تعیین اثر بافت درشت و سنگدانه در مقدار مقاومت لغزشی رویه‌های بتنی*

ابوالفضل حسنی، دانشیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
جواد سوداگری، استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
سید روح اله معافی مدنی، کارشناس ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
E-mail:hassani@modares.ac.ir

چکیده

رشد سریع فنآوری ساخت وسایل نقلیه، باعث افزایش دائم سرعت و نیاز بیش از پیش به ترمز و اصطکاک شده است. مطالعات بین المللی نشان داده اند که افزایش متوسط سرعت، باعث ایجاد خسارات بیشتر در تصادفات شده است. روسازی بتنی در حالت کلی و زیر بنایی و ویژگی های مخصوص سطح سواره‌رو ها، با این پیشرفت همراه نبوده است و در شرایط مرطوب، ضریب اصطکاک بین رویه و لاستیک وسیله نقلیه بسیار کم است. هدف اصلی این تحقیق تعیین اثر بافت درشت سطح روسازی بتنی، اندازه و شکل سنگدانه و نوع بافت درشت بر روی مقاومت لغزشی است. مقاومت لغزشی با دستگاه آونگ انگلیسی و بافت درشت با آزمایش پخش ماسه اندازه گیری شد.

واژه های کلیدی: مقاومت لغزشی، رویه بتنی، آونگ انگلیسی، بافت ریز و درشت

۱. مقدمه

افزایش حجم ترافیک و سرعت وسایل نقلیه در جاده‌ها، منجر به وقوع تصادفات بیشتری شده است و هر ساله بر تعداد کشته شدگان و مجروحان در کشور افزوده می شود. یکی از پارامترهایی که احتمال تصادف را افزایش می‌دهد، لغزنده بودن سطح رویهٔ جاده‌هاست که با اتخاذ تدابیر خاص باید برای افزایش مقاومت لغزشی روسازیها اقدام شود.

استفاده از مصالح شکسته، مصالح مقاوم در برابر صیقلی شدن، سیستم زهکشی مناسب و بافت درشت سنگدانه‌ها باعث کاهش خطر لغزیدن وسیلهٔ نقلیه بر روی سطح رویه می‌شود[۱]. مقاومت لغزشی با استفاده از مصالح شکسته بسیار بیشتر از مقاومت لغزشی با استفاده از مصالح گردگوشه است. به بیان دیگر، مصالح شکسته به علت زیاد بودن مقدار بافت‌ریز آنها نسبت به مصالح گردگوشه دارای اهمیت اند. با توجه به بررسی‌های انجام گرفته می‌توان بیان داشت که احتمال بروز تصادف در مسیرهایی که رویهٔ آنها از مصالح شکسته دارای بافت درشت کافی و سیستم زهکشی مناسب ساخته شده‌اند، به شرطی که صیقل پذیری سنگدانه‌های انتخابی در شرایط ترافیکی مورد نظر در حد تعیین شده در آیین نامه‌های معتبر جاری باشد بسیار کمتر است [۱ و۲].

روسازی‌های بتنی نیازمند مراقبت‌های ویژه بعد از عملیات ویبره‌کردن هستند. نبود این مراقبت‌ها با تجمع سیمان و ریزدانه در نقطه خاص موجب لغزندگی سطح می‌شود.

ایجاد مقاومت لغزشی مناسب در رویه‌های بتنی، علاوه بر استفاده از مصالح شکسته و مقاوم در برابر صیقلی شدن،

* تاریخ دریافت: ۸۳/۱۲/۲۰ – تاریخ پذیرش: ۸۵/۹/۰۵

Archive of SID
www.SID.ir

نیاز به ایجاد بافت درشت به مقدار کافی نیز دارد. طبق تحقیقات انجام شده، در صورتی که بافت درشت مناسب، در سطح رویه‌های بتنی وجود نداشته باشد، استفاده از مصالح شکسته و با دوام در سرعتهای متوسط و زیاد تأثیر زیادی در مقاومت لغزشی ندارد و سطح نهایی یک سطح لغزنده خواهد بود. تحقیقات نشان داده‌اند که در سرعت‌های زیاد، بافت درشت در حفظ مقاومت لغزشی تأثیر بسیاری دارد[۳،۱و٤] .

روش‌های مختلفی برای ایجاد بافت درشت مناسب در سطح رویه وجود دارد، از قبیل جارو(برس)ی نرم و زبر، سنگدانه‌های تک اندازه و شیار[۱].

هرگاه با روش‌های ذکر شده، بافت درشت بر روی سطح ایجاد شود، نتیجهٔ آن افزایش مقاومت لغزشی در سرعت‌های متوسط و زیاد است. برای بررسی اندازه تأثیر این روشها، پژوهشی در آزمایشگاه دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهند که بافت درشت ایجاد شده، به مقدار زیاد باعث افزایش مقاومت لغزشی می‌شود و بافت درشتی که با برس زبر ایجاد شده، بهترین مقاومت لغزشی را داشته است. همچنین تأثیر شکل سنگدانه و اندازهٔ آن نیز بررسی و مشخص شد که مصالح شکسته با اندازه اسمی[1] ٤/٧٥ میلیمتر ازمقاومت لغزشی بیشتری برخوردارند.

رویه‌های بتنی عمر طولانی دارند و معمولاً بیش از ٤٠ سال از نظر سازه ای دوام می‌آورند، اما سطح آنها به مرور زمان بافت ریز و درشت خود را از دست داده و باعث لغزندگی سطح راه می‌شود.

در ایران رویه های بتنی، رایج نیستند ولی عمدتاً در تونل‌ها و فرودگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در تونل‌ها اگر نیاز به روکش، به منظور تأمین ضریب اصطکاک کافی باشد، با توجّه به محدودیت ارتفاع در تونل نمی‌توان از روکش با ضخامت زیاد استفاده کرد، بنابراین باید از یک لایهٔ نازک برای روکش کردن استفاده شود که از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد. برای پاسخ به این سؤال که آیا لایه نازک درعمل نیز برای این هدف مناسب است یا خیر، تحقیقات در این زمینه همچنان ادامه دارند.

