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

حسن زیاری*، دانشیار، گروه راه و ترابری دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
علی منیری، دانشجو ی مقطع کارشناسی ارشد راه و ترابری، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
E-Mail: Ali_moniri@civileng.iust.ac.ir

چکیده

هر ساله هزینه زیادی صرف ساخت راه های جدید و نگهداری راه های موجود میشود. مقدار این هزینه ها به طور مستقیم به نوع روسازی و مصالح به کار رفته در آن دارد. در ایران غالباً از روسازی های انعطاف پذیر متشکل از رویه آسفالتی، لایه اساس و زیر اساس سنگدانه ای استفاده میگردد. در حالی که روسازی های صلب و مرکب نیز گزینه هایی میباشند که میتوانند مورد توجه قرار گیرند. در این مقاله به طور موردی بر اساس اطلاعات موجود برای آزاد راه قزوین-زنجان یک روسازی انعطاف پذیر 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 گرفته اند. نشان داده میشود که هزینه احداث روسازی مرکب متشکل از اساس بتنی، رویه آسفالتی و زیر اساس شن و ماسه ای بیشتر از روسازی انعطاف پذیر معمول است اما در کل دوره بهره برداری که 50 سال در نظر گرفته شده است این اختلاف کم شده و حتی هزینه کل روسازی مرکب از روسازی انعطاف پذیر کمتر هم میشود. همچنین روسازی مرکب منافع دیگری همچون سطح بالای خدمت رسانی و مقاومت باربری بالا و عدم وقوع خستگی را دارد. اگرچه معایبی چون ترک های انعکاسی و شیارشدگی نیز جزو ویژگی های روسازی مرکب میباشد که قابل پیشگیری است.

واژه های کلیدی: روسازی مرکب، مقایسه فنی و اقتصادی ،روسازی آسفالتی، ترک های انعکاسی

1- مقدمه

در طول تاریخ شرکت های راهسازی فقط از دو نوع روسازی صلب و یا انعطاف پذیر برای راه ها و آزاد راه ها استفاده میکردند، اما این روش ها همیشه اقتصادی ترین روش نبوده و در واقع در محور های پر رفت و آمد همواره یک سری روند برای تشخیص اقتصادی ترین روسازی وجود داشته که نشان میدهد اگر روسازی وجود داشته باشد که فواید هر دو روسازی صلب و انعطاف پذیر را همزمان داشته باشد میتواند یک طرح ایده ال و اقتصادی باشد. روسازی مرکب در سایر کشور ها به عنوان روسازی نیمه صلب (semi rigid pavement) شناخته شده است. این روسازی به طور کلی در راه های با ترافیک بالای 50 میلیون و برای محور هایی که وسایل نقلیه فوق سنگین از آن ها عبور میکنند مورد استفاده قرار میگیرد همچنین میتوان با کمک آن یک روسازی با طول عمر بالا و کمترین بازسازی را داشته باشیم.

2- معرفی روسازی مرکب و انواع آن

روسازی مرکب به روسازی اطلاق میشود که متشکل از رویه آسفالتی و اساس بتنی می باشد. این روسازی علاوه بر این که سازه بسیار قوی صلبی دارد، رویه نرم، بی صدا، دارای اصطکاک بالا و مناسب برای رانندگی امن و راحت را نیز داراست. روسازی های مرکب بسته به نوع اساس صلب به کار رفته در آن به 3 دسته تقسیم میگردد. رویه آسفالتی و اساس بتنی ساده درز دار(PCC)[1]، رویه آسفالتی و اساس بتنی آرمه درز دار(CRCP)[2] و رویه آسفالتی روی اساس تثبیت شده با سیمان (CTB)[3] از انواع روسازی مرکب میباشند.

3- هدف از تحقیق

این تحقیق برای ارزیابی و امکان سنجی استفاده از روسازی مرکب در ایران انجام شده است. در تحقیق سعی شده با مطالعه موردی محور قزوین-زنجان به عنوان نمونه جوانب فنی و اقتصادی روسازی روسازی مرکب را در ایران بررسی شود.

4- دلایل اجرای روسازی مرکب

روسازی مرکب بسیاری از مشکلات سازه ای و کاربردی را که روسازی های صلب و انعطاف پذیر دارند را مانند ترک های ناشی از خستگی، تغییر شکل زیر اساس، 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 بر طرف خواهند شد.

