

بررسی روشهای اندازه گیری مقاومت لغزندگی رویه راه و نحوه ارزیابی آن در سطح جاده

محمود عامری^۱، شهریار افندی زاده^۲، محمد حسن میرابی مقدم^۳
mhmirabi@hotmail.com

چکیده

روشهای مختلفی برای اندازه گیری مقاومت لغزندگی رویه راه وجود دارد، که هر کدام دارای ویژگی خاصی می باشند. از بین این روشها، دو روش آزمایش آونگ انگلیسی به منظور تعیین بافت ریز و روش پخش ماسه برای اندازه گیری بافت درشت روسازی از کاربرد بیشتری برخوردار بوده و اکثر استانداردهای تامین مقاومت لغزندگی نیز بر مبنای این دو روش تنظیم شده اند. از آنجا که رعایت استانداردها در انجام آزمایشات فوق نقش موثری در تعیین ارزش مقامت لغزندگی و انطباق آن با مقادیر آیین نامه ای دارد، در این مقاله استانداردهای موجود برای انجام این آزمایشات تشریح و یک روش ارزیابی مناسب برای مقاومت لغزندگی در سطح جاده نیز ارائه شده است.

کلمات کلیدی: مقاومت لغزندگی، روسازی راه، بافت درشت، بافت ریز، اندازه گیری، استانداردهای ایمنی، تصادفات

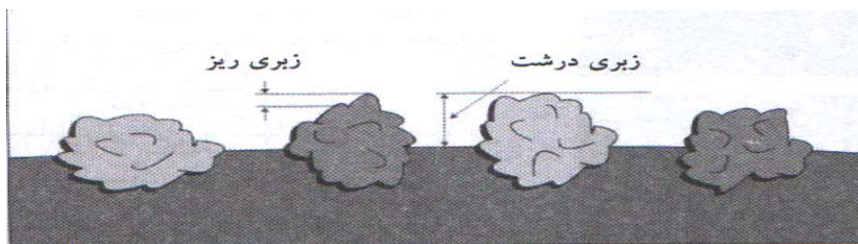
مقدمه

مقاومت در برابر لغزندگی از خصوصیات مهم رویه راه است، که در ارتباط با تامین ایمنی و پیشگیری از تصادفات ناشی از لغزندگی نقش موثری را دارا می باشد. این خصوصیت بصورت نیرویی که به هنگام ترمزگیری، در برابر سرخوردن لاستیکهای وسیله نقلیه بر روی سطح خیس روسازی عمل می کند، تعریف شده و با پارامتری موسوم به ضریب اصطکاک بیان می گردد [۱]. مقاومت در برابر لغزندگی تحت تاثیر عوامل مختلفی از ترافیک، جاده، وسیله نقلیه و محیط قرار دارد، که مهمترین آنها مشخصات بافت سطح جاده می باشد. این بافت در دو مقیاس ریز و درشت مورد مطالعه قرار گرفته و ترکیب مناسبی از آنها در مخلوط آسفالتی رویه، مقاومت لازم برای جلوگیری از لغزش خودروها را در شرایط مختلف سرعت فراهم می سازد. بافت ریز، به میزان ناهمواریهای موجود در سطح سنگدانه ها با طول موجهای کمتر یا مساوی ۰/۵ میلیمتر اطلاق می شود و بیانی از زبری و صیقلی بودن سنگدانه های موجود در مخلوط آسفالتی می باشد. این بافت در شرایط بارندگی و مرطوب، فیلم نازک آب سطح جاده را جذب و سبب ایجاد درگیری و تماس بیشتر لاستیک وسیله نقلیه و سطح جاده می شود و بهمین جهت تامین کننده حداکثر مقاومت لغزشی قابل حصول در سرعتهای پایین می باشد. بافت درشت، عبارت است از ارتفاع بیرون زده سنگدانه ها از سطح رویه که طول موج ناهمواریهای آن بین ۰/۵ تا ۵ میلیمتر متغیر است. این بافت بدلیل ایجاد کانالهای باریک، جریان آب سطحی را در هنگام بارندگی به سرعت از سطح جاده به بیرون منتقل کرده و از عمل هیدروپلانینگ جلوگیری می نماید. بافت درشت برخلاف بافت ریز، عامل مقاومت در سرعتهای بالا بوده و بعنوان ضریب زاویه اصطکاک - سرعت شناخته می شود. شکل (۱) وضعیت این دوبافت را بر اساس تعاریف ارائه شده نشان می دهد [۲].

