

تحلیل اصطکاک و بافت روسازی آسفالتی با استفاده از دستگاه آونگ انگلیسی و آزمایش پخش ماسه

منصور فخری^۱، ابوالفضل حسنی^۲، محمد کاری^{۳*}

- ۱- دانشیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی
- ۲- استاد، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس
- ۳- کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

teh1365m@yahoo.com

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۳/۱۲/۳]

تاریخ دریافت: [۱۳۹۳/۴/۳۰]

چکیده - لغزنده شدن سطح راه‌ها یکی از عواملی است که احتمال وقوع تصادفات را افزایش می‌دهد. لغزش زمانی اتفاق می‌افتد که ضریب اصطکاک بین لاستیک و سطح راه برای حفظ چسبندگی بین این دو کافی نباشد. با افزایش سرعت وسیله نقلیه و حجم ترافیک که دو عامل اساسی در مسئله سرخوردگی است، این موضوع اهمیت زیادی پیدا کرده است. به شکلی که امروزه کنترل مقاومت سرخوردگی روسازی‌ها در کشورهای پیشرفته صنعتی امری مهم بوده و در طرح روسازی‌ها بدان توجه کامل می‌شود. اصطکاک راه با تغییر عوامل متعددی از جمله مشخصات سطح آسفالت، مشخصات لاستیک، درجه رطوبت راه و شرایط عملکردی وسیله نقلیه تغییر می‌کند. در این پژوهش با مطالعه موردی خیابانی با ترافیک سنگین واقع در منطقه بیست شهر تهران و بررسی اطلاعات آماری مربوط به ترافیک و تصادفات آن، آزمایش‌های مربوط به آسفالت در بزرگراه شهید رجایی تهران مسیر شمال به جنوب حد فاصل پل آزادگان تا بیمارستان شهدای هفتم تیر انجام و سپس آزمایش‌های میدانی به وسیله دستگاه آونگ انگلیسی برای تعیین مقاومت لغزشی و آزمایش پخش ماسه برای تعیین بافت درشت روسازی انجام شد در پایان با بررسی ارتباط بین داده‌ها و نتایج آزمایش‌ها، نمودارهای چگونگی تغییرات مقاومت لغزشی نسبت به زمان بر اثر عبور ترافیک ارائه شده است. با مقایسه نتایج با استانداردها می‌توان نتیجه گرفت که پس از گذشت ۷ ماه نیاز به بهبود مقاومت لغزشی روسازی آسفالتی است.

کلید واژه: مقاومت لغزشی، آونگ انگلیسی، بافت روسازی

۱- مقدمه

ب) نقائص جاده مانند: لغزنده بودن سطح جاده، نقص علائم، کمی عرض جاده، وجود دست انداز، فقدان شانه‌های کناری، وجود ناهمواری در سطح جاده، نداشتن حفاظ کناری و موانع دید در حریم جاده.

که در این راستا، اصطکاک بین لاستیک و سطح رویه جاده از اهمیت خاصی برخوردار است که در صورت نداشتن ضریب اصطکاک کافی، تصادف ناشی از لغزندگی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود [۲].

مشخصات مهم سطح راه که با میزان مقاومت اصطکاکی راه

اگرچه در سال‌های اخیر نرخ رشد فوتی‌های ناشی از تصادفات رو به کاهش است ولی کماکان ایران یکی از بیشترین آمار کشته شدگان در اثر تصادف را در جهان دارد [۱].

چهار عامل را می‌توان به عنوان اصلی‌ترین عوامل تصادف نام برد که شامل عوامل انسانی، وسیله نقلیه، جاده و شرایط جوی می‌باشند. عامل جاده‌ای خود شامل دو قسمت است:

الف) وضعیت جاده از لحاظ هندسی مانند: وضعیت شیب جاده، قوس‌ها و شیب در آن‌ها، تقاطعات.

ذرات بافت ریز سطح روسازی را بازگو کند.

بافت درشت به ناهمواری‌هایی اطلاق می‌شود که به دلیل چینش سنگدانه‌ها به وجود می‌آیند. این ناهمواری‌ها بین ۰/۳ میلی‌متر تا ۵ میلی‌متر می‌باشند. شایان توجه است که ناهمواری‌های بزرگتر از مقادیر فوق به عنوان ضعف روسازی مورد توجه قرار می‌گیرند. بافت درشت ناکافی که به دلیل ضعف در ساخت روسازی ایجاد می‌شود، موجب کاهش مقاومت لغزشی است. به ویژه در سرعت‌های زیاد، باعث افزایش خطر تصادف می‌شود. کنده شدن سنگدانه‌ها، قیرزدگی سطح روسازی و سنگدانه‌های فرورفته را می‌توان به عنوان اصلی‌ترین دلایل کاهش مقدار بافت درشت در سطح روسازی نام برد. روش آزمایش پخش ماسه ساده‌ترین روش برای اندازه‌گیری میزان بافت درشت است [۷].

