

## تعیین مقاومت لغزشی رویه های آسفالتی متخلخل، استخوان بندی سنگدانه‌ای و بتن آسفالتی\*

جواد سوداگری، استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران  
ابوالفضل حسنی، دانشیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران  
سید روح ... معافی مدنی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی - مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران  
E-mail: [hassani@modares.ac.ir](mailto:hassani@modares.ac.ir).

### چکیده

فراوانی استفاده از روسازی آسفالتی در ایران و جهان تحقیق حاضر را به سوی هدایت کرد که در آن رویه های آسفالتی گرم از نظر مقاومت لغزشی جهت تعیین عملکرد نسبی آنها ارزیابی و با یکدیگر مقایسه شوند. در این مطالعات مقاومت لغزشی با دستگاه آونگ انگلیسی و بافت درشت با آزمایش پخش ماسه اندازه گیری شدند.

در این تحقیقات همچنین با حفظ نوع سنگدانه، سه نوع مخلوط که هر یک از نظر بافت درشت، اندازه اسمی، دانه بندی و نسبت درشت دانه به ریز دانه در مخلوط متفاوت هستند مورد مطالعه و تحقیق قرار گرفته اند. نمونه های مربع شکل  $30 \times 30$  سانتیمتر و با ضخامت معمول لایه رویه یعنی ۵ سانتیمتر ساخته شدند که از بسیاری جهات شرایط یک لایه رویه در میدان را شبیه سازی می کنند. نتایج حاصله نشان می دهند که بافت درشت، اندازه اسمی، دانه بندی و نسبت درشت دانه به ریز دانه بر حسب درصد رده شده از الک  $4/75$  میلی متر درمیزان مقاومت لغزشی تاثیر گذارند.

واژه های کلیدی: مقاومت لغزشی، روسازی آسفالتی، آونگ انگلیسی، بافت ریز و درشت، اندازه اسمی

### ۱. مقدمه

نفر زخمی خواهند شد، مگر این که اقدامات مناسبی جهت جلوگیری از این حوادث صورت گیرد [۱].  
با افزایش جمعیت و نیز حجم ترافیک، نیاز به ساخت راه بیشتر شده و در دنیا غالباً از آسفالت جهت انجام روسازی راهها استفاده می شود. همان گونه که به ساخت جاده از نظر کمی جهت توسعه فعالیت های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی باید توجه شود به کیفیت و ایمنی جاده ها نیز نباید از نظر دور بماند.

امروزه مبحث ایمنی در تردد یکی از اصول اولیه مهندسی راه، ترافیک و برنامه ریزی حمل و نقل است. بر مبنای گزارش سازمان بهداشت جهانی (WHO)<sup>۱</sup> هر ساله بیش از ۱/۱۷ میلیون نفر در سوانح جاده ای جان خود را از دست می دهند که از این آمار ۷۰ درصد آن مربوط به کشورهای در حال توسعه است و بیش از ۱۰ میلیون نفر معلول و زخمی می شوند. پیش بینی می شود که در ۱۰ سال آتی در کشورهای در حال توسعه در اثر حوادث مختلف حمل و نقلی ۶ میلیون نفر جان خود را از دست داده و ۶۰ میلیون

مخلوط می‌شود که اثر بافت درشت<sup>۳</sup> لایه را دارد. در نتیجه، این مخلوط آسفالتی از جمع شدن آب در سطح راه پیشگیری کرده و به این ترتیب آب، مانعی جهت ایجاد تماس بین لاستیک چرخ<sup>۴</sup> و وسایل نقلیه و سطح راه ایجاد نمی‌کند و بنابراین برای ترافیک و استفاده کنندگان از راه، ایمنی بیشتری ایجاد می‌شود. افزایش مقاومت لغزشی، کاهش پرش/پاشیدن آب<sup>۵</sup> هنگام تردد وسایل نقلیه در هنگام بارندگی، از امتیازات این نوع رویه آسفالتی است [۶].

## ۲-۱-۱ سنگدانه‌ها

سنگدانه‌های مصرفی باید مشخصات مندرج در جدول (۷-۲) آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران، نشریه ۲۳۴ را داشته باشند. دانه‌بندی مصالح در جدول ۱ آورده شده است [۶].

