AMNC
available online @ amnc.aut.ac.ir
نشریه علمی پژوهشی مواد پیشرفته و پوشش‌های نوین- ۳۷ (۱۴۰۰) ۲۷۵۶-۲۷۴۸

ارزیابی تاثیر دانه‌های شیشه‌ای بر مشخصه‌های بصری خط‌کشی‌های ترافیکی معابر شهری

پویا جعفری[۱]، علی اصغر صباغ الوانی*[۲]، حسن سامعی[۳]، رضا سلیمی[۳]

۱ دانشجوی کارشناسی ارشد ، دانشکده مهندسی پلیمر و رنگ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

۲ دانشیار، پژوهشکده رنگ و پلیمر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

۳ استاد پژوهشگر، پژوهشکده رنگ و پلیمر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۰۷/۰۴

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۰۴/۲۹

چکیده

بی شک اهمیت خطوط ترافیکی و بازتاب آن در شب بر هیچکس پوشیده نیست. سالانه در جهان بسیاری از مردم جان خود را به دلیل عدم واضح بودن خط‌کشی ترافیکی در ساعات پایانی روز از دست می‌دهند. کشور عزیزمان نیز از این آسیب اجتماعی در طول سالیان گذشته در امان نبوده است و بسیاری از تصادفات شبانه به دلیل عدم خط‌کشی مناسب در محورهای مواصلاتی صورت گرفته است. در این پژوهش تلاش شده است تا عوامل موثر بر مشخصه بازتاب خطوط ترافیکی درشرایط آب و هوایی مختلف، تاثیر انواع دانه‌های شیشه‌ای مصرفی در رنگ‌های ترافیکی از نظر ابعاد و شکل، بررسی نقش بارندگی و چرک‌پذیری بر روی خاصیت بازتاب خطوط اعمالی و نیز تاثیر افزودنی‌های موجود در صنعت رنگ در بهبود مشخصه بازتاب خطوط ترافیکی بررسی گردد. براساس نتایج بدست آمده از ارزیابی خطوط ترافیکی بزرگراه‌های شهر تهران به کمک دستگاه رترورفلکتومتر، مشخص شد که چرک‌پذیری خطوط ترافیکی نقش بسزائی در مشخصه بازتاب‌سنجی و درنتیجه امکان تشخیص بصری این علائم ایفا می‌کند. در بخش نخست این پژوهش اثر افزودنی‌های سیلیکونی به منظور کاهش کشش سطحی رنگ ترافیکی و به تبع آن کاهش چرک‌پذیری رنگهای ترافیکی مورد مطالعه قرار گرفت و افزایش ۳۰ واحدی در مشخصه بازتاب در شب مشاهده گردید. در بخش دیگری از این پژوهش تاثیر بارندگی از دو منظر مورد بررسی قرار گرفت؛ بارش از منظر شستشوی خطوط ترافیکی باعث بهبود مشخصه‌های بازتاب در روز و شب (R_L و Q_D) می‌گردد لیکن از سوی دیگر، در حین بارش به دلیل ایجاد یک لایه بر روی خطوط و ایجاد تفاوت در ضریب شکست پرتو ارسالی از چراغ خودرو سبب کاهش دید در شب خطوط ترافیکی و افزایش احتمال تصادفات جاده‌ای می‌گردد. در ادامه مقاومت سایشی خطوط ترافیکی و نقش آن در نگهداری دانه‌های شیشه‌ای روپاش شده خط‌کشی‌های معابر شهری بررسی گردید که نتایج بدست آمده حاکی از آن است که رنگ‌های دارای مقاومت سایشی بالاتر به مراتب در بلند مدت بازتاب در شب بالاتری را بواسطه حفظ بهتر دانه‌های شیشه‌ای روپاش نشان می‌دهند. در بخش نهایی این پژوهش نیز تاثیر اندازه دانه‌های شیشه‌ای و شکل فضایی آن‌ها، تاثیر اصلاح سطح دانه‌های شیشه‌ای روپاش و تاثیر تغییر نوع رنگ ترافیکی از ترموپلاست سرد به ترموست دوجزیی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. امید است نتایج بدست آمده از منظر کاربردی بتواند بر خوانایی بهتر علائم ترافیکی و به تبع آن افزایش ایمنی معابر در کلانشهرها بیافزاید.

واژگان کلیدی: بازتاب , خطوط ترافیکی, دانه‌های شیشه‌ای

عهده دار مکاتبات: sabagh_alvani@aut.ac.ir

AMNC

To What Extent Glass Beads are Important in Road Markings

P. Jafari[1], A.A. Sabagh Alvani*[2], H. Samei[3], R. Salimi[3]

1. M.Sc., Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran
2. Associate Professor, Color & Polymer Research Center, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran
3. Ph.D., Color & Polymer Research Center, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

Abstract

In this study, the factors affecting the reflection characteristics of traffic lines in different climatic conditions, the effect of different types of glass grains used in traffic colors in terms of dimensions and shape, the role of rainfall on the reflection properties of applied lines and the effect of additives in the paint industry be checked. Based on the results obtained from the evaluation of traffic lines on highways in Tehran, it was found that the dirtiness of traffic lines plays a significant role in the characteristic of reflection and, consequently, the possibility of visual recognition of these signs.

