

هشتمین همایش و نمایشگاه
فیرو آسفالت ایران
The 8th Bitumen & Asphalt Conference & Exhibition
11 - 13 آبان ماه ۱۳۹۵
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



شناخت خرابی های روسازی خطوط اتوبوس تندرو و ارائه روسازی مناسب

مجتبی مرتضایی^۱، کیوان آقابیک^۲، حسین نظری^۳، محمدرضا معماریان^۴، طهمز احمدپور^۵

چکیده

پس از راه اندازی مسیرهای اتوبوس تندرو (BRT) در شهر تهران در سال ۱۳۸۶ و گذشت چند سال از بهره برداری این خطوط، مشکلات قابل توجهی از جمله خرابی های چشم گیر در سازه روسازی ایستگاه ها و مسیرها بروز نموده است. در این مقاله خطوط پرتراфик BRT شهر تهران به روش جمع آوری خرابی های سیستم مدیریت روسازی (PMS) برداشت، ارزیابی، تحلیل و نتایج آن در جهت تعیین خرابی های اصلی تفسیر گردیده است. در نهایت با توجه به خرابی ایستگاه ها و مسیرهای BRT، شرایط اقلیمی تهران، امکانات موجود، نکات اجرایی و سرعت اجرای روسازی برای مسیر اتوبوس تندرو، کارایی مناسب، صرفه اقتصادی و کاهش هزینه های روکش و نگهداری مسیر، راهکارهای پیشنهادی نویسندگان مقاله ارائه و طرح شده است. کمبود اطلاعات ثبت شده در ارتباط با ویژگی های ژئوتکنیکی، دوره های بازسازی انجام شده خطوط و عدم شناخت لایه های زیرین روسازی از جمله موانعی است که در بوجود آمدن روش های مختص شرایط BRT تهران به صورت متمرکز موثر بوده است.

واژه های کلیدی: روسازی، آسفالت، روسازی صلب، خرابی روسازی، سامانه اتوبوسرانی تندرو، تعمیر و نگهداری راه

- ۱- دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی عمران راه و ترابری واحد علوم و تحقیقات تهران و کارشناس مهندسی مشاور راهان سازه،
Mortezaei.mojtaba@gmail.com ، ۰۲۱-۸۸۹۶۶۸۱۸
- ۲- دکترای مهندسی عمران راه و ترابری ، هیات علمی دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تهران، ۰۲۱-۶۱۱۱۲۲۹۲،
Kayvan.Aghabayk@ut.ac.ir
- ۳- دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی عمران راه و ترابری واحد علوم و تحقیقات تهران و کارشناس مهندسی مشاور راهان سازه،
Hosseini.nazari@srbiau.ac.ir ، ۰۲۱-۸۸۹۶۶۸۱۸
- ۴- کارشناس ارشد مهندسی عمران و رئیس مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهر تهران، ۰۲۱-۴۴۲۷۳۸۸۲،
Memarian@tetco.org
- ۵- دانشجوی دکترای مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف و مدیر عامل سازمان مشاور فنی و مهندسی شهر تهران ،
T_ahmadpoor@tetco.org ، ۰۲۱-۸۸۸۰۱۶۵۶

هشتمین همایش و نمایشگاه فیرو آسفالت ایران

Thr 8th Bitumen & Asphalt Conference & Exhibition
11 - 13 آبان ماه ۱۳۹۵
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



۱- مقدمه

حمل و نقل به عنوان یکی از بزرگترین چالش های زیرساختی پیش روی کلان شهرها شناخته شده است. چنانچه عملکرد کارآمد کلان شهرها تا حد زیادی وابسته به وجود یک سیستم حمل و نقل کارآمد است. شهر تهران به عنوان بزرگترین کلان شهر کشور و خاورمیانه، با مشکلات جدی و عدیده ای در سیستم حمل و نقل خود مواجه است. این مشکلات منشاء بسیاری از مشکلات دیگر شهر تهران از قبیل افزایش مصرف سوخت، افزایش میزان آلاینده های زیست محیطی، کاهش ضریب ایمنی و سلامتی شهروندان، افزایش آمار تصادفات و خسارات مادی و جانی و ... می باشد [۱].

حجم بالای وسایل نقلیه شخصی تک سرنشین، توسعه محدود شبکه حمل و نقل عمومی، عدم مدیریت تقاضا، نبود سیستم حمل و نقل یکپارچه و مدیریت واحد شهری، مشکلات ناشی از ترافیک ساکن، نبود برنامه ریزی همزمان کاربری زمین و حمل و نقل، عدم رعایت سلسله مراتب دسترسی، ساختار فضایی شهر تهران و سطح پائین فرهنگ ترافیک چالش های اصلی کلان شهر تهران در حوزه حمل و نقل می باشد. در امتداد توسعه شبکه قطار شهری و با توجه به هزینه بالا و زمان بر بودن اجرای آن، احداث سامانه اتوبوسرانی تندرو (BRT) به عنوان راهکار عملیاتی برتر، کوتاه مدت، کاملاً اقتصادی و سازگار با محیط زیست در برخورد با مشکل ترافیک خیابان ها و بزرگراه های شهر تهران و توسعه حمل و نقل عمومی در دستور کار شهرداری تهران قرار گرفته است [۱].