جدول ۱. دانه بندی پیشنهادی مصالح آسفالت متخلخل [۶]

| درصد مواد رد شده از الک |        | اندازه الک به میلی متر                        |
|-------------------------|--------|---|
| ۱                       | ۲      |   |
| ۱۰۰                     | -      | ۱۹  |
| ۹۰-۱۰۰                  | ۱۰۰    | ۱۲/۵  |
| ۶۰-۱۰۰                  | ۹۰-۱۰۰ | ۹/۵   |
| ۱۵-۴۰                   | ۳۰-۵۰  | ۴/۷۵  |
| ۴-۱۲                    | ۵-۱۵   | ۲/۳۶  |
| ۲-۵                     | ۲-۵    | ۰/۰۷۵   |
| ۴/۵                     | ۵      | درصد قیرخالص بر حسب وزن مخلوط آسفالتی - حداقل |

برای ساخت نمونه های آزمایشی از مقدار متوسط هر دو نوع دانه بندی جدول فوق استفاده شد. ابعاد نمونه‌های ساخته شده برابر ۱۵×۱۵×۵ سانتی متر است.

## ۲-۱-۲ قیر

درصد قیر استفاده شده در مخلوط‌های آسفالتی متخلخل مطابق پیشنهاد آیین‌نامه است که مقدار آن در جدول ۱ آمده است و قیر مصرفی نیز از نوع ۷۰-۶۰ پالایشگاه تهران است [۷].

آمار سوانح رانندگی کشور در سال ۱۳۸۲ نشان می‌دهد که به طور متوسط در هر ۲۱ دقیقه یک نفر جان خود را از دست می‌دهد. آمار پزشکی قانونی نشان می‌دهد که میزان مرگ و میر ناشی از تصادفات سال ۱۳۸۲ در کشور ۲۵۷۲۲ نفر است که نسبت به سال ۱۳۸۱ به میزان ۱۷/۶ درصد افزایش داشته است [۲ و ۳].

یکی از پارامترهای مؤثر در ایمنی و کاهش سوانح، لغزنده نبودن سطح رویه جاده‌ها است. هر چه سطح رویه جاده با سطح لاستیک وسیله نقلیه، اصطکاک بیشتری داشته باشد به کنترل وسیله نقلیه و توقف بموقع آن، کمک کرده و از بروز تصادف ناشی از لغزش جلوگیری می‌شود.

مقاومت لغزشی سطح جاده به عواملی چون جنس سنگدانه، بافت ریز و درشت، رطوبت و ... بستگی دارد که هرگاه این پارامترها به همراه پارامترهای مربوط به وسیله نقلیه از قبیل ترمز و لاستیک در شرایط مناسبی قرار داشته باشند، مقاومت لغزشی یا اصطکاک حاصله بیشتر خواهد بود. در شرایط خشک مقاومت لغزشی تقریباً از مقدار قابل قبولی برای تمام سطوح بر خوردار است، ولی در شرایط مرطوب این گونه نیست و به همین دلیل به اقداماتی جهت افزایش مقاومت لغزشی نیاز داریم که نتیجه آن ایمنی در هنگام ترمز گرفتن و تغییر جهت است [۴ و ۵].

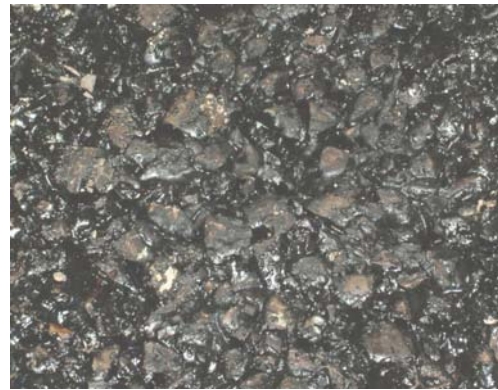
با توجه به وجود انواع روسازی های آسفالتی، به منظور بررسی و ارزیابی عملکرد برخی از آنها از نظر مقاومت لغزشی، مطالعاتی در دانشگاه تربیت مدرس انجام پذیرفت. در این مطالعات سه نوع رویه شامل آسفالت متخلخل، آسفالت با استخوان‌بندی سنگدانه ای و آسفالت با دانه بندی پیوسته یا آسفالت بتنی ساخته شدند و آزمایش مقاومت لغزشی بر روی آنها انجام شد.