In the first part of this study, the effect of silicone additives to reduce the surface tension of traffic paint and consequently reduce the dirtiness of traffic paints was studied and an increase of 30 units in the reflection characteristic at night was observed. In another part of this study, the effect of rainfall was examined from two perspectives; Rainfall improves the reflection characteristics of day and night (R_L and Q_D) in terms of washing traffic lines. But on the other hand, during the rainy season, due to the creation of a layer of water on the lines and the difference in the refractive index of the car's headlights, the night visibility of the traffic lines decreases and the probability of road accidents increases. Then, the abrasion resistance of traffic lines and its role in maintaining the coated glass beads of road markings were investigated. The results showed that paints with higher abrasion resistance show higher reflectivity at night in the long run due to better preservation of coated glass beads. In the final part of this study, the effect of glass grain size and their spatial shape, the effect of modifying the surface of coated glass beads and the effect of changing the type of traffic paint from cold thermoplastic to two-part thermostat were investigated and analyzed. It is hoped that the results obtained from a practical perspective can increase the safety of roads in cities.

Keywords Reflection, Road markings, Glass beads

۱- مقدمه

امروزه در تمامی کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه این امر به اثبات رسیده است که مسئله خط‌کشی مناسب جاده ها و افزایش ایمنی در محورهای مواصلاتی، برای جلوگیری از تصادفات ترافیکی بسیار حائز اهمیت است. در سال های اخیر ، مشکل جمع شدن خاک و از بین رفتن کیفیت روشنایی رنگ های علامت گذاری شده به طور گسترده ای توجه مقامات شهرداری را به خود جلب کرده است. رنگ های ترافیکی بازتابنده و استفاده از علائم ترافیکی در جاده مانند تابلوهای ایمنی و راهنمایی و رانندگی، برای داشتن خیابان های ایمن بسیار مهم است. در واقع خط‌کشی‌ها نشانه‌گذاری‌های اجرا شده در سطح جاده‌ها و خیابان‌های سطح کشور، رفت و آمد قانون‌مند رانندگان و عابران را در سطح معابر ممکن ساخته و مانع از بروز حوادث ناگوار می‌شود [۱، ۲ و ۳].

۱-۱-دانه‌های شیشه‌ای

یکی از مواد مصرفی مهم در خط‌کشی راه‌ها که سابقه مصرف آن به سالیان تقریبا دور برمی‌گردد، دانه‌های شیشه‌ای است که به لحاظ تاثیرات ژرف و عمیقی که بر خواص و رفتار رنگ‌های ترافیکی دارا هستند، در مبحث خط‌کشی راه‌ها جایگاه ویژه و ممتازی را به خود اختصاص داده‌اند. در واقع استفاده از این دانه‌ها یکی از مهم‌ترین معیارهای سنجش کیفیت خط‌کشی‌ها است. ترکیب اصلی سازنده‌ی دانه‌های شیشه‌ای، اکسید سیلیسیم (SiO_2) است که با دانه‌بندی مشخص بر حسب نوع خط‌کشی و رنگ مصرفی مورد استفاده قرار می‌گیرد. دانه‌های شیشه‌ای بر حسب اندازه‌های مختلف می‌توانند در صنایع مختلف مورد استفاده قرار گیرند. این دانه‌ها از شیشه‌های بازیافتی ساخته می‌شوند. آن‌ها با رنگ‌های ترافیکی مخلوط شده و برای نشانه‌گذاری خطوط جاده استفاده می‌شوند. هنگامی‌که در طول شب نور چراغ خودرو به خطوط جاده می‌تابد، شیشه‌های کروی کوچکی که در خطوط جاده‌ها جاسازی شده‌اند، زیر نور چراغ‌های جلوی خودروها می‌درخشند. این امر در بهتر دیده شدن مسیر جاده و دید راننده بسیار موثر است. بنابراین استفاده ار این دانه‌های شیشه‌ای در ابعاد میکرو در رنگ‌های ترافیکی می‌تواند یک عامل مهم و حیاتی برای ایمنی جاده‌ها محسوب شود. به طور کلی مزایای استفاده از دانه‌های شیشه‌ای در رنگ‌های ترافیکی به شرح ذیل است:

- افزایش ایمنی جاده از طریق افزایش دید راننده در طول شب و در شرایط بد آب و هوایی مانند مه و باران
- افزایش طول عمر و دوام خط‌کشی جاده‌ها و رنگ‌های ترافیکی به دلیل سختی این دانه‌های شیشه‌ای
- یک انتخاب ارزان‌قیمت و اقتصادی در افزایش ایمنی جاده‌ها
- تسریع در خشک شدن رنگ‌های ترافیکی مورد استفاده در نشانه‌گذاری جاده‌ها

۱-۱-۱-چگونگی عملکرد دانه‌های شیشه‌ای:

پرتوی نوری که از چراغ اتومبیل وارد یک دانه‌ی شیشه‌ای کروی می‌شود، در جهت مخالف شکسته می‌شود که آن پرتوی شکسته شده در امتداد یک خط تقریبا موازی با پرتوی تابیده، به منبع نوری بازمی‌گردد. دانه‌های غیرکروی نور را بازنمی‌تابانند بلکه آن را در جهات مختلف متفرق می‌کنند [۴]. چگونگی عملکرد دانه‌های شیشه‌ای در شکل زیر نشان داده شده است:

