

بررسی شیارشدگی مسیر چرخ‌ها با توجه به نواحی آب و هوایی، میزان حجم ترافیک، وضعیت خاک‌بستر و ضخامت لایه بتن‌آسفالتی

سیدعلی ضیائی^{(۲)*}

محمد پوررضا^(۱)

(۱) کارشناس ارشد، گرایش راه و ترابری دانشگاه صنعتی شریف، پژوهشکده حمل

و نقل وزارت راه و ترابری

(۲) مربی، گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تربت حیدریه

تاریخ ثبت اولیه: ۱۳۸۴/۴/۱۵، تاریخ دریافت نسخه اصلاح شده: ۱۳۸۴/۱۰/۱۵، تاریخ پذیرش: ۱۳۸۵/۳/۱۵

چکیده شیارشدگی مسیر چرخ‌ها یکی از پارامترهای مهم در وضعیت روسازی و تعیین سایر شاخص‌های ارزیابی روسازی می‌باشد که افزون بر نوع و چگونگی ساخت روسازی، تحت تأثیر فاکتورهای مربوط به عوامل محیطی نیز می‌باشد. پیش‌بینی روند تغییرات شیارشدگی با توجه به فاکتورهای مؤثر بر آن در برنامه‌ریزی‌های مربوط به مدیریت روسازی، از قبیل برنامه‌های مربوط به ترمیم و نگهداری، ضروری می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از داده، عملکرد روسازی‌های بتن‌آسفالتی با اساس دانه‌ای در درازمدت مربوط به بررسی روند تغییرات و مقادیر عمق شیارشدگی با توجه به نواحی آب و هوایی، میزان حجم ترافیک، وضعیت خاک‌بستر و ضخامت لایه بتن‌آسفالتی پرداخته شد. از بررسی‌های انجام شده مشخص گردید که عمق شیارشدگی برای نواحی مرطوب بدون یخبندان بیشترین روند افزایشی را دارد و نواحی خشک بدون یخبندان کمترین روند تغییر را دارند و عمق شیارشدگی برای روسازی‌های نازک (با ضخامت کمتر از ۳ اینچ) و روسازی‌های ضخیم (با ضخامت بیشتر از ۸ اینچ) نسبت به ضخامت‌های متوسط (بین ۳ تا ۸ اینچ) بیشتر تحت تأثیر ترافیک می‌باشند.

واژه‌های کلیدی عملکرد درازمدت روسازی، شیارشدگی مسیر چرخ، نواحی آب و هوایی، حجم ترافیک، خاک‌بستر، ضخامت لایه بتن‌آسفالتی.

*عده دار مکاتبات

نشانی: دانشگاه آزاد اسلامی واحد تربت حیدریه، گروه عمران

تلفن: ۰۵۱۱-۶۰۸۵۸۷۹، شماره: ۰۲۱-۶۴۰۵۵۱۵، پست الکترونیکی: sali81@mehr.sharif.edu

۱- مقدمه

در گذشته که فقط نگهداری روسازی ها مورد توجه بود، مدیریت روسازی ناشناخته مانده بود. پیشرفت‌هایی که در دهه های اخیر در زمینه ریز پردازنده ها و فناوری‌های نوین مدیریت به دست آمده، ابزار مورد نیاز برای مدیریت هوشمند روسازی‌ها را فراهم آورده است.

یکی از مهمترین کارهایی که در زمینه بسترسازی برای توسعه سیستم‌های مدیریت روسازی انجام شده، ثبت وضعیت و عملکرد روسازی‌ها در طول زمان می‌باشد چنان که در ایالات متحده این کار در قالب پروژه بررسی عملکرد درازمدت روسازی (LTPP) (Long Term Pavement Performance) توسط اداره کمال راه‌های آمریکا (Federal Highway Administration (FHWA)) صورت گرفته است. پروژه یاد شده شامل دو سری آزمایش مکمل هم یکی مطالعات کلی روسازی (General Pavement Studies) (GPS) و دیگری مطالعات ویژه روسازی، (Specific Pavement Studies) (SPS) می‌باشد. نتایج به دست آمده از این آزمایش‌ها برای ساخت مدل‌های پیشرفت خرابی روسازی و تخمین عمر مفید آن با توجه به شرایط مختلف تأثیرگذار

بر آن، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

Data Pave بانک اطلاعات روسازی ایالات متحده می‌باشد. این بانک اطلاعاتی بخشی از پروژه LTPP می‌باشد که در ایران نیز در قالب دو لوح فشرده موجود می‌باشد و پژوهشگران از آن به عنوان منبعی برای بررسی خصوصیات روسازی‌ها و تعیین مدل خرابی‌ها استفاده می‌نمایند.

توضیحات در مورد نحوه جمع‌آوری این اطلاعات فراوان است اما در اینجا تنها به این نکته بسنده می‌شود که برخی از اطلاعات آورده شده در این بانک اطلاعاتی مربوط به قبل از شروع پروژه LTPP می‌باشد و از روی اطلاعات ثبت شده قدیمی و کاغذی برداشت شده است که این خود نشان دهنده وسعت پروژه یاد شده و کامل بودن بانک اطلاعاتی موجود است.

مطالعات کلی روسازی به بررسی روسازی‌های اصلی یا ساخته شده بعد از روکش اولیه پرداخته است. مطالعات ویژه روسازی نیز برای کامل کردن اهدافی از پروژه "بررسی عملکرد درازمدت روسازی" صورت گرفته که آزمایشات مربوط به مطالعات کلی روسازی نمی‌تواند به طور کامل آن را برآورده

مي‌باشد. با انجام اين مطالعه مي‌توان روند افزايش عمق شيارشده‌گي را براي روسازي هاي آسفالتي در شرايط مختلف سنجيد و با استفاده از نتايج آن مي‌توان به اهميت پارامتر شيارشده‌گي در طراحي روسازي ها براي شرايط مختلف پي‌برد. با به دست آوردن روند شيارشده‌گي و عمق آن در شرايط مختلف و با انجام برنامه هاي منظم ترميم و تعمير براساس مدل هاي پيش‌بيني کننده روند خرابي، مي‌توان به يك استراتژي بهينه براي ترميم و تعمير دست يافت.

