقاط مورد بررسی جهت ارزیابی عملکرد ناحیه انتقال با لایه HMA

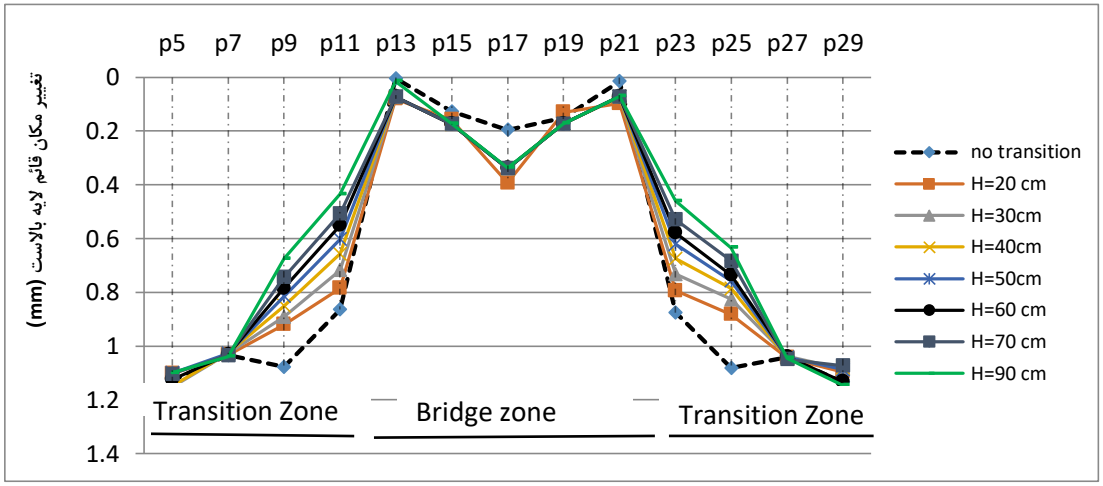
۳-۱- تاثیر ضخامت لایه آسفالت مخلوط گرم بر رفتار خط ریلی در ناحیه انتقال پل‌ها

یکی از مهمترین پارامترهای هندسی لایه HMA ضخامت آن می‌باشد. همان‌طور که در شکل (۵) نشان داده شده است، ضخامت کلی لایه HMA بصورت دو قسمت با ضخامت برابر با یکدیگر در نظر گرفته شده است تا تغییرات سختی خط در طول ناحیه انتقال به تدریج و بصورت ملایم تری اتفاق بیافتد. در نمودارها و بررسی‌های این مطالعه منظور از H ارتفاع کلی لایه HMA است. ضخامت‌های مورد بررسی با توجه به مراجع [۱۸و۲] به ابعاد ۲۰cm، ۳۰cm، ۴۰cm، ۵۰cm، ۶۰cm، ۷۰cm و ۹۰cm بوده و طول لایه ثابت و ۶ متر می‌باشد و همچنین حالتی که لایه HMA وجود ندارد با نمودار no transition نشان داده شده است. ضمناً این لایه به طور همگن و یکنواخت و به صورت المان محدود مدل سازی شده است. جهت ارزیابی عملکرد و تاثیر وجود این لایه از معیارهای مختلفی شامل تغییرمکان قائم ریل، تغییرمکان قائم وسط لایه بالاست و مقدار تنش نرمال لایه بستر استفاده گردیده است. در شکل‌های (۸) تا (۱۰) به ترتیب میزان تغییرمکان قائم ریل، تغییرمکان قائم وسط لایه بالاست و مقدار تنش نرمال لایه بستر برای ضخامت‌های مختلف لایه HMA نشان داده شده است. با توجه به نمودارهای این اشکال می‌توان دریافت که وجود لایه HMA با هر ضخامتی منجر شده تا بطور تقریبی تغییرمکان قائم ریل، تغییرمکان قائم وسط لایه بالاست و مقدار تنش نرمال لایه بستر کاهش یابد و با افزایش ضخامت این لایه ، میزان رشد کاهش مقادیر پارامترهای مذکور و در واقع تاثیرگذاری این لایه کمتر گردیده است.

