

مقدمه:

باران، تغییرات فصلی به همراه افزایش حجم عبور و مرور، وزن وسایل نقلیه و فشار لاستیک باعث شتاب گرفتن فرسایش رویه راه می شود. اصل دوام در قرن ۲۱ به حفاظت از منابعی چون سنگ، آسفالت و سیمان تأکید دارد. دوام معیار اساسی در ضریب سرویس دهی قابل قبول (۴-۲) (acceptable serviceability index) است.

فناوری نانو:

ریز فناوری زایکوسویل جهش علمی ثبت شده ای جهت برآوردن این نیاز با قیمت مناسب است. زایکوسویل با مصالح سنگی واکنش می دهد و به عنوان ماده پیوند دهنده در قیر آسفالت عمل می کند. این فناوری ۳۵ تا ۴۰ درصد تحمل نیروی فشاری بیشتر و افزایش انعطاف پذیری را به همراه دارد.

مزیت های زایکوسویل:

ضد عریان شدگی:

واکنش پذیری زایکوسویل خاصیت ضد عریان شدگی را از طریق مرتبه بزرگی افزایش می دهد.

سطح قطبی مصالح سنگی بوسیله زایکوسویل فعال به سطح غیر قطبی تبدیل می شود. این مصالح سنگی غیر قطبی با ۹۵٪ ترکیب های آسفالت غیر قطبی ترکیب می شود بر خلاف ۵٪ ترکیب آسفالت قطبی که با مصالح سنگی قطبی ترکیب می شود. این امر باعث ۱۵ تا ۲۰ لایه کاهش عریان شدگی و در نتیجه افزایش عمر راه می شود.

زایکوسویل مستقیماً به قیر داغ آسفالت اضافه گردیده، مخلوط و سپس به کار برده می شود.

مصالح سنگی مستعد عریان شدگی:

مصالح سنگی مانند کوارتزیت را که مستعد عریان شدگی هستند. می توان با استفاده از ۰٫۲ تا ۰٫۴٪ زایکوسویل نسبت به وزن قیر به کار رفته در آسفالت به این مصالح خاصیت ضد عریان شدگی عالی افزود. آزمایشات بر پایه AASHTOT182 در ۶۰ درجه سلسیوس انجام شده است.

بوم شناسی:

هنگامی که از زایکوسویل در قیر استفاده می شود گرده های خاک و سنگ عملکرد آسفالت را تحت تأثیر قرار نمی دهد. نانو فناوری زایکوسویل این ذرات را آب گریز (قیر دوست) نموده و از تشکیل امولسیون ذرات رسی در قیر جلوگیری می کند.

مصالح سنگی بدون کیفیت به دلیل دسترسی آسان و ملاحظات اقتصادی در اکثر مناطق مورد استفاده قرار می گیرد.

ویژگی های زایکوسویل:

زایکوسویل یک ترکیب ارگانو-سیلیکون محلول در آب است که هنگام هیدرولیز گروه های سیلانولی Si-OH تشکیل می دهد. این سیلانول ها واکنش پذیر هستند و می توانند پیوند های سیلوکسان Si-O-Si با گروه های سیلانولی با زیر لایه های معدنی تشکیل دهد. مزایای ریز فناوری زایکوسویل به شرح زیر است:

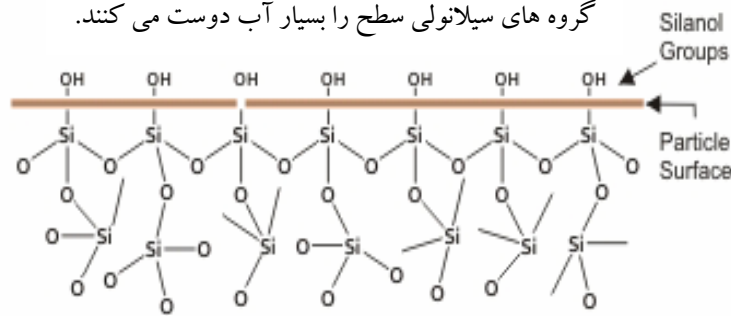
- قرار دادن یک نانو لایه دائمی ضد آب بر روی انواع خاک، مصالح سنگی و سایر مواد معدنی که در راه سازی به کار می روند؛
- نانو سیلیکون سازی دائمی سطوح با تبدیل گروه های سیلانولی آب دوست به پیوند های ضد آب سیلوکسان؛
- پایداری پیوند سیلوکسان برای قرن ها؛
- کاهش قابل توجه در نفوذ آب در خاک و فرسایش ناشی از آن؛
- مقاومت بالغ بر ۲۰ سال در برابر اشعه فرابنفش و تغییرات دما؛
- شسته نشدن به وسیله آب به دلیل ایجاد پیوند های شیمیایی دائمی با سطح.