## ۲. بخش تجربی

### ۲-۱ آسفالت متخلخل

این نوع آسفالت از اختلاط قیر با سنگدانه‌های شکسته و دارای دانه‌بندی باز تهیه و سپس با ضخامت کم (حدود ۲۰ میلی‌متر) در سطح جاده پخش می‌شود. فضای خالی بافت درشت این آسفالت تقریباً ۲۰ درصد است که این مقدار به مراتب بیشتر از آسفالت بتنی است که این امر باعث تخلیه سریع آب های سطحی از طریق فضای خالی<sup>۲</sup>

برای ساخت نمونه، از طرح اختلاط مطرح شده در نشریه ۲۰۶ سازمان برنامه و بودجه استفاده شد که دانه‌بندی و مشخصات مخلوط در جدول ۲ و ۳ آمده است.



شکل ۱. نمونه آسفالت متخلخل ساخته شده در آزمایشگاه [۷]

جدول ۲. دانه بندی مخلوط مصالح سنگی مصرفی در

طرح مخلوط آسفالتی با استخوانبندی سنگدانه‌ای [۸]

| اندازه الک ( میلی‌متر) | ۱۹  | ۱۲/۵ | ۹/۵ | ۴/۷۵ | ۲/۳۶ | ۰/۳  | ۰/۱۵ | ۰/۰۷۵ |
|------------------------|-----|------|-----|------|------|------|------|-------|
| درصد رد شده از الک     | ۱۰۰ | ۹۲   | ۷۱  | ۳۲/۱ | ۲۴   | ۱۵/۷ | ۱۲/۳ | ۱۰/۶  |

جدول ۳. مشخصات مخلوط آسفالتی با استخوان بندی

سنگدانه‌ای با ۳۲ درصد مصالح سنگی ریزدانه

(رد شده از الک ۴/۷۵ میلی متر) [۸]

| کمیت مخلوط آسفالتی مترکم شده            | درصد قیر نسبت به کل مخلوط |      |      |      |      |
|---|---------------------------|------|------|------|------|
|   | ۵/۵                       | ۶    | ۶/۵  | ۷    | ۷/۵  |
| استحکام (کیلوگرم)                       | ۶۵۰                       | ۷۱۰  | ۷۷۰  | ۷۰۰  | ۵۵۰  |
| وزن واحد حجم (کیلوگرم بر متر مکعب)      | ۲۲۱۸                      | ۲۲۲۵ | ۲۲۳۵ | ۲۲۲۸ | ۲۲۱۹ |
| روانی (۰/۲۵ میلی متر)                   | ۱۴                        | ۱۶   | ۱۶   | ۱۷   | ۱۸   |
| درصد فضای خالی مخلوط آسفالت             | ۵/۷                       | ۴/۷  | ۳/۶  | ۳/۳  | ۳    |
| درصد فضای خالی مصالح سنگی               | ۱۶/۶                      | ۱۶/۸ | ۱۷   | ۱۷/۶ | ۱۸/۴ |
| درصد فضای خالی مصالح سنگی پر شده با قیر | ۶۵/۹                      | ۷۱/۹ | ۷۸/۵ | ۸۱/۷ | ۸۳/۶ |

مخلوط آسفالتی ساخته شده با ۶/۵ درصد قیر بیشترین استحکام و نیز ویژگی های مورد نظر از جمله درصد فضای خالی مخلوط آسفالتی و درصد فضای خالی مصالح سنگی را دارد [۸].



شکل ۲. نمونه آسفالت با استخوانبندی سنگدانه‌ای

(SMA) ساخته شده در آزمایشگاه [۷]

## ۲-۲ آسفالت با استخوانبندی سنگدانه‌ای (SMA)

مخلوط های آسفالتی با استخوان بندی سنگدانه ای از نوع مخلوط‌های آسفالتی گرم هستند. در مناطق گرمسیر برای استفاده در مسیرهای پر تردد و بار محوری سنگین، این نوع مخلوط‌ها استفاده می‌شوند. این گونه مخلوط‌های آسفالتی مقاومت خوبی در برابر شیار افتادگی و تغییر شکل دائمی از خود نشان می دهند.