۲. بخش تجربی

۲-۱ ساخت نمونه

برای انجام تحقیقات، ۱۹ نمونهٔ بتنی به ابعاد ۳۰×۳۰ سانتیمتر و با ضخامت‌های مختلف ساخته شدند که مشخصات نمونه‌ها در جدول (۳) آورده شده است. ضخامت نمونه‌ها با توجه به اندازه بزرگ‌ترین سنگدانهٔ آن تعیین شد. سیمان مصرفی در ساخت بتن از نوع سیمان تیپ یک تهیه شده از کارخانه سیمان اصفهان بود.

مصالح سنگی مورد استفاده برای ساخت نمونه‌های بتنی مطابق آیین‌نامه BS ۸۸۲ انتخاب شدند که دانه‌بندی آنها در جدول ۱ آورده شده است[٥].

برای ساخت نمونه‌های بتنی به طرح اختلاط مناسب نیاز است که براساس روش‌های رایج تهیه شده و در جدول ۲ قابل دیدن است[٥].

برای کنترل مقاومت نمونه‌های ساخته شده با آنچه که طراحی شده بود، نمونه‌های مکعبی به ابعاد ۲۰×۲۰×۲۰ سانتیمتر ساخته شدند که مقاومت فشاری ۲۸ روزه آن ها نشان دهندهٔ تأیید طرح اختلاط بود.

روشها و طرح اختلاط موجود برای مصالح با اندازه اسمی ۱۹/۵ میلیمتر و بزرگ‌ترند و برای دانه بندی ریزتر روشی وجود ندارد. از این رو پژوهش به دلیل این که از مصالح ریز دانه برای عملکرد رویه نازک[2] حفاظتی به منظور افزایش مقاومت لغزشی و افزایش مقاومت سازه‌ای استفاده شده، بنابراین از طرح اختلاط مصالح با اندازه اسمی ۹/۵ میلیمتر برای بقیه دانه‌بندی‌ها هم استفاده شده است.

هدف از بکارگیری این لایه ها عبارتند آسفالت متخلخل و دوغاب آب‌بندی، افزایش مقاومت در برابر لغزندگی در مکان‌هایی بوده که خطر لغزش وجود دارد و به داشتن مقاومت فشاری و خمشی زیاد نیازی نبوده است، زیرا لایه‌های زیرین وظیفهٔ انتقال و باربری را دارند و این لایه فقط باید در زیر ترافیک، خرد و شکسته نشود و دوام کافی داشته باشد. برای این هدف تأمین مقاومت فشاری در حد متوسط کافی است و کیفیت اتصال آن به لایه زیرین مهم است.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱. دانه‌بندی سنگدانه‌ها طبق BS۸۸۲ و مقاومت فشاری [۵]

اندازه الک (میلیمتر)	درصد وزنی عبوری			
	۹/۵ میلیمتر	٤/۷۵ میلیمتر	۲/۳٦ میلیمتر	۱/۱۸ میلیمتر
۱۲/۵	۱۰۰	–	–	–
۹/۵	۹۷/۵	۱۰۰	–	–
٤/۷۵	٤۷	۸۵	۱۰۰	–
۲/۳٦	۳۵	٤۵	۸۰	۱۰۰
۱/۱۸	۲۵	۳۰	٦۵	۸۵
۰/٦	۲۰	۱۵	٤۵	۷۰
۰/۳	۱۰	۱۰	۲۰	۲۵
۰/۱۵	٤	٤	٤	٤

جدول ۲. طرح اختلاط و درصدهای مصالح مصرفی و مقاومت متوسط [۵]

اندازهٔ اسمی (میلیمتر)	مقاومت مشخصه (مگا پاسکال)	آب (کیلوگرم در متر مکعب)	سیمان (کیلوگرم در متر مکعب)	سنگدانه (کیلوگرم در متر مکعب)	متوسط مقاومت (مگاپاسکال)
۹/۵	٤۰	۲۳۰	۵۷۵	۱۵۹۵	٤٤
٤/۷۵	٤۰	۲۳۰	۵۷۵	۱۵۹۵	٤۱
۲/۳٦	٤۰	۲۳۰	۵۷۵	۱۵۹۵	۳۵
۱/۱۸	٤۰	۲۳۰	۵۷۵	۱۵۹۵	۳۲

۲-۲ نحوهٔ ایجاد بافت درشت

۲-۲-۱ برس نرم و زبر

برای ایجاد بافت درشت از دو نوع برس نرم و زبر استفاده شد[٦] که برس نرم از جنس نایلون انعطاف‌پذیر و برس زبر از جنس فلز نرم با تراکم زیاد بود. برس بر روی سطح نمونهٔ بتنی با زاویهٔ تقریباً ۳۰ درجه از یک جهت به جهت دیگر کشیده شد و به دلیل کوچک‌تر بودن طول برس از عرض نمونه، این کار با مقداری هم پوشانی در چند مرحله انجام شد (شکل ۱).

۲-۲-۲ شیار

یکی از روشهای دیگر ایجاد بافت درشت در سطح رویه‌های بتنی، ایجاد شیار است. شیار به وسیلهٔ یک شیارزن فلزی با زاویهٔ ۳۰ درجه با فواصل معینی در سطح رویهٔ بتنی ایجاد شد [٦]. هنگام شیار زدن به دلیل وجود سنگدانه‌ها، آنها جابجا شده و اگر دقّت لازم مبذول نشود، سطح حاصل یک سطح کاملاً خشن خواهد بود و صدای زیاد و استهلاک بیش از حد لاستیک وسیلهٔ نقلیه را ایجاد خواهد کرد. عمق تقریبی شیار برابر ٤ میلیمتر و عرض آن ۳ میلیمتر است (شکل ۲).