*نویسنده مسئول

Archive of SID
www.SID.ir

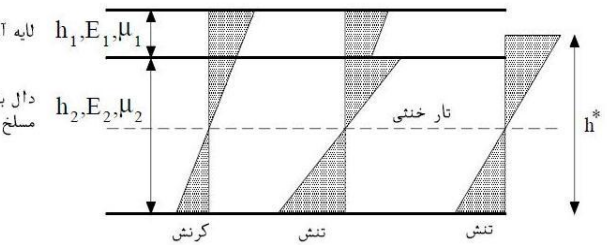
به علت ترکیب لایه آسفالتی با بتنی، ظرفیت باربری زیاد و مقاومت در برابر تغییر شکل در اثر عبور زیاد وسایل نقلیه را در کنار بهبود مشخصات سطح و میسر شدن عملیات تعمیر و نگهداری روسازی

- به حد اقل رساندن تعمیر و نگهداری درز آب بند در روسازی های بتنی
- کاهش نفوذ آب و در نتیجه بهتر شدن رفتار بلند مدت سازهای
- پشتیبانی بسیار محکم از لایه آسفالتی بوسیله لایه بتنی
- به دست آمدن اصطکاک کافی روسازی
- کاهش گرادیان حرارتی در لایه بتنی به دلیل ایزوله شدن آن توسط لایه اسفالتی

یکی دیگر از فواید روسازی مرکب، جابجا شدن تار خنثی در لایه روسازی و افزایش مدول خمشی مقطع آن می باشد (شکل 4-1). در واقع زمانی که لایه آسفالتی کاملا به لایه بتنی بچسبد، تشکیل یک لایه یک دست با عمق بیشتر را میدهد که نتیجه آن افزایش مدول خمشی و افزایش مقاومت روسازی میباشد.(Donald, G,2003).

خواهیم داشت. از جمله فواید روسازی مرکب میتوان به موارد زیر اشاره کرد.

- کم شدن صدای چرخ وسیله نقلیه در کنار بهبود مشخصات سطح



شکل 4-1 عوض شدن وضعیت تار خنثی

5- طراحی روسازی انعطاف پذیر:(محور قزوین-زنجان)

برای انجام این طراحی به یک سری مشخصات از قبیل ترافیک عبوری و CBR وجنس خاک و ... مورد نیاز است. که از شهرداری شهرداری قزوین و اداره حمل و نقل استان قزوین بدست 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 (حمید رضا الفتی،2012) که به روش شمارش مستقیم در چند روز و تعمیم آن بدست آمده است استفاده شده است (جدول 5-1)

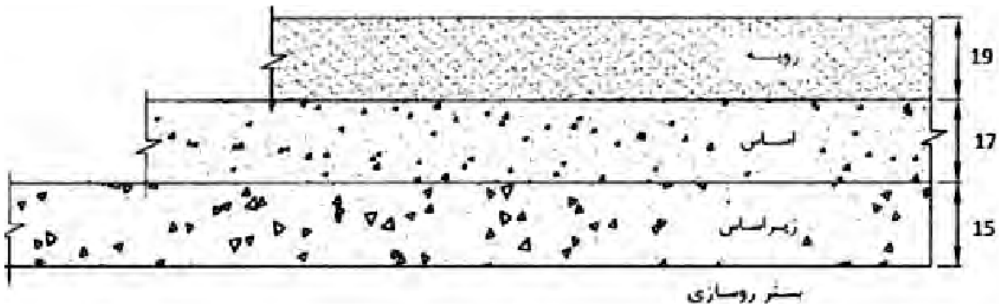
جدول 5-1 ترافیک روزانه عبوری از آزاد راه قزوین زنجان

نوع وسیله	تعداد تردد روزانه	ضریب محور جلو	ضریب محور عقب(ساده)	ضریب محور عقب(مرکب)	تعداد عبور محور مبنای هر وسیله
سواری	7392	0/00008	0/00008	-	1/18272
وانت	671	0/00034	0/002090	-	1/62052
مینی بوس	61	0/0122	-	0/008	1/2322
اتوبوس	292	0/4215	-	0/33350	220/46
کامیون دو محور	576	0/09810	-	0/86500	1052/9856
کامیون سه محور	59	0/54900	-	0/15250	50/504
تریلر 5 محور نوع 1	247	0/93300	0/48525	0/02625	266/019
تریلر 5 محور نوع 2	656	0/54900	-	0/06425	528/726
مجموع					1922/75005

Archive of SID

www.SID.ir

لازم به ذکر است تاثیر عواملی چون شرایط آب و هوایی شرایط زهکشی، ملاحضات اقتصادی، نوع و مشخصات فنی مصالح مصرفی و ... در طراحی مد نظر قرار گرفته شده است. نتیجه ی طراحی ضخامت لایه های روسازی آزاد راه قزوین-زنجان بر اساس توصیه نشریه 234 [5] به شرح زیر میباشد.