پس از راه اندازی مسیرهای BRT در سال ۱۳۸۶ و گذشت چند سال از بهره برداری این خطوط، مشکلاتی از قبیل موج دار شدن روسازی این مسیرها، شیارشدگی مسیر چرخ ها، ترک های طولی و عرضی، ترک های پوست سوسماری، صیقلی شدن سنگ دانه ها و ... بروز کردند. در مواجه با هر کدام از این مشکلات شهرداری تهران بعنوان متولی تعمیر و نگهداری این مسیرها اقدام به بازسازی این مسیرها و رفع عیوب آنها می کرد. عموم خرابی های ایجاد شده در مسیرهای BRT فارغ از بحث های مربوط به مواد مورد استفاده در روسازی ها و همچنین شرایط اقلیمی تهران، بعلت بارگذاری سنگین ترافیکی، کانالیزه بودن بارگذاری، خستگی ناشی از تکرار بسیار زیاد بارگذاری و در نتیجه خستگی بیش از حد لایه ی رویه آسفالتی در اثر بارهای وارده بر آن است. هزینه های بالای تعمیر و نگهداری، انسداد مسیرها، افزایش بار ترافیکی در زمان انسداد مسیر، خرابی زودرس رویه آسفالتی پس از هر دوره ترمیم از جمله مشکلات این مسیرها است. در این مقاله خطوط پرتراffic اتوبوسرانی تندرو (BRT) شهر تهران به روش جمع آوری خرابی های PMS¹ برداشت، ارزیابی، تحلیل و نتایج آن در جهت تعیین خرابی های اصلی تفسیر گردیده است. در نهایت با توجه به خرابی ایستگاه ها و مسیرهای BRT، شرایط اقلیمی تهران، امکانات در دسترس، انجام سریع تر روسازی برای مسیر اتوبوس تندرو، کاهش هزینه های روکش و نگهداری مسیر و صرفه اقتصادی بالا، راهکارهای پیشنهادی نویسندگان مقاله ارائه و طرح شده است. لازم به ذکر است در نحوه انتخاب مسیرها، علاوه بر پارامتر ترافیک، مواردی همچون وجود گستره شرقی-غربی، شمالی جنوبی (دارای شیب در محور طولی مسیر) و همچنین مسیر خط ۱۰ که دارای شرایط ترکیبی از محور شرقی-غربی و شمالی جنوبی می باشد مد نظر قرار گرفت.

۲- پیشینه تحقیق

بطور کلی خرابی های شایع در خطوط BRT در ایران و کشورهای دیگر، از جنس تغییر شکل های ماندگار و ترک های تخریبی می باشد. اساساً به علت کم بودن عرض مسیر BRT، حرکت اتوبوس ها به صورت کانالیزه و خطی می باشد و

¹ Pavement Management Systems

هشتمین همایش و نمایشگاه فیرو آسفالت ایران

Thr 8th Bitumen & Asphalt Conference & Exhibition
11 - 13 آبان ماه ۱۳۹۵
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



این روند بارگذاری به همراه شرایطی از جمله وزن بالا و تکرار بارگذاری، شرایط برای خرابی‌هایی همچون شیارشدگی^۱، ترک خستگی^۲ و افت خیز^۳‌های مشهود به طور کامل مهیا می‌کند. گزارشات بین‌المللی نشان داد علاوه بر خرابی‌های فوق‌الذکر، وجود خرابی‌هایی از جمله تو رفتگی^۴ در محل ایست اتوبوس در زیر چرخ، کنار رفتگی^۵ در محل ترمزگیری قبل ایستگاه‌ها و تقاطع‌ها، صیقلی شدن دانه‌ها^۶ در محل ترمز و در محل شروع حرکت (شتاب‌های مثبت و منفی چرخ محرک) را می‌توان اشاره کرد [۳ و ۲].

راه‌اندازی سامانه‌های بی‌آر تی در دنیا و لزوم وجود سرعت متوسط بالاتر از حد عادی اتوبوس‌های شهری و تغییرات و تناوب کمتر سرعت، وجود سازه‌ی روسازی با ناهمواری و خرابی کمتر را منطقی می‌کند. از طرفی نوع بارگذاری خاص در این مسیرها، شرایط پیچیده‌تر از معمول را برای طراحی روسازی به‌ارمغان می‌آورد. از جمله مواردی که به آن می‌توان اشاره کرد، میزان بار وارده‌ی بالا، سرعت به نسبت کمتر (نسبت به بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها) و خطی بودن بارگذاری در این مسیرها می‌باشد. منظور از بار خطی به این معناست که چون که در این مسیرها آزادی حرکت جانبی اتوبوس تقریباً صفر است در نتیجه محل اعمال بار و رد چرخ^۷ تقریباً ثابت بوده و تنها همین قسمت از روسازی تحت تنش دائمی و سنگین قرار دارد. حال آنکه با در نظر گرفتن شتاب‌های مثبت و منفی چرخ‌های اتوبوس روی مسیر ثابت با بار بالا می‌توان به شرایط به شدت سخت روسازی و پیچیده بودن و مهم بودن طراحی آن‌ها پی برد. لذا روش‌های پیشنهادی کشورهای مختلف مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت.

در شهر سان فرانسیسکو (San Francisco) در ایالات متحده آمریکا سه ساختار روسازی متفاوت آزمایش شدند:

۱- روسازی انعطاف پذیر (روسازی بتن آسفالتی (AC))، ۲- روسازی صلب (ساختار روسازی که بر پایه سیمان پرتلند و دال بتنی استوار است)، ۳- سیستم روسازی شامل ۲ تیر بتنی و پیش‌ساخته که در محل خط حرکت چرخ‌های اتوبوس قرار گرفته است و اجزای اصلی ساختار روسازی می‌باشد. (فضای بین ۲ تیر بتنی با بتن آسفالتی پر خواهد شد). هر سه نوع روسازی اشاره شده با رویه آسفالتی متخلخل با قیر اصلاح شده با خرده لاستیک (پودر لاستیک) و دانه بندی خاص به منظور کاهش آلودگی صوتی و بهبود خصوصیات زهکشی مخلوط آسفالتی روکش شده‌اند. پیش‌بینی می‌شود این رویه خاص باید بطور دوره‌ای بازسازی شود تا ویژگی‌های هموار بودن و کاهش صوت آن حفظ شود. این ساختارهای روسازی برای حجم کل تردد اتوبوس‌ها در دوره پیش‌بینی شده ۵۰ ساله مطابقت داده شده است [۴].

