

«تأثیر مقاومت لغزندگی بر وقوع تصادفات و ایمنی آزادراه ها»

بهنام امینی^۱، حمیدرضا صالحپور^۲

۱- بهنام امینی، استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

۲- حمیدرضا صالحپور، دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

E-mail: hamidreza.salehpoor@gmail.com

خلاصه

یکی از پارامترهای مهم در ایمنی جاده ها ، اصطکاک بین لاستیک وسیله نقلیه و رویه راه است ، تا راننده وسیله نقلیه بتواند در صورت لزوم در کوتاهترین زمان و فاصله ممکن وسیله نقلیه خود را متوقف و یا کنترل نماید و از تصادفات احتمالی جلوگیری شود . مطالعات متعددی که در این زمینه انجام شده حاکی از اهمیت مقاومت لغزندگی و تأثیر آن بر میزان ایمنی راه بوده است. هدف از این مقاله بررسی کمی و کیفی میزان تأثیر مقاومت لغزندگی بر روی تصادفات ترافیکی می باشد . در این راستا آمار و اطلاعات تصادفات ترافیکی در مقاطع مختلف آزادراهی جمع آوری شده و همچنین مقدار مقاومت لغزندگی روسازی اندازه گیری شده است . تجزیه و تحلیل های انجام شده روی اطلاعات بدست آمده نشان دهنده برقراری همبستگی چشمگیر بین مقاومت لغزندگی و نرخ تصادفات می باشد . تحلیل ها نشان می دهد که مقاطع دارای بالاترین نرخ تصادف دارای روسازی هایی با پایین ترین سطح مقاومت لغزندگی می باشند. با استفاده از نتایج این تحقیق امکان شناسایی مقاطع دارای بالاترین پتانسیل تصادفات وجود خواهد داشت. همچنین افزایش مقاومت لغزندگی راه ها به عنوان یکی از موثرترین طرق ایمن سازی مورد تایید و تأکید قرار می گیرد.

کلید واژه ها : مقاومت لغزندگی ، روسازی ، تصادفات ترافیکی ، نرخ تصادف ، ایمنی راه

مقدمه

وظیفه اصلی روسازی انتقال افراد در یک شرایط ایمن، راحت و اقتصادی می باشد. این مسئله ایجاب می کند که ساختار روسازی باید دو نوع اساسی سرویس دهی را تامین کند. اول، روسازی راه باید ایمنی و راحتی استفاده کنندگان را برای یک محدوده خاص سرعت تامین کند. دوم، ساختار روسازی باید به نحوی باشد که در مقابل بارگذاری ترافیکی و شرایط محیطی، مقاومت مناسبی از خود نشان دهد. یکی از فاکتورهای مهم سرویس دهی ایمن، میزان مقاومت لغزندگی روسازی است. ایمنی در هنگام رانندگی وابسته به اصطکاک کافی سطح راه برای مانور، چرخش و ترمز گیری وسیله نقلیه می باشد.

اصطکاک، عبارت است از مقاومت حرکتی بین دو سطح تماس با یکدیگر. میزان اصطکاک با ضریب اصطکاک (μ) که در واقع از نسبت دو نیرو، شامل نیروی موازی با سطح تماس بین دو سطح و مخالف با جهت حرکت آن ها (نیروی اصطکاک) و دیگری نیروی عمود بر این سطح حاصل می گردد. و از رابطه (۱) محاسبه می شود:

$$F = \mu W \quad (1)$$

که در آن F نیروی اصطکاک (نیروی افقی وارد به چرخ آزمایش در محل تماس تایر و روسازی)، μ ضریب اصطکاک (فاکتور اصطکاک) و W بار گذاری عمودی دینامیکی روی چرخ آزمایش می باشد.

¹ استادیار

² دانشجوی کارشناسی ارشد

حاصل مقدار ضریب اصطکاک در ۱۰۰، برابر با عدد لغزندگی می شود.

$$SN = 100\mu = 100\left(\frac{F}{W}\right) \quad (2)$$

فاکتورهای تاثیر گذار بر مقدار ضریب اصطکاک سطح روسازی- تایر وسیله نقلیه، شامل وضعیت لاستیک های وسیله نقلیه (نوع آج ها، عمق آج ها، ابعاد لاستیک چرخ و فشار باد آن و ...) سرعت حرکت وسیله نقلیه، سیستم ترمز و عملکرد آن ها، قدرت مانور وسیله نقلیه و وزن آن، شرایط محیطی (خیس یا خشک بودن سطح راه)، دمای سطح روسازی، نوع سنگدانه ها و نوع مخلوط آسفالتی، بافت روسازی و ... می باشد.