۱-۱-۲- روش‌های به کارگیری دانه‌های شیشه‌ای:

روش‌های به کارگیری دانه‌های شیشه‌ای به سه دسته تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از:

- دانه‌های شیشه‌ای پیش مخلوط شده (pre-mix): این نوع دانه‌های شیشه‌ای در مراحل تولید رنگ در کارخانه به رنگ افزوده می‌شود و مقدار مصرف آن‌ها۲۰% وزنی لحاظ شده است. این نوع دانه‌های شیشه‌ای علاوه بر تامین بازتاب نور در طول عمر خط‌کشی، می‌توانند دوام رنگ‌های ترافیکی را نیز بالا ببرند.
- دانه‌های شیشه‌ای روپاشی (drop-on): این نوع دانه‌های شیشه‌ای یا به صورت ریزش آزاد و یا تحت فشار محدود بر روی فیلم تر خط‌کشی‌ها به جهت تولید بازتاب اولیه پاشیده می‌شود. بنابر استانداردهای موجود مقدار مصرف این دانه‌های شیشه‌ای در خط‌کشی راه‌ها نباید از ۴۰۰ گرم بر مترمربع خط‌کشی کمتر باشد. در واقع مقدار مصرف دانه‌های شیشه‌ای روپاشی در کشورهای مختلف، متفاوت در نظر گرفته می‌شود ولی حداقل مقدار مورد لزوم همان عدد بیان شده است.
- دانه‌های شیشه‌ای مخلوط (inter- mix): این نوع دانه‌های شیشه‌ای با رنگ گرم ترموپلاستیک اجرا و به مخزن رنگ دستگاه خط‌کش افزوده می‌شود. معمولا به دلیل مشکلات اجرایی که در مصرف رنگ سرد پایه حلالی یا پایه آبی وجود دارد، مصرف این نوع دانه‌های شیشه‌ای در این نوع خط‌کشی متداول نمی‌باشد. مقدار مصرف دانه‌های شیشه‌ای مخلوط در کشورهای مختلف، متفاوت در نظر گرفته شده است و معمولا مقدار مصرف آن بستگی به دانه‌های شیشه‌ای پیش‌مخلوط شده دارد. این نوع دانه‌های شیشه‌ای کمک شایانی در جهت افزایش عمر خط‌کشی راه دارد [۵ و ۶].

شکل ۱: چگونگی عملکرد دانه‌های شیشه‌ای در مواجهه با پرتو نوری

۱-۱-۳- فرآیند تولید دانه‌های شیشه‌ای [۷]:

مراحل تولید دانه‌های شیشه‌ای به شرح ذیل می‌باشد:

- مرحله خردایش (smashing)
- شستشو (washing)
- خشک کردن (drying)
- کوره
- الک کردن (sieving)
- بارگیری و بسته‌بندی

پس از این که شیشه خرد شده به کوره وارد می‌گردد، در حرارت حدود ۸۵۰ درجه سانتیگراد و جریان هوای گرم، این شیشه در اثر حرکت دوار کم‌کم به شکل کروی تبدیل می‌گردد. جهت رسیدن به تبدیل شرایط کیفی، شیشه‌ی مصرفی باید بی‌رنگ و عاری از هر گونه آلودگی باشد و کوره به خوبی ایزوله شده باشد، به طوری که افت حرارت آن حداقل مقدار ممکن باشد [۷].

۱-۱-٤- مشخصات عمومی دانه‌های شیشه‌ای [۸]:

دانه‌های شیشه‌ای که برای قابلیت دید در شب با رنگ‌ها مخلوط می‌شوند و یا روی آن‌ها پاشیده می‌شوند، باید دارای مشخصات زیر باشند:

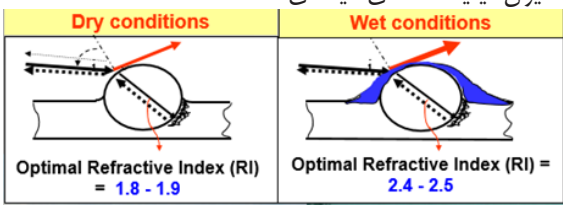
- باید کروی‌شکل، شفاف، بدون رنگ و تمیز باشند.
- نباید ترک‌خورده، لکه‌دار یا حباب‌دار باشند.
- درصد خرابی و شکستگی آن‌ها نباید از ۳۰ درصد تجاوز نکند [۸].

قدرت انعکاس دانه‌های شیشه‌ای و میزان قابل رویت بودن خط‌کشی در شب به پارامترهای ذکر شده در زیر وابسته است:

- ضریب شکست دانه‌های شیشه‌ای:

ضریب شکست یک محیط در نورشناسی، مقیاسی است بدون بعد برای نشان دادن آن که سرعت نور در آن محیط چه مقدار نسبت به خلا کاهش می‌یابد. ضریب شکست دانه‌های شیشه‌ای با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه‌ای که مورد استفاده قرار می‌گیرد، انتخاب می‌شود. در شرایط آب و هوایی خشک، مقدار ضریب شکست مناسب ۱,۹ و در شرایط آب و هوایی مرطوب با احتمال بارش بالا، ضریب شکست مناسب ۲,۴ است [۹]. اختلاط این دو نوع دانه‌های شیشه‌ای اثر هم‌افزایی داشته که می‌توان در هر شرایط آب و هوایی از آن بهره برد. ضریب شکست دانه‌های شیشه‌ای در هر دو نوع شرایط آب و هوایی (خشک و مرطوب) در شکل زیر نشان داده شده است:

- میزان کیفیت دانه‌های شیشه‌ای:



شکل ۲: ضریب شکست دانه‌های شیشه‌ای در شرایط آب و هوایی مختلف

کیفیت دانه‌های شیشه‌ای شامل میزان کروی بودن و شفافیت آن‌ها است. کروی بودن دانه‌های شیشه‌ای چگونگی بازتاب معکوس یک خط‌کشی را نشان می‌دهد. قابل توجه است که تنها دانه‌های شیشه‌ای کروی می‌توانند نور را به سمت منبع نوری بازگردانند. برای تعیین میزان کروی بودن دانه‌های شیشه‌ای از استاندارد ASTM D1155 استفاده می‌شود [۱۰]. میزان شفافیت دانه‌های شیشه‌ای نیز مشخصه‌ی دیگری است که بر قدرت انعکاس موثر است. بر طبق استانداردها، حداقل ۸۵% از دانه‌های شیشه‌ای باید بی‌رنگ، شفاف، کاملا کروی، عاری از نقاط تیره و شیری رنگ و خراش‌های سطحی باشد.

- اندازه‌ی ذرات دانه‌های شیشه‌ای:

درجه‌بندی از نظر اندازه در دانه‌های شیشه‌ای مقیاسی است برای این که چگونه یک خط‌کشی به عنوان یک سطح بازتابنده معکوس عمل خواهد کرد. هر چه اندازه‌ی ذرات دانه‌های شیشه‌ای کوچک‌تر باشد، میزان دانه‌های شیشه‌ای بیرون آمده از سطح رنگ ترافیکی کمتر است و در نتیجه میزان انعکاس نور و دید در شب کاهش می‌یابد. هر چه اندازه‌ی ذرات دانه‌های شیشه‌ای بزرگتر باشد، میزان دانه‌های شیشه‌ای بیرون آمده از سطح رنگ ترافیکی افزایش و در نتیجه انعکاس نور و دید در شب افزایش می‌یابد. تاثیر اندازه‌ی ذرات دانه‌های شیشه‌ای بر قدرت انعکاس نور در شکل زیر نشان داده شده است:

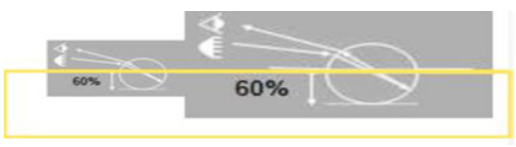
- میزان پخش شدن دانه‌های شیشه‌ای:

میزان پخش شدن دانه‌های شیشه‌ای در هر فوت مربع رنگ ترافیکی مقداری بهینه دارد که این مقدار در محدوده‌ی $7.2\text{-}8.2\ LB/100Ft^2$ است. چنان‌چه میزان پخش دانه‌های شیشه‌ای در هر فوت مربع از مقدار بهینه‌ی ذکر شده فراتر رود، چرک‌پذیری رنگ ترافیکی اعمال شده افزایش می‌یابد و چنان‌چه از مقدار بهینه‌ی ذکر شده کمتر شود، دانه‌های شیشه‌ای قدرت کافی برای انعکاس نور و دید در شب نخواهد داشت [۱۱ و ۱۲]. تاثیر میزان پخش شدن دانه‌های شیشه‌ای بر قدرت انعکاس نور در شکل زیر نشان داده شده است:

- میزان دانه‌های شیشه‌ای مصرفی
- میزان دانه‌های شیشه‌ای بیرون آمده از سطح و چگونگی قرار گرفتن آن‌ها روی سطح خط‌کشی:

در میزان بیرون‌زدگی دانه‌های شیشه‌ای از سطح خط‌کشی، سه پارامتر موثر است که عبارت‌اند از:

- اندازه‌ی ذرات دانه‌های شیشه‌ای
- ضخامت رنگ اعمالی
- فاصله‌ی نازل پاشش رنگ تا نازل پاشش دانه‌های شیشه‌ای

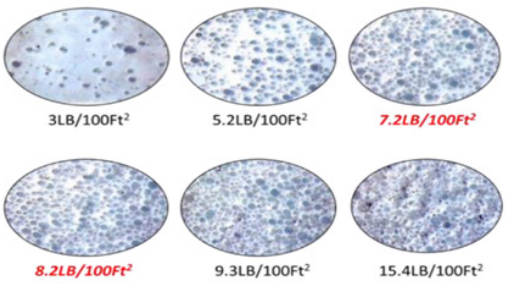


شکل ۳: تاثیر اندازه‌ی ذرات دانه‌های شیشه‌ای بر قدرت انعکاس نور

این سه پارامتر ذکر شده باید به گونه‌ای تنظیم شوند که میزان بیرون‌زدگی دانه‌های شیشه‌ای از سطح خط‌کشی در محدوده‌ی ۴۰ تا ۴۵% باشد. اگر میزان بیرون‌زدگی دانه‌های شیشه‌ای از مقدار ذکر شده کمتر باشد، این دانه‌ها در درون خط‌کشی غرق می‌شوند و کارایی لازم برای انعکاس نور و بهبود دید در شب نخواهند داشت. اگر میزان بیرون‌زدگی دانه‌های شیشه‌ای از مقدار ذکر شده بیشتر باشد، این دانه‌ها در اثر عبور چرخ خودروها از سطح خط‌کشی جدا می‌شوند و میزان انعکاس نور و دید در شب کاهش می‌یابد. تاثیر میزان بیرون‌زدگی دانه‌های شیشه‌ای بر قدرت انعکاس نور در شکل زیر نشان داده شده است:

۱-۲- عوامل موثر بر چرک پذیری خطوط ترافیکی و تاثیر آن بر روی مشخصه های بازتابی

در پژوهشی که در پژوهشکده رنگ و پلیمر دانشگاه صنعتی امیرکبیر انجام گرفته است توزیع وزن عوامل موثر در آلودگی سطوح رنگ ترافیکی از آلاینده های محیطی در مناطق مختلف شهری بررسی شده است. نمونه های رنگ ترافیکی از جاده های اصلی و جاده های کم تردد با شرایط مختلف محیطی در تهران جمع آوری شده و با استفاده از طیف سنجی اشعه ایکس پراکنده انرژی (EDS) تعیین شد. چهار آلاینده یعنی مصرف سوخت ، سایش ترمز ، سایش لاستیک و آثار قیر عمده ترین منابع محیطی هستند که می‌توانند بر تجمع خاک در سطح رنگهای ترافیکی تأثیر بگذارند. تجزیه واریانس نشان می دهد که غلظت عناصر مورد مطالعه شامل تنگستن (W)، نیکل (Ni)، کروم (Cr) ، روی (Zn) ، تیتانیوم (Ti) ، آهن (Fe) ، سرب(Pb) و کلسیم به دست آمده تحت بررسی است. (Ca) و مس (Cu) در رنگهای ترافیکی جمع آوری شده از مناطق مختلف بسیار قابل توجه بودند. پارامترهای کمیت مانند "شاخص بار آلودگی" و "عامل آلودگی" برای شناسایی سطوح احتمالی آلودگی از منابع آلودگی فوق الذکر استفاده شد. از نتایج به دست آمده ، نتیجه گیری شد که منبع اصلی آلودگی جمع شده توسط رنگهای ترافیکی ممکن است از احتراق سوخت ناشی شود. جاده هایی که اتومبیل های سوخت دیزلی بیشتر در آن‌ها تردد دارند ، از میزان آلودگی در رنگ های ترافیکی بیشتری نسبت به جاده های دیگر بودند. آثار قیر و دفعات استفاده از ترمز عوامل دیگری بودند که بر سطح آلودگی تأثیر داشتند. میزان آلودگی رنگهای ترافیکی در چهارراه ها بیشتر تحت تأثیر گرد و غبار جاده ناشی از سایش ترمز قرار دارد [۱۳].



شکل ٤: تاثیر میزان پخش شدن دانه‌های شیشه‌ای بر قدرت انعکاس نور

۲- فعالیت‌های تجربی

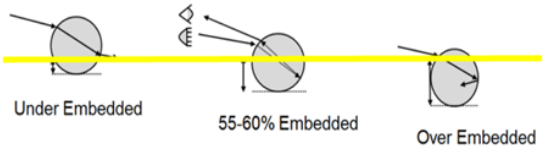
۱-۲- روش کار

بازتاب نور برگشتی، میزان انعکاس نور چراغ خودرو توسط دانه‌های شیشه‌ای در سطح خط‌کشی، از فاصله ۳۰ متری و تحت زاویه‌ی ۲,۲۹ درجه است و معمولا با دو کمیت "ضریب روشنایی نور برگشتی، R_L"، قابلیت دیده شدن خط‌کشی در شب تحت نور چراغ جلوی خودرو و "ضریب روشنایی تابش پراکنده، Q_d"، قابلیت دیده شدن خط‌کشی تحت نور پراکنده روز نشان داده می‌شود. این دو کمیت توسط دستگاهی به نام رتروفلکتومتر اندازه‌گیری می‌شود که نمونه‌ای از این دستگاه در شکل زیر نشان داده شده است:

۲-۲- پارامترهای مورد بررسی

۱-۲-۲- بررسی اثر افزودنی سیلیکونی در فرمولاسیون رنگ ترافیکی سرد

اصطلاح "اثر لوتوس" نشان دهنده همانند سازی خصوصیات خود تمیز کنندگی برگهای نیلوفر آبی در سطوح ساخته شده توسط بشر است. اخیراً در ادبیات و همچنین در برخی از کاربردهای استفاده نهایی مورد توجه قرار گرفته است. این اثر بر روی یک سطح بسیار آبگریز شکل گرفته است. در این قسمت در مورد پتانسیل به دست آوردن اثرات مشابه در رنگ های ترافیکی با استفاده از مواد افزودنی بحث می‌گردد. اثر لوتوس خود بر اساس زبری سطح ناشی از ریزساختارها در ترکیب با یک سطح آبگریز است. ترکیبی از هر دو ویژگی باعث کاهش سطح تماس ذرات جامد یا قطرات مایع روی سطح می شود. مایعاتی مانند آب ، زاویه تماس بسیار بالایی دارند. برای انتقال اثر لوتوس به رنگ ها ، ایجاد یک سطح آبگریز با کشش سطح بسیار کم ضروری است. نانو افزودنی ها می توانند با افزایش آبگریزی و کاهش تنش های سطحی به اثر لوتوس کمک کنند. یک افزودنی