اتوبوس همواره از اصلی‌ترین وسائط نقلیه حمل و نقل در پکن است. به منظور کاهش ترافیک در ماه دسامبر سال ۲۰۰۵، اولین سامانه اتوبوس تندرو (BRT) تکمیل شد. اما به دلیل ترافیک سنگین (عبور یک اتوبوس در هر ۲ تا ۴ دقیقه)، توقف اتوبوس در هر ایستگاه در نقطه‌ای مشخص و بار زیاد چرخ وسیله نقلیه، تعداد زیادی خرابی شیارشدگی با عمق زیاد در ایستگاه‌ها و تقاطع‌ها شکل گرفت، این در حالی بود که کمتر از یک سال از آغاز عملکرد سامانه اتوبوس تندرو (BRT) می‌گذشت و حمل و نقل را برای وسیله نقلیه و مسافر دچار مشکل و ناراحتی می‌کرد. بنابراین دپارتمان آموزشی روسازی نیمه انعطاف پذیر با عملکرد بسیار خوب برای مقابله با خرابی شیارشدگی و عملکرد بالای عملی و مهندسی را ارائه کرد. فناوری

¹ Rutting

² Fatigue Crack

³ Deflection

⁴ Depression

⁵ Shoving

⁶ Polished Aggregate

⁷ Wheel Track

هشتمین همایش و نمایشگاه فیرو آسفالت ایران

Thr 8th Bitumen & Asphalt Conference & Exhibition
11 - 13 آبان ماه ۱۳۹۵
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



روسازی نیمه انعطاف پذیر به صورت آزمایشی در دو ایستگاه در سال ۲۰۰۶ به انجام رسید. بعد از گذشت چندین سال همچنان خرابی آشکاری در ایستگاه‌ها شکل نگرفته است [۵]. لازم به ذکر است استفاده از روسازی نیمه انعطاف پذیر در فرودگاه چانگی سنگاپور در محل اپرون‌ها (دارای بار استاتیک سنگین) و باندهای خزش دارای تجربه موفق بوده است. پژوهشی که در تایوان صورت گرفت به طور مشخص، روسازی بتنی مسلح شده درزدار^۱ (JRCP)، که در آن از بتن با عملکرد بالا^۲ (HPC) و بتن تقویت شده با الیافی فولادی با عملکرد بالا^۳ (HPSFRC) استفاده شده است، در احداث روسازی صلب مورد نظر به کار می‌رود. مشخصات HPC و HPSFRC از جمله مقاومت فشاری و استحکام خمشی به میزان ۳، ۲۸ و ۵۶ روز، از لحاظ کارایی و دوام، به طور بخصوصی طراحی شده‌اند. عملکردهای HPC و HPSFRC نیز ارزیابی شده و نتایج نشان داد که HPC و HPSFRC طراحی شده می‌تواند مشخصات طراحی را برآورده کند. این مطالعه موردی موفق، اساسی برای ترسیم سیاست حمل و نقل در شهر تایوان بود که طبق آن قویا پیشنهاد شده است که این نوع روسازی صلب جایگزین روسازی‌های انعطاف پذیر مرسوم در ایستگاه‌های اتوبوس سامانه‌های اتوبوس تندرو شود [۶].

۳- روش مطالعاتی و برداشت خرابی‌ها

به منظور شناخت و طبقه‌بندی خرابی‌های روسازی در سطح کلی سامانه BRT برداشت خرابی‌ها در خطوطی به صورت نمونه صورت پذیرفت: ۱- خط یک از میدان انقلاب تا پل کالج، (محور شرقی-غربی) ۲- خیابان ولیعصر حد فاصل خیابان جمهوری تا فاطمی (محور شمالی جنوبی) ۳- ایستگاه دانشگاه علوم و تحقیقات تا میدان پونک (محور ترکیبی) ۴- میدان صادقیه تا میدان پونک (محور شمالی جنوبی) ۵- خیابان دماوند از خیابان رشید تا ایستگاه منتظری (محور شرقی-غربی). لازم به ذکر است این مسیرها علاوه بر پوشش گستره ی غربی و شرقی، شامل مسیرهای شمالی جنوبی که دارای شیب محور طولی می‌باشند و همچنین شامل مواردی که دارای روسازی کامپوزیت (ترکیبی)، بتنی، آسفالتی، و روکش شده نیز می‌باشد. همچنین در مواردی که دارای روسازی خاص (مانند دال پیش ساخته) بود نیز مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت. در شکل ۱ مسیر و ایستگاه‌هایی که برداشت خرابی‌ها صورت گرفت، نشان داده شده است. برای برداشت خرابی‌ها از نمونه فرم‌های ساده سازی شده ی PMS به صورت پرسش نامه ی بررسی وضعیت روسازی استفاده شد [۷]. این پرسش نامه با تغییراتی در جهت کاربردی تر شدن آن برای استفاده در شرایط شهر تهران و صرفاً خطوط BRT طراحی مجدد و تکمیل شد. جدول ۱ نمونه ای از فرم نهایی قابل مشاهده است.