پیوند های واکنش پذیر زایکوسویل با مصالح سنگی و قیر ناسازگاری با مصالح سنگی را کاهش میدهد و باعث:

- باعث کاهش حداقلی در از دست رفتن تحمل نیروی فشاری و انعطاف ساختار آسفالت در شرایط مرطوب می گردد.
- باعث کاهش از عریان شدگی و شسته شدن آسفالت به دلیل عدم امتزاج قیر و مصالح سنگی در شرایط مرطوب می شود.

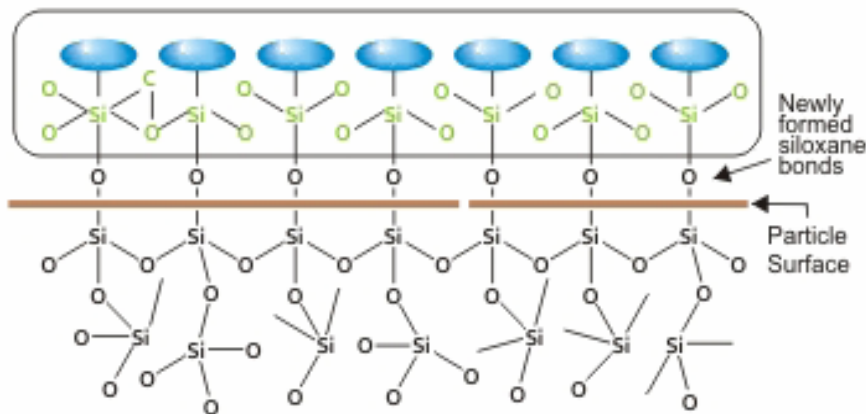
واکنش زایکوسویل با سطوح حاوی سیلیکات:

گروه های سیلانولی سطح را بسیار آب دوست می کنند.



سطح اغلب مصالح سنگی و خاک

مولکول های زایکوسویل یک لایه مولکولی ضد آب روی سطح ایجاد می کنند.



سطح خاک و مصالح سنگی پس از واکنش با زایکوسویل

فناوری در عمل

عملکرد ضد عریان شدگی

ASTM 1664 / AASHTO T182 در ۶۰ درجه سانتی گراد

مصالح سنگی بازالتی (DBM): ۴۵٪ / ۲۰ میلی متری، ۱۰٪ / ۱۰ میلی متری، ۴۵٪ / ۶ میلی متر با خاک سنگ

نوع آسفالت: AC20 (VG-30, 60-70 penetration grade)

نمونه آزمایش	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۱۲۰ ساعت	۳۶۰ ساعت
به نسبت وزن مخلوط	%	%	%	%
۴/۵٪ قیر آسفالت	۹۵	۸۵	۲۵	۲۰
۴/۵٪ قیر آسفالت به اضافه ۲٪ آب آهک	۹۸	۹۰	۵۵	۳۰
۴/۵٪ قیر آسفالت حاوی ۰/۵٪ آمین	۹۶	۸۸	۵۰	۲۵
۴/۵٪ قیر آسفالت حاوی ۰/۱٪ زایکوسویل	۹۸	۹۸	۹۸	۹۷

طبق استاندارد زیر ۹۵٪ مردود است.

آزمایش جوشاندن ASTM 3625

مصالح سنگی بازالتی (DBM): ۴۵٪ / ۲۰ میلی متری، ۱۰٪ / ۱۰ میلی متری، ۴۵٪ زیر ۶ میلی متر با خاک سنگ
نوع آسفالت: AC20 (VG-30, 60-70 penetration grade)

نمونه آزمایش به نسبت وزن مخلوط	۲۴ ساعت ٪	۴۸ ساعت ٪	۱۲۰ ساعت ٪	۳۶۰ ساعت ٪
۴/۵٪ قیر آسفالت	۴۰	کاملاً مردود	کاملاً مردود	کاملاً مردود
۴/۵٪ قیر آسفالت به اضافه ۲٪ آب آهک	۸۲	۴۵	کاملاً مردود	کاملاً مردود
۴/۵٪ قیر آسفالت حاوی ۰/۵٪ آمین	۸۰	۴۲	کاملاً مردود	کاملاً مردود
۴/۵٪ قیر آسفالت حاوی ۰/۱٪ زایکوسویل	۹۸	۹۸	۹۶	۹۵

طبق استاندارد زیر ۹۵٪ مردود است.

تمامی نمونه های کنترل مقادیر قابل توجه قیر کنده شده از آسفالت به صورت معلق در آب را نشان می دهند. نمونه های قیر آسفالت محتوی زایکوسویل قیر کنده شده وجود نداشته یا در صورت مشاهده بسیار اندک بوده است. نمونه های کنترل در آب جوش کاملاً از مصالح سنگی جدا شدند در حالی که نمونه های حاوی زایکوسویل حتی پس از گذشت ۶ ساعت در آب جوش هنوز به مصالح سنگی چسبیده بودند.