۳- مروري بر مطالعات پيشين

سيستم‌هاي مديريت روسازي پيشرفته روشي سيستماتيک و منسجم را براي انتخاب ضروريات ترميم و نگهداري، و تعيين اولويت‌ها و زمان بهينه براي تعميرات از طريق پيش‌بيني وضعيت روسازي در آينده در اختيار مي‌گذارند. يکي از عوامل مؤثر در وضعيت روسازي که در تعيين شاخص‌هاي سرويس‌دهي روسازي تأثير فراوان دارد، پديده شيارشده‌گي مسير چرخ‌ها مي‌باشد. تحقيقات زيادي در زمينه شناخت مکانيزم‌هاي مؤثر در روند شيارشده‌گي مسير چرخ‌ها و عوامل مؤثر بر آن انجام شده است.

سازد. آزمايشات مطالعات کلي روسازي بر اساس ساختار، مصالح، ترافیک و نواحي آب و هوايي تقسيم‌بندي شدند.

نتايج ارائه شده در اين مقاله شامل بخشي از مطالعات کلي روسازي است که به روسازي‌هاي بتن آسفالتي با اساس دانه‌اي مربوط مي‌شود و GPS-1 شامل روسازي‌هاي آسفالت بتي (Hot Mix Asphalt Concrete (HMAC)) دانه‌بندي توپر، با يا بدون لايه هاي آسفالتي ديگر که بر روي اساس دانه‌اي تثبيت نشده قرار دارد، مي‌باشند. اين قطعات ممکن است داراي يك يا چند لايه زيراساس باشند. روسازي‌هاي بتن آسفالتي عميق نيز در اين بخش از مطالعه مورد بررسي قرار گرفته‌اند. بخش ديگر اين روسازي‌ها به طور معمول، شامل يك يا چند لايه HMAC با حداقل ضخامت ۱۵۰ ميليمتر مي‌باشد که به صورت مستقيم بر روي بستر تثبيت شده يا تثبيت نشده قرار دارد.

۲- هدف پژوهش

هدف از انجام اين پژوهش بررسي نحوه افزايش عمق شيارشده‌گي مسير چرخ‌ها با توجه به شرايط آب و هوايي، نوع خاک بستر، ميزان ترافیک و ضخامت روسازي

توسط هشام علی و همکارانش در زمینه مدل سازی شیاری شدگی مسیر چرخ ها انجام شد، مدلی مکانیستیک برای پیش بینی عمق شیاری شدگی به صورت تابعی از کرنش فشاری الاستیک در تمام لایه های روسازی ایجاد شد [7].

دیكون (Deacon) و همکارانش نیز بر اساس نتایج تحلیلی (مکانیستیکی- تجربی) میزان تأثیرات بار ترافیکی و عوامل محیطی (Environment) را بر میزان شیاری شدگی مسیر چرخ ها مورد بررسی قرار دادند [8].

آرچیللا (Archilla) و مدانت (Madanat) مدل تجربی پیشرفت شیاری شدگی مسیر چرخ را با استفاده از داده آزمایشگاهی به دست آمده از وستراک (WesTrack) بررسی کردند. این تحقیق در زمینه سه نوع مخلوط آسفالتی برای دماهای بالا انجام شد. مدل ایجاد شده میتواند پیشرفت شیاری شدگی مسیر چرخ را در هر دوره زمانی با توجه به میزان شیاری شدگی قبلی پیش بینی کند که در توسعه برنامه های مدیریت روسازی بسیار مفید است [9].

در (Dore) و سوارد (Savard) در مطالعه ای به بررسی پیشرفت انواع خرابی ها بر اساس نوع فصل پرداختند. در این مطالعه تأثیر آب و هوا و ترافیک نیز در نظر گرفته شده است. آنها

داده به دست آمده از آزمایشات آشتو نشان می دهد که خاک بستر در میزان شیاری شدگی ۹ درصد تأثیر دارد. لایه بتن آسفالتی، لایه اساس و لایه زیر اساس نیز، به ترتیب، در حدود ۳۴، ۱۴ و ۴۵ درصد در میزان شیاری شدگی مؤثرند (مجموع این اعداد ۱۰۰ نمی باشد که به دلیل گرد شدن آنها است) [1].

سراتی (Ceratti) و همکارانش نیز در تحقیقی نشان دادند برای روسازی های نازک مهمترین خرابی، شیاری شدگی مسیر چرخ ها می باشد که بیشتر تحت تأثیر ترافیک می باشد. آنها فاکتور های معادل سازی برای بارهای مختلف را محاسبه نمودند [2].

کندهال (Kandhal) و کولی (Cooley) در مطالعه ای به بررسی تأثیر دانه بندی مخلوط های آسفالتی بر میزان شیاری شدگی پرداختند و نشان دادند دانه بندی ریز یا درشت مخلوط های آسفالتی تأثیر چندانی بر عمق شیاری شدگی ندارد [3].

افزون بر بررسی عوامل تأثیرگذار بر روند شیاری شدگی مسیر چرخ ها، پژوهشگران همواره به دنبال ارائه مدل های تجربی و مکانیستیکی در این زمینه بوده اند [4,5,6]. در تحقیقی که

عصايي (Dipstick) در هر يك تا دو سال انجام شده است.

۵- چگونگی استخراج داده

همان طور که بیان شد، قطعات انتخابی مربوط به GPS-1 می‌باشند که در نواحی و شرایط مختلف پراکنده می‌باشند. در گام اول، تمام قطعات مربوط به GPS-1 انتخاب شدند (۳۲۷ قطعه) که در گام بعد به علت تعمیرات انجام شده در بعضی قطعات و همچنین، به علت اینکه بعضی از قطعات فقط در بعضی سال‌ها برداشت شده بودند، این قطعات حذف شدند.