^۱ دانشیار گروه راه و ترابری دانشگاه علم و صنعت ایران

^۲ دانشیار گروه حمل و نقل دانشگاه علم و صنعت ایران

^۳ دانشجوی دکتری راه و ترابری دانشگاه علم و صنعت ایران



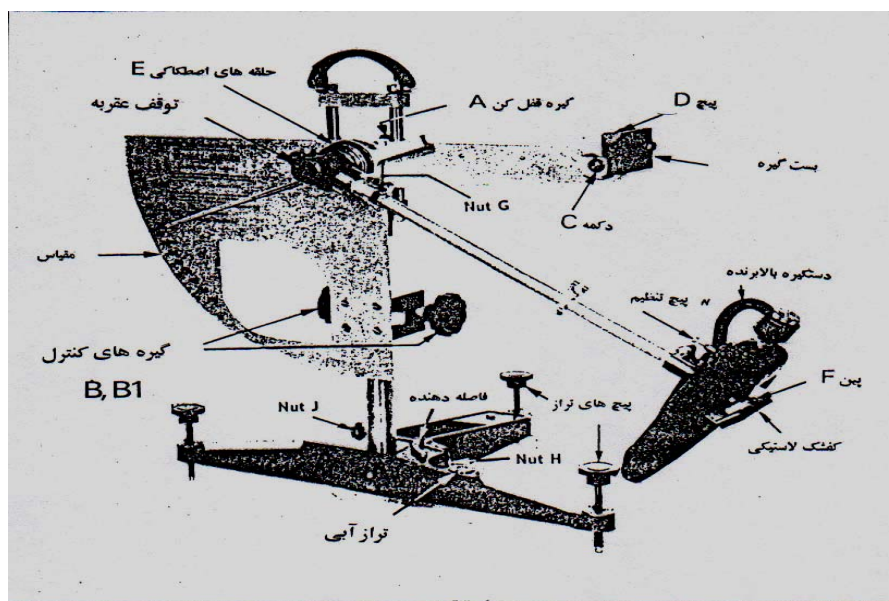
شکل شماره ۱ - بافت ریز و بافت درشت روسازی راه

اندازه گیری بافت روسازی به روشهای مختلفی انجام می شود ، که رایج ترین آنها آزمایش آونگ انگلیسی (برای اندازه گیری بافت ریز) و روش پخش ماسه (برای اندازه گیری بافت درشت) می باشد . مطالعات نشان داده اند که براساس نتایج حاصل از این دو آزمایش ، می توان وضعیت لغزشی سطح رویه را در سایت مشخصی از جاده تعیین و ارزیابی مناسبی از مقاومت در برابر لغزندگی در سرعتهای مختلف بعمل آورد [۳] .

آزمایشات

۱- آزمایش آونگ انگلیسی

این آزمایش که توسط موسسه تحقیقات راه انگلستان ارایه شده است [۴] بیشتر برای اندازه گیری بافت ریزروسازی و تعیین ارزش صیقلی سنگ بکار میرود و از آنجاکه وسیله اندازه گیری آن قابل حمل می باشد ، می تواند هم در سطح جاده و هم در آزمایشگاه مورد استفاده قرار گیرد . دستگاه اندازه گیری در این روش بسیار ساده بوده و از اجزاء مختلفی مطابق شکل (۲) تشکیل شده است .



