بررسی روش‌های مختلف مکانیکی احیا کردن مقاومت لغزشی سطوح صیقل یافته بتنی و تعیین جایگاه استفاده از آنها

محمدرضا سلیمانی کرمانی*، استادیار، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: soleimani@bhrc.ac.ir

دریافت: ۹۷/۰۶/۰۸– پذیرش:۹۷/۱۱/۰۵
صفحه ٥٤-٤١

چکیده

روسازی های بتنی مانند رویه های آسفالتی با جریان ترافیک، تغییرات محیط زیستی، تغییرات جوی، آلودگی و ... به مرور زمان سطح مقاومتی لغزشی خود را در طول عمر مفید خود ازدست می دهند. علت بسیاری از حوادث جاده ای و بزرگراه ها، به ویژه در شرایط مرطوب، زمانی که کمبود گیرش تایر و سطح می باشد اتفاق می افتد. سطح جاده همیشه باید دارای بافت مناسب باشد که شامل هر دو بافت ریز و بافت درشت می شود. کلیه روشهای احیاء کردن مقاومت لغزشی با یکدیگر متفاوت هستند و انتخاب تکنیک همیشه باید بر اساس کیفیت و ماهیت خاص رویه مورد نظر انجام می شود. اکثر فرایندهای احیا کردن مقاومت لغزشی را می توان در هر زمانی از سال و در سخت ترین شرایط آب و هوایی انجام داد. این روشها می توانند به عنوان یک ابزار ترمیمی کوتاه تا میان مدت برای تعمیر رویه های با ریسک بالا باشد و بسیاری از روشها قابل تکرار مجدد می باشند. این روش‌ها دارای فرایند متفاوتی جهت افزایش مقاومت لغزشی هستند و انتخاب روش باید همیشه با توجه به کیفیت و ماهیت خاص روسازی انجام شود. در این مقاله، روش های مختلف احیا کردن مقاومت لغزشی رویه های بتنی معرفی گشته و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و محل استفاده مناسب از آنها توصیه شده است.

واژه‌های کلیدی: روسازی، ترافیک، مقاومت لغزشی، احیاء کردن

۱–مقدمه

روسازی‌های صلب یا بتنی، دارای سختی خمشی نسبتا بالایی بوده و بارهای خارجی را با حداقل تغییر شکل روسازی در سطح نسبتاً وسیعی به خاک بستر منتقل می‌کنند. با توجه به اینکه علت بسیاری از حوادث جاده‌ها و بزرگراه‌ها خصوصا هنگام بارندگی کمبود مقاومت لغزشی سطح جاده بوده که باعث سرخوردن وسایل نقلیه شده و نهایتاً به تصادف منجر می‌گردد. لذا، رویه‌های بتنی مانند رویه‌های آسفالتی بر اثر جریان ترافیک در طول عمر سرویس‌دهی خود مقاومت لغزشی خود را از دست می دهند. زبری سطوح بتنی معمولا بعد از عملیات بتن ریزی توسط برس‌های مخصوص، کشیدن پاچه ضخیم، شیار زنی و یا ابزار دیگر ایجاد می‌گردد. در یک رویه بتنی، دانه‌های درشت در مخلوط توسط دانه‌های ریز پوشش داده شده و سطح زبر مناسبی را برای حرکت ایمن وسایل نقلیه فراهم می‌کنند. روسازی‌های آسفالتی و بتنی دارای مزایایی نسبت به یکدیگر می‌باشند. در جدول زیر به اختصار به آنها اشاره می‌شود. جدول ۱ مقایسه ای بین روسازی آسفالتی و بتنی را نشان می‌دهد. روسازی‌های بتنی در جاده‌های با حجم ترافیک بالا و سنگین، تونلها و پل‌ها و یا در بارگذاری‌های سریع و مقطعی، مانند فرودگاه‌ها، پارکینگ‌ها، گاراژها، کف کارخانجات و ... استفاده می‌شود. این نوع روسازی‌ها در صورت در نظر گرفتن تمهیدات لازم جهت مهار تنش‌های حرارتی و تنش‌های اصطکاکی، از عمر مناسب و توجیه اقتصادی خوبی برخوردار می‌باشند، کما اینکه امروزه در اکثر کشورهای صنعتی که مشکل کمبود

سیمان وجود ندارد، مورد استفاده قرارگرفته‌اند. خوشبختانه در دهه گذشته روسازی‌های بتنی در ایران نیز با استقبال مناسبی مواجه شده و در مواردی هم بطور موفقیت آمیز اجرا گردیده است. بطور کلی سطح جاده همیشه باید دارای مقاومت لغزشی مناسب باشد. گزینه‌های تعمیر سطوح صیقل یافته به طور عمده برای بازگرداندن مقاومت لغزشی آنها بکار گرفته می شود. پس از صیقل زدگی و از دست رفتن مقاومت لغزشی سطوح بتنی جهت ارتقاء مقاومت لغزشی می‌توان با زبر کردن سطح فرسوده با استفاده از تکنیک‌های مختلف استفاده نمود.

دوام افزایش در میزان مقاومت لغزشی و عمق بافت بستگی به نوع روش، هندسه جاده، مقدار و رفتار ترافیک و مصالحی که سطح روسازی را تشکیل می‌دهند دارد.

جدول ۱. مقایسه روسازی‌های آسفالتی و بتنی (حسنی، ۱۳۸۸)

موارد	نوع روسازی	
	آسفالتی	بتنی
مصرف انرژی	بالا	کم
هزینه اولیه ساخت	کم	بالا
هزینه نگهداری	کم	بالا
ارزش اسقاطی	متوسط	کم
زیبایی ظاهری	کم	متوسط
ماشین‌آلات ساخت	پیچیده	پیچیده
مهارت موردنیاز نیروی‌انسانی	متوسط	بالا
سرعت ساخت	سریع	آهسته
کندن و دوباره پوشاندن	مشکل	بسیار مشکل
بازیابی مصالح	سخت	خیلی سخت
دوام	متوسط	خوب
مقاومت در برابربارهای محوری سنگین	خوب	خیلی خوب
مقاومت در برابر بار متمرکز چرخ	ضعیف	خیلی خوب
مقاومت در برابر بارهای چرخشی	ضعیف	خیلی خوب
مقاومت در برابر ریزش سوخت و روغن	ضعیف	خوب
مقاومت در برابر لغزندگی	خوب	خیلی خوب
شرایط جوی برای اجرا	محدود	محدود
آلودگی محیط زیست	زیاد	حداقل
برقراری ترافیک بلافاصله پس از اجرا	متوسط	ضعیف
سرعت عملیات نگهداری و وصله‌کاری	مناسب	خیلی کند