در تعداد قطعات انتخابی از آغاز محدودیتی اعمال نشد بلکه ابتدا تمام قطعات روسازی‌های موجود در بخش GPS-1 به خاطر اینکه بررسی موجود بر روی آسفالت‌های بتنی متمرکز بود، انتخاب گردید. پس از انتخاب همه قطعات، آن دسته که دارای بازسازی اساسی در طول دوره عمر خود بودند حذف گردیدند. این دسته از قطعات دارای شماره ساخت بالاتر از یک بودند که در جدول‌های استخراجی از نرم‌افزار که در قالب نرم‌افزار Excel بودند، حذف گردیدند. سپس قطعاتی که دارای اطلاعات مربوط به عمق شیارشدگی در طول سال‌های مورد

به این نتیجه رسیدند که روند رشد شیارشدگی ۵۵ صدم میلی‌متر در سال می‌باشد و تغییرات فصلی تأثیر چندانی بر آن ندارد [10].

۴- مفهوم شیارشدگی (Rutting) و

چگونگی تعیین آن

شیار يك تورفتگی در مسیر عبور چرخ‌هاست که در امتداد دیواره‌های آن ممکن است روسازی کمی بالا آمده باشد. با وجود این، در بسیاری از موارد شیارها تنها پس از بارندگی قابل تشخیص‌اند. به طور معمول، شیارشدگی از تغییر شکل دائمی یکی از لایه‌ها یا بستر روسازی معمول به علت جابه‌جایی تحکیم یا جابه‌جایی جانبی مصالح در اثر بار ترافیکی به وجود می‌آید. يك شیارشدگی قابل ملاحظه می‌تواند به گسیختگی سازه‌ای اساسی روسازی منجر گردد. شیارشدگی را بر حسب مترمربع سطح رویه اندازه‌گیری می‌کنند و شدت آن به وسیله میانگین عمق شیار تعیین می‌شود.

در پروژه بررسی عملکرد درازمدت روسازی مقادیر پروفیل عرضی فتوگرافیک در هر ۱۲/۲۵ متر در هر بخش آزمایش به همراه ۳۰ نقطه در عرض جاده با فواصل تقریباً ۱۵۲ متر برداشت شد. این عمل توسط پروفیلر

متحده، استفاده از اندیس های یاد شده مقبول تر از سایر مقادیر می باشد.

- ناحیه آب و هوایی. در این تحقیق نواحی آب و هوایی به ۴ دسته تقسیم می شوند که در جدول (۱) آورده شده اند.

جدول ۱ تقسیم بندی نواحی آب و هوایی

وضعیت	انديس یخبندان سالیانه (سانتیمتر- روز)	نفوذ سالیانه (میلیمتر)
مرطوب یخبندان (Wet Freeze)	>۸۹	>۵۰۸
مرطوب بدون یخبندان (Wet No Freeze)	<=۸۹	>۵۰۸
خشک یخبندان (Dry Freeze)	>۸۹	<=۵۰۸
خشک بدون یخبندان (Dry No Freeze)	<=۸۹	<=۵۰۸

- نوع خاک بستر. خاک بستر به دو دسته درشتدانه و ریزدانه تقسیم می شود. در جدول (۲) خاک های موجود در هر دسته نشان داده شده است.

جدول ۲ تقسیم بندی خاک بستر

نوع خاک بستر	
خاک های درشتدانه	خاک های ریزدانه
ماسه	رس (LL>50)
ماسه با دانه بندی ضعیف	ماسه رسی
ماسه لای	رس لای
ماسه رسی	لای
شن	لای ماسه ای
شن با دانه بندی ضعیف	لای رسی
شن رسی	

مطالعه بودند، انتخاب گردیدند و بررسی ها بر روی آنها صورت گرفت. هیچ قطعه ای جز موارد یاد شده حذف نگردید تا نتایج بدست آمده از حداکثر دقت برخوردار باشند.

با توجه به اهداف تحقیق، استخراج بعضی اطلاعات برای دسته بندی قطعات بر اساس نواحی آب و هوایی، خاک بستر، ترافیک و ضخامت لایه بتن آسفالتی بود. نوع ناحیه آب و هوایی، نوع خاک بستر و ضخامت لایه بتن آسفالتی مورد نیاز را می توان در برنامه Data Pave انتخاب کرد. از آنجا که اطلاعات مربوط به تعداد بار محوری معادل (ESAL) (Equivalent Single Axle Load) برای همه سال ها برداشت نشده بود، از آمار تخمینی موجود در برنامه Data Pave استفاده شد.

۶- چگونگی دسته بندی داده

هر یک از فاکتورهای یاد شده برای دسته بندی قطعات دارای درجه بندی های مختلفی می باشند که در ادامه درباره هر کدام توضیح داده می شود.

گفتنی است متأسفانه در ایران طبقه بندی خاصی در این مورد وجود ندارد ولی با توجه به الگوبرداری استانداردهای طراحی روسی موجود در ایالات

مورد نیاز است که مجبور به استخراج آن از جدول‌های Excel می‌باشیم.

ESAL دارای دو سطح کم و زیاد می‌باشد که مرز آن ۸۵۰۰۰ می‌باشد. ترافیک سبک به صورت ترافیک کوچکتر یا مساوی این مقدار تعریف می‌شود و ترافیک سنگین برای مقادیر بیشتر از ۸۵۰۰۰ می‌باشد.

۷- تقسیم‌بندی قطعات

برای سادگی عملیات آماری، قطعات مورد نظر باید در جدول‌های مختلف دسته‌بندی شوند. برای این کار بعد از انتخاب خصوصیات مورد نظر، قطعات براساس شرایط مختلف تقسیم‌بندی شدند. در جدول (۳) تعداد قطعات موجود در هر بخش نشان داده شده است. البته در این جدول به خاطر اینکه برنامه Data Pave فیلتر مربوط ESAL را ندارد، تقسیم‌بندی بر اساس ترافیک صورت نگرفته است.

بعد از تحلیل و بررسی آمارهای ترافیکی مربوط به هر قطعه، جداسازی قطعات بر اساس ترافیک نیز صورت گرفت. البته نکته بسیار مهمی که در این مورد قابل توجه می‌باشد این است که بعضی از قطعات در طول عمر خود

شیل	
سنگ	

- ضخامت لایه بتن آسفالتی.

