

# مقایسه فنی و اقتصادی روسازی مرکب با روسازی انعطاف پذیر رایج در ایران (مطالعه موردی آزاد راه قزوین - زنجان)

حسن زیاری\*، استاد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران  
 علی منیری، دانشجوی دکتری، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران  
 پیمان میرزابابایی، دانشجوی دکتری، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Ali\_moniri@civileng.iust.ac.ir

دریافت: ۹۵/۰۶/۲۰ - پذیرش: ۹۵/۰۹/۲۰

## چکیده

هرساله هزینه زیادی صرف ساخت راه‌های جدید و نگهداری راه‌های موجود می‌شود. مقدار این هزینه‌ها ارتباط مستقیمی با نوع روسازی و مصالح به کار رفته در آن دارد. در ایران غالباً از روسازی‌های انعطاف‌پذیر متشکل از رویه آسفالتی، لایه اساس و زیراساس سنگدانه‌ای استفاده می‌گردد. در حالی که روسازی‌های صلب و مرکب نیز گزینه‌هایی می‌باشند که می‌توانند مورد توجه قرار گیرند. در این مقاله به طور موردی بر اساس اطلاعات موجود برای آزادراه قزوین-زنجان یک روسازی انعطاف‌پذیر و یک روسازی مرکب به روش آشتو طراحی گردیده است و هزینه احداث و ترمیم و نگهداری و همچنین مشخصات فنی آن‌ها مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. نشان داده می‌شود که هزینه احداث روسازی مرکب متشکل از اساس بتنی، رویه آسفالتی و زیراساس شن و ماسه‌ای بیشتر از روسازی انعطاف‌پذیر معمول است اما در کل دوره بهره‌برداری که ۵۰ سال در نظر گرفته شده است این اختلاف کم شده و حتی هزینه کل روسازی مرکب از روسازی انعطاف‌پذیر کمتر هم می‌شود. همچنین روسازی مرکب منافع دیگری همچون سطح بالای خدمت‌رسانی، مقاومت باربری بالا و عدم وقوع خستگی را نیز دارد. اگرچه معایبی چون ترک‌های انعکاسی و شیارشدگی نیز جزو ویژگی‌های روسازی مرکب می‌باشد که قابل پیشگیری است.

واژه‌های کلیدی: روسازی مرکب، مقایسه فنی و اقتصادی، روسازی آسفالتی، ترک‌های انعکاسی

## ۱- مقدمه

(Pavement) شناخته شده است. این روسازی به‌طور کلی در راه‌های با ترافیک بالای ۵۰ میلیون و برای محورهایی که وسایل نقلیه فوق سنگین از آن‌ها عبور می‌کنند مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین می‌توان با کمک آن یک روسازی با طول عمر بالا و کمترین نیاز به بازسازی را نیز تأمین نمود.

در طول تاریخ شرکت‌های راهسازی فقط از دو نوع روسازی صلب و یا انعطاف‌پذیر برای راه‌ها و آزادراه‌ها استفاده می‌کردند، اما این روش‌ها همیشه اقتصادی‌ترین روش نیستند. در واقع در محورهای پررفت‌وآمد، همواره یک سری روند برای تشخیص اقتصادی‌ترین روسازی وجود داشته که نشان می‌دهد اگر نوعی روسازی وجود داشته باشد که فواید هر دو روسازی صلب و انعطاف‌پذیر را همزمان داشته باشد می‌تواند یک طرح ایده‌ال و اقتصادی باشد. روسازی مرکب در سایر کشورها به‌عنوان روسازی نیمه صلب (Semi Rigid)

## ۲- معرفی روسازی مرکب و انواع آن

قزوین-زنجان به عنوان نمونه، جوانب فنی و اقتصادی روسازی مرکب در ایران بررسی شود.