در کشورهای مختلف از چندین دستگاه جهت اندازه گیری اصطکاک سطح روسازی استفاده می شود، که عبارتند از: چرخ قفل شده، دستگاه نیروی جانبی (SCRIM)، لغزش ثابت و لغزش متغیر. دستگاه پاندول انگلیسی نیز جهت اندازه گیری اصطکاک سطح روسازی، هم در آزمایشگاه و هم در مقیاس واقعی استفاده می شود. در ایران در حال حاضر از دستگاه پاندول انگلیسی جهت آزمایشات مربوط به تعیین مقاومت لغزندگی و اصطکاک سطح جاده استفاده می شود. اهمیت اصطکاک روسازی بطور اساسی برای رانندگی مطمئن و ایمن در شرایط مرطوب مشخص می شود. برای اطمینان از ایمنی راه در یک شرایط بارانی، روسازی باید مقاومت لغزندگی کافی جهت قادر ساختن راننده برای رانندگی، بدون ریسک لغزندگی و کاهش کنترل وسیله نقلیه داشته باشد. سطح روسازی بدون مقاومت لغزندگی کافی ایمنی کاربران را به دو طریق عمده به مخاطره می اندازد. اول، باعث افزایش مسافت ترمزگیری می شود، که یک تابع مستقیم از ضریب اصطکاک تامین شده بوسیله روسازی است. دوم، ریسک وقوع پدیده هیدرو پلانینگ را افزایش می دهد. هیدرو پلانینگ زمانی بوقوع می پیوندد که یک اسلاید آب با ضخامت مشخص بر روی روسازی وجود داشته باشد در این حالت تایر وسیله نقلیه ممکن است که از سطح روسازی بوسیله گوه آب تشکیل شده بین سطح تایر و سطح روسازی جدا شود. نتایج مستقیم از این رخداد باعث احتمال بالای تصادف در رانندگی می شوند. هدف نهایی از اندازه گیری مقاومت لغزندگی مشخص کردن سطح اصطکاک تامین شده بوسیله سطح روسازی می باشد که اساسا هم بصورت مستقیم از طریق اندازه گیری سطح لغزش روسازی و یا غیرمستقیم از طریق اندازه گیری عمق بافت روسازی قابل ثبت می باشد. مطالعات انجام شده توسط المنصور در سال ۲۰۰۲ نشان داد که سطح ترافیک، درجه راه، عمر روسازی و درصد فضای خالی در مخلوط آسفالتی تاثیرات مهمی روی اصطکاک روسازی دارد. مقاومت لغزندگی در جایی که روسازی قدیمی تر باشد کاهش بیشتری پیدا می کند. در جایی که درصد فضای خالی در مخلوط افزایش یابد، عدد لغزندگی نیز افزایش می یابد. زیپکس (۱۹۷۶) اهمیت کاهش در درصد تصادفات روسازی مرطوب از ۷۸ درصد تا ۳۰ درصد، در اثر افزایش ضریب اصطکاک روسازی از ۰/۲ تا ۰/۴۵ بوسیله شیار کشی روسازی را گزارش داد. سالت در تحقیقاتی دیگر نشان داد هر جا که سطح روسازی دارای ضریب اصطکاک ۰/۶ و بالاتر است ممکن است که بطور اتفاقی، تصادف در اثر لغزش وسیله نقلیه به چشم بخورد و ریسک تصادف مجدد در اثر لغزش به شدت کم می باشد. این ریسک در جایی که ضریب اصطکاک به مقدار ۰/۴ تا ۰/۴۵ کاهش یابد در حدود ۲۰ برابر، و در جایی که ضریب اصطکاک به مقدار ۰/۳ تا ۰/۳۵ نزول یابد در حدود ۳۰۰ برابر بیشتر می شود. استانداردهایی که مقدار حداقل قابل قبول از سطوح مقاومت لغزندگی را تعریف کرده باشند وجود ندارد. مطالعاتی نیز جهت یافتن معیاری برای سطح بحرانی مقاومت لغزندگی انجام گرفت. بطور کلی این چنین مطالعات، مبنی بر مقاومت لغزندگی و تحلیل تصادفات ترافیک، یا براساس محاسبه مسافت ترمز مورد نیاز، می باشد. مطالعه ای در مسکو نشان داد که حداقل ضریب اصطکاک ۰/۴۵ برای مکان عادی مورد نیاز است، مطالعه ای دیگر گزارش داد که روسازی با ضریب اصطکاک کمتر از ۰/۲۶ خیلی لغزنده هستند و باید اصلاح شود. در مطالعه ای بر روی شبکه راه های سوئیس، لیندنمن (۲۰۰۶)، مقدار ضریب اصطکاک ۰/۳۲ را به عنوان ضریب اصطکاک بحرانی مشخص کرده است.

