



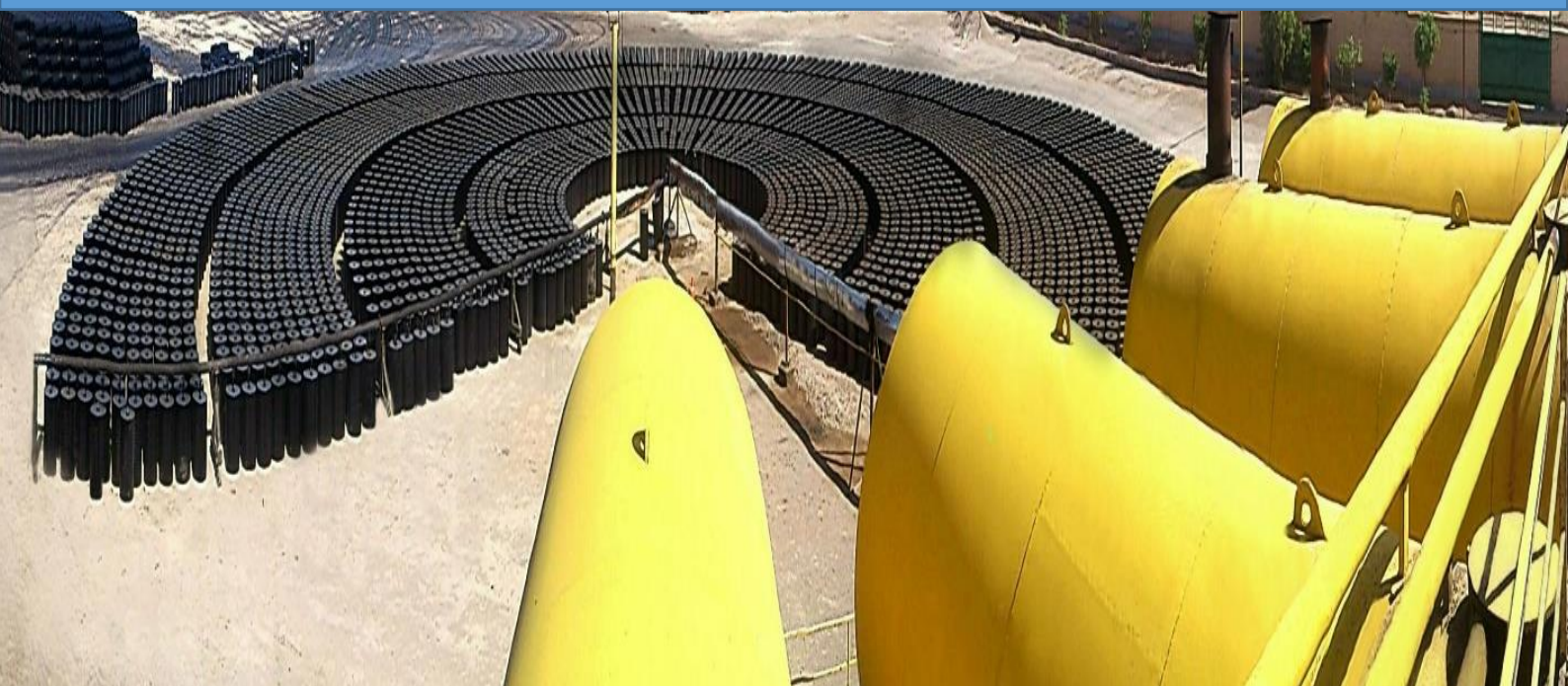
چسبندگی قیرها

شرکت تولیدی و صنعتی فیدار اصفهان

The Shell Bitumen Handbook, Fifth Edition.