۲- عوامـل موثر در انتخاب روش ترمیم خرابی‌های رویه‌های بتنی

انتخاب روش‌های مناسب ترمیم خرابی‌های رویه‌های بتنی مورد استفاده برای ترمیم خرابی‌ها باید بر اسـاس عوامـلی چون: نوع روسازی، نوع و میزان خرابی، علت یا علل خرابی، نوع راه و سطح ترافیک، فاکتورهای اقلیمی و محیطی، اقتصادی بودن روش ترمیم، عمر ترمیم، زمان مناسب از سال جهت انجام عملیات ترمیم ، در دسترس بودن تجهیزات و نیروی مجرب، وجود مصالح با کیفیت، ایمنی کارگران و سایر کاربران انتخاب شوند (*D.J ,2005 Wilson* و *Crisman, B. 2012.*)

۳- روشهای نگهداری راه ها و موارد استفاده راهکارهای بازسازی مقاومت لغزشی رویه‌های بتنی

۳-۱- نگهداری پیشگیرانه

هدف از تعمیر و نگهداری پیشگیرانه، ترمیم خرابی‌های زودرس روسـازی، کنـدنمـودن و بـه تـاخیر انداختن خرابی‌های روسازی و کاهش نیاز به تعمیر و نگهداری اصـلاحی است. تعمیر و نگهداری پیشگیرانه به معنی انجام ترمیمی درست و مناسب بر روی راه و در زمانی مناسب اسـت. تـرمیم‌هـای پیشگیرانه بر روی روسازی‌هایی که از نظر سازه‌ای سالم هستند، کاربرد دارند. احیا سازی مقاومت لغزشی می‌تواند به عنوان نگهداری پیشگیرانه نیز مورد استفاده قرار گیرد .(Nehme, J 2017)

۳-۲- نگهداری اصلاحی

به فعالیت‌ها و عملیاتی که یکپارچگی سازه‌ای روسازی را ترمیم نموده و یـا آن را بهبـود می‌بخشد، اطلاق می‌شود. تعمیر و نگهداری اصلاحی از نظر هزینه و زمان بندی اجـرا بـا تعمیـر و نگهـداری پیشگیرانه تفاوت دارد. تعمیر و نگهداری پیشگیرانه زمانی اجرا می‌شود که روسازی هنوز در وضعیت خوبی به سر می‌برد، اما تعمیر و نگهداری اصلاحی، زمانی اجرا می‌شود که روسـازی نیازمنـد تـرمیم بـوده و در نتیجـه هزینه بیشتری را صرف می‌کند. تعمیر و نگهداری اصلاحی، واکنشـی است که بـه منظـور اصـلاح روسـازی یـا محدوده خرابی انجام می‌شود. فعالیت‌های تعمیر و نگهداری اصلاحی شامل روکش‌های سازه‌ای، تراش و روکـش، ترمیم چاله‌ها، لکه گیری و تعمیر ترک ها می‌شود (*Nehme, J 2017)*

۳-۳- نگهداری اضطراری

به فعالیت‌هایی که طی یک وضعیت اضطراری، مانند چاله‌ای که نیـاز به ترمیم سریع دارد و یا ترمیم‌های موقتی که به منظور حفظ رویه تا زمانی که ترمیم‌های با دوام تـری اجـرا شود، اشاره می‌کند. احیا سازی مقاومت لغزشی می‌تواند به عنوان نگهداری اضطراری مورد استفاده قرار گیرد. (Nehme, J 2017).

٤- صیقلی شدن مصالح روسازی‌های بتنی

روش‌های مختلفی برای بازگرداندن مقاومت لغزشی رویه‌های بتنی وجود دارد و انتخاب مناسب ترین روش بستگی به نوع رویه، سرعت ترافیک و میزان استفاده از بتن دارد. بعضی از روش‌ها بافت درشت را بازیابی می‌کنند، بعضی از روش‌های دیگر تنها بافت ریز را بهبود می بخشد، و بعضی از آنها هر دو (بافت ریز و درشت) را احیا می‌کنند.

بررسی مهمترین و متداول‌ترین روش‌های موجود جهت احیا کردن مقاومت لغزشی رویه‌ها بتنی در دنیا

مقدار مناسب مقاومت لغزشی سطح جاده برای مسافرت ایمن بسیار حائز اهمیت است. جهت احیاء سریع سطح رویه یک راه، روشهای کارآمد و مقرون به صرفه مکانیکی احیاء مقاومت لغزشی برای نگهداری سطوح موجود می‌باشد (Frictio, 2017, و Roe, P.G. S.A.1998). جهت

بدست آوردن نتایج کیفی باید روش صحیح انجام کار از میان روش‌های موجود برای شرایط مختلف روسازی‌ها انتخاب نمود.

به طور کلی روشهای متعدد بسیاری جهت بازسازی مقاومت لغزشی از دست رفته رویه های بتنی در دنیا موجود می‌باشد که فهرستی از مهمترین آنها در موارد زیر آورده شده است.

-بازسازی مکانیکی

-تغییر شکل سطحی

-پوشش قیری

-پوشش بتنی فوق العاده نازک

-محصولات و سیستم‌های حفاظت سطح

در این تحقیق بیشتر به مهمترین آنها یعنی باز سازی مکانیکی (احیاءکردن) که شامل: چکشی کردن، شات بلاست، تراش سرد، تراش نرم، شیار کردن و شیار متعامد پرداخته شده است و در خصوص معرفی سایر روشها که به طور معمول در برخی از کشورها مورد استفاده قرار می گیرد نیز پرداخته است. تغییر شکل سطحی شامل روشهای دیگری می‌شود که شکل (پترن) سطح را تغییر می‌دهد که به آن نیز مورد مطالعه قرار گرفته است.

