

ارزیابی تاثیر گیلسونایت بر بهبود خصوصیات مکانیکی مخلوط‌های آسفالتی

سید امین الله جمشیدی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه عمران، واحد نوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، نوشهر، ایران

حسن دیوانداری (مسئول مکاتبات)، استادیار، گروه عمران، واحد نوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، نوشهر، ایران

E-mail: divandari@iauns.ac.ir

پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۲۳

دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۰۷

چکیده

روش‌های گوناگونی برای بهبود عملکرد مخلوط آسفالتی در برابر خرابی‌های مختلف وجود دارد که یکی از متداول‌ترین آنها استفاده از افزودنی‌های جایگزین سنگدانه، فیلر یا اصلاح‌کننده قیر هستند. با توجه به استفاده از فیلرهایی مانند سیمان و اثرات منفی اقتصادی و زیست محیطی آنها، در این پژوهش سعی شده به بررسی تاثیر افزودنی گیلسونایت به عنوان جایگزین بخشی از فیلر سنگدانه‌ها به میزان ۰،۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد فیلر پرداخته شود. سپس تاثیر این مقدار افزودنی بر پارامترهای عملکردی مخلوط آسفالتی بررسی گردد. در این راستا، ابتدا طرح اختلاط به روش مارشال برای نمونه‌های کنترل انجام شد. سپس، آزمایش‌های خستگی به روش مقاومت کششی غیرمستقیم، پتانسیل شیارشدگی به روش خزش دینامیکی و بارگذاری تکراری برای تعیین مدول برجهندگی انجام شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از گیلسونایت مقدار مدول برجهندگی مخلوط‌های آسفالتی را افزایش داده است. همچنین، مقدار عمر خستگی نمونه‌های مخلوط آسفالتی در اثر استفاده از گیلسونایت بهبود یافته است. نتایج آزمایش خزش دینامیکی نیز نشان می‌دهد که مقدار تغییر شکل ماندگار نمونه‌های مخلوط آسفالتی حاوی گیلسونایت در سیکل‌های مختلف بارگذاری کمترین مقدار را از خود نشان داده‌اند. به این ترتیب، می‌توان انتظار داشت که استفاده از افزودنی گیلسونایت می‌تواند باعث بهبود در خصوصیات مکانیکی مخلوط آسفالتی شود.

واژه‌های کلیدی: گیلسونایت، ترک‌خوردگی خستگی، شیارشدگی، مخلوط‌های آسفالتی، مدول برجهندگی.

۱. مقدمه

عظیم مصرف بتن آسفالتی در کشور نتیجه هر تجربه کوچکی در این زمینه می‌تواند باعث صرفه‌جویی‌های بسیار بزرگ در سطح ملی شده و با عنایت به این موضوع که در سطح کشور تحقیقات گسترده‌ای در زمینه کاربرد انواع مختلف فیلر در بتن آسفالتی صورت نگرفته است، توجه به این مطلب از اهمیت خاصی برخوردار است. مهمترین نقش فیلر در بتن آسفالتی افزایش عمر روسازی و ازدیاد مقاومت آن در برابر نفوذ آب است. علاوه بر این، استفاده از فیلر در بتن آسفالتی سبب ازدیاد قدرت باربری، کاهش تغییر شکل نسبی، افزایش مقاومت در برابر ضربه، افزایش مقاومت برشی و فشاری، افزایش کندروانی قیر و کاهش شکنندگی آن می‌شود. ضمن اینکه مصرف زیاد فیلر در بتن آسفالتی باعث سخت شدن مخلوط و مشکل شدن عملیات تراکم می‌شود، بطوریکه اگر فیلر را بدون افزایش قیر استفاده نمایند، مقاومت مارشال کاهش می‌یابد. [Little and Peterson, 2005, Airey et al. 2008]

در سال‌های اخیر، محققان جهت بهبود خواص رئولوژیکی^۱ قیر از روش‌های مختلفی استفاده نموده‌اند. یکی از روش‌های بهبود خواص عملکردی قیر استفاده از افزودنی‌های مناسب است. تاکنون افزودنی‌های رایجی مانند افزودنی‌های پلیمری و واکس‌ها برای اصلاح رفتار قیر در دماهای بالا و پایین مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با ظهور نانو فناوری، این مواد جهت اصلاح خصوصیات قیر و مخلوط‌های آسفالتی توسط محققان بکار گرفته شدند. نانو فناوری دارای سابقه‌ی زیادی نیست. تحقیقات انجام شده نشان داده که استفاده از نانو مواد به علت داشتن سطح مخصوص بالا و ایجاد شبکه‌ای قوی در قیر، باعث سخت‌شدگی قیر، افزایش مقاومت در برابر شیارشدگی (تا ۱/۶ برابر)، افزایش مدول برجهنگی آسفالت (تا ۲/۴ برابر) و در برخی موارد باعث افزایش عمر خستگی قیر و مخلوط آسفالتی (تا ۱/۷ برابر) می‌شود. [Sun, Xin and Ren, 2017][Karahancer et al.2014]

در بسیاری از کشورهای صنعتی پیشرفته از حدود سه دهه قبل در چارچوب قوانین سخت‌گیرانه زیست محیطی، مقررات خاصی برای میزان مجاز گرد و غبار متصاعد شده از کارخانه‌های آسفالت وضع گردید. این قوانین کارخانه‌ها را مجبور به نصب صافی‌های غبارگیر از نوع کیسه‌ای خشک نمود. در نتیجه غبار جمع‌آوری شده در این نوع غبارگیرها که اغلب ریزتر از فیلر متعارف بوده و بخش زیادی از آن را ذرات ریز تر از ۱۰ میکرون تشکیل می‌دهد، خود منبع جدید و جایگزینی برای تامین فیلر گردید. تعیین خصوصیات غبار جمع‌آوری شده و کیفیت عملکرد آن در آسفالت خود موضوع تحقیقات گسترده‌ای در چند دهه اخیر بوده است. در کشور ایران علی‌رغم کافی نبودن فیلر تولید شده در روند فرآوری مصالح سنگی غالباً تمام و یا بخش زیادی از غبار ایجاد شده در فرآیند تولید مخلوط آسفالت به هدر رفته و موجب آلودگی محیط می‌گردد. فیلر بخش بسیار ریزدانه مصالح سنگی بتن آسفالتی است که به طور معمول در روند فرآوری مصالح سنگی بدست می‌آید. فیلر به عنوان یکی از اجزای تشکیل‌دهنده مخلوط‌های آسفالتی نقش مهمی در مشخصات و رفتار مخلوط ایفا می‌کند. فیلر نقش یک ماده داخلی برای پرکردن خلا بین مصالح درشت‌دانه در مخلوط را دارد. از جهت دیگر، فیلر به خاطر نرمی و مشخصات سطحی خود نقش یک ماده فعال را ایفا می‌کند. استفاده از فیلر در ایجاد چسبندگی بین قیر و توده سنگی نقش مهمی دارد. این خصوصیات اثر زیادی بر اصلاح خواص مخلوط بتن آسفالتی همچون رفتار مکانیکی، درصد قیر بهینه، دوام و قابلیت نفوذ این مخلوط دارد. در هر نقطه از کشور متناسب با وضعیت آب و هوایی و وضعیت جغرافیایی آن و باتوجه به مصالح موجود محلی می‌توان با انتخاب قیر، مصالح و فیلر مناسب به اصلاح خصوصیات بتن آسفالتی پرداخت که با توجه به حجم

