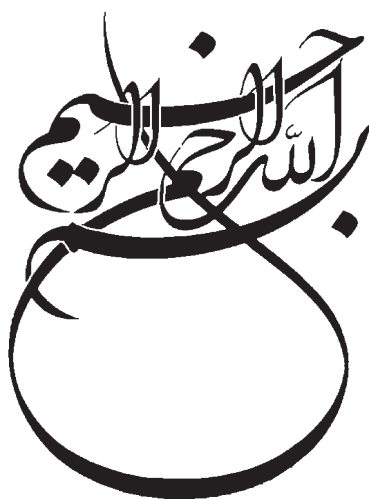




آسفالت متخلخل

تالیف و تحقیق:

دکتر حسن زیاری

دکتر محسن ابوطالبی اصفهانی

بسم الله الرحمن الرحيم

پیشگفتار ناشر

کتاب‌های دانشگاه پیام نور حسب مورد و با توجه به شرایط مختلف یک درس در یک یا چند رشته دانشگاهی، به صورت کتاب درسی، متن آزمایشگاهی، فرادرسی، و کمک درسی چاپ می‌شوند.

کتاب درسی ثمره کوشش‌های علمی صاحب اثر است که براساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصل‌های مصوب تهیه و پس از داوری علمی، طراحی آموزشی، و ویرایش علمی در گروه‌های علمی و آموزشی، به چاپ می‌رسد. پس از چاپ ویرایش اول اثر، با نظرخواهی‌ها و داوری علمی مجدد و با دریافت نظرهای اصلاحی و متناسب با پیشرفت علوم و فناوری، صاحب اثر در کتاب تجدیدنظر می‌کند و ویرایش جدید کتاب با اعمال ویرایش زبانی و صوری جدید چاپ می‌شود.

متن آزمایشگاهی (م) راهنمایی است که دانشجویان با استفاده از آن و کمک استاد، کارهای عملی و آزمایشگاهی را انجام می‌دهند.

کتاب‌های فرادرسی (ف) و **کمک درسی** (ک) به منظور غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی تهیه و بر روی لوح فشرده تکثیر می‌شوند و یا در وبگاه دانشگاه قرار می‌گیرند.

مدیریت تولید محتوا و تجهیزات آموزشی

فهرست مطالب

تاریخچه، مزایا و معایب آسفالت متخلخل.....	۱
۱-۱- تاریخچه آسفالت متخلخل.....	۲
۱-۲- مزایا و معایب آسفالت متخلخل.....	۴
آسفالت متخلخل و مطالعات انجام شده در برخی کشورها.....	۲۹
۲-۱- آسفالت متخلخل در هلند.....	۳۰
۲-۲- آسفالت متخلخل در اسپانیا.....	۳۲
۲-۳- آسفالت متخلخل در بلژیک.....	۳۷
۲-۴- آسفالت متخلخل در سوئیس.....	۴۲
۲-۵- آسفالت متخلخل در اتریش.....	۴۵
۲-۶- آسفالت متخلخل در فرانسه.....	۴۷
۲-۷- آسفالت متخلخل در آمریکا.....	۵۰
۲-۸- آسفالت متخلخل در ایران.....	۵۳
۲-۹- مطالعات انجام شده در دانشگاه آبران و انستیتو پلی تکنیک ورکستر ماساچوست در سال ۱۹۹۹.....	۵۴
۲-۱۰- مطالعات و تجربیات دپارتمان حمل نقل جرجیا یا GODT.....	۷۵
۲-۱۱- مطالعات بررسی آسفالت متخلخل در ۱۵۰ یالت آمریکا.....	۸۱
۲-۱۲- مطالعات و تجربیات دپارتمان حمل و نقل آریزونا یا ADOT.....	۹۷
۲-۱۳- مطالعات انجام شده توسط GDOT در سال ۲۰۰۰ میلادی.....	۱۰۴
۲-۱۴- مطالعات انجام توسط در سال ۲۰۰۰ توسط دانشگاه آبران و انستیتو پلی تکنیک ورکستر.....	۱۱۰
۲-۱۵- مطالعات انجام شده در سال ۲۰۰۲ توسط NCAT و دانشگاه آبران.....	۱۱۶
۲-۱۶- اصلاحات انجام شده در لایه اصطکاکی با دانه دانه باز MOGFC توسط دپارتمان حمل و نقل نیو جرسی در سال ۲۰۰۵.....	۱۲۵
۲-۱۷- مطالعات انجام شده بر روی قیرهای اصلاح شده با پلیمر در اسپانیا.....	۱۲۹