از دیگر ویژگی‌های این مخلوط‌ها افزایش دوام و استحکام لایه آسفالتی، جلوگیری از لغزش سطح راه و عدم ایجاد ترک‌های ناشی از خستگی است. در این مخلوط‌ها، مصالح درشت دانه مقاوم و صددرد شدسته به مقدار زیاد (حدود ۷۰ درصد نسبت به کل مصالح سنگی) مصرف می‌شوند. این میزان در مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی پیوسته حدود ۴۰ درصد مصالح سنگی است [۸].

دانه‌بندی مخلوط‌های آسفالتی با استخوان‌بندی سنگدانه‌ای بر خلاف دانه‌بندی مخلوط های آسفالتی گرم متداول (با دانه‌بندی پیوسته یا آسفالت بتنی)، میان تهی است. چون اسکلت و ساختار اصلی این مخلوط‌ها را سنگدانه های بزرگ تر از ۴/۷۵ میلی متر تشکیل می‌دهند و این سنگدانه‌ها به مقدار زیاد در مخلوط به کار می‌روند، فضای خالی بین مصالح سنگی درشت و نیز مقدار رد شده از الک شماره ۴/۷۵ میلی متر باید به اندازه‌ای انتخاب شود که امکان تماس خوب بین سنگدانه‌ها ایجاد شود. افزایش مقدار ریزدانه (رد شده از الک ۴/۷۵ میلی‌متر) بیش از حد مورد نیاز، باعث کاهش قفل و بست بین مصالح سنگی درشت می‌شود. مقدار ریزدانه این مخلوط‌ها ۲۰ تا ۲۸ درصد نسبت به کل مخلوط پیشنهاد شده است [۸].

### ۳-۲ آسفالت با دانه بندی پیوسته یا آسفالت بتنی

برای تهیه نمونه های آسفالتی با دانه بندی پیوسته به عبارت دیگر آسفالت بتنی، از آسفالت ساخته شده در کارخانه آسفالت سازی به نام ماد آسفالت استفاده شد. این کارخانه برای شهرداری قدس، در حال اجرای روسازی آسفالتی در نوار حفاری بود که اعضاء گروه پژوهشی به محل اجرا رفته و نمونه هایی از مخلوط تهیه کردند. قالب های  $30 \times 30 \times 5$  سانتی متر در داخل نوار حفاری قرار داده شد و پس از پر شدن به وسیله غلتک دستی متراکم شد. کنترل کیفیت این مخلوط آسفالتی توسط آزمایشگاه مکانیک خاک کرج انجام شد که دانه بندی مخلوط در جدول ۴ و مشخصات مارشال آن در جدول ۵ نشان داده شده است [۷].



شکل ۳. نمونه آسفالت با دانه بندی پیوسته یا آسفالت بتنی [۷]

### ۳. تجزیه و تحلیل نتایج

در این تحقیقات نمونه های ساخته شده از نظر نوع سنگدانه یکسان هستند زیرا از یک معدن تهیه گردیده اند، اما از نظر دانه بندی و میزان درشت دانه نسبت به ریز دانه مخلوط متفاوت اند. همچنین اندازه اسمی مخلوط ها یکی دیگر از متغیرها است و نوع قیر مصرفی نیز برای همه نمونه ها ثابت است [۷]. از این رو اثر این عوامل فقط در ظاهر سطح رویه نمونه ها از نقطه نظر خصوصیات سطح نمایان خواهد شد و تاثیر این تغییرات در سطح نمونه ها، بافت درشت نامیده می شود که یکی از روش های مطمئن و پذیرفته شده اندازه گیری آن پخش ماسه<sup>۷</sup> است [۹].

از آنجا که نوع سنگدانه های مصرفی در نمونه ها یکسان است، اثر بافت ریز که خاصیت ذاتی سنگدانه هاست مورد ارزیابی قرار نگرفته و خارج از اهداف این تحقیق است. اما اثر آن در این پژوهش برای همه نمونه ها یکنواخت است. رایج ترین روش اندازه گیری اثر بافت ریز از طریق آزمایش صیقل پذیری سنگ دانه<sup>۸</sup> انجام می شود که در استاندارد بریتانیا [۱۰] به طور کامل توضیح داده شده است و حاصل این آزمایش ارزش صیقل پذیری سنگدانه<sup>۹</sup> است.