برای ضخامت لایه بتن آسفالتی، سه سطح وجود دارد:

ضخامت کم (روسازی‌های نازک): ضخامت کمتر از ۳ اینچ که با کد صفر نشان داده شده است؛ ضخامت متوسط: ضخامت بین ۳ و ۸ اینچ که با کد ۳ نشان داده شده است؛ ضخامت زیاد (روسازی‌های ضخیم): ضخامت بیشتر از ۸ اینچ که با کد ۸ نشان داده شده است.

- ترافیک.

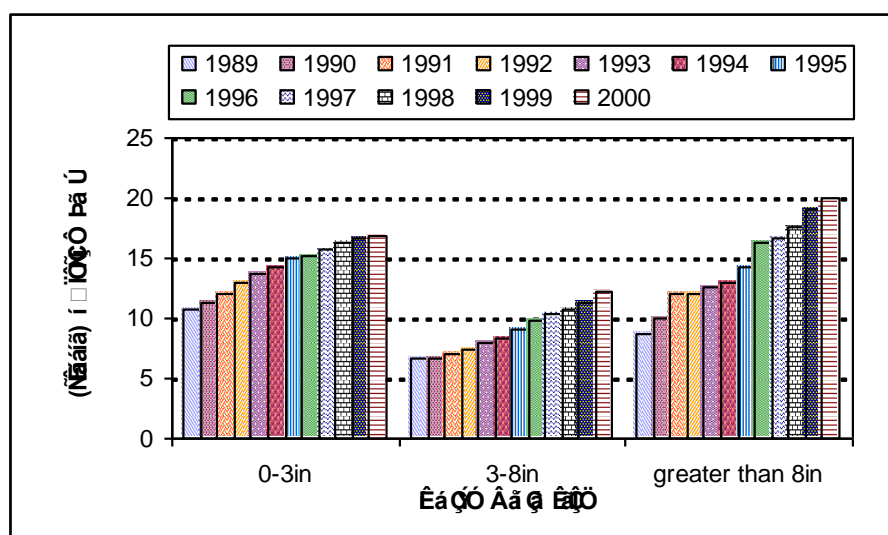
همان طور که در بندهای پیشین آورده شد، در نرم افزار موجود اطلاعات مربوط به متوسط ترافیک روزانه سالیانه (AADT) و تعداد بار محوری معادل (ESAL) وجود دارد و لی در فیلترهای مربوط به گزارش‌گیری تنها AADT وجود دارد و ESAL را باید براساس جدول‌های خروجی Excel به دست آورد.

لازم به توضیح است در گزارش‌گیری از بانک اطلاعاتی محدوده برخی از پارامترها را می‌توان انتخاب و قطعات را بر حسب آن فیلتر کرد و تنها گزارش مربوط به آنها را دریافت نمود. در مورد ترافیک فیلتر AADT وجود دارد اما در این مطالعات ESAL

و بین سال های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۰ (که سال های مورد مطالعه می باشند) تعمیر و ترمیم اساسی شده اند (یعنی دارای شماره ساخت Construction No.) بیشتر از یک هستند) که

دلیل تأثیر منفی بر به جدول ۳ تعداد قطعات

رطوبت، یخندان و وضعیت خاک بستر								ضخامت روسازی
خشک				مرطوب				
بدون یخندان خشک		یخندان خشک		بدون یخندان مرطوب		یخندان مرطوب		
درشت دانه	ریز دانه	درشت دانه	ریزدانه	درشت دانه	ریزدانه	درشت دانه	ریزدانه	
۷	۰	۸	۸	۵۱	۳۵	۴۹	۳۳	نازک
۲۰	۱	۲۱	۱۴	۹	۸	۱۸	۸	متوسط
۱۸	۰	۱	۱	۳	۲	۰	۱	ضخیم



شکل ۱ تغییرات عمق شیارشدگی با توجه به ضخامت های مختلف لایه آسفالتی

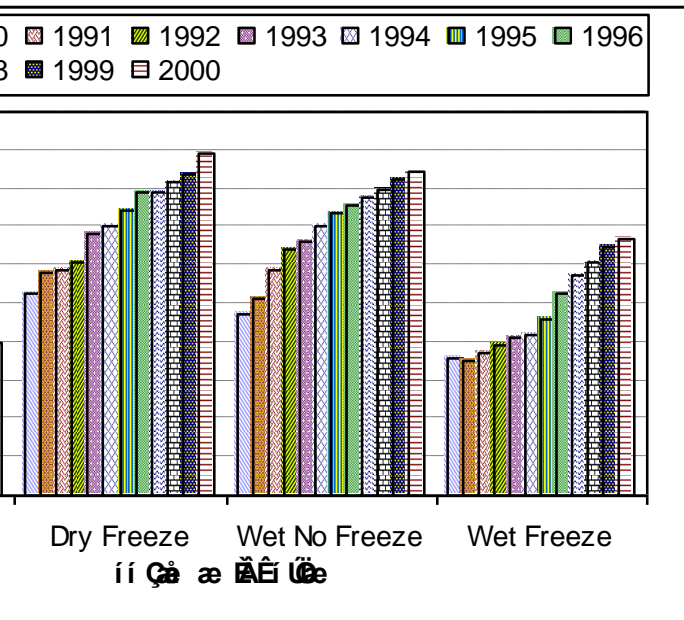
انجام نشده است از درون یابی یا برون یابی استفاده شود.

۸- تأثیر ضخامت بر عمق شیار
در شکل (۱) اثر ضخامت لایه بتن آسفالتی بر پیشرفت عمق شیارشدگی برای سه ضخامت مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. قطعات مربوط به دو سطح

بعد از انتخاب قطعات مربوط به هر وضعیت باید از عمق شیارشدگی های مربوط به آنها که در یک سال چندین بار اندازه گیری شده اند، برای همان سال میانگین گرفته شود. در مورد قطعات انتخابی کوشش شده است چنانچه در سالی برداشت

بتن آسفالتي متوسط، میزان تغییرات بیشتری دارند و در مورد آنها عمق شیارشدگی سریعتر افزایش می‌یابد.

