

ارزیابی پتانسیل شیپارافتادگی آسفالت متخلخل تقویت شده با ژئوتکستایل

سعید حسامی، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل، ایران
مهدی طلائی*، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران

E-mail: mehdi.talaie@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۲۰ - پذیرش: ۱۳۹۱/۰۳/۲۰

چکیده

آسفالت متخلخل به دلیل پایین بودن مقدار فیلر و ریزدانه و بالابودن درصد درشت‌دانه، دارای فضای خالی بالایی می‌باشد. مزیت این نوع دانه‌بندی کاهش در درخشندگی سطح، آلودگی صوتی، پاشش آب و مشکلات رانندگی در هوای مرطوب و بارانی و افزایش مقاومت لغزندگی می‌باشد، ولی از طرف دیگر پایین بودن بعضی از خصوصیات مکانیکی از جمله مقاومت در برابر شیپارافتادگی از ضعف‌های این نوع از مخلوط آسفالتی برشمرده می‌شود. با توجه به گستردگی مطالعات انجام شده در ارتباط با استفاده از ژئوتکستایل در لایه‌های آسفالتی، نقش آن در افزایش مقاومت در برابر تغییر شکل ماندگار آسفالت متخلخل چندان اثبات نشده است. در این مطالعه با استفاده از دستگاه ویل تراک در آزمایشگاه، تاثیر استفاده از ژئوتکستایل بر تغییر شکل ماندگار نمونه آسفالت متخلخل در دماهای مختلف و در شرایط خشک و اشباع مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده گردید که مخلوط آسفالتی متخلخل تقویت شده با ژئوتکستایل تحت شرایط مختلف می‌تواند سیکل بارگذاری بیشتری را تحمل نماید و عمق شیپار نیز کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: آسفالت متخلخل، مقاومت شیپارافتادگی، ژئوتکستایل

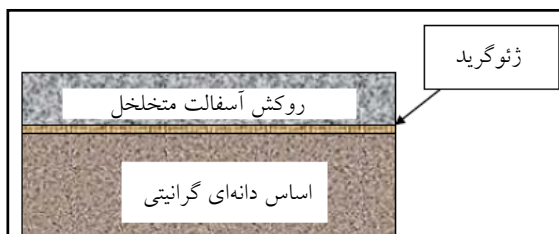
۱- مقدمه

شیپارشدگی به دلیل حرکت جانبی مصالح سنگی تحت تأثیر تنش‌های برشی ناشی از عبور ترافیک به وجود می‌آید که به طور عمده ناشی از ضعف در مقاومت برشی لایه آسفالتی است. چنانچه مخلوط آسفالتی مستعد این خرابی باشد، مصالح در امتداد صفحات برش و به‌طور جانبی جابه‌جا می‌شوند و در اثر فرورفتگی ناحیه بارگذاری شده در مسیر چرخ‌ها و همچنین برآمدگی رویه در کنار مسیر چرخ‌ها شیپار افتادگی ایجاد می‌شود. در این حالت شیپارشدگی نتیجه‌ای از مخلوط‌های آسفالتی ناپایدار، بارگذاری سنگین و درجه حرارت بالای روسازی است (Santucci, 2000).

مطالعات نشان داده که افزودنی‌های پلیمری در قیر و همچنین الیاف در کاهش شیپارشدگی آسفالت متخلخل مؤثر بوده و استفاده همزمان از قیرهای پلیمری و الیاف می‌تواند به مقدار قابل

آسفالت متخلخل دارای مزایا و معایبی است. از جمله این مزایا، افزایش زبری جاده می‌باشد که نقش عمده‌ای در کاهش تصادفات جاده‌ای دارد و می‌تواند در مناطق با بارندگی قابل توجه که اکثر تصادفات در آنها به دلیل لغزش و کاهش دید در اثر پاشش می‌باشد، استفاده شود (Gemomilla et al., 1990; Ruiz et al., 1990). یکی از خرابی‌های رایج لایه آسفالت متخلخل به‌ویژه در دمای بالا، شیپارشدگی می‌باشد که در این جهت استخوان‌بندی سنگدانه‌ای مخلوط، شکل بافت سنگدانه‌ها و مقدار تراکم، در رفتار الاستیک مخلوط آسفالتی مؤثر است. آسفالت متخلخل به علت دارا بودن بافت درشت‌دانه و همچنین استفاده از ریزدانه کم برای ایجاد تخلخل در آن، چگالی و تراکم مناسبی ندارد، بنابراین، مقاومت کافی در برابر بارهای وارده به‌خصوص شیپارشدگی ندارد (Smith et al., 1974).