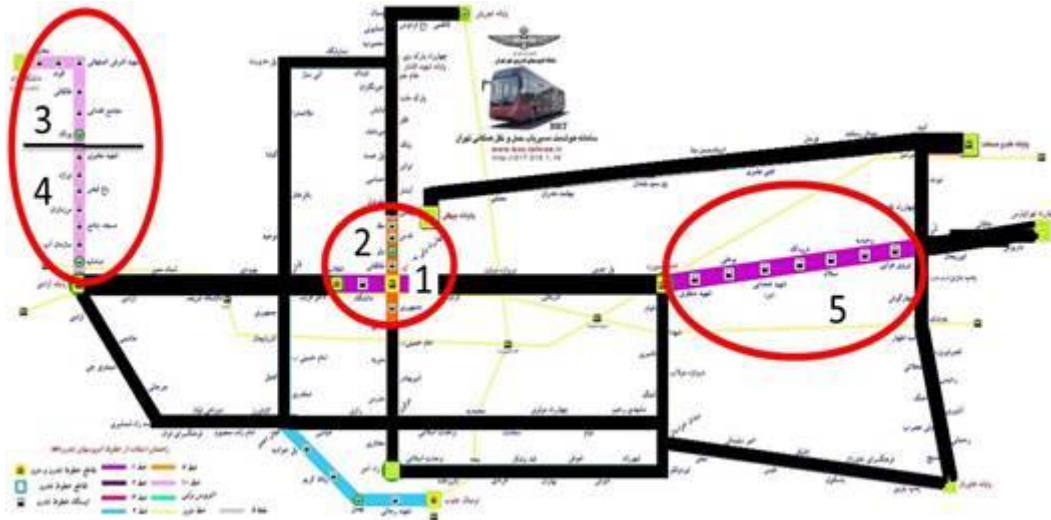
¹ Jointed Reinforced Concrete Pavement

² High Performance Concrete

³ high performance steel fiber reinforced concrete

هشتمین همایش و نمایشگاه فیرو آسفالت ایران

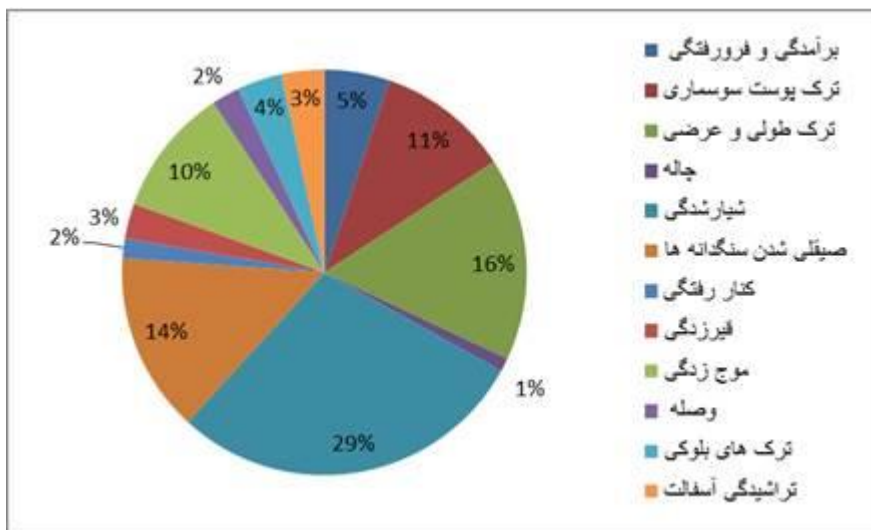
The 8th Bitumen & Asphalt Conference & Exhibition
11 - 13 October 1395
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



شکل ۱: مسیرها و موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه [۸]

۳-۱- خرابی روسازی مسیرهای BRT

با توجه به برداشت‌های خرابی روسازی مسیر ویژه اتوبوس تندرو، خرابی‌هایی از قبیل موج زدگی روسازی این مسیرها، شیارشدگی مسیر چرخ‌ها، ترک‌های طولی و عرضی، ترک‌های پوست سوسماری و صیقلی شدن سنگدانه‌ها، بیشترین میزان خرابی را به خود اختصاص دادند. شکل ۲ سهم تراکم هریک از خرابی‌ها را در مسیر نشان می‌دهد. در مسیر بین دو ایستگاه (مسیر اصلی BRT) بیشترین سهم تراکم خرابی مربوط به شیارشدگی و ترک‌های عرضی و طولی می‌باشد. نمونه تصاویر خرابی‌های برداشت شده در مسیر BRT در شکل ۳ آورده شده است.



شکل ۲: سهم تراکم هریک از خرابی‌ها در مسیر BRT

هشتمین همایش و نمایشگاه فیرو آسفالت ایران

Thr 8th Bitumen & Asphalt Conference & Exhibition
11 - 13 آبان ماه ۱۳۹۵
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



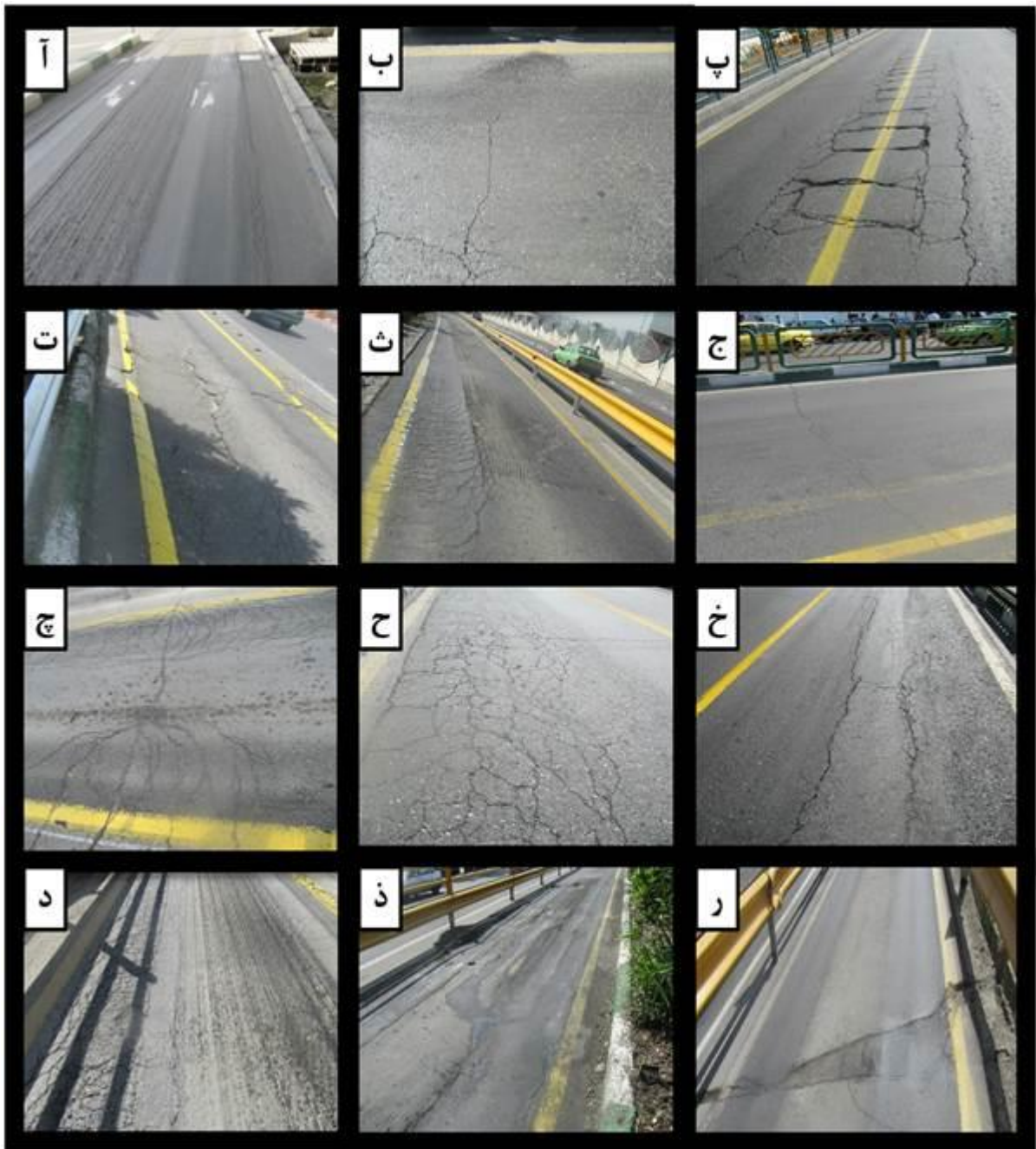
جدول ۱: نمونه پرسشنامه بررسی وضعیت واحد نمونه روسازی