#### ۴- دلایل اجرای روسازی مرکب

روسازی مرکب بسیاری از مشکلات سازه‌ای و کاربردی را که روسازی‌های صلب و انعطاف‌پذیر دارند همانند ترک‌های ناشی از خستگی، تغییر شکل زیراساس، خوردگی بتن و کمبود اصطکاک سطح بتنی، کاهش می‌دهد. در عین حال روسازی مرکب مستعد برخی مشکلات نیز هست که البته با در نظر گرفتن تمهیدات خاصی مانند: نظارت و نگهداری و البته طراحی صحیح، این مشکلات برطرف خواهند شد. به علت ترکیب لایه آسفالتی با بتنی، ظرفیت باربری زیاد و مقاومت در برابر تغییر شکل در اثر عبور زیاد وسایل نقلیه هم‌زمان با بهبود مشخصات سطح و میسر شدن عملیات تعمیر و نگهداری روسازی تجربه خواهد شد.

#### ۵- طراحی روسازی انعطاف‌پذیر (محور قزوین- زنجان)

برای انجام این طراحی مشخصاتی از قبیل ترافیک عبوری، CBR و جنس خاک و ... مورد نیاز است. این اطلاعات از شهرداری قزوین و اداره حمل و نقل استان قزوین به دست آمده است. با توجه به این که اطلاعات دریافتی از جدول دریافتی تمام اطلاعات ترافیکی لازم را نمی‌دهد، بنابراین از اطلاعات موجود در مقاله مقایسه روسازی بتنی و آسفالتی آزادراه قزوین-زنجان (الفی، ۲۰۱۲) که به روش شمارش مستقیم در چند روز و تعمیم آن به دست آمده است استفاده شده است (جدول ۱).

روسازی مرکب به نوعی از است که متشکل از رویه آسفالتی و اساس صلب می‌باشد. این روسازی علاوه بر این که سازه‌ی بسیار قوی و صلبی دارد، رویه نرم، بی‌صدا، دارای اصطکاک بالا و مناسب برای رانندگی امن و راحت را نیز داراست. روسازی‌های مرکب بسته به نوع اساس صلب به کاررفته در آن‌ها به ۳ دسته تقسیم می‌گردند. رویه آسفالتی و اساس بتنی ساده در زردار (PCC)<sup>۱</sup>، رویه آسفالتی و اساس بتنی آرمه در زردار (CRCP)<sup>۲</sup> و رویه آسفالتی روی اساس تثبیت شده با سیمان (CTB)<sup>۳</sup> از انواع روسازی مرکب می‌باشند.

#### ۳- هدف از تحقیق

این تحقیق برای ارزیابی و امکان‌سنجی استفاده از روسازی مرکب در ایران انجام شده است. در تحقیق سعی شده با مطالعه موردی محور

- به حداقل رساندن تعمیر و نگهداری درز آب‌بند در روسازی‌های بتنی،
- کاهش نفوذ آب و در نتیجه بهتر شدن رفتار بلندمدت سازه‌ای،
- پشتیبانی بسیار محکم از لایه آسفالتی به وسیله لایه بتنی،
- تأمین اصطکاک کافی برای لایه‌ی در تماس با چرخ،
- کاهش گرایان حرارتی در لایه بتنی به دلیل ایزوله شدن آن توسط لایه آسفالتی.

یکی دیگر از فواید روسازی مرکب، جابه‌جا شدن تار ختنی در لایه روسازی و افزایش مدول خمشی مقطع آن می‌باشد (شکل ۱). در واقع زمانی که لایه آسفالتی کاملاً به لایه بتنی بچسبد، تشکیل یک لایه یکدست با عمق بیشتر را می‌دهد که نتیجه‌ی آن افزایش مدول خمشی و افزایش مقاومت روسازی می‌باشد (Donald, G, 2003).