- ۱۸-۲- آزمایش خستگی نانت ۱۳۶
- اجراء و نگهداری آسفالت متخلخل ۱۴۳
- ۱-۳- مصالح سنگی ۱۴۴
- ۱-۳-۱- دانه بندی ۱۴۴
- ۲-۳-۱- شکل دانه ها و خصوصیات سطح آنها ۱۴۷
- ۳-۳-۱- سختی ۱۴۹
- ۴-۳-۱- دوام ۱۵۰
- ۵-۳-۱- تمیزی ۱۵۰
- ۲-۳- قیر ۱۵۱
- ۱-۳-۲- قیر های اصلاح شده ۱۵۴
- ۲-۳-۲- افزودنیها در قیرها ۱۷۵
- ۳-۳- روشهای ساخت، اجراء و نگهداری آسفالت متخلخل ۱۸۰
- ۱-۳-۳- آماده سازی بستر ۱۸۰
- ۲-۳-۳- طرح اختلاط آسفالت متخلخل ۱۸۳
- ۳-۳-۳- تولید و حمل آسفالت متخلخل ۱۸۶
- ۴-۳-۳- پخش و تراکم آسفالت متخلخل ۱۸۷
- ۵-۳-۳- نگهداری آسفالت متخلخل ۱۸۹
- ۶-۳-۳- نفوذپذیری و تخلخل آسفالت متخلخل ۱۹۲
- طرح ضخامت آسفالت متخلخل ۱۹۵
- ۱-۴- تخلخل ، تخلخل موثر و نسبت فضای خالی ۱۹۷
- ۱-۴-۱- تخلخل ۱۹۷
- ۲-۴-۱- تخلخل موثر ۱۹۹
- ۳-۴-۱- نسبت فضای خالی ۲۰۰
- ۱-۴-۲- معادله برنولی ۲۰۲
- ۲-۴-۲- فرمول دارسی ۲۰۳
- ۳-۴-۲- اعتبار فرمول دارسی ۲۰۳

۲۰۶.....	۴-۲-۴- حرکت آب در محیط متخلخل.....
۲۰۹.....	۴-۲-۵- ضریب هدایت هیدرولیکی (K).....
۲۱۰.....	۴-۳- طرح ضخامت آسفالت متخلخل.....
۲۳۱.....	۴-۴- بحث و نتیجه گیری.....
۲۳۵.....	ارزیابی پایداری دانه بندیهای مختلف.....
۲۳۶.....	۵-۱- انتخاب دانه بندی.....
۲۳۸.....	۵-۲- مشخصات فنی مصالح و قیر مصرفی.....
۲۴۰.....	۵-۳- درصد قیر بهینه.....
۲۴۱.....	۵-۴- تعیین تعداد چرخش در دستگاه SGC.....
۲۴۳.....	۵-۵- مشخصات نمونه های آسفالت متخلخل در سه گروه دانه بندی.....
۲۴۶.....	۵-۶- آزمایش چسبندگی یا کانتابرو بر روی نمونه های جوان.....
۲۵۰.....	۵-۷- آزمایش چسبندگی یا کانتابرو بر روی نمونه های پیر.....
۲۵۷.....	۵-۸- آزمایش پایداری مخلوط در مقابل سیکل ذوب و یخ.....
۲۶۳.....	۵-۹- آزمایش مارشال.....
۲۶۷.....	۵-۱۰- آزمایش فرو نشست.....
۲۷۰.....	۵-۱۱- آزمایش تعیین نفوذپذیری.....
۲۸۲.....	۵-۱۲- بحث و نتیجه گیری.....
۲۸۷.....	۶- فهرست منابع و مآخذ.....

تقدیم به پیشگاه مقدس:

حضرت امام زمان عجل الله تعالی فرجه الشریف،

آیت رب ودود و ناجی ملک وجود

پیشگفتار:

ویژگی های خاص و امتیازات قابل توجه بخشی از اقتصاد که امروزه از آن به عنوان صنعت حمل و نقل یاد میشود، مسایل و نکاتی را در گستره مبادلات بازرگانی داخلی و بین المللی مطرح می نماید، که گذر غیر مسئولانه از کنار آن می تواند علاوه بر بروز شیوع مشکلات و دشواری هایی که آثار زیانبار آنها بر مجموعه اقتصاد امری حتمی است، به تنش های سیاسی و اجتماعی نامطلوب نیز که هر یک به نوبه خود، قابل تعمق و بررسی می باشد، بیانجامد. بنابر ملاحظات مذکور و با توجه به وابستگی شدید مجموعه اقتصاد به صنعت مورد نظر، این ضرورت احساس می شود که استمرار در پیگیری و اندیشیدن در باب قضایای مبتلا به سیستم حمل و نقل کشور باید همواره به مثابه امری اجتناب ناپذیر تلقی و از زوایای گوناگون، مبتنی بر تجارب عینی و شیوه های علمی تحت بررسی منتقدانه و موشکافانه قرار گیرد. در این راستا استمداد از اصحاب رای و صاحب نظران آگاه به مسائل، می تواند همچون روزنه، راهگشای دستیابی به مبرم ترین و اساسی ترین عوامل باشد که هر یک در مجموعه سیستم، نقش کلیدی داشته و وجود یا عدم وجود آنها، در حرکت و یا ایستایی این صنعت موثر است. از آنجایی که راه اولین و طبیعی ترین وسیله ارتباط انسانهاست لذا به احتمال زیاد راه به عنوان اولین نشانه های تمدن انسانی بوده است. ایران کشوری است جهان سومی و در حال توسعه که در زمینه ساخت خودرو و مالکیت آن در