استفاده از تقویت برای آسفالت می‌تواند زمانی مؤثر باشد که از تکنیک‌های مناسب نصب در عمل استفاده شود و تقویت دارای مدول بالاتری نسبت به مخلوط آسفالتی باشد (Khodaii et al., 2009). اگر تقویت در سطح مناسبی قرار نگیرد مؤثر نبوده و استفاده از آن در کاهش عمق شیار، کارایی چندانی ندارد. شکل ۲، سه نوع لایه آسفالتی دارای تقویت و بدون تقویت در عمق‌های مختلف در لایه‌های مربوطه را نشان می‌دهد. واضح است بخش تقویت نشده به‌خاطر شیارشدگی به‌شدت خراب می‌شود و عمق زیاد شیار، در لایه‌ها چشمگیر است. با وجود تقویت در مرکز لایه، شیارشدگی مشاهده می‌شود. اما استفاده از تقویت ژئوستنتیکی در زیر لایه موجب شده تا تغییر شکل دائم کمتری در داخل لایه به‌وجود آید (Technical Guideline, 2008). به علت این‌که امکان دارد مخلوط آسفالتی متخلخل به‌عنوان لایه روکش استفاده شود، براساس مطالعات انجام شده بهترین محل برای قرارگیری تقویت برای جلوگیری از ترک انعکاسی، انتهای لایه و نزدیک به یک سوم انتهایی آن می‌باشد، بنابراین، استفاده از لایه تقویتی در محدوده انتهای لایه بهترین وضعیت قرارگیری تقویت است (Khodaii et al., 2009).



شکل ۱. تصویر شماتیک از برش عرضی نمونه آزمایش با ژئوستنتیک (Fang FWA and Ping ONG, 2005)



شکل ۲. برش عرضی لایه آسفالتی با و بدون تقویت تحت ترافیک (Technical Guideline, 2008)

توجهی، شیارشدگی را کنترل نماید (Kandhal and Mallick, 1999). الیاف و پلیمرها با ایجاد شبکه‌های سه بعدی در بتن آسفالتی و ایجاد ثبات در چسباننده روی سطح ذرات دانه‌ها از هر گونه جنبش در درجه حرارت بالاتر جلوگیری می‌کنند (Xu, Chen and Prozzi, 2010; Jahromi and Khodaii, 2008).

۲- تأثیر مواد ژئوستنتیکی در شیارشدگی آسفالت متخلخل

ژئوستنتیک‌ها گروهی از مواد پلیمری هستند که کاربرد زیادی در روسازی جاده و فرودگاه دارند (Holtz et al., 1997). مطالعات قابل توجهی در مورد استفاده از مواد ژئوستنتیکی در لایه‌های بتن آسفالتی انجام شد که همگی حاکی از افزایش چشمگیر خصوصیات مکانیکی آسفالت بوده است (Sprague and Carver, 2004; Ling and Liu, 2011). تقویت آسفالت با استفاده از مواد ژئوستنتیکی به‌عنوان یکی از راه‌حل‌های عملی به منظور افزایش عملکرد بتن آسفالتی است (Abtahi et al., 2009). ژئوتکستایل‌ها به علت نوع بافت و خصوصیات مکانیکی، قادر به جذب تنش بوده و استفاده از آنها موجب تقویت ساختار مخلوط آسفالتی شده و همچنین به‌علت دارا بودن مقاومت کششی بالا نسبت به مخلوط آسفالتی به‌عنوان کنترل‌کننده برخی از انواع شایع ترک خوردگی، از جمله ترک خوردگی انعکاسی عمل می‌کنند (Hosseini et al., 2009). علاوه بر آن استفاده از تقویت ژئوستنتیکی سبب توزیع یکنواخت بار و کاهش عمق شیار در سطوح آسفالتی می‌شود (Wasage et al., 2004). با وجود گزارشات گسترده در مورد عملکرد مواد ژئوستنتیکی، گزارشات محدودی در خصوص کاربرد این مواد در داخل لایه آسفالت متخلخل انجام شده است. در مطالعه دپارتمان حمل و نقل دانشگاه ملی سنگاپور برای ارزیابی شیارشدگی مطابق با شکل ۱ از ژئوگرید استفاده گردید. نتایج نشان داد، بعد از عبور ۱۰۰۰۰ سیکل عمق شیار در نمونه تقویت شده حدود ۶ میلی‌متر بوده و نمونه بدون تقویت بعد از تحمل حدود ۸۰۰۰ سیکل گسیخته شد. با توجه به این نتایج، تقویت لایه رویه با مواد ژئوستنتیکی می‌تواند موجب افزایش شدید مقاومت آسفالت متخلخل در برابر شیارشدگی شود (Fang FWA and Ping ONG, 2005).

۳- مصالح مصرفی

آزمایش‌های انجام شده به شرح جدول (۲) است. تقویت ژئوستتیکیتی مورد استفاده در این پژوهش ژئوتکستایل و از نوع بافته نشده^۱ با عرض ۴ متر بوده که از شرکت روف ایران تهیه گردید که مشخصات آن در جدول (۳) آورده شده است. مطالعات نشان داد بهترین وضعیت قرارگیری تقویت در محدوده انتهایی لایه بوده است، بنابراین، در این پژوهش برای تست شیارشدگی، تقویت ژئوتکستایل در یک سوم انتهایی قالب دستگاه آزمایش ویل تراک قرار گرفت. شکل ۳ مشخصات نمونه را نشان می‌دهد.