شکل ۲ - جزئیات دستگاه آونگ انگلیسی

در موقع آزمایش ، بازوی آونگ از یک ارتفاع استاندارد (H) تحت تاثیر وزن خود (W) رها شده و در تماس با سطح کوچکی از جاده بنام سطح لغزش (۱۲/۵ * ۷/۶ سانتیمتر) قرار می گیرد . در این تماس بر حسب اینکه چقدر سطح جاده زیر بوده و اصطکاک ایجاد کند ، بازوی آونگ به مقدار (H-h) افت انرژی پیدا کرده و در طرف دیگر عقربه دستگاه روی صفحه ای مدرج ، درجه ای را نشان می دهد که به SRV موسوم بوده و بیان کننده ارزش مقاومت لغزندگی سطح جاده می باشد . مقیاس در نظر گرفته شده برای مقاومت لغزندگی در این روش بین صفر تا ۱۵۰ بوده که مقادیر بیشتر نشان دهنده سطح زبرتر و یا دارای اصطکاک بیشتر می باشند . این مکانیزم معمولاً به شکل رابطه (۱) بیان می شود [۵] :

$$\mu = W(H-h)/D * P$$

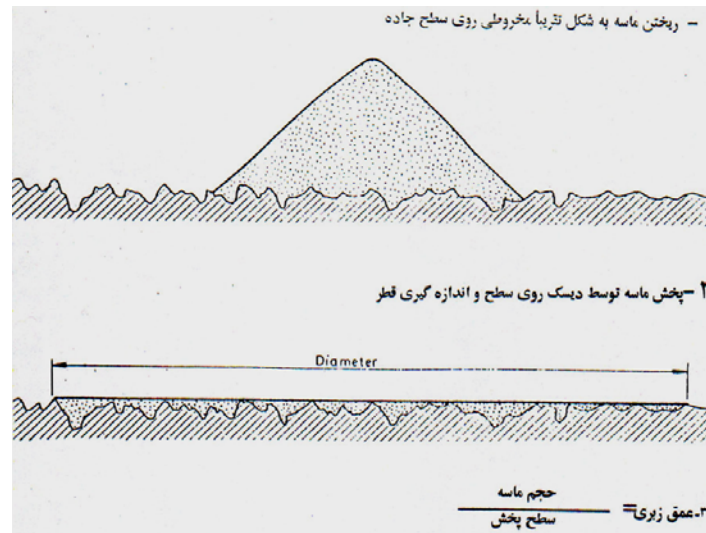
(1)

که در آن :

- μ - ضریب اصطکاک سطح جاده ، معادل $1/100$ درجه SRV
- W - وزن بازوی آونگ بعلاوه وزن لاستیک لغزنده که معمولاً 1500 گرم می باشد
- H - ارتفاع استاندارد از سطح آزمایش تا حالت افقی آونگ
- h - ارتفاعی که بعد از تماس کفشک لاستیکی با سطح آزمایش در طرف دیگر نوسان حاصل می شود
- P - بار عمودی بین بازوی آونگ و سطح آزمایش ، که مقدار آن معمولاً 5 پوند است
- D - عرض کفشک لاستیکی ، که اندازه آن $7/6$ سانتیمتر می باشد

۲- روش پخش ماسه

این روش که در سال ۱۹۶۹ توسط موسسه تحقیقات راه انگلستان (TRRL) ارایه شده ، ساده ترین و رایج ترین روشی است که در تعیین عمق زبری رویه راه از آن استفاده می شود. در این روش مطابق شکل (۳) حجم معینی از ماسه با خصوصیات و دانه بندی مشخص توسط یک صفحه فلزی دایره ای شکل روی سطح جاده مورد نظربصورت دایره پخش شده و آنگاه عمق زبری رویه راه از تقسیم حجم ماسه اولیه به سطح جاده تحت پوشش ماسه بدست می آید . طبیعی است هرچه رویه راه زبرتر باشد ، با حجم ثابت ماسه سطح کمتری پوشش شده وبر عکس هرچه سطح جاده صافتر ویا عمق زبری آن کمتر باشد ، سطح بیشتری تحت پوشش قرار می گیرد [۶].