در جدول اروش‌های سنجش مقاومت لغزشی و بافت روسازی بیان شده است.

جدول ۱: روش‌های اندازه‌گیری بافت سطحی و مقاومت لغزشی [۸]

ویژگیها	مشخصه دستگاه	نوع آزمایش
انرژی جنبشی از دست رفته را ارزیابی می‌کند	دسته آونگی که روی سطوح می‌لغزد	آزمایش آونگ انگلیسی
سنجش عمق بافت منطقه تحت پوشش	پخش ماسه روی منطقه دایره شکل تا روزنه‌های سطح پر شوند.	آزمایش پخش ماسه

۳- نقش روکش جدید آسفالتی در کاهش

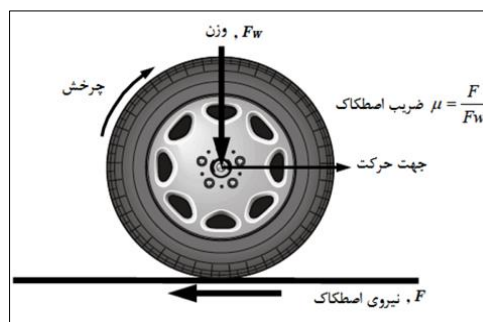
تصادفات

این یک حقیقت است که هرچه رقم مقاومت لغزشی کمتر باشد، درصد بیشتری از تصادف‌ها در فصول پاییز و زمستان که بارندگی بیشتر است دیده می‌شود [۹]. پژوهشگران در انگلستان بیان داشته‌اند که تصادفات ناشی از لغزندگی حدوداً ۲۵ درصد تمامی تصادفاتی است که در شرایط بارندگی اتفاق افتاده‌اند [۱۰]. نتایج مطالعات اسمیت نیز نشان داده است که بین ۱۵ تا ۱۸ درصد از تمام تصادفات روی روسازی خیس اتفاق افتاده است [۱۱].

مرتبط است عبارتند از: ۱- استحکام و مقاومت مصالح در برابر صیقلی شدن که مرتبط با جنس مصالح درشت دانه مخلوط آسفالتی است. ۲- بافت ریز مناسب سطح راه که در سرعت‌های پایین وسایل نقلیه لازم است. ۳- بافت درشت مناسب سطح راه که برای ایجاد مقاومت اصطکاکی کافی در سرعت‌های بالای وسایل نقلیه و بهبود عملکرد لاستیک‌ها در ترمز کردن لازم است. ۴- مناسب بودن زهکشی آب سطحی روسازی در زمان بارندگی است [۳].

سایر مولفه‌های اثر گذار روی ضریب اصطکاک و مقاومت لغزشی عبارتند از: فشار باد لاستیک، دما، ترکیب، الگوی ساختار لاستیک و عمق آج آن، این فاکتورها، مربوط به سطح مقاومت در تعامل موجود میان لاستیک و سطح است. علاوه بر این، ترکیب و شرایط سطح روسازی، به همراه وجود و یا نبود رطوبت، گل و لای، برف، یخ، روغن و سایر عوامل تغییر دهنده سطح جاده، فاکتورهایی مهم در شناسایی مقاومت لغزشی است [۴].

شکل ۱ بیان‌گر چگونگی اندازه‌گیری مقدار اصطکاک است.



شکل ۱: چگونگی اندازه‌گیری مقدار اصطکاک [۵]

۲- بافت سطحی روسازی

در هر سرعتی تاثیر بافت ریز و بافت درشت در اصطکاک سطحی راه وجود دارد [۶]. بافت ریز سطح روسازی به شکل مبه و وسیله‌ای دارای عمق ناهمواری حدود ۰/۵ میلی‌متر است. ناهمواری‌های بزرگتر از ۰/۳ میلی‌متر نمی‌تواند به سطح نرم لاستیک تاپرها نفوذ کند، پس بنابراین به عنوان اصطکاک بین لاستیک- روسازی به عنوان بافت ریز عمل نمی‌کند. بافت ریز سطح روسازی به شکل مستقیم به وسیله‌ی فتومترولوگرافی اندازه‌گیری می‌شود و به صورت غیرمستقیم مقدار عدد به دست آمده از دستگاه آونگ انگلیسی می‌تواند به صورت تقریبی اندازه

این مطالعه بصورت یک پژوهش کاربردی می باشد و از نظر روش جمع آوری داده ها روش آزمایشگاهی و مطالعات میدانی مورد استفاده قرار گرفته است.