مسیر: از: تا:		ایستگاه:	نوع روسازی:				تاریخ برداشت:
			برداشت کننده:				
ردیف	انواع خرابی روسازی آسفالتی						
1	برآمدگی و فرورفتگی (متر)						
2	ترک پوست سوسماری (متر مربع)						
3	ترک طولی و عرضی (متر)						
4	چاله (تعداد)						
5	شیارشستگی (متر)						
6	صیقلی شدن سنگدانه ها (متر مربع)						
7	فتیله شدن (متر)						
8	قیرزدگی (متر مربع)						
9	موج زدگی (متر)						
10	وصله کاری (متر مربع)						
11	هوازدگی (متر مربع)						
12	تراشیدن آسفالت (متر)						
انواع خرابی روسازی بتنی							
13	آسیب دیدگی درز						
14	پوسته شدگی و شن زدگی						
15	شکستگی گوشه دال						
16	پکیدگی درز						
17	ترک های طولی و عرضی						
18	خرابی در محل تعمیر						
19	ترک نوع D						
20	نشست یا پلکانی شدن در محل توقف						

هشتمین همایش و نمایشگاه فیروآسفالت ایران

Thr 8th Bitumen & Asphalt Conference & Exhibition
11 - 13 آبان ماه ۱۳۹۵
1 - 3 November

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



شکل ۳: نمونه خرابی‌های مشاهده شده در مسیرهای BRT، آ) شیارشدگی ب) کنار رفتگی پ) ترک‌های بلوکی ت) خرابی شدید ناشی از فرو رفتگی لایه‌های زیرین ث) ترک‌های پوست سوسماری شدید و چاله ج) ترک عرضی چ) ترک‌های انعکاسی شدید ح) ترک‌های پوست سوسماری خ) خرابی‌های طولی د) تراشیرگی و خرد شدن لایه روسازی ذ) شیارشدگی و چاله- کنار رفتگی و کنده شدن مصالح رویه ر) فرورفتگی در عرض راه ناشی از عدم زهکش در مسیر

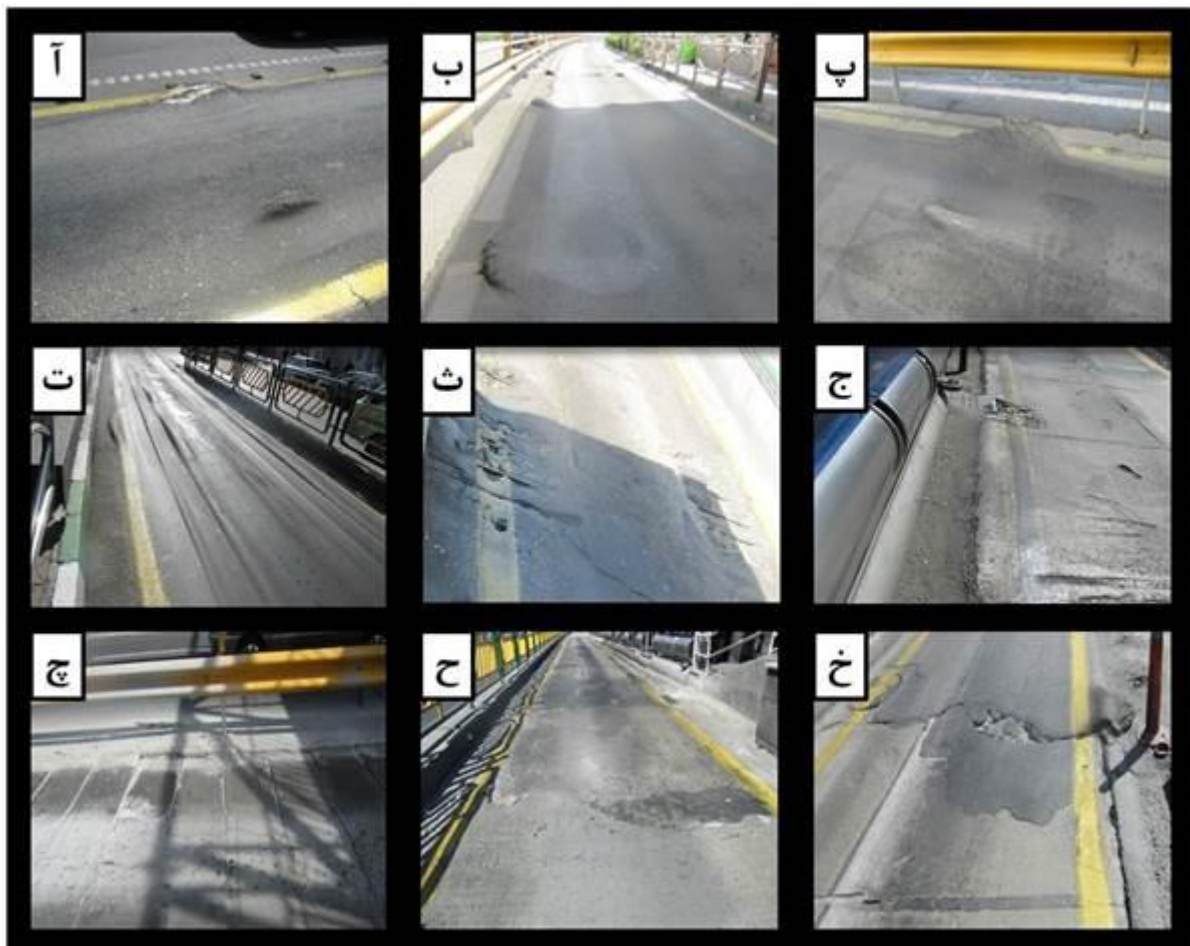
هشتمین همایش و نمایشگاه فیرو آسفالت ایران

