

بررسی روش‌های مختلف احیا کردن مقاومت لغزشی سطوح صیقل یافته آسفالتی 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: ۹۷/۰۳/۰۸ - پذیرش: ۹۷/۰۸/۰۵

صفحه ۷۶-۵۹

چکیده

احیا کردن بافت از دست رفته روسازی جاده‌ها یکی از انواع راهکارهای مهم نگهداری بزرگراه‌های پر ترافیک است. حتی با پیشرفته‌ترین مصالح ساختمانی و فناوری‌های امروزه، بزرگراه‌های شلوغ در نهایت به دلیل ترافیک بیش از حد و اثرات آب و هوایی مقاومت لغزشی خود را از دست می‌دهند. باران، برف و یخ، همراه با حجم زیاد تردد وسایل نقلیه، می‌تواند سطح جاده‌ها را از بین ببرد و یا صیقلی نماید. از دست رفتن اصطکاک به معنی عدم توقف خودرو در فاصله ایمن است و هنگامی که فاصله توقف افزایش یابد موقعیت خطرناک به وجود می‌آید و منجر به تصادف می‌گردد. نقاطی در جاده‌ها، میادین و... وجود دارند که به دلایل صیقلی شدن نیاز به احیا کردن مقاومت لغزشی دارند. جاده‌ها بی‌کی برای بازگرداندن ویژگی‌های لغزشی آسفالت‌های احیا کردن اجرا شود به نوبه خود از سطح بالا تر ایمنی برخوردار می‌گردند. در حال حاضر با استفاده از تکنیک‌های چندگانه، می‌توان دوباره از سطح موجود استفاده نمود که بسیار هم مقرون به صرفه است و نیاز به اجرای روسازی جدید نمی‌باشد. در این مقاله روش‌های مختلف احیا کردن مقاومت لغزشی سطوح آسفالتی صیقل یافته پرداخته شده و جایگاه استفاده از هر روش تعیین شده است.

واژه‌های کلیدی: مقاومت لغزشی، احیا کردن، ضریب اصطکاک، صیقلی شدن

۱- مقدمه

حفظ روسازی از آسیب و خسارت بیشتر است. شایان ذکر است که عملیات احیا کردن مقاومت لغزشی از دست رفته رویه‌های آسفالتی هنگامی صورت می‌گیرد که جاده از نظر سازه‌ای هیچگونه مشکلی ندارد و لایه روسازی آن عاری از هر گونه خرابی بوده و فقط کمبود مقاومت لغزشی آن گزارش شده است (Henry, J. 2000). به طور کلی عملیات تعمیر و ترمیم خرابی‌های رویه‌های آسفالتی به سه نوع، نگهداری پیشگیرانه، اصلاحی و اضطراری تقسیم می‌شوند. انتخاب روش‌های ترمیم خرابی‌های رویه‌های آسفالتی باید مبتنی بر

روسازی راه‌ها بطور دائم در معرض انواع گوناگونی از تنش‌های ناشی از عواملی مانند بار ترافیکی، تغییر دما و میزان رطوبت، و تغییر شکل لایه‌های زیرین و بستر قرار دارند. این تنش‌ها منجر به پیدایش نقایص و خرابی‌هایی در روسازی می‌شوند. ترک‌ها، چاله‌ها، تغییر شکل‌ها و دیگر انواع خرابی‌ها، آخرین نتیجه و پیامد فرسوده شدن روسازی است. به دلیل بروز خرابی‌ها و نقایص ایجاد شده، روسازی‌ها مستلزم اجرای نوعی از تعمیر و نگهداری هستند. هدف از نگهداری روسازی، اصلاح نقایص ایجاد شده توسط خرابی‌ها و

- در دسترس بودن تجهیزات و نیروی مجرب
- وجود مصالح با کیفیت
- ایمنی کارگران و سایر کاربران

۳- احیاء کردن مقاومت لغزشی در رویه‌های آسفالتی

مقاومت لغزشی یکی از جنبه‌های مهم حفاظت رویه‌ها است که دست اندرکاران را قادر می‌سازد تا در گرفتن تصمیم‌های مدیریتی موثر اقدام نمایند. در حال حاضر، روشهای متعددی در سراسر جهان به عنوان بخشی از برنامه‌های نگهداری پیشگیرانه به منظور بازگرداندن و مقابله با کمبود مقاومت لغزشی در خصوص سطوح آسفالتی وجود دارد. کاربرد این روشها در مکانها و موقعیتهای مختلف از نظر شرایط اقلیمی، آب و هوایی، ترافیکی و نوع رویه آسفالتی متفاوت است که در این مقاله به جزئیات آنها پرداخته می‌شود. شایان ذکر است که مشکل صیقلی شدن رویه‌ها متفاوت بوده و این مشکل در رویه‌های آسفالتی ناشی از قیرزدگی و یا در اثر دست رفتن بافت ریز و درشت سنگدانه بر اثر حرکت ترافیک شرایط اقلیمی و ... در طول زمان می‌باشد. (Soleymani K, M.R.1995)

مواردی که اجرای روشهای احیاء کننده رویه‌های صیقل یافته می‌تواند در آنها موثر باشد عبارتند از:

الف - صیقلی شدن مصالح روسازی‌های آسفالتی

مشکل صیقلی شدن سطح جاده‌ها یک مشکل جهانی است اگر چه بهترین مصالح و مواد در ساخت آنها استفاده شود ولی بتدریج سطوح زبری خود را از دست داده و صیقلی خواهند شد. از دست رفتن مقاومت لغزشی باعث خطرناک شدن جاده شده که این مسئله در پیچهای تند و در مکانهایی که ترمز و شتاب بیشتری احتیاج است احساس می‌گردد (شکل ۱). این مسئله حتی در جادهایی که با مصالح کیفیت بالا بکار رفته نیز رخ می‌دهد نه تنها وسایل موتوری و اتومبیل‌ها بلکه وسایل نقلیه سنگین نیز در معرض خطر سر خوردن (سطح خیس) قرار خواهند گرفت. روشهای مختلف احیاء کردن مقاومت لغزشی در شرایطی که مشکل فقط صیقلی شدن سنگدانه‌ها مطرح است بسیار کارساز می‌باشد ERES (Consultants, Inc., 1993).

استفاده از یک روش مهندسی باشد. بنابراین لازم است که از سیستم مدیریت نگهداری روسازی، به منظور بهینه سازی استراتژی‌های نگهداری روسازی در وضعیت خدمت‌دهی کیفی و مناسب استفاده شود. پس از اینکه نیاز به ترمیم بخشی از روسازی مشخص شد، بلافاصله اقدام به ترمیم آن اهتمام گردد. راهکار اصولی برای نحوه ترمیم صحیح هر نوع خرابی آن است که علت (علل) بروز خرابی مشخص و شناخته شود. تعیین علت خرابی به انجام روش ترمیمی مناسب کمک نموده و از به وجود آمدن مجدد خرابی جلوگیری کرده و یا حداقل موجب تاخیر آن شود. این امر به ویژه زمانی که خرابی موجب بروز خطراتی در رانندگی شود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. چنانچه علت خرابی کافی نبودن قدرت باربری روسازی باشد، لکه‌گیری روسازی یک راه حل اصولی نبوده و در این گونه موارد باید بعد از لکه‌گیری و اصلاح ناحیه خراب شده با روکش کردن ظرفیت باربری روسازی افزایش داده شود. از طرف دیگر اگر علت خرابی روسازی وجود قسمت‌های ضعیف موضعی باشد، در این صورت باید این قسمت‌ها اصلاح شوند و معمولاً احتیاجی به تقویت تمام روسازی نیست. (Henry, J. 2000)

(Soleymani K, M.R.1995)

۲- عوامل موثر در انتخاب روش ترمیم

خرابی‌های رویه‌های آسفالتی

با توجه به موارد فوق، انتخاب روش‌های ترمیم خرابی‌های رویه‌های آسفالتی مورد استفاده برای ترمیم خرابی‌ها باید بر اساس عوامل زیر انتخاب شود (Wilson, D.J. 2005).