شکل ۳ - اندازه گیری عمق زبری رویه راه با روش پخش ماسه

ارزیابی مقاومت لغزندگی در سطح جاده

برای ارزیابی مقاومت لغزندگی سطح جاده ، تا کنون متدهای مختلفی مورد استفاده قرار گرفته اند . یکی از این متدها ترکیبی از دو آزمایش آونگ انکلیسی و پخش ماسه می باشد ، که میزان تاثیر بافت ریز و درشت را درمقاومت لغزندگی روسازی مورد بررسی قرار داده ودرک مناسبی از وضعیت لغزشی سطح جاده برای مهندسين به منظور اتخاذ یک راه حل مناسب ارایه می کند . مراحل این متد که برای اولین بار درسطح چند جاده اصلی در استان سیستان و بلوچستان به اجرا گذارده شده است ، به شرح زیر می باشد [۳] :

- ۱- بازدید و بررسیهای اولیه از سطح جاده به منظور انتخاب سایت برای آزمایش
- انتخاب سایت برای انجام آزمایش ، به نیازها وانتظارات خاص یک پروژه بستگی داشته و عموماً بر مبنای شرایط زیرصورت می پذیرد :
 - مکانهای حادثه خیز راهها به منظور تعیین نقش لغزندگی سطح جاده در بروز تصادف
 - محلهای دارای پتانسیل خطر خیزی نظیر : محلهای دارای فرسودگی مصالح ، قیرزدگی و دارای آلودگی سطح
 - محلهایی به فواصل بین ۱۶ . / تا ۱۶ / روی سطح جاده هایی که بتازگی روکش شده اند .

۲- تدارک ایمنی برای انجام آزمایش

از آنجاکه اندازه گیری اصطکاک در سطح جاده در شرایط عبور و مرور وسایل نقلیه با خطراتی همراه است، باید قبل از انجام هرگونه آزمایشی نسبت به تامین ایمنی اقدام شود. در این ارتباط نصب علائم خاص راهنمایی در دو طرف محل آزمایش به منظور کاهش دادن سرعت وسایل نقلیه و همچنین کمک گرفتن از دونفر کارگر برای بدست گرفتن پرچمهای مخصوص، می تواند حداقل تدابیر ایمنی در این زمینه باشد.

۳-انجام آزمایش آونگ انگلیسی

این آزمایش باید به شرح زیر در هر سایت انجام می شود:

الف) استقرار دستگاه آونگ انگلیسی در سایت مورد نظر

در مورد استقرار دستگاه، دونکته اساسی باید مورد توجه قرار گیرد: نخست آنکه این دستگاه در سطح جاده باید به گونه ای مستقر شود تا بازوی آونگ بتواند در جهت ترافیک نوسان کند و دوم اینکه به منظور کاهش خطر ناشی از برخورد وسایل نقلیه عبوری و نیز تامین شرایط یکسان در آنالیز و تفسیر نتایج، دستگاه در حدود ۳۰ سانتیمتری از لبه روسازی مستقر گردد.

ب) تنظیم دستگاه

تنظیم دستگاه از اساسی ترین مراحل انجام آزمایش است، که عدم انجام آن منجر به ارایه نتایج غیر واقعی می گردد. این تنظیمات عبارتند از:

- تنظیم سطح تراز دستگاه به منظور تامین یک سطح افقی برای انجام آزمایش. برای این منظور پیچهای تراز به سمت داخل یا خارج چرخانده شده تا حباب هوا در وسط تراز کروی نصب شده بر روی پایه دستگاه قرار گیرد.

- تنظیم صفر دستگاه، برای این منظور بازوی آونگ را در وضعیت افقی قرار داده و سپس آن را توسط دکمه C رها می کنند. در صورتیکه عقربه بر روی درجه صفر صفحه مدرج دستگاه قرار گیرد، صفر دستگاه تنظیم می گردد، در غیر اینصورت باید با استفاده از حلقه های اصطکاکی E نسبت به تنظیم صفر دستگاه اقدام گردد.

- تنظیم طول لغزش، که با استفاده از یک خط کش مخصوص و فاصله دهنده متصل به پایه انجام می پذیرد.