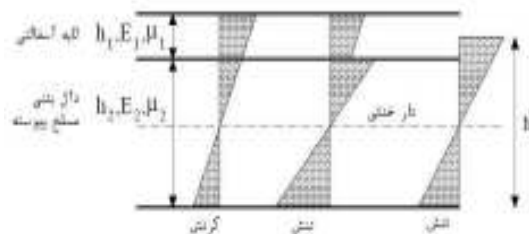
جدول ۱. ترافیک روزانه عبوری از آزاد راه قزوین زنجان

نوع وسیله	تعداد تردد روزانه	ضریب محور جلو	ضریب محور عقب (ساده)	ضریب محور عقب (مرکب)	تعداد عبور محور مبنای هر وسیله
سواری	۷۳۹۲	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۸	-	۱/۱۸۲۷۲
وانت	۶۷۱	۰/۰۰۰۳۴	۰/۰۰۲۰۹۰	-	۱/۶۲۰۵۲
مینی‌بوس	۶۱	۰/۰۱۲۲	-	۰/۰۰۸	۱/۲۳۲۲
اتوبوس	۲۹۲	۰/۴۲۱۵	-	۰/۳۳۳۵۰	۲۲۰/۴۶
کامیون دو محور	۵۷۶	۰/۰۹۸۱۰	-	۰/۸۶۵۰۰	۱۰۵۲/۹۸۵۶
کامیون سه محور	۵۹	۰/۵۴۹۰۰	-	۰/۱۵۲۵۰	۵۰/۵۰۴
تریلر ۵ محور نوع ۱	۲۴۷	۰/۹۳۳۰۰	۰/۴۸۵۲۵	۰/۰۲۶۲۵	۲۶۶/۰۱۹

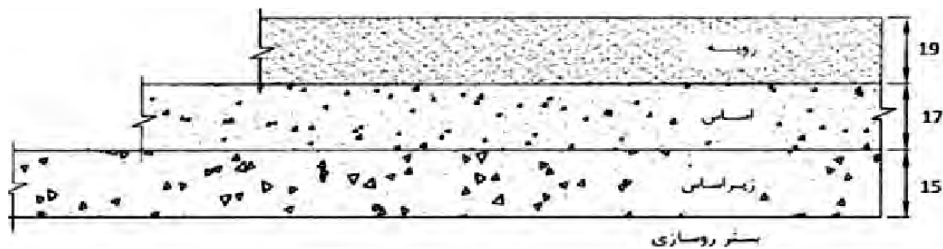
۵۲۸/۷۲۶	۰/۰۶۴۲۵	-	۰/۵۴۹۰۰	۶۵۶	تریلر ۵ محور نوع ۲
۱۹۲۲/۷۵۰۰۵					مجموع

لایه‌های روسازی آزادراه قزوین-زنجان بر اساس توصیه نشریه ۲۳۴<sup>۵</sup> به شرح شکل ۲ می‌باشد.

لازم به ذکر است تأثیر عواملی چون شرایط آب و هوایی شرایط زهکشی، ملاحظات اقتصادی، نوع و مشخصات فنی مصالح مصرفی و غیره در طراحی مدنظر قرار گرفته شده است. نتیجه‌ی طراحی ضخامت



شکل ۱. تغییر وضعیت تار خشی



شکل ۲. نتیجه طراحی روسازی انعطاف پذیر (واحد ها سانتی متر)

## ۶- طراحی روسازی مرکب

مرکب تازه است و در آن مقدار  $D_{eff}$  و  $D_f$  برابر است. پارامتر  $A$  نیز ضریبی است که اگر در ضخامت لایه بتنی از بین رفته ضرب شود ضخامت لایه آسفالتی معادل آن را می‌دهد که مقدار آن از رابطه (۲) محاسبه می‌شود (AASHTO, 2004).

$$A = 2.2233 + 0.0099(D_f - D_{eff})^2 - 0.1534(D_f - D_{eff}) \quad (2)$$

حال اگر  $D_f = D_{eff}$  باشد، مقدار پارامتر  $A$  برابر ۲/۲۲۳ خواهد شد. بنابراین در این حالت ضخامت معادل لایه بتنی ۲.۲۲۳۳ برابر ضخامت لایه آسفالتی خواهد بود. لذا اگر بنا بر توصیه آشتو، ضخامت لایه آسفالتی را ۱۶ سانتی‌متر در نظر بگیریم از ضخامت لایه بتنی ۷/۲ سانتی‌متر کم خواهد شد. بنابراین با ۱۶ سانتی‌متر لایه آسفالتی، ۱۶ سانتی‌متر لایه بتنی خواهیم داشت.