شکل ٥: تاثیر میزان بیرون‌زدگی دانه‌های شیشه‌ای بر قدرت انعکاس نور

شکل ٦: دستگاه رتروفلکتومتر

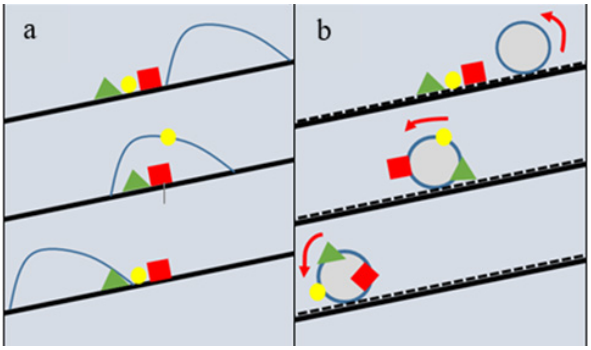
جدید اصلاح شده سیلیکونی با عملکرد هیدروکسی می تواند خاصیت تمیزکاری سطح (تمیز شدن) رنگ ها و پوشش ها را افزایش دهد. این ترکیبات نانوسیلیکونی برای مدت طولانی، از طریق گروه های OH که قابلیت اتصال به یکدیگر را دارند بهبود قابل توجهی در پاک سازی سطح رنگ ایجاد می کند تا ذرات چسبنده گرد و غبار و خاک در مقایسه با رنگ های "معمولی" بسیار راحت تر پاک شوند. در غیاب افزودنی نانو ، اثر واقعی لوتوس ایجاد نمی شود در واقع سطح حاصل خاصیت خود تمیز کنندگی ندارد اما هنگام استفاده از افزودنی نانو تمیز کردن آن بسیار آسان تر است (شکل ۷)

نانو افزودنی است. قطرات آب در حال عبور از سطح و جذب ذرات خاک به دلیل تأثیر گروههای عملکردی –OH هستند.

در این بخش به مقدار یک دهم درصد وزنی از فرمولاسیون رنگ سرد ترافیکی از افزودنی سیلیکونی ۲۲۱۱ استفاده گردید و اثر آن بر روی خواص بازتابی رنگ اعمالی بررسی گردید. نتایج این بررسی در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

۲-۲-۲- بررسی اثر نوع رنگ بر روی خواص بازتابی خطوط

در این بخش بر روی مقطعی از اتوبان صیاد شیرازی رنگ ترموپلاست سرد و ترموست دوجریی اعمال گردید و نتایج بازتاب خطوط پس از گذشت مدت زمان یک ماه از اجرا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.



شکل ۷: (a) سطح افزودنی آزاد معمولی ؛ قطرات آب که در سطح قرار دارند ذرات آلودگی را پاک نمی کنند. (b) سطح شامل نانو افزودنی است. قطرات آب در حال عبور از سطح و جذب ذرات خاک به دلیل تأثیر گروههای عملکردی –OH هستند.

۲-۲-۳- بررسی نقش بارندگی و شستشوی خطوط در اثر آن بر روی خواص بازتابی پس از خشک شدن خطوط

در این بخش نقش بارندگی و شستشوی خطوط بر روی مقطعی از اتوبان چمران پس از خشک شدن خطوط بر خواص بازتابی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی در جدول شماره ۳ نشان داده شده است.

۲-۲-٤- بررسی نقش بارندگی و شستشوی خطوط در اثر آن بر خواص بازتابی در حین بارش

در این بخش نقش بارندگی و شستشوی خطوط بر روی مقطعی از اتوبان چمران در حین بارش بر خواص بازتابی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی در جدول شماره ۴ نشان داده شده است.

۲-۲-۵- بررسی اثر میزان پخش شدن دانه‌های شیشه‌ای بر خواص بازتابی

در این بخش اثر میزان پخش شدن دانه‌های شیشه‌ای بر خواص بازتابی بر روی مقطعی از اتوبان خرازی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی در جدول شماره ۵ نشان داده شده است.

۲-۲-٦- بررسی اثر میزان دانه‌های شیشه‌ای بیرون آمده از سطح و چگونگی قرار گرفتن آن‌ها روی سطح خط‌کشی بر خواص بازتابی

در این بخش اثر میزان دانه‌های شیشه‌ای بیرون آمده از سطح و چگونگی قرار گرفتن آن‌ها روی سطح خط‌کشی بر خواص بازتابی بر روی مقطعی از اتوبان مدرس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی در جدول شماره ۶ نشان داده شده است.