پ) مرطوب نمودن سطح جاده و کفشک لاستیکی

آزمایش آونگ انگلیسی معمولاً بر روی سطح جاده خیس انجام می شود، زیرا براساس مطالعات انجام شده اصطکاک لازم بین لاستیک و سطح جاده در هوای خشک کفایت کرده و اما به هنگام بارندگی مشکل لغزندگی باعث کاهش اصطکاک تشدید می گردد.

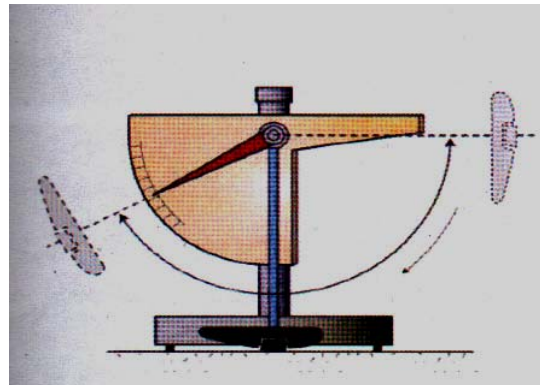
بهمین جهت، قبل از انجام آزمایش باید سطح جاده تمیز و همراه با کفشک لاستیکی مرطوب شود.

ت) تعیین ارزش مقاومت لغزندگی (SRV)

برای تعیین ارزش مقاومت لغزندگی در سایت مورد نظر، بازوی آونگ را به حالت افقی در آورده و سپس عقربه دستگاه را می چرخانیم تا بر روی نقطه توقفش در امتداد خط بازوی آونگ قرار گیرد. سپس با فشاربه دکمه C بازوی آونگ را رها کرده تا نوسان انجام گیرد

(شکل ۴). میانگین ۵ قرائت متوالی مشروط براینکه بیش از سه واحد با هم اختلاف نداشته باشند، بعنوان ارزش مقاومت لغزندگی

یاد داشت و به همراه درجه حرارت سطح جاده گزارش می شود



شکل ۴ - روش تعیین ارزش مقاومت لغزندگی با دستگاه آونگ انگلیسی

۴- انجام آزمایش پخش ماسه

معمولاً ارزشهایی که توسط آونگ انگلیسی تعیین می شوند، عملکرد اصطکاکی وسیله نقلیه با لاستیک آجدار را در سرعتهای پایین (کمتر از ۵۰ کیلومتر در ساعت) نشان می دهند. لذا این مقادیر به تنهایی قادر به تفسیر عملکرد اصطکاک در سرعتهای بالا نبوده و لازم است که بافت درشت روسازی به طریق پخش ماسه مورد اندازه گیری قرار گرفته و نتایج حاصل از آن در تفسیر وضعیت

لغزشی سطح جاده مورد استفاده قرار گیرد. آزمایش پخش ماسه مطابق با استاندارد ASTM به شرح زیر در سطح جاده انجام می شود [۷]:

الف) آماده کردن سطح مورد آزمایش

ابتدا در داخل سایت مورد نظر یک ناحیه خشک و یکنواخت (بدون ترک و اتصال) انتخاب و سپس این ناحیه با یک برس سیمی تمیز می گردد. همچنین لازم است برای جلوگیری از پراکنده شدن ماسه بر اثر باد و عبور و مرور وسایل نقلیه، یک حفاظ باد تهیه و در محل نصب گردد (شکل ۵).

ب) انتخاب ماسه

ماسه مورد استفاده در این آزمایش، از نوع ماسه رودخانه ای بوده و باید حداقل ۹۰ درصد وزنی آن از الک نمره ۶۰ رد شده و بر روی الک نمره ۸۰ باقی بماند.