در این تحقیق، آمار تصادفات، مجروحین و کشته شدگان بر اثر تصادفات از پلیس راهور منطقه ۲۰ تهران تهیه گردید و در خصوص تعداد تصادفات ناشی از لغزندگی با توجه به علل تصادفات رخ داده بررسی بعمل آمد. آمار حجم ترافیک نیز از معاونت حمل و نقل ترافیک منطقه ۲۰، به وسیله شرکت مشاور بهران ترافیک تهیه شد. این پژوهش به صورت صحرایی (میدانی) در محل مورد مطالعه با کمک آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک وزارت راه و شهرسازی استان تهران انجام شده است به گونه ای که آسفالت از کارخانه های مربوط به شهرداری تهران تهیه و در خیابان شهید رجایی مسیر شمال به جنوب از زیر پل آزادگان تا روبروی بیمارستان شهدای هفتم تیر پخش شد و آزمایش های مربوط به آسفالت شامل دانه بندی و درصد قیر بهینه با استفاده از آزمایش مارشال انجام گرفت و سپس برای تعیین عدد آونگی^۱ از دستگاه آونگ انگلیسی^۲ و برای تعیین عمق بافت درشت^۳ از روش آزمایش پخش ماسه^۴ استفاده شد که در پایان با تکرار آزمایش در دوره بازه های زمانی در طول ۱۸ ماه و بررسی ارتباط بین داده ها و نتایج آزمایش ها، نمودارهایی برای نمایش تغییرات مقاومت لغزشی ارائه شد.

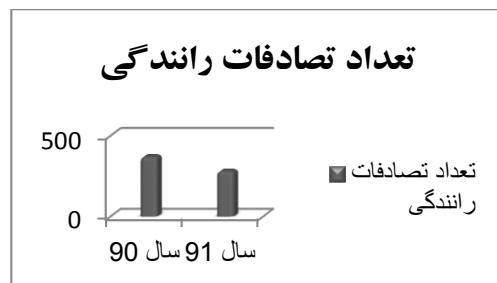
محدوده مورد مطالعه بزرگراه شهید رجایی در جنوب تهران بوده و دارای سه خط عبوری با حجم تردد حدود ۳۰۰۰ وسیله نقلیه عبوری در ساعت اوج ترافیک است و حدود ۲۰ درصد از حجم وسایل نقلیه عبوری را خودروهای سنگین شامل می شوند.

۵- تجزیه و تحلیل داده ها

۵-۱- مشخصات مخلوط آسفالتی مورد استفاده

دانه بندی مخلوط آسفالتی مورد استفاده بر اساس دانه بندی شماره ۴ جدول ۹-۱ نشریه ۲۳۴ (دانه بندی پیوسته مخلوط های آسفالتی)

با بررسی گزارش های آماری ارائه شده از سوی پلیس راهور در محدوده خیابان مورد مطالعه (معبّر شهید رجایی) مشخص می شود که حدود ۵۰ درصد از تصادفات رخ داده مربوط به عملکرد ترمز وسایل نقلیه و مقاومت اصطکاکی است که در علل مختلف از جمله عدم رعایت فاصله طولی و عدم رعایت حق تقدم و عدم توانایی در کنترل وسایل نقلیه و ... پنهان است. مقایسه آمار نشان می دهد آمار تصادفات رانندگی در بزرگراه شهید رجایی پس از اصلاح سطح روسازی با روکش آسفالت حدود ۲۵ درصد کاهش داشته است که با توجه به کاهش آمار یاد شده معلوم می شود تاثیر بهسازی معبر خیابان رجایی مجزا از سایر راهکارها در کاهش تصادفات نقش داشته است. همان گونه که در شکل ۲ مشاهده می شود آمار تصادفات رانندگی در سال ۹۱ نسبت به سال ۹۰ کاهش داشته است. که نشان دهنده تاثیر بهسازی آسفالت از نظر اصطکاک سطحی بر کاهش آمار تصادفات است. همچنین از مقایسه آمار تعداد تصادفات رخ داده در معبر مورد مطالعه در شش ماهه دوم سال و در طول سال به خصوص در نقاط حادثه خیز شامل تقاطع ۱۳ آبان و تقاطع ۷ تیر که آزمایش های مربوط به بافت روسازی و مقاومت لغزشی روسازی نیز در همین نقاط انجام گرفته است، نشان می دهد که تصادفات در شش ماهه دوم نسبت به کل سال ۷۰ درصد است. این آمار حاکی از تأثیر ویژه شرایط جوی در فصل بارندگی و کاهش مقاومت لغزشی روسازی بر اثر خیس شدن سطح روسازی معبر بر تعداد تصادفات است.