شکل 2-نتیجه طراحی روسازی انعطاف پذیر(واحد ها سانتی

6- طراحی روسازی مرکب

تا سال 1960 روش های مختلفی توسط افراد و شرکت های گوناگون برای طراحی روسازی مرکب معرفی شد که اغلب این روش ها بر مبنای تجربیات و قضاوت مهندسی بود، از سال 69 به بعد استفاده از آزمایش های غیر مخرب باعث شد تا روش های منطقی تری برای این امر مورد توجه قرار گیرد. بر اساس نظریه آیین نامه آشتو برای طراحی روسازی مرکب میتوانیم ابتدا یک روسازی بتنی درز دار ساده طراحی کنیم و سپس یک روکش آسفالتی برای آن طراحی کنیم. ضخامت رویه بتنی با استفاده از مشخصات موجود خاک بستر و شرایط زهکشی و آب و هوایی و نمودار های آشتو 25 cm بدست می آید. و سپس D_{ol} از رابطه 6-1 بدست می آید.

$$D_{ol} = A\left(D_f - D_{eff}\right) \qquad \text{رابطه 6-1}$$

در رابطه فوق D_{ol} برابر با ضخامت روکش، D_f ضخامت لایه بتنی و D_{eff} ضخامت موثر لایه بتنی است که به لایه ی مضمحل شده اختصاص دارد. اما نکته قابل ملاحظه این است که لایه بتنی در روسازی 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 6-2 محاسبه میشود. (AASHTO,2004).

$$A = 2.2233 + 0.0099\left(D_f - D_{eff}\right)^2 - 0.1534\left(D_f - D_{eff}\right) \qquad \text{رابطه 6-2}$$

حال اگر $D_f=D_{eff}$ مقدارپارامتر A برابر 2/223 خواهد شد. بنابر این در این حالت ضخامت معادل لایه بتنی 2.2233 برابر ضخامت لایه آسفالتی خواهد بود. بنابر این اگر بنا بر توصیه آشتو، ضخامت لایه آسفالتی را 16 cm در نظر بگیریم از ضخامت لایه بتنی 7/2 cm کم خواهد شد. بنابر این با 16 cm لایه آسفالتی، 18 cm لایه بتنی خواهیم داشت.

7- تحلیل اقتصادی

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

7-1 هزینه ساخت و اجرا

بنا بر فهرست بهای راه 90 هزینه اجرای یک کیلومتر آزادراه قزوین زنجان با اساس دانه ای بدون در نظر گرفتن هزینه عملیات خاکی 5640000000 *ریال میباشد و هزینه اجرای یک کیلومتر از این آزادراه با اساس بتنی ساده درز دار* 7840000000 ریال میباشد. بنابراین هرینه اجرای روسازی مرکب با اساس بتنی ساده درز دار تقریباً 1/39 برابر هزینه اجرای روسازی انعطاف پذیر رایج میباشد. (جدول 7-1)

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 7-1 ریز متره روسازی اسفالتی و مرکب (هزینه عملیات خاکی آورده نشده است و واحد ها میلیون ریال میباشد)

	روسازی مرکب	روسازی انعطاف پذیر
هزینه رویه آسفالتی	4000	4790
هزینه اساس	3560	570
هزینه زیر اساس	280	280
مجموع	7840	5640

7-2 هزینه ترمیم و نگهداری

از آنجا که برای محاسبات مربوط به عملیات و نگهداری روسازی مرکب در ایران مرجع مناسبی بدست نیامد به ناچار برای انجام این امر به مراجع خارجی استناد میکنیم. بنا بر توصیه *VODT*[4] روسازی مرکب و انعطاف پذیر بنا بر جدول 7-2 نیاز به عملیات نگهداری، بازسازی و بهسازی دارند(*VDOT2007*).