۲-۲-۳ سنگریزه یا سنگدانه تک اندازه

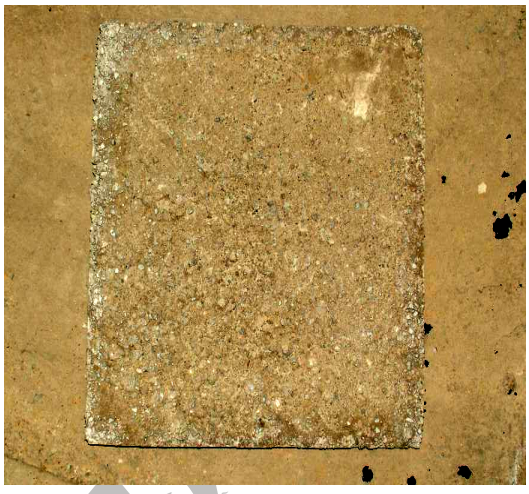
سنگریزه‌ها به اندازهٔ دانهٔ ۲/۳٦ و ۱/۱۸ میلیمتر، هر کدام در زیر نمونه‌ها ریخته شدند و پس از گیرش بتن، مصالح اضافی با برس از روی سطح رویه جمع‌آوری شدند. فرورفتن مقداری سنگریزه در داخل بتن، باعث ایجاد یک سطح دارای بافت درشت مناسب شد [٦]. البته ممکن است پس از عبور ترافیک از روی آن تعدادی از سنگدانه‌ها از سطح جدا شوند که در هر حال پس از جدا شدن، برآمدگی و فرورفتگی‌هائی باقی می ماند که نتیجه‌اش ایجاد بافت درشت مناسب برای رویه‌های بتنی است (شکل ۳). مشخصات نمونه‌های بتنی در جدول ۳ آمده است.

شکل ۱. نمونه بتنی ساخته شده در آزمایشگاه با بافت درشت ایجاد شده به وسیلهٔ برس زبر [٦]

شکل ۲. نمونه بتنی ساخته شده در آزمایشگاه با بافت درشت ایجاد شده به وسیله شیار [٦]

* تاریخ دریافت: ۸۳/۱۲/۲۰ – تاریخ پذیرش: ۸۵/۹/۰۵

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۳. نمونه بتنی ساخته شده در آزمایشگاه با بافت درشت ایجاد شده به وسیله سنگریزه [۶]

جدول ۳. مشخصات نمونه‌های بتنی ساخته شده در آزمایشگاه [۶]

شماره نمونه	ضخامت (سانتیمتر)	اندازه اسمی (میلیمتر)	نحوه ایجاد بافت
۱	٤	۹/۵	برس نرم
۲	۵	۹/۵	برس نرم
۳	۲	٤/۷۵	شیار (فاصله مرکز تا مرکز ۲۰ میلیمتر)
٤	۳	٤/۷۵	برس زبر
۵	۲	٤/۷۵	شیار (فاصله مرکز تا مرکز۲۲/۵ میلیمتر)
٦	۳	٤/۷۵	شیار (فاصله مرکز تا مرکز ۲۵ میلیمتر)
۷	۱	۲/۳٦	برس نرم
۸	۲	۲/۳٦	برس زبر
۹	۱	۲/۳٦	برس زبر
۱۰	۲	۲/۳٦	شیار (فاصله مرکز تا مرکز ۳۰ میلیمتر)
۱۱	۲/۵	٤/۷۵	با سنگریزه ۲/۳٦ میلیمتری
۱۲	۰/۵	۱/۱۸	برس زبر
۱۳	۱	۲/۳٦	شیار (فاصله مرکز تا مرکز ۳۵ میلیمتر)
۱٤	۰/۵	۱/۱۸	برس زبر
۱۵	۰/۵	۱/۱۸	برس زبر
۱٦	۱	۲/۳٦	شیار (فاصله مرکز تا مرکز ۲۵ میلیمتر)
۱۷	۲	٤/۷۵	سطح صاف و ایجاد بافت با برس زبر
۱۸	۲	٤/۷۵	با سنگریزه ۱/۱۸ میلیمتر
۱۹	۲	٤/۷۵	بدون بافت درشت (سطح صاف)

۳. آزمایش‌ها

۳-۱ آزمایش پخش ماسه

این آزمایش طبق استاندارد ASTM E-۹٦۵-۹۸ در سطح رویه انجام می‌شود. حجم معینی از ماسه در سطح رویه ریخته و به صورت یک دایره پخش می‌شود. قطر آن دست کم در ٤ نقطه با خط‌کش اندازه گرفته می‌شود و قطر متوسط به دست می‌آید و از نسبت حجم به مساحت دایره، عمق متوسط بافت درشت رویه محاسبه می‌شود[۷].

۳-۲ آزمایش آونگ انگلیسی

برای به دست آوردن مقاومت لغزشی، از دستگاه آونگ انگلیسی استفاده شد. این دستگاه دارای پاندولی است که از موقعیت افقی به وسیلهٔ یک دکمه رها شده و با نیروی یکنواخت و مستقل از زمان در هر آزمایش، به سمت پایین نوسان می‌کند. پس از برخورد با سطح جاده یا سطح نمونه در جهت دیگر به سمت بالا حرکت می‌کند. میزان مقاومت لغزشی سطح به وسیلهٔ مقیاس درجه‌بندی شده، اندازه‌گیری می‌شود (درجه از ۰ تا ۱۵۰ است).

هر چه سطح دارای اصطکاک بیشتری باشد، انرژی از دست رفته بیشتر شده و پاندول کمتر به سمت بالا حرکت می‌کند و عدد کمتری خوانده شده که معرف مقاومت لغزشی است (SRV)[۳]. هر چه سطح لغزنده‌تر باشد، عدد بزرگتر خواهد بود. کمینه مقاومت لغزشی مطابق دستورالعمل Road Note 27 برای سه گروه از راهها در جدول ٤ آورده شده و کمینه ضریب صیقل پذیری سنگدانه‌ها (PSV) در جدول ۵ آورده شده است [۸] .