در این پژوهش برای ساخت مخلوط آسفالت متخلخل از دانه‌بندی ارایه شده در آیین‌نامه روسازی ایران مطابق با جدول (۱) استفاده شد (نشریه ۲۳۴، آیین‌نامه روسازی ایران، ۱۳۸۱) و با انجام آزمایش‌های لازم روی مصالح سنگی مشخص شد که همه خصوصیات لازم در حد مجاز آیین‌نامه روسازی ایران را دارد. قیر مورد استفاده برای مخلوط از نوع قیر ۶۰/۷۰ از پالایشگاه تهران می‌باشد که بعضی از مشخصات این قیر مطابق با

جدول ۱. دانه‌بندی مخلوط مصالح سنگی

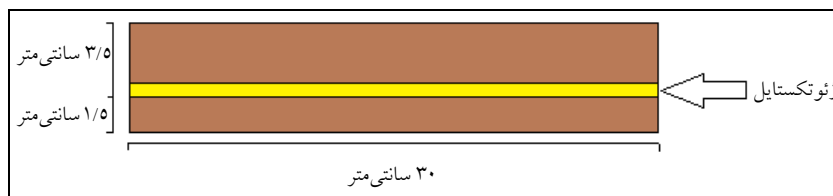
اندازه الک	۳/۴ اینچ	۱/۲ اینچ	۳/۸ اینچ	شماره ۴	شماره ۸	شماره ۲۰۰
درصد رد شده	۱۰۰	۹۹	۷۵	۱۸	۸	۲

جدول ۲. نتایج آزمایش‌های قیر ۶۰/۷۰

نتایج	روش آزمایش		آزمایشات قیر خالص
	AASHTO	ASTM	
۱/۰۱۶	۲۲۸T	۷۰D	وزن مخصوص در ۲۵ درجه سانتی‌گراد
۶۵	۴۹T	۵D	درجه نفوذ در ۲۵ درجه سانتی‌گراد
۴۹	۵۳T	۳۶D	نقطه نرمی بر حسب سانتی‌گراد
۲۹۱	۴۸T	۹۲D	درجه اشتعال بر حسب سانتی‌گراد
۱۰۰۱	۲۰۱T	۲۱۷۰D	کندروانی کینماتیک در ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد (سانتی‌استوکس)
۴۵۷	۲۰۱T	۲۱۷۰D	کندروانی کینماتیک در ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد (سانتی‌استوکس)

جدول ۳. مشخصات ژئوتکستایل مصرفی

مشخصات	وزن واحد $\frac{gf}{m^2}$	ضخامت mm	قدرت کششی N	مقاومت سوراخ شدن N	نقطه ذوب °C
روش آزمون ASTM	D۵۲۶۱	D۵۱۹۹	D۴۶۳۲	D۴۸۳۳	D۲۷۶
نتیجه آزمون	۵۰۰	۳/۵	۱۶۹۰	۱۱۰۰	>۲۴۰



شکل ۳. مشخصات نمونه قالب آزمایش

۴- طرح اختلاط مخلوط آسفالتی متخلخل

حرکت می‌کند و در شرایط خشک و مرطوب قابل استفاده می‌باشد. در این آزمایش نمونه‌ها با ابعاد $30 \times 30 \times 5$ سانتی‌متر ساخته می‌شوند. چرخ بارگذاری دستگاه، لاستیکی و با قطر ۲۰ سانتی‌متر و عرض ۵ سانتی‌متر می‌باشد. سرعت حرکت چرخ از ۱۰ تا ۳۰ دور بر دقیقه است. مقدار جابه‌جایی توسط یک گیج خطی دیجیتالی اندازه‌گیری می‌شود. مقدار دقت این گیج $0.05/0$ میلی‌متر می‌باشد. دمای محفظه (اتاقک) آن نیز از صفر تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قابل تغییر است.

برای تراکم نمونه‌های مخلوط آسفالتی از دستگاه تراکم غلتکی استفاده می‌گردد. در این دستگاه به‌منظور شبیه‌سازی نمونه‌های ساخته شده در آزمایشگاه با نمونه‌های واقعی در محل، از روش ورز دادن استفاده می‌شود. غلتک دارای شعاع 460 میلی‌متر، طول 560 میلی‌متر و وزن با اهرم 220 کیلوگرم است. بار چرخ با تغییر طول بازو قابل تغییر است. در این آزمایش طول بازو 800 میلی‌متر در نظر گرفته شده که نیرویی معادل 700 نیوتن را بر نمونه وارد می‌کند که براساس تجربه آزمایشگاهی این نیرو معادل 50 ضربه چکش مارشال می‌باشد.