ارزیابی تاثیر گیلسونایت بر بهبود خصوصیات مکانیکی مخلوط‌های آسفالتی

در این پژوهش گیلسونایت به عنوان افزودنی قیر اضافه شده است و آزمایش‌های قیر و مخلوط بر روی نمونه‌های ساخته شده با قیر اصلاح شده انجام گرفته است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که اصلاح قیر با استفاده از ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد گیلسونایت باعث بهبود عملکرد مخلوط آسفالت سنگدانه‌ای شده است. [Babagoli, Hasaninia and Namazi, 2015] در پژوهشی دیگری که عملکرد مخلوط آسفالتی سنگدانه ای اصلاح شده با گیلسونایت مورد بررسی قرار گرفت، نشان داده شد که با افزودن ۱۵ درصد گیلسونایت مقاومت مارشال، مقاومت کششی غیرمستقیم و مقاومت در برابر خرابی رطوبتی کاهش یافته اما مقاومت در مقابل شیارشدگی^۳ افزایش یافته است. [Babagoli, 2016] در پژوهشی مشابه، استفاده از گیلسونایت در مخلوط آسفالتی سنگدانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داده است که استفاده از گیلسونایت پارامترهای مدول برجهنگی و مقاومت در برابر شیارشدگی را بهبود داده است. [Yilmaz and Yamac, 2017] در پژوهشی دیگر به بررسی تاثیر نحوه اضافه کردن گیلسونایت به مخلوط آسفالتی به روش خشک و تر پرداخته شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که گیلسونایت باعث افزایش سختی مخلوط آسفالتی و بهبود عملکرد آن در دماهای بالا می‌شود. [Quintana, Noguera, and Bonells, 2015] بررسی خصوصیات مخلوط آسفالتی گرم اصلاح شده با گیلسونایت در پژوهشی دیگر مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش، گیلسونایت به عنوان افزودنی قیر مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که نمونه‌های اصلاح شده با گیلسونایت دارای مقادیر بالاتر استقامت مارشال و مدول سختی بوده‌اند. همچنین، مقدار عدد روانی^۴ در نمونه‌های اصلاح شده افزایش یافته که نشان دهنده افزایش مقاومت در برابر شیارشدگی می‌باشد. [Shafabakhsh, Jahanian and Divandari, 2017] مطالعه جامعی توسط

فیلرها بیشتر به منظور پرکردن فضای خالی بین دانه‌های مصالح سنگی و بهبود بخشیدن به دانه‌بندی مصالح، پایدار کردن آسفالت حاصل و افزایش چسبندگی بین مصالح به کار می‌روند. از جمله مواد پرکننده، می‌توان گرد سنگ سیمان، خاکستر ذغال سنگ، نرمه ذغال سنگ مرغوب، گوگرد و آهک را نام برد. علاوه بر پرکردن فضای خالی مصالح، مواد مذکور هر یک بسته به ویژگی‌های خود، تاثیرات متفاوتی بر عملکرد مخلوط خواهند داشت. عمل مخلوط کردن پرکننده‌ها با مصالح باید با درصد صحیح و بطور یکنواخت انجام گیرد تا آسفالت حاصل یکنواخت شود. بکاربردن مقدار بیش از حد پرکننده‌ها باعث پرشدن کامل فضای خالی بین مصالح شده و این سبب می‌شود که قیر کافی در مخلوط وارد نشده و آسفالت حاصل مقاومت و دوام لازم را نداشته باشد. آیین‌نامه‌ها حدود درصد مجاز پرکننده‌ها را مشخص می‌کنند، معمولاً نسبت وزن پرکننده به وزن آسفالت حدود ۵ تا ۱۲ درصد است. [Esquinas et al. 2017] یکی از مصالحی که می‌توان از آن به عنوان پرکننده استفاده نمود، فیر طبیعی یا گیلسونایت^۲ است.

مطالعات متعددی به بررسی تاثیر استفاده از گیلسونایت بر خصوصیات رفتاری قیر و مخلوط آسفالتی پرداخته‌اند. در پژوهشی به بررسی تاثیر استفاده از گیلسونایت بر خصوصیات مخلوط آسفالتی با دانه‌بندی باز پرداخته شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از گیلسونایت باعث بهبود خصوصیات طرح اختلاط مخلوط آسفالتی مخصوصاً استقامت مارشال شده است. البته استفاده از این ماده مقدار نفوذپذیری مخلوط آسفالتی با دانه بندی باز را کاهش داده که یک نکته منفی محسوب می‌شود. [Djakfar, Zaika and Sugiarto, 2017] مطالعه دیگری به بررسی تاثیر استفاده از گیلسونایت بر روی خصوصیات عملکردی مخلوط آسفالت سنگدانه‌ای پرداخته است.

هدف کلی این پژوهش، بررسی امکان بهبود خصوصیات عملکردی مخلوط آسفالتی با استفاده از افزودنی گیلسونایت که جایگزین فیلر اصلی شده است، می باشد. مهم ترین هدف های این پژوهش عبارتند از:

۱. بررسی تاثیر فیلر گیلسونایت بر مدول برجهندگی مخلوط های آسفالتی
۲. بررسی تاثیر فیلر گیلسونایت بر عمر خستگی مخلوط های آسفالتی
۳. بررسی تاثیر فیلر گیلسونایت بر مقاومت در برابر شیارشدگی مخلوط های آسفالتی
۴. مقایسه نتایج با مطالعات پیشین که در آن ها از گیلسونایت به عنوان افزودنی قیر استفاده شده اند.

۲. روش تحقیق

در این پژوهش سنگدانه سیلیسی به همراه قیر ۷۰-۶۰ به عنوان مخلوط آسفالت کنترل استفاده شده اند. طرح اختلاط این مخلوط آسفالتی به روش مارشال انجام شده است که بدین منظور ۱۸ نمونه مخلوط آسفالتی ساخته شده است. از گیلسونایت به عنوان افزودنی جایگزین فیلر در مقادیر ۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد جرم فیلر استفاده شده است. با ترکیب مواد ذکر شده پنج ترکیب مختلف مخلوط آسفالتی ایجاد می شود که برای هر کدام ۶ نمونه برای تعیین پتانسیل خستگی، ۶ نمونه برای تعیین پتانسیل شیارشدگی و ۳ نمونه برای تعیین مدول برجهندگی ساخته شده است. در مجموع ۷۵ نمونه مخلوط آسفالتی برای آزمایش های عملکردی و ۱۸ نمونه برای طرح اختلاط ساخته شده است. قابل ذکر است که درصد قیر بهینه فقط در نمونه های با قیر کنترل انجام شده است تا در بین نمونه های با درصد گیلسونایت متفاوت،

حسامی و صبحی بر روی رفتار مخلوط های آسفالتی ساخته شده با قیر اصلاح شده با گیلسونایت انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش گیلسونایت باعث افزایش مقاومت خستگی و مدول سفتی مخلوط آسفالتی شده است. همچنین، این ماده در مخلوط های آسفالتی ساخته شده با سنگدانه های سیلیسی که مستعد حساسیت رطوبتی هستند، باعث افزایش مقاومت مخلوط در برابر خرابی رطوبتی شده است. [حسامی و صبحی، ۱۳۹۶]

بررسی و مقایسه خصوصیات قیرهای خالص و اصلاح شده با گیلسونایت در مطالعه ای توسط قطب و همکاران انجام شد. نتایج پژوهش ایشان نشان می دهد که افزودن گیلسونایت باعث شده است ویسکوزیته و نقطه نرمی قیر افزایش یابد و درجه نفوذ قیر کاهش پیدا نماید. در کل، افزودن گیلسونایت باعث بهبود حساسیت رطوبتی قیر پایه شده است. [قطب زاده و همکاران، ۱۳۹۶]