(Crisman, B.; Roberti, R. 2012)

- 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
- زمانی مناسب از سال جهت انجام عملیات ترمیم



شکل ۱. مصالح سنگی صیقل یافته در اثر جریان ترافیک در طول زمان

ب- قیرزدگی در رویه‌های آسفالتی

قیرزدگی به بالا آمدن و خارج شدن قسمتی از قیر مصرفی در رویه آسفالتی که در اثر حرکت خودروها صورت می‌گیرد، اطلاق می‌شود. قیرزدگی توسط چرخ‌های وسیله نقلیه به صورت لایه نازکی در سطح راه پخش شده و سبب صیقلی شدن آن می‌شود. علت اصلی قیرزدگی که همواره در هوای گرم و تحت اثر وسایل نقلیه سنگین به وجود می‌آید وجود مقدار بیش از حد قیر در مخلوط آسفالتی است. روزدن قیر در مخلوط‌هایی که دارای مقدار فضای خالی کمتری از حد لازم هستند نیز بوجود می‌آید (Walker, D. 2018). قیر زدگی باعث کاهش اصطکاک بین سطح راه و چرخ‌های وسایل نقلیه شده و بخصوص در مواقع بارندگی ممکن است منجر به تصادفات شود. در فصل تابستان قیر روزه به علت بالا بودن درجه هوا به صورت شل و خمیری درآمده و تحت اثر حرکت وسایل نقلیه در سطح راه فیتیله می‌شود. روزدن قیر معمولاً با خرابی‌های دیگر از جمله موج و شیار شدگی مسیر چرخ‌ها که علل مشابه‌ای دارند همراه است (Walker, D. 2018).

پ- شیار شدگی رویه‌های آسفالتی

شیار شدگی یک اصطلاح برای زمانی است که تغییر شکل دائمی یا تثبیت در سطح آسفالت در طول زمان تجمع می‌یابد؛ به طور معمول مسیر چرخ تخلیه شده و این تجمع در اطراف جای چرخ رخ می‌دهد (شکل ۳). این فرآیند در جاده‌های آسفالتی انعطاف پذیر صورت گرفته و این امر می‌تواند در ماه‌های تابستان تشدید گردد. شیار شدگی به این دلیل اتفاق می‌افتد که سنگدانه و بیندر در جاده‌های آسفالتی قادر به حرکت شود. با این حال، حرکت وسایل نقلیه در جاده‌ها دلیل بر شیارشدگی نیست. شیار شدگی می‌تواند ناشی از عدم تراکم، ضخامت لایه کافی و آسفالت‌های ضعیف باشد (Walker, D. 2018). لازم است طرح اختلاط و اجرای رویه‌های آسفالتی به نحوی باشد تا مانع از شیارشدگی و سایر کمبودها گردد. شیارشدگی می‌تواند با غلتک زدن آسفالت (تراکم)، ضخامت اساس و زیر اساس یا محتوای سنگدانه در خصوص آسفالت مخلوط گرم (HMA) برطرف گردد. شیارشدگی زمانی رخ می‌دهد که ضخامت اساس بطور مناسب نیست یا به گونه‌ای نرم باشد که بتواند باعث تو رفتگی مواد شود. داشتن زیر اساس محکمتر، کلید کاهش احتمال وقوع شیار شدگی است (Walker, D. 2018). از طریق انجام صحیح این مشخصات، می‌توان تضمین کرد که کاربران می‌توانند از یک جاده مناسب برخوردار گردند.



شکل ۲. قیرزدگی در رویه‌های آسفالتی



شکل ۳. شیار شدگی رویه‌های آسفالتی

نگهداری پیشگیرانه، ترمیم خرابی‌های زودرس روسازی، کند نمودن و به تاخیر انداختن خرابی‌های روسازی و کاهش نیاز به تعمیر و نگهداری اصلاحی است. فعالیت‌های نگهداری پیشگیرانه شامل درزگیری، آسفالت‌های حفاظتی و در بعضی موارد روکش نازک آسفالت گرم می‌شود. تعمیر و نگهداری پیشگیرانه به معنی انجام ترمیمی درست و مناسب بر روی راه و در زمانی مناسب است. ترمیم‌های پیشگیرانه بر روی

۳- روشهای نگهداری راه‌ها و موارد استفاده

راهکارهای بازسازی مقاومت لغزشی

۱-۳- نگهداری پیشگیرانه

روش‌هایی است که به منظور حفظ روسازی و کاهش نرخ خرابی کیفیت روسازی، اجرا می‌شوند. هدف از تعمیر و

تری اجرا شود، اشاره می‌کند. یک برنامه جامع و فراگیر جهت تعمیر و نگهداری روسازی، نیازمند تمامی انواع روشهای تعمیر و نگهداری است. احیاسازی مقاومت لغزشی می‌تواند به عنوان نگهداری اضطراری مورد استفاده قرار گیرد.)

(Nehme, J. 2017)

۴- بررسی مهمترین و متداول ترین روش‌های

موجود جهت احیاء کردن مقاومت لغزشی رویه‌ها

مقدار مناسب مقاومت لغزشی سطح جاده برای مسافرت ایمن بسیار حائز اهمیت است. جهت احیاء سریع سطح یک راه، روشهای کارآمد و مقرون به صرفه مکانیکی احیاء مقاومت لغزشی برای نگهداری سطوح موجود می‌باشد. (Soleymani K, Frictio, 2017. & M.R.1995 & P.G.1988, (Roe

روشهای باز سازی سریع مقاومت لغزشی عبارتند از:

- چکشی کردن
- شات بلاست
- فشار قوی آب
- کربنیزاسیون

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

۴-۱- چکشی کردن

فرایند چکشی کردن شامل تعدادی از چکش‌های کاملاً مستقل کنترل شده است که با ضربه زدن بر سطح روسازی به صورت مکانیکی مقاومت لغزشی را به سطح باز می‌گرداند با بکارگیری این روش مقاومت لغزشی بهبود می‌یابد و بافت ریز را با استفاده از پروفیل جدید مجدداً بازسازی می‌کند تا زوایای تیز اولیه سنگدانه‌ها بازیافت گردد. بافت درشت نیز با استفاده از این روش بهبود می‌یابد (Soleymani K, M.R.1995

Frictio, 2017,

روسازی‌هایی که از نظر سازه‌ای سالم هستند، کاربرد دارند. احیاء 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 یا آن را بهبود می‌بخشد، اطلاق می‌شود. تعمیر و نگهداری اصلاحی از نظر هزینه و زمان بندی اجرا با تعمیر و نگهداری 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 روسازی نیازمند ترمیم بوده و در نتیجه هزینه بیشتری را صرف می‌کند. تعمیر و نگهداری اصلاحی، واکنشی است که به منظور اصلاح روسازی یا محدوده خرابی انجام می‌شود. فعالیت‌های تعمیر و نگهداری اصلاحی شامل روکش‌های سازه‌ای، تراش و روکش، ترمیم چاله‌ها، لکه گیری و تعمیر ترک‌ها می‌شود.