چکشی‌کردن

فرایند چکشی‌کردن شامل تعدادی از چکش‌های کاملا مستقل کنترل شده است که با ضربه‌زدن بر سطح روسازی به صورت مکانیکی مقاومت لغزشی را به سطح باز می‌گرداند. این تکنیک رویه های بتنی می‌توانند از این روش بهره گرفته به صورت مکانیکی زبر شوند تا مقدار قابل توجهی از مقاومت لغزشی مناسب حاصل گردد .Roe, P.G S.A.1998) و Soleymani .K. 1995). در آسفالت، قیر ممکن است از طریق منافذ بین سنگدانه‌ها روی سطح قرار گیرد که به آن قیرزدگی گفته می‌شود و از این طریق مقاومت لغزشی خود را ازدست بدهد. رویه‌های بتنی نیز توسط عمل چرخ های لاستیکی و شن و ماسه جلا داده می‌شوند و صیقلی می‌گردند. این عوامل می‌تواند موقعیت‌های لغزنده‌ای را ایجاد کنند؛ به خصوص در شرایط مرطوب در جاییکه فضای بین سنگدانه و لاستیک برای گیرش لاستیک کاهش می‌یابد. همانطور که سطح اصطکاک کاهش می یابد، راننده بیشتر در حالی که در حال چرخش و مانورهای گوناگونی می‌باشد در معرض خطر قرار گرفته، فاصله‌های ترمز زیاد می‌شود و باعث تصادف می‌گردد. .Soleymani .K) (1995 احیاء رویه بوسیله چکشی کردن یک راه حل موثر برای بازگرداندن بافت سطح و مقاومت در برابر لغزندگی است. این روش باید همراه با دیگر روش‌های جوان سازی سطحی در نظر گرفته شود. چکشی کردن یک روند بسیار آهسته می‌باشد و برای همه موارد کارآمد نیست. در صورت عدم استفاده از ابزار و ماشین آلات مناسب می‌تواند برای محیط زیست آلوده کننده و غیر دوستانه باشد، نیازمند تیم بزرگی است و در محیط مرطوب قابل اجرا نیست (1999 .(Design Manual For Roads And Bridges

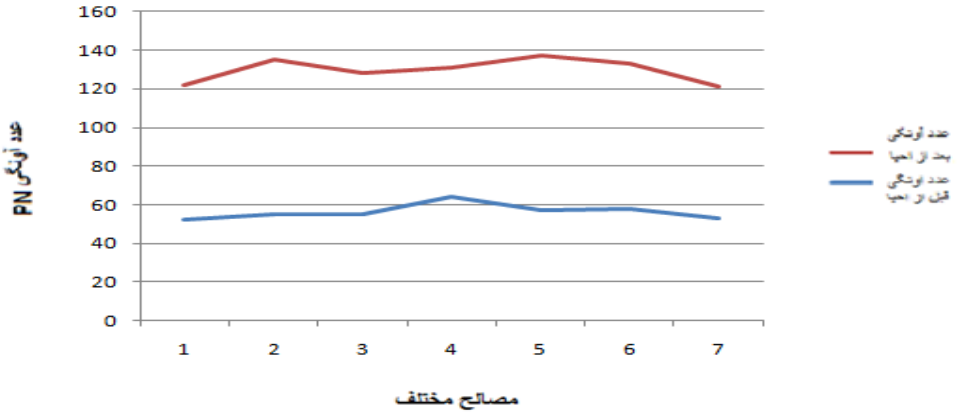
فرایند روش چکشی کردن

نوک‌های تیز شده چکشها مواد ناخواسته بین دانه ها را از بین می برند به طوری که بافت درشت به حالت اولیه خود بازگردانده شده و مقاومت لغزشی مناسب دوباره برقرار می گردد. بافت ریز با توجه به سختی سنگ‌هایی که در مخلوط آسفالت و بتن استفاده می شود، می توانند با استفاده از این روش تاثیر بسیار مثبتی حاصل نمایند. این فرایند باید طوری انجام شود که سنگدانه ها را در محل خود نگه دارد و سطح رویه کاملا حفظ شود، مقاومت لغزشی بازسازی گشته و جاده برای مسافران و عابران پیاده امن تر گردد. سطح تعمیر شده می تواند همچنان با سطح اطراف خود یکسان باقی بماند و این تعمیر می تواند قابل تکرار باشد. از آنجاییکه این روش یک روش تهاجمی است در نتیجه باید دستگاه را طوری تنظیم کرد که عملیات منجر به متلاشی شدن سنگدانه نگردد .KLARUW, Cmpany Manual. 2017, (Soleymani .K. 1995. شکل ۱ مقایسه بین رویه قبل و بعد از چکشی کردن را نشان می‌دهد.

این روش تعمیر باعث آسیب به مفاصل/ تعمیرات و حلقه های ترافیکی کار گذاشته شده نمی شود. علائم ، مبلمان جاده ای و آهن کاری نیاز به برداشته شدن ندارد و در صورت لزوم می تواند از آن اجتناب شود.

شکل ۱. مقایسه بین رویه قبل و بعد از چکشی کردن

شکل ۲ عدد آونگی قبل و بعد احیاء رویه صیقل یافته با استفاده از روش چکشی‌کردن را نشان می‌دهد(Soleymani .K. 1995.



شکل ۲. عدد آونگی قبل و بعد احیاء رویه صیقل یافته با استفاده از روش چکشی کردن (Soleymani .K. 1995)

روش شات بلاست

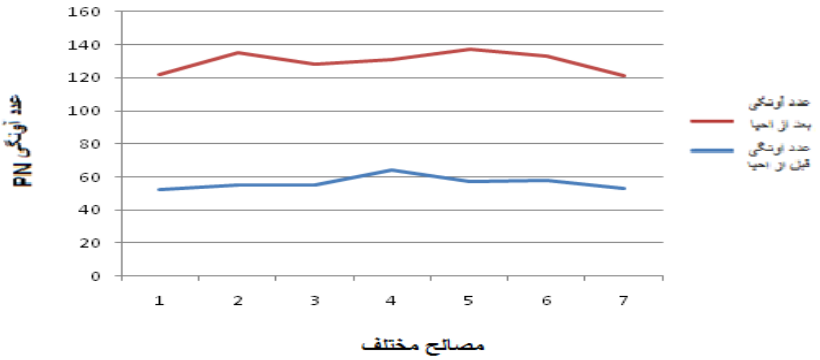
شات بلاست یا سند بلاست به عنوان یک روش کارامد گزارش شده است(*Ackerman, J. D 1995*). شکل ۳ مقایسه بین رویه قبل و بعد از شات بلاست کردن را نشان می دهد. طول عمر ترمیم سطوح با روش شات بلاست وابسته به مقاومت سایشی و همچنین مقاومت لغزشی سنگدانه است. ارزیابی عملکرد شات بلاست در جاده های بتنی با توجه به این موضوع مقداری پیچیده است (*Frictio, 2017*).