در پژوهشی با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی به تعیین درصد بهینه افزودنی گیلسونایت در قیر خالص پرداخته شده است. در این تحقیق نمونه هایی با درصد های ۰، ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ درصد گیلسونایت ساخته شده و آزمایش های قیر برای آنها انجام شده است. پس از آن ضمن مدلسازی، درصد افزودنی بهینه با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی تعیین شده است. [Shafabakhsh, Divandari and Jahanian, 2014]

همانطور که مشاهده می شود در مطالعات پیشین عمدتاً از گیلسونایت به عنوان اصلاح کننده قیر استفاده شده است. اصلاح قیر در کارخانه معمولاً با سختی های اجرایی همراه است و کنترل همگنی قیر اصلاح شده بسیار سخت به نظر می رسد. بر این اساس در این پژوهش بر خلاف مطالعات پیشین، گیلسونایتی که کاملاً در ابعاد میکرو پودر شده است به عنوان فیلر استفاده شده است. این مطلب باعث می شود تا پروسه اصلاح قیر با استفاده از گیلسونایت حذف شود و استفاده اجرایی آن ساده تر شود.

ارزیابی تاثیر گیلسونایت بر بهبود خصوصیات مکانیکی مخلوط‌های آسفالتی

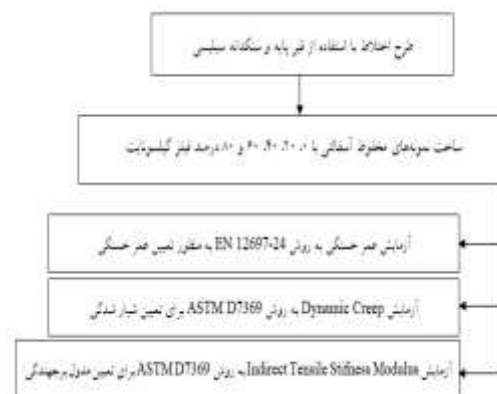
جدول ۲. مشخصات فیزیکی سنگدانه‌های مورد استفاده در پژوهش

مصالح	حدود مجاز	استاندارد	آزمایش
		ASTM C 127	وزن مخصوص (درشت دانه)
۲/۶۵۴	-----		Bulk
۲/۶۶۷	-----		SSD
۲/۶۹۲	-----		Apparent
		ASTM C 128	وزن مخصوص (ریز دانه) (gr/cm^3)
۲/۶۵۹	-----		Bulk
۲/۶۶۱	-----		SSD
۲/۶۸۸	-----		Apparent
		ASTM D854	وزن مخصوص (فیلر)
۲/۶۶۴			(gr/cm^3)
۱۹	حداکثر ۳۰	ASTM C131	مقدار مجاز سایش (%)
۹۴/۵	حداقل ۹۰	ASTM D5821	درصد شکستگی در دو وجه (%)
۶/۵	حداکثر ۱۵	ASTM D 4791	ذرات طویل و پهن (%)
۵۶/۳	حداقل ۴۰	ASTM C 1252	گوشه داری ذرات ریزدانه (%)

۲-۲ دانه‌بندی مصالح سنگی

در پژوهش حاضر، دانه‌بندی پیوسته شماره ۴ (آستر و رویه) آیین نامه روسازی راه‌های ایران (نشریه ۲۳۴) مورد استفاده قرار گرفت. حدود این دانه‌بندی و دانه‌بندی مورد استفاده در این پژوهش در شکل (۲) نشان داده شده است.

درصد قیر متفاوت نباشد تا امکان بررسی تاثیر درصد گیلسونایت به شکل دقیق فراهم گردد. در شکل (۱)، برنامه آزمایشگاهی مربوط به ساخت و آزمایش نمونه‌های آسفالتی ساده و اصلاح شده نشان داده شده است.



شکل ۱. برنامه آزمایشگاهی آزمایش‌های انجام شده در این پژوهش

۱-۲ مصالح سنگی و آزمایش‌های مربوطه

در این پژوهش از سنگدانه سیلیسی (گرانیت) معدن خرم‌آباد در بخش سلفچگان استان قم استفاده شده است. سنگدانه‌های سیلیسی مورد استفاده در این پژوهش دارای درصد بالایی از کانی دی‌اکسید سیلیکا است که خصوصیات اسیدی دارد. کانی‌های تشکیل دهنده این سنگدانه‌ها در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصات کانی‌های سنگدانه‌های مورد استفاده

سنگدانه	SiO ₂	R ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO
سیلیسی	۶۸/۱	۱۶/۲	۴/۸	۱/۴	۰/۸	۲/۴

مشخصات فیزیکی و آزمایشگاهی سنگدانه‌های مورد استفاده در این پژوهش، در جدول (۲) ارائه شده است.

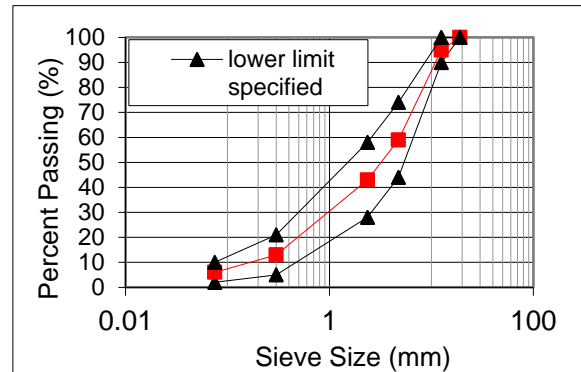
۲-۴ گیلسونایت مورد استفاده

گیلسونایت یک هیدروکربن طبیعی است که در برخی کشورها مثل اردن، عراق، استرالیا و آمریکا وجود دارد. گیلسونایت مثل قیرهای نفتی در حلال‌های آروماتیکی یونیتایت یا آلیفاتیکی حل شده و به علت داشتن خواص مشابه، بعنوان قیر با نقطه نرمی بالاتر از آن یاد می‌گردد. گیلسونایت یک توده مشکی و مثل برخی از مواد معدنی براق است. مقدار گیلسونایت مورد استفاده به عنوان جایگزین ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد فیلر بوده است که در نتایج به صورت G20، G40، G60 و G80 نشان داده شده است. نمای ظاهری گیلسونایت در شکل (۳) نمایش داده شده است.



شکل ۳. نمای ظاهری گیلسونایت

خواص فیزیکی گیلسونایت مورد استفاده به شرح جدول (۴) است.