Thr 8th Bitumen & Asphalt Conference & Exhibition
11 - 13 آبان ماه ۱۳۹۵
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



۳-۲- خرابی روسازی ایستگاه های BRT

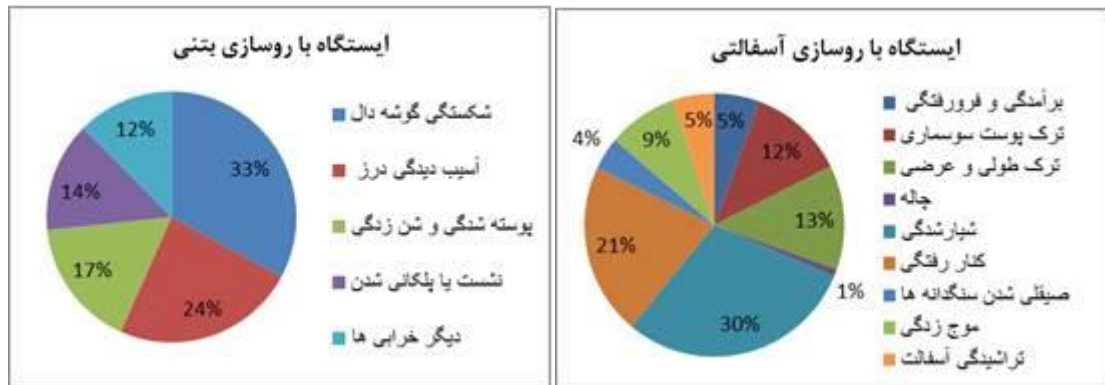
خرابی های رایج در روسازی آسفالتی ایستگاه های BRT شامل: شیارشدگی، کنار رفتگی آسفالت در محل قرار گیری چرخ اتوبوس، ترک های ناشی از خستگی و جمع شدگی آسفالت بر اثر ترمز اتوبوس. ایستگاه های با روسازی بتنی نیز مورد مطالعه قرار گرفت، خرابی های رایج در این نوع روسازی شامل: شکستگی گوشه دال، آسیب دیدگی آبندی درز، بیرون پریدگی مصالح و ترک خوردگی خطی می شود. قسمت های بعد و قبل از ایستگاه ها شیار شدگی، موج زدگی، جمع شدگی آسفالت و خرابی های ناشی از خستگی دیده می شود. نمونه تصاویر خرابی های برداشت شده در ایستگاه های BRT در شکل ۴ آورده شده است. شکل ۵ سهم تراکم هریک از خرابی ها را در ایستگاه های BRT نشان می دهد.



شکل ۴: نمونه خرابی های مشاهده شده در ایستگاه های BRT، آ، ب و پ) کنار رفتگی آسفالت در محل قرار گیری چرخ اتوبوس (ت) شیارشدگی شدید (ث) بیرون زدگی آرماتورهای روسازی بتنی (ج) خرابی های روسازی بتنی در اطراف دریچه ها و تکه شدن روسازی (چ) شکستگی گوشه دال بتنی ح و خ) عدم انتقال مناسب بین دو نوع روسازی آسفالتی و بتنی که باعث شکستگی دال بتنی و آمدن آسفالت روی بتن

هشتمین همایش و نمایشگاه فیرو آسفالت ایران

Thr 8th Bitumen & Asphalt Conference & Exhibition
11 - 13 آبان ماه ۱۳۹۵
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



شکل ۵: سهم تراکم هریک از خرابی ها در ایستگاه های BRT

۴- جمع بندی و ارائه راهکارها

با بررسی نتایج به دست آمده از میزان و علل خرابی مسیر ویژه اتوبوس تندرو در بخش ۲، مشخص می گردد که وضعیت روسازی این مسیر نسبت به روسازی مسیر تردد عادی ضعیف تر می باشد. در مسیر ویژه اتوبوس تندرو به دلیل اختصاصی بودن مسیر جهت عبور اتوبوس های سنگین وزن، توقف ها و حرکت های متوالی، بارگذاری پی در پی اتوبوس ها و عدم توان لایه های مختلف روسازی در تحمل و انتقال بار به زمین، شاهد خرابی های بیش از حد و اضمحلال روسازی در این مسیر هستیم. در ناحیه ایستگاه اتوبوس اضمحلال روسازی با سرعت بیشتری صورت می گیرد که باعث ایجاد ناهمواری برای BRT (اتوبوس های تندرو) می شود. تعمیر و نگهداری در مسیر BRT بسیار مشکل است زیرا حرکت متوقف می شود یا باید مسیر دیگر برای اتوبوس های تندرو جایگزین کرد که حمل و نقل مسافر صورت گیرد و زمان کافی برای تعمیر و نگهداری منظم دشوار است.

نتایج نشان می دهد که خرابی های ایجاد شده در مسیرهای BRT فارغ از بحث های مربوط به مواد مورد استفاده در روسازی ها و همچنین شرایط اقلیمی تهران، بارگذاری سنگین ترافیکی، خستگی ناشی از تکرار بسیار زیاد بارگذاری و در نتیجه خستگی بیش از حد لایه ی رویه آسفالتی در اثر بارهای وارده بر آن است. هزینه های بالای تعمیر و نگهداری، انسداد مسیرها، افزایش بار ترافیکی در زمان انسداد مسیر، خرابی زودرس رویه آسفالتی پس از هر دوره ترمیم از جمله مشکلات این مسیرها است.