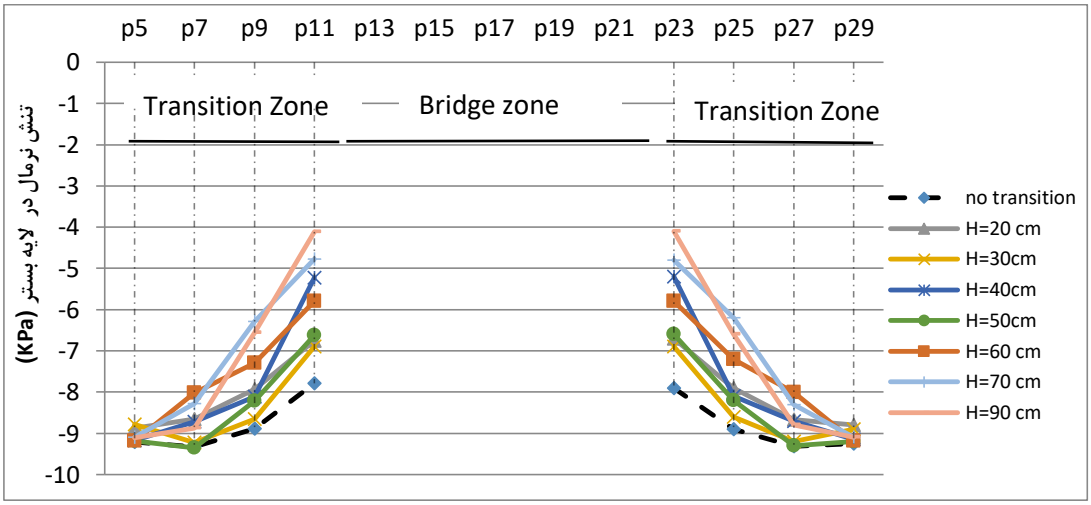
در جدول (۲) ارزیابی تاثیر لایه HMA با ضخامت‌های مختلف بر اساس معیارهای مورد نظر نشان داده شده است. با توجه به مقادیر این جدول می‌توان دریافت که لایه HMA با ضخامت H= ۷۰ cm نسبتاً بهترین عملکرد را نسبت به سایر ضخامت‌های بر اساس معیارهای مورد نظر داشته است. وجود لایه HMA با ضخامت ۷۰cm مقادیر تغییرمکان قائم ریل، تغییرمکان قائم لایه بالاست و مقدار تنش در لایه بستر را به ترتیب تا میزان ٪۹/۷۸ ،٪ ۷/۱۹ و ٪ ۲۰/۳۱ کاهش داده است.