سالهای اخیر رشد بسیار زیادی داشته است و متأسفانه در زمینه های دیگر مانند افزایش آگاهی در ارتباط با وسیله نقلیه و عملکرد آن، طرح هندسی و مسایل مربوط به رانندگان، بالا بردن فرهنگ استفاده از وسایل، آگاهی در ارتباط با تصادفات و نقش راننده، اجرای قوانین راهنمایی و رانندگی و مزایای آن و... هیچ گونه آموزش و برنامه ای وجود نداشته و ندارد. از طرف دیگر همانطور که مطلع هستیم در زمینه تصادفات جاده ای، کشور ما در حال پرداخت خسارت بسیار سنگینی است که در سال ۱۳۸۲ میزان هزینه تصادفات جاده ای ۵۶۰۰ میلیارد تومان برآورد شده یا تعداد کشته شدگان در حدود ۲۷۰۰۰ نفر بوده که از نظر رتبه در جهان در جایگاه اول قرار داریم. از طرف دیگر ذکر این مطلب شایان توجه است که ۲۰ درصد خودروهای جهان، در اختیار کشورهای جهان سوم است. با بررسی در کشورهای پیشرفته جهان متوجه می شویم که این کشورها با افزایش مالکیت خودرو و ایجاد مسایل و معضلاتی که هم اکنون ما به آنها دچار هستیم اقدام به بکارگیری علم و تکنولوژی در این زمینه نموده اند تا اینکه بتوانند معضلات مطرح شده در بالا را به حد اقل برسانند. از جمله اینکه استاندارد خودروها بهتر شده و مجهز به سیستم های پیشرفته ترمز، نور، دید و... شده اند. در خصوص رانندگان نیز آموزش های لازم صورت می گیرد. نکته قابل توجه اینکه در زمینه روسازی راهها نیز تحقیقات وسیع از دهه ۵۰ به بعد صورت گرفته است که یکی از نتایج آن، ارائه آسفالت متخلخل بوده که دارای مزایا و معایبی است. آسفالت متخلخل اولین بار در سال ۱۹۵۰ میلادی تجربه شده است. آسفالت متخلخل باعث بهبود اصطکاک، درخشندگی سطح، آلودگی صوتی و مشکلات رانندگی در یک هوای مرطوب و بارانی، می شود. در واقع آسفالت متخلخل، تسهیلات ویژه ای را برای استفاده کننده از راه آرایه می کند و باعث افزایش ایمنی راهها، کاهش تصادفات و آلودگی صوتی می شود. مزایای فوق به علت حذف فیلم نازک آب بین تایر و سطح آسفالت و وجود فضای خالی، ایجاد شده است. از جمله این مزایا، افزایش زبری جاده میباشد که نقش عمده ای در کاهش تصادفات جاده ای دارد و می توان در مناطق با بارندگی قابل توجه که اکثر تصادفات در آنها به دلیل لغزش و کاهش دید در اثر پاشش می باشد، استفاده شود. به عنوان مثال در مسیرهایی که زبری ۱/۲ میلی متر تامین شده، تصادفات از ۳۰ درصد به حدود ۵ درصد کاهش یافته است. در ایران نیز با توجه به صیقلی بودن سطح جاده ها، صاف بودن لاستیک اکثر اتومبیل ها و...، زبری در حداقل خود است. در صورتی که بتوانیم استفاده از این آسفالت را با آگاهی از عملکرد و مشخصات فنی مناسب آن برای مناطق

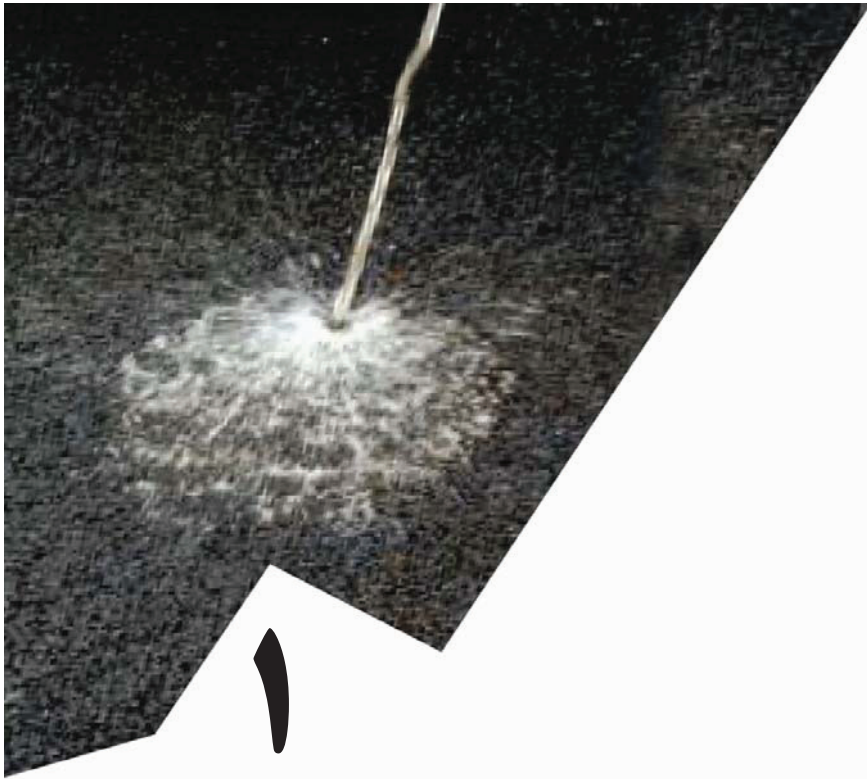
ایران مرسوم نمائیم گام بزرگی در کاهش هزینه ها و خسارات ها خواهیم برداشت. پس از اینجا لزوم اندیشیدن و بررسی مداوم در مسایل مربوط به رویه های متخلخل، محرز خواهد شد و لازم است در ارتباط با مسایل و راهکارهای اجرایی آن اندیشید.