جدول٤. مقادیرکمینه مقاومت لغزشی در شرایط سطح مرطوب[۸]

حداقل مقاومت لغزشی	نوع مسیر	دسته
٦۵	مسیر پر پیچ و خم و میدان قوس با شعاع کمتر از ۱۵۰ متر در راه‌های کنترل نشده شیب ۱ به ۲۰ و بیشتر با طول بیشتر از ۱۰۰ متر	۱
۵۵	مسیرهای عبور وسایل نقلیه سنگین (بیش از ۲۰۰۰ وسیله نقلیه در روز)	۲
٤۵	بقیه راه ها	۳

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵. مقادیر حداقل ضریب صیقل پذیری سنگدانه (PSV) برای رویه راهها [۸].

محل	نوع مسیر	مقدار آمد وشد بر حسب وسیله نقلیه سنگین در هر خط عبور در روز	حداقل ضریب صیقل پذیری سنگدانه(PSV)
A1 – محل های بسیار دشوار	I – نزدیک شدن به تقاطعها در مسیرهایی با سرعت مجاز بیش از ٦٤ کیلومتر در ساعت. II- نزدیک شدن به تقاطعها، خطوط عابر پیاده و شرایط پر خطر مشابه در مسیرهایی اصلی درون شهری.	کمتر از ۲۵۰ وسیله نقلیه سنگین در هرخط عبور در روز ۲۵۰ – ۱۰۰۰ وسیله نقلیه سنگین در هرخط عبور در روز ۱۰۰۰–۱۷۵۰ وسیله نقلیه سنگین در هرخط عبور در روز بیش از ۱۷۵۰ وسیله نقلیه سنگین در هرخط عبور در روز	٦٠ ٧٠ ٧٠ ٧٥
A2 – دشوار	I – نزدیک شدن به تقاطعهای اصلی در مسیرهایی با بیش از ۲۵۰ وسیله نقلیه سنگین در هرخط عبور در روز II– میدان ها و مسیر های ورودی به آنها III- پیچ‌هایی با شعاع کمتر از ۱۵۰ متر در مسیرهایی با سرعت مجاز بیش از ٦٤ کیلومتر در ساعت IV- شیبهای ۵ ٪ و بیشتر،با طول بیش از ۱۰۰ متر	کمتر از ۱۷۵۰ وسیله نقلیه سنگین در هرخط عبور در روز ۱۷۵۰–۲۵۰۰ وسیله نقلیه سنگین در هرخط عبور در روز ۲۵۰۰–۳۲۵۰ وسیله نقلیه سنگین در هرخط عبور در روز بیش از ۳۲۵۰ وسیله نقلیه سنگین در هرخط عبور در روز	٦٠ ٧٠ ٧٠ ٧٥
B – متوسط	بطور کلی در مقاطع مستقیم و قوسهای با شعاع بزرگ در مکان‌های زیر: I– آزاد راهها II- راههای اصلی III- راههای دیگر با بیش از ۲۵۰ وسیله نقلیه سنگین در هرخط عبور در روز	کمتر از ۱۷۵۰ وسیله نقلیه سنگین در هرخط عبور در روز ۱۷۵۰ – ٤۰۰۰ سیله نقلیه سنگین در هرخط عبور در روز بیش از ٤۰۰۰ وسیله نقلیه سنگین در هرخط عبور در روز	٥٥ ٦٠ ٦٥
C – آسان	I – بطور کلی در مقاطع مستقیم با ترافیک سبک II – سایر راهها که در آنها حوادث ناشی از سطح مرطوب مشکل ساز نخواهد بود	. . .	٤٥

٤. تجزیه وتحلیل نتایج

نمونه‌های بتنی پس از ساخت، به منظور تعیین مقاومت لغزشی و مقدار عمق بافت درشت ، به ترتیب به وسیله آزمایش آونگ انگلیسی و پخش ماسه، مورد ارزیابی قرار گرفتند که مقادیر اصلاح شده آن برای دمای استاندارد (۲۰ درجه سانتیگراد) در نمودارها آورده شده‌اند.

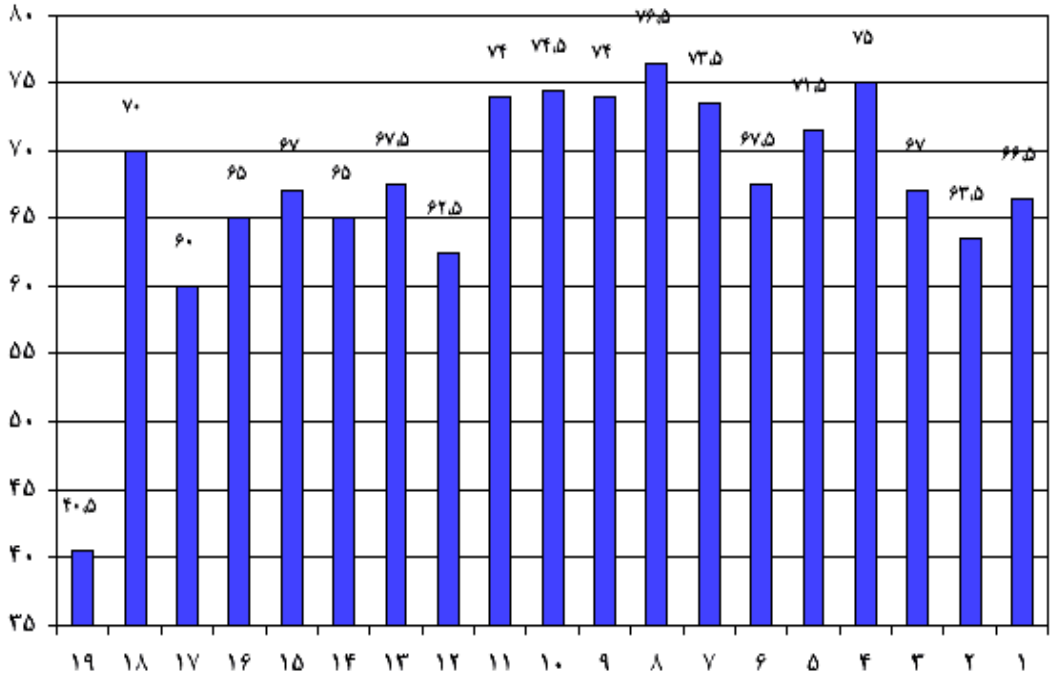
٤-۱ مقایسه تأثیر بافت درشت

همان طور که بیان شد تأثیر بافت درشت بر روی مقاومت لغزشی بسیار زیاد است.