نمونه دال‌های تراکم مخلوط آسفالتی در شرایط غوطه‌ور درون آب و نیز در حالت خشک با دمای 60 و 40 درجه سانتی‌گراد که در مجموع ۸ نمونه می‌باشد، تحت سیکل‌های رفت و برگشتی چرخ بارگذاری 705 نیوتنی و با سرعت حرکت رفت و برگشتی 50 عبور در دقیقه، قرار گرفتند. در این آزمایشات میزان سیکل بارگذاری دستگاه روی 10000 دور تنظیم شد، ولی در بعضی از تست‌ها به‌خاطر بالا بودن عمق شیار و نیز احتمال آسیب رسیدن به دستگاه در سیکل‌های کمتر از این مقدار، تست متوقف گردید.

در طرح آسفالت متخلخل به‌دلیل ویژگی‌های ساختاری خاص این آسفالت تأمین حداکثر فضای خالی، استقامت مارشال، حداقل فرونشست مجاز قیر و سایش کانتابرو به‌عنوان معیارهای اصلی تلقی می‌شوند، در این روش یک میزان حداقل و حداکثر برای قیر بهینه تعریف می‌شود که حداقل میزان سایش آن براساس میزان نمونه آسفالت در آزمایش کانتابرو و حداکثر میزان قیر با توجه به حد مجاز فرونشست قیر مشخص می‌شود (Ruiz et al., 1990). به‌منظور تعیین درصد قیر بهینه نمونه‌ها با درصد‌های قیر $4/5$ تا $5/5$ تهیه شده و پس از عمل‌آوری، با استفاده از دستگاه تراکم‌کننده ژیراتوری با اعمال 50 دوران تراکم شدند. سپس وزن مخصوص نمونه‌های تراکم شده تعیین شد. همچنین در هر درصد قیر، دو نمونه مخلوط آسفالتی تراکم نشده تهیه شد و حداکثر وزن مخصوص تئوری و درصد فرونشست قیر از مخلوط تعیین شد و براساس استاندارد $ASTM D 7064$ قیر بهینه 5 درصد انتخاب گردید که برای ساخت آسفالت متخلخل در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت، مشخصات فنی نمونه ساخته شده با قیر بهینه مطابق با جدول شماره (۴) می‌باشد.

۵- آزمایش شیارشدگی

برای ارزیابی تأثیر تقویت ژئوتکستایل بر مقاومت شیارشدگی و به‌دلیل ایجاد فضای آزمایش با شرایط واقعی از آزمایش شیارشدگی با دستگاه ویل تراک ماکروس مطابق با استاندارد $AASHTO-T 324$ استفاده گردید. در این دستگاه، چرخ بارگذاری با بار ثابت روی سطح نمونه به‌صورت رفت و برگشتی

جدول ۴. مشخصات نمونه آسفالتی با ۵ درصد قیر بهینه و مقایسه با محدوده استاندارد $ASTM D 7064$

مشخصات	میانگین وزن مخصوص (G_{mb})	حداکثر وزن مخصوص تئوری (G_{mm})	درصد فرونشست قیر	درصد فضای خالی (V_a)	در صد شاخص سایش
روش آزمایش	$ASTM D 3203$	$AASHTO-T 209$	$ASTM D 6390$		
مقدار	$1/9$	$2/524$	$0/06$	25	$24/3$
استاندارد			$<0/3$	>18	<25

۶- بررسی و تحلیل نتایج

با توجه به عمق شیار و سیکل‌های بارگذاری مربوط به آزمایشات که در نمودارهای مختلف نشان داده شده است، نتایج مختلفی به شرح زیر به دست آمد.

شکل‌های ۴ و ۵ تغییرات عمق شیار را برای نمونه‌های با و بدون ژئوتکستایل در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد در حالت خشک و اشباع نشان می‌دهند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در این دما مخلوط آسفالتی متخلخل تقویت شده با ژئوتکستایل توانسته مقاومت شیارشدگی را حدود ۵۲ درصد نسبت به نمونه بدون تقویت بهبود بخشد. در همین شرایط در حالت اشباع نیز همین نتیجه، ولی حدود ۵۷ درصد افزایش مقاومت در نمونه با تقویت ژئوتکستایل دیده می‌شود، دلیل این امر را می‌توان مقاومت کششی بالای ژئوتکستایل به صورت الیاف بافته نشده نسبت به مخلوط آسفالتی متخلخل دانست که توانسته بخش قابل توجهی از تنش وارده را تحمل کند و موجب کاهش تنش‌های کششی در کف روکش به حد کمتر از مقاومت کششی آسفالت متخلخل شود.

شکل ۶ تغییرات عمق شیار در نمونه‌های آسفالت متخلخل تقویت شده با ژئوتکستایل را در هر دو شرایط خشک و اشباع در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود پایداری بیشتری در نمونه در حالت خشک در مقابل شیارشدگی وجود دارد که علت آن را می‌توان قطبی بودن قیر و پدیده عریان‌شدگی یاد کرد. منحنی‌ها نشان می‌دهند که با بالا بردن قدرت چسبندگی قیر به دانه‌ها از طریق اصلاح قیر می‌توان فاصله عمق شیار نمونه با ژئوتکستایل در حالت اشباع را با حالت خشک کم کرد و مقاومت بیشتری در این نوع آسفالت در شرایط بارندگی و خیس در برابر شیارشدگی فراهم کرد.