شکل ۲: آمار تصادفات رانندگی بزرگراه شهید رجایی در سال ۱۳۹۱ و مقایسه آن با مدت مشابه سال قبل

۴- روش پژوهش

2- British Pendulum Number
3- British Pendulum Tester
4- Mean Surface Texture Depth
5- Sand Patch Test

است. در جدول ۲ تاریخ‌های انجام نمونه‌گیری، مشخص است.

در جدول ۵ نتایج مربوط به آزمایش تعیین عمق بافت سطحی ارائه شده است:

جدول ۲: تاریخ انجام آزمایش‌ها در محدوده مورد مطالعه

ردیف	تاریخ انجام آزمایش
۱	۱۳۹۰/۰۶/۰۸
۲	۱۳۹۱/۰۱/۰۹
۳	۱۳۹۱/۰۵/۱۴
۴	۱۳۹۱/۰۹/۲۱
۵	۱۳۹۱/۱۲/۲۴

جدول ۵: نتایج آزمایش تعیین عمق بافت سطحی

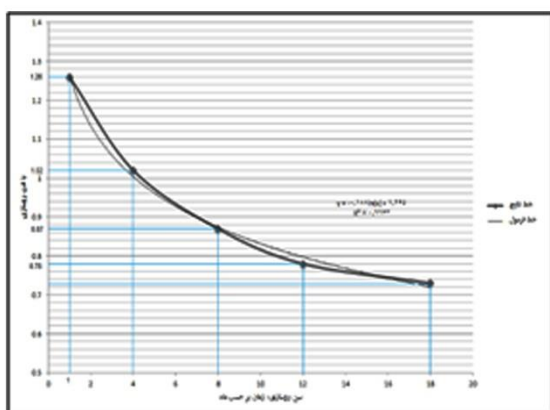
تاریخ انجام آزمایش	حجم ماسه	قطر ماسه پخش شده	عمق بافت
۱۳۹۰/۰۶/۰۸	۵۰ Cc	۲۹۶ mm	۱/۲۶
۱۳۹۱/۰۱/۰۹	۵۰ Cc	۲۸۵ mm	۱/۰۲
۱۳۹۱/۰۵/۱۴	۲۰ Cc	۱۷۱ mm	۰/۸۷
۱۳۹۱/۰۹/۲۱	۲۰ Cc	۱۵۸ mm	۰/۷۸
۱۳۹۱/۱۲/۲۴	۲۰ Cc	۱۴۲ mm	۰/۸۳

از آسفالت تهیه و پخش شده، نمونه‌گیری شد و نتایج مربوط به آزمایش‌های مارشال شامل مقاومت مارشال نمونه، درصد فضای خالی آسفالت، درصد فضای پر شده با قیر، روانی آسفالت و... به دست آمد. نتایج به دست آمده مانند استانداردهای مربوط و نشریه ۲۳۴ بوده و نسبتاً مشابه است. بنابراین می‌تواند به عنوان نمونه‌ای موردی از آسفالت موجود در سطح شهر تهران تلقی و پژوهش را تعمیم داد. (جدول ۳ و ۴)

نتایج جدول ۵ نشان دهنده دارای رابطه معناداری با ضریب R^2 بالاتر از ۹۹٪ بوده و وقتی که X زمان روسازی بر حسب ماه باشد در معبری با این حجم ترافیک عبوری و شرایط مشابه حاکم بر این پژوهش از رابطه $y = -0/188 \ln(x) + 1/265$ می‌توان عمق بافت درشت روسازی را به دست آورد.

جدول ۳: نتیجه آزمایش تعیین دانه‌بندی مخلوط آسفالتی

سایز الک (mm)	درصد باقیمانده	درصد عبوری
۱۹	۰٪	۱۰۰٪
۱۲/۵	۵/۴۶٪	۹۴/۵۴٪
۴/۷۵	۳۵/۱۲٪	۵۹/۴۲٪
۲/۳۶	۲۲/۳۱٪	۳۷/۱۱٪
۰/۲۹۷	۲۸/۲٪	۸/۹۱٪
۰/۰۷۵	۲/۸۱٪	۶/۱٪



شکل ۳: روند تغییرات بافت روسازی در طول زمان بر اثر عبور ترافیک

همان‌گونه که مشاهده می‌شود رابطه لگاریتمی بین عمق بافت درشت و عبور ترافیک در زمان برقرار است که حاکی از سایش سنگدانه‌ها و صیقلی شدن‌ها و کاهش تدریجی عمق بافت درشت روسازی در طول مدت سرویس‌دهی خیابان است. که پس از گذشت ۱۸ ماه در این خیابان مقدار عمق بافت درشت روسازی به کمینه خود رسیده و تقریباً ثابت می‌ماند که نتایج آن در شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول ۴: نتیجه آزمایش مخلوط آسفالتی