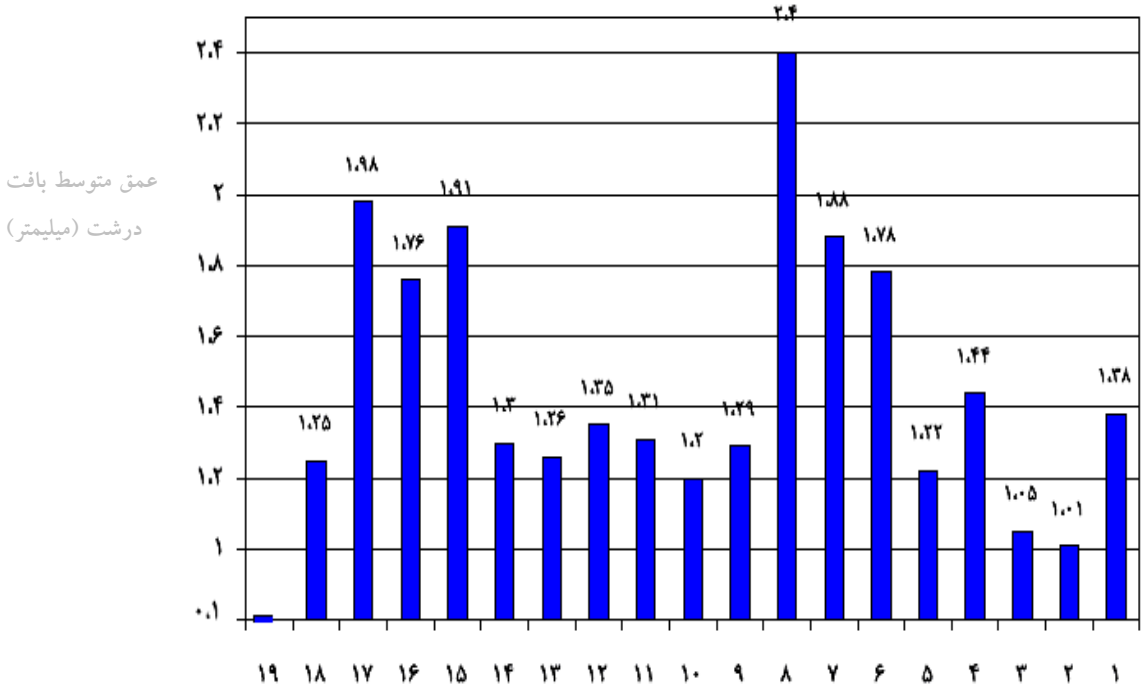
نمونه‌های دارای بافت درشت و نمونهٔ فاقد بافت درشت، تحت آزمایش آونگ انگلیسی قرار گرفتند و نتایج به دست آمده حاکی از تأثیر زیاد بافت درشت بودند که در نمودار ۱ نمایش داده شده‌اند. این نمودار تغییر بسیار چشمگیر مقاومت لغزشی، به علت نبودن وجود بافت درشت را نشان می‌دهد. در این نمودار، نمونه شماره ۱۹ کمترین مقاومت لغزشی و نمونه شماره ۸ با برس زبر با اندازه اسمی ۲/۳٦ میلیمتر بیشترین مقاومت لغزشی را دارد. نمودار ۲ مقادیر عمق متوسط بافت درشت نمونه‌ها را نمایش می‌دهد که نمونه ۱۹ فاقد بافت درشت است.

* تاریخ دریافت: ۸۳/۱۲/۲۰ – تاریخ پذیرش: ۸۵/۹/۰۵

Archive of SID
www.SID.ir

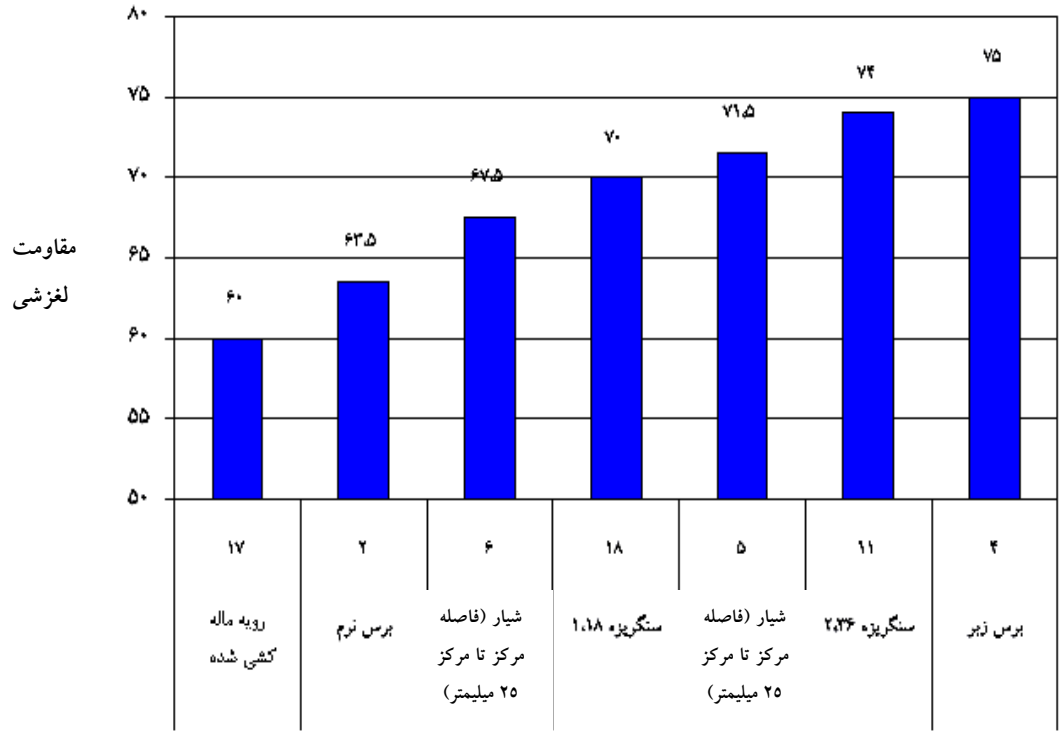


نمودار ۱. مقاومت [illegible] نمونه‌های بتنی [٦]