ترجمه: واحد تحقیق و توسعه شرکت تولیدی و صنعتی فیدار اصفهان

info@feedar.co



فهرست مطالب

۱.	مقدمه	۱
۲.	فاکتورهای اساسی تأثیرگذار بر چسبندگی قیر/سنگدانه	۱
۳.	مکانیسم‌های اصلی جدا شدن پیوند قیر/سنگدانه در آسفالت	۳
۳.	جابجایی (Displacement)	۳
۴.	تفکیک (Detachment)	۴
۴.	پارگی فیلم (Film rupture)	۴
۴.	تاول زدن و سوراخ‌سوراخ شدن (Blistering and pitting)	۴
۴.	تمیزکاری هیدرولیک (Hydraulic scouring)	۴
۵.	فشار منافذ (Pore pressure)	۵
۵.	جدا شدن پیوند شیمیایی	۵
۴.	روش‌های اندازه‌گیری و بررسی چسبندگی قیر/سنگدانه در آسفالت	۵
۶.	آزمون‌های غوطه‌وری استاتیک	۶
۷.	آزمون‌های غوطه‌وری دینامیک	۷
۷.	آزمون‌های غوطه‌وری شیمیایی	۷
۷.	آزمون‌های مکانیکی غوطه‌وری	۷
۷.	آزمون پایداری مارشال ابقاء شده	۷
۸.	آزمون استحکام ابقاء شده	۸
۸.	آزمون کانتابرو ابقاء شده	۸
۸.	آزمون‌های غوطه‌وری ترافیکی	۸
۱۰.	آزمون‌های پوشش دهی	۱۰
۱۰.	آزمون‌های جذب	۱۰
۱۱.	آزمون ضربه	۱۱
۱۲.	آزمون‌های کشش	۱۲
۵.	بهبود چسبندگی قیر/سنگدانه	۱۳

فهرست شکل ها

- شکل ۱: انقباض سطح مشترک قیر/آب در حضور آب ۳
- شکل ۲: تشکیل تاول و تورفتگی در آسفالت ۵
- شکل ۳: تجهیزات آزمون غوطه وری اثر چرخ ۹
- شکل ۴: نمودار عمق شیار غوطه وری معمولاً شکست چسبندگی را نشان می دهد ۹
- شکل ۵: اطلاعات جذب خالص برای چهار نوع سنگ دانه و قیر ۱۶۰/۲۲۰ ۱۱
- شکل ۶: اطلاعات صفحه ویالیت برای سنگ دانه های دلریتی تمیز و خشک و غباری ۱۲
- شکل ۷: اطلاعات کشش ایشترون، تأثیر مقدار گردوغبار برای چهار سنگ دانه مختلف ۱۲
- شکل ۸: آزمون ویالیت، از بایندهای ۱۰۰ sec و K1-۷۰ و چسبندگی های تمیز و گردوغباری استفاده شده ۱۳

فهرست جدول ها

- جدول ۱: خواص مواد و فاکتورهای خارجی مؤثر بر پیوند قیر/سنگ دانه ۱
- جدول ۲: جذب خالص و اولیه به دست آمده از بایندهای مختلف ۱۵

فهرست معادله ها

- معادله ۱: شاخص از دست دادن ذرات ۸

۱. مقدمه

اولین عمل کرد قیر این است که به عنوان یک چسبنده عمل می کند و لازم است سنگ دانه ها را به یکدیگر متصل یا پیوندی بین آن ها و یک سطح ایجاد کند. اگرچه بروز شکست زودرس که به چسبندگی نسبت داده می شود تقریباً نادر است ولی وقتی شکستی به این دلیل اتفاق می افتد، هزینه زیادی تحمیل می کند. اطمینان از چسبندگی بین سنگ دانه ها و قیر بسیار مهم است. امروزه در انگلستان مخلوط های سنتی با مقدار زیاد قیر مانند آسفالت گرم کوب به وسیله مخلوط های با مقدار زیاد سنگ و مقدار کم قیر جایگزین شده است. این مواد تمایل دارند به صورت لایه های نازک تری پخش شوند که اعمال فشار در محل نیاز به خواص چسبندگی قیر در مخلوط را افزایش می دهد.

چسبندگی قیر به بیشتر انواع سنگ دانه های تمیز و خشک مشکلات کمی دارد. به هر حال سنگ دانه ها به راحتی به وسیله آب مرطوب می شوند و می تواند مشکلات غیرمنتظره ای را ایجاد کند. این ممکن است در هر زمانی از پوشش دادن اولیه سنگ دانه ها هنگام مخلوط کردن تا حفظ پیوند بین قیر و سنگ دانه ها در شرایط تحت ترافیک اتفاق بیافتد. هدف این کتاب توجه به چسبندگی سنگ دانه/قیر و بررسی امکان محدود کردن احتمال تجمع شکست های اولیه در هنگام سرویس است.

۲. فاکتورهای اساسی تأثیرگذار بر چسبندگی قیر/سنگ دانه

جدول ۱ فاکتورهای تأثیرگذار بر چسبندگی قیر/سنگ دانه را به شکل خلاصه بیان می کند. تقریباً ۸۰ درصد از این فاکتورها هنگام تولید و ساخت و ساز قابل کنترل است.