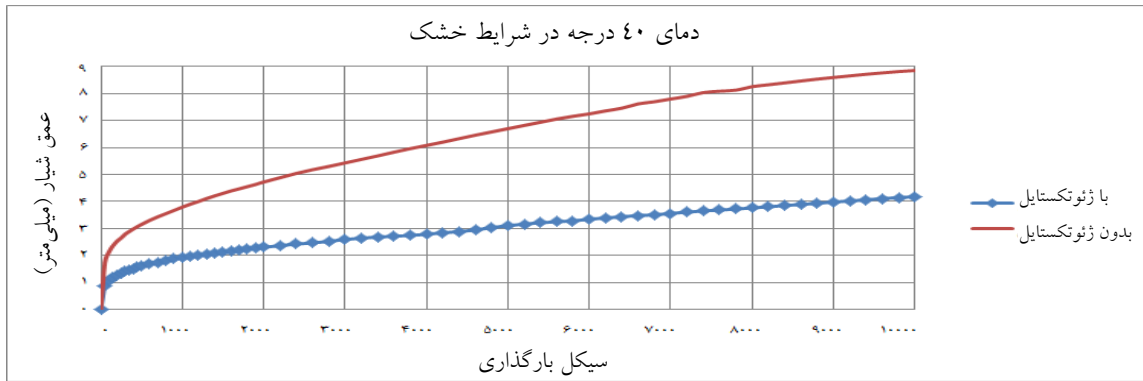
آشکار است که در دماهای بالا سفتی مخلوط آسفالتی کاهش و کرنش ناشی از بارگذاری ترافیکی افزایش می‌یابد، در این حالت قسمتی از کرنش که جزء رفتار ویسکوز مخلوط آسفالتی است، برگشت نمی‌یابد و تغییر شکل دائمی اتفاق می‌افتد. اگر این کرنش خیلی زیاد باشد یا رفتار مخلوط آسفالتی کاملاً ویسکوز باشد، تغییر شکل دائمی بزرگ‌تر یا شیارشدگی اتفاق می‌افتد. به علت پایین بودن ویسکوزیته قیر خالص ۶۰/۷۰ در دمای بالا

طبیعی است افزایش دما باعث کاهش مقاومت و افزایش تغییر شکل دائمی در مخلوط آسفالتی متخلخل گردد ولی همان‌گونه که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، استفاده از ژئوتکستایل، عمق شیار را در نمونه آسفالت متخلخل در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد را به‌طور قابل ملاحظه‌ای در شرایط خشک کاهش داده که در واقع موجب افزایش سفتی مخلوط آسفالتی و کاهش کرنش شده است. اما در هر حال ملاحظه می‌شود با افزایش دما، تأثیر تقویت ژئوتکستایل کمتر شده و با کاهش مقاومت شیارشدگی مواجه می‌شویم. گرچه آزمایش برای حالت نمونه بدون ژئوتکستایل در حدود ۸۰۰۰ سیکل به علت بالا رفتن عمق شیار (حدود ۲۵ میلی‌متر) متوقف گردید اما نشان می‌دهد که عمق شیار، حدود ۳۰ درصد در حالت استفاده از تقویت کمتر شده است.

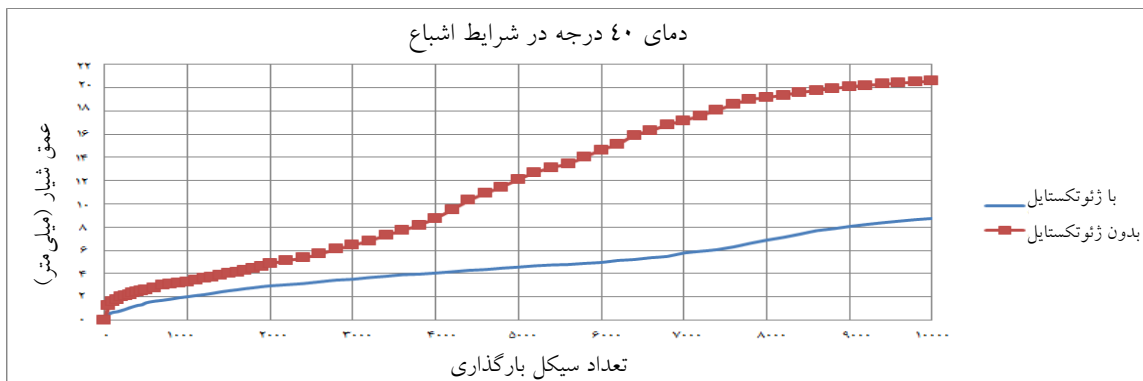
با قرار گرفتن نمونه در شرایط اشباع در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد مطابق با شکل ۸ نمونه بدون ژئوتکستایل مقاومتی از خود نشان نداده و در حدود کمتر از ۴۰۰۰ سیکل بارگذاری کاملاً گسیخته می‌شود و در مقابل شیارشدگی تسلیم می‌شود. در صورتی که نمونه با استفاده از ژئوتکستایل در این شرایط توانسته است مقاومت بیشتری از خود نشان دهد و در پایان ۱۰۰۰۰ سیکل بارگذاری عمق شیار به حدود ۲۴ میلی‌متر برسد که حدوداً یک مقاومت دو برابری را نسبت به نمونه بدون تقویت از خود نشان می‌دهد و به عبارتی با تحمل سیکل بارگذاری بیش از دو برابر نسبت به حالت بدون تقویت، توانسته مقاومت شیارشدگی را در حدود ۱۴ درصد افزایش دهد.