لکه‌گیری به عنوان یکی از روش‌های نگهداری، فرایندی است که در آن، محدوده‌ای از آسفالت که دارای خرابی زیادی است، برداشته شده و جایگزین می‌شود و یا مصالح دیگری افزوده می‌شود تا محدوده تخریب شده را پوشش دهد. لکه‌گیری معمولاً به منظور آماده سازی برای انجام بهتر دیگر روش‌های تعمیر و نگهداری اصلاحی، حفاظت رویه، یا عملیات پیش ترمیم قبل از اجرای یک روکش انجام می‌شود. لکه‌گیری، سطح رویه را به شکلی احیا می‌کند که امکان بکارگیری موفقیت‌آمیز سایر ترمیم‌های حفاظتی میسر شود. لکه‌گیری عمیق روسازی، روشی برای اصلاح دائمی خرابی‌هایی است که معمولاً خرابی با شدت زیاد هستند. احیاسازی مقاومت لغزشی می‌تواند به عنوان نگهداری اصلاحی مورد استفاده قرار گیرد (Nehme, J. 2017).

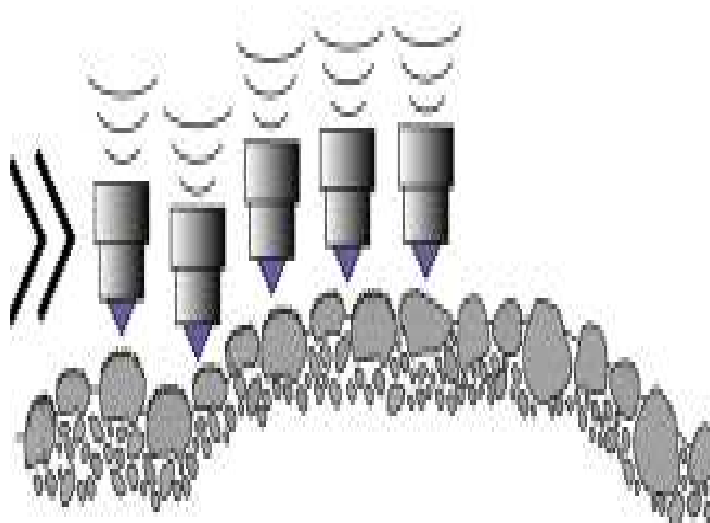
۳-۳- نگهداری اضطراری

به فعالیت‌هایی که طی یک وضعیت اضطراری، مانند تورم روسازی، یا چاله‌ای که نیاز به ترمیم سریع دارد و یا ترمیم‌های موقتی که به منظور حفظ رویه تا زمانی که ترمیم‌های با دوام

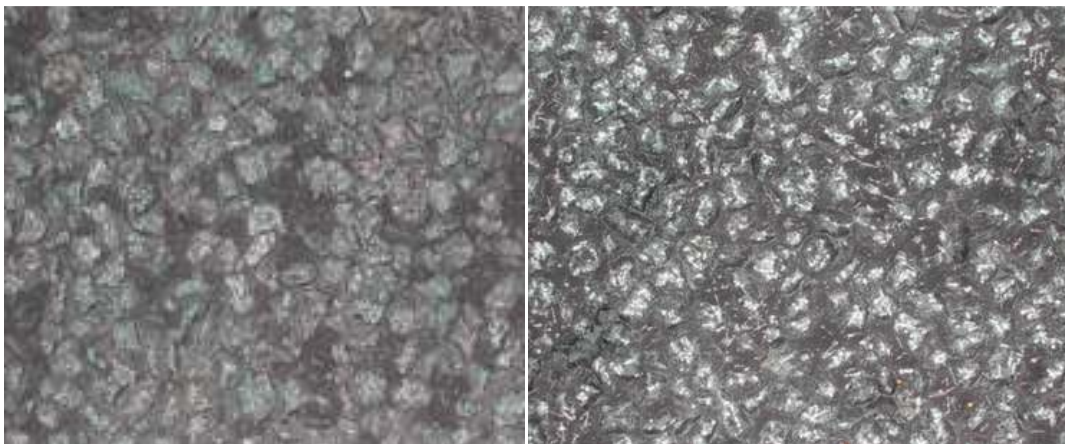
۴-۲- فرایند روش چکشی کردن

نوک‌های تیز شده چکشها مواد ناخواسته بین دانه‌ها را از بین می‌برند به طوری که بافت درشت به حالت اولیه خود بازگردانده شده و مقاومت لغزشی مناسب دوباره برقرار می‌گردد. بافت‌ریز با توجه به سختی سنگ‌هایی که در مخلوط آسفالت استفاده می‌شوند، می‌توانند با استفاده از این روش تاثیر بسیار مثبتی داشته باشند. این فرایند باید طوری انجام شود که سنگدانه‌ها را در محل خود نگه دارد و سطح رویه کاملاً حفظ شود، مقاومت

لغزشی بازسازی گشته و جاده برای مسافران و عابران پیاده امن‌تر گردد. سطح تعمیر شده و مقاومت لغزشی ایجاد شده باید طورزی باشد که همچنان با مقاومت لغزشی سطوح اطراف خود یکسان باقی بماند و این تعمیر می‌تواند قابل تکرار باشد. از آنجاییکه این روش یک روش تهاجمی می‌باشد در نتیجه باید دستگاه را طوری تنظیم کرد که عملیات منجر به متلاشی شدن سنگدانه نگردد (KLARUW, 2017).



شکل ۴. ماشین احیاسازی رویه صیقل یافته به روش چکشی کردن



شکل ۵. مقایسه بین رویه قبل و بعد از چکشی کردن

- اعمال روش‌های مدیریت سر و صدایی 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.
- مراقبت لازم هنگام کار در هوای گرم، بر روی سطوح آسفالت تازه ریخته شده برای جلوگیری از چسبندگی قیر در لاستیک کامیون، که می‌تواند مشکلات بیشتری در محل ایجاد کند نیاز است. این روش نباید در مواردی مانند چپ سیل و یا سیل استفاده شود زیرا که فقط یک لایه نازک از قیر وجود دارد و چکشی کردن می‌تواند بیش از حد سنگدانه را از بین ببرد و لایه را در معرض خطر قرار دهد.

۴-۴- مزایا و معایب

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، این روش نیازمند تیم بزرگی است

این روش تعمیر باعث آسیب به مفاصل/تعمیرات و حلقه‌های ترافیکی کار گذاشته شده نمی‌شود. علائم، مبلمان جاده‌ای و آهن کاری نیاز به برداشته شدن ندارد و در صورت لزوم می‌تواند از آن اجتناب شود.

۴-۳- در نظر گرفتن شرایط زیست محیطی و ایمنی

- برخی از مواردی که باید هنگام اجرای عملیات چکشی کردن مورد توجه قرار گیرد عبارتند از:
- برای جلوگیری از هر گونه آسیب هنگام کار بر روی رویه‌های ضعیف و یا جاهای که وصله‌کاری 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 آسیبه‌ها در نظر گرفته شود (Soleymani K, M.R.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؛

می‌گردد. از این روش می‌توان در مورد روزدگی قیر به طور موفقیت آمیز استفاده کرد. بازیافت مقاومت لغزشی با فشار بالای آب روش بسیار مقرون به صرفه‌ای است (Technical Note TN 062, 2002).

و در محیط مرطوب قابل اجرا نیست (Manual For Roads And Bridges Volume 1999).