جدول 7-2 تعمیر و بازسازی مورد نیاز برای راه طی 50

روسازی مرکب	روسازی انعطاف پذیر	سال
روسازی نو	روسازی نو	0
تراشیدن و روکش		10
	تراشیدن و روکش	12
تراشیدن و روکش		20
	ترمیم و بازسازی سازه راه	22
تراشیدن و روکش		30
	انجام عملیات بازسازی کلی	32
تراشیدن و روکش		40
	تراشیدن و روکش	44
		50

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 7-3 خلاصه هزینه های تعمیر وبازسازی روسازی مرکب و انعطاف پذیر واحد ها

روسازی مرکب	روسازی انعطاف پذیر	سال
		0
$560(1/17)^{10}=2691$		10
	$528(1/17)^{12}=3474$	12
$560(1/17)^{20}=12940$		20
	$680(1/17)^{22}=21507$	22
$560(1/17)^{30}=62196$		30
	$746(1/17)^{32}=11342$	32
$560(1/17)^{40}=298966$		40
	$528(1/17)^{44}=528216$	44
376793	565539	مجموع

بنا بر جدول فوق و با احتساب نرخ رشد 17 درصد که متوسط نرخ رشد در ده سال اخیر بنا بر گزارش بانک مرکزی میباشد، مقدار هزینه مورد نیاز برای ترمیم یک کیلومتر روسازی انعطاف پذیر در طول 50 سال 376793 میلیون ریال بدست میاید که این مقدار برای روسازی مرکب که مقداری برابر 564539 میلیون ریال میباشد (جدول7-3).

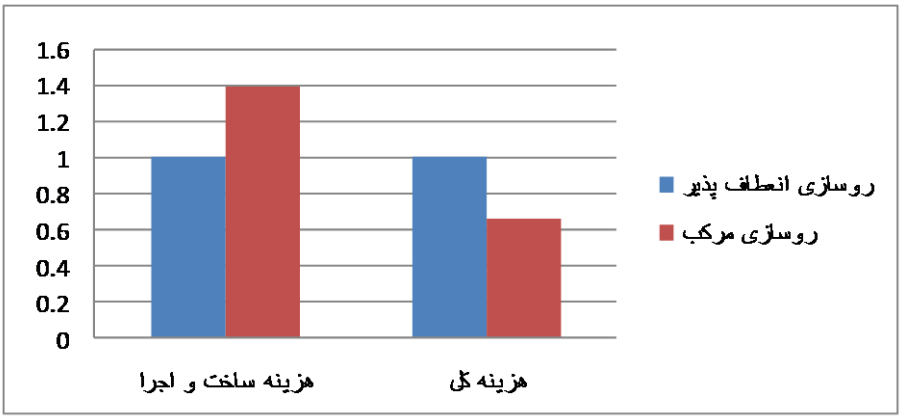
جدول 7-4 هزینه دوره طرح برای روسازی های مرکب و انعطاف پذیر

نوع هزینه / نوع روسازی	انعطاف پذیر	مرکب
هزینه ساخت و اجرا	5640	7850
هزینه ترمیم و نگهداری	564539	376793
مجموع	570179	384643

همانطور که انتظار میرفت هزینه نگهداری روسازی مرکب بسیار کمتر از روسازی انعطاف پذیر میباشد به طوری که اگر هزینه کل آن ها را حساب کنیم و با توجه به نرخ رشد 17 درصد آن را به روز تبدیل کنیم، نسبت هزینه روسازی مرکب به هزینه روسازی انعطاف پذیر به 0/67 کاهش میابد. (شکل7-1) به علاوه روسازی مرکب مزیت های اقتصادی دیگری از جمله هزینه کمتر سوخت مصرفی توسط مصرف کنندگان، کاهش استفاده از منابع طبیعی برای تولید قیر، کاهش تصادفات و کاهش اختلالات ترافیکی در زمان اجرای عملیات ترمیم را دارد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 1-7 نسبت هزینه های روسازی مرکب به انعطاف

8- مقایسه فنی

مقایسه فنی روسازی مرکب و انعطاف پذیر بر اساس مطالعات و مدل سازی های فلینچ صورت گرفته است. وی پس از مطالعه روسازی های موجود پی برد که عمده معایب روسازی های مرکب ترک های انعکاسی و شیار شدگی میباشد و همچنین از مزیت های مهم روسازی مرکب عدم وقوع خستگی در آن ها و همچنین تغییر شکل بسیار کم در لایه های آن میباشد .