شکل ۲. دانه‌بندی مورد استفاده برای سنگدانه‌ها در این پژوهش

۲-۳ قیر و آزمایش‌های مربوطه

در این تحقیق قیر مصرفی از نوع قیر خالص با درجه نفوذ ۶۰/۷۰ است که از پالایشگاه اصفهان تهیه شد. مشخصات قیر مصرفی در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳. مشخصات قیر خالص مورد استفاده در ساخت نمونه‌ها

چگالی در ۲۵°C	درجه نفوذ (10 ⁻¹ MM)	نقطه نرمی (°C)	شکل پذیری (CM)	درجه اشتعال (°C)	افت وزنی (%)	درجه خلوص (%)
ASTM D70	ASTM D5	ASTM D36	ASTM D113	ASTM D92	ASTM D1574	ASTM D2042
۱/۰۲	۶۶	۵۱	۱۱۲	۲۶۲	۰/۷۵	۹۹

ارزیابی تاثیر گیلسونایت بر بهبود خصوصیات مکانیکی مخلوط‌های آسفالتی

جدول ۴. خواص فیزیکی گیلسونایت

Gilsonite (Natural Bitumen) Specification Physical Properties of Grade: IM 101		
Test	Result	Test Method
Ash Content w%	5-10	ASTM-D3174
Moisture Content w%	≤3	ASTM-D3173
Volatile Matter w%	55	ASTM-D3175
Fixed Carbon w%	35	ASTM-D3172
Solubility in CS ₂ w%	75 - 35	ASTM-D4
Specific Gravity @ 25 C°	1.01	ASTM-D3289
Color in Mass	Black	---
Color in Streak or Powder	Brown	---
Softening Point C°	170 - 190	ASTM-D36
Penetration @ 25 C° 10 - 1 mm	0	ASTM-D5
Solubility in Trichloroethylene	72-82	ASTM-D2042
Element Analysis		
Carbon w%	74	ASTM-D5291
Hydrogen w%	7.1	ASTM-D5291
Nitrogen w%	0.67	ASTM-D5291
Oxygen w%	3.1	ASTM-D5291
Sulphur w%	3 - 8	Leco(s)Analyzer

کنترل کرنش، بزرگی کرنش در طول آزمایش ثابت نگه داشته می‌شود. تعریف دقیق شکست در شکل کرنش ثابت قدری مشکل است. زیرا جهت ثابت نگه‌داشتن کرنش در طول آزمایش بایستی تنش کاهش یابد. در نتیجه بعد از سیکل‌های زیاد، تنش بسیار کوچک گردیده و شکست نمونه مشکل است. تعدادی از محققین شکست را در حالت کرنش ثابت، کاهش ۵۰ درصدی سختی اولیه و بعضی دیگر کاهش ۵۰ درصدی تنش یا نیروی اولیه تعریف کرده‌اند. [Arabani, Mirabdolazimi and Sasani, 2010]

با داشتن کرنش کششی معین برای هر میزان از تنش می‌توان رابطه بین کرنش کششی و تعداد سیکل‌های منجر به شکست را رسم کرد. در نتیجه اعمال تنش عمودی فشاری در آزمایش خستگی، تنش و کرنش کششی غیر مستقیم به صورت افقی اتفاق می‌افتد و تکرار بارگذاری در نهایت منجر به ایجاد ترک عمودی در مرکز نمونه خواهد شد. نحوه بارگذاری در آزمایش خستگی نیز به مانند آزمایش مدول سختی، به صورت خطی و در امتداد محور قطرهای نمونه صورت می‌پذیرد. روابط و پارامترهای مربوط به خستگی، از جمله عمر خستگی و تعداد سیکل‌های لازم برای شکست ناشی از خستگی به وسیله آزمایش خستگی به روش کشش غیر مستقیم (ITFT) تعیین می‌شود. [Usman et al.2017]

عمرخستگی نمونه‌ها به روش کنترل تنش اندازه‌گیری شده است. بارگذاری تکراری با زمانبندی ۰/۱ ثانیه بارگذاری و ۰/۴ ثانیه استراحت به نمونه‌ها اعمال گردید. همچنین از نمونه‌های استوانه‌ای شکل (با ابعاد ۱۰/۶ میلی‌متر قطر و ۴۰ میلی‌متر ارتفاع) با شرایط دمایی ۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد و سطح تنش ۵۰ کیلوپاسکال جهت ارزیابی رفتار خستگی مخلوط‌های آسفالتی استفاده شده است. در شکل (۴) چگونگی بارگذاری و قرارگیری نمونه در دستگاه UTM^۱ آزمایش خستگی نشان داده شده است.

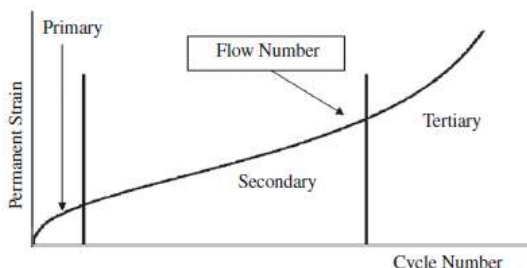
۲-۵ ساخت نمونه‌های مارشال و تعیین درصد قیر بهینه

در این پژوهش از طرح اختلاط به روش مارشال مطابق با ضوابط آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران (نشریه شماره ۲۳۴)، برای تعیین درصد قیر بهینه استفاده شده است.

۲-۶ آزمایش خستگی

عمرخستگی مخلوط‌های آسفالتی به وسیله آزمایش کشش غیر مستقیم بدست می‌آید. در آزمایش خستگی کشش غیرمستقیم^۲ بارگذاری بصورت تکراری بر یک نمونه سیلندری وارد می‌شود. بطوریکه بار فشاری بر وجه‌های استوانه‌ای و بصورت موازی و قائم اعمال می‌شود. این شکل بارگذاری سبب تنش کششی یکنواختی در نمونه شده که عمود بر جهت بارگذاری و در طول نمونه استوانه خواهد بود. [Moghadasnejhad, Azarhoosh and Hamedi, 2014] حالت بارگذاری در آزمایش خستگی به دو صورت می‌باشد: کنترل تنش و کنترل کرنش. در حالت کنترل تنش، بزرگی تنش در طول آزمایش ثابت می‌ماند. در این حالت بارگذاری، تعریف وضعیت شکست آسان می‌باشد زیرا نمونه در انتهای آزمایش می‌شکند. در آزمایش

است. شکل (۵) نمونه‌ای از این نمودار را نشان می‌دهد. [Goh and You, 2009]



شکل ۵. نمودار تغییر شکل ماندگار در برابر تعداد دفعات بارگذاری

همانگونه که در شکل (۵) مشاهده می‌شود، شکل از سه قسمت مجزا تشکیل شده است: ناحیه ابتدایی که در آن تغییر مکان‌های دائم سریعاً روی هم انباشته می‌شوند، ناحیه دوم که افزایش کرنش‌های تجمعی با شیبی ملایم و تقریباً ثابت صورت می‌پذیرد و ناحیه سوم که روند افزایش کرنش تجمعی مجدداً افزایش می‌یابد. ناحیه اول را می‌توان مکانیزم اول شیارشدگی دانست که بعلت چگالش اتفاق می‌افتد. شاید ناحیه دوم را بتوان ناحیه گذار و دوران تکمیل ناحیه اول و منطبقه انتقال از ناحیه اول به ناحیه سوم دانست. در انتها ناحیه سوم را می‌توان مکانیزم دوم شیارشدگی ارزیابی کرد که طی آن تغییر شکل برشی آغاز شده و شیارشدگی افزایش می‌یابد. [Gu, Zhang and Lv, 2018]

آزمایش خزش دینامیکی، تغییر شکل تجمعی نمونه‌های آسفالتی را در جهت بارگذاری تکراری توسط حسگرهایی اندازه‌گیری می‌کند. نمونه‌های استوانه‌ای با ارتفاع ۷۰ میلی‌متر و قطر ۱۰۱/۶ میلی‌متر جهت انجام آزمایش تهیه شد. آزمایش خزش دینامیکی در شرایط دمایی ۴۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد و تحت تنش ۵۰ کیلوپاسکال انجام شد. تعداد سیکل‌های توقف آزمایش، برابر با ۱۰۰۰۰ سیکل، تعریف شد (BS DD185). در شکل (۶) نحوه بارگذاری در این آزمایش نشان داده شده است.