تا سال ۱۹۶۰ روش‌های مختلفی توسط افراد و شرکت‌های گوناگون برای طراحی روسازی مرکب معرفی شد که اغلب این روش‌ها بر مبنای تجربیات و قضاوت مهندسی بود. از سال ۱۹۶۹ به بعد استفاده از آزمایش‌های غیر مخرب باعث شد تا روش‌های منطقی‌تری برای این امر مورد توجه قرار گیرد. بر اساس نظریه آیین‌نامه آشتو برای طراحی روسازی مرکب می‌توانیم ابتدا یک روسازی بتنی درزدار ساده طراحی کنیم و سپس یک روکش آسفالتی برای آن طراحی کنیم. ضخامت رویه بتنی برای این مطالعه با استفاده از مشخصات موجود خاک بستر و شرایط زهکشی و آب و هوایی و نمودارهای آشتو ۲۵ سانتی‌متر به دست می‌آید و سپس  $D_{01}$  از رابطه ۱ به دست می‌آید.

$$D_{01} = A(D_f - D_{eff}) \quad (1)$$

در رابطه فوق  $D_{01}$  برابر با ضخامت روکش،  $D_f$  ضخامت لایه بتنی و  $D_{eff}$  ضخامت مؤثر لایه بتنی است که به لایه‌ی مضمحل شده اختصاص دارد. اما نکته قابل ملاحظه این است که لایه بتنی در روسازی

## ۷- تحلیل اقتصادی

در تحلیل اقتصادی با مقایسه هزینه و فایده اقتصادی، ارزش خالص کنونی آن‌ها محاسبه می‌گردد، که دارای دو مؤلفه هزینه ساخت و هزینه نگهداری است.

### ۱-۷- هزینه ساخت و اجرا

بنا بر فهرست‌بهای راه سال ۹۰ هزینه اجرای یک کیلومتر آزادراه قزوین زنجان با اساس دانه‌ای بدون در نظر گرفتن هزینه عملیات خاکی ۵۶۴۰ میلیون ریال و هزینه اجرای یک کیلومتر از این آزادراه با اساس بتنی ساده درزدار ۷۸۴۰ میلیون ریال می‌باشد. بنابراین هزینه اجرای روسازی مرکب با اساس بتنی ساده درزدار تقریباً ۱/۳۹ برابر هزینه اجرای روسازی انعطاف‌پذیر رایج می‌باشد.

جدول ۲. ریز متره روسازی آسفالتی و مرکب (هزینه عملیات خاکی آورده نشده است و واحدها میلیون ریال می‌باشد)

روسازی انعطاف‌پذیر	روسازی مرکب	
۴۷۹۰	۴۰۰۰	هزینه رویه آسفالتی
۵۷۰	۳۵۶۰	هزینه اساس
۲۸۰	۲۸۰	هزینه زیراساس
۵۶۴۰	۷۸۴۰	مجموع

### ۲-۷- هزینه ترمیم و نگهداری

از آنجاکه برای محاسبات مربوط به عملیات و نگهداری روسازی مرکب در ایران مرجع مناسبی به دست نیامد به‌ناچار برای انجام این امر به مراجع خارجی استناد می‌کنیم. بنابر توصیه <sup>۴</sup>VODT روسازی مرکب و انعطاف‌پذیر طبق جدول ۳ نیاز به عملیات نگهداری، بازسازی و بهسازی دارند (VDOT2007).