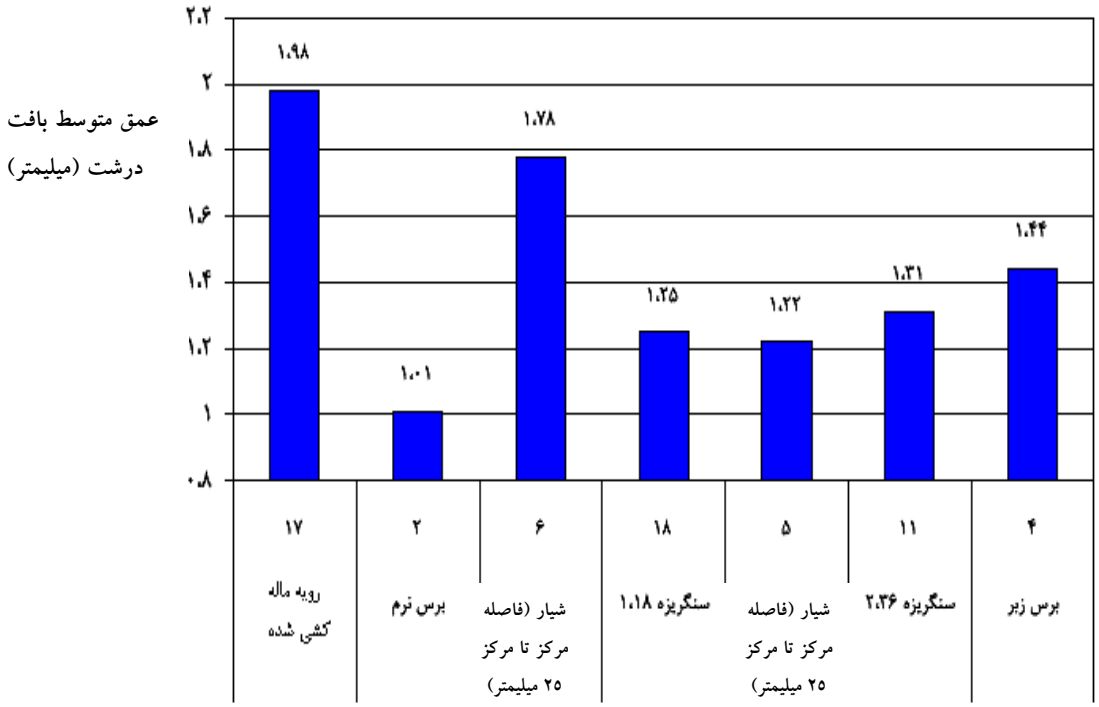


نمودار ۲. مقادیر عمق متوسط بافت درشت نمونه‌های بتنی [٦]

www.SID.ir



نمودار۳. مقاومت لغزشی در نمونه‌های بتنی با بزرگترین دانه ۴/۷۵ میلیمتر [۶]



نمودار٤. مقادیر عمق متوسط بافت درشت [٦]

* تاریخ دریافت: ۸۳/۱۲/۲۰ – تاریخ پذیرش: ۸۵/۹/۰۵

www.SID.ir

٤-٢ بررسی تأثیر نوع بافت درشت

برای تعیین اثر نوع بافت درشت بر مقاومت لغزشی نمونه‌های ساخته شده، نتایج به دست آمده از نمونه‌هایی که بزرگ‌ترین دانه آنها ٤/٧٥ میلی متر است، در نمودار ٣ نمایش داده شده‌اند. مقاومت لغزشی با توجّه به نوع بافت درشت به ترتیب زیر کاهش یابنده است: برس زبر، سنگریزه با دانه ٢/٣٦ میلیمتر، شیارهای عمود بر جهت حرکت ترافیک، سنگریزهٔ با دانه ١/١٨ میلیمتر و برس نرم. در نتیجه بافت درشتی که به وسیله برس زبر ایجاد شده است، مقاومت لغزشی بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها دارد و عمق متوسط بافت درشت آن هم در ردهٔ خوبی قرار دارد.

با توجّه به نمودار ٣، نمونه شماره ٥ که فاصله مرکز تا مرکز شیار آن برابر ٢٢/٥ میلیمتر است، دارای مقاومت لغزشی بزرگ‌تری نسبت به نمونه شماره ١٨ است ولی نمونه شماره ٦ با فاصله مرکز تا مرکز برابر ٢٥ میلیمتر، مقاومت لغزشی کمتری نسبت به نمونه شماره ١٨ دارد که این وضعیت نشانگر آن است که هرگاه فاصله شیارها از هم بیشتر شود، مقاومت لغزشی کاهش می‌یابد. نمودار ٤ مقادیر عمق متوسط بافت درشت نمونه‌ها با بزرگ‌ترین دانهٔ ٤/٧٥ میلیمتری را نمایش می‌دهد.

٤-٣ بررسی تأثیر اندازه اسمی

در این تحقیقات مشخص شد که اندازه اسمی مخلوط بتنی، در مقاومت لغزشی مؤثر است و این تأثیر در نمودارهای ٥ و ٧ نماش داده شده است.