جدول ۱: خواص مواد و فاکتورهای خارجی مؤثر بر پیوند قیر/سنگ دانه

Aggregate properties	Bitumen properties	Mixture properties	External factors
Mineralogy	Rheology	Void content	Rainfall
Surface texture	Electrical polarity	Permeability	Humidity
Porosity	Constitution	Bitumen content	Water pH
Dust		Bitumen film thickness	Presence of salts
Durability		Filler type	Temperature
Surface area		Aggregate grading	Temperature cycling
Absorption		Type of mixture	Traffic
Moisture content			Design
Shape			Workmanship
Weathering			Drainage

سال‌هاست اهمیت ترکیبات مینرالوژی (mineralogical) سنگ‌دانه‌ها مشخص شده است. خواص فیزیکی و شیمیایی سنگ‌دانه‌ها در ارتباط با چسبندگی مربوط به ترکیبات شیمیایی، شکل، ساختار، ظرفیت باقیمانده و ناحیه سطح است. به دلیل تأثیرات اندازه ذرات، شکل و بافت، جمع‌بندی درباره تأثیر مینرالوژی سخت است. شکست چسبندگی به‌طور عمده مربوط به سنگ‌دانه‌های سیلیسی مانند گرانیت‌ها، ریولیت‌ها، کوارتزها و غیره است. این حقیقت که کارایی راضی‌کننده با چنین سنگ‌دانه‌هایی به دست می‌آید و شکست‌ها با سنگ‌دانه‌هایی مانند سنگ آهکی که نسبت به شکست پیوند بین قیر/سنگ‌دانه مقاومت خوبی دارند اتفاق می‌افتد، بر پیچیدگی چسبندگی قیر/سنگ‌دانه تأکید دارد و اینکه تعدادی فاکتور دیگر ممکن است در شکست نقش داشته باشند. شکست پیوند قیر/سنگ‌دانه معمولاً به‌عنوان (stripping) بیان می‌شود. یک فاکتور عمده نوع سنگ‌دانه است. این فاکتور به دلیل تفاوت در درجه پیوستگی قیر تأثیر قابل توجهی بر چسبندگی قیر دارد. عمده سنگ‌دانه‌ها در دو گروه آب‌دوست و روغن‌گریز دسته‌بندی می‌شوند. سنگ‌دانه‌های با مقدار زیاد اکسید سیلیکون مانند کوارتز و گرانیت یعنی سنگ‌های اسیدی نسبت به سنگ‌های معمولی مانند بازالت و آهکی، سخت‌تر با قیر پوشش داده می‌شوند. نشان داده شده ظرفیت باقی‌مانده یا بار یک سطح می‌تواند مهم باشد. سنگ‌دانه‌های با بار سطح نامتوازن یک بار سطحی دارند. اگر سطح سنگ‌دانه با یک مایع دارای بار مخالف پوشش داده شده باشد بار موردنیاز سطح می‌تواند راضی‌کننده باشد و یک چسبندگی به دست خواهد آمد. وقتی دو فاز مایع وجود داشته باشد، به‌عنوان مثال قیر و آب، مایعی که بتواند به شکل راضی‌کننده بار موردنیاز را تأمین کند به شکل محکم‌تری به سنگ‌دانه‌ها می‌چسبد؛ بنابراین پدیده شکست پیوند قیر/سنگ‌دانه در حضور آب به دلیل بارهای سطح است. وقتی آب بار سطح را بهتر از قیر متعادل می‌کند ممکن است قیر به نفع آب از سطح سنگ‌دانه جدا شود.

جذب شیمی-فیزیکی قیر در سنگ‌دانه‌ها به چند فاکتور شامل حجم کلی فضاهای خالی قابل نفوذ، اندازه منافذ باز، ویسکوزیته و کشش سطح قیر وابسته است. وجود ریز ساختارهای مناسب از منافذ، حفره‌ها و ترک‌های میکرو می‌تواند سطح موردنیاز در دسترس برای جذب قیر را به‌طور قابل توجهی افزایش دهند. همچنین نشان داده شده است که کسرهایی از قیر به شکل قدرتمندی در سطح سنگ‌دانه‌ها تا عمق حدود ۱۸۰ آنگستروم جذب می‌شوند.