شکل ۸: تغییرمکان قائم ریل با وجود لایه HMA با ضخامت‌های مختلف



شکل ۹: تغییرمکان قائم لایه بالاست با وجود لایه HMA با ضخامت‌های مختلف



شکل ۱۰: تنش نرمال لایه بستر با وجود لایه HMA با ضخامت‌های مختلف

جدول ۲: ارزیابی تاثیر وجود لایه HMA با ضخامت‌های مختلف

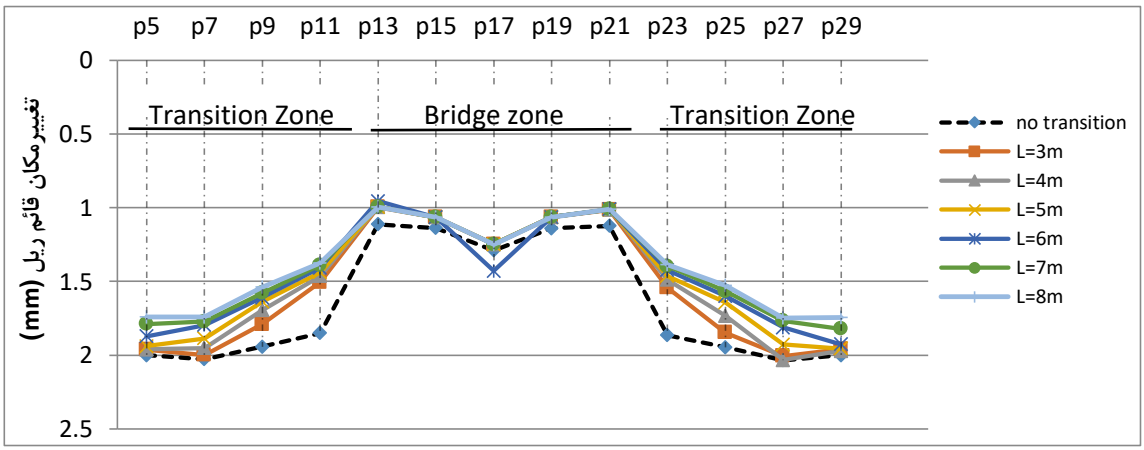
ضخامت لایه HMA	کاهش تغییر مکان ریل	کاهش تغییر مکان بالاست	کاهش تنش در لایه بستر
H= ۲۰ cm	+۴/۸۱	+۰/۵۳	+۹/۳۱
H= ۳۰ cm	+۶/۴۶	+۰/۶۷	+۵/۱۲
H= ۴۰ cm	+۷/۵۹	+۲/۶۷	+۱۲/۴۳
H= ۵۰ cm	+۸/۳۵	+۴/۲۲	+۵/۹۴
H= ۶۰ cm	+۶/۳۵	+۲/۴۵	+۱۴/۷۹
H= ۷۰ cm	+۹/۷۸	+۷/۱۹	+۲۰/۳۱
H= ۹۰ cm	+۹/۴۳	+۶/۸۵	+۲۰/۰۶

در واقع در ضخامت های بیشتر از ۷۰cm به دلیل اینکه افزایش صلبیت و سختی خط ریلی به حدی رسیده است که تاثیر تغییرات ضخامت تقریباً ناچیز گردیده، لذا در ضخامت های بیشتر از ۷۰cm تغییر چندانی در نتایج مشاهده نمی‌گردد و تغییرمکان‌های ریل و بالاست کاهش قابل توجهی نداشته است. بنابراین با توجه به اهمیت بعد اقتصادی مسئله و توضیحات فوق، لایه HMA با ضخامت کلی ۷۰ cm (در ۲ لایه ۳۵cm)، نسبت به سایر ضخامت‌ها عملکرد و تاثیر بهتری در رفتار ناحیه انتقال خواهد داشت. با افزایش ضخامت لایه HMA از ۲۰cm تا ۷۰cm، میزان تغییر مکان قائم ریل، تغییرمکان قائم لایه بالاست و تنش در لایه بستر تقریبا بیشتر کاهش می‌یابد که از دلایل اصلی آن افزایش

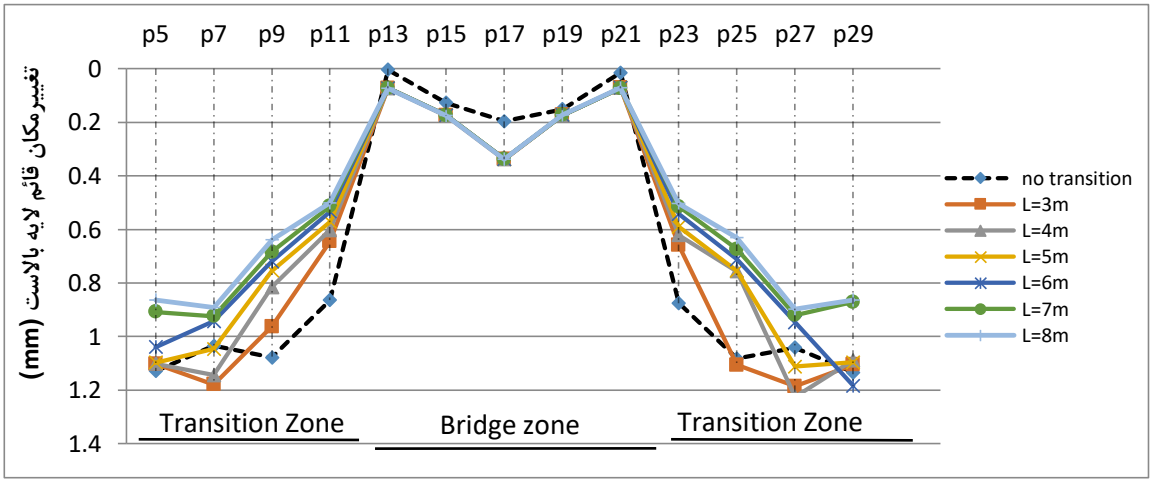
صلبیت خط ریلی به خاطر افزایش ضخامت این لایه در ناحیه انتقال است ولی همیشه صلبیت بیش از حد و سخت تر شدن مناسب نیست و معمولاً از حدی تفاوت زیادی حاصل نمی‌شود.