نمودار ٦ مقادیر عمق متوسط بافت درشت این نمونه‌ها را نمایش می‌دهد. نمونه ٤ دارای اندازه اسمی برابر ٤/٧٥ میلیمتر است که مقاومت لغزشی خوبی از خود نشان داده است. هر چند مقدار مقاومت لغزشی نمونه ٨ با اندازه اسمی ٢/٣٦ میلیمتر بیشتر است ولی اگر به عمق بافت درشت آنها دقت شود، مشخص می‌شود که تفاوت عمق بافت درشت این دو بسیار زیاد است و متناسب با این افزایش عمق بافت درشت، مقاومت لغزشی آنها تغییر زیادی نکرده است، این نشان می‌دهد که تأثیر اندازه بزرگ‌ترین دانه بر مقاومت لغزشی بسیار بیشتر از عمق بافت درشت است. دلیل آن این است که وظیفه اصلی بافت درشت، کمک به تخلیه آب زاید بین لاستیک وسیله نقلیه و سطح رویه در سرعت‌های متوسط و زیاد است و اگر عمق بافت درشت، بیش از حد نیاز باشد نه تنها در افزایش ایمنی تأثیرگذار نیست، بلکه موجب افزایش صدا و کاهش کیفیت سواری خواهد شد. نمونه شماره ١ دارای اندازه اسمی برابر ٩/٥ میلیمتر است و عمق بافت درشت آن با نمونه شماره ٤ تفاوت بسیار ناچیزی دارد، ولی اگر به مقاومت لغزشی آنها توجه شود، مشخص می‌شود که نسبت مقاومت‌ها بسیار بزرگ‌تر از نسبت عمق بافت‌هایشان است، یعنی نتیجه دقیقاً بر عکس دو نمونه قبلی است. این امر نشانگر این است که اگر اندازه دانه‌ها از حد معینی بزرگ‌تر شود تأثیر آنها کمتر می‌شود و تأثیر عوامل دیگر بر افزایش مقاومت لغزشی بیشتر از اندازه بزرگ‌ترین سنگدانه خواهد شد. دو رابطه برای مقاومت لغزشی به صورت تابعی از اندازه اسمی دانه‌ها به دست آمده‌اند که برای یکی از آنها $R^2=0.7221$ و برای دیگری $R^2 = 0.9278$ است. این دو رابطه و نقاط و منحنی‌های مربوط به آنها در نمودار ٧ نشان داده شده‌اند.

٥ نتیجه‌گیری

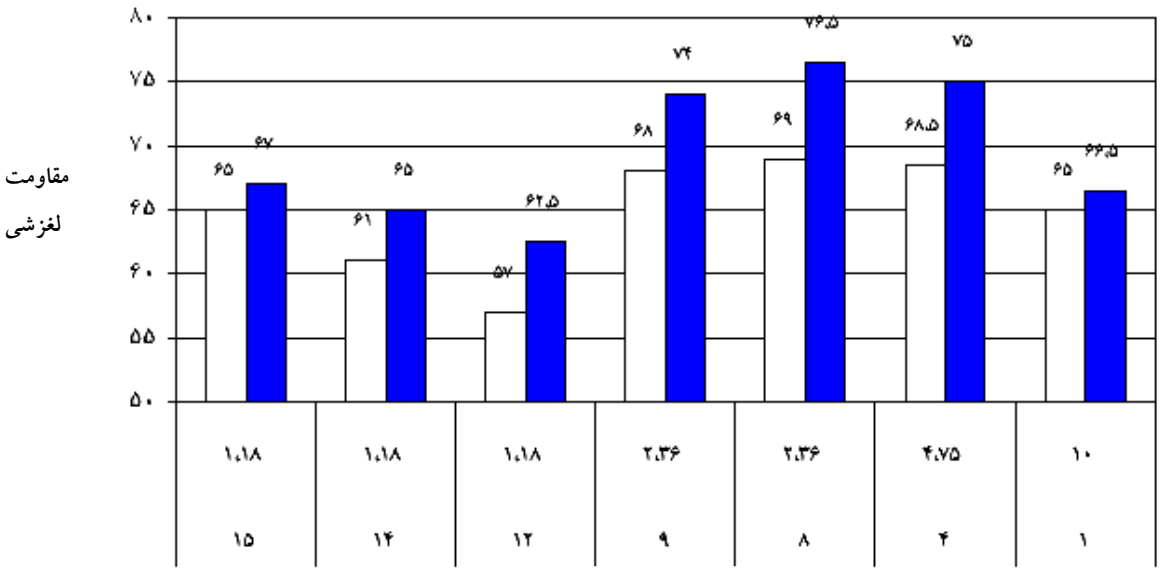
مقاومت لغزشی یکی از پارامترهای مهم در کاهش تصادفات جاده‌ای است. هرگاه این مقاومت از حد مطلوبی کمتر شود، باید آن را بررسی و تمهیدات خاصی را برای سطح رویه اندیشید. بهترین روش برای مقابله با خطر لغزندگی، پیشگیری است، یعنی در زمان ساخت با رعایت نکات اصولی، باید مقاومت لغزشی مناسب و پایدار ایجاد کرد. با توجّه به تحقیقات انجام یافته، نکات بیان شده در زیر حائز اهمیت اند:

١- نمودارهای ٥ و ٧ نشانگر آن است که مقاومت لغزشی با اندازه و شکل سنگدانه‌ها رابطه مستقیمی دارد و مصالح با بزرگ‌ترین دانهٔ برابر ٤/٧٥ میلیمتر، بهترین مقاومت لغزشی را ایجاد کرده است.