بزرگترین مشکل و خرابی در سطح روسازی مسیر و ایستگاه های اتوبوس که نیاز به توجه بیشتری به علت شدت زیاد دارد، پدیده شیارشدگی می باشد. شیارشدگی از خاص ترین خرابی های روسازی است که اغلب در روسازی های انعطاف پذیر قابل مشاهده است. امروزه همه بر این باورند که شیارشدگی، اصطلاحی که اغلب برای بیان تغییرشکل دائمی مورد استفاده قرار می گیرد، به تدریج با افزایش تعداد تکرار بار در مسیر چرخ ها به وجود می آید. این اصطلاح بیان کننده ی تجمع تغییرشکل های بسیار ریز غیرقابل برگشت است که در هر بار اعمال بار وسیله ی نقلیه به وجود می آیند. شیارشدگی ممکن است از هر لایه ای از سازه ی راه آغاز شود، که البته همین امر پیش بینی شیارشدگی را نیز دشوار می سازد. تغییر شکلی که در سطح دیده می شود در واقع مجموع تغییرشکل های بتن آسفالتی و دیگر لایه های سازه ی راه در سیستم روسازی می باشد. شیارشدگی

هشتمین همایش و نمایشگاه فیرو آسفالت ایران

Thr 8th Bitumen & Asphalt Conference & Exhibition
11 - 13 آبان ماه ۱۳۹۵
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



در اصل از تغییر شکل برشی تکراری در اثر اعمال بارهای ترافیکی به وجود می‌آید. نوع و مقدار بارگذاری، مشخصات سازه‌ای و مصالح، جریان و رفتار ترافیک و درجه حرارت از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر شیارشدگی هستند.

این خرابی روسازی‌های انعطاف‌پذیر در اثر تعدادی فاکتورها از جمله مقادیر بزرگ تنش‌های مماسی ناشی از چرخ اتوبوس‌ها، مشخصات طرح اختلاط (نوع بیندر و دانه‌بندی سنگدانه) و کیفیت پایین اجرا (مثل روش‌های تراکم) به وجود می‌آید. سطح شیارشده سهم به‌سزایی در شروع ترک‌های خستگی نیز دارند.

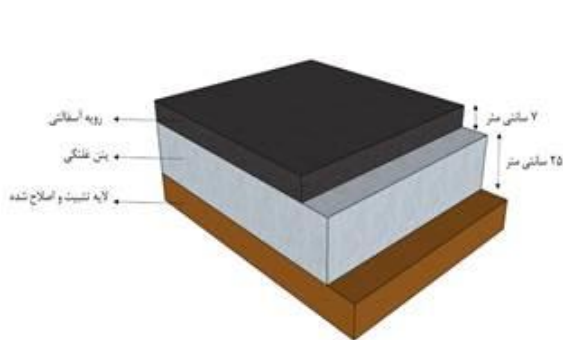
تغییر شکل دائمی (شیارشده‌گی) روسازی‌های آسفالتی تأثیر زیادی بر روی عملکرد روسازی دارد. این‌طور نیست که شیارشدگی به سرعت بر روی ظرفیت سازه‌ای روسازی اثرگذار باشد، اما می‌تواند به‌طور قابل ملاحظه‌ای عمر بهره‌برداری مفید روسازی را در کنار کاهش قابل ملاحظه‌ی کیفیت رانندگی در راه موردنظر، با تأثیر گذاشتن بر خصوصیات کنترلی خودرو، کاهش داده و خطراتی جدی برای کاربران راه‌ها به وجود آورد. الگوی تغییر شکل موردنظر، مشکلات عملکردی بسیاری را به وجود می‌آورد؛ از جمله فقدان پایداری و دوام، ناهمواری، عدم احساس راحتی در رانندگی و ناتوانی در زهکشی مناسب که منجر به خرابی‌های ناشی از رطوبت می‌گردد. شیارشدگی با تحت تأثیر قرار دادن خصوصیات زهکشی روسازی، مشخصات اصطکاکی راه را کاهش داده و بدین ترتیب اثری منفی بر روسازی‌ها دارد. تجمع آب در شیارها را نیز باید مدنظر قرار داد و به عنوان تهدیدی جدی برای ایمنی راه از آن نام برد.

ترک‌های خستگی ناشی از تکرار بار ترافیک به دلیل کاهش انعطاف‌پذیری در دماهای پایین و تغییر شکل ماندگار ناشی از رفتار ویسکوالاستیک در دماهای بالاست. این خرابی‌ها با جریان‌های ویسکوالاستیک، تغییر شکل‌های تراکمی یا برشی، تشکیل میکرو ترک‌ها و گسترش آنها در ارتباط هستند که وابستگی زیادی با رئولوژی قیر، نوع و مشخصات دانه بندی مصالح سنگی، نوع و مشخصات فیلر، شرایط بارگذاری و شرایط محیطی دارند. مطالعات میدانی و برداشت‌های صورت گرفته از خرابی‌ها در مسیرها و ایستگاه‌های اتوبوس تندرو نشان داد که بیشترین نوع خرابی شیارشدگی و ترک‌های خستگی می‌باشد. لذا در نهایت با توجه به خرابی‌های شیارشدگی، خستگی و... روسازی مسیرها و ایستگاه‌های BRT، شرایط اقلیمی تهران، امکانات در دسترس، انجام سریع‌تر روسازی برای مسیر اتوبوس تندرو، کاهش هزینه‌های روکش و نگهداری مسیر و صرفه اقتصادی بالا، راهکارهای پیشنهادی نویسندگان مقاله با توجه به طراحی صورت گرفته، به شرح ذیل بیان شده است.

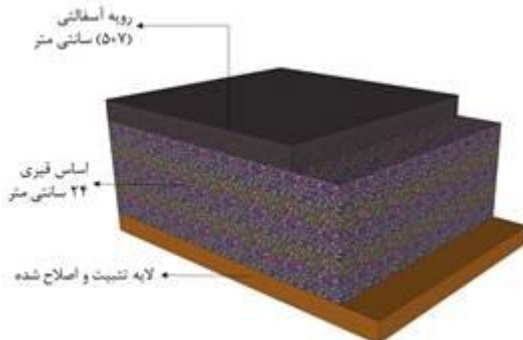
- ۱- روسازی انعطاف‌پذیر با اساس قیری - Black base (شکل ۶)
- ۲- روسازی RCC با رویه آسفالتی (شکل ۷)
- ۳- روسازی بتنی مسلح درزدار (JRCP) (شکل ۸)
- ۴- روسازی بتنی الیافی (شکل ۹)
- ۵- روسازی پیش ساخته با دال بتنی (شکل ۱۰)
- ۶- روسازی نیمه صلب (شکل ۱۱)

هشتمین همایش و نمایشگاه فیرو آسفالت ایران

The 8th Bitumen & Asphalt Conference & Exhibition
11 - 13 Aban Month 1395
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