۳-۲- تاثیر طول لایه آسفالت مخلوط گرم بر رفتار خط ریلی در ناحیه انتقال پل‌ها

یکی دیگر از پارامتر هندسی لایه HMA، طول این لایه می‌باشد. مقدار طول لایه HMA از نظر اقتصادی به خاطر مرغوب بودن مصالح این لایه و از طرفی به عنوان پارامتری موثر روی انتقال تدریجی و ملایم سختی و همچنین کاهش اثرات دینامیکی در ناحیه انتقال، پارامتری مهم و تاثیرگذار است. در این تحقیق لایه HMA با طول‌های ۳، ۴، ۵، ۶ ، ۷ و ۸ متر و ضخامت ثابت ۷۰ سانتی متر بر اساس معیارهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل‌های (۱۱) تا (۱۳) به ترتیب میزان تغییرمکان قائم ریل، تغییرمکان قائم وسط لایه بالاست و مقدار تنش در لایه بستر برای طول‌های مختلف نشان داده شده است. توجه در نمودارهای این اشکال نشان می‌دهد که وجود لایه HMA با هر طولی باعث کاهش تغییرمکان قائم ریل، تغییرشکل لایه بالاست و تنش در لایه بستر میگردد. لایه HMA با طول ۳ متر کمترین تاثیر و این لایه با طول ۷ و ۸ متر بیشترین تاثیر را بر اساس معیارهای مختلف روی رفتار خط ریلی در ناحیه انتقال پل‌های دهانه کوتاه داشته است.