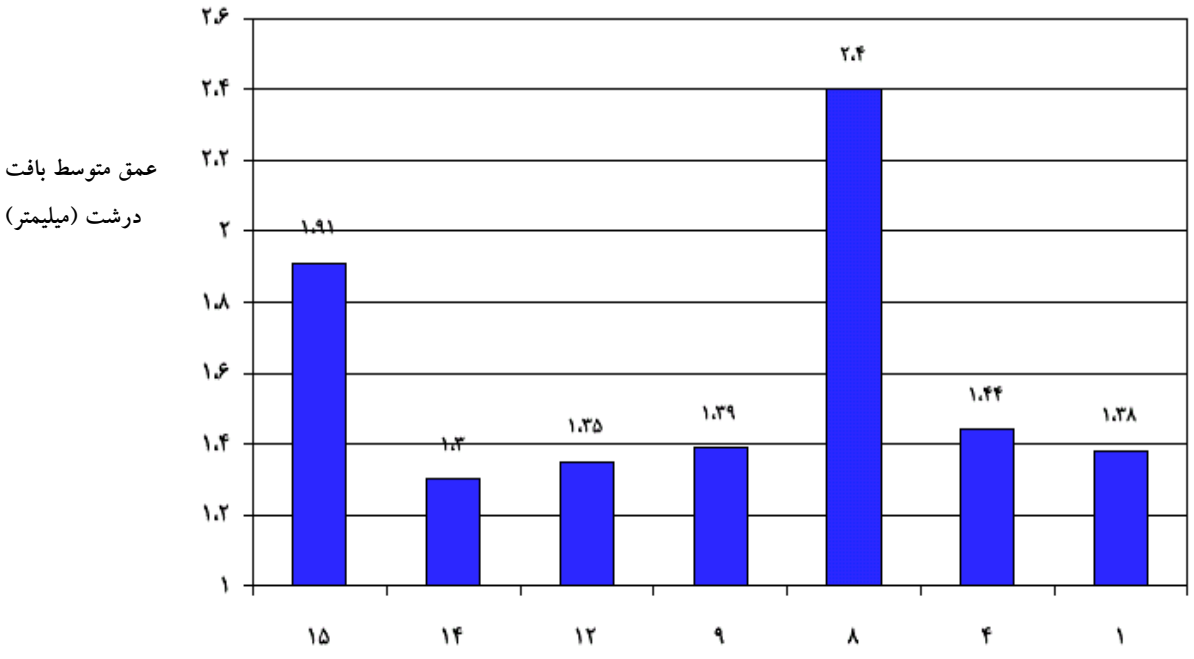
٢- نمودار ٣ بیانگر این مطلب مورد انتظار است که رویه مالهٔ کشی شده (فاقد بافت درشت) کمترین مقاومت لغزشی را دارد.

٣- نمودار ٣ نشانگر این است که بافت درشت ایجاد شده در رویه بتنی با برس زبر و سنگریزه با اندازه ٢/٦ میلیمتر، بهترین مقاومت لغزشی را از خود نشان داده است.

Archive of SID
www.SID.ir



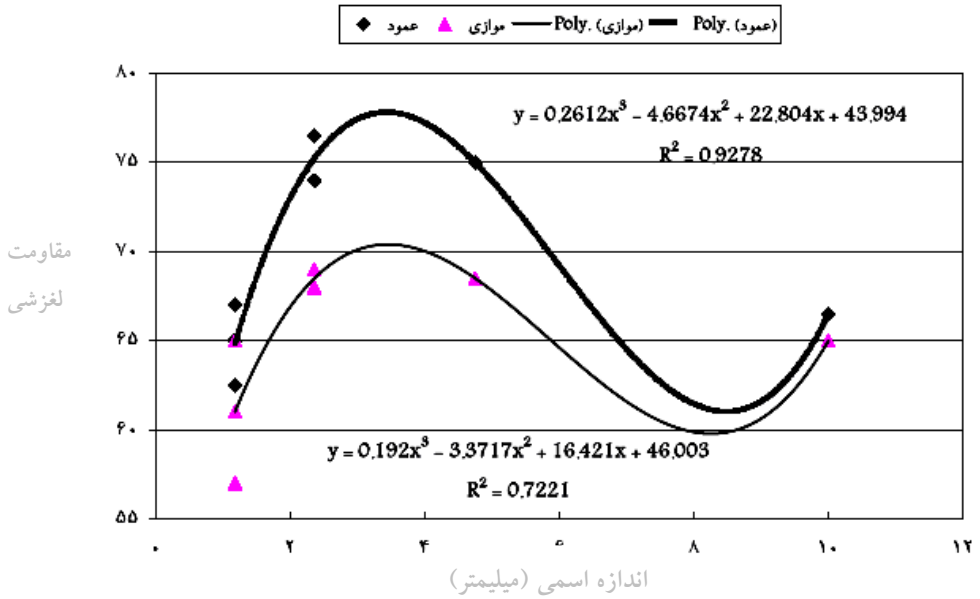
نمودار۵. مقاومت لغزشی نمونه‌های بتنی بر حسب اندازه اسمی
با یک روش ایجاد بافت درشت (برس زبر) [٦]



نمودار ٦. مقادیر متوسط عمق بافت درشت (میلیمتر) [٦]

* تاریخ دریافت: ۸۳/۱۲/۲۰ – تاریخ پذیرش: ۸۵/۹/۰۵

www.SID.ir



نمودار۷. رابطه بین مقاومت لغزشی نمونه‌های بتنی با اندازه اسمی مصالح سنگی با روش ایجاد بافت درشت به کمک برس زبر [٦]

٦. مراجع

1. LRR, (1975) "Portland cement concrete pavement texture quality investigation", division of construction and research transportation, laboratory research report, interim report, UK.

2. Martinez, J.E, (1977) "Effects of pavement grooving on friction, braking and vehicle control", Texas transportation institute, Texas A&M University.

3. Soudagari, Javad, (1988) "Laboratory studies of rolling resistance and skidding resistance of road surfaces", PH.D Thesis, University of Birmingham, U.K.

4. Soudagari, Javad, and Lees, G. (1990) "Effect of road surface type/texture on rolling and skidding resistance", International Symposium on Highway Surfacing at Ulster University, UK.

۵. رمضانیانپور، علی اکبر، (۱۳۸۱)"طرح اختلاط بتن"، چاپ هفتم، انتشارات آذرنگ،

۶. معافی مدنی، سید روح اله، (۱۳۸۳) "ارزیابی آزمایشگاهی خصوصیات سنگدانه ها و رویه جاده در اصطکاک"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس،

7. ASTM (1998) "Road and paving materials, pavement management technologies, annual book of ASTM standards, vol. 04.03, American society for testing and materials.

8. Road Note 27, (1969) "Instructions for using the portable skid resistance tester ", transport and road research laboratory TRRL HMSO,

پانویس‌ها

1- Nominal size
2- Thin layer
3- Skid resistance value (SRV)
4- Slurry seal

Archive of SID
www.SID.ir