دکتر حسن زیاری

دانشیار دانشگاه علم و صنعت ایران

دکتر محسن ابوطالبی اصفهانی

استادیار دانشگاه اراک



تاریخچه، مزایا و معایب آسفالت متخلخل

هدف اولیه از کاربرد آسفالت متخلخل این بود که مقدار زیادی از لایه نازک آب باقیمانده و در حال عبور از روی سطح روسازی فرودگاهها که ناشی از باران می باشد را، کاهش دهند که نتیجه آن کاهش لغزندگی و جریان سطحی آب می باشد. برای رسیدن به این هدف بایستی، فضای خالی داخلی مصالح با یکدیگر ارتباط داشته باشند و تخلخل مناسب در مصالح تامین شود. در این حالت لازم است از یک لایه غیر قابل نفوذ به منظور محافظت از بقیه روسازی و زیرسازی و اثرات تخریبی نفوذ آب در زیر این لایه، استفاده شود. همچنین این لایه آسفالتی به عنوان یک روکش غیر سازه ای شناخته می شود و فقط لازم است مصالح و قیر بگونه ای باشند که در مقابل عوامل مخرب مقاوم بوده و از عمر اقتصادی مناسبی برخوردار باشند.

۱-۱- تاریخچه آسفالت متخلخل

رویه متخلخل در واقع یک مخلوط با تقریباً دانه بندی یکنواخت است که ۵۰ تا ۶۰ درصد آن دارای دانه های تقریباً یک اندازه هستند. همچنین این مخلوط دارای فیلر (مصالح رد شده از الک شماره ۲۰۰) کمی است که معمولاً بین ۵-۲ درصد متغیر است. مقدار قیر مصرفی در این مخلوط بیشتر از آسفالت معمولی است.

استفاده از آسفالت متخلخل در هوانوردی انگلستان در دهه ۱۹۵۰ میلادی مورد توجه قرار گرفت. در ابتدا از مصالح با دانه بندی به قطر حد اکثر ۱۰ میلی متر و تخلخل ۲۰ درصد استفاده شد که برخی فرودگاههای نظامی و عمومی در دهه قبل از ۱۹۶۰ میلادی با استفاده از این دانه بندی ساخته شدند و ثابت نمودند که این روش، موفق می باشد و به علت افزایش اصطکاک به مقدار قابل توجه در سطح رویه، به آن لایه اصطکاک فرودگاه^۱ گفتند. در ادامه آن مطالعات زیادی توسط مراکز تحقیقات راه برای استفاده از این مخلوط، در راهها و بزرگراهها صورت گرفت و مشاهده شد که جدا شدن دانه های ریز از سطح روسازی و پر شدن منافذ در اثر ذرات معلق در هوا، در راهها، حادثر از فرودگاهها می باشد. بنابراین نیاز بود که تغییرات اساسی صورت گیرد. در این راستا، قطر حد اکثر دانه ها به ۲۰ میلی متر، با فضای خالی بیشتر، محدود شد که برای مدت طولانی، جدا شدن ریزدانه ها و پر شدن منافذ متوقف شد. اما پس از گذشت چند سال، عملکرد آسفالت متخلخل کاملاً موفقیت آمیز نبود هر چند که از نظر سازه ای کاملاً بی عیب بود. مطالعات و آزمایشات پس از آن به صورت گسترده ادامه یافت و به علت عدم اطمینان، تلاشهای جدی جهت مرسوم نمودن این نوع آسفالت صورت نگرفت. در اوایل دهه ۱۹۸۰ میلادی آگاهی نسبت به عملکرد این نوع آسفالت و همچنین مشخصات لازم مصالح و قیر، بالا رفته و به علاوه، تجربه راههای ساخته شده با این مخلوط، کمک نمود که متولیان راهها در کشورهای مختلف اقدام به ارایه دستور العملهایی برای طراحی و اجرای این نوع آسفالت، کنند. بخصوص مشخص شدن مزایای این آسفالت نسبت به معایب آن و آنالیز هزینه یک روسازی متخلخل و یک روسازی معمولی بادیوارهای عایق صوتی، تمایل به استفاده از آن را افزایش داد. بدین ترتیب استفاده از این نوع آسفالت در اروپا و آمریکا به شدت گسترش یافت. بخصوص در کشورهایی نظیر آلمان که دارای آزادراههایی با سرعت آزاد هستند.

بر اساس آمار منتشر شده توسط اتحادیه اروپا، تقریباً اکثر کشورهای اروپایی با توجه به ویژگیهای خاص خود، استفاده از آسفالت متخلخل را رواج داده اند که در میان آنها آلمان و انگلستان با احتیاط بیشتری از این روکش استفاده کرده اند. جدول (۱-۱) مقدار مساحت روکش شده با آسفالت متخلخل در راههای کشورهای اروپایی تا سال ۱۹۹۵ میلادی را نشان می دهد.

جدول ۱-۱- سطح روکش آسفالت متخلخل در کشورهای اروپایی تا سال ۱۹۹۵ میلادی

کشور	سطح روکش ($1 \times 10^6 m^2$)	کشور	سطح روکش ($1 \times 10^6 m^2$)
اتریش	۸	ایتالیا	>۹
بلژیک	۱۰	هلند	۲۵
جمهوری چک	۱/۳	پرتغال	۰/۴
دانمارک	۰/۲	اسپانیا	>۳۱
فرانسه	۲۵	سوئد	۰/۱
آلمان	۰/۸	سوئیس	۳/۹
مجارستان	۰/۱	بریتانیا	<۱

آسفالت متخلخل در کشورهای مختلف به نام های مختلفی شناخته می شد. اولین بار در بریتانیا با نام لایه اصطکاکی فرودگاه^۱ شناخته شد پس از آن به لایه آسفالت اصطکاکی با دانه بندی باز^۲ OGFC شناخته شد بعد از مدتی به عبارت Pervious Macadam تغییر نام داد و در نهایت در سال ۱۹۹۲ به آسفالت متخلخل^۳ معروف گردید. در کشورهای مختلف این آسفالت با نام های مختلف شناخته می شود. در فرانسه Drain Asphalt، در آلمان Whispering Asphalt یا Fluster Asphalt، در آمریکا Pop-corn Mix یا Rice - Bubble یا Plant-Mix Seal یا Open Graded Friction Course.