آونگ انگلیسی که دستورالعمل نحوه استفاده آن به طور کامل در Road Note 27 بیان شده است [۸]، جهت اندازه گیری مقاومت لغزشی سطح راه و اندازه گیری مقاومت لغزشی نمونه های آزمایشی مورد استفاده قرار می گیرد. کفشک های اندازه گیری<sup>۱۰</sup> برای سطح راه به ابعاد  $75 \times 25 \times 6$  میلی متر و نمونه های آزمایشگاهی به ابعاد  $32 \times 25 \times 6$  میلی متر است. عدد به دست آمده توسط

### جدول ۴. دانه بندی و میزان قیر مصالح آسفالت

با دانه بندی پیوسته [۷]

| درصد وزنی رد شده از هر الک و میزان قیر |      |      |     | اندازه اسمی (میلی متر) |
|--|------|------|-----|------------------------|
| ۴/۷۵                                   | ۹/۵  | ۱۲/۵ | ۱۹  | اندازه الک (میلی متر)  |
|  | -    | -    | ۱۰۰ | ۲۵                     |
|  | -    | ۱۰۰  | ۹۴  | ۱۹                     |
|  | ۱۰۰  | ۹۵   | -   | ۱۲/۵                   |
| ۱۰۰                                    | ۹۵   | -    | ۶۵  | ۹/۵                    |
| ۸۸                                     | ۷۰   | ۵۹   | ۴۶  | ۴/۷۵                   |
| ۷۵                                     | ۴۵   | ۴۳   | ۳۳  | ۲/۳۶                   |
| ۳۰                                     | ۱۵   | ۱۴   | ۱۲  | ۰/۳                    |
| ۵                                      | ۸    | ۶    | ۴   | ۰/۰۷۵                  |
| ۶/۷                                    | ۶/۵۶ | ۵/۳  | ۵   | درصد قیر               |

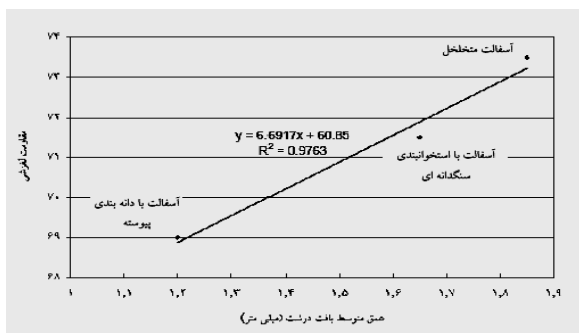
### جدول ۵. مشخصات مخلوط آسفالتی با دانه بندی پیوسته [۷]

| اندازه اسمی (میلی متر) |      |      |      | کمیت مورد بررسی                         |
|------------------------|------|------|------|---|
| ۴/۷۵                   | ۹/۵  | ۱۲/۵ | ۱۹   |   |
| ۶/۷                    | ۶/۵۶ | ۵/۳  | ۵    | درصد قیر                                |
| ۷۸۰                    | ۸۷۰  | ۹۵۰  | ۱۰۵۰ | استحکام (کیلوگرم)                       |
| ۴                      | ۳    | ۳    | ۲/۵  | روانی (میلی متر)                        |
| ۳,۳                    | ۴    | ۳/۸  | ۴    | درصد فضای خالی مخلوط آسفالت             |
| ۱۶                     | ۱۵   | ۱۴/۵ | ۱۳   | درصد فضای خالی مصالح سنگی               |
| ۷۴                     | ۷۲   | ۷۰   | ۷۰   | درصد فضای خالی مصالح سنگی پر شده با قیر |
| ۵۰                     | ۵۰   | ۵۰   | ۵۰   | تعداد ضربه                              |

### ۳-۱ بررسی تاثیر نوع آسفالت

نمونه های آسفالتی ساخته شده در سه نوع، آسفالت متخلخل، آسفالت با استخوان بندی سنگدانه ای و آسفالت با دانه بندی پیوسته یا آسفالت بتنی است.