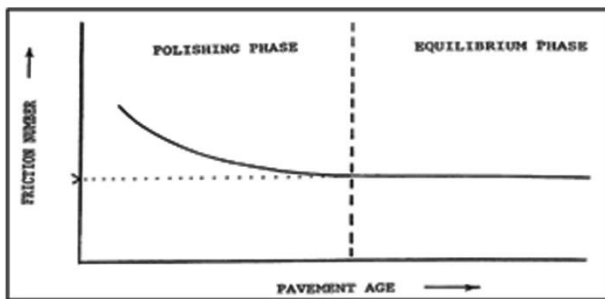
مشخصات فنی آسفالت	به آسفالت	درصد قیر نسبت	آسفالت	مقاومت مارشال	آسفالت	درصد فضای خالی	درصد فضای پر شده با قیر	روانی آسفالت
واحد	%	Kg	%	%	mm			
استاندارد	ASTM D2172	MS-2	MS-2	MS-2	MS-2			
نتایج آزمایش	۵/۱	۸۷۴	۴/۹	۶۹	۳/۱۰			

۳-۵- نتایج آزمایش آونگ انگلیسی

۲-۵- نتایج آزمایش پخش ماسه

درست است که در آن y عدد مقاومت لغزشی روسازی به دست آمده از طریق دستگاه آونگ انگلیسی و x تعداد ماه‌های سن روسازی پس از پخش آسفالت و عبور ترافیک مشابه این خیابان از این چنین روسازی است. ضریب R^2 به دست آمده بالاتر از ۹۸٪ است که نشان دهنده معناداری این رابطه است. بنابراین با گذشت زمان و عبور ترافیک، کاهش مقاومت لغزشی روسازی به صورت تدریجی بوده و در ابتدا باروند سریع‌تر و به تدریج روند کاهش آن کند می‌شود و در پایان به عددی تقریباً ثابت می‌رسد. این عدد پس از گذشت حدود ۱۸ ماه ثابت می‌شود (شکل ۴).

نتایج به دست آمده در این بخش با نتایج پژوهش‌های گذشته از جمله مدل ارائه شده از سوی اسکیرت [۱۲] مشابه است که بیان داشته بود پس از عبور ۵ میلیون وسیله نقلیه یا با گذشت ۲ سال زمان پس از بهسازی روسازی آسفالتی، مقاومت لغزشی به عدد نسبتاً ثابتی می‌رسد [۱۲] (شکل ۵).



شکل ۵: مدل اولیه صیقل سطحی روسازی تعمیم یافته [۱۲].

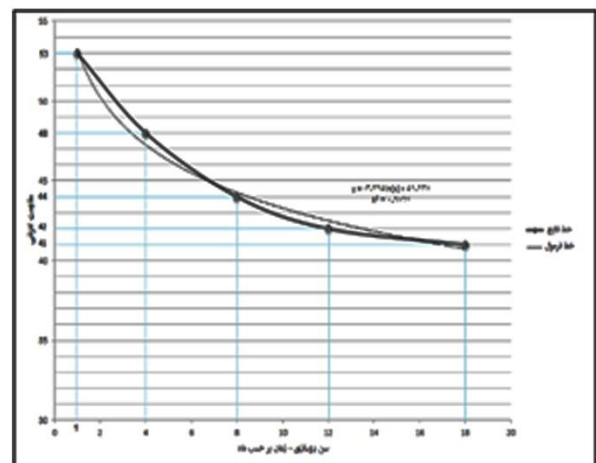
۵-۴- رابطه بین بافت ریز و بافت درشت

با بررسی نتایج اندازه‌گیری بافت ریز و درشت ارایه شده در جدول ۷ می‌توان نتیجه گرفت که رابطه خطی بین عدد آونگ انگلیسی و متوسط عمق بافت وجود دارد که نمودار این رابطه در شکل ۶ ارائه شده است. با کاهش متوسط عمق بافت، عدد آونگی نیز کاهش یافته است. و با توجه به اینکه ضریب R^2 بالاتر از ۹۹٪ است می‌توان رابطه نتایج حاصل از بافت ریز و درشت (این دو متغیر) را معنادار دانست و رابطه بین آن دو عبارت است از $Y=0/0434 X - 0/9582$ که در آن y متوسط عمق بافت و x عدد آونگ انگلیسی است.