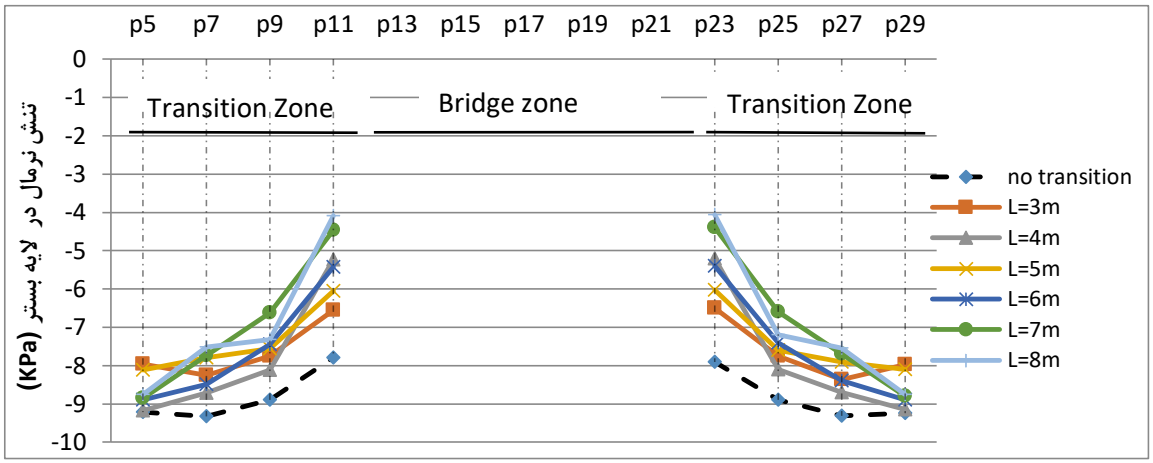


شکل ۱۱: تغییرمکان قائم ریل برای لایه HMA با طول‌های مختلف



شکل ۱۲: تغییرمکان قائم لایه بالاست برای لایه HMA با طول‌های مختلف

شکل ۱۳: تنش نرمال در لایه بستر برای لایه HMA با طول‌های مختلف



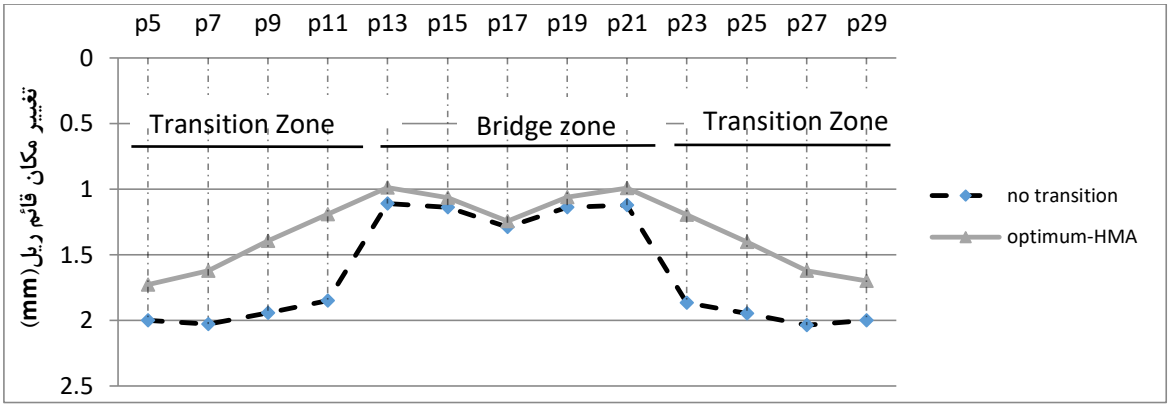
در جدول (۳) ارزیابی تاثیر وجود لایه HMA با طول‌های مختلف بر اساس معیارهای مورد نظر ارائه شده است. توجه در مقادیر معیارهای این جدول نشان می‌دهد با توجه به طول لایه‌های HMA مورد بررسی، لایه با طول ۷ و ۸ متر به ترتیب به میزان ۱۳/۱۷٪+ و ۱۳/۶۵٪+ از نظر کاهش تغییر مکان قائم ریل و به میزان ۱۴/۵٪+ و ۱۶/۲۲٪+ از نظر کاهش تغییر مکان قائم لایه بالاست بهترین عملکرد را نسبت به سایر طول‌ها دارند و تنش نرمال در لایه بستر را تقریبا ۲۲ درصد کاهش داده اند. از آنجایی که طول‌های بیشتر از ۷ متر نتایج تقریباً مشابهی داشته‌اند، با توجه به ملاحظات اقتصادی و فنی می‌توان گفت HMA با طول ۷ متر عملکرد مناسب‌تری دارد. در واقع تغییرات ناگهانی سختی خط ریلی معمولاً تا مقدار مشخصی از سازه سخت (پل) قابل احساس است و از حدی به بعد رفتار خط ریلی در محیط مصالح خاکی غالب و تاثیر گذار است.