در شکل ۹ مشاهده می‌شود با افزایش دما از ۴۰ به ۶۰ درجه سانتی‌گراد تفاوت زیادی بین حالت‌های اشباع و خشک نداشته و به‌علت وجود فضای خالی در مخلوط، شیارشدگی قابل ملاحظه‌ای در نمونه به وجود می‌آید که در هر حال به مراتب در حالت خشک، نمونه رفتار بهتری را از خود نشان می‌دهد. مقایسه‌ای در تغییرات عمق شیار نمونه‌های تقویت شده با ژئوتکستایل در هر دو حالت و هر دو دما در شکل ۱۰ انجام شده است.

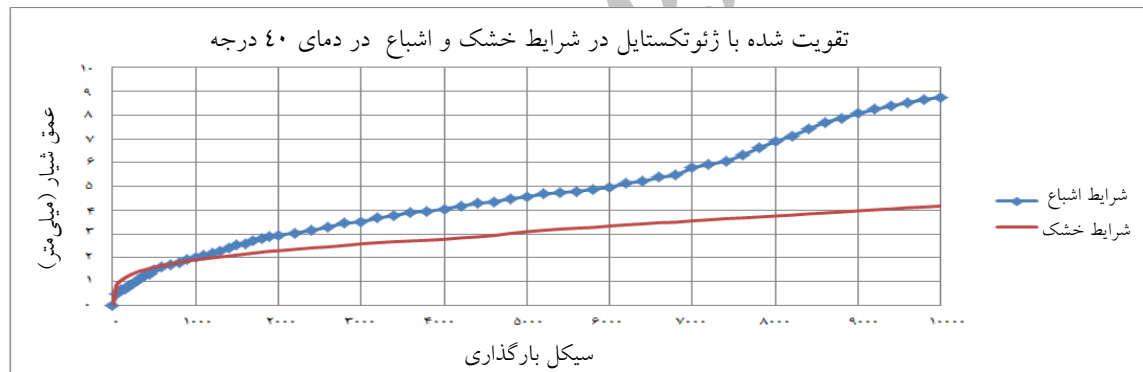
ملاحظه می‌شود که آسفالت متخلخل در دماهای بالا مقاومت خوبی در مقابل شیارشدگی به‌ویژه در سیکل‌های بالای بارگذاری از خود نشان نمی‌دهد که این موضوع، به دلیل کاهش قابل توجه مقاومت برشی آسفالت متخلخل در این دما می‌باشد.



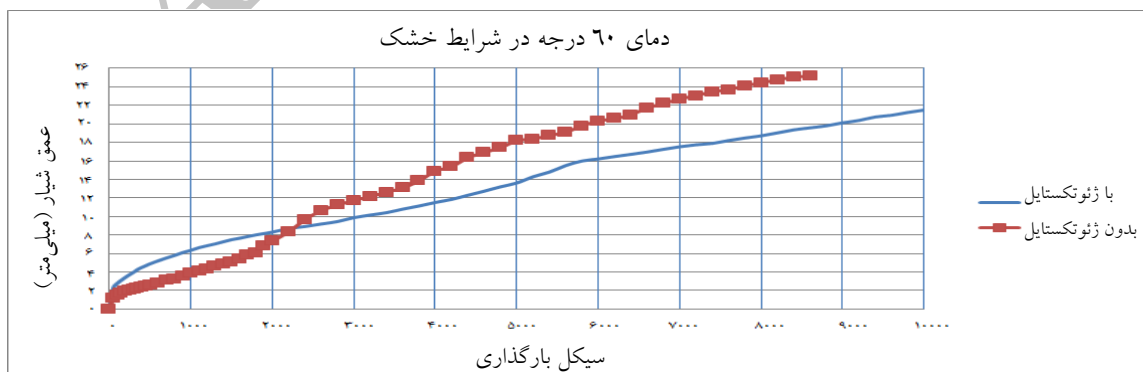
شکل ۴. نمودار تغییرات عمق شیار براساس سیکل بارگذاری مخلوط آسفالتی با و بدون ژئوتکستایل در شرایط خشک در دمای ۴۰ درجه