در توضیح این نتایج می‌توان گفت که برای لایه بتن آسفالتي با ضخامت بیشتر از ۸ اینچ، تغییر شکل‌های لایه بتن آسفالتي و تراکم شدن آن و ایجاد



شکل ۲ تغییرات عمق شیارشدگی با توجه به نواحی مختلف آب و هوایی

بارهای بیشتر به لایه‌های پایینی و تحکیم و تراکم بیشتر این لایه‌ها، مؤثر دانست.

۹- تأثیر نواحی آب و هوایی بر عمق شیارشدگی

در شکل (۲) اثرات نواحی آب و هوایی بر روند تغییرات عمق

ترافیکی، دو نوع خاک بستر و چهار ناحیه آب و هوایی ترکیب شده‌اند. همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، در روسازی‌های با لایه بتن آسفالتي دارای ضخامت بیشتر از ۸ اینچ (روسازی‌های ضخیم)، نسبت به شیارشدگی حساس‌تر می‌باشند و روند تغییرات شیارشدگی در این بخش بیشتر است. از سوی دیگر روسازی‌های با ضخامت بتن آسفالتي کم نیز نسبت به روسازی‌های با ضخامت

تغییر شکل‌های دائمی نقش بسزایی در نتایج به دست آمده ایفا می‌کند. در مورد بالاتر بودن میزان عمق شیارشدگی برای ضخامت کم نسبت به ضخامت متوسط بتن آسفالتي می‌توان سیستم باربری در روسازی‌های نازک را به علت انتقال

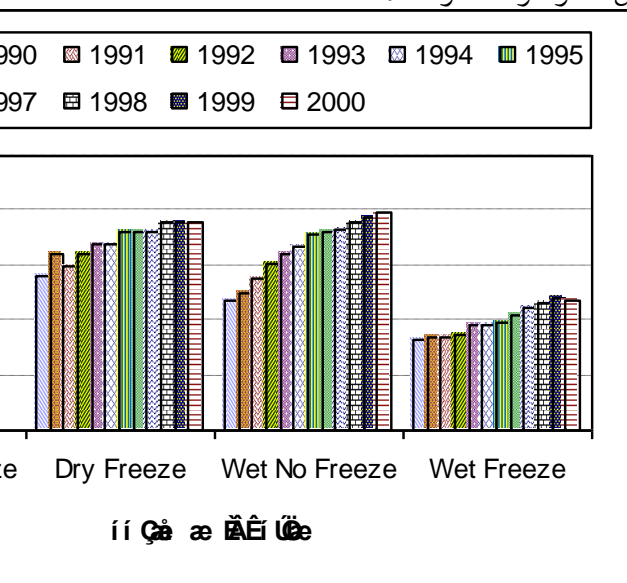
۱۰- تأثیر آب و هوا بر عمق شیارشدگی با توجه به ضخامت‌های لایه بتن آسفالتی

بعد از بررسی تأثیر نواحی آب و هوایی مختلف بر عمق شیارشدگی، این تأثیرات به طور مجزا برای ضخامت‌های مختلف بتن آسفالتی نیز بررسی شده است. در شکل (۳) تأثیرات یاد شده برای ضخامت‌های کمتر از ۳ اینچ، آورده شده است.

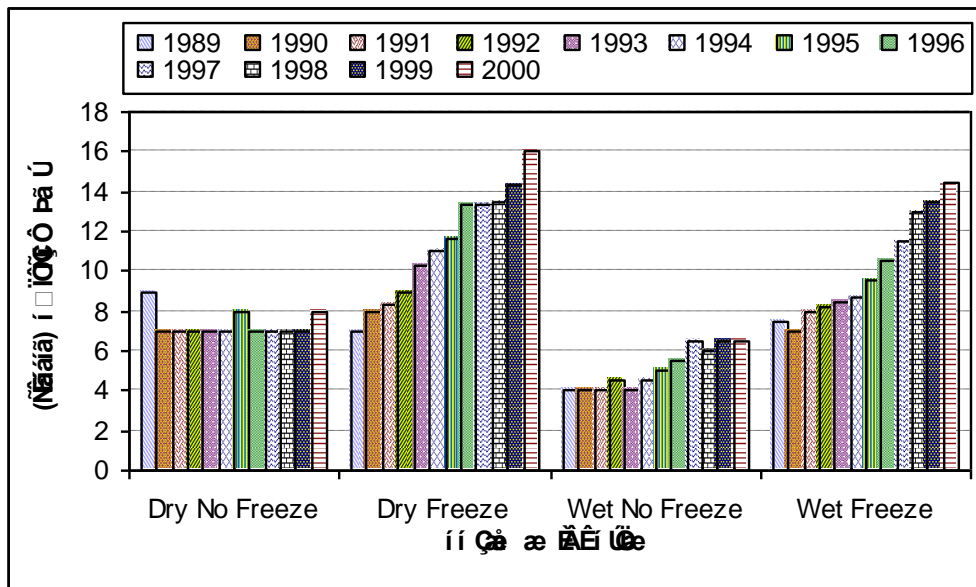
در شکل (۳) برای قطعات انتخابی، در قسمت خشک بدون یخبندان هیچ قطعه‌ای وجود ندارد بنابراین مقایسه بین سه ناحیه دیگر انجام می‌گیرد. مشاهده می‌شود که ناحیه مرطوب بدون یخبندان تغییرات بیشتری دارد و بعد از آن، به ترتیب، نواحی خشک یخبندان و مرطوب یخبندان قرار دارند.

شیارشدگی مورد بررسی قرارگرفته است. در این قسمت قطعات مربوط به ضخامت‌ها، سطوح ترافیکی و انواع خاک بستر مختلف برای هر ناحیه آب و هوایی ترکیب شده‌اند.

همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود روند شیارشدگی برای ناحیه مرطوب بدون یخبندان بیشترین روند افزایشی را دارد و در طول سال‌های مورد مطالعه در حدود ۸ میلی‌متر افزایش عمق شیارشدگی دارد و بعد از این ناحیه از نقطه نظر روند افزایش عمق، شیارشدگی بخش‌های مرطوب یخبندان و خشک یخبندان قرار دارد. ضمناً قسمت خشک بدون یخبندان تغییرات خاصی ندارد.



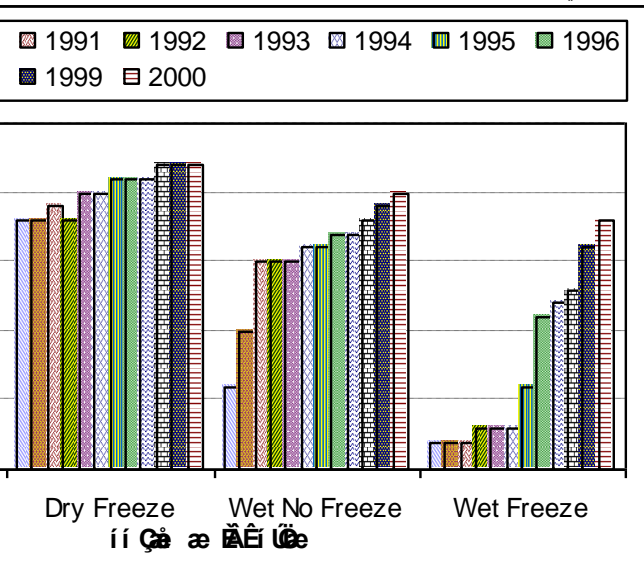
شکل ۳ تأثیر نواحی آب و هوایی بر عمق شیارشدگی برای روسازی‌هایی با ضخامت کمتر از ۳ اینچ



شکل ۴ تأثیر نواحی آب و هوایی بر عمق شیارشدگی برای روسازی های با ضخامت بین ۳ تا ۸ اینچ

به این ترتیب، روشن است که با ضخیم تر شدن روسازی، لایه بتن آسفالتی تأثیر بیشتری در روند شیارشدگی دارد و از دست رفتن مقاومت خاک بستر به دلیل نفوذ آب و چرخه های یخ و ذوب شدن آن تأثیر بسیار زیادی بر افزایش عمق شیارشدگی ندارد.

در شکل (۴) تغییرات عمق شیار برای ضخامت های متوسط بتن آسفالتی مورد بررسی قرار گرفته است. قسمت خشک بدون یخبندان وضعیت بحرانی تری دارد و بعد از آن روند تغییرات در نواحی مرطوب یخبندان و مرطوب بدون یخبندان بیشتر می باشد. در ناحیه خشک بدون یخبندان تغییرات زیادی وجود ندارد.



شکل ۵ تأثیر نواحی آب و هوایی بر عمق شیارشدگی برای روسازی‌هایی با ضخامت بیشتر از ۸ اینچ

نوع خاک بستر دو عامل دیگری هستند که تأثیر بسزایی در نتایج دارند. این عوامل در شکل (۶) مورد بررسی قرار گرفته است. در این شکل دیده می‌شود که در حالت ترافیک کم و دانه‌بندی ریز نسبتاً مقادیر بیشتری وجود دارد و بعد از آن حالت ترافیک بالا و دانه‌بندی درشت خاک بستر بیشترین مقادیر را داراست و بعد از آن، به ترتیب نمودارهای ترافیک کم با دانه‌بندی درشت و ترافیک بالا با دانه‌بندی ریز خاک بستر قرار دارد. با استفاده از شکل (۶) می‌توان روند منطقی افزایش عمق‌شیار را مشاهده نمود. همان‌طور که دیده می‌شود بین دو منحنی با ترافیک بالا، منحنی خاک بستر درشت‌دانه مقادیر بیشتری را نشان می‌دهد. این منحنی شیب بسیار کمی دارد و روند افزایش آن بسیار کم می‌باشد بطوریکه در طول سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۰ تنها ۲

در شکل (۵) نتایج مربوط به ضخامت‌های بالاتر از ۸ اینچ آورده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود نواحی مرطوب یخبندان بیشترین تغییرات را در طول سال‌های برداشت دارا می‌باشند و بعد از آن به ترتیب نواحی مرطوب بدون یخبندان، خشک یخبندان و خشک بدون یخبندان قرار دارند. ضمناً در ناحیه خشک بدون یخبندان هیچ قطعه‌ای موجود نیست.

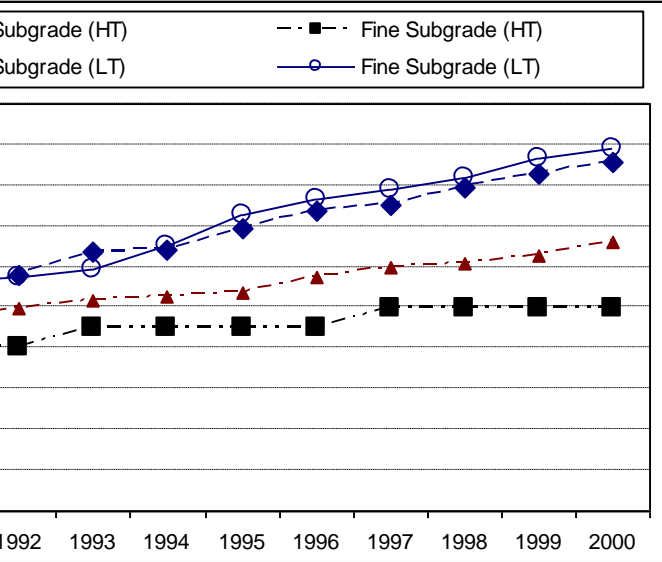
البته همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌شود، به‌طور کلی، ناحیه خشک بدون یخبندان مقادیر بالاتری دارد ولیکن روند تغییرات قابل ملاحظه‌ای ندارد.