۵- روش احیا کردن از طریق فشار قوی آب

این فرآیند شامل کنترل جریان آب از طریق یک سری افشانه با فشار بالا یا فوق العاده بالا بر روی سطح جاده است. این روش شامل بازسازی مکانیکی سطح به منظور بازتعریف سطوح جدیدی نیست و در نتیجه، مقاومت لغزشی از دست رفته سنگدانه را بر نمی‌گرداند.

۵-۱- فرایند بازیافت مقاومت لغزشی از طریق روش فشار قوی آب

تجهیزات تولید شده در بسیاری از کشورها با هم تفاوت‌هایی دارند ولی همه آنها یک کار را انجام می‌دهند و آن بهسازی مقاومت لغزشی رویه‌های اسفالتی با ضریب اصطکاک پایین است. معمولاً در این روش تجهیزات بر روی یک کامیون نصب شده است و آب با فشار بالا را با یک جت پر قدرت از طریق یک سری از روتورها به سطح جاده می‌پاشد. سپس آب و هر گونه قیر اضافی در سطح جاده بلافاصله پس از عمل با یک مکنده از صحنه حذف می‌شوند. (Waters J C, 2008)

این تکنیک به طور کامل سطوح را پاکسازی می‌کند و آلاینده‌های سطحی، قیرزدگی و لاستیک را از سطح حذف می‌کند و از نتیجه آن بافت ریز سنگدانه را آشکار می‌سازد که باعث بالا رفتن مقاومت لغزشی می‌گردد. روش احیا کردن سطح رویه از طریق اعمال فشار بالای آب جهت ارتقاء مقاومت لغزشی از دست رفته بافت سطحی به عنوان یک روش ترمیمی احیاءکننده سطوح انعطاف پذیر و ثلب معرفی



شکل ۵. ماشین احیا سازی رویه صیقل یافته به روش از طریق روش فشار قوی آب

می‌تواند در دماهای خنک تر باشد و می‌توان آن را هنگامی که سطح جاده مرطوب است (بدون خیس بودن و یا آب آزاد در سطح) اجرا نمود. دلیلش این است که مواد چسبنده قیر در دماهای سردتر سخت‌تر و شکننده‌تر شده و آسانتر حذف می‌گردند و اجرای این روش در این شرایط موثرتر خواهد بود (Technical Note TN 062, 2002).

۵-۲- ماشین آلات مورد استفاده

برخی از ویژگی‌های ماشین آلات عبارتند از:

- ماشین مخصوص دارای ۳ الی ۴ محور است و حجم کل بار آن حدود ۲۲ تن می‌باشد.

این فرآیند دارای ویژگی قابل توجهی در بهبود بخشیدن به سطوح قیرزده دارد. کیفیت بافت سطحی پس از بازیابی بستگی به بافت ریز سطح موجود دارد. سنگدانه‌های درشت‌تر توسط این فرایند بهتر عمل می‌کنند تا سطوح دارای سنگ دانه‌های کوچکتر. به همین ترتیب، در مکانهایی که از سنگریزه استفاده شده، باعث می‌شود بافت دارای زبری کمتری ایجاد کند تا مواردی که بدون هیچ شن و سنگریزه باشد، به دلیل اینکه سنگریزه‌ها بین دانه‌های درشت جمع می‌شوند و از تشکیل بافت درشت جلوگیری می‌نمایند. بهترین زمان برای اجرای روش احیاء مقاومت لغزشی با استفاده از آب با فشار بالا

این روش زمینه را برای بازگرداندن مقاومت لغزشی سطح با روشهای دیگر از قبیل لایه نازک اسپری سیل را فراهم می کند (Ackerman, J. D 1995). شکل ۶ ارتفاع عدد آونگی پس از عملیات باز سازی مقاومت لغزشی از طریق روش آب فشار قوی را نشان می دهد.

۵-۵-۰ در نظر گرفتن شرایط زیست محیطی و ایمنی

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

- برای جلوگیری از هر گونه آسیب هنگام کار بر روی رویه های ضعیف و یا 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 برنامه های احتمالی در صورتی را برای آسیب های احتمالی در نظر گرفته شود.

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

- اعمال روش های مدیریت ترافیکی برای ایمنی کاربران جاده، و کارها و کارورها در سایت؛

- اعمال روش های مدیریت سر و صدایی 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 سنگ های کوچک و شن و ماسه می تواند در طول کار به اطراف پرتاب شوند.

- مراقبت لازم هنگام کار در هوای گرم، بر روی سطوح تازه ریخته شده برای جلوگیری از چسبندگی قیر در لاستیک کامیون، که می تواند مشکلات بیشتری در محل ایجاد کند نیاز است.

- این روش نباید در مواردی مانند چپ سیل و یا سیل استفاده شود زیرا که فقط یک لایه نازک از قیر وجود دارد و آب با فشار بالا می تواند بیش از حد قیر را از بین ببرد و لایه را در معرض خطر قرار می دهد. استفاده از این روش بهتر است

- ماشین ها معمولا دارای سه سر جداگانه چرخشی تقریبا ۷۰۰ میلیمتر قطر دارند که عرض حدود ۲ متر را می توانند احیا کنند.

- ماشین ها حدود ۴۵۰۰ لیتر آب پاک استفاده می کنند و قادرند کل مواد جامد حذف شده به همراه دیگر ضایعات را از سطح جاده به عنوان بخشی از عملیات با یک حرکت رفت و برگشت با استفاده از سرهای قوی مکش کننده از محیط پاک سازی نمایند. ماشین ها دارای سیستم کنترل (در پشت ماشین) از قبیل: کنترل فشار آب، فرمان کامیون، کنترل سرعت، ترمز اضطراری، حرکت جانبی برای سر، روشن/ خاموش پمپ ها و بالا بردن و پایین آوردن سرهای انفشانه ها می باشند. این فرایند کارور را قادر می سازد تا در عقب خودرو کار کند و به طور مداوم کنترل کیفیت کار را انجام دهد تا احتمال آسیب دیدن روسازی را کاهش دهد.

- فشار آب متغیر می باشد، حداکثر فشار عملیاتی تا ۸۰۰ بار (۱۱۰۰۰ psi) با جریان ۱۰۰ لیتر در دقیقه است (Hydraulic Laboratory Technical Memorandum 2013)

۵-۳-۰ کارایی

ماشین های طراحی شده قادرند آب را با فشار بالا تا مقدار ۴۵۰۰ مترمکعب در روز در حداکثر عرض عبور حدود ۲ متر (بسته به تجهیزات مورد استفاده) را مورد استفاده قرار دهند. حذف قیر می تواند بیش از ۱ کیلوگرم به ازای هر متر مربع باشد که معادل حذف حدود ۱ لیتر در هر متر مربع قیر است. در طول عملیات در روز، دستگاه می تواند حدود ۲-۳ متر مکعب قیر را با استفاده از حداکثر ۴۰۰۰۰ لیتر آب، که همه آن جمع آوری شده و سپس دفع می شود، حذف کند.