جهت تعیین و ارزیابی عملکرد این سه نوع مخلوط آسفالتی از نظر مقاومت لغزشی هر سه نمونه با یک نوع مصالح و با بزرگترین دانه، برابر با ۱۲/۵ میلی متر ساخته شدند و نتایج آزمایش مقاومت لغزشی در نمودار ۱ نشان داده شده است. همان طور که در این نمودار مشخص شده است، بیشترین مقاومت لغزشی، مربوط به آسفالت متخلخل است و آسفالت با استخوان بندی سنگدانه ای و دانه بندی پیوسته به ترتیب مقاومت لغزشی کمتری از خود نشان می دهند. دلیل این امر را از یک نظر می توان در میزان مصالح سنگی رد شده از الک ۴/۷۵ میلی متر جستجو کرد. میزان مصالح رد شده از الک ۴/۷۵ میلی متر در آسفالت متخلخل برابر ۲۷/۵ درصد، آسفالت با استخوان بندی سنگدانه ای برابر ۳۲ درصد و آسفالت با دانه بندی پیوسته برابر ۵۹ درصد است. با توجه به درصد های عبوری از الک ۴/۷۵ میلی متر، بیشترین درصد مصالح درشت دانه را آسفالت متخلخل و کمترین را آسفالت با دانه بندی پیوسته دارد و نتایج مقاومت لغزشی هم نشان می دهند که عملکرد آسفالت متخلخل بهتر از دو نمونه دیگر است [۷].



نمودار ۱. مقاومت لغزشی آسفالت های مختلف با اندازه اسمی

۱۲/۵ میلی متری نسبت به عمق متوسط بافت درشت [۷]

البته این به آن معنی نیست که هر چه درصد رد شده از الک ۴/۷۵ میلی متر کمتر شود، رویه حاصله مناسب تر است. زیرا با افزایش درشت دانه فضای خالی بین مصالح زیاد شده که این امر می تواند موجب کاهش مقاومت مخلوط، خشک شدن قیر و کاهش دوام لایه شود [۷].

کفشک بزرگ، مقاومت لغزشی<sup>۱۱</sup> یا عدد آونگی نامیده می شود.

اگر تعیین ارزش صیقل پذیری سنگدانه ها مورد نظر باشد، پس از انجام آزمایش مربوط که در بالا به آن اشاره شد، می توان از رابطه زیر برای به دست آوردن PSV استفاده کرد [۱۱، ۱۲].

$$PSV = S + 52.5 - C \quad [11]$$

در رابطه فوق S میانگین ۴ نمونه آزمایشگاهی و C میانگین ۴ نمونه سنگ کنترل است.

نمونه های آسفالتی پس از ساخته شدن برای تعیین مقاومت لغزشی و میزان عمق بافت درشت، به وسیله آزمایش آونگ انگلیسی و پخش ماسه مورد ارزیابی قرار گرفتند که مقادیر اصلاح شده آن نسبت به دمای استاندارد (۲۰ درجه سانتی گراد) در جدول ۶ آمده است.

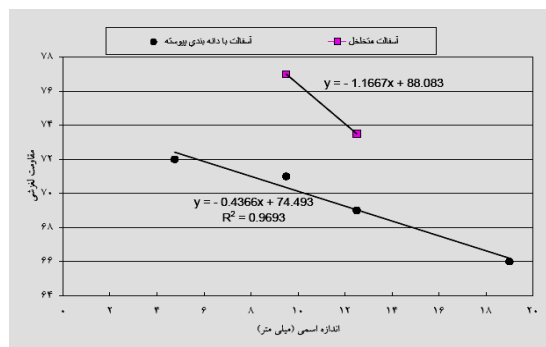
جدول ۶. تعداد و مقادیر مقاومت لغزشی و عمق بافت

درشت اندازه گیری شده بر روی نمونه های آسفالتی [۷]