۱۱- تأثیر شرایط ترافیکی و نوع خاک بستر بر عمق‌شیارشدگی

تا به حال، تأثیرات مربوط به ضخامت بتن آسفالتی و نوع ناحیه آب و هوایی مورد بررسی قرار گرفتند، اما میزان ترافیک و

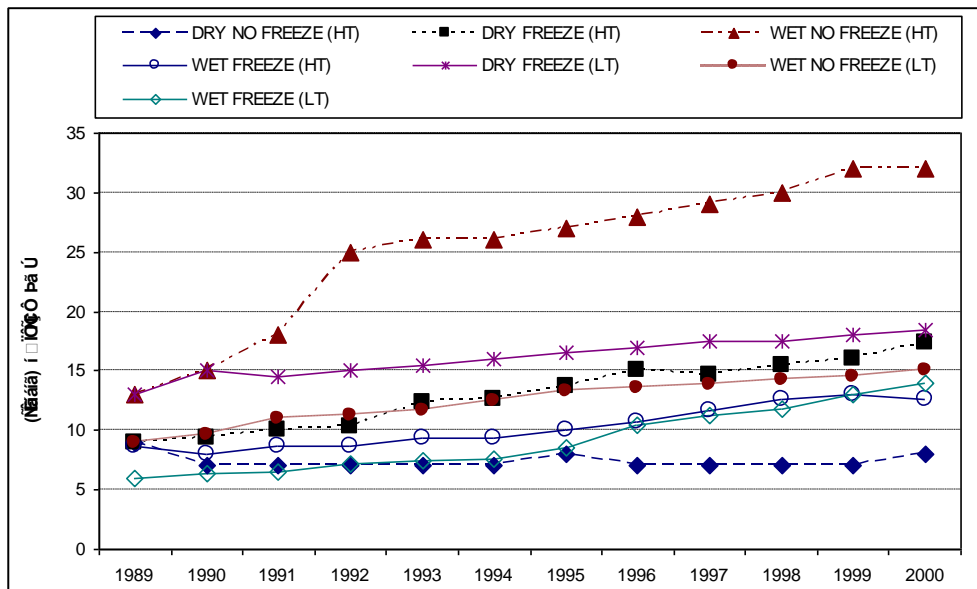
ميلي متر به عمق شيار شدگي افزوده شده است. براي حالت ترافيك كم برخلاف حالت قبل، خاك ريزدانه مقادير بيشتري دارد و روند افزايشي آن نيز چشمگيرتر از درشتدانه ها

ميباشد. اين افزايش در مدت مشابه ۶ ميلي متر ميباشد كه نشان دهنده شيب نسبتاً كم تري در نمودار ميباشد.



سال ميلادی

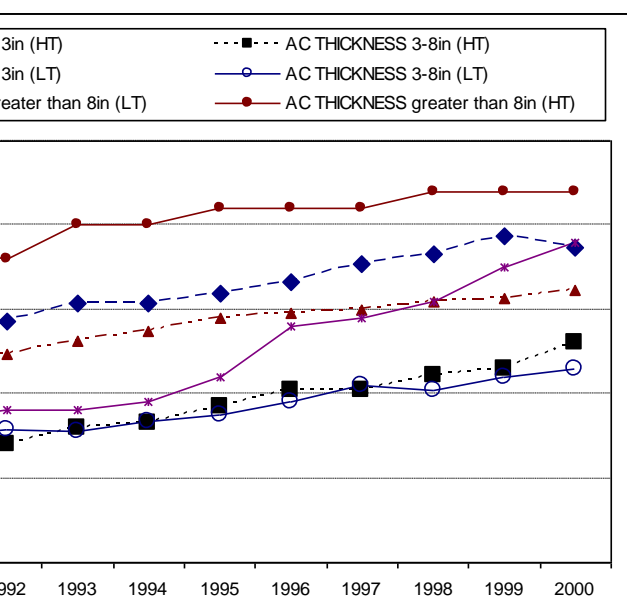
شکل ۶ تأثیر شرایط ترافیکی و نوع خاکبستر بر عمق شيارشدگی



سال ميلادی

شکل ۷ تأثیر نواحي آب و هوایی و ميزان ترافيك بر عمق شيارشدگی

شیارشدگی در این وضعیت در طول سال های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۰ به میزان ۱۶ تا ۱۷ میلیمتر تغییر می کند. بعد از قطعات مربوط به ناحیه مرطوب بدون یخبندان، قطعات مربوط به نواحی خشک یخبندان بیشترین دامنه تغییرات را، در حدود ۱۰ میلیمتر، دارند.



سال میلادی

شکل ۸ تأثیر ضخامت لایه بتن آسفالتی و میزان ترافیک بر عمق شیارشدگی

۱۳- تأثیر ضخامت لایه بتن آسفالتی و میزان ترافیک بر عمق شیارشدگی

همان طور که در شکل (۸) مشاهده می شود بیشترین دامنه تغییرات عمق شیارشدگی مربوط به بتن آسفالتی با ضخامت بیشتر از ۸ اینچ در ترافیک کم می باشد. میزان تغییرات بین سال های ۱۹۸۹

۱۲- تأثیر نواحی آب و هوایی و میزان ترافیک بر عمق شیارشدگی

در شکل (۷) مشاهده می شود که کمترین مقادیر عمق شیارشدگی و دامنه تغییرات آن مربوط به ناحیه خشک بدون یخبندان در ترافیک بالا می باشد و بیشترین مقادیر و دامنه تغییرات مربوط به ناحیه مرطوب بدون یخبندان در ترافیک بالا می باشد. عمق

به طور کلی، تأثیر ترافیک بر روند تغییرات عمق شیارشدگی در روسازی های بتن آسفالتی با ضخامت ۳ تا ۸ اینچ ناچیز می باشد ولی، در دو دسته بندی دیگر ضخامت قطعات با ترافیک بالا دارای دامنه تغییرات عمق شیارشدگی بیشتری می باشند.

روسازي هاي با ضخامت بتن آسفالتي كم نسبت به روسازي هاي با ضخامت بتن آسفالتي متوسط و ضعيت بدتري دارند و در مورد آنها عمق شيارشديكي سريع تر افزايش مي يابد.