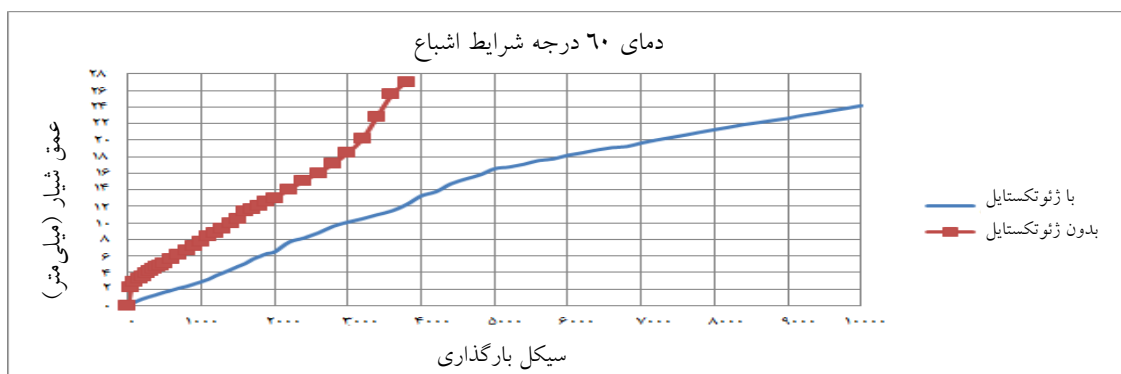
شکل ۵. نمودار تغییرات عمق شیار براساس سیکل بارگذاری مخلوط آسفالتی با و بدون ژئوتکستایل در شرایط اشباع در دمای ۴۰ درجه



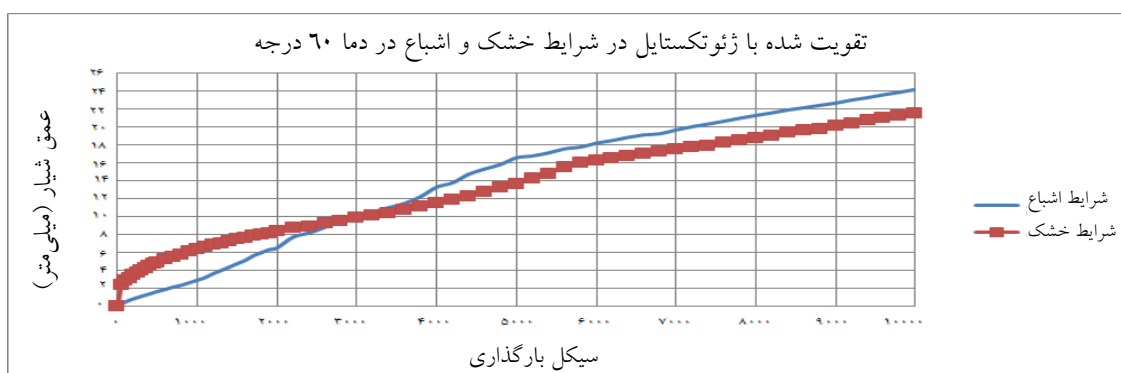
شکل ۶. نمودار تغییرات عمق شیار براساس سیکل بارگذاری مخلوط آسفالتی تقویت شده با ژئوتکستایل در شرایط خشک و اشباع در دمای ۴۰ درجه



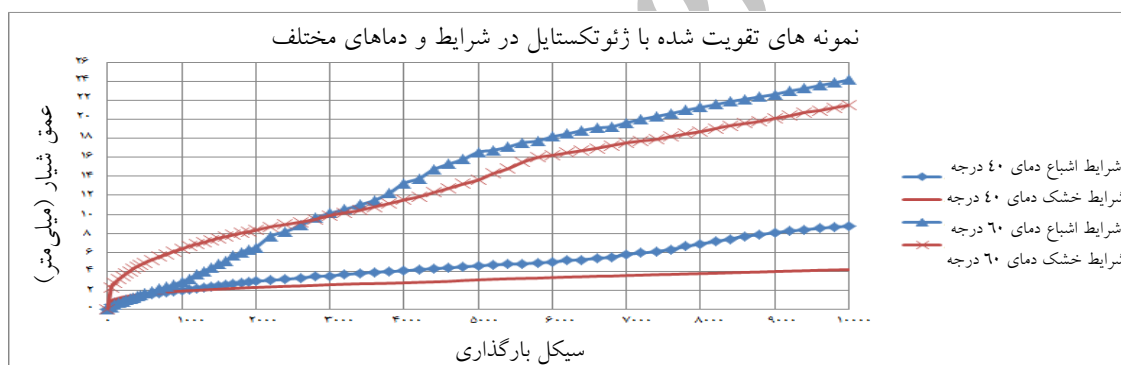
شکل ۷. نمودار تغییرات عمق شیار براساس سیکل بارگذاری مخلوط آسفالتی با و بدون ژئوتکستایل در شرایط خشک در دمای ۶۰ درجه



شکل ۸. نمودار تغییرات عمق شیار براساس سیکل بارگذاری مخلوط آسفالتی با و بدون ژئوتکستایل در شرایط اشباع در دمای ۶۰ درجه