برخی متخصصین بین مخلوط های با دانه بندی باز و آسفالت متخلخل با توجه به اهداف

1- Air Field Friction Course

2- Open Graded Friction Course Asphalt

3- Porous Asphalt

استفاده از آنها تفاوت قائل شده اند. از مخلوط های با دانه بندی باز با توجه به داشتن قیر کافی به منظور پوشش دانه ها و چسبندگی بین مصالح سنگی استفاده می شد. نتایج فعالیت های محققین در سالهای ۱۹۹۲-۱۹۹۳ منجر به تهیه و تفسیر مشخصات فنی برای آسفالت متخلخل شد. نتایج گزارش های محققینی نظیر Dalnes و Colwill توسط اداره نظارت دولتی^۱ منتشر شد و پس از آن مشخصات لازم توسط DMRB^۲ تهیه و تدوین شد.

۲-۱- مزایا و معایب آسفالت متخلخل

افزایش روز افزون وسایل نقلیه در خیابانها باعث ایجاد مشکلاتی برای شهروندان، رانندگان و عابرین شده است که انسان همواره باگذشت زمان در صدد رفع این مشکلات بوده است از جمله با استفاده از فن آوری های جدید و یا اختراعات سعی نموده آنها را به حداقل برساند که یکی از این فن آوری ها آسفالت متخلخل می باشد که برخی از مسائل ایجاد شده ناشی از عبور وسایل نقلیه در خیابانها را مرتفع نموده ولی همانند سایر موارد نیز، دارای معایبی است که در زیر به شرح آن می پردازیم.

الف - مزایای آسفالت متخلخل

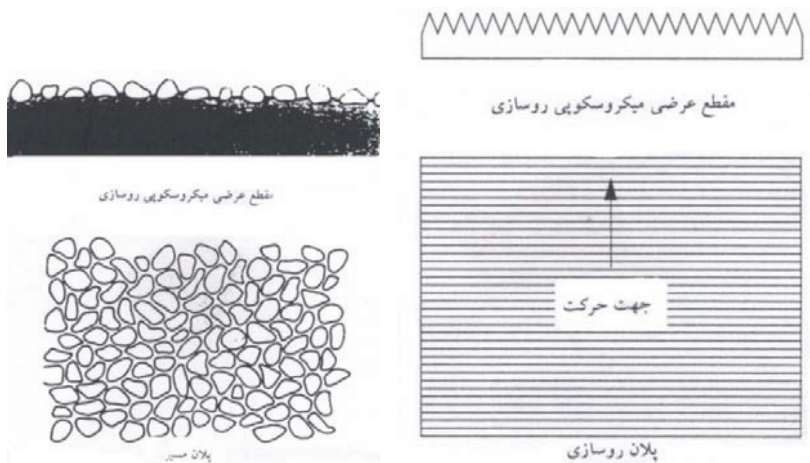
- ۱- داشتن حجم بزرگی از فضای خالی بهم پیوسته که برای مصالح جدید (مصالح با دانه بندی به قطر حد اکثر ۲۰ میلی متر) حداقل ۲۰ درصد می باشد باعث می شود که سطح رویه آسفالت متخلخل، مقدار زیادی از آب باران را جذب نماید. به عنوان مثال یک لایه آسفالت متخلخل با ضخامت ۵۰ میلی متر و فضای خالی ۲۰ درصد می تواند در آن واحد ۱۰ میلی متر باران را که از آسمان سقوط نموده، جذب کند. در عمل در اثر زهکشی عرضی، آبهای فرو ریخته شده مرتباً در حال دفع بوده که باعث می شود جذب آن توسط آسفالت متخلخل بصورت پیوسته ادامه یابد. اثر مهم این دفع آب، کاهش لایه آب باقیمانده روی روسازی می باشد که نتیجه آن کاهش جریان سطحی آب و کاهش لغزندگی، به مقدار زیاد می باشد.
- ۲- در هنگام ساخت و تراکم روی مصالح، بیشتر اجزاء زیر متراکم شده در سطح قرار می گیرند

1 - Department Government Overseeing

2 - Design Manual For Roads And Bridges

بنابراین سطح نهایی دارای فضای خالی بصورت تورفتگی می باشد که به آن بافت منفی^۱ میگویند و دارای خواص زیر است :

- مقاومت مناسب و کافی در برابر سر خوردن دارد.
- در این حالت فشردگی تاثیر نسبت به حالتی که زبری ایجاد شده در سطح، بصورت برآمده^۲ باشد کمتر بوده که این امر باعث می شود سر و صدای ناشی از عبور وسایل نقلیه به مقدار زیاد کاهش یابد شکل (۱-۱).



روسازی بتنی

شکل ۱-۱- بافت نامنظم که در اثر عبور غلتک شیار دار یا پرداخت دستی برای ایجاد زبری درشت ایجاد شده است

۳- با توجه به شکل (۱-۲) مشاهده می شود که جریان سطحی باعث پخش آب در هوا توسط وسایل نقلیه که نسبتاً تند حرکت می کنند، می شود بنابراین جهت کاهش خطرات پخش آب در هوا از آسفالت متخلخل استفاده شده که توسعه یافته لایه آسفالت اصطکاکی فرودگاهها می باشد

1 - Negative texture
2 - Positively texture

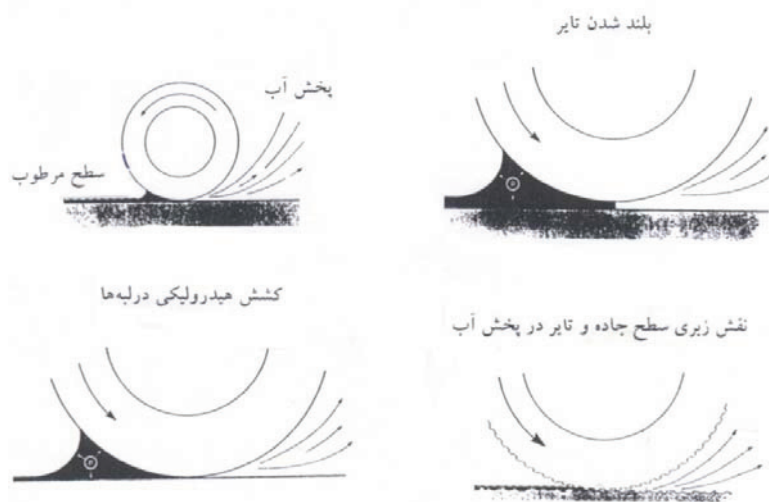
از طرف دیگر حذف جریان سطحی آب باعث حذف پدیده Hydroplaning و خطرات ناشی از آن برای وسایل نقلیه می شود.

تحقیقات انجام شده در دهه ۵۰ و ۶۰ توسط مراکز تحقیقاتی، ارتباط بین مقاومت در برابر لغزش، سرعت و مقدار زبری سطح را، نشان داد و سپس تاثیرافتهای ریز و درشت در میزان تصادفات مورد بررسی قرار گرفت. در شکل (۱-۲) و (۱-۴) این وابستگی و اهمیت زبری مناسب، نشان داده شده است.

یکی از پارامترهای مهم که مسئولین حمل و نقل به آن علاقمند هستند استفاده از عواملی است که باعث می شود ایمنی در یک جاده افزایش یابد. برای اندازه گیری ایمنی از تعداد تصادفات استفاده می شود که توزیع آن، یک توزیع پواسون است و نیاز به تعداد زیادی نمونه آماری می باشد. در هر صورت چون در آسفالت متخلخل پوشش آب کاهش یافته، پس نسبت به آسفالت معمولی از ایمنی بیشتری برخوردار است. در هلند در مسیرهای با سرعت مجاز ۱۰۰ کیلومتر در ساعت و یا بیشتر، حدود ۱۱۳۰۰ تصادف در بین سالهای ۱۹۸۳ تا ۱۹۸۸ میلادی ثبت شده است از این تعداد ۱۵/۳ درصد آن یعنی ۱۷۲۹ مورد آن در هوای بارانی اتفاق افتاده که تناوب باران در آن به طور متوسط بیشتر از ۵ درصد نمی باشد یعنی در باران خطر تصادف سه برابر است. بنابر این وجود آسفالت متخلخل می تواند ۱۰ درصد کل تصادفات را کاهش دهد که معادل ۱۱۰۰ تصادف خواهد شد همچنین در شرایط بارانی معمولاً مردم تمایل بیشتری به استفاده از وسایل نقلیه شخصی دارند. کاهش تصادفات با استفاده از آسفالت متخلخل باعث کاهش هزینه های اقتصادی در یک کشور خواهد شد. محاسبات نشان داده شده است که هزینه کاهش تصادفات در هلند سالانه ۳۵۲ میلیون فرانک می باشد که عمده آنها در شرایط بارندگی اتفاق افتاده است. با اجرای روکش آسفالت متخلخل و صرفه جویی ده درصدی، مقدار کاهش هزینه ها ۳۵ میلیون فرانک خواهد بود ولی در عمل سود حاصله بسیار بیشتر از این مقدار است. جدول (۱-۲) نشان دهنده سود سالانه استفاده از آسفالت متخلخل در هلند می باشد.

جدول ۱-۲- خلاصه هزینه های اضافی و سود ناشی از استفاده آسفالت متخلخل به جای آسفالت معمولی در هلدند

سود سالانه (میلیون فرانک)		هزینه های سالانه	
ظرفیت ترافیک	ایمنی ترافیک	هزینه های آسفالت متخلخل	
۲۵	۵۰	۱۱۰	شبکه ملی راهها (۹۰ کیلومتر مربع)
۱۵-۲۰	۲۴	۷۲	شاهراهها (۶۰ کیلومتر مربع)
۵-۱۰	۲۶	۳۶	دیگر راهها (۳۰ کیلومتر مربع)
۵-۱۰	۹	۲۲	شاهراهها با بیش از ۳۵۰۰۰ وسیله نقلیه در روز



شکل ۱-۲- چگونگی پخش آب در هوا توسط عبور تاپیر وسایل نقلیه

۴- افزایش جمعیت در انگلستان باعث افزایش ترافیک و سر و صدای ناشی از آن در سالهای اخیر شده است. بنابر این نیاز است که جاده های جدید به همراه تقاطع های مناسب ساخته شوند. حجم ترافیک زیاد باعث شد که در ارتباط با جاده های موجود شکایتهایی انجام شود که نتیجه آن پیشنهاد ساخت جاده های جدید یا عریض کردن جاده های موجود بوده است. همچنین در این ارتباط آگاهی مردم از محیط زندگی بالا رفته و سطح کیفیت زندگی نیز، تغییر کرده است. طراحی وسایل نقلیه پیشرفته که در آنها سر و صدای موتور به مقدار زیاد کاهش یافته، باعث شد سرو صدای تایر از منابع اصلی تولید صدای وسایل نقلیه به شمار آید و مشخص شد که سطح جاده ها و نوع آنها در تولید صدا موثر است.



شکل ۳-۱- مکانسیم تولید صدا اثر تماس تایر و جاده

فاکتورهایی که در ایجاد سرو صدا، در اثر عبور مرور موثر است به عوامل تولید صدا و عوامل پس از تولید صدا تقسیم می شود.

فاکتورهای تولید صدا به شرح زیر است :

- سرعت وسایل نقلیه.
- نوع و اندازه وسایل نقلیه.
- نوع موتور و بازده آن.
- طراحی وسیله نقلیه.

- نگهداری وسایل نقلیه و اثر متقابل سطح و تایر.

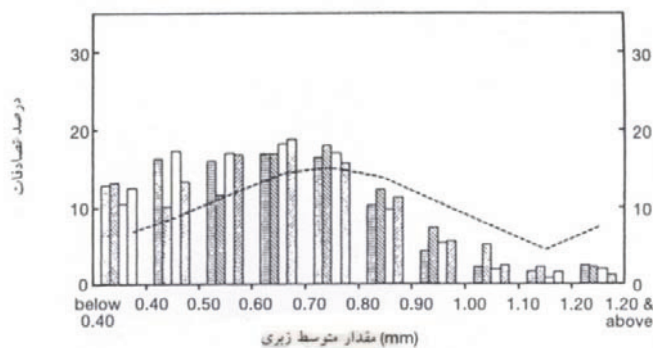
فاکتورهای پس از تولید صدا :

- تقلیل صدا بوسیله سطح جاده و سطوح اطراف جاده.
- فاصله گرفتن از منبع صدا.
- اثر حصار و چیزهایی که می تواند جلوی صدا را بگیرد.

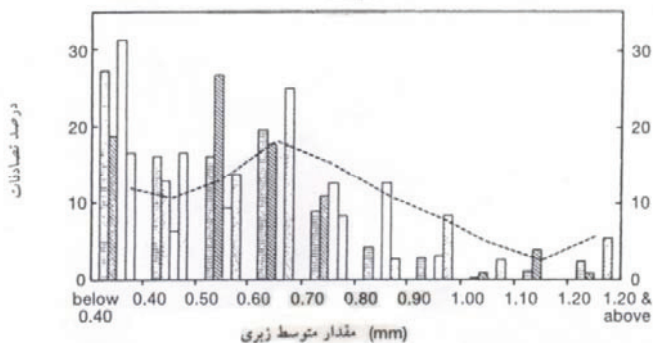
فاکتورهایی که روی سطح جاده اثر میگذارند شامل صدای ناشی از اثر متقابل سطح و تایر و صدای تولید شده بوسیله سطح جاده می باشد. آسفالت متخلخل با داشتن صدای حداقل، به طور متداول پذیرفته شده است. صدای ناشی از اثر متقابل سطح و تایر عموماً از نرمی سطح جاده تاثیر پذیر است. به علاوه ثابت شده سطح جاده نرم (بدون زبری) بی صدا است. متأسفانه سطوح نرم (سطوحی که زبری کمی دارند) مخصوصاً در سرعت های بالا، دارای مقاومت لغزشی بسیار کمی هستند. جهت بدست آوردن مقاومت لغزشی بالا و کاهش احتمال تصادفات ناشی از لغزش یا پخش آب در هوا، لازم است عمق بافت ها زیاد شود.

استفاده از سطوحی با بافت زبر، باعث تولید صدا خواهد شد. هر قسمت از تایر در حال دوران که با یک بافت برآمده درگیر می شود، به مقدار کمی فشرده می شود. چنانچه نقطه ای از تایر حرکت کند و از روی برآمدگی عبور کند از فشار خارج می شود و نقطه بعدی تایر روی همان برآمدگی، فشرده می شود. در ادامه با حرکت چرخ، هر نقطه از تایر مرتباً فشرده شده و رها می شود که این امر باعث تولید صدا می گردد و از طرف دیگر درجه حرارت تایر نیز بالا می رود. پس تولید صدا در اثر عبور وسایل ناشی از فشرده شدن و آزاد شدن هوا در زیر چرخ وسایل نقلیه می باشد.

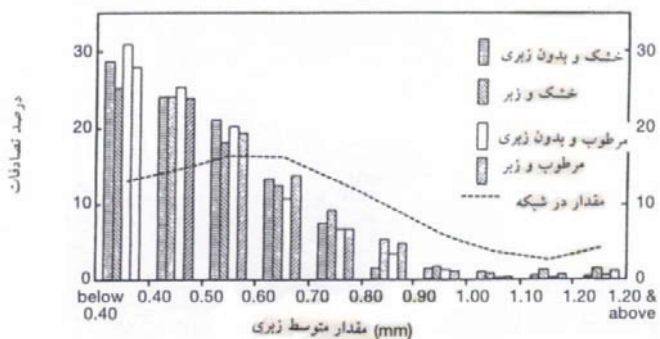
صدای ناشی از عبور وسایل نقلیه روی سطح آسفالت متخلخل، تا اندازه ای توسط فضای خالی سطح، جذب می شود.



۳- شبکه ۳



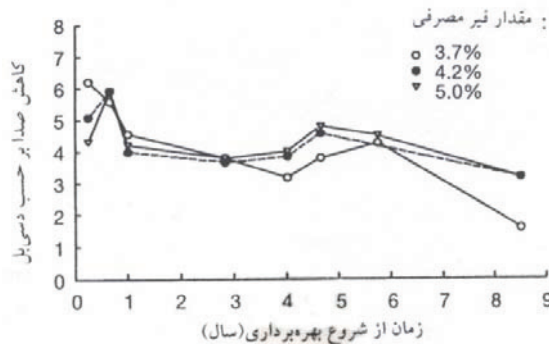
۴- شبکه ۴



۱- شبکه ۱

شکل ۴-۱- تغییرات درصد تصادفات نسبت به تغییرات زبری در ۳ شبکه از راههای انگلستان

مشاهدات و آزمایشات در هلند و استرالیا در سال ۱۹۹۳ میلادی نشان داد که رابطه معکوسی بین تولید صدا و ماکزیمم قطر مصالح روسازی وجود دارد. از مشاهدات مشخص شده حرکت بر روی مصالح با دانه بندی به قطر حداکثر ۱۰ میلی متر بسیار آرامتر از مصالح با دانه بندی با قطر حداکثر ۱۴ میلی متر، است و حتی مصالح با قطر حداکثر ۸ میلی متر در کاهش صدا، بسیار مفید تر هستند. در برخی از کشورها از این مصالح، برای نقاطی که تولید صدا از حساسیت بیشتری برخوردار می باشد استفاده شده است. اما تحقیقاتی در انگلستان بر روی آسفالت متخلخل با دانه بندی متفاوت صورت گرفت و نشان داد که مصالح با اندازه دانه های درشت در هنگام عبور وسایل نقلیه، تولید صدای کمتری می نمایند. دلیل این تناقض به خوبی مشخص نیست و ممکن است مربوط به تجهیزات، تکنولوژی یا معیارهای اندازه گیری صدا باشد. در شرایط مرطوب، صدای عبور وسایل نقلیه به صدای پاشیدن آب در هوا تبدیل شده و در شرایطی که سطح آسفالت متخلخل نباشد صدای تأیر بین ۵ تا ۱۰ دسی بل افزایش می یابد که این افزایش بستگی به نوع سطح رویه و سرعت وسایل نقلیه عبوری، دارد.



شکل ۵-۱- کاهش صدا در اثر عبور وسایل نقلیه سبک بر روی آسفالت متخلخل نسبت به آسفالت متراکم

دیده شده است که صدای ناشی از تماس چرخ با سطح آسفالت به ضخامت لایه و فضای خالی بستگی دارد. بنابر این برای تأثیر ترکیب این دو متغیر از حاصل ضرب آنها استفاده می شود. رابطه بیانگر میزان کاهش صدا بر حسب دسی بل به شرح زیر است:

$$dl = 0.005tv \quad (1-1)$$

که در آن :

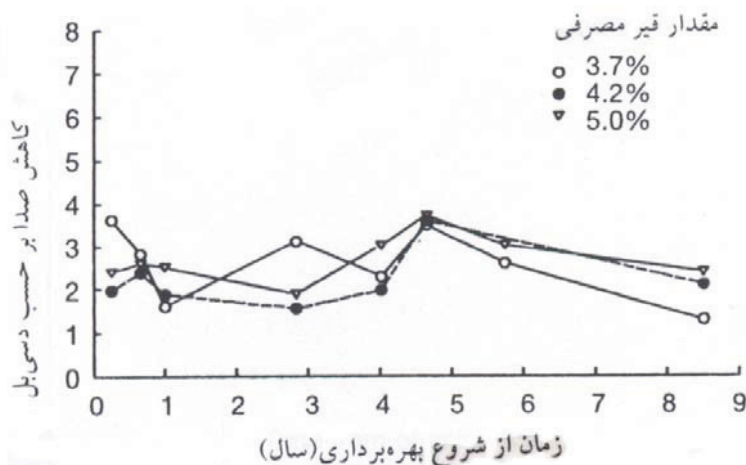
dl = میزان کاهش صدا بر حسب دسی بل.

t = ضخامت لایه آسفالت متخلخل بر حسب میلی متر.

v = فضای خالی بر حسب درصد.

رابطه فوق بر اساس آزمایش های انجام شده در بلژیک ارائه شده که آزمایش های دیگری در سوئد نیز آن را تایید نموده است. همچنین بر اساس مطالعات انجام شده در نروژ نوع قیر در میزان کاهش صدا تاثیری ندارد.

شکل های (۱-۶) تا (۱-۱۰) بیانگر تاثیر آسفالت متخلخل در کاهش صدا است.



شکل ۱-۶- کاهش صدا در اثر عبور وسایل نقلیه سنگین بر روی آسفالت متخلخل نسبت به آسفالت متراکم