جدول ۳. تعمیر و بازسازی مورد نیاز برای راه طی ۵۰ سال

سال	روسازی انعطاف‌پذیر	روسازی مرکب
۰	روسازی نو	روسازی نو
۱۰		تراشیدن و روکش
۱۲	تراشیدن و روکش	
۲۰		تراشیدن و روکش
۲۲	ترمیم و بازسازی سازه راه	
۳۰		تراشیدن و روکش
۳۲	انجام عملیات بازسازی کلی	
۴۰		تراشیدن و روکش
۴۴	تراشیدن و روکش	
۵۰		

جدول ۴: خلاصه هزینه‌های تعمیر و بازسازی روسازی مرکب و انعطاف‌پذیر واحدها میلیون ریال

سال	روسازی انعطاف‌پذیر	روسازی مرکب
۰		
۱۰		$560 \cdot (1/17)^{10} = 2691$
۱۲	$528 \cdot (1/17)^{12} = 3474$	
۲۰		$560 \cdot (1/17)^{20} = 12940$
۲۲	$680 \cdot (1/17)^{22} = 21507$	
۳۰		$560 \cdot (1/17)^{30} = 62196$
۳۲	$746 \cdot (1/17)^{32} = 11342$	
۴۰		$560 \cdot (1/17)^{40} = 298966$
۴۴	$528 \cdot (1/17)^{44} = 528216$	
مجموع	۵۶۵۵۳۹	۳۷۶۷۹۳

همان‌طور که در جدول ۴ نمایش داده شده است با احتساب نرخ رشد ۱۷ درصد که متوسط نرخ رشد در ده سال اخیر بنا بر گزارش بانک مرکزی می‌باشد، مقدار هزینه موردنیاز برای احداث و نگهداری یک کیلومتر روسازی مرکب در طول ۵۰ سال ۳۷۶۷۹۳ میلیون ریال به دست می‌آید که این مقدار برای روسازی انعطاف‌پذیر که مقداری برابر ۵۶۴۵۳۹ میلیون ریال می‌باشد.

جدول ۵: هزینه دوره طرح برای روسازی‌های مرکب و انعطاف‌پذیر (میلیون ریال)

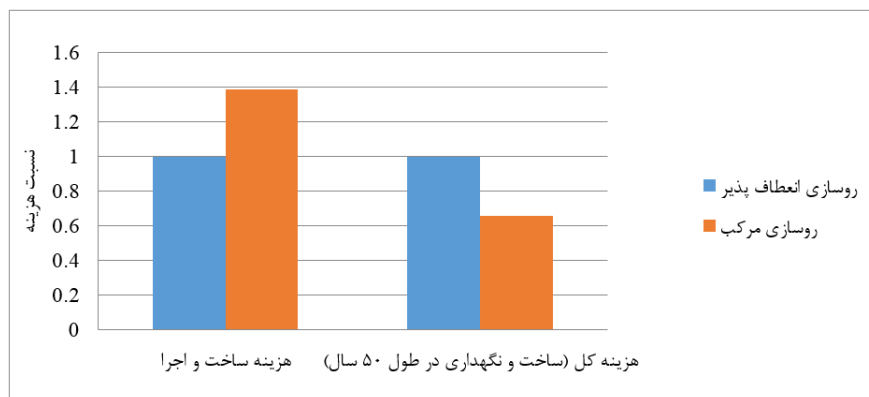
مرکب	انعطاف‌پذیر	نوع هزینه / نوع روسازی
۷۸۵۰	۵۶۴۰	هزینه ساخت و اجرا
۳۷۶۷۹۳	۵۶۴۵۳۹	هزینه ترمیم و نگهداری
۳۸۴۶۴۳	۵۷۰۱۷۹	مجموع

تبدیل شود، نسبت هزینه روسازی مرکب به هزینه روسازی انعطاف‌پذیر به ۰/۶۷ کاهش می‌یابد (شکل ۳).

همان‌طور که انتظار می‌رفت هزینه نگهداری روسازی مرکب بسیار کمتر از روسازی انعطاف‌پذیر می‌باشد به طوری که اگر هزینه کل آن‌ها را حساب شود و با توجه به نرخ رشد ۱۷ درصد آن را به روز

طبیعی برای تولید قیر، کاهش تصادفات و کاهش اختلالات ترافیکی در زمان اجرای عملیات ترمیم را دارد.