شکل ۹. نمودار تغییرات عمق شیار براساس سیکل بارگذاری مخلوط آسفالتی تقویت شده با ژئوتکستایل در شرایط خشک و اشباع در دمای ۶۰ درجه



شکل ۱۰. نمودار تغییرات عمق شیار براساس سیکل بارگذاری مخلوط آسفالتی تقویت شده با ژئوتکستایل در شرایط و دماهای مختلف

۷- نتیجه گیری

در این پژوهش نمونه‌های آسفالت متخلخل تقویت شده با ژئوتکستایل تحت آزمایش شیارشدگی ویل تراک، مورد بررسی قرار گرفتند و در مقایسه با نمونه‌های بدون تقویت نتایج زیر حاصل شد.

۱. آسفالت متخلخل تقویت شده با ژئوتکستایل در مقایسه با نمونه‌های بدون تقویت در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و در هر دو حالت شرایط خشک و اشباع مقاومت قابل توجهی را در مقابل شیارشدگی از خود نشان داده است.

۲. شرایط اشباع، عمق شیارشدگی را در آسفالت متخلخل تقویت نشده و در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد را به دو برابر نمونه تقویت شده رسانده که به علت عریان‌شدگی مخلوط است.

۳. با بالا رفتن دما به ۶۰ درجه سانتی‌گراد در مجموع نمونه‌ها رفتار خوبی را از خود نشان ندادند و عمق شیار افزایش قابل توجهی داشته، در حالی که نمونه‌های تقویت نشده در سیکل‌های بارگذاری پایین از هم گسیخته شده و عمق شیار

reflection cracking in Asphalt overlays". Geotextiles and Geomembranes. 27 (1): pp. 1-8.

- Fang FWA, T. and Ping ONG, G. (2005) "Analysis and design of vertical-drainage Geosynthetic-reinforced porous pavement for road and car parks", Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 6, pp. 1286-1301.
- Ling, H. I. and Liu, Z. (2001) "Performance of geosynthetic reinforced asphalt pavements", Journal of Geotechnical and Geo environmental Engineering, 127(2), pp. 177-184.
- Ruiz, A., Alberola, R., Perez, F. and Sanchez, B. (1990) "Porous asphalt mixtures in Spain", TRR, No.1265.
- Santucci, L. (2000) "Tech transfer program and pavement specialist, pavement research center, Uc Berkeley", Institute of Transportation Studies.
- Smith, R. W., Rice, J. M. and Spelman, S. R. (1974) "Design of open-graded asphalt friction courses", Report FHWA-RD-74-2, Federal Highway Administration, January.
- Sprague, C. J. and Carver, C. A. (2000) "Asphalt overlay reinforcement", Geotechnical Fabrics Report, pp. 30-33.
- Technical Guidline (2008) "Asphalt reinforcement for road construction", Asphalt Academy, Frist edition, November.
- Wasage, T. L. J., Ong, G. P., Fwa, T. F. and Tan, S. A. (2004) "Laboratory evaluation of rutting resistance of geosynthetics reinforced asphalt pavement", Journal of the Institution of Engineers, Vol. 44 (2), pp. 29-44.
- Xu Q., Chen, H. and Prozzi, J. A. (2010) "Performance of fiber reinforced asphalt concrete under environmental temperature and water effects", J. Constr Build Mater., 24(10): pp. 2003-2010.

زیادی از خود نشان داده‌اند. ولی نمونه‌های تقویت شده با ژئوتکستایل در هر دو حالت اشباع و غیر اشباع بهبود مختصری دارند.

۹- پی‌نوشت‌ها

1. Non-Woven Geotextile
2. Detector

۱۰- منابع

- "نشریه ۲۳۴ آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران"، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، چاپ اول، ۱۳۸۱.
- Abtahi, S., Sheikhzadeh, M. and Hejazi, S. (2009) "Fiber-reinforced asphalt concrete-a review construct". Building Mater, 24(6): pp. 871-877.
- Gemomilla, G., Malgarini, Mand Gerasio, S. (1990) "Sound absorption and winter performance of Porous asphalt pavement", TRR, No. 1265.
- Holtz, R. D., Christopher, B. R. and Berg, R. R. (1997) "Geosynthetic engineering", BiTech Publishers Ltd., Canada.
- Hosseini, H., Darban, A. and Fakhri, K. (2009) "The effect of Geosynthetic reinforcement on the damage propagation rate of asphalt pavements", Scientia Iranica, pp. 26-32.
- Jahromi, S. and Khodaii, A. (2008) "Carbon fiber reinforced asphalt concrete", Arab J SciEng. 33: pp. 355-364.
- Kandhal, P. S. and Mallick, R. B. (1999) "Design of New - Generation open-graded Friction courses", NCAT Report No. 99-3, December.
- Khodaii, A., Fallah, S. and Moghadas Nejad, F. (2009) "Effects of Geosynthetics on reduction of