شکل ۴. نحوه بارگذاری نمونه‌ها در آزمایش خستگی

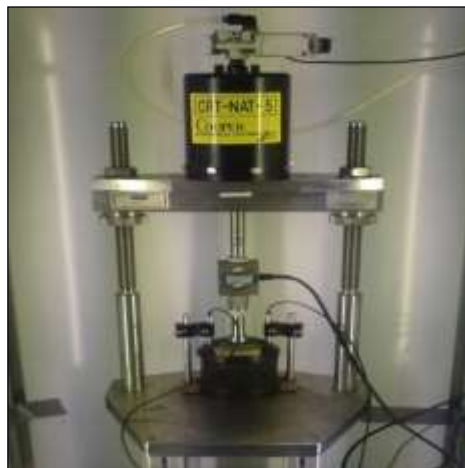
نکته قابل ذکر این است که نتایج در آزمایش‌های کرنش ثابت و تنش ثابت در بررسی پتانسیل عمر خستگی ممکن است متفاوت باشند. نکته‌ای که مد نظر محققان بوده این مطلب است که استفاده از آزمایش‌های خستگی با تنش ثابت برای لایه‌های آسفالتی ضخیم (ضخامت بیش از ۵۰ میلیمتر) نتایج بهتری به همراه دارد. با توجه به اینکه اکثر لایه‌های مخلوط آسفالتی با ضخامت بیش از ۵۰ میلیمتر اجرا می‌شوند، لذا در این پژوهش از آزمایش کنترل تنش استفاده شده است.

۲-۷ آزمایش خزش دینامیکی

آزمایش خزش دینامیکی^۷ تک محوره، مدت زمان زیادی است که در تعیین پتانسیل شیارشدگی مخلوط‌های آسفالتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. علت آن، سهولت نسبی آزمایش و ارتباط منطقی آن با تغییر شکل دائم^۸ در مخلوط‌های آسفالتی است. هدف اصلی از انجام این آزمایش به مقایسه انواع مخلوط‌ها از لحاظ پتانسیل شیارشدگی محدود می‌شود. به عبارت دیگر، بوسیله این آزمایش نمی‌توان عمق شیار را پیش‌بینی نمود. مهمترین خروجی آزمایش خزش دینامیکی، نمودار کرنش تجمعی در برابر تعداد سیکل‌های بارگذاری بوده که به نوعی به مقاومت شیارشدگی مخلوط وابسته



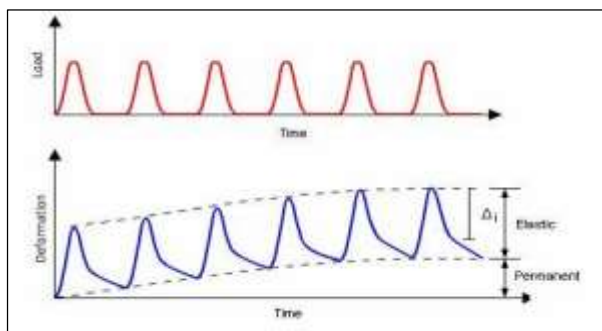
شکل ۷. نحوه قراردادن نمونه در آزمایش مدول برجهنگی



شکل ۸. نحوه بارگذاری در آزمایش خزش دینامیکی

۲-۸ آزمایش مدول برجهنگی

نحوه بارگذاری و تغییرشکل‌ها در آزمایش مدول برجهنگی به روش کشش غیرمستقیم در شکل (۸) نشان داده شده است.



شکل ۸ نمودارهای زمان-بارگذاری و زمان-تغییر شکل در آزمایش

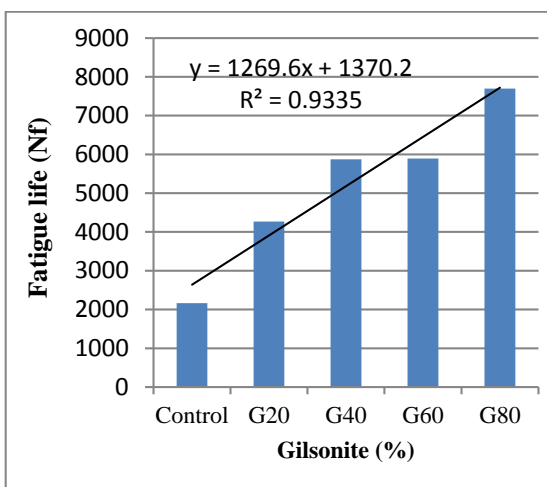
تعیین مدول برجهنگی روسازی آسفالتی [Sebaaly, 2007]

جهت تعیین مدول برجهنگی آسفالت، از رابطه (۱) استفاده می‌شود.

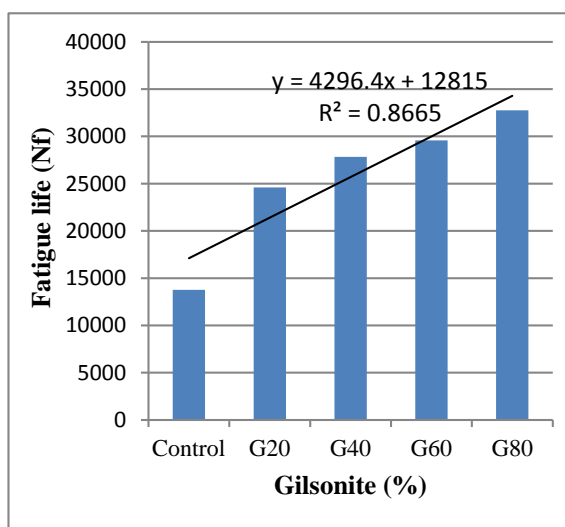
$$Mr = \frac{P(v + 0.27)}{H \times L} \quad (1)$$

که در آن:

مدول برجهنگی^۹ پارامتر مهمی است که در طراحی مکانیستیک روسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پارامتر یک ورودی مهم در تئوری‌های الاستیک چند لایه‌ای یا مدل‌های اجزای محدود برای محاسبه پاسخ روسازی تحت بارگذاری ترافیکی است. برجهنگی خاصیتی از یک ماده است که میزان انرژی جذب شده را هنگامی که به صورت الاستیک تغییرشکل می‌یابد، نشان می‌دهد. به علت سادگی و آسان بودن کاربرد در مورد نمونه‌های مخلوط آسفالتی آزمایشگاهی و میدانی، آزمایش کشش غیرمستقیم معمول‌ترین روش آزمایش تحت بارگذاری تکراری برای محاسبه مدول برجهنگی است. این آزمایش مانند مقاومت کشش غیرمستقیم شامل بارگذاری در راستای قطر نمونه است. در پژوهش حاضر، این آزمایش مطابق با استاندارد ASTM D7369 انجام شده است. در آزمایش مدول برجهنگی بارگذاری سینوسی با دوره بارگذاری ۰/۱ ثانیه و دوره استراحت ۰/۹ ثانیه به نمونه‌های در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در ۵۰ سیکل پیش بارگذاری و ۵ سیکل بارگذاری اصلی انجام می‌شود. شکل (۷) نحوه قرار دادن نمونه در دستگاه را نشان می‌دهد.



شکل ۹. نتایج عمر خستگی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد



شکل ۱۰. نتایج عمر خستگی در دمای ۵ درجه سانتی گراد

همانطور که در شکل‌های (۱۰) و (۱۱) مشاهده می‌شود، افزودن ۲۰ درصد گیلسونایت، به ترتیب در دماهای ۲۵ و ۵ درجه سانتیگراد باعث افزایش ۹۵ درصدی و ۸۴ درصدی عمر خستگی نمونه‌ها شده است. اما با افزایش میزان گیلسونایت، هر چند میزان عمر خستگی هم افزایش می‌یابد، اما نرخ این افزایش به نسبت قبل، کاهش چشمگیری دارد.