به علاوه، روسازی مرکب مزیت‌های اقتصادی دیگری از جمله هزینه کمتر سوخت مصرفی توسط مصرف‌کنندگان، کاهش استفاده از منابع



شکل ۳. نسبت هزینه‌های روسازی مرکب به انعطاف پذیر

#### ۸- مقایسه فنی

از دیگر معایب روسازی مرکب شیارشدگی زودهنگام آن است فلینج طی مدل‌سازی خود عبور ۵۰۰۰۰۰۰ بار هم‌عرض نشان داد که هر چه اساس بتنی صلب‌تر می‌شود عمق شیارشدگی نیز در لایه آسفالتی بیشتر می‌شود (GERARDO W. FLINTSCH, 2008). در واقع این همان نتایجی است که انتظار داریم. علت این امر واضح است چراکه هر چه لایه اساس صلب‌تر شود قابلیت جذب انرژی در آن کاهش می‌یابد و مقدار بیشتری از انرژی وارد شده جذب لایه آسفالتی می‌شود. البته مطالعات فلینج در حالتی صورت گرفته که در طول مدت بارگذاری هیچ‌گونه عملیات بازسازی بر روسازی صورت نگیرد. اما این خلاف واقعیت است در واقع در طول مدتی که فلینج در نظر گرفته، بارها روسازی به دلایل دیگر نیاز به بازسازی و روکش پیدا می‌کند. بدیهی است که در هر بار روکش کردن مقداری از شیارشدگی آن نیز ترمیم می‌شود. طی مطالعاتی که صورت گرفته اگر روسازی آزادراهی با ترافیک زیاد هر ۱۱ سال یکبار روکش شود شیارشدگی مشکلی برای آن به وجود نخواهد آورد (VDOT 2007).

#### ۸-۳- خستگی

با توجه به رابطه که از انستیتو آسفالت ارائه شده است، وقوع خستگی در روسازی به شدت وابسته به مقاومت کششی رویه در تارهای پایینی آن می‌باشد و هرچه کرنش کششی در لایه پایینی کمتر شود تعداد محور هم‌ارز بیشتری می‌تواند عبور کنند تا پدیده خستگی

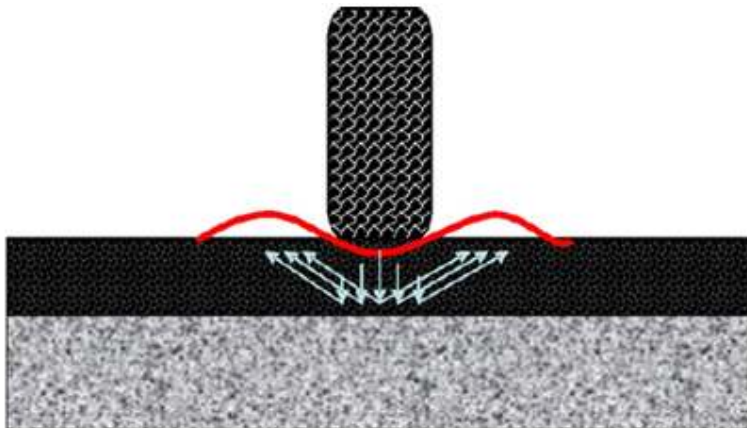
مقایسه فنی روسازی مرکب و انعطاف‌پذیر بر اساس مطالعات و مدل‌سازی‌های فلینج صورت گرفته است. وی پس از مطالعه روسازی‌های موجود پی برد که عمده معایب روسازی‌های مرکب ترک‌های انعکاسی و شیارشدگی می‌باشد و همچنین از مزیت‌های مهم روسازی مرکب عدم وقوع خستگی در آن‌ها و همچنین تغییر شکل بسیار کم در لایه‌های آن می‌باشد.