هدف تحقیق و روش شناسی

هدف

هدف اصلی از این مقاله، بررسی کمی و کیفی تاثیر مقاومت لغزندگی روسازی بر وقوع تصادفات و بررسی میزان تاثیر مقاومت لغزندگی بر وقوع تصادف و ایمنی آزاد راه می باشد.

اصول اولیه

برای رسیدن به هدف تحقیق آمار و اطلاعات تصادفات ترافیک در مقاطع مختلف آزادراهی برای سه آزاد راه (قزوین-کرج، قم-تهران، قم-کاشان) بر اساس اسناد و مدارک ثبت شده در سازمان حمل و نقل و پایانه های کشور مورد استفاده قرار گرفت. گزارشات تصادفات ترافیکی آزادراه به طور وضوح علت تصادف را مشخص نکرده بود، بنابراین همه تصادفات مرگ و میر، جراحی و خسارتی در هر دو شرایط خشک و تر سطح راه با هم ترکیب شدند. آمار تصادفات ترافیک کل تصادفات اتفاق افتاده در سال ۱۳۸۶ برای مقاطع انتخاب شده آزادراه ها را شامل می شد. به منظور ارزیابی و تعیین مقاومت لغزندگی روسازی از دستگاه کششی تعیین ضریب اصطکاک ابداعی دکترا امینی استفاده شد. که مقدار ضریب اصطکاک بدست آمده توسط دستگاه با نتایج حاصل از دستگاه پاندول انگلیسی برای سرعت ۱۱۰ کیلو متر بر ساعت کالیبره شد. (به خاطر دسترسی مشکل به دستگاه پاندول انگلیسی جهت ارزیابی وضعیت مقاومت لغزندگی، اقدام به ساخت دستگاهی جهت تعیین ضریب اصطکاک سطح رو سازی شد).

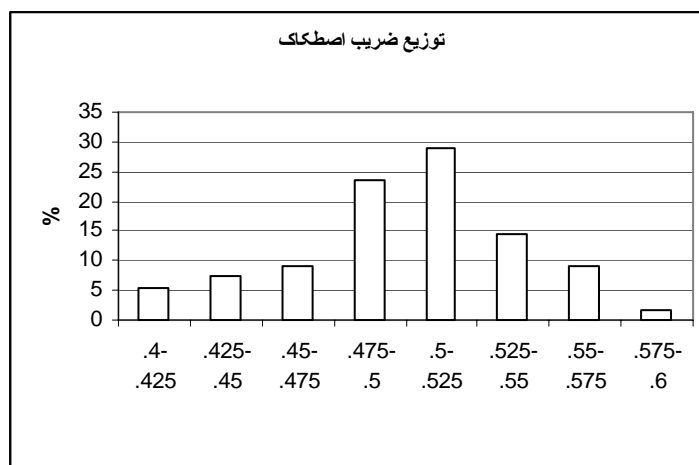
روش تحقیق

مقاطع مورد مطالعه آزادراهی شامل ۵۰ کیلومتر ابتدایی آزادراه های ذکر شده بود. برای تعریف کردن یک همبستگی ممکن بین مقاومت لغزندگی و نوع تصادف، یک مقدار مناسب مقاومت لغزندگی باید به فواصل تصادف تشخیص داده شود. از پارامتر نرخ تصادف (AI=تعداد تصادفات در یک میلیون وسیله نقلیه کیلومتر) جهت ارزیابی تعداد تصادفات، استفاده شده است. با توجه به آمار تصادفات موجود، مقادیر نرخ تصادف برای فواصل ۵۰۰۰ متری قابل استخراج بود. مقادیر مقاومت لغزندگی برای مسیرهای ۱۰۰۰ متری اندازه گیری شده بودند. برای تعیین نرخ تصادف ترافیک از معادله (۳) استفاده شده است:

$$Ar = \frac{N.10^6}{ADT.365.L} \quad (3)$$

که در آن Ar نرخ تصادف، N تعداد تصادف در مدت یک سال، ADT ترافیک متوسط روزانه و L طول مقاطع مشخص شده بر اساس آمار تصادف موجود می باشند.