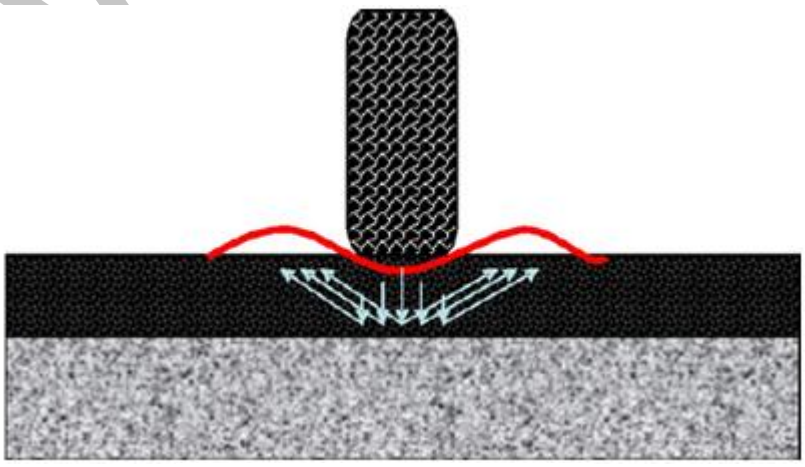
8-1 ترک های انعکاسی

دیگر مطالعات نشان داده است که ترک های انعکاسی از مهم ترین خرابی های روسازی مرکب است، ترک هایی که ناشی از تنش ها و کرنش های موجود در مفصل های اساس بتنی میباشد و به روکش آسفالتی انتقال میابد(GERARDO W. FLINTSCH,2008). راه های زیادی برای پیشگیری و مقابله با ترک های انعکاسی وجود دارد که از مهمترین آن ها میتوان به استفاده از لایه آسفالتی ضخیم، استفاده از پارچه گونه ها و پیش ترک دادن رویه و پر کردن آن اشاره کرد.

طبق مطالعاتی که سوسا در سال 2002 روی انواع روسازی مرکب انجام داده است، اگر از حداقل 10in ضخامت برای رویه آسفالتی استفاده شود امکان وقوع ترک های انعکاسی بسیار پایین میاید (souse,2009)

8-2 شیار شدگی

از دیگر معایب روسازی مرکب شیار شدگی زود هنگام آن است فلینچ طی آزمایشی برای عبور 50,000,000بار هم عرض نشان داد که هر چه اساس بتنی صلب تر میشود عمق شیار شدگی نیز در لایه آسفالتی بیشتر میشود (GERARDO W. FLINTSCH,2008). در واقع این همان نتایجی است که انتظار داریم علت این امر واضح است چرا که هر چه لایه اساس صلب تر شود قابلیت جذب انرژی در آن کاهش میابد و امقدار بیشتری از انرژی عمودی وارده جذب لایه آسفالتی میشود. (شکل 8-1)



شکل 1-8 شیار شدگی در روسازی مرکب

Archive of SID

www.SID.ir

البته آزمایشات فلینچ در حالتی صورت گرفته که در طول مدت بارگذاری هیچ گونه عملیات بازسازی بر روسازی صورت نگیرد. اما این خلاف واقعیت است در واقع در طول مدتی که فلینچ در نظر گرفته، بار ها روسازی به دلایل دیگر نیاز به بازسازی و روکش پیدا میکند. بدیهی است که در هر بار روکش کردن مقداری از شیار شدگی آن نیز ترمیم میشود. طی مطالعاتی که صورت گرفته اگر روسازی آزادراهی با ترافیک زیاد هر 11 سال یک بار روکش شود شیار شدگی مشکلی برای آن به وجود نخواهد آورد (VDOT 2007).

8-3 خستگی

با توجه به رابطه 8-1 که از انسیتو آسفالت ارایه شده است، وقوع خستگی در روسازی به شدت وابسته به مقاومت کششی رویه در تار هایی پایینی آن میباشد و هرچه کرنش کششی در لایه پایینی کمتر شود تعداد محور هم ارز بیشتری میتوانند عبور کنند تا پدیده خستگی رخ دهد. همانطور که گفته شد در روسازی مرکب هر دو لایه بتنی و آسفالتی در خمش با هم عمل میکنند بنا بر این 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 دیر تر از روسازی انعطاف پذیر دچار خستگی میشود.

$$N_f = 0.00432 \times K_1 \times C \left(\frac{1}{\varepsilon_t}\right)^{3.291} \left(\frac{1}{E}\right)^{0.854}$$ رابطه 8-1

N_f = تعداد حد اقل محوری که باعث وقوع خستگی میشوند

$\varepsilon_{t=}$ کرنش کششی در نقطه بحرانی

فلینچ در آزمایشات خود نشان داده است که مقدار N_f برای روسازی های مرکب بی نهایت است و این روسازی ها در طول دوره عمر خود هرگز دچار خستگی نمیشوند.