#### ۸-۱- ترک‌های انعکاسی

دیگر مطالعات نشان داده است که ترک‌های انعکاسی از مهم‌ترین خرابی‌های روسازی مرکب است، ترک‌هایی که ناشی از تنش‌ها و کرنش‌های موجود در مفصل‌های اساس بتنی می‌باشد و به روکش آسفالتی انتقال می‌یابد (GERARDO W. FLINTSCH, 2008). راه‌های زیادی برای پیشگیری و مقابله با ترک‌های انعکاسی وجود دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به استفاده از لایه آسفالتی ضخیم، استفاده از پارچه گونه‌ها و پیش ترک دادن رویه و استفاده از میان‌لایه‌ها اشاره کرد. طبق مطالعاتی که سوسا در سال ۲۰۰۲ روی انواع روسازی مرکب انجام داده است، اگر از حداقل ۱۰ اینچ ضخامت برای رویه آسفالتی استفاده شود امکان وقوع ترک‌های انعکاسی در راه‌های با ترافیک بسیار سنگین در طول مدت عملکرد بسیار پایین می‌آید (souise, 2009).

#### ۸-۲- شیار شدگی

رخ دهد. همان‌طور که گفته شد در روسازی مرکب هر دولایه بتنی و آسفالتی در خمش باهم عمل می‌کنند بنابراین لایه بتنی در کشش و لایه آسفالتی در فشار قرار می‌گیرد و با توجه به این که مقاومت کششی بتن بسیار بیشتر از آسفالت است، روسازی مرکب دیرتر از روسازی انعطاف‌پذیر دچار خستگی می‌شود. رابطه ۳ مدل خستگی ارایه شده توسط فلینچ را نشان می‌دهد.



شکل ۴. شیار شدگی در روسازی مرکب

به مراتب کمتر از روسازی آسفالتی می‌باشد به قسمی که هزینه نهایی روسازی مرکب ۰/۶۵ برابر هزینه روسازی انعطاف‌پذیر است و همچنین اگر از انواع دیگر اساس صلب مانند مصالح تثبیت‌شده با سیمان استفاده شود ممکن است مقدار آن کمتر هم بشود که در این زمینه مطالعات بیشتری مورد نیاز است. به علاوه سطح خدمت و کیفیت روسازی مرکب با توجه به سازه قوی، عدم خستگی و تغییر شکل‌های کم نیز بهتر از روسازی آسفالتی است. از ترک‌های انعکاسی و شیارشدگی نیز می‌توان با تمهیداتی مانند طراحی صحیح و روکش کردن به موقع جلوگیری کرد. بنابراین در مجموع با توجه به این که روسازی مرکب هزینه دوره طرح کمتری نسبت به روسازی انعطاف‌پذیر دارد و از نظر فنی نیز مزایایی نسبت به آن دارد، بررسی امکان استفاده از آن برای آزادراه‌های پر رفت‌وآمد توصیه می‌شود. جهت تصمیم‌گیری صحیح و مناسب در این زمینه، مطالعات بیشتری مورد نیاز است.

#### ۱۰- پی نوشت‌ها

1. Portland cement concrete
2. Continuously reinforced concrete pavement
3. Cement treated base
4. Virginia Department of Transportation, Materials Division.

#### ۱۱- مراجع

$$N_f = 0.00432 \times K_1 \times C \left(\frac{1}{\epsilon_r}\right)^{2.291} \left(\frac{1}{\epsilon_r}\right)^{0.884} \quad (3)$$

$N_f$  = تعداد حداقل محوری که باعث وقوع خستگی می‌شوند  
 $\epsilon_r$  = کرنش کششی در نقطه بحرانی

فلینچ در مطالعات خود نشان داده است که مقدار  $N_f$  برای روسازی‌های مرکب بی‌نهایت است و این روسازی‌ها در طول دوره عمر خود هرگز دچار خستگی نمی‌شوند.

#### ۸-۴- تغییر شکل عمودی

روسازی مرکب علاوه بر این که تمام خواص روسازی انعطاف‌پذیر مانند نرمی و صدای کم اصطکاک بالا و ... را دارد، دارای سازه‌ای بسیار قوی نیز هست که نتیجه آن تغییر شکل کمتر روسازی می‌باشد. طبیعی است که این امر موجب کمتر شدن تنش و کرنش بین لایه‌های و افزایش باربری می‌شود. وجود اساس صلب و پشتیبانی سازه‌ای بسیار خوب آن موجب کاهش تغییر شکل عمودی در طول دوره طرح می‌شود. تغییر شکل کمتر موجب کاهش تنش و کرنش بین لایه‌های روسازی می‌شود.