در این پژوهش آزمایش آونگ انگلیسی در یک روز مشخص مطابق استاندارد ASTM- E303 در نقاط مشخص شده در خیابان شهید رجایی که دیگر آزمایش‌ها نیز در آن‌ها صورت گرفته بود در پنج مرحله پخش آسفالتی که در ماه‌های مختلف انجام شد، در هر مرحله انجام آزمایش از هر نقطه ۵ بار قرائت شد و میانگین آن ثبت شد.

جدول ۶: نتایج آزمایش تعیین عدد اصطکاک سطحی روسازی به وسیله دستگاه آونگ انگلیسی

تاریخ انجام آزمایش	عدد مقاومت لغزشی (عدد آونگ انگلیسی)
۱۳۹۰/۰۶/۰۸	۵۳
۱۳۹۱/۰۱/۰۹	۴۸
۱۳۹۱/۰۵/۱۴	۴۴
۱۳۹۱/۰۹/۲۱	۴۲
۱۳۹۱/۱۲/۲۴	۴۱



شکل ۴: روند تغییرات مقاومت لغزشی روسازی آسفالتی در طول زمان بر اثر عبور ترافیک

همان‌گونه که در نمودار مشاهده می‌شود یک رابطه لگاریتمی بین سن روسازی و عبور ترافیک با مقدار مقاومت لغزشی وجود دارد. در این رابطه لگاریتمی براساس نتایج آزمایش، فرمول:

$$y = -4/325 \ln(x) + 51/248$$

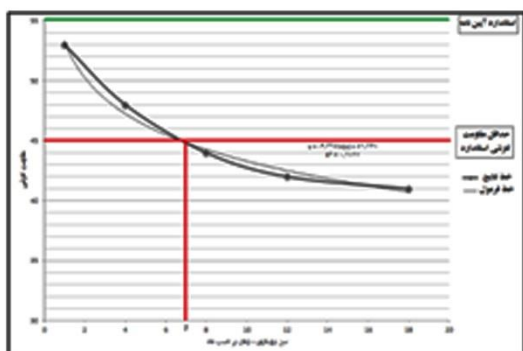
۵-۵- مقایسه نتایج با استاندارد

در استاندارد ارائه شده در جدول ۸ حداقل های لازم جهت تأمین اصطکاک روسازی آمده است:

جدول ۸: کمینه مقادیر مقاومت لغزندگی اندازه گیری شده با دستگاه

آونگ انگلیسی [۱۴]

طبقه بندی سایت	نوع سایت	حداقل اصطکاک
A	موقعیت های خطرناک	۶۵
B	جاده های ماشین رو، جاده های اصلی و طبقه یک و جاده ها با ترافیک سنگین در نواحی شهری (بیش از ۲۰۰۰ وسیله نقلیه در روز)	۵۵
C	سایت های دیگر	۴۵



شکل ۸: مقایسه نتایج پژوهش با کمترین های آیین نامه

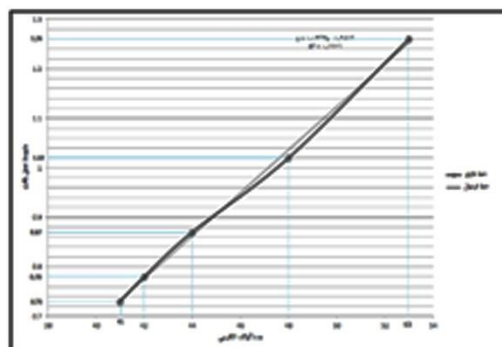
نتایج نشان می دهد که عدد حاصل از آزمایش آونگ انگلیسی باید کمینه ۴۵ باشد تا حداقل ضریب اصطکاک مورد نیاز ارائه شده در استاندارد را دارا باشد که با توجه به نتایج به دست آمده پس از حدود هفت ماه بعد از پخش آسفالت عدد مقاومت لغزشی معبر به کمینه مقدار خود رسیده است (شکل ۸).

جدول ۹: کمینه بافت درشت مورد نیاز در بزرگراهها [۱۰]

MPD روسازی های قدیمی (mm)	MPD روسازی های نو (mm)	
۰.۵	۰.۵	بزرگراه های شهری با سرعت کمتر از ۵۰ km/hr
۰.۵	۰.۷	بزرگراه های شهری با سرعت کمتر از ۷۰ km/hr
۰.۵	۰.۸	بزرگراه های برون شهری با سرعت بیشتر از ۷۰ km/hr