M_f = مدول برجهنگی P_c (MPa) = میزان حداکثر نیروی عمودی تکرار شونده v (N)، = نسبت پواسون مخلوط آسفالتی برابر با H ، 0.35 = تغییر شکل برگشت پذیر افقی (mm) و L = ارتفاع نمونه (mm) هستند.

۳. نتایج آزمایش‌های انجام شده

۳-۱ نتایج آزمایش خستگی

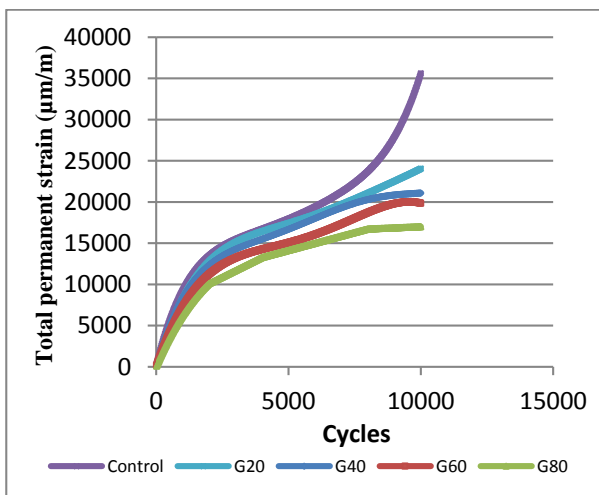
در شکل‌های (۹) و (۱۰)، تعداد سیکل‌های بارگذاری منجر به شکست نمونه‌های آسفالتی برای مخلوط‌های کنترل و اصلاح شده با درصد‌های مختلف گیلسونایت در ۵ و ۲۰ درجه سانتی گراد نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود عمر خستگی نمونه‌های کنترل ۱۳۷۶۴ سیکل بوده است. استفاده از ۲۰ درصد گیلسونایت باعث بهبود چشمگیر در عمر خستگی نمونه‌های اصلاح شده گشته و مقدار عمر خستگی را به ۲۴۵۹۲ افزایش داده است. استفاده از درصد‌های بیشتر گیلسونایت نیز باعث بهبود در عمر خستگی شده است.

مشابه با نمونه‌های آزمایش شده در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، در نمونه‌های آزمایش شده در دمای ۵ درجه سانتی گراد نیز استفاده از گیلسونایت باعث بهبود چشمگیر در مقدار عمر خستگی نمونه مخلوط‌های آسفالتی اصلاح شده در مقایسه با مخلوط آسفالت کنترل شده است. مقدار بهبود در عمر خستگی نمونه‌های این گروه در مقایسه با نمونه‌های ۲۵ درجه سانتی گراد، چشمگیرتر است.

ارزیابی تاثیر گیلسونایت بر بهبود خصوصیات مکانیکی مخلوط‌های آسفالتی

۲-۳ نتایج آزمایش خزش دینامیکی

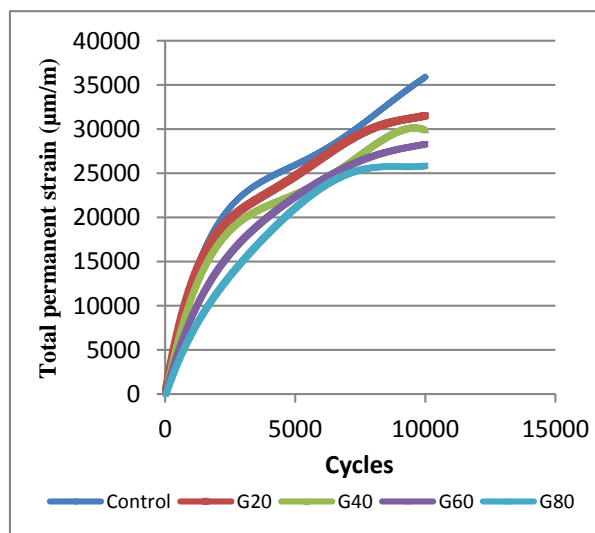
در شکل‌های (۱۱) و (۱۲)، تغییرشکل ماندگار برحسب تعداد سیکل‌های منجر به گسیختگی در نمونه‌های آسفالتی ساده و اصلاح شده در دماهای ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود مخلوط‌های حاوی درصد‌های مختلف گیلسونایت دارای تغییرشکل ماندگار کمتر و در نتیجه پتانسیل شیارشدگی کمتری هستند. با افزایش مقدار درصد‌های مختلف گیلسونایت، تغییرشکل ماندگار کاهش می‌یابد و تا مقدار ۸۰٪ یک روند نزولی دارد. استفاده از درصد‌های مختلف گیلسونایت موجب کاهش حساسیت حرارتی قیر می‌شود. زیرا گیلسونایت، سختی قیر را افزایش می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، مخلوط حاوی ۲۰ درصد گیلسونایت در مقایسه با مخلوط کنترل تقریباً ۱۲٪ تغییرشکل ماندگار کمتری دارد که این مقدار برای میزان ۴۰ درصد گیلسونایت برابر ۱۶/۵۸٪ است. این روند کاهش در مقدار تغییر شکل ماندگار در درصد‌های بیشتر گیلسونایت نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۱۲. نتایج آزمایش خزش دینامیکی در ۶۰ درجه سانتی‌گراد

۳-۳ نتایج آزمایش مدول برجهندگی

نتایج مربوط به مقادیر مدول برجهندگی در شکل (۱۳) ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود افزودن ماده افزودنی گیلسونایت باعث شده است تا مقدار مدول برجهندگی نمونه‌های مخلوط آسفالتی افزایش یابد. مقدار مدول برجهندگی در نمونه‌های کنترل (بدون گیلسونایت) مقدار ۱۲۲۲ مگاپاسکال بوده است. این پارامتر در نمونه‌های حاوی ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد گیلسونایت به ترتیب به ۱۳۹۱، ۱۴۸۷، ۱۵۴۷ و ۱۶۲۳ مگاپاسکال افزایش یافته است. مهم‌ترین دلیل این رخداد را می‌توان چسبندگی بین قیر و سنگدانه‌ها و سفت شدن قیر در اثر استفاده از گیلسونایت دانست. همان‌طور که مشاهده می‌شود، ابتدا به ازای ۲۰ درصد گیلسونایت، مقدار مدول برجهندگی حدود ۱۷ درصد افزایش یافت. اما در ادامه با افزایش ۲۰ درصدی گیلسونایت، افزایش مدول به مقادیر ۷، ۴ و ۵ درصد، محدود شده است.