جدول ۳: ارزیابی تاثیر وجود لایه HMA با طول‌های مختلف

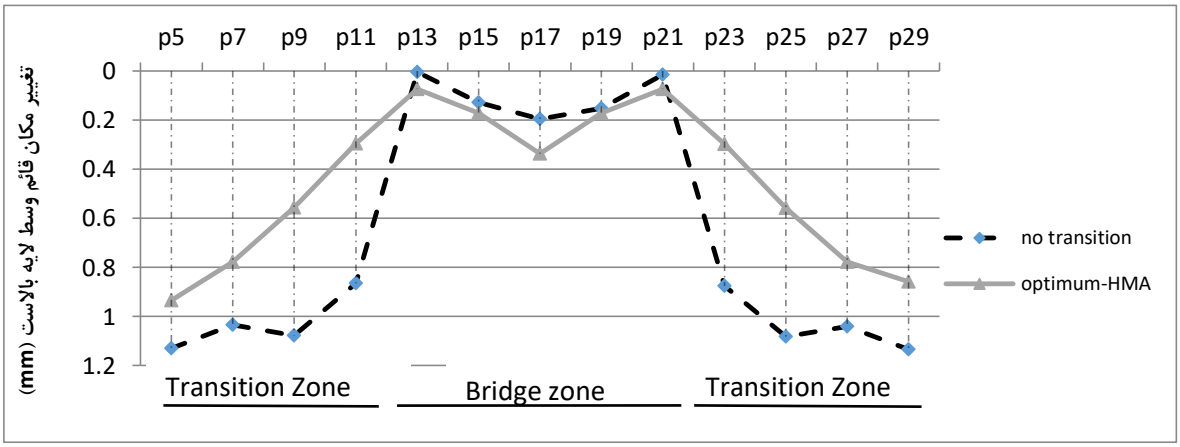
ضخامت لایه HMA	کاهش تغییر مکان ریل	کاهش تغییر مکان بالاست	کاهش تنش در لایه بستر
L= ۳ m	۷/۰۷+	۰/۴+	۱۳/۵۴+
L= ۴ m	۸/۳۵+	۴/۲۲+	۱۲/۴۳+
L= ۵ m	۹/۹۳+	۶/۷۵+	۱۶/۴۵+
L= ۶ m	۱۰/۸۷+	۹/۸۳+	۱۵/۱۳+
L= ۷ m	۱۳/۱۷+	۱۴/۵+	۲۲/۶۵+
L= ۸ m	۱۳/۶۵+	۱۶/۲۲+	۲۲/۷۰+

۳-۳- ارزیابی ناحیه انتقال پل‌ها با لایه HMA منتخب

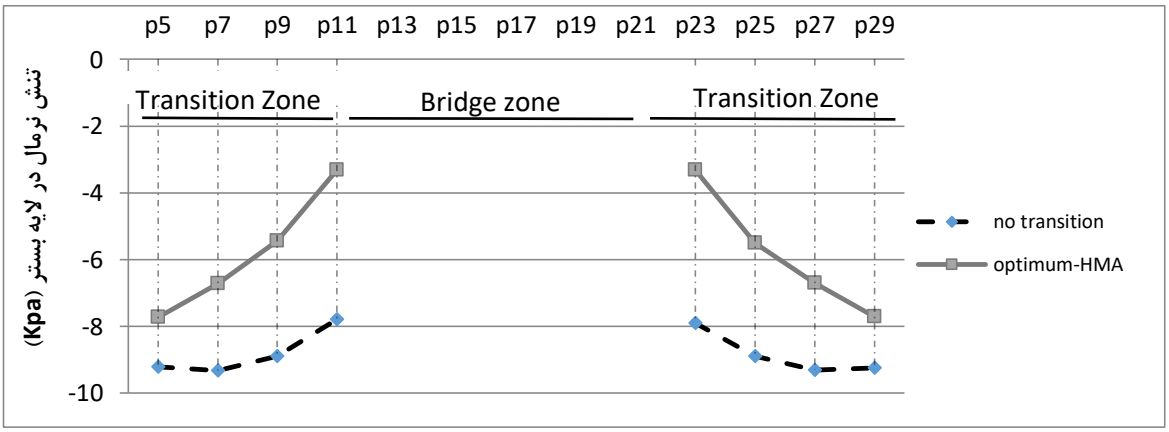
با توجه به نتایج بخش های قبل در مجموع می‌توان اظهار داشت که ناحیه انتقال با لایه HMA در مجاورت پل‌های پورتال فریم با دهانه کوتاه، چنانچه طول و ضخامت آن به ترتیب، ۷متر و ۷۰cm در نظر گرفته شود عملکرد مناسبتری خواهد داشت. لذا در این بخش رفتار لایه HMA با ابعاد هندسی منتخب (ضخامت ۷۰cm، طول ۷ m) با حالت عدم استفاده از لایه HMA در محل ناحیه انتقال مقایسه گردیده است. نتایج این مقایسه از منظر معیارهای مختلف (تغییرمکان قائم ریل، تغییرمکان قائم وسط لایه بالاست، تنش نرمال در لایه بستر) در شکل‌های (۱۴) تا (۱۶) قابل مشاهده می‌باشد. توجه در نمودارهای این شکل‌ها نشان می‌دهد که لایه HMA با ابعاد هندسی منتخب باعث کاهش مناسب تغییرمکان قائم ریل، تغییرمکان قائم لایه بالاست و همچنین تنش در لایه بستر در نواحی انتقال پل‌ها شده است.