روش شات بلاست می تواند بر روی سطوحی که از لحاظ ساختاری سالم باشد و تنها به علت از دست رفتن مقاومت لغزشی انجام شود. این روش به عنوان یک روش تعمیر حفاظت از رویه بتنی، اثبات شده است (*Ackerman, J. D 1995*) استفاده از این روش برای بازسازی سطوح آسفالت و بتن و ایجاد مقاومت در برابر لغزش، از لحاظ فنی و اقتصادی امکان پذیر است. از جمله روش های حفاظت از رویه‌های بتنی این روش فقط به بازیافت مقاومت لغزشی ازدست رفته کمک می کند. شکل ٤ عدد آونگی قبل و بعد احیاء رویه صیقل یافته با استفاده از روش سند بلاست را نشان می‌دهد (*Gransberg D.D. 2009 & Soleymani .K. 1995*).

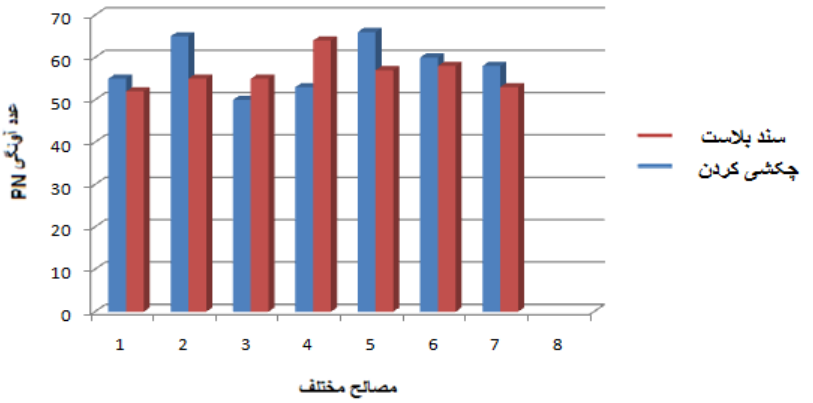
شکل ۳. مقایسه بین رویه قبل و بعد از شات بلاست کردن

تجزیه و تحلیل دو روش چکشی‌کردن و سند بلاست

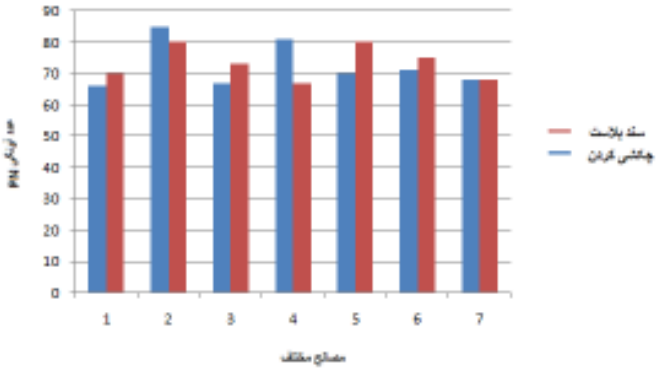
شکل ۵ مقایسه عدد آونگی نمونه‌های آماده شده قبل احیاء توسط روش‌های چکشی‌کردن و سند بلاست تشکیل شده از مصالح مختلف می‌باشد و همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود عملکرد مصالح مختلف در برابر صیقل زدگی در طول عمر سرویس‌دهی متفاوت می‌باشد. شکل ٦ مقایسه‌ای بین اعداد آونگی نمونه‌های آماده شده بعد از احیاء توسط روش‌های چکشی کردن و سند بلاست تشکیل شده از مصالح مختلف است و همانطور که مشاهده می‌گردد مصالح مختلف در مقابل روش بکار گرفته شده رفتار متفاوتی دارند و می‌توان چنین نتیجه گرفت که نوع روش در بعضی از طرح اختلاطها نتیجه بهتری نسبت به اعمال روش‌های دیگر دارد.



شکل٤. عدد آونگی قبل و بعد احیاء رویه صیقل یافته با استفاده از روش سند بلاست (Soleymani .K. 1995)



شکل ۵. مقایسه عدد آونگی نمونه‌های آماده شده قبل احیاء توسط روش‌های چکشی‌کردن و سند بلاست تشکیل شده از مصالح مختلف (Soleymani .K. 1995)



شکل ٦. مقایسه عدد آونگی نمونه‌های آماده شده بعد از احیاء توسط روشهای چکشی کردن و سند بلاست تشکیل شده از مصالح مختلف(Soleymani .K. 1995)

روش تراش سرد

برداشت مقداری از سطح به طور معمول با یک دستگاه تراش که با استفاده از یک درام مجهز به دندان‌هایی از جنس کاربید است که با ضربه و تراش سطح جاده، بافت زبری را ایجاد می‌نماید. بافت حاصل می‌تواند بلافاصله به عنوان یک سطح قابل استفاده رانندگان مورد استفاده قرار گیرد. در حقیقت تراش سرد، حذف کنترل شده مقداری از روکش سطحی موجود و در عمق مطلوب، با تجهیزات مخصوص تراش کاری طراحی شده است (شکل۷). یا این که برای آماده‌سازی سطح (از بین بردن شیارشدگی، برآمدگی، و بی‌نظمی‌های سطح)، برای انجام روکش جدید و یا برای اصلاح ویژگی‌های مقاومت لغزشی سطحی جاده انجام می‌شود) *NCHRP Web Document 53 2002)* . شکل۷ ماشین احیا سازی رویه صیقل یافته به روش از طریق روش تراش سرد را نشان می‌دهد.

شکل ۷. ماشین احیا سازی رویه صیقل یافته به روش تراش سرد

تراش نرم (کم عمق)

این فرآیند روش اصلاح شده تراش سرد است، تنها تفاوت این است که ابزارهای برش بیشتری بر روی درام قرار دارند. این تکنیک، هنگامی که فاصله خط تا ۸ میلی متر یا کمتر کاهش می‌یابد، تراش نرم نامیده می شود. تراش نرم می‌تواند برای افزایش عمق بافت اسمی ۱ میلی‌متر مورد استفاده قرار گیرد. این عمق همچنین می‌تواند بستری برای روکش کردن سطح مورد استفاده قرار گیرد *NCHRP Web Document 53 2002)*. استوانه تراش نرم که دارای فاصله ابزار ۲×٦ میلی متر است و با ٦۷۲ ابزار نوک حمله

نصب شده است شکل ۸ ماشین احیا سازی رویه صیقل یافته به روش تراش نرم را نشان می‌دهد.