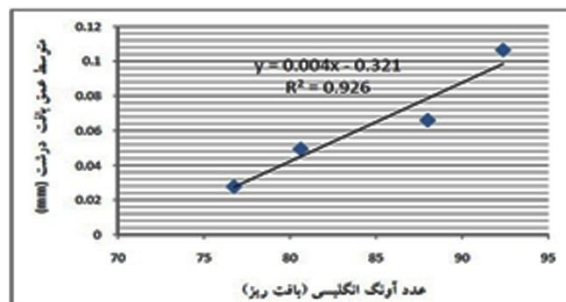
جدول ۷: نتایج آزمایش های آونگ انگلیسی و پخش ماسه

سن روسازی (بر حسب ماه)	عدد اصطکاک سطحی	عمق بافت
۱	۵۳	۱/۲۶
۴	۴۸	۱/۰۲
۸	۴۴	۰/۸۷
۱۲	۴۲	۰/۸۸
۱۸	۴۱	۰/۸۳



شکل ۶: رابطه بین اصطکاک و بافت روسازی محدوده مورد مطالعه

همچنین در پروژه های تحت عنوان "بررسی میدانی و آزمایشگاهی تأثیر دانه بندی بر مقاومت اصطکاکی روسازی های آسفالتی" در سال ۱۳۹۱ به منظور بررسی تأثیر سنگدانه ها بر مقاومت اصطکاکی، ۲۵ نمونه آسفالتی با استفاده از دستگاه مغزه گیری با فواصل ۵ کیلومتر، در آزاد راه تهران- قم اصطکاک سطح آنها با استفاده از دستگاه آونگ انگلیسی اندازه گیری شد [۱۳] که نتیجه آن در شکل ۷ نشان داده شده است. نتایج این گونه بود که رابطه مستقیمی بین عدد آونگ انگلیسی (بافت ریز) و متوسط عمق بافت سطحی (بافت درشت) وجود دارد. بدین گونه که با افزایش متوسط عمق بافت، عدد آونگ نیز افزایش یافته است و این رابطه نتایج موجود در این پژوهش را نیز تصدیق می کند.



شکل ۷: رابطه میان متوسط عمق بافت درشت و عدد آونگ انگلیسی [۱۳]

لغزشی خیابان مورد مطالعه از حد مجاز آیین نامه پایین تر می شود و نیاز به بهبود مقاومت لغزشی روسازی آسفالتی است.

۶- از مقایسه نتایج بافت درشت روسازی با اعداد کمینه استاندارد مشخص شد که در بازه زمانی مورد مطالعه نتایج یاد شده از حد مجاز آیین نامه پایین تر نمی شود و تاثیری در زمان نیاز به بهسازی معبر ندارد.

۷- از مقایسه آمار تصادفات قبل و پس از اصلاح روسازی مشخص شد که پس از اصلاح روسازی آسفالتی خیابان شهید رجایی آمار تصادفات کاهش داشته است.

۸- از مقایسه آمار تصادفات شش ماهه دوم سال مشخص شد که تعداد تصادفات رخ داده در فصول بارندگی بیشتر است.

۹- نتایج نشان دهنده معضل ناکافی بودن اصطکاک سطحی آسفالت های پخش شده در خیابان های تهران و ناکافی بودن استانداردهای کارخانجات مورد تأیید شهرداری تهران دارد.

۱۰- از مقایسه نتایج بند ۵ و ۸ می توان نتیجه گرفت که آسفالت روسازی معابر پر تردد شهری در فواصل بیشینه ۷ ماهه و پیش از فصول بارندگی همچون بهار و زمستان نیاز به روکش دارد پس برای کاهش آمار تصادفات داخل شهری باید مخلوط های آسفالتی به گونه ای طراحی شوند که ویژگی های اصطکاکی آن در مدت بیشتری حفظ شود که این امر نیاز به پژوهش وسیعی در این زمینه دارد.

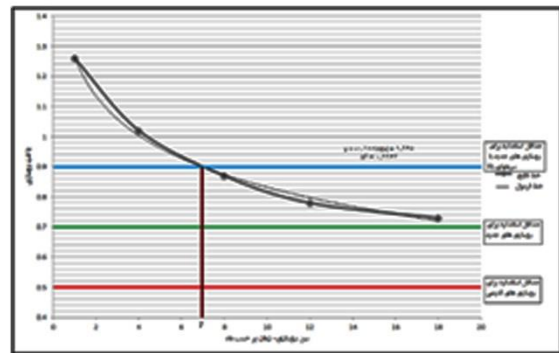
۷- مراجع

- [۱] سازمان پزشکی قانونی کشور، آمار متوفیات و مصدومین ناشی از حوادث رانندگی ارجاعی به مراکز پزشکی قانونی کشور طی سال ۱۳۹۱.
- [۲] کاووسی، امیر " ضریب اصطکاک مورد نیاز قشر رویه ". چهارمین دوره تخصصی - آموزشی راه و ژئوتکنونیک دانشگاه علم و صنعت ایران و آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک وزارت راه و ترابری، ۱۳۷۳.