شکل ۸: بررسی اثر میزان پخش شدن دانه‌های شیشه‌ای بر خواص بازتابی

شکل ۹: اندازه گیری مشخصه‌های ترافیکی بازتاب در شب و درخشندگی در روز با دستگاه رتروفلکتومتر

جدول ۱: بررسی اثر افزودنی سیلیکونی در فرمولاسیون رنگ

نام بزرگراه	محدوده خط‌کشی	نوع خط‌کشی	بدون افزودنی سیلیکونی		به همراه افزودنی سیلیکونی	
			RL	QD	RL	QD
همت	مسیر شرق به غرب از زیر پل همت-ستاری تا میانه پل همت-باکری	سرد	۱۱۰	۱۰۰	۱۳۰	۱۲۰
همت	مسیر شرق به غرب از میانه پل همت-باکری تا زیر پل همت-خیابان کاشانی	سرد	۱۱۳	۱۰۳	۱۳۳	۱۲۱
همت	مسیر شرق به غرب از زیر پل همت-خیابان کاشانی تا میانه پل همت-دهکده المپیک	سرد	۱۱۶	۱۰۵	۱۴۰	۱۱۸
همت	مسیر شرق به غرب از میانه پل همت-دهکده المپیک تا زیر پل آزادگان-همت	سرد	۱۱۵	۱۰۴	۱۳۷	۱۱۹

جدول ۵: بررسی اثر میزان پخش شدن دانه‌های شیشه‌ای بر خواص بازتابی

نام بزرگراه	محدوده خط‌کشی	نوع خط‌کشی	میزان پخش دانه‌های شیشه‌ای (lb/ft^2)	خواص بازتابی پس از گذشت یک ماه از اجرا	
				RL	QD
خرازی	مسیر غرب به شرق از میانه پل دوگاز تا دوربرگردان	سرد	۲.۵	۶۶	۱۰۶
خرازی	مسیر غرب به شرق از دوربرگردان تا میانه پل تات مال	سرد	۵	۸۷	۱۰۲
خرازی	مسیر غرب به شرق از میانه پل تات مال تا میانه پل شهرک شهید باقری	سرد	۷.۵	۱۲۵	۱۰۰
خرازی	مسیر غرب به شرق از میانه پل شهرک شهید باقری تا میانه پل تقاطع خرازی- ارغوان	سرد	۱۰	۱۱۰	۸۸

جدول ۲: بررسی اثر بررسی اثر نوع رنگ بر روی خواص بازتابی

نام بزرگراه	محدوده خط‌کشی	نوع خط‌کشی	مشخصات بازتابی	
			RL	QD
صیاد شیرازی	مسیر جنوب به شمال از پل خواجه عبدالله انصاری تا پل زین‌الدین	سرد	۱۰۵	۹۸
صیاد شیرازی	مسیر جنوب به شمال از پل زین‌الدین تا پل گلستان پنجم	دوجزیی	۱۳۵	۱۲۰
صیاد شیرازی	مسیر جنوب به شمال از خیابان گلستان پنجم تا پل مغان	سرد	۱۱۰	۹۹
صیاد شیرازی	مسیر جنوب به شمال از میانه پل مغان تا انتهای صیاد	دوجزیی	۱۳۸	۱۲۵

جدول ۳: بررسی نقش بارندگی و شستشوی خطوط در اثر آن بر روی خواص بازتابی پس از خشک شدن خطوط

نام بزرگراه	محدوده خط‌کشی	نوع خط‌کشی	حالت عادی		پس از بارش و خشک شدن کامل	
			RL	QD	RL	QD
چمران	مسیر جنوب به شمال از پل گیشا تا پل حکیم	سرد	۱۱۰	۱۰۰	۱۳۰	۱۲۰
چمران	مسیر جنوب به شمال از زیر پل حکیم تا زیر پل ملاصدرا	سرد	۱۱۱	۱۰۲	۱۴۰	۱۲۲
چمران	مسیر جنوب به شمال از زیر پل ملاصدرا تا خیابان مدیریت	سرد	۱۱۵	۱۰۰	۱۳۸	۱۲۳
چمران	مسیر جنوب به شمال از خیابان مدیریت تا پل عابر جنوب تقاطع یادگار	سرد	۱۰۸	۱۰۰	۱۳۹	۱۲۴

جدول ٤: بررسی نقش بارندگی و شستشوی خطوط در اثر آن بر خواص بازتابی در حین بارش (خط کشی سرد)

نام بزرگراه	محدوده خط‌کشی	نوع خط‌کشی	حالت عادی		هنگام بارش	
			RL	QD	RL	QD
چمران	مسیر جنوب به شمال از پل گیشا تا پل حکیم	سرد	۱۱۰	۱۰۰	۸۶	۱۱۰
چمران	مسیر جنوب به شمال از زیر پل حکیم تا زیر پل ملاصدرا	سرد	۱۱۱	۱۰۲	۸۸	۱۱۴
چمران	مسیر جنوب به شمال از زیر پل ملاصدرا تا خیابان مدیریت	سرد	۱۱۵	۱۰۰	۸۵	۱۱۵
چمران	مسیر جنوب به شمال از خیابان مدیریت تا پل عابر جنوب تقاطع یادگار	سرد	۱۰۸	۱۰۰	۸۷	۱۱۲

جدول ٦: بررسی اثر میزان دانه‌های شیشه‌ای بیرون آمده از سطح و چگونگی قرار گرفتن آن‌ها روی سطح خط‌کشی بر خواص بازتابی