(۲) روند شيارشديكي براي ناحيه مرطوب بدون يخبندان بيشترين روند افزايشي را دارد و بعد از اين ناحيه از نظر روند افزايش عمق شيارشديكي، بخش هاي مرطوب يخبندان و خشك يخبندان قرار دارند قسمت خشك بدون يخبندان تغييرات خاصي ندارد.

(۳) براي روسازي هاي بتن آسفالتي با ضخامت كم، ميزان تغييرات عمق شيارشديكي در مناطق خشك يخبندان بحراني تر است و بعد از آن به ترتيب، نواحی مرطوب يخبندان، مرطوب بدون يخبندان و خشك بدون يخبندان وضعيت بدتري دارند.

(۴) در روسازي هاي بتن آسفالتي با ضخامت هاي متوسط، تغييرات عمق شيارشديكي در ناحيه مرطوب بدون يخبندان بيشتر است و بعد از آن به ترتيب، نواحی خشك يخبندان و مرطوب يخبندان قرار دارند. در ضمن دامنه تغييرات ناحيه مرطوب بدون يخبندان از همه بيشتر است.

تا ۲۰۰۰ در حدود ۱۵ ميلي متر است؛ اما از نقطه نظر مقادير عمق شيارشديكي قطعات مربوط به ضخامت بيشتر از ۸ اينچ با ترافيك بالا، حداكثر مقادير را دارا مي باشند.

قطعات آسفالت بتني با ضخامت كمتر از ۳ اينچ با ترافيك بالا، هم از نظر دامنه تغييرات عمق شيارشديكي و هم از نظر مقادير آن دو مين سطح را دارا مي باشند. همان طور كه مشاهده مي شود براي ضخامت هاي كمتر از ۳ اينچ و ضخامت هاي بين ۳ تا ۸ اينچ تفاوت مقادير ترافيكی تأثير چنداني بر روند و مقدار تغييرات عمق شيارشديكي ندارد، در حالي كه براي ضخامت هاي بيشتر از ۸ اينچ هم براي ترافيك كم و هم براي ترافيك زياد روند تغييرات عمق شيارشديكي تفاوت قابل ملاحظه اي دارد.

۱۴- نتیجه گيري

پاره ای از نتایج این پژوهش که می توانند اندوخته اي گرانبها در طراحی ها و پیش بینی خرابی ها باشند عبارتند از:

(۱) روسازي هاي با لايه بتن آسفالتي داراي ضخامت زياد، نسبت به شيارشديكي حساس ترند و روند تغييرات عمق شيارشديكي در مورد آنها بيشتر است. از سوي ديگر

(۷) به طور کلی، تأثیر ترافیکی بر روند تغییرات عمق شیار شدگی در روسازی های بتن آسفالتی با ضخامت متوسط، کم می باشد ولی در دو دسته بندی دیگر ضخامت قطعات با ترافیک بالا دارای دامنه تغییرات بیشتری در عمق شیار شدگی می باشند.

۱۵- قدردانی

نویسندگان به این وسیله مراتب سپاسگزاری خود را از جناب آقای دکتر طباطبایی به خاطر در اختیار گذاشتن لوح فشرده Data Pave 3 (بانک اطلاعاتی LTPP) که داده مورد استفاده در این پژوهش از آن استخراج شده است، اعلام می دارند.

(۵) در روسازی های بتن آسفالتی با ضخامت های بالا نواحی مرطوب یخبندان بیشترین تغییرات را در طول سال های برداشت دارا می باشند و بعد از آن به ترتیب، نواحی مرطوب بدون یخبندان، خشک یخبندان و خشک بدون یخبندان قرار دارند.

(۶) در ترافیک بالا، خاک بستر درشت دانسه مقادیر عمق شیار شدگی بیشتری را نشان می دهد و نمودار مربوط به آن شیب و در نتیجه روند افزایشی بسیار کمی دارد. برای حالت ترافیک کم برخلاف حالت قبل، خاک ریزدانه مقادیر بیشتری دارد و روند افزایشی آن نیز چشمگیرتر است.

۱۶- مراجع

1. P. Ullidtz ، “Pavement analysis, Development in Civil Engineering ”, Series#19, Elsevier, (1987).
2. J.A. Ceratti, P. Nunez ، W.Y. Cehling and J. Augusto de Oliveria, “A full scale study of rutting of thin pavement ”. Transportation Research Board ، 80th Annual Meeting ، January (2001).
3. P.S. Kandhal, L.A. Cooley, “Coarse versus fine-graded superpave mixtures: comparative evaluation of resistance to rutting ”, Transportation Research Board, 81th Annual Meeting, January (2002).
4. A.R. Archilla, S. Madanat, “Development of a Pavement Rutting Model from Experimental Data”, Journal of Transportation Engineering, American Society of Civil Engineers ، Vol. 126, No. 4, pp 291-299, July/August (2000).
5. A. Hesham, S. Tayabji, “Evaluation of Mechanistic-Empirical Performance Prediction Models of Flexible Pavements”, The 77th Annual Meeting of the Transportation Research Board, January (1998).

6. C.L. Monismith, J.A. Deacon, J.T. Harvey, "WesTrack: Performance Models for Permanent Deformation and Fatigue", Pavement Research Center, University of California, Berkeley, 373 pp., June (2000).
7. A. Hesham, S. Tayabji, F. laTorre, "Calibration of a mechanistic-Empirical rutting model for in-service pavement", Transportation Research Board, 11th Annual Meeting, month (1997).
8. J.A. Deacon, J.T. Harvey, I. Guada, L. Popescu, C. L. Monismith, "An Analytically-Based Approach to Rutting Prediction", Transportation Research Board, 81th Annual Meeting, January (2002).
9. A.R. Archilla, S. Madanat, "A statistical model of pavement rutting in asphalt concrete mixes", Transportation Research Board, 80th Annual Meeting, Paper No.01-0128, January (2001).
10. G. Dore, Y. Savard, "Analysis of seasonal pavement deterioration", Transportation Research Board, 77th Annual Meeting, January (1998).