| ردیف آزمایش                     | آسفالت متخلخل |               | آسفالت با استخوان بندی سنگدانه ای (SMA) |               | آسفالت با دانه بندی پیوسته یا آسفالت بتنی |               |
|---------------------------------|---------------|---------------|---|---------------|---|---------------|
|                                 | ۹/۵ میلی متر  | ۱۲/۵ میلی متر | ۴/۷۵ میلی متر                           | ۱۲/۵ میلی متر | ۹/۵ میلی متر                              | ۱۲/۵ میلی متر |
| ۱                               | ۷۵/۸          | ۷۳/۴          | ۷۲/۱                                    | ۷۱/۴          | ۷۰/۸۵                                     | ۷۰/۴۵         |
| ۲                               | ۷۷/۸          | ۷۳/۴          | ۷۱/۸                                    | ۷۲/۲          | ۷۱/۲۵                                     | ۶۷/۸۵         |
| ۳                               | ۷۶/۸          | ۷۳/۲          | ۷۲/۳                                    | ۷۱            | ۷۰/۲۵                                     | ۶۷/۶۵         |
| ۴                               | ۷۶/۶          | ۷۳            | ۷۱/۹                                    | ۷۱/۶          | ۷۰/۲۵                                     | ۶۸/۸۵         |
| ۵                               | ۷۷            | ۷۳/۸          | ۷۱/۹                                    | ۷۱/۸          | ۷۱/۲۵                                     | ۶۹/۸۵         |
| مقاومت لغزشی متوسط (گرد شده)    | ۷۷            | ۷۳/۵          | ۷۲                                      | ۷۱/۵          | ۷۱  | ۶۹            |
| مقاومت عمق بافت درشت (میلی متر) | ۲/۰۵          | ۱/۸۵          | ۱/۵                                     | ۱/۶۵          | ۱/۴                                       | ۱/۲           |

### ۳-۲ بررسی تاثیر اندازه اسمی مخلوط

برای مشخص شدن تاثیر اندازه اسمی بر روی مقاومت لغزشی نمونه های آسفالتی با دانه بندی پیوسته یا آسفالت بتنی با اندازه اسمی ۹/۵، ۱۲/۵ و ۱۹ میلی متر و آسفالت متخلخل با اندازه اسمی ۹/۵ و ۱۲/۵ میلی متر ساخته شد و آزمایش بر روی آنها انجام گرفت که نتایج در نمودار ۲ قابل دیدن است [۷].



نمودار ۲. مقاومت لغزشی کل نمونه های آزمایش شده نسبت به اندازه اسمی مصالح سنگی [۷]

نتایج به دست آمده از این نمودار برای مخلوط آسفالتی با دانه بندی پیوسته نشانگر آن است که اندازه اسمی دانه بندی در میزان مقاومت لغزشی به دست آمده تاثیر گذار است. در این مطالعات تاثیر مثبت بر روی مقاومت لغزشی برای اندازه اسمی ۴/۷۵ میلی متر بیشترین و برای ۱۹ میلی متر کمترین است (به ترتیب ۷۲ و ۶۶). اما در مقایسه، اختلاف مقاومت لغزشی بین اندازه های اسمی ۴/۷۵ و ۹/۵ میلی متر زیاد نیست (به ترتیب ۷۲ و ۷۱)، ولی از نظر استحکام مارشال عملکرد مخلوط با اندازه اسمی ۹/۵ میلی متر بهتر است [۷].

هرگاه مقاومت روسازی از نظر سازه ای برای یک پروژه مهم باشد، پیشنهاد می شود که از مخلوطی با اندازه اسمی برابر ۹/۵ میلی متر به جای ۴/۷۵ میلی متر استفاده شود که هم مقاومت سازه ای بیشتری دارد و هم مقاومت لغزشی آن تفاوت زیادی با مخلوط با اندازه اسمی ۴/۷۵ میلی متر ندارد.

نمونه های آسفالت متخلخل نیز از دو اندازه اسمی ساخته شده اند و در این نمونه ها مقاومت لغزشی به دست آمده با اندازه اسمی ۹/۵ میلی متر، نسبت به ۱۲/۵ میلی متر، بیشتر می باشد. این امر نشان دهنده آن است که دانه بندی ریزتر، از

مقاومت لغزشی بهتری برخوردار است ولی به این معنا نیست که هر چه دانه بندی ریزتر شود، مقاومت لغزشی افزایش می یابد [۷].

### ۴. نتیجه گیری

با توجه به این که رویه های آسفالتی در ایران و جهان به طور گسترده مورد استفاده قرار می گیرند، علاوه بر مشخصات مکانیکی مخلوط آسفالتی باید به عملکرد آن از نظر ایمنی و به ویژه مقاومت لغزشی توجه داشت و در صورت امکان از مخلوط هایی استفاده کرد که از نظر مقاومت لغزشی نیز برای نوع جاده مورد نظر مطلوب باشند. با توجه به تحقیقات انجام شده نتایج ذیل قابل توجه اند:

۱- از سه نوع آسفالت متخلخل، آسفالت با استخوان بندی سنگدانه ای (SMA) و آسفالت با دانه بندی پیوسته یا آسفالت بتنی که از یک نوع مصالح سنگی ساخته شده اند، می توان گفت که عملکرد آسفالت متخلخل از نظر مقاومت لغزشی به مراتب بهتر از آسفالت بتنی، و آسفالت با استخوان بندی سنگدانه ای (SMA) نیز بهتر از آسفالت بتنی بوده است.