پ) انجام آزمایش

برای انجام آزمایش، استوانه ای فلزی با حجم معین را از ماسه خشک پر کرده و آن را با استفاده از یک صفحه مخصوص بر روی سطح جاده به شکل دایره پخش میکنند. آنگاه قطر این دایره را در چهار جهت اندازه گیری و ازم متوسط مقدار آن برای محاسبه سطح دایره پوشش شده با ماسه استفاده می کنند. عمل پخش ماسه معمولاً در چهار نقطه از یک سایت انجام و از متوسط نتایج چهار بار اندازه گیری عمق متوسط بافت برای سایت مورد نظر تعیین می گردد.



شکل ۵ - یک نمونه حفاظ باد و نحوه اندازه گیری قطر دایره در آزمایش پخش ماسه

ت) محاسبات

عمق زبری در هر نقطه از سایت، از تقسیم حجم معین ماسه بر سطح دایره ای پوشش شده با ماسه محاسبه و با میانگیری چهار بار اندازه گیری، متوسط عمق بافت برای سایت مورد نظر تعیین و گزارش می شود.

ارزیابی سایت از نظر لغزش

به منظور تعیین کفایت یا عدم کفایت مقاومت لغزندگی سطح جاده، مطالعات متعددی در کشورهای مختلف انجام شده و حداقل استانداردهایی بهمین منظور تدوین گردیده است. این استانداردها با توجه به نوع آزمایشات بکار گرفته شده متفاوت بوده و مقادیر آنها نیز از یک کشور به کشور دیگر فرق می کند. با آنکه رویه مشترکی بین کشورها برای تعیین یک سطح مناسب برای جلوگیری از لغزش وسیله نقلیه وجود ندارد، معذالک می توان از استانداردهای زیر برای ارزیابی وضعیت لغزشی سطح جاده استفاده نمود:

الف) استانداردهای کشور انگلستان

در کشور انگلستان برای ارزیابی وضعیت لغزشی سطح جاده سه نوع استاندارد مورد استفاده قرار می گیرد، که یکی از آنها مربوط به ارزش مقاومت لغزندگی بدست آمده از آزمایش آونگ انگلیسی می باشد. در این استاندارد، سایت‌های مورد آزمایش به سه طبقه تقسیم بندی شده و در هر طبقه حداقل مقادیری برای SRV پیشنهاد شده است (جدول ۱)

جدول ۱ - حداقل مقادیر ارزش مقاومت لغزندگی ، اندازه گیری شده با دستگاه آونگ انگلیسی [۶]

طبقه بندی سایت	نوع سایت	حداقل SRV در سطح مرطوب
A	سایتهای خطرناک مانند: ۱- میادین ۲- قوسهای با شعاع کمتر از ۱۵۰ متر ۳- شیب های ۱ به ۲۰ و بیشتر در طولهای بیشتر از ۱۰۰ متر ۴- نزدیکی به چراغ راهنمایی	۶۵
B	جاده های ماشین رو ، جاده های اصلی و طبقه یک و جاده های با ترافیک سنگین در نواحی شهری (بیش از ۲۰۰۰ وسیله نقلیه در روز)	۵۵
C	سایت های دیگر	۴۵

ب) استانداردهای کشور فرانسه

توصیه های وزارت راه کشور فرانسه در مورد عمق بافت رویه به شرح زیر می باشد [۶] :

- عمق بافت رویه در هیچ شرایطی نباید کمتر از ۲ / . میلیمتر باشد .
- در جاده های با حداکثر سرعت ۸۰ کیلومتر در ساعت و در نواحی شهری حداقل عمق بافت رویه باید بین ۲ / . تا ۴ / . میلیمتر باشد .
- برای جاده های با سرعت بین ۸۰ تا ۱۲۰ کیلومتر در ساعت ، حداقل عمق بافت بین ۴ / . تا ۸ / . میلیمتر مناسب هستند .
- در جاده های با سرعت بیش از ۱۲۰ کیلومتر در ساعت ، بافت رویه باید کاملاً زیر و عمق آن می بایست بین ۸ / . تا ۱۲ / . میلیمتر باشد .