#### ۹- نتیجه‌گیری

هزینه احداث پروژه آزادراه قزوین- زنجان با روسازی مرکب بیشتر از روسازی انعطاف‌پذیر است اما هزینه نگهداری و تعمیر آن

- overlay design method for reflective cracking. Transportation Research Record, No.1809. Transportation Research Board, Washington, DC, pp. 209-217.
- Smith, R.J. (1963). Definition of composite pavement structures. Highway Research Record .No.37. Highway Research Board, Washington, DC, pp.1-1.
  - Virginia Department of Transportation, Materials Division. (2002). Guidelines for Pavement Life Cycle Cost Analysis.
  - Yang H. Huang, 2004, Pavement Analysis and Design.
  - کاووسی، الف.، آدرسی، م.، بررسی روش‌های مختلف طراحی روسازی، فصلنامه جاده (۱۳۹۱).
  - حسنی، الف.، وثوقی، ب.، افزایش کارایی رویه‌های بتنی با اجرای روکش آسفالتی، نشریه پیام (۱۳۸۸).
  - ASHTO Design Guide 2004, Part3 Design Analysis Chapter4 Design of New and Reconstructed Rigid Pavements.
  - Donald, G. (2003). Benefits of composite pavements. ARRB Transportation Research, SMEC International, Australia.
  - Gary L. Fitts, P.E. Sr. Field Engineer Asphalt Institute San Antonio, controlling reflective cracking in HMA overlays of PCC pavements.
  - Gerardo W. Flintsch, Ph.D., P.E (2008), Composite Pavement Systems: Synthesis Of Design And Construction Practices, Vtrc09-Cr2.
  - Iran Highway Asphaltic Pavements Code.No.234. Iran ministry of road and transportation.
  - Nicholas J.Garber (2009) Traffic & Highway Engineering.
  - Nissans K. and Nunn, M.E. (2004). A Model for Top-Down Cracking in Composite Pavements.
  - Sousa, J.B., Pais, J.C., Saim, R., Way, G.B., and Stubstad, R.N. (2002). Mechanistic-empirical



## Technical and Economical Comparison between Composite Pavement and the Current Flexible Pavement

*H. Ziari, Associate Professor, Department Of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.*

*A. Moniri, M.Sc., Grad., Department of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology.*

*P. Mirzababaei, Ph.D. Candidate, Department of Civil and Environmental Engineering, Amirkabir University of Technology, Iran.*

*E-mail: [Ali\\_Moniri@civileng.iust.ac.ir](mailto:Ali_Moniri@civileng.iust.ac.ir)*

Received: June 2016 - Accepted: September Oct.

### ABSTRACT

Every year lots of money is spent for constructing and maintaining roads. These costs are significantly related to the type of the pavement and its fundamental materials. Iranians usually use the flexible pavement which contains the asphaltic overlay and the granular base and sub grade, while we can pay more attention to the rigid and the composite pavement for using in our highways, as well. In this research study, a flexible pavement and a composite one had been designed for the Qazvin - Zanzan freeway according to AASHTO method. Their initial costs and the whole life costs had been compared, as well. It has been shown that the cost of construction of composite pavement is more than the flexible one but because of the cost-effective maintenance, its whole life cost is less than the whole life cost of traditional flexible pavements. Besides, the composite pavement has some technical advantages including its high fatigue resistance, low deformation and high friction, though; composite systems are potentially more prone to other distresses, such as reflective cracking and rutting within the HMA layer. Premium HMA surfaces and/or reflective cracking mitigation techniques may be required to mitigate these potential problems.

**Keywords:** Composite Pavement, Pavement Type Selection, Semi-Rigid Pavement, Mechanistic Evaluation