۲- اندازه اسمی مخلوط در میزان مقاومت لغزشی اندازه گرفته شده تاثیر دارد و در دامنه اندازه اسمی ۴/۷۵ تا ۱۹ میلی متر که در این مطالعات مورد بررسی قرار گرفتند، هر چه اندازه اسمی مخلوط کمتر باشد، مقاومت لغزشی اندازه گرفته شده با آونگ انگلیسی بیشتر است.

۳- بررسی ها نشان می دهند که میزان مصالح سنگی رد شده از الک ۴/۷۵ میلی متر، در میزان مقاومت لغزشی اندازه گرفته شده با آونگ انگلیسی تاثیر گذار است و مقاومت لغزشی با میزان مصالح رد شده از الک ۴/۷۵ میلی متر رابطه معکوس دارد. به عبارت دیگر اگر میزان مصالح سنگی مانده روی الک ۴/۷۵ میلی متر را درشت دانه بنامیم، مقاومت لغزشی مخلوط با میزان درشت دانه رابطه مستقیم دارد.

۴- در آسفالت با دانه بندی پیوسته یا آسفالت بتنی، میزان کاهش مقاومت لغزشی بین اندازه اسمی ۴/۷۵ و ۹/۵ میلی متر قابل ملاحظه نیست، اما در پارامترهای دیگر مانند مقاومت مارشال اثر گذار است.

## ۵. مراجع

سنگدانه ای (SMA)"، نشریه شماره ۲۰۶، چاپ اول، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، مرکز مدارک علمی و انتشارات.

9. Gt. Brit. Department of Scientific and Industrial Research (1969) "Road Note 27, "Instructions for using the portable skid resistance tester" Department of Scientific and Industrial Research, London, (H.M.S.O).

10. BS 812: Part 114 – 1989, Method for determination of polished stone value. BRITISH STANDARDS INSTITUTION, BSI, London.

11. EN 1097-8 (1999) "Test for mechanical and physical of aggregates", part 8: Determination of the polished stone value (PSV).

12. ASTM (1983) "ASTM Designation: E303-83, Standard Method for measuring surface frictional properties using British Pendulum Tester (BPT).

### پانویس ها:

- 1- World Health Organization (WHO)
- 2- Void
- 3- Macrottexture
- 4- Aquaplaning
- 5- Water splash /spray reduction
- 6- Stone mastic asphalt
- 7- Sand-Patch
- 8- Accelerated polishing test
- 9- Polished stone value, PSV
- 10- Rubber slider
- 11-Skid resistance value, SRV

1. Word Health Organization, "Road Safety Note Accident", A Brochure For World Health Day, 7 April 2004.

۲. ایران. وزارت راه و ترابری. سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای کشور (۱۳۸۲) " گزارش سالانه پزشکی قانونی".

۳. ایران. وزارت راه و ترابری. سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای کشور (۱۳۸۱) "سالنامه آماری حمل و نقل جاده ای".

4. Soudagari, J. (1988) "Laboratory Studies of Rolling Resistance and Skidding Resistance of Road Surfaces", PhD Thesis, University of Birmingham, UK.

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

۶. ایران. وزارت راه و ترابری. معاونت امور فنی. دفتر امور فنی و تدوین معیارها، مرکز تحقیقات و آموزش. (۱۳۸۱) "آیین نامه روسازی آسفالتی در ایران"، نشریه شماره ۲۳۴، چاپ اول، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، مرکز مدارک علمی و انتشارات.

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

۸. ایران. وزارت راه و ترابری. معاونت امور فنی. دفتر امور فنی و تدوین معیارها، مرکز تحقیقات و آموزش. (۱۳۷۹) "طراحی و ارزیابی آزمایشگاهی مخلوطهای آسفالتی با استخوان بندی