خلاصه و نتیجه گیری

مقاومت در برابر لغزندگی از پارامترهای مهم ایمنی راه است ، که در پیشگیری از تصادفات ناشی از لغزندگی نقش موثری دارد . این پارامتر بعنوان ویژگی سطح روسازی متاثر از دونوع بافت ریز و بافت درشت رویه می باشد ، که با وسایل و روشهای مختلفی اندازه گیری می شوند . از بین این روشها ، دوروش آزمایش آونگ انگلیسی برای تعیین بافت ریز و پخش ماسه برای تعیین میزان بافت درشت از کاربرد بیشتری برخوردار بوده و به کمک آنها می توان یک ارزیابی مناسب از مقاومت لغزندگی در سطح جاده بعمل آورد . اما این روشها به مانند سایر روشهای اندازه گیری اصطکاک دارای محدودیتهایی می باشند ، که توجه به آنها می تواند به ارزیابی وضعیت لغزشی سطح جاده کمک شایات توجهی نماید . این محدودیتهای عبارتند از :

الف) دستگاه آونگ انگلیسی ، خصوصیات اصطکاکی سنگدانه های موجود در مخلوط آسفالتی را در یک سطح کوچک به ابعاد ۱۲۵ میلیمتر و ۷۶ میلیمتر عرض اندازه گیری کرده و مقادیر حاصل از آن از یک نقطه به نقطه دیگر متفاوت می باشند . بنابراین آزمایش باید در چند نقطه از یک سایت (حداقل ۵ نقطه) انجام ومیانگین اندازه ها بعنوان ارزش مقاومت لغزندگی آن سایت ثبت و مورد استفاده قرار گیرد .

ب) آزمایش آونگ انگلیسی به شدت تابع درجه حرارت سطح روسازی بوده و مقادیر حاصل از آن با افزایش یا کاهش درجه حرارت آب روی سطح جاده تغییر می کند . مطالعات نشان داده اند که شدت تغییرات SRV در درجه حرارت های بالای ۲۰ درجه سانتیگراد کم و در حدود ۲ تا ۳ واحد بوده ودرجه حرارت های زیر ۲۰ درجه سانتیگرادزیاد می باشد . بنابراین باید در حین آزمایش ، درجه حرارت آب پخش شده روی سطح جاده اندازه گیری ودر تجزیه و تحلیل نتایج مورد استفاده قرار گیرد .

پ) نتایج حاصل از آزمایش آونگ انگلیسی مستقل از روش پخش ماسه بوده و هیچ ارتباطی بین این دو به اثبات نرسیده است . بنابراین مقادیر بدست آمده از این دو آزمایش بطور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته و اثرات هر یک در بافت ریز و درشت روسازی مورد ارزیابی قرار می گیرد .

مراجع

- [۱] عامری - محمود ، افتخارزاده - فرهاد ، مدیریت روسازی برای راهها ، فرودگاهها و پارکینگها ، دانشگاه علم و صنعت ایران ، ۱۳۷۸
- [۲] قربانی - مهران ، نوری امیری - محمد ، راهنمای ایمنی راه (مجمع جهانی راه - پیارک) ، دفتر مطالعات فناوری و ایمنی وزارت راه و ترابری ، ۱۳۸۴
- [۳] میرابی مقدم - محمد حسن ، بررسی لغزندگی سطح راهها ، پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه صنعتی امیر کبیر ، ۱۳۷۷
- [۴] Giles C.G., Sabey B.E and Cardew K.H.F., " Development and Performance of the Portable Skid Resistsnce Tester " , Road Reserch Technical Paper No.66 , Department of Scientific and Industrial Research . u.k
- [۵] کاوسی ، امیر ، " ضرایب اصطکاک مورد نیاز برای قشر رویه راه " چهارمین دوره تخصصی - آموزشی راه و ژئوتکنیک ، دانشگاه علم و صنعت ایران ، ۱۳۷۳
- [۶] Roger Hosking . " Road Aggregates and Skidding " , Transport Reserch Laboratory , Department of Transport , State-of-the Art Reviev 4 , London : HMSO, 1992
- [7] ASTM E965-96 . " Standard Measurring Pavement Macrotecture Depth Using a Volumetric Technique " . American Society for Testing and Material,2002