مقادیر ضریب اصطکاک بدست آمده در ۸ گروه مقاومت لغزندگی طبقه بندی شدند. نتیجه به صورت خلاصه براساس درصد فراوانی در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱): توزیع مقادیر ضریب اصطکاک

آنالیز و نتایج

در کل سه آزادراه ۳۴۹ تصادف در ۳۰ مقطع انتخاب شده اتفاق افتاده است. مقادیر میانگین نرخ تصادف، عدد لغزندگی و تعداد تصادفات به وقوع پیوسته به تفکیک هر آزادراه در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول (۱): مقایسه نرخ تصادف و مقاومت لغزندگی آزادراه ها

آزادراه	ADT	تعداد تصادف	نرخ تصادف میانگین	عدد لغزندگی میانگین
قم-کاشان	۴۱۷۵	۴۶	۱,۱۸	۴۸
فزوین-کرج	۳۷۲۱۸	۹۹	,,۵	۵۲
قم-نهران	۴۳۸۲۵	۲۰۴	,,۵۷	۵۰

آزادراه قم-کاشان دارای بالاترین نرخ تصادف در بین آزادراه ها می باشد. به طور کلی این آزادراه کمترین مقدار مقاومت لغزندگی روسازی را دارد، که این امر باعث افزایش در تعداد تصادفات نسبت به ترافیک عبوری می باشد.

تاثیر مقاومت لغزندگی بر وقوع تصادف

اگر چه آمار و اطلاعات تصادف، علت اصلی تصادفات را مشخص نکرده بود، تلاش برای ارتباط مقاومت لغزندگی اندازه گیری شده با کل تصادفات اتفاق افتاده برای دوره مورد نظر، انجام گرفت. برای تجزیه و تحلیل هر رابطه ممکن بین مقاومت لغزندگی و وقوع تصادف، مقادیر مقاومت لغزندگی و نرخ تصادفات همه مقاطع در ۸ گروه دسته بندی شدند. برای هر یک از این گروه ها، میانگین نرخ تصادف با توجه به نرخ تصادف محاسبه شده از رابطه (۳)، در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول (۲): مقاومت لغزندگی و نرخ تصادف

گروه مقاومت لغزندگی	۰/۴-۰/۲۲۵	۰/۲۲۵-۰/۴۵	۰/۴۵-۰/۶۷۵	۰/۶۷۵-۰/۱۰۰۰	۰/۱۰۰۰-۰/۱۵۰۰	۰/۱۵۰۰-۰/۲۰۰۰	۰/۲۰۰۰-۰/۲۵۰۰
تعداد مقاطع	۸	۱۱	۱۲	۲۵	۴۴	۲۲	۱۴
نرخ تصادف میانگین	۲/۳	۱/۹۴	۰/۹۷۸	۰/۵۹۸	۰/۱۵۱	۰/۳۹۳	۰/۱۲۶

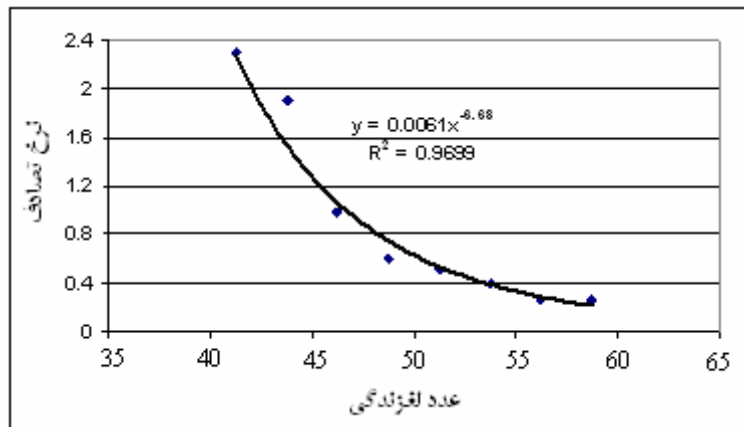
تجزیه و تحلیل های انجام شده نشان می دهد که با کاهش مقاومت لغزندگی مقدار نرخ تصادف افزایش می یابد. کاهش در سطح مقاومت لغزندگی، باعث افزایش مسافت توقف و کاهش کنترل وسیله ی نقلیه در سرعت بالا می شود. ارتباط بین نرخ تصادف و مقاومت لغزندگی اندازه گرفته شده به عنوان عدد لغزندگی در شکل (۲) نشان داده شده است. بهترین فرم ارتباط بین داده های موجود به صورت زیر نشان داده می شود:

$$Ar = aSN^b$$

بطوریکه Ar نرخ تصادف، SN عدد لغزندگی و a ، b پارامترهای رگرسیون می باشند.