8-4 تغییر شکل عمودی

روسازی مرکب علاوه بر این که تمام خواص روسازی انعطاف پذیر مانند نرمی و صدای کم واصطکاک بالا و ... را دارد، دارای سازه ای بسیار قوی نیز هست که نتیجه آن تغییر شکل کمتر روسازی میباشد. طبیعی است که این امر موجب کمتر شدن تنش و کرنش بین لایه ای و افزایش باربری میشود.

وجود اساس صلب و پشتیبانی سازه ای بسیار خوب آن موجب کاهش تغییر شکل عمودی در طول دوره طرح میشود. تغییر شکل کمتر موجب کاهش تنش و کرنش بین لایه های روسازی میشود.

9- نتیجه گیری

هزینه احداث پروژه آزاد راه قزوین- زنجان با روسازی مرکب بیشتر از روسازی انعطاف پذیر است اما هزینه نگهداری و تعمیر آن به مراتب کمتر از روسازی اسفالتی میباشد به قسمی که هزینه نهایی روسازی مرکب 0/65 برابر هزینه روسازی انعطاف پذیر است و همچنین اگر از انواع دیگر اساس صلب مانند مصالح تثبیت شده 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 شکل های کم نیز بهتر از روسازی اسفالتی است. از ترک های انعکاسی و شیار شدگی 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 انعطاف پذیر دارد و از نظر فنی نیز مزایایی نسبت به آن دارد، بررسی امکان استفاده از آن برای آزاد راه های پر رفت و آمد توصیه میشود. البته در این زمینه مطالعات بیشتری مورد نیاز است.

10-پی نوشت ها

1- Portland cement concrete
2- continuously reinforced concrete pavement
3- cement treated base
4- Virginia Department of Transportation, Materials Division

.

11-مراجع

1- ASHTO Design Guide 2004, Part3 Design Analysis-Chapter4 Design Of New and Reconstructed Rigid Pavements.
2- Donald, G. (2003). Benefits of composite pavements. *ARRB Transportation Research*, SMEC International, Australia
3- Gary L. Fitts, P.E. Sr. Field Engineer Asphalt Institute San Antonio, controlling reflective cracking in HMA overlays of PCC pavements

Archive of SID

www.SID.ir

4- GERARDO W. FLINTSCH, Ph.D., P.E (2008),COMPOSITE PAVEMENT SYSTEMS: SYNTHESIS OF DESIGN AND CONSTRUCTION PRACTICES,VTRC09-CR2
5- Iran Highway Asphaltic Pavements Code.No.234. Iran ministry of road and transportation
6- Nicholas J.Garber(2009) Traffic & Highway Engineering
7- Nissans K., and Nunn, M.E. (2004). A Model for Top-Down Cracking in Composite Pavements
8- Sousa, J.B., Pais, J.C., Saim, R., Way, G.B., and Stubstad, R.N. (2002). Mechanistic-empirical overlay design method for reflective cracking. *Transportation Research Record, No. 1809.* Transportation Research Board, Washington, DC, pp. 209-217.
9- Smith, R.J. (1963). Definition of composite pavement structures. *Highway Research Record No.37.* Highway Research Board, Washington, DC, pp.1-4
10- Virginia Department of Transportation, Materials Division. (2002). Guidelines for Pavement Life Cycle Cost Analysis
11- Yang H.Huang,2004, Pavement Analysis And Design
12- امیر کاووسی، مصطفی ادرسی، بررسی روش های مختلف طراحی روسازی، فصلنامه جاده (1391)
13- بوالفضل حسنی، بهروز وثوقی، افزایش کارایی رویه های بتنی با اجرای روکش آسفالتی، نشریه پیام (1388)

Archive of SID

www.SID.ir

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, student, Department of civil engineering, Iran university of science and technology
E-Mail: Ali_Moniri@civileng.iust.ac.ir

Abstract:

Every year we spend a lot of cost 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 too.

In this study a flexible pavement and a composite one for the Qazvin - Zanjan freeway by AASHTO method has designed and their initial costs and whole life costs has compared with each other. It has shown that the cost of constructing 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 pavement. Also the composite pavement has some technical advantages such as 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

Key words: composite pavement, pavement type selection, semi-rigid pavement, mechanistic evaluation

Archive of SID

www.SID.ir