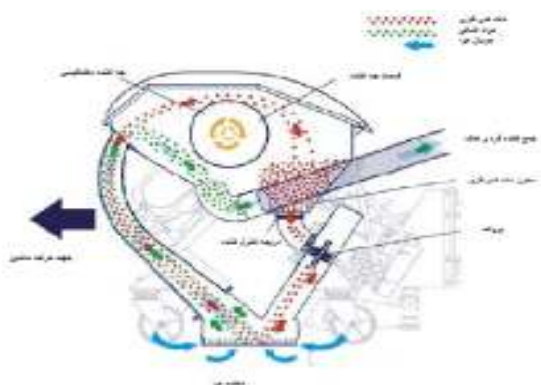
این ارقام نمونه آورده شده و به طور قابل توجهی بستگی به شرایط محیط و نوع ماشین مورد استفاده دارد (Hydraulic Laboratory Technical Memorandum 2013)

۵-۴-۰ کیفیت اجرا

در این مرحله، زمان سرویس دهی استفاده از این روش پیش بینی نمی شود، اما احیاء کردن رویه اسفالتی آب با فشار بالا یک راه موثر و فوری برای یک منطقه مشکل زا با پتانسیل بازگشت چندین ساله مقاومت لغزشی است. همچنین استفاده از

روش شات بلاست می‌تواند بر روی سطوحی که از لحاظ ساختاری سالم باشد و تنها به علت از دست دادن مقاومت لغزشی انجام شود. این روش می‌تواند در هر دو رویه‌های آسفالتی مورد استفاده قرار گیرد. این روش به عنوان یک روش تعمیر حفاظت از رویه آسفالتی، اثبات شده است (1995 Ackerman, J. D). استفاده از این روش برای بازسازی سطوح آسفالت و ایجاد مقاومت در برابر لغزش، از لحاظ فنی و اقتصادی امکان‌پذیر است. از جمله روش‌های حفاظت از رویه‌های آسفالتی این روش فقط به بازیافت مقاومت لغزشی از دست رفته کمک می‌کند.

فرآیند اجرای این روش متکی بر یک ماشین است که ذرات فرساینده (معمولاً ساچمه فلزی) را بر روی سطح با فشار کنترل شده پرتاب کرده و هر دو بافت ریز و بافت درشت را بازیابی می‌کند (Frictio, 2017). شکل ۷ ماشین احیا سازی رویه صیقل یافته به روش از طریق روش سند بلاست را نشان می‌دهد.



شکل ۷. ماشین احیا سازی رویه صیقل یافته به روش از طریق روش سند بلاست

(D.D, 2018) همانطور که در شکل ۷ توضیح داده شده است، ساچمه‌های فولادی توسط گرانرش از طریق یک شیر کنترل به یک پروانه عمل می‌کند. چرخ دنده‌ای که با سرعت بالا چرخش می‌کند، دانه‌های فولادی را از طریق یک بازوی قابل تنظیم با سرعت بالا و با یک زاویه خاص به سطحی که ماشین حرکت می‌کند، پرتاب می‌کند. گلوله فولادی به سطح رویه اثبات کرده و برمی‌گردد، همه مواد اعم از آلودگی‌ها، گردوغبار، ساچمه‌ها و... به وسیله واحد مکش به دستگاه منتقل

در مکان‌هایی که دو یا چند سیل استفاده شده و یا در جاهایی که در زیر سطح آسفالت وجود دارد استفاده شود.

۶-۵- مزایا و معایب

احیاء رویه بوسیله آب با فشار بالا یک راه حل موثر برای بازگرداندن بافت سطح و مقاومت در برابر لغزندگی است. این روش باید همراه با دیگر روش‌های جوان سازی سطحی می‌تواند در نظر گرفته شود. استفاده از این روش از آب زیادی استفاده می‌شود.

۶- روش شات بلاست

شات بلاست به عنوان یک روش کارآمد گزارش شده است. (Ackerman, J. D 1995) طول عمر ترمیم سطوح با روش شات بلاست وابسته به مقاومت سایشی و همچنین مقاومت لغزشی سنگدانه است. ارزیابی عملکرد شات بلاست در جاده‌ها آسفالتی با توجه به این موضوع مقداری پیچیده است (Frictio, 2017).



این فرآیند به طور کامل کنترل شده، دوستدار محیط زیست و ایمن است. از هیچ آب و مواد شیمیایی یا حلال استفاده نمی‌کند، هیچ آلایندگی یا گرد و غباری را ایجاد نمی‌کند و اغلب مواد عملکردی به طور کامل می‌تواند بازیافت شوند. یک نمایش شماتیک معمولی در شکل ۷ اساساً شامل اجزای زیر می‌شود: دستگاه شلیک، سیستم خلاء، جداساز مغناطیسی، مخزن باقی‌مانده و برس/جارو برقی، برای برداشتن هرگونه آوار که ممکن است توسط سیستم شلیک می‌شود (Gransberg)

می شود. برسهایی که در درجه ورودی قرار دارند از خروج مواد و سایر آلودگی‌ها به جو جلوگیری می کنند. آوار و ساچمه‌ها به داخل محفظه جداسازی کشیده می‌شود و با یک فرایند جداسازی سیکلونی- مغناطیسی، آوار و گرد و غبار گردآوری گشته ساچمه‌های بازیافت شده و به سمت پرتاب بازگردانده می‌شود. قدرت و درجه پرتاب مورد نیاز متغیر است. کنترل دقیق الگوی پرتاب و درجه ایجاد بافت مورد نیاز با استفاده از دستگاه‌های مختلف و شیوه‌های عملیاتی کنترل می‌شود. (Gransberg D.D,2018)

تقاضای ترافیک و کاهش بودجه پاسخگو باشند. با این حال مسئله حیاتی تأثیر تغییرات فصلی مقاومت لغزشی با استفاده از روش شات بلاست حل نمی‌گردد. در نتیجه، اگر چه تحقیقات نشان داد است که اثر مفید شات بلاست طولانی است، ولی توصیه می شود که تکنیک شات بلاست نباید بیش از یک راه حل موقت باشد که به دست اندرکاران راه اجازه دهد تا بهتر بتوانند راهبردهای مدیریت تعمیر و نگهداری موثر را در دراز مدت در نظر بگیرند. (Gransberg D.D,2018)

۷- 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 می نماید. 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 (شکل ۸). این روش برای آماده سازی سطح (از بین بردن شیار شدگی، برآمدگی، و بی‌نظمی‌های سطح)، برای انجام روکش جدید و یا برای اصلاح ویژگی‌های مقاومت لغزشی سطحی جاده انجام می‌شود (NCHRP Web Document 53, 2002). شکل ۸ ماشین احیاسازی رویه صیقل یافته به روش از طریق روش تراش سرد را نشان می دهد.

۶-۱- مزایا و معایب

استفاده از روش شات بلاست در سطوح آسفالتی و بازگرداندن مقاومت لغزشی، به طور مشخص از لحاظ فنی و اقتصادی توجیه پذیر است. برای فصول بارانی به نظر می رسد که عملکرد روش شات بلاست از لحاظ مقاومت لغزشی بیشتر از حد قابل قبول است و حتی ۲۰ ماه پس از اجرای شات بلاست قابل دوام است. با این حال، استفاده از این روش در فصل‌های خشک قابل استفاده نیست و نشان می‌دهد که اثر تغییرات فصلی در مقاومت لغزشی قابل توجه است. علاوه بر این، اگر چه اعلام شده است که شات بلاست، هر دو بافت ریز و درشت را بازیابی می کند، تجزیه و تحلیل نشان داده است که عملکرد آن رابطه ضعیفی با بافت درشت دارد. شات بلاست به طور عمده به بهبود بافت ریز، مرتبط است.