مقادیر a و b بر ترتیب ۰/۰۰۶۱ و ۶/۶۸ بدست آمدند. ضریب همبستگی رگرسیون R^2 برای این رابطه ۰/۹۶۹۹ می باشد، که نشان دهنده مناسب بودن فرم رگرسیون می باشد.

شکل (۲): ارتباط بین مقاومت لغزندگی و نرخ تصادف



خلاصه و نتیجه گیری

یکی از پارامترهای مهمی که در تامین ایمنی حرکت وسیله نقلیه بر روی جاده تاثیر گذار است، میزان اصطکاک تایر وسیله نقلیه با سطح روسازی است. بر طبق نتایج بدست آمده موارد زیر نتیجه گیری می شود.

- ۱- هیچ استاندارد تعریف شده ای برای حداقل سطح قابل قبول مقاومت لغزندگی وجود ندارد.
- ۲- فواصلی که بالاترین مقدار نرخ تصادف را دارند مربوط به روسازی هایی با پایین ترین سطح مقاومت لغزندگی می باشد.
- ۳- با کاهش در مقدار مقاومت لغزندگی شاهد افزایش در نرخ تصادف می باشیم.

پیشنهادات

اعتقاد بر این است که مقاومت لغزندگی روسازی های موجود در ایران دارای وضعیت مناسبی نمی باشند. به طور کلی رانندگان وسایل نقلیه به سختی قادر به تشخیص معایب و مشکلات مربوط به کاهش اصطکاک سطح راه می باشند. این عدم تشخیص به موقع باعث آن خواهد بود که رانندگان نتوانند سرعت وسیله نقلیه را با توجه به مقاومت زبری روسازی راه، در حد مناسبی به لحاظ سطح ریسک تصادف تنظیم نمایند. در نتیجه با کاهش اصطکاک روسازی تعداد تصادفات در این گونه نواحی افزایش می یابد. بنابراین سرمایه گذاری در این زمینه توسط مسئولان زیربط امری بدیهی است. به نظر می رسد که اقدامات زیر بایستی در کوتاه مدت و بلند مدت انجام گیرد:

- ارزیابی مشخصات روسازی شبکه راه های آسفالتی کشور
- بکارگیری دیگر دستگاههای پیشرفته برای ارزیابی مقاومت لغزندگی روسازی (دستگاه چرخ قفل شده، SCRIM، و ...)
- اصلاح مشخصات بافت روسازی از قبیل طرح اختلاط آسفالت مناسب، اهمیت به مشخصات مصالح (در صد صیقل شدگی، درصد شکستگی، سختی، درصد سایش و ...) جهت تامین مقاومت لغزندگی مناسب
- مشخص کردن نواحی با مقاومت لغزندگی پایین و کاربرد علائم راهنمایی و رانندگی در محل های مناسب
- تولید لاستیک های مناسب کارخانجات داخلی با توجه به شرایط آب و هوایی و همچنین بافت روسازی موجود در ایران.

منابع

—Kuttesch, Jeffrey S. "Quantifying the Relationship between Skid Resistance and Wet weather accidents for Virginia Data", faculty of Virginia polytechnic institute and state University, 2004

- Tomita,M."Friction Coefficient Between Tires and Pavement Surface",U.S.Navy civil engineering laboratory,Technical Report R303(1964)
- Henry,J.J.and S.H.Dahir."Effects of Textures and the Aggregates that Produce them on the Performance of Bituminous Surfaces."Transportation Research Record,no.712(1979):44-50
- Rizenbergs,R.;Burchett,J.C.;Warren,L.A., "Relation of Accidents and Pavement Friction on Rural, two-lane-roads,"Transportation Research Report 296,Washington D.C,1977
- Tamime,M., "Pavement Skid Resistance and Traffic Accidents,"Senior Project, College of Engineering,King Ssud University,Saudi Arabia,2002
- Lindenmann,H.P., "New Findings Regarding the Significance of Pavement Skid Resistance for Road Safety on Swiss Freeways, "journal of safety research 37(2006):395-400
- Al-Mansour,A.,Al-Suhaibani,A.and Al-Syyari,S., "Pavement Skid Resistance Analysis and Evaluation of Highway Network in Saudi Arabia, "First Gulf Conference on Roads,Kuwait,March,2002
- Salt,G.F., "Research on Skid Research Laboratory, "TRRL Report LR622,1976
- Zipkes,E., The Influence of Road Pavement on Accident Frequency, " TRRL Report LR623,1976