آزمایش مقاومت و میزان جریان MARSHALL

ASTM D 1075 / AASHTO T165 در ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت

مصالح سنگی بازالتی (DBM): ۴۵٪ / ۲۰ میلی متری، ۱۰٪ / ۱۰ میلی متری، ۴۵٪ زیر ۶ میلی متر با خاک سنگ

نوع آسفالت	۴/۵٪ قیر آسفالت به نسبت وزن مخلوط		۴/۵٪ قیر آسفالت به اضافه ۲٪ آب آهک به نسبت وزن مخلوط		۴/۵٪ قیر آسفالت حاوی ۰/۱٪ زایکوسویل به نسبت وزن مخلوط	
	مقاومت کیلو گرم	میزان جریان میلی متر	مقاومت کیلو گرم	میزان جریان میلی متر	مقاومت کیلو گرم	میزان جریان میلی متر
AC10 (VG-10, 80-100)	۱۲۰۸	۲/۷۱	۱۴۶۵	۰/۲/۸۵	۲۰۸۰	۲/۷
AC20 (VG-30, 60-70)	۱۳۵۰	۲/۷۸	۱۶۵۵	۲/۹۵	۲۴۶۱	۳/۰
CRMB-60 قیر اصلاح شده با خرده لاستیک	۱۵۰۹	۳/۱۸	۱۷۹۴	۳/۱۴	۲۹۸۸	۳/۱
PMB-40 قیر اصلاح شده پلیمری	۱۸۴۶	۳/۰۵	۲۳۴۶	۳/۰۹	۲۵۳۳	۳/۰۲

آسفالت حاوی زایکوسویل افزایش قابل توجه ۴۵-۳۵٪ قدرت ثبات را همراه آسان شدن جریان آب روی آسفالت به دنبال دارد. انتظار می رود این قابلیت باعث افزایش توانایی بار پذیری رویه آسفالت در شرایط بارانی شود.

افزودن ۰/۱٪، ۰/۴٪، ۰/۲٪، ۰/۴٪، ۰/۲٪ مورد کاربرد است.

آزمایش توان پایداری MARSHALL

ASTM D 1075 / AASHTO T165 در ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت

مصالح سنگی بازالتی (DBM): ۴۵٪ / ۲۰ میلی متری، ۱۰٪ / ۱۰ میلی متری، ۴۵٪ زیر ۶ میلی متر با خاک سنگ

توان پایداری			نمونه آزمایش	نوع آسفالت
نسبت %	خیس	خشک		
۸۳/۷	۱۷۲۱	۲۰۵۶	آب آهک (۰.۲٪)	AC10 (VG-10, 80-100)
۹۸/۰	۲۴۶۱	۲۵۱۲	زایکوسویل (۰.۱٪)	AC20 (VG-30, 60-70)
۸۳/۴	۱۷۹۴	۲۱۵۲	CRMB	CRMB-60 قیر اصلاح شده با خرده لاستیک
۹۶/۱	۲۳۴۶	۲۴۴۲	PMB-40	PMB-40 قیر اصلاح شده پلیمری

عملکرد زایکوسویل برابر یا اندکی بهتر از بیندر پلیمری آسفالت است.

آزمایش مقاومت و میزان جریان MARSHALL - میزان قیر متغییر ASTM D 1075 / AASHTO T165 در ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت، غوطه وری

مصالح سنگی بازالتی (DBM): ۳۳٪ / ۲۰ میلی متری، ۲۴٪ / ۱۰ میلی متری، ۴۱٪ / ۶ میلی متر با خاک سنگ

میزان جریان میلی متر		مقاومت کیلو گرم		میزان قیر %
اصلاح شده	شاهد	اصلاح شده	شاهد	
۳/۸	۳	۱۶۲۵	۱۱۴۰	۵/۱
۳/۳۵		۱۴۵۷		۴/۵
۳/۲		۱۱۲۰		۴/۰
۲/۶۱		۹۳۹		۳/۵

زایکوسویل قادر است با مقدار کمتر قیر همان استحکام را بدون خطر از هم گسیختگی آسفالت بدست دهد. افزودن ۰,۱٪ زایکوسویل در قیر آسفالت باعث حدود ۴۰٪ افزایش قدرت فشاری آسفالت در مخلوط ۵,۱٪ می شود. نتایج آزمایشات نشان می دهد افزایش ۰,۱٪ زایکوسویل در ۴٪ قیر آسفالت قدرت فشاری برابر با ۵,۱٪ قیر بدون زایکوسویل را به همراه دارد.

مشخصات فنی:

رنگ: بی رنگ تا زرد کم رنگ

مقدار ماده جامد: ۲٪/+۴۱

حلال: اتیلن گلیکل

نقطه اشتعال: ۸۰ درجه سلسیوس

ویسکوزیته (۲۵ درجه سلسیوس): ۲۰۰-۸۰۰ cps

انحلال پذیری: محلول در قیر

مراحل استعمال:

- ۱ کیلو زایکوسویل با ۱ تن قیر مخلوط می شود. (۰,۱٪)
- قیر داغ و گداخته به مدت ۲۰-۳۰ دقیقه با پمپ سیرکوله مخلوط می شود.
- قیر گداخته آماده شده با تکنیک اسپری به مقدار نیاز با مصالح سنگی مخلوط می شود. KR13880928