شکل ۸ ماشین احیا سازی رویه صیقل یافته به روش از طریق روش تراش نرم

شیار زنی (شیارهای بارانی)

اگرچه بسیاری از مهندسان آنها را "شیارهای بارانی" نامیده اند، اما شیارها برای خارج کردن آب باران از سطح جاده ها ایجاد نمی شوند. اگر چه خطوط طولی ایجاد شده، برای رانندگان و موتور سیکلت سواران آزار دهنده هستند، اما حداقل از دهه ۱۹۶۰ برای حفظ و طولانی‌کردن عمر و بالا رفتن ایمنی جاده‌ها استفاده شده اند (*NCHRP Web Document 53 2002)* شکل ۹ شیار بارانی بر سطح بتنی با روش شیار زنی را نشان می‌دهد.

شکل ۹. شیار بارانی بر سطح رویه بتنی با روش شیار زنی

این شیارها از طریق یک فرایند به نام "سنگ زنی الماسی" ایجاد می شوند و همانطور که از نامش پیداست، الماسها به گروه هایی از تیغه اره متصل می شود که سپس آنها را با حفاری شیارها در سطوح جاده مورد استفاده قرار می‌دهد. الماس صنعتی درجه یک با پودر متالورژی مخلوط شده است، ترکیب آن توسط نوع رویه که در حال تعمیر، تعیین می‌شود. شیارهای دارای عرض کم جهت استفاده یا ایجاد مقاومت لغزشی در جاده‌ها استفاده می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهد که سنگ زنی الماس باعث کاهش سر و صدای جاده و همچنین افزایش عمر روسازی می شود. لاستیکها از چسبندگی بهتری برخوردار می‌کردند، هرچند که این فرآیند در برابر هوازدگی محیط مقاوم نیست (American Concrete Pavement Association, 2017).

تفاوت بین تراش سرد و شیارزنی

کارور تعمیر و نگهداری بزرگراه‌ها ممکن است از روش "تراش سرد" جهت ایجاد یک سطح زبر و خشن برای روکش‌کردن مجدد رویه استفاده کند. آسفالت و یا بتن هنگامی که بر روی شیارها ریخته می‌شود، به وجه بهتر به سطح زیر آن متصل می‌کند. بسیاری از مردم روش تراش سرد را با شیار زنی الماس اشتباه می‌گیرند. هنگامی که روش تراش سرد بر سطح اعمال می گردد، بخش بزرگی از سطح جاده برداشته شده و آسیاب می شود، و در ترکیب آسفالت جدید، به عنوان "سنگ درشت دانه " استفاده می‌شود. بعبارت دیگر جاده‌های قدیمی به عنوان بخشی از آسفالت جدید به درون جاده فرو می‌روند. شایان ذکر است که رویه-های تراشکاری شده بسیار زبر تر از رویه‌های شیار شده با الماس می‌باشند. بنابراین، "شیارهای بارانی" برای کمک به

جریان آب نیستند بلکه برای کمک به حفظ مقاومت لغزشی برای رانندگی ایمن، کم کردن سر و صدای جاده ای، طول عمر سطح جاده‌ها و همچنین صرفه جویی در هزینه‌ها می‌باشد. تراش سرد و شیار زنی شامل ماشین‌های مجهز به تیغه اره الماس به فاصله نزدیک است که برش‌های زهکشی و شیارهای اصطکاکی را به سطح جاده های خسته ایجاد می‌کند. با تراش سرد، ۳ الی ۱۰ میلی‌متر بتن تعمیر می شود تا یک سطح با عملکرد بالای سواری ایجاد نماید. شیارهای پس از انجام عملیات تراش سرد، سطح بالایی از بافت و اصطکاک را فراهم می‌کنند. تراش سرد برای بازگرداندن کیفیت و بافت سواری است و شیار زنی به طور کلی کانال های تخلیه آبی که ایجاد می‌کند برای کاهش آبپیمایی سطح استفاده می‌شود. از نظر طراحی، تفاوت اصلی بین تراش زنی و شیار زنی این است که فاصله بین شیارها در روش شیار زنی حدود ٦ برابر بیشتر از تراش سرد است (*NCHRP Web Document 53 2002,. American Concrete Pavement Association, 2017)* شکل ۱۰ تیغه‌های دستگاه شیار زنی را نشان می‌دهد.

شکل ۱۰. تیغه‌های دستگاه شیار زنی

روش تراش سرد، نصف هزینه روکش کردن بتن با آسفالت است، بسیار سریعتر است و نیاز به هزینه‌کرد قابل توجهی هم ندارد. تجربه در کالیفرنیا، که یکی از پیشگامان تکنیک برش و شیارزنی است، حاکی از آن است که پوشش‌های آسفالتی بر روی رویه‌های بتنی معمولاً ۸ تا ۱۲ سال عمر دارد و طول عمر یک سطح بتونی با استفاده از تراش الماس تا ۱۷ سال است و رویه می‌تواند تا سه مرتبه به روش تراش الماس تعمیر گشته بدون اینکه تاثیر منفی قابل توجهی بر سازه آن وارد آورد. مزایای دیگر این است که فرایند را می‌توان در ساعات غیراوج ترافیک با بستن خطوط در کوتاه مدت و بدون درگیرشدن در خطوط مجاور انجام داد Home, W. B., Safety & Mosher. G. 2016) Grooving, 2015). حدود ۱۳۵۰ کیلومتر از جاده های بتنی در کشور انگلستان مورد باز یافت (از طریق این روش) قرار گرفته است. با صرفه جویی در هزینه‌های بالقوه قابل توجه خود و مزایای بلند مدت عملکرد تراش و شیار زنی را نوید می‌دهد و احتمال استفاده از آن در پروژه‌های جدید بازسازی جاده ای با استقبال رو به رو شده است. این روش در ایالات متحده نیز با موفقیت انجام شده است و در زمانی که کاهش بودجه وجود داشته توانست مقاومت لغزشی مناسب را با نازلترین هزینه به جاده‌های بتنی باز گرداند W Herman, L. A., 2000, & ladyslaw (Gardziejczyk , 2016).

شیار زنی متعامد

با استفاده از تیغه برش الماس و شستشوی فشاری برای حذف مواد زاید می تواند مورد استفاده قرار گیرد. طرح ایجاد شده می تواند به تخلیه آب سطحی کمک کند (تاثیر کمی در مقاومت لغزشی دارد) و می‌تواند منجر به افزایش سر و صدای تایر / جاده شود (شکل ۱۱).

شیار زنی متعامد لازم نیست که یک فرآیند یکپارچه باشد، مناطقی از رویه که نقایص دیگر دارد باید اجتناب شوند. به طور معمول باید ۳۰۰ میلی‌متر از خطوط سفید و همچنین مفاصل فاصله گرفته شود. خطر ادامه شیار تا نزدیکی به مفاصل این است که زاویه‌ها ممکن است کمی متفاوت باشند و منجر به ایجاد "قاچ" شود که می‌تواند مستعد بدتر شدن وضعیت رویه گردد.