فاکتورهای دیگری که بر چسبندگی اولیه و پیوندهای بعدی تأثیر می‌گذارد بافت سطح سنگ‌دانه‌ها، حضور گردوغبار در سطح سنگ‌دانه‌ها و PH آب در تماس با سطوح میانی است. به‌طور کلی پذیرفته شده است که سطوح زبرتر سنگ‌دانه خواص چسبندگی بهتری دارند. به‌هر حال یک توازن بین ترشدگی سنگ‌دانه‌ها (سطح نرم‌تر به آسانی تر می‌شود) و سطوح زبرتر که در برابر ترشدگی مقاومت می‌کند باید وجود داشته باشد. پیشنهاد شده است که پیوند مکانیکی خوب به دست آمده روی سنگ‌دانه زبر می‌تواند مهم‌تر از مینرالوژی سنگ‌دانه در حفظ چسبندگی سنگ‌دانه/قیر باشد. به شکل ویژه، ویسکوزیته قیر در

هنگام پوشش دهی و سرویس، قطبیت و ساختار همگی بر خواص چسبندگی تأثیر دارد. به هر حال تاکنون طبیعت سنگ‌دانه‌ها مهم‌ترین فاکتور تأثیرگذار بر چسبندگی قیر/سنگ‌دانه بوده است.

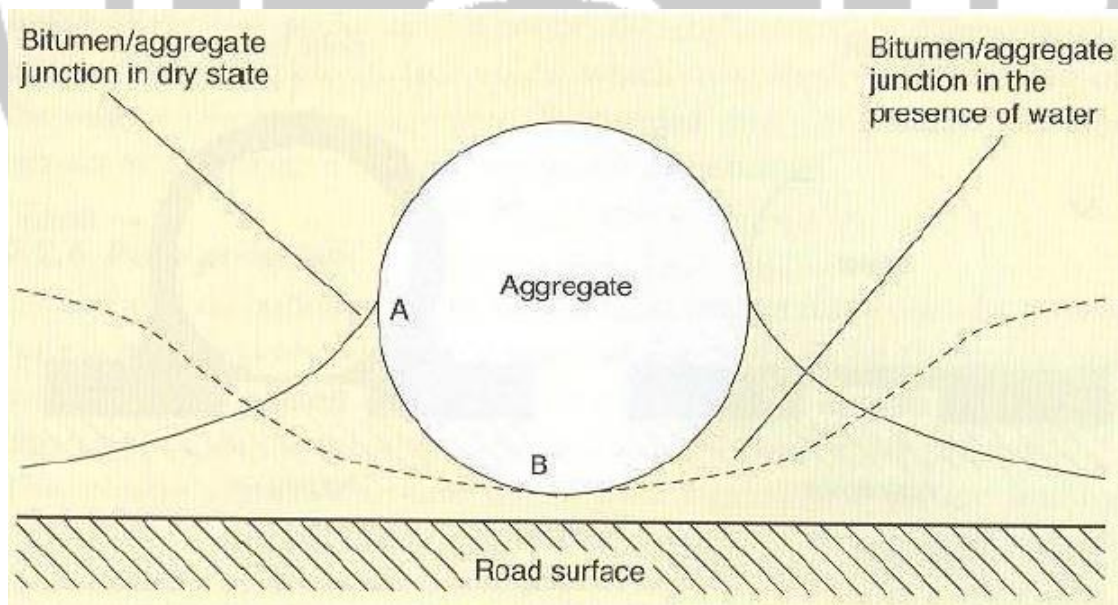
۳. مکانیسم‌های اصلی جدا شدن پیوند قیر/سنگ‌دانه در آسفالت

مطالعات زیادی به منظور تشخیص مکانیسم جدا شدن پیوند در آسفالت‌ها انجام شده است. دو روش عمده وجود دارد که سیستم قیر/سنگ‌دانه دچار شکست می‌شود، یعنی مکانیسم‌های چسبندگی و پیوستگی. اگر سنگ‌دانه‌ها تمیز و خشک باشد و مخلوط به شکل مؤثری نشت نپذیرد، حالت شکست مربوط به پیوستگی خواهد بود. به هر حال در حضور آب حالت شکست قریب به یقین به دلیل از دست دادن چسبندگی به علت جدا شدن قیر از سنگ‌دانه (Stripping) خواهد بود. چندین مکانیسم ممکن برای جدا شدن پیوند در زیر بیان شده است.