در نتیجه می‌توان گفت که شات بلاست به عنوان یک روش حفاظت از روسازی، دست اندرکاران را با ابزاری "برای انجام بیشتر با کمترین هزینه" در حفظ جاده‌ها آشنا می‌کند؛ چرا که آنها باید به عوامل بحرانی زیرساخت‌های سالخورده، افزایش



شکل ۸. ماشین احیاسازی رویه صیقل یافته به روش از طریق روش تراش سرد

۱-۷- برنامه

یک کاربرد معمول برای تراش سرد این است که سطوح برآمده روسازی را اصلاح نموده تا دوباره مقاومت لغزشی ازدست رفته برگردانده شود. موارد استفاده تعمیر و نگهداری از روش تراش سرد:

- برداشت آسفالت بیش از حد (در حالت جامد) از یک روکش آسفالتی جهت اصلاح برآمدگی، شیارشدگی و یا مقاومت لغزشی از دست رفته.
- کاهش پتانسیل برآمدگی آسفالت جهت توقف و یا کند کردن فرایند قیر زدگی آن.
- بازگرداندن یا ایجاد بافت زبر و مقاومت لغزشی و اصطکاک روسازی.

برنامه معمول این است که در مسیرهای چرخ شیارشدگی ایجاد شده، باعث نشود که آب در زمان بارندگی تجمع یابد، و مشکل مقاومت لغزشی و آبیمایی نگران کننده گردد. تراش سرد اغلب در تقاطع جاده‌ها استفاده می‌شود که شروع و توقف خودروهایی بسیاری شکل می‌گیرد که باعث ایجاد خرابی سطوح می‌گردد.

این روش تعمیر معمولاً به عنوان بخشی از عملیات تراش و تریق استفاده می‌شود که در آن یک بخش قدیمی از جاده حذف می‌شود و با یک پوشش جدید آسفالتی جایگزین می‌گردد. American Concrete Pavement Association (2006)

۲-۷- اثربخشی

تراش سرد به عنوان یک روش تعمیر دراز مدت برای بازسازی بافت روسازی (مقاومت لغزشی) در ارتباط با برآمدگی و شیارشدگی آسفالت شناخته می‌شود. این روش برای تعمیر سطوح جهت بازسازی رویه‌های قیرزده مناسب نیست. (NCHRP Web Document 53, 2002)

۳-۷- مواد و تجهیزات

- تجهیزات مورد نیاز برای تراش سرد عبارتند از:
- دستگاه تراش سرد مجهز
- کامیون‌های حمل

• تانکر آب

- جارو برقی پر قدرت
- کنترل ترافیک

تجهیزات تراش سرد در اندازه‌های مختلف موجود می‌باشد، از دستگاه‌های کوچک مینی برای تراش کاری‌های موضعی تا ماشین‌های با ظرفیت بالا که می‌تواند در عرض یک رفت یک خط کامل را پوشش دهد. (Henry, J. J. 2000)

۴-۷- روش اجرا

تراش سرد معمولاً در مسیرهای چرخ در هوای سرد انجام می‌شود، زمانی که آسفالت در حالت جامد قرار دارد و می‌تواند کارآمدتر شود.

کاربران تعمیر و نگهداری به‌طور معمول عملیات "تراشکاری موضعی" را با دستگاه تراش که به یک لودر با عرض درام حدود ۱۸ تا ۲۴ اینچ متصل است انجام می‌دهند. تراشکاری می‌تواند تا عمق مورد نیاز انجام شود با این حال، برش معمول برای رویه‌های فرسوده حداکثر ۲/۱ تا ۴/۴ اینچ است. دو یا چند گذر ممکن است برای انجام کامل کار مورد نیاز باشد. تراش سرد یک سطح مسطح را در جای چرخ‌ها بازیابی می‌کند و از این رو، برآمدگی‌هایی که باعث نگهداری آب در در طول باران دارد و می‌تواند خطر ایمنی مربوط به آب پیمایی را به همراه داشته باشد را حذف نماید. عمق، شیب سطح و عرض برش ظاهراً تا حدی قابل تنظیم است. در فرایند تراش دادن، مناطق برآمده، لایه‌های آسفالت بیش از حد نیز ممکن است حذف شود. پیمانکاران معمولاً از ماشین آلات با ظرفیت تولید بیشتر و بزرگتر استفاده می‌کنند که قطر درام آنها می‌تواند بین ۴ تا ۱۵٫۵ فوت باشد. این تجهیزات می‌تواند یک خط کامل را در یک رفت انجام دهد و نخاله‌های تولید شده را از طریق نوار نقاله به یک کامیون کمپرسی در همان زمان بارگیری نماید. پیمانکار معمولاً دستگاه تراش را با یک کارور و یک کمکی را فراهم می‌کند.

پس از اینکه عملیات تراش کامل شد، روسازی دارای بافت زبرتر است که در امتداد محور طولی جاده تراشکاری شده است (شکل ۹). استفاده از این روش ممکن است باعث مزاحمت برخی از کاربران گردد ولی، در پایان کار ایمنی آنها

نگهداری با استفاده از روش‌های تیغ تراش یک نواخت کننده قبل از اجرای پوشش مخلوط آسفالت داغ و وصله کاری رویه را تسطیح می‌کنند (American Concrete Pavement Association 2006).

افزایش یافته است. سطوح جاده می‌توانند اغلب برای مدت زمان طولانی در حالت تراش خورده باقی بمانند تا زمانی که تعمیرهای بعدی مانند اندود آب بند جدید و یا پوشش مخلوط آسفالت داغ اعمال شود. در برخی موارد، مسوولین تعمیر و



شکل ۹. ایجاد رویه زبر با استفاده از روش تراش سرد یک بافت سطحی در محور طولی جاده

۷-۵- نقاط قوت و ضعف

تراش سرد برای حذف آسفالت برآمده مازاد و بازگرداندن بافت زبر به سطوح است که معمولاً در زمستان در هوای سرد انجام می‌شود. هنگامی که آسفالت "نازه" است، تراش سرد قابل انجام نیست. تعمیر و نگهداری منطقه قبل از برنامه‌ریزی جهت اقدامات اصلاحی می‌باشند. تراش سرد سطح آسفالت را باز و بیشتر مستعد نفوذ آب می‌نماید. در بعضی موارد، پرسنل تعمیر و نگهداری نیاز به ضد آب کردن مناطق دارای ریسک دارند. این موارد می‌تواند اجرای پوشش نازک، فاگ سیل؛ و... باشد.

یکی از دلایل نقاط ضعف تراش سرد این است که باعث می‌گردد که آب بندی روسازی از دست برود. در نهایت لازم است یک اندود آب بند و یا یک پوشش ترکیبی آسفالت داغ انجام شود تا از نفوذ آب را به طور موثری جلوگیری شود. تراش سرد گاهی اوقات می‌تواند وضعیت بد را بدتر کند. برخی از مواد اندود آب بند می‌تواند باعث از کار افتادن دستگاه تراش به ویژه در هوای گرم شوند.

۸- روش کربنیزه کردن (سوزاندن)

روش کربنیزه یا سوزاندن یک روش احیاکننده مقاومت لغزشی سنگدانه نیست بلکه از این روش جهت بهبود مقاومت لغزشی ناشی از سوزاندن مواد ذائد در رویه‌های آسفالتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از جنبه‌های این روش مربوط به بهبود مقاومت لغزشی در جاده‌هایی است که امولسیون لاستیک یا آسفالت بیش اندازه به کار رفته است.