شکل ۱۱. شیار زنی متعامد

برش عرضی

برش‌زنی عرضی بافت درشت را بهبود می بخشد و صیقل زدگی رویه بتنی جاده را با برخورد مکانیکی حذف می‌کند. این روش شامل نوک‌های فولادی سخت شده است که در لبه‌های واشرهای فولادی قرار داده شده‌اند و در کنار هم به طور حرکت آزاد قرار گرفته‌اند و در حالی که به صورت هیدرولیکی بارگذاری می‌شوند، همانطور که دستگاه مقداری از سنگدانه را حذف می‌کند، عمق بافت سطح کاهش می‌یابد. شکل ۱۲ برش زنی عرضی سطح بتنی را نشان می‌دهد Rao (S.,1998).

شکل ۱۲. برش زنی عرضی سطح

سنگ زنی با برش طولی (مشخصات سطح زیر)

سنگ زنی با شیار طولی (مشخصات سطح زیر) شامل ایجاد شیارهای طولی با استفاده از تیغه اره الماسی انجام می‌شود. تیغه‌هایی که با فاصله کم نزدیک یکدیگر قرار گرفته‌اند شیارهای طولی را در عرض و عمق از پیش تعیین شده برش می‌دهند. سطح تعمیر سطوح منطقه با سطوح روسازی یکسان می‌باشد و تعمیر قابل تکرار است. تعمیر بر اساس این روش باعث می‌شود که بافت ریز و بافت درشت هر دو بهبود یابد، در نتیجه بهبود مقاومت لغزشی و افزایش عمق بافت شده و باعث کاهش سر و صدای تایر و جاده‌ها می‌گردد. این روش تعمیر باعث ایجاد آسیب به مفاصل و علائم جاده‌ها نمی‌شود. شکل ۱۳ برش زنی طولی سطح را نشان می‌دهد (Rao S.,1998).

شکل۱۳. برش زنی طولی سطح

در نظر گرفتن شرایط زیست محیطی و ایمنی

برخی از مواردی که باید هنگام اجرای عملیات باید مورد توجه قرار گیرد عبارتند از:

-برای جلوگیری از هر گونه آسیب هنگام کار بر روی رویه‌های ضعیف ویا جاهای که وصله کاری شده باید مراقب لازم به عمل آید. قبل از شروع کار، مرمت (وصله) کردن مناطق آسیب دیده احتمالی باید مورد توجه قرار گیرد و برنامه‌های احتمالی در صورتی را برای آسیبهای احتمالی در نظر گرفته شود (Soleymani .K. 1995).

-دفع مایعات و جامدات تولید شده، مایعات باید با یک روش زیست محیطی تصویب شده تصفیه شود. به طور کلی جامدات می‌توانند در چاله‌های زمین پر شوند اما پیش بینی می‌شود که شرایط قبل از آغاز کار بررسی شود.

-اعمال روش‌های مدیریت ترافیکی برای ایمنی کاربران جاده، عملیات و کارورها در سایت؛

-اعمال روش‌های مدیریت سر و صدا در صورت کار در شب در نزدیکی منازل شخصی؛

-هنگام کار در نزدیکی دستگاه، باید احتیاط در پوشیدن لباسهای محافظتی را در نظر گرفت زیرا سنگ‌های کوچک و شن و ماسه می‌تواند در طول کار به اطراف پرتاب شوند.

-موارد استفاده در برقراری مقاومت لغزشی مناسب و اجتناب از پدیده آبپیمایی در باند فرودگاه‌ها

باند فرودگاه مدرن باید بتواند هواپیما های توربوجت را با وزن و سرعت بالا فرود آورد. در طی یک دوره زمانی و بسته به نوع پوشش، مجموع و فرکانس ترافیک، اثرات لاستیکی که توسط لاستیک‌های هواپیما گذاشته می شود، به تدریج سبب می شود که بافت سنگدانه ها صاف و بافت ریز و درشت از بین برود. بدون این بافت تخلیه آب از باند فرودگاه انجام نگرفته و فیلم آب ایجاد شده بر روی سطح به پدیده آبپیمایی کمک می‌کند. صرف نظر از نوع روسازی باند، ویژگی‌های اصطکاک باند فرودگاه در طول زمان بسته به نوع و فرکانس فعالیت هواپیما و شرایط آب و هوایی تغییر می‌کند. علاوه بر سایش و استهلاک لاستیک‌های هواپیما، آلاینده‌ها می‌توانند سطوح روانکاری باند را جمع‌آوری کنند که خواص اصطکاک آنها را کاهش می‌دهد. آلاینده ها مانند رسوبات لاستیکی، ذرات گرد و غبار، سوخت جت، ریخته شدن نفت، آب، برف، یخ و سیل باعث کاهش اصطکاک در سطوح رویه باند می شود. حوادث ناگهانی ممکن است ناشی از انفجار هواپیما یا باند فرودگاه‌های آلوده باشد. بنابراین ضروری است که باند فرودگاه‌ها را به بالاترین استانداردهای احتمالی حفظ شود و اطمینان حاصل گردد که سطوح زهکشی و دستیابی مناسب، بخصوص در مناطق فرود همیشه برقرار است. شکل۱٤ اثرات لاستیک‌های هواپیما را نشان می‌دهد. شرکت‌های مختلف همچنان به توسعه تکنولوژی‌ها برای کاهش فاصله ترمز هواپیما کمر همت گمارده‌اند. در طی سال‌ها فن آوری‌ها و روش های مختلفی نظیر مکانیسم های جدید ترمز و روش های جلوگیری از برف، یخ، آب و آلاینده ها در باند را توسعه داده اند. همچنین با استفاده از مواد شیمیایی و یا فشار آب قوی (آب آشامیدنی ارزشمند)، از روش‌های دیگر استفاده شده است. به دلیل خشکسالی در کشور در دهه گذشته روش فشار آب قوی به دلیل استفاده زیاد از آب توصیه نمی‌گردد.

خلاصه‌ای از کاربرد روش‌های مختلف

در جدول ۲ موارد استفاده روشهای مختلف در راستای احیاء کردن مقاومت لغزشی ازدست رفته رویه‌های بتنی آورده شده است. در جدول ۳ خلاصه‌ای از عمر مفید، انتظارات و ملاحظات دیگر، از جمله سر و صدای تایر/جاده و مقاومت در برابر لغزش، آورده شده است. همچنین در این جدول مسائل مربوط به اجرا، منافع و معایب برای سطوح مختلف جاده، دوام و کیفیت مورد انتظار، نوع مناسب تعمیر مشاهده می‌گردد. در جدول ٤ خلاصه‌ای از کاربرد روش‌های مختلف احیاسازی مقاومت لغزشی رویه‌های بتنی قابل مشاهده می‌باشد.