شکل ۱۱. نتایج آزمایش خزش دینامیکی در ۴۰ درجه سانتی‌گراد

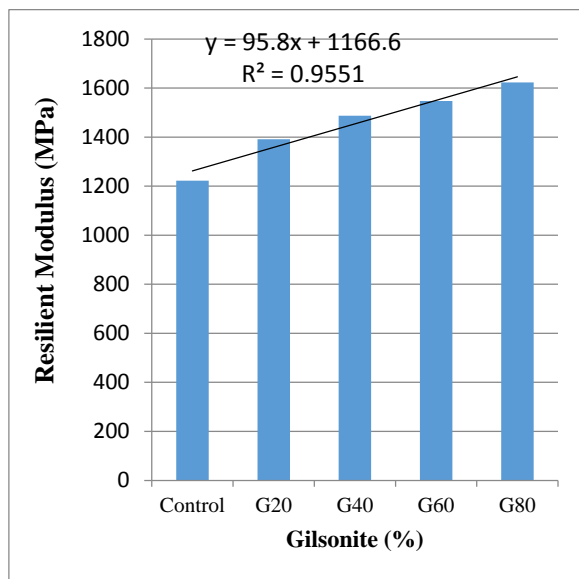
گردد. از طرف دیگر، اضافه کردن درصد‌های مختلف گیلسونایت به قیر موجب افزایش سختی قیر می‌گردد. اگر در آزمایش خستگی سطح تنش ثابت باشد، با افزایش سختی نمونه‌ها کرنش کششی کاهش یافته و عمر خستگی متناظر افزایش می‌یابد. این نتایج تایید کننده نتایج به دست آمده در مطالعات پیشین بوده است. [Shafabakhsh, Jahanian and Divandari, 2017]

۴-۲ بحث در نتایج آزمایش خزش دینامیکی

با توجه به نمودارهای نتایج آزمایش خزش دینامیکی در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد مشابه با نمونه‌های ۶۰ درجه سانتی‌گراد مقدار پتانسیل شیارشدگی نمونه‌های ساخته شده با مخلوط آسفالتی کنترل بیشترین پتانسیل شیارشدگی را از خود نشان می‌دهد. این مخلوط آسفالتی به صورت کامل وارد فاز سوم شیارشدگی شده است. استفاده از گیلسونایت باعث شده است تا مقدار پتانسیل شیارشدگی مخلوط‌های آسفالتی، به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد.

با مقایسه مقادیر تغییرشکل ماندگار نمونه‌ها در ۴۰ و ۶۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده می‌شود که افزایش دما باعث شده است تا پتانسیل شیارشدگی مخلوط‌های آسفالتی افزایش یابد که مورد انتظار نیز بوده است. دلیل اصلی این رخداد را می‌توان افزایش در سختی ماستیک در نتیجه استفاده از فیلر گیلسونایت نسبت به فیلرهای معدنی دانست.

نتایج این پژوهش با نتایج مطالعات پیشین در زمینه استفاده از گیلسونایت سازگار است. در واقع، در مطالعات پیشین نیز مشاهده شده است که استفاده از گیلسونایت باعث افزایش مقاومت در برابر شیارشدگی می‌شود. [Quintana, Noguera and Bonells, 2015][Yilmaz and Erdogan Yamac, 2017]



شکل ۱۳. مقادیر مدول برجهندگی در درصد‌های مختلف گیلسونایت

۴. بحث در نتایج آزمایش‌های انجام شده

۴-۱ بحث در نتایج آزمایش خستگی

با توجه به نمودارهای فوق، ملاحظه می‌شود که نمونه‌های آسفالتی اصلاح شده با درصد‌های مختلف گیلسونایت به طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد خستگی بهتری در مقایسه با نمونه‌های آسفالتی کنترل از خود نشان می‌دهند. زیرا در اثر اختلاط قیر با فیلر گیلسونایت، خصوصیات اسیدی قیر به سمت خصوصیات غیرقطبی پیش می‌رود که باعث تشکیل پیوندهای غیرقطبی بیشتر بین قیر و سنگدانه می‌شود. این چسبندگی بهتر بین قیر و سنگدانه نیز باعث می‌گردد که جابجایی ذرات مصالح سنگی نسبت به هم به حداقل رسیده و بنابراین عمر خستگی به سبب تأخیر در روند ایجاد و گسترش ترک بهبود یابد. علاوه بر این باقیمانده ذرات گیلسونایت که در واکنش شیمیایی وارد نمی‌شوند، می‌توانند دانه بندی مصالح فیلر را کامل کنند و بخش بسیار ریز منحنی دانه بندی را پوشش دهند. در نتیجه با کاهش فضای خالی در مخلوط‌های آسفالتی می‌تواند به افزایش عمر خستگی آنها منجر

۳-۴ بحث در نتایج آزمایش مدول برجهندگی

نتایج آزمایش مدول برجهندگی نشان می‌دهد که استفاده از گیلسونایت باعث افزایش در میزان مدول برجهندگی شده است. این تغییر را می‌توان ناشی از افزایش در خاصیت الاستیسیته ماستیک و نیز کاهش انرژی مستهلک شده در سیکل‌های بارگذاری دانست. همچنین، افزایش چسبندگی بین قیر-سنگدانه نیز می‌تواند باعث افزایش در مدول برجهندگی مخلوط آسفالتی شود.

یافته‌های مطالعات پیشین نیز نشان داده بود که استفاده از گیلسونایت مقدار مدول برجهندگی مخلوط‌های آسفالتی را افزایش می‌دهد. [Quintana, Noguera and Bonells, 2015]
[Shafabakhsh, Jahanian and Divandari, 2017]

۵. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این بخش، مهم‌ترین نتایج حاصل شده از این پژوهش ارائه می‌گردد:

۱. نمونه‌های آسفالتی اصلاح شده با درصد‌های مختلف گیلسونایت به طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد خستگی بهتری در مقایسه با نمونه‌های آسفالتی کنترل از خود بروز می‌دهند. زیرا در اثر اختلاط قیر با فیلر گیلسونایت خصوصیات اسیدی قیر به سمت خصوصیات غیرقطبی پیش می‌رود که باعث تشکیل پیوندهای غیرقطبی بیشتر بین قیر و سنگدانه می‌شود.

۲. افزایش در درصد گیلسونایت در هر دو دمای ۵ و ۲۵ درجه سانتیگراد، عمر خستگی مخلوط‌های آسفالتی را افزایش داده است. عمر خستگی نمونه‌های اصلاح شده با گیلسونایت در دمای ۵ درجه سانتیگراد تفاوت بسیار زیادی با عملکرد مخلوط‌های کنترل در همین دما دارد.

۳. مخلوط‌های حاوی درصد‌های مختلف گیلسونایت دارای تغییرشکل ماندگار کمتر و در نتیجه پتانسیل شیارشدگی کمتری هستند.

۴. با افزایش مقدار درصد‌های مختلف گیلسونایت، تغییرشکل ماندگار کاهش می‌یابد و تا مقدار ۸۰٪ یک روند نزولی دارد. افزایش در دمای مخلوط آسفالتی باعث شده است تا حساسیت مخلوط‌های آسفالتی در برابر شیارشدگی بیشتر شود. همچنین، تفاوت عملکرد مخلوط آسفالت کنترل و اصلاح شده با گیلسونایت در برابر شیارشدگی در دماهای بالا بیشتر بوده است.

۵. افزودن ماده افزودنی گیلسونایت باعث شده است تا مقدار مدول برجهندگی نمونه‌های مخلوط آسفالتی افزایش یابد. مقدار مدول برجهندگی در نمونه‌های کنترل (بدون گیلسونایت) مقدار ۱۲۲۲ مگاپاسکال بوده است. این پارامتر در نمونه‌های حاوی ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد گیلسونایت به ترتیب به مقادیر ۱۳۹۱، ۱۴۸۷، ۱۵۴۷ و ۱۶۲۳ مگاپاسکال افزایش یافته است.

۶. پی‌نوشت‌ها

1. Rheology Properties
2. Natural Bitumen or Gilsonite
3. Rutting
4. Flow Number (Fn)
5. Indirect tensile fatigue test (ITFT)
6. Universal Testing Machine (UTM)
7. Dynamic Creep
8. Permanent Deformation
9. Resilience Modulus

۷. مراجع

-Djakfar, L., Zaika, Y. and Sugiarto, K. (2017) "Performance evaluation of conventional hot mix and porous asphalt under accelerated loading", In MATEC Web of Conferences (Vol. 103, pp. 09003). EDP Sciences.