از طرف دیگر، این روش به بهبود مقاومت لغزشی یک سطح جاده می‌پردازد، همانطور که در اینجا توضیح داده شده است، یکی از دلایل تصادفات در اثر لغزش، نشت امولسیون اضافی آسفالت است (Klaruw, Cmpny, 2017 Manual). شکل ۱۴ روش کربنیزه یا سوزاندن رویه‌های آسفالتی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴. روش کربنیزه یا سوزاندن رویه‌های آسفالتی

باید در نظر داشت که روش کربنیزه کردن، ممکن است که در اثر تماس شعله با سطح و تولید گرما و یا سایر واکنش‌های شیمیایی از ماده موجود در سطح بخارات یا گازهایی در طول تعمیر ایجاد کند. اگر تشکیل یک مخلوط "کک مانند" در اثر سوزاندن تولید گردد، این امر دلیل عدم پذیرش استفاده از این روش نیست، زیرا به این مواد به راحتی می‌تواند در اثر جریان ترافیک عادی از بین بروند. امولسیون‌هایی که می‌تواند برای تعمیر سطوح آسفالتی بر اساس اصول که در U.S. Pat. شماره ۳،۵۷۷،۲۵۰ تاریخ ۴ مه ۱۹۷۱، آورده شده است. مورد استفاده قرار گیرند. (KLARUW ,Cmpany Manual. 2017)

۹- بررسی کلی

در جداول ۱، ۲، ۳ خلاصه‌ای از عمر مفید، انتظارات و ملاحظات دیگر مناسب بودن روشهای مختلف، منافع و معایب برای سطوح مختلف جاده، دوام و کیفیت مورد انتظار، نوع مناسب تعمیر رویه‌های آسفالتی در یک نگاه مشاهده می‌گردد. در جدول ۱ روش‌های مناسب برای رویه‌های آسفالتی آورده شده و همچنین در این جدول نوع تعمیر و موارد استفاده از روش‌ها مشاهده می‌گردد. در جدول ۲ روش‌های مناسب برای رویه‌های آسفالتی آورده شده و 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 ۳ مناسب بودن روش‌های مختلف، منافع و مضرات برای سطوح مختلف جاده، دوام و کیفیت مورد انتظار، نوع مناسب تعمیر. با توجه به روسازی‌های متفاوت آسفالتی به طور خلاصه مشاهده می‌گردد.

استفاده بیش از حد از امولسیون لاستیک نفت و یا بیندر آسفالت در مخلوط‌های آسفالتی می‌تواند منجر به پوشش بیش از حد آسفالت شود. نشت بنزین و روغن از کامیون‌ها و اتومبیل‌ها نیز به سطح لغزنده کمک می‌کند که صیقلی شدن سطح آسفالت را تشدید می‌نماید. (KLARUW ,Cmpany Manual. 2017) از طرف دیگر، فرایند کاربنیزاسیون برای تعمیر روسازی جاده ای است که با یکی از روشها از جمله: روش امولسیون آسفالتی و یا آسفالت یا سایر روکشهای آسفالتی مورد تعمیر قرار گرفته‌اند. این روش برای تعمیر سطوحی غیر از سطوح جاده‌هایی است که بهبود خواص مقاومت لغزشی آن قابل انتظار است. تعمیر به کمک روش کاربنیزه یا گرمایش، می‌تواند مقاومت لغزشی را به سطح عمقی اولیه بازگرداند. این روش تعمیر می‌تواند بلافاصله پس از اطلاع از یک مورد خطرناک سطح لغزنده، اعمال شود. بهبود وضعیت مقاومت لغزشی به علت برخورد شعله آتش به سطح جاده‌های آسفالتی، به خصوص سطوح که با یک امولسیون رزین یا آسفالت مرمت شده اند می‌باشد. به این ترتیب سطوح قابل تعمیر در معرض قرار گرفتن حرارت از یک شعله به سطح مورد نظر از فاصله‌ای در حدود ۶-۲۴ اینچ (بسته به طول شعله یا دیگر منبع حرارت دارد)، است. برای تأثیرگذاری اکسیداسیون یک دوره زمانی حرارتی، یعنی ۱ تا ۵ دقیقه لازم می‌باشد، ولی برای ذوب کردن از لایه‌های با ضخامت قابل توجه آسفالت و یا رو زدگی قیر زیاد که باعث سستی بیش از حد آسفالت شود این زمان ممکن است ناکافی باشد. (KLARUW ,Cmpany Manual. 2017)

جدول ۱. خلاصه‌ای کلی از کاربرد روشهای مختلف احیا سازی رویه‌های آسفالتی

موارد استفاده		تعمیر	روش‌ها	
انتخاب روش مناسب بر اساس خصوصیات رویه مورد نظر و شرایط آب و هوایی منطقه مشخص می‌شود.	احیا کردن بافت ریز و درشت، اما امکان تغییر در سر و صدای تایر ترافیک وجود دارد.	بازسازی بافت درشت (برای احیا مقاومت لغزشی در سرعت بالا) کاربرد در خصوص رویه‌های سالم، پابرجا با مناسب بودن خصوصیات مصالح روسازی	چکشی کردن	
			شات بلاست	
			تراش نرم (کم عمق)	
	آلاینده‌های سطحی از (قیر اضافی و تجمع ریزدانه‌ها) سطوح صیقلی را حذف می‌کند تا بافت ریز موجود را احیا کند.			تراش سرد
				فشار قوی آب
				کرینیزه کردن

جدول ۲. موارد استفاده روشها در راستای احیاء کردن مقاومت لغزشی ازدست رفته رویه‌های آسفالتی

خروج برای تعمیر نیاز است	دوام مورد انتظار	منافع و مضرات سطوح جاده	مسائل مربوط به اجرا	روشهای تعمیرات سطوح	
بله	۲-۳ سال	سطوح حاصل شده احتمالاً کمی پر سر و صدا تر از قبل از تعمیر است.	این فرایندها می‌توانند در هنگام اجرا و جارو کردن پر سر و صدا باشد. ملاحظات لازم برای کاهش سر و صدا برای ساکنان محلی مهیا گردد.	غلطک زنی	روشهای تعمیرات سطوح
بله	۲-۳ سال	تغییرات کوچکی در سطح از نظر سر و صدای سطحی در مقایسه با سطوح قبل از تعمیر.		چکشی کردن	
بله	۲-۵ سال	تغییرات کوچکی در سطح از نظر سر و صدای سطحی در مقایسه با سطوح قبل از تعمیر.		تراش نرم (کم عمق)	
بله	۲-۳ سال	تغییرات کوچکی در سطح از نظر سر و صدای سطحی در مقایسه با سطوح قبل از تعمیر.	شات بلاست	شات بلاست	
خیر	< ۳ ماه	حذف آلاینده‌های سطحی بیشتری حاصل می‌گردد.	احتمال وجود آلاینده‌ها در روان اب از نتیجه اجرای این روش حاصل گردد.	آب فشار قوی	
بله	تجربه متنی وجود ندارد	سطح حاصل ممکن است پر سر و صدا از قبل باشد و می‌تواند تغییر قابل ملاحظه‌ای در شکل سر و صدا ایجاد کند.	این فرایندها می‌توانند در هنگام اجرا و جارو کردن پر سر و صدا باشد. ملاحظات لازم برای کاهش سر و صدا برای ساکنان محلی مهیا گردد.	تراش (عمیق)	