شکل ۱٤. اثرات لاستیک هواپیما بر باند فرودگاه

جدول ۲. موارد استفاده روشهای مختلف در راستای احیاء کردن مقاومت لغزشی ازدست رفته رویه‌های بتنی

روش‌ها	تعمیر	موارد استفاده	
چکشی کردن شات بلاست شیار زنی (بهترین روش شناخته شده برای رویه‌های بتنی می‌باشد.)	بازسازی مقاومت لغزشی در سرعت بالا کاربرد در خصوص رویه‌های سالم، پابرجا با مناسب بودن خصوصیات مصالح روسازی	احیا کردن بافت ریز و درشت، اما امکان تغییر در سر و صدای تایر ترافیک وجود دارد.	انتخاب روش مناسب بر اساس خصوصیات رویه مورد نظر مشخص می‌شود. در هنگام عملیات در محل مفاصل احتیاط لازم باید صورت گیرد. در برخی موارد ممکن است بازسازی مفاصل نیز مورد نیاز باشد.

جدول ۳ خلاصه‌ای از عمر مفید، انتظارات و ملاحظات دیگر، از جمله سر و صدای تایر/جاده و مقاومت در برابر لغزش

روش‌های تعمیرات سطوح		مسائل مربوط به اجرا	منافع و مضرات سطوح جاده	دوام مورد انتظار	خروج برای تعمیر نیاز است
احیا کردن نمایه سازی سطح	چکشی کردن	این فرایندها می‌توانند در هنگام اجرا و جارو کردن پر سر و صدا باشد. ملاحظات لازم برای کاهش صر وصدا برای ساکنان محلی مهیا گردد.	تغییرات اندک در سطح از نظر سر و صدای سطحی در مقایسه با سطوح قبل از تعمیر.	۲-۳ سال	بله
	غلطک زنی		سطوح حاصل شده احتمالا کمی پر سر و صدا تر از قبل از تعمیر است.	۲-۳ سال	بله
	تراش نرم (کم عمق)		تغییرات اندک در سطح از نظر سر و صدای سطحی در مقایسه با سطوح قبل از تعمیر.	۲-۵سال	بله
	شات بلاست	تولید گرد و غبار می‌تواند قابل توجه باشد و بنابراین باید کنترل شود.	تغییرات کوچکی در سطح از نظر سر و صدای سطحی در مقایسه با سطوح قبل از تعمیر.	۲-۳ سال	بله
	تراش (عمیق)	این فرایندها می‌توانند در هنگام اجرا و جارو کردن پر سر و صدا باشد. ملاحظات لازم برای کاهش صر وصدا برای ساکنان محلی مهیا گردد.	سطح حاصل ممکن است پر سر و صدا از قبل باشد و می‌تواند تغییر قابل ملاحظه‌ای در شکل سر و صدا ایجاد کند.	تجربه متقنی وجود ندارد	بله
	سنگ زنی با شیار طولی	این فرایندها می توانند در هنگام اجرا و جارو کردن پر سر و صدا باشد. ملاحظات لازم برای کاهش صر وصدا برای ساکنان محلی مهیا گردد و آلودگی ها باید به نحو مناسب دفن و یا بازیافت شوند.	تولید سر و صدای سطح بسیار کم است که دارای کیفیت سواری صاف و راحت، در خصوص مفاصل و خرابی‌های اسلب اثر گذار نیست.	۲-۵ سال	بله
		سیستم‌های حفاظت سطح			تجربه متقنی وجود ندارد.

جدول ٤ خلاصه‌ای از کاربرد روشهای مختلف احیاسازی مقاومت لغزشی رویه‌های بتنی

نوع رویه	کیفیت رویه	نوع تعمیر مورد نیاز	مناسب بودن روش		
			آب فشار قوی	شات بلاست	چکشی کردن
رویه بتنی	صیقلی شدن سنگدانه‌ها	برقراری بافت ریز	مناسب نیست	بسیار مناسب	مناسب
رویه بتنی	از دست رفتن زبری سطح	بر قراری بافت درشت	مناسب نیست	برای مناطق با سرعت کم مناسب است	شیار زدن بهترین روش برای مناطق با سرعت زیاد است.
باند فرودگاه	اثرات لاستیک‌های هواپیما در باند فرودگاه	بر قراری بافت درشت و ریز	مناسب	بسیار مناسب	مناسب نیست

۵- نتیجه‌گیری

رویه‌های بتنی مانند رویه‌های آسفالتی بر اثر جریان ترافیک در طول عمر سرویس‌دهی خود مقاومت لغزشی خود را از دست می‌دهند. روشهای احیاء کردن روسازی‌های بتنی در جاده‌های با حجم ترافیک بالا و سنگین، تونل‌ها و پل‌ها و یا در بارگذاری‌های سریع و مقطعی، مانند فرودگاه‌ها، پارکینگ‌ها، گاراژها، کف کارخانجات و ... می‌تواند به طور موفقیت آمیز اجرا گردد. موارد استفاده روش‌هایی مانند شات بلاست و حتی آب فشار قوی در خصوص برطرف کردن آلاینده‌ها مانند رسوبات لاستیکی، ذرات گرد و غبار، سوخت جت، ریخته شدن نفت، آب، برف، یخ و سیل باعث کاهش اصطکاک در سطوح رویه باند فرودگاه‌ها می‌شود بسیار مناسب می‌باشد. اما به دلیل خشکسالی در کشور در دهه گذشته استفاده از روش فشار آب قوی توصیه نمی‌گردد. مطالب ذیل مواردی هستند که به عنوان نتیجه گیری این تحقیق می‌توانند مورد توجه قرار گیرند.

–این روش‌ها می‌توانند به عنوان یک ابزار بازسازی کوتاه تا میانه مدت برای تعمیر مناطق با ریسک بالا بکار گرفته شوند.

–روش‌های احیا کننده مقاومت لغزشی نمی‌تواند مشکلات اساسی در ساختار جاده را برطرف نماید و در این شرایط باید آن را به عنوان یک ابزار جهت تعمیر موقت در نظر گرفته شود تا یک راه حل دائمی برنامه‌ریزی گردد.