جابجایی (Displacement)

تئوری جابجایی مربوط به تعادل ترمودینامیکی سیستم سه فازی قیر/سنگ‌دانه/آب است. اگر آب وارد سطح مشترک قیر/سنگ‌دانه شود، در نظر گرفتن انرژی دخیل نشان می‌دهد قیر از سطح سنگ‌دانه جمع خواهد شد. شکل ۱ نشان می‌دهد یک ذره سنگ‌دانه جاسازی شده در فیلم قیر با نقطه A وقتی سیستم خشک است در نقطه تماس یک تعادل نشان می‌دهد. هنگام تماس با آب نقطه تعادل جابجا شده و سطح مشترک جدید تا نقطه B حرکت کرده یا روی سطح تا نقطه B جمع می‌شود. این موقعیت جدید تعادل یک زاویه تماس دارد که به نوع و ویسکوزیته قیر استفاده شده وابسته خواهد بود.

شکل ۱: انقباض سطح مشترک قیر/آب در حضور آب



تفکیک (Detachment)

تفکیک زمانی اتفاق می‌افتد که یک فیلم نازک از آب یا گردوغبار، قیر و سنگ‌دانه را بدون ایجاد ترک قابل مشاهده در سطح قیر از یکدیگر جدا کند. اگرچه فیلم قیر به‌طور کامل سنگ‌دانه را کپسوله کرده است، هیچ پیوند چسبنده‌ای بین قیر و سنگ‌دانه وجود ندارد و قیر می‌تواند به آسانی از سطح سنگ‌دانه پوست کنده شود. این فرآیند ممکن است برگشت پذیر باشد یعنی اگر آب حذف شود ممکن است قیر دوباره به سنگ‌دانه‌ها بچسبد. یک مکانیسم جدا شدن پیوند دوباره باید اتفاق بیافتد تا اجازه ورود آب بین سنگ‌دانه و قیر را بدهد.

پارگی فیلم (Film rupture)

برخلاف این حقیقت که قیر به‌طور کامل سنگ‌دانه را پوشانده ممکن است پارگی فیلم رخ دهد. نشان داده شده است که در لبه‌های تیز یا خشن سطح سنگ‌دانه که فیلم قیر نازک تر است، آب می‌تواند در فیلم نفوذ کند تا به سطح سنگ‌دانه برسد. این حرکت آب به سمت سطح سنگ‌دانه می‌تواند به صورت مایع یا بخار اتفاق بیافتد. وقتی این فرآیند شروع می‌شود آب می‌تواند به‌منظور تفکیک قیر یا فیلم بین قیر و سنگ‌دانه جدایی بی‌اندازد.

سرعتی که آب می‌تواند نفوذ کند و فیلم قیر را تفکیک کند به ویسکوزیته قیر، طبیعت سنگ‌دانه‌ها، ضخامت فیلم قیر و حضور فیلر و ترکیباتی مانند عوامل فعال وابسته خواهد بود. وقتی تفکیک قابل توجه قیر از سنگ‌دانه اتفاق بیافتد فشار وارد شده به وسیله ترافیک به راحتی فیلم را پاره خواهد کرد و قیر جمع خواهد شد و آبی که سنگ‌دانه را پوشانده آشکار خواهد شد.

تاول زدن و سوراخ سوراخ شدن (Blistering and pitting)

اگر دمای قیر در آسفالت افزایش یابد، ویسکوزیته قیر کاهش خواهد یافت. اگر این اتفاق با باران اخیر همراه شود، ممکن است قیر باعث خزش در لبه قطرات آب شده و مطابق شکل ۲ باعث ایجاد تاول می‌شود. اگر دما افزایش یابد تاول گسترش خواهد یافت و یک گودال یا سوراخ به جا خواهد گذاشت که ممکن است اجازه دسترسی آب به سطح سنگ‌دانه را بدهد.

تمیزکاری هیدرولیک (Hydraulic scouring)

تمیزکاری هیدرولیک یا پمپاژ در رویه آسفالت اتفاق می‌افتد و به دلیل حرکت تایر وسایل نقلیه روی سطح آسفالت اشباع شده اتفاق می‌افتد؛ یعنی آب با قدرت از جلوی تایر وسایل نقلیه به داخل منافذ سطح وارد می‌شود. در هنگام عبور، تایر این آب را مکش می‌کند، در نتیجه یک سیکل فشرده سازی-تنش روی این منافذ سطح ایجاد می‌شود که باعث جدا شدن پیوند قیر/سنگ‌دانه خواهد شد. گردوغبار و گل معلق در آب می‌تواند به عنوان یک ساینده عمل کند و جدا شدن پیوند را افزایش دهد.