شکل ۱۴: تغییرمکان قائم ریل برای خط ریلی با وجود لایه HMA منتخب در مجاورت پل‌ها



شکل ۱۵: تغییرمکان قائم بالاست برای خط ریلی با لایه HMA منتخب در مجاورت پل‌ها



شکل ۱۶: تنش نرمال در لایه بستر برای خط ریلی با لایه HMA منتخب در مجاورت پل‌ها

جدول (۴). ارزیابی تاثیر وجود لایه **HMA** با ابعاد هندسی بهینه(منتخب) در مجاورت پل‌ها

موضوع	ارزیابی تاثیر وجود لایه HMA بر اساس معیارهای مختلف (بر حسب درصد)		
	کاهش تغییرمکان قائم ریل	کاهش تغییرمکان قائم لایه بالاست	کاهش تنش نرمال در لایه بستر
لایه HMA منتخب	+۱۸/۱۶	+۲۱/۹۶	+۳۵/۱۴

۴- جمع بندی و نتیجه‌گیری

در این مطالعه استفاده از لایه آسفالت مخلوط گرم (HMA) به عنوان روشی جهت افزایش مدول بستر و سختی خط در نواحی انتقال خطوط ریلی مجاور پل‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور در تحقیق حاضر با ساخت مدل عددی از خط ریلی، تاثیر پارامترهای هندسی لایه آسفالت مخلوط گرم (ضخامت و طول لایه) در ناحیه انتقال پل‌های دهانه کوتاه بر رفتار خط ریلی در محل ناحیه انتقال از منظر معیارهای مختلف (تغییرمکان قائم ریل، تغییرمکان قائم وسط لایه بالاست، تنش نرمال در لایه بستر) بررسی گردید. نتایج نشان می دهد که اگر یک لایه‌ی HMA به طور مناسب اجرا شود میزان تنش‌های روی بستر و نشست نسبی خط را کاهش می‌دهد و همچنین دوره‌ی تعمیر و نگهداری را افزایش می‌دهد چرا که لایه HMA یک المان سازه‌ای است که می‌تواند تنش‌ها را تا حد مقاومت فشاری مجاز برای خاک با مقاومت کم در بستر کاهش دهد. نتایج جداول(۲) و (۳) نشان می دهد که کاربرد این لایه در ناحیه انتقال با هر ضخامت و طولی (حداقل طول و ضخامت) می تواند تاثیر مطلوبی بر رفتار خط ریلی در ناحیه انتقال داشته باشد. همچنین مشخص می شود که نسبت به سایر ضخامت ها و طول های مورد بررسی لایه آسفالت مخلوط گرم با ضخامت ۷۰cm و طول ۷ m تاثیر مناسب تری بر عملکرد خط ریلی در محل ناحیه انتقال خواهد داشت بطوری که که وجود لایه HMA با ابعاد منتخب (ضخامت ۷۰cm و طول ۷ m) موجب می‌گردد تا تغییرمکان قائم ریل، تغییرمکان قائم لایه بالاست و مقدار تنش در لایه بستر به ترتیب تقریباً ٪۱۹، ٪ ۲۲ و ٪ ۳۶ کاهش یابد.