-Esquinas, A. R., Ramos, C., Jiménez, J. R., Fernández, J. M., and de Brito, J. (2017) "Mechanical behaviour of self-compacting concrete made with recovery filler from hot-mix asphalt plants", Construction and Building Materials, Vol. 131, pp. 114-128.

-Goh, S.W. and You, Z. (2009) "A simple stepwise method to determine and evaluate the initiation of tertiary flow for asphalt mixtures under dynamic creep test", Construction and Building Materials, Vol. 23, No. 11, pp. 3398-3405.

-Gu, X., Zhang, X. and Lv, J. (2018) "Establishment and verification of prediction models of creep instability points of asphalt mixtures at high temperatures", Construction and Building Materials, Vol. 171, pp. 303-311.

-Karahancer, S. S., Kiristi, M., Terzi, S., Saltan, M., Oksuz, A. U. and Oksuz, L. (2014) "Performance evaluation of nano-modified asphalt concrete", Construction and Building Materials, Vol. 71, pp. 283-288.

-Little, D. N. and Petersen, J. C. (2005) "Unique effects of hydrated lime filler on the performance-related properties of asphalt cements: Physical and chemical interactions revisited", Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 17, No. 4, pp. 207-218.

-Moghadasnejad, F., Azarhoosh, A. and Hamedi, G. H. (2014) "Effect of high density polyethylene on the fatigue and rutting performance of hot mix

- باباگلی، ر. (۱۳۹۴) "بررسی آزمایشگاهی تأثیر پودر معدنی گیلسونایت بر خصوصیات عملکردی مخلوط آسفالتی با استخوان بندی سنگدانه ای، فصلنامه حمل و نقل، سال هشتم، شماره ۱، ص. ۱۲-۱

- حسامی، س. و صبجی، س. (۱۳۹۶) "مروری بر قیر طبیعی و تأثیر آن بر روی خصوصیات قیر و مخلوط آسفالتی"، فصلنامه جاده زیر چاپ.

- شفابخش، ح.، دیواندری، ح. و جهانیان، ح. (۱۳۹۳) "تعیین درصد بهینه افزودنی گیلسونایت در قیر خالص با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی (AHP)" فصلنامه جاده، سال هشتم، شماره ۴، ص. ۱۴۳-۱۴۹.

- قطب‌زاده، ف. زاهدی، م. حسنی نسب، س. ش. و کریمی، م. (۱۳۹۶) "بررسی مشخصات رئولوژی قیرهای اصلاح شده با گیلسونایت." فصلنامه جاده، سال ۲۵، شماره ۹۱، ص. ۱۰۱-۱۰۸.

-Airey, G., Collop, A., Zoorob, S. and Elliott, R. (2008) "The influence of aggregate, filler and bitumen on asphalt mixture moisture damage", Construction and Building Materials, Vol. 22, No. 9, pp. 2015-2024.

-Arabani, M., Mirabdolazimi, S. and Sasani, A. (2010) "The effect of waste tire thread mesh on the dynamic behaviour of asphalt mixtures", Construction and Building Materials, Vol. 24, No. 6, pp. 1060-1068.

-Babagoli, R., Hasaninia, M. and Mohammad Namazi, N. (2015) "Laboratory evaluation of the effect of gilsonite on the performance of stone matrix asphalt mixtures", Road Materials and Pavement Design, Vol. 16, No. 4, pp. 889-906.

-Sun, L., Xin, X. and Ren, J. (2017) "Asphalt modification using nano-materials and polymers composite considering high and low temperature performance", Construction and Building Materials, Vol. 133, pp. 358-366.

-Usman, N., Masirin, M. I. M., Ahmad, K. A. and Ali, A. S. B. (2017) "Application of recycled polyethylene terephthalate fiber in asphaltic mix for fatigue life improvement", In Global Civil Engineering Conference, Springer, Singapore, pp. 1401-1413.

-Yilmaz, M. and Erdoğan Yamaç, Ö. (2017) "Evaluation of Gilsonite and Styrene-butadiene-styrene composite usage in bitumen modification on the mechanical properties of hot mix asphalts", Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 29, No. 9, pp. 04017089.

asphalt—a laboratory study", Road Materials and Pavement Design, Vol. 15, No. 3, pp. 746-756.

-Quintana, H. A. R., Noguera, J. A. H. and Bonells, C. F. U. (2015) "Behavior of gilsonite-modified hot mix asphalt by wet and dry processes", Journal of materials in civil engineering, Vol. 28, No. 2, pp. 04015114.

-Sebaaly, P. E. (2007) "Comparison of lime and liquid additives on the moisture damage of hot mix asphalt mixtures", Arlington (Virginia, USA): National Lime Association.

-Shafabakhsh, G., Jahanian, H. and Divandari, H. (2017) "Performance evaluation of Hot Mix Asphalt (HMA) containing bitumen modified with Gilsonite", Construction and Building Materials, Vol. 131, pp. 156-164.

Evaluating the Effect of Gilsonite on Improvement of Mechanical Properties of Asphalt Mixtures

S. A. Jamshidi, MSc. Grad., Department of Civil Engineering, Nowshahr Branch, Islamic Azad University, Nowshahr, Iran

H. Divandari (Correspondent author), Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Nowshahr Branch, Islamic Azad University, Nowshahr, Iran

Email: divandari@iauns.ac.ir

Abstract

Various methods exist to improve the performance of asphalt mixtures against various damages, one of which is the most common use of alternatives to aggregate, filler or bitumen modifier. Considering the use of fillers such as cement and their negative economic and environmental impacts, this study attempts to investigate the effect of Gilsonite additive as an alternative to aggregate filler aggregates of 0, 20, 40, 60 and 80% filler will be dealt with. Then, the effect of this additive on performance parameters of asphalt mixture is investigated. In this regard, Marshall mix design was first implemented for control samples. Then, fatigue tests using indirect tensile strength, rutting potential with dynamic creep test and resilient modulus with repeated loading tests were used. Results show that the use of Gilsonite has increased the resilient modulus of asphalt mixtures. Also, the fatigue life of asphalt mixture samples has improved as a result of using Gilsonite. The results of the dynamic creep test also show that the amount of permanent deformation of the modified mixed in the various loading cycles has been shown to be the lowest. In this way, it can be expected that using Gilsonite additive can improve the mechanical properties of asphalt mixtures.

Keywords: Asphalt mixtures, Gilsonite, fatigue cracking, rutting, resilient modulus.

ارزیابی تاثیر گیلسونایت بر بهبود خصوصیات مکانیکی مخلوط‌های آسفالتی

حسن دیواندری، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران را در سال ۱۳۷۸ از دانشگاه صنعتی شاهرود و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران-گرایش راه و ترابری را در سال ۱۳۸۳ از دانشگاه علم و صنعت ایران اخذ نمود. در سال ۱۳۹۱ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی عمران-گرایش راه و ترابری از دانشگاه علم و صنعت ایران گردید. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان طراحی و تعمیر و نگهداری روسازی آسفالتی، آزمایشگاه قیر و آسفالت، تکنولوژی روسازی و ترافیک بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه آزاد اسلامی است.



سید امین اله جمشیدی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی عمران-آب و فاضلاب را در سال ۱۳۸۵ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران-راه و ترابری را در سال ۱۳۹۶ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد نوشهر اخذ نمود.