– استفاده از مناسب‌ترین روش در هر موقعیتی، بستگی به ماهیت سطح موجود و ترک‌ها و شکستگی‌ها ی سطح جاده داردکه باید قبل از عملیات بازسازی مقاومت لغزشی برطرف شوند.

–انتخاب روش همیشه باید بر اساس ماهیت اقلیمی خاص خود انجام شود. اکثر روش ها را می توان در هر زمانی از سال و در شرایط آب و هوایی سخت انجام داد.

–هنگام برنامه‌ریزی برای بازگرداندن ویژگی های سطحی مقاومت لغزشی، اطمینان حاصل گردد که سطح موجود در واقع می تواند تحت تعمیر قرار گیرد و سطح مقاومت لغزشی مورد نیاز را برای مدت زمان مورد نظر تعمین نماید، و احتمال اینکه فرآیند روش مناسب انتخاب شده دوباره در همان محل و در همان سطح انجام شود و جود دارد.

–مناسب بودن روشهای همراه با نوع و شرایط سطح جاده موجود ارزیابی گردد و نیاز به بهبود، بافت ریز، درشت ویا هر دو مشخص گردد.

–مقاطعی که مورد بازسازی مقاومت لغزشی قرار می گیرد باید با مقاومت لغزشی سطوح اطراف آن یکسان باشد.

–مناسب بودن و اثربخشی ترمیم مجدد به شرایط جاده پیش از تعمیر بستگی دارد.

–هنگام عملیات در محل مفاصل احتیاط لازم باید صورت گیرد. در برخی موارد ممکن است بازسازی مفاصل نیز مورد نیاز باشد.

–نتیجه تعمیر انجام گرفته تنها می‌تواند به اندازه کیفیت سطح تعمیر شده قابل انتظار باشد.

–بکار گیری این روشها فقط بهبود در بافت ریز و درشت و یا هر دو را شامل می‌شود، و نه بهبود شرایط کلی روسازی. جایی که روسازی موجود، قادر به ارائه مقاومت لغزشی مناسب در قطعه روسازی نمی‌باشد، بازسازی مقاومت لغزشی به طور موقت است.

–روشهای تهاجمی که تعمیرهایی که روی سطح ضربه وارد می‌آورند نیز باید به خوبی کنترل شوند – فشار فوق العاده قوی می‌تواند سنگدانه‌های روسازی را از بین ببرد.

–مصالح مختلف در مقابل روش بکار گرفته شده رفتار متفاوتی دارند و می‌توان چنین نتیجه گرفت که نوع روش در بعضی از طرح اختلاتها نتیجه بهتری نسبت به اعمال روشهای دیگر دارد.

–کلیه فرآیندها/تکنیک‌های تعمیر و نگهداری بزرگراه‌ها کاملاً وابسته به نیروی متخصص، کیفیت تعمیر و نگهداری موثر و شرایط کارگاه و تجهیزات همراه با آموزش، دانش و مهارت‌های مرتبط کارکنان می باشد.

–کارفرما باید قبل و بعد از تعمیر رویه ها، آنها را بررسی کرده و با آزمایش‌های مناسب مقاومت لغزشی را اندازه‌گیری نموده تا اطمینان حاصل نماید که نتایج مورد نظر به دست آمده است.

–ملاحظات و موارد ایمنی برای کلیه کاربران در طول عملیات باید در نظر گرفته شود.

٦- مراجع

–حسنی، الف.، (۱۳۸۸)، "دستورالعمل طرح، اجرا و نگهداری روسازی بتنی"، معاونت آموزش، تحقیقات و فنآوری-پژوهشکده حمل و نقل.

-Ackerman, J. D., Cottrell, C. M., Ethier, C. R., Allen, D. G., & Spelt, J. K. (1995), “A wall jet to measure the attachment strength of zebra mussels”. Can. J. Fish. Aquat. Sci., pp.126-135.

-American Concrete Pavement Association (2017), “Diamond Grinding Shines in California and Missouri (Report)”. ACPA. 7.01. pp. 1–4.

-Crisman, B.; Roberti, R. (2012), “Tire wet-pavement traction management for safer roads, Social and Behavioral Sciences 53”.

-“Design Manual For Roads And Bridges Volume 7 Pavement Design And Maintenance Section 5 Surfacing and Surfacing Materials Part 3 Hd 38/97 Concrete Surfacing And Materials Amendment No. 1”, (1999).

-Frictio, (2017), “A Guide to Road Retexturing, Benefits and applications of retexturing roadways and pavement.

-Gransberg D.D. (2009), “Life Cycle Cost Analysis of Surface Retexturing with Shotblasting as an Asphalt Pavement Preservation Tool”. In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2108, Transportation Research Board of the NationalAcademies, Washington, D.C., pp. 46–52.

-Herman, L. A., Ambroziak, M. J., and Pinckney, E., (2000), “Investigation of Tire-Road Noise Levels for Ohio Pavement Types”. In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1702, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 57–62.

-Home, W. B., Safety Grooving, (2015), “Hydroplaning and Friction. Technical report prepared for the International Grooving and Grinding Association”. New York, NY, International Grinding and Grooving Association.

-KLARUW, Cmpany Manual, (2017), “Systems Maintenance Options Retexturing Methods Practical Applications Considerations” United Kingdum.

-Mosher. G. (2016), “Results From Studies Of Highway Grooving And Texturing by Several State Highway Departments”, Clipper Manufacturing Company.

-NCHRP Web Document 53 (Project 6-14), (2002), “Contractor’s Final Report Feasibility of Using Friction Indicators to Improve Winter Maintenance Operations and Mobility”.

-Nehme, Jean (2017), "About Long-Term Pavement Performance". Federal Highway Administration. Retrieved.

-Rao S., Yu H.T., Darter M.I., (1999), “The Longevity and Performance of Diamond-Ground Pavements”, Research & Development Bulletin RD118, PCA.

-Roe, P.G. S.A. Hartshorne Doc, (1998), “Mechanical Re-texturing of Roads: An Experiment to Assess Durability (TRL 299) (TRL Report)”, ePub eBook.

-Soleymani Kermani, M.R. (1995), “Mechanical Re-Texturing of Road Surface Aggregates, Ph.D. Thesis in the Queen Mary and Westfield College, University of London.

-Wladyslaw Gardziejczyk &Pawel Gierasimiuk, (2016), “Influence of texturing method on tyre/road noise of cement concrete pavement”, International Journal of Pavement Engineering Journal, Published online.

-Wilson, D.J. and Dunn, R. (2005), “Analyzing Road Pavement Skid Resistance”. ITE Annual Meeting and Exhibit Compendium of Technical Papers, Melbourne, pp.16-17.