مراجع

[1]. Hunt, H. E. M.(1997). Settlement of railway track near bridge abutments. Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Transport 123 (1), 68–73.

[2]. David, R. and Li, D.(2006). Design of track transitions., Research results digest 79, pp. 4–15 (Transportation Technology Center, Inc., Pueblo, Colorado).

[3].Hsi,J.(2008). Bridge approach embankments supported on concrete injected columns. Geo Congress 2008, 612 -619.

[4]. Holscher, P. and P. Meijers.(2007). Literature study of knowledge and experience of transition zones. Technical report, Geo Delft.

[5]. Sasaoka, C. D. and D. Davies.(2005). Implementing track transition solutions for heavy axle load service. In AREMA 2005.

[6]. Hyslip, J. P., D. Li, and C. R. McDaniel.(2009). Railway bridge transition case study. In E. Tutumluer and L. Al-Qadi (Eds.), Proceedings of the 8th International Conference Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields, pp. 1341–1348. CRC Press.

[7]. Li, D., J. Rose, H. Lees, and D. Davis.(2001). Hot-Mix Asphalt Trackbed Performance Evaluation at Alps, New Mexico. In Technology Digest TD 01-015.Association of American Railroads, Transportation Technology Center, Inc, 2001.

[8]. Rose, J., L. A. Walker, and D. Li.(2002). Heavy Haul Asphalt Underlayment Trackbeds: Pressure, Deflection, Materials, Properties, Measurements.” In Proceedings, Railway Engineering 2002. Engineering Technics Press. Edinburgh.

[9]. Zhong, X., X. Zeng, and J.Rose.(2002). Shear Modulus and Damping Ratio of Rubber-modified Asphalt Mixes and Unsaturated Subgrade Soils. Journal of Materials in Civil Engineering, 14(6), 496-502. doi:10.1061/(ASCE)0899-1561,14:6(496).

[10]. Rose, J. G.(2013).Selected in track application and performances of hot-mix asphalt track beds. Paper presented at the the 2013 Joint Rail Conference, JRC 2013, Knoxville, Tennessee, USA.

[11]. Rose, J. G.(2000). Asphalt trackbeds: selection, design, installation practices, long-term performances & material properties. In Proceedings of the Railway Engineering – 2000 Third International Conference and Exhibition, London.

[12]. Kylen, J.(Sweden). 2D-model of a portal frame railway bridge for dynamic analysis. Master Thesis. Royal Institute of Technology (KTH). Department of Civil and Architectural Engineering.Division of Structural Design and Bridges Stockholm.

[13] Coelho, B.E.(2010).“Dynamics of railway transition zones in soft soils”; MSc. Thesis, Delft University of Technology.

[14]. Alejandro,R., J.Carballeira, A. Rovira and P. Vila.(2010). Influence of Transition Zone Configurations on Train-Track-Bridge Dynamic Response. 17th International Congress on Sound and Vibration (ICSV17), Cairo,Egypt, 18-22.

[15]. Bronsert, J., M. Baeßler, P. Cuellar and W. Rucker (2013). Numerical Modeling of Train-Track-Interaction at Bridge Transition Zones Considering the Long-Term Behavioure 11th International Conference on Vibration Problems. Lisbon, Portugal.

[16] Intercity-Express 3 (ICE 3), High Speed Trainset Velaro, Siemens Transportation Systems; "http://www.siemens.com".

[17]. Huan Feng,(2013).” 3D-models of Railway Track for Dynamic Analysis”, Master Degree Project, School of Architecture and the Built Environment Royal Institute of Technology, Stockholm.
[18]. Li, D. and D. Davis.(2013). Transition of railroad bridge approaches. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 131 (11), 1392–1398.