جدول ۳. خلاصه‌ای از کاربرد روشهای مختلف احیاسازی مقاومت لغزشی رویه های آسفالتی

مناسب بودن روش			نوع تعمیر مورد نیاز	کیفیت رویه	نوع رویه
چکشی کردن	شات بلاست	آب فشار قوی			
مناسب	بسیار مناسب	مناسب نیست	برقراری بافت ریز	صیقلی شدن سنگدانه‌ها	آسفالت گرم HRA با فرش سنگ دانه
مناسب نیست	مناسب	بسیار مناسب	برقراری بافت درشت	فرورفتن سنگدانه‌ها	آسفالت گرم HRA با فرش سنگ دانه
مناسب نیست	بسیار مناسب	مناسب نیست	برقراری بافت ریز و درشت	فرورفتن سنگدانه‌ها و صیقلی شدن سنگدانه‌ها	آسفالت گرم HRA با فرش سنگ دانه
مناسب	بسیار مناسب	مناسب نیست	برقراری بافت ریز	صیقلی شدن سنگدانه‌ها	ماکادام منسجم / HSCA/NTSC
مناسب نیست	مناسب	مناسب	برقراری بافت درشت	از دست رفتن زبری سطح بر اثر فرسایش	ماکادام منسجم / HSCA/NTSC
مناسب نیست	مناسب نیست	بسیار مناسب	برقراری بافت ریز و درشت	قیرزدگی	ماکادام منسجم / HSCA/NTSC
مناسب نیست	مناسب نیست	بسیار مناسب	برقراری بافت درشت	فرورفتن زیاد سنگدانه‌ها/ تورم	روکش سطحی

۱۰- نتیجه گیری

بالا بکار گرفته شوند. شایان ذکر است که بسیاری از فرآیندها قابل تکرار می باشد.

روشهای احیاکننده مقاومت لغزشی نمی تواند 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 برنامه ریزی گردد.

باید در نظر داشت که نتیجه تعمیر انجام گرفته تنها می تواند به اندازه کیفیت سطح تعمیر شده قابل انتظار باشد. در حقیقت این تعمیر فقط بهبود در بافت ریز و درشت را شامل می شود، و نه بهبود شرایط کلی روسازی را. جایی که روسازی موجود، قادر به ارائه مقاومت لغزشی مناسب در قطعه روسازی نمی باشد، بازسازی مقاومت لغزشی به طور موقت است. روش های تهاجمی که تعمیر هایی که روی سطح ضربه وارد

احیا کردن، بازسازی مکانیکی یک سطح سالم جاده برای بازگرداندن مقاومت لغزشی از دست رفته، عمق بافت و یا هر دو است. سطوح ناحیه ای که مورد بازسازی مقاومت لغزشی قرار گرفته است باید با مقاومت لغزشی سطوح اطراف آن یکسان باشد. مناسب بودن و اثربخشی ترمیم مجدد به شرایط جاده پیش از تعمیر بستگی دارد. استفاده از مناسب ترین روش در هر موقعیتی، بستگی به ماهیت سطح موجود و ترک ها و شکستگی های سطح جاده دارد که باید قبل از عملیات بازسازی مقاومت لغزشی برطرف شوند. لازم به ذکر است که تمام تعمیرهای برگشت پذیر متفاوت هستند و انتخاب روش همیشه باید براساس 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. این روش ها می توانند به عنوان یک ابزار بازسازی کوتاه تا میانه مدت برای تعمیر مناطق با ریسک

- برای تمیز کردن سطح جاده پس از عملیات احیا کردن جاروبرقی مکانیکی و / یا فشار آب قوی استفاده گردد.

۱۱- مراجع

-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.

-Crisman, B.; Roberti, R. (2012), "Tire wet-pavement traction management for safer roads, *Social and Behavioral Sciences* 53: pp.1055-1068. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.955>.

-(1999), "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" February.

-ERES Consultants, Inc., (1993), "Techniques for Pavement Rehabilitation, Participants Notebook," National Highway Institute/Federal Highway Administration, revised.

-Frictio, A (2017), "Guide to Road Retexturing, Benefits and applications of retexturing roadways and pavement", Frictio www.warterblastingtechnologies.com.

-Gransberg D. D. (2018), "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.

-(2009), "Transportation Research Board of the National Academies, Washington", D.C., pp. 46-52.

-Henry, J. J. (2000), "Evaluation of Pavement Friction Characteristics". NCHRP Synthesis 291, Transportation Research Board, Washington D.C.

می‌آورند نیز باید به خوبی کنترل شوند - فشار فوق العاده قوی می‌تواند سنگدانه های روسازی را از بین ببرد.

بر این اساس، نتایج حاصل را می‌توان در خصوص عمق بافت و / یا اندازه‌گیری اصطکاک سطح اندازه‌گیری نمود. پیمانکاران باید مسئولیت کامل کیفیت کار انجام شده و تجربیات خود را برای ارائه بهترین نتایج به کار گیرند. کارفرما می‌تواند در ابتدا آنچه را که از نظر ارتقاء مقاومت لغزشی لازم می‌داند مشخص کند، در واقع کارفرما می‌تواند عملکرد محصول نهایی را مشخص کند، اما باید به طور واقع بینانه باشد. علاوه بر این، 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 می‌باشد. این امر باید توسط مدیریت کارآمد شرکت و تجربه در زمینه مربوطه پشتیبانی شود. همچنین کارفرما باید قبل و بعد از تعمیر رویه‌ها، آنها را بررسی و با آزمایش‌های مناسب مقاومت لغزشی را اندازه‌گیری کرده تا اطمینان حاصل نماید که نتایج مورد نظر به دست آمده است. مطالب زیر، مواردی هستند که کارفرما باید در انتخاب روش مناسب مورد توجه قرار دهد.

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

- اثرات بالقوه شرایط آب و هوایی مورد ارزیابی قرار گیرد.
- بعضی از روش‌های تعمیر قادر به مقابله با تغییر شکل سطوح نیستند، ممکن است با به کارگیری یک روش مناطقی بدون تعمیر و با مقاومت کم بر جا بماند،
- احیای مجدد بافت ریز سطح بطور مطلوب جهت احیای مقاومت لغزشی ضروری است
- احیای مجدد بافت درشت سطح بطور مطلوب جهت احیای مقاومت لغزشی ضروری است
- احیاء بافت درشت به دلیل افزایش سرعت وسایل نقلیه، بسیار حائز اهمیت می‌باشد.
- اطمینان از بافت درشت سطح کامل به دست آمده حاصل گردد.

Aggregates, PhD Thesis in the Queen Mary and Westfield College, University of London.

-Technical Note TN 062, (2002), High Pressure Water Retexturing.

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

-Walker, D. (Ed.). (n.d.) (2018), "Understanding asphalt pavement distresses – five distresses explained. Retrieved from <http://asphaltmagazine.com/understanding-asphalt-pavement-distresses-five-distresses-explained>.

-Waters J C, Pidwerbesky B D. (2008), "Watercutting - investigating the lifecycle of watercutter rejuvenation of aggregates". Land Transport New Zealand Research Report 336.

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

-Hydraulic Laboratory Technical Memorandum PAP-107, Resistance of Protective Coatings to High Pressure Water Jets for Invasive Mussel Removal Research and Development Office, U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation Technical Service Center Hydraulic.

-(2013), "Investigations and Laboratory Services Group Denver", Colorado, February.

-Klaruw, Cmpany Manual. (2017), "KLARUW Systems Maintenance Options Retexturing Methods Practical Applications Considerations" United Kingdom.

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

-Nehme, Jean (2017), "About Long-Term Pavement Performance". Federal Highway Administration. Retrieved 22.

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

-Soleymani Kermani, M.R. (1995), "Mechanical Re-Texturing of Road Surface