[۳] T.F.Fwa, " The Handbook of Highway Engineering ", Taylor & Francia Group, 2006.

[۴] Roger Hosking, " Road Aggregates Skidding ", Transport Research Laboratory, Department Of Transport, State Of The Art Review 4, London : HMSO, 1992.

طبق جدول شماره ۹، عدد حاصل از بافت روسازی باید حداقل ۰/۷ باشد تا حداقل ضریب اصطکاک مورد نیاز استاندارد را داشته باشد که با توجه به نتایج به دست آمده مقادیر بافت درشت بالاتر از حد استاندارد است، پس تاثیر محدود کننده برای اصلاح به ما ارائه نمی دهد و از نظر بافت درشت روسازی آسفالت شرایط مناسب است (شکل ۹).



شکل ۹: مقایسه نتایج پژوهش با حداقل آیین نامه

۶- نتیجه گیری

پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات و برقراری ارتباط بین داده ها، نتایج زیر برای آسفالت مورد استفاده در معبر انتخابی حاصل شده است:

- ۱- مقاومت لغزشی روسازی آسفالتی با گذشت زمان و عبور ترافیک کاهش می یابد به گونه ای که این کاهش در ابتدا بیشتر بوده و بتدریج روند کاهشی کندتری را می بینیم.
- ۲- مقاومت لغزشی روسازی آسفالتی پس از گذشت ۱۸ ماه به عدد کمینه خود و تقریباً ثابتی رسیده و روند کاهشی آن از بین می رود.
- ۳- بافت درشت روسازی نیز با عبور ترافیک از معبر به طور محسوسی در ابتدا کاهش می یابد و به تدریج این مقدار به کمینه خود رسیده و عدد ثابتی می شود.
- ۴- بین بافت درشت روسازی و عدد آونگ انگلیسی (بافت ریز) رابطه خطی برقرار است به شکلی که با افزایش بافت درشت مقاومت لغزشی روسازی نیز افزایش می یابد.
- ۵- از مقایسه نتایج آسفالت پخش شده که نمونه ای از آسفالت مورد استفاده در شهر تهران است با اعداد حداقل استاندارد مقاومت لغزشی مشخص شد که پس از گذشت ۷ ماه مقاومت

[۱۱] Smith, H. "Pavement Contributions to Wet-Weather Skidding Accident Reduction". In Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 622, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 51-59., 1976.

[۱۲] Skerritt, W. H. "Aggregate Type and Traffic Volume as Controlling Factors in Bituminous Pavement Friction". In Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board, No.1418, Transportation Research Board of National Academies, Washington, D.C., pp. 22-29, 1993.

[۱۳] عامری، محمود. وابوذر شفیع پورمرجی . و محمدرضا احدی: " بررسی میدانی و آزمایشگاهی تأثیر دانه بندی بر مقاومت اصطکاک روسازی های آسفالتی". پژوهشنامه جاده، ۷۱: ۱۷۳-۱۶۳، تابستان ۱۳۹۱.

[۱۴] TRRL (1969). Instructions for Using the Portable Skid Resistance Tester. Road Note 27, Transport and Road Research Laboratory HMSO.

[۵] Jim, w; Hall, J; "Guide for pavement friction" NCHRP Project, pp1-43,2008.

[۶] Ergun, M., Iyınam, S., and Iyınam, A.F. "Prediction of Road Surface Friction Coefficient Using Only Macrotecture and Microtexture Measurements". Journal of Transportation Engineering, Vol. 131, No. 4, pp. 311-319, 2005.

[۷] Alexandros G.Kokkalis and Olympia K.Panagouli, "Fractal Evaluation of Pavement Skid Resistance Variations. I : Surface Wetting", Volume 9, Issue 11. Chaos, Solitons & Fractals. Pages 1875-1890,1 November 1998.

[۸] McDaniel, R. S. and B. J. Coree. "Identification of Laboratory Techniques to Optimize Superpave HMA Surface Friction Characterization". Phase I: Final Report SQDH 2003-6, North Central Superpave Center, Purdue University, West Lafayette, IN., 2003.

[۹] Ibrahim M. Asi." Evaluating skid resistance of different asphalt concrete mixes".journal of Building and Environment, Volume 42, Issue 1, Pages 325-329,January 2007.

[۱۰] Alexandros G.Kokkalis and Olympia K.Panagouli, "Fractal Evaluation of Pavement Skid Resistance Variations. I : Surface Wetting", Volume 9, Issue 11. Chaos, Solitons & Fractals. Pages 1875-1890,1 November 1998.