نام بزرگراه	محدوده خط‌کشی	نوع خط‌کشی	متوسط درصد قطر دانه‌های شیشه‌ای بیرون آمده از رنگ	خواص بازتابی پس از گذشت یک ماه از اجرا	
				RL	QD
مدرس	مسیر شمال به جنوب از پل همت تا پل رسالت	سرد	۲۰	۸۰	۹۰
مدرس	مسیر شمال به جنوب از پل رسالت تا تقاطع خیابان بیهقی	سرد	۴۰	۸۴	۹۴
مدرس	مسیر شمال به جنوب از تقاطع خیابان بیهقی تا پل مطهری	سرد	۶۰	۱۰۲	۹۱
مدرس	مسیر شمال به جنوب از پل مطهری تا میدان هفت تیر	سرد	۷۰	۹۰	۸۹

۳- نتایج

اندازه گیری مشخصه‌های ترافیکی بازتاب در شب و درخشندگی در روز با دستگاه رترورفلکتومتر اندازه‌گیری شد (شکل ۹).
نتایج حاصل از بررسی پارامترهای بازتاب در شب و درخشندگی در روز در جدول های ذیل نشان داده شده است:

٤- جمع بندی و نتیجه‌گیری:

براساس نتایج بدست آمده از ارزیابی خطوط ترافیکی بزرگراه‌های شهر تهران به کمک دستگاه رترورفلکتومتر، مشخص شد که چرک‌پذیری خطوط ترافیکی نقش بسزائی در مشخصه بازتاب‌سنجی و درنتیجه امکان تشخیص بصری این علائم ایفا می‌کند.در بررسی اثر افزودنی سیلیکونی در فرمولاسیون رنگ سرد ترافیکی به منظور کاهش کشش سطحی رنگ ترافیکی و به تبع آن کاهش چرک‌پذیری رنگهای ترافیکی افزایش ۳۰ واحدی در مشخصه بازتاب در شب مشاهده گردید. در بخش دیگری از این پژوهش تاثیر بارندگی از دو منظر مورد بررسی قرار گرفت؛ بارش از منظر شستشوی خطوط ترافیکی باعث بهبود مشخصه‌های بازتاب در روز و شب (Q_D و R_L) می‌گردد لیکن از سوی دیگر، در حین بارش به دلیل ایجاد یک لایه بر روی خطوط و ایجاد تفاوت در ضریب شکست پرتو ارسالی از چراغ خودرو سبب کاهش دید در شب خطوط ترافیکی و افزایش احتمال تصادفات جاده‌ای می‌گردد. در ادامه مقاومت سایشی خطوط ترافیکی و نقش آن در نگهداری دانه‌های شیشه‌ای روپاش شده خط‌کشی‌های معابر شهری بررسی گردید که نتایج بدست آمده حاکی از آن است که رنگ‌های دارای مقاومت سایشی بالاتر به مراتب در بلند مدت بازتاب در شب بالاتری را بواسطه حفظ بهتر دانه‌های شیشه‌ای روپاش نشان می‌دهند. در بخش دیگری از این پژوهش نیز تاثیر تغییر نوع رنگ ترافیکی از ترموپلاست سرد به ترموست دوجزیی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت که نتایج بدست آمده حاکی از آن است که رنگ دوجزیی ترافیکی از لحاظ ماندگاری بازتاب به مراتب خواص بازتابی بهتری را نسبت به رنگ سرد ترافیکی با شرایط کامل یکسان نشان خواهد داد.

۵- مراجع

[1] Amato F, Pandolfi M, Moreno T, et al. Sources and variability of inhalable road dust particles in three European cities. Atmospheric Environment. 2011;45(37):6777–6787.

[2] Gunawardana C, Goonetilleke A, Egodawatta P, et al. Source characterization of road dust based on chemical and mineralogical composition. Chemosphere. 2012;87(2):163–170.

[3] Apeagyei Eric, Michael S Bank, John D Spengler. Distribution of heavy metals in road dust along an urban-rural gradient in Massachusetts. Atmospheric Environment. 2011;45(13):2310–2323.

[4] Pike AM, et al. Evaluation of Retroreflectivity Measurement Techniques for Profiled and Rumble Stripe Pavement Markings. Transportation Research Record 2011

[5] Stoudt MD, Vedam K. Retroreflection from spherical glass beads in highway pavement markings. 1: Specular reflection

[6] Highways Markings. A Guide to IS EN 1436 European Standard for Road Markings

[7] Owens Da, et al. Effects of age and illumination on night driving: a road test. Hum Factors 2007

[8] Highways Markings. A Guide to IS EN 1436 European Standard for Road Markings

[9] CEN – EN 1436 – 2018. Road Marking Materials – Road Marking Performance for Road Users and Test Methods.European Committee for Standardization (CEN), 2018.

[10] AASHTO M247-13 . Standard Specification for Glass Beads Used in Pavement Markings. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018.

[11] Federal Aviation Administration . Standards for Specifying Construction of Airports. FAA-AC-150/5370-10H. Federal Aviation Administration, 2018

[12] ASTM D4061-13 . Standard Test Method for Retroreflectance of Horizontal Coatings. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018.

[13] Sabbagh Alvani AA, Sameie H, Salimi R ,et al. Factors affecting Dirt Pick up of Traffic Paints in Areas with Different Characteristics: Tehran Roads as a Case Study.2018.