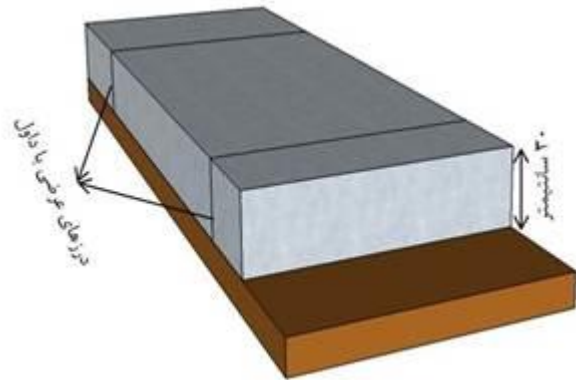
شکل ۷: روسازی بتن غلتکی با رویه آسفالتی



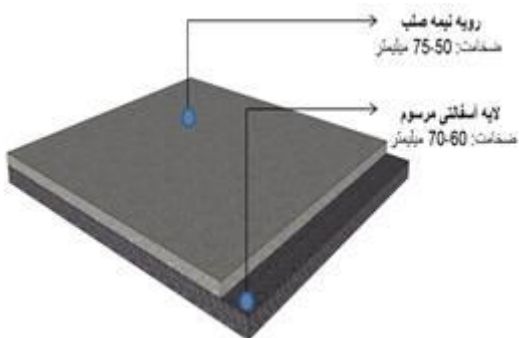
شکل ۶: روسازی اساس قیری



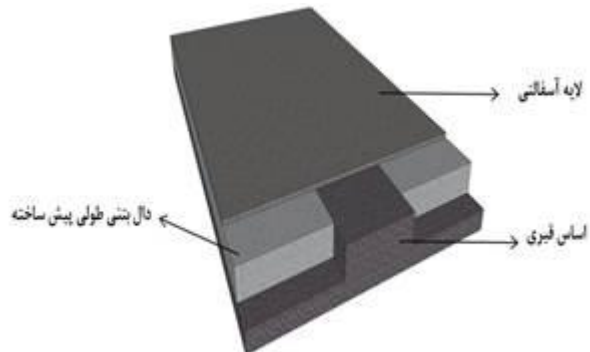
شکل ۹: روسازی بتنی الیافی



شکل ۸: روسازی بتنی مسلح درزدار



شکل ۱۱: روسازی نیمه صلب



شکل ۱۰: روسازی پیش ساخته با دال بتنی

هشتمین همایش و نمایشگاه فیرو آسفالت ایران

Thr 8th Bitumen & Asphalt Conference & Exhibition
11 - 13 آبان ماه ۱۳۹۵
مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



۵- نتیجه گیری

این مطالعه مشخص نمود که مشکلات اساسی مربوط به مسیرها و ایستگاه های BRT عبارت از هزینه های بالای تعمیر و نگهداری، انسداد مسیرها، افزایش بار ترافیکی در زمان انسداد مسیر، خرابی زودرس رویه آسفالتی پس از هر دوره ترمیم می باشند. با توجه به برداشت خرابی های انجام شده در خطوط پر ترافیک BRT شهر تهران خرابی های ناشی از خستگی، شیار شدگی، موج زدگی، کنار رفتگی آسفالت در محل چرخ اتوبوس ها، شکستگی گوشه دال بتنی، صیقلی شدن سنگدانه ها و ترک های طولی و عرضی بیشترین سهم را به خود اختصاص داده اند. دلیل عمده خرابی ها ناشی از بارگذاری سنگین ترافیکی، خستگی ناشی از تکرار بسیار زیاد بارگذاری و خستگی بیش از حد لایه ی رویه آسفالتی در اثر بارهای وارده بر آن است که باعث از بین رفتن روسازی بخش BRT شده است. لایه های زیرین در روسازی در برابر سیکل بارگذاری و عدم توان تحمل و انتقال بار دچار خستگی، اضمحلال و تغییر شکل زیاد می شود. ایجاد صلبیت در لایه زیرین روسازی آسفالتی یا استفاده از روسازی صلب در مسیر و ایستگاه های BRT می تواند تا حد زیادی از شکست روسازی و ایجاد خرابی ها و هزینه های تعمیر و نگهداری جلوگیری کند.

مراجع

- [۱] سازمان فرهنگی هنری شهرداری تهران، (۱۳۹۲)، "مستندنگاری پروژه های شهر تهران: سامانه اتوبوس های تندرو/ به سفارش برنامه ریزی و توسعه شهرداری تهران" چاپ اول، موسسه نشر شهر.
- [۲] افتخارزاده، سیدفرهاد و سیدعظیمی، سیدرضی، (۱۳۹۱)، "بررسی عملکرد روسازی مسیرهای اتوبوس های تندرو شهری و طرح روسازی مناسب" کنفرانس ملی زیرساخت های حمل و نقل، دانشگاه علم و صنعت.
- [۳] سیدعظیمی، سیدرضی و افتخارزاده، سیدفرهاد، (۱۳۹۲)، "طراحی روسازی مسیر اتوبوس های تندرو شهری بر اساس خواستگاه ترافیکی و هزینه چرخه عمر (بررسی موردی شهر تهران)" سیزدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک.
- [4] Carl L. Monismith, Shmuel L. Weissman, Lorina Popescu, Nicholas J. Santero, (2008), "Establishing Infrastructure Requirements for Bus Rapid Transportation Operations in Dedicated Bus Lanes", CALIFORNIA PATH PROGRAM INSTITUTE OF TRANSPORTATION STUDIES UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY.
- [5] Zhong Lin, (2008), "Semi-flexible Pavement on Beijing Bus Rapid Transit Line ", Beijing Luxin Dacheng Exquisite Paving Corporation, Beijing, China.
- [6] Chih-Ta Tsai, Grodon Tung-Chin Kung, Chao-Lung Hwang, (2010), "Use of high performance concrete on rigid pavement construction for exclusive bus lanes", Construction and Building Materials 24 (2010) 732-740.
- [۷] عامری، م، افتخارزاده، ف، ۱۳۹۰، مدیریت روسازی برای راهها، فرودگاهها و پارکینگ ها، دانشگاه علم و صنعت ایران، چاپ سوم.
- [8] <http://bus.tehran.ir/Portals/0/UBCT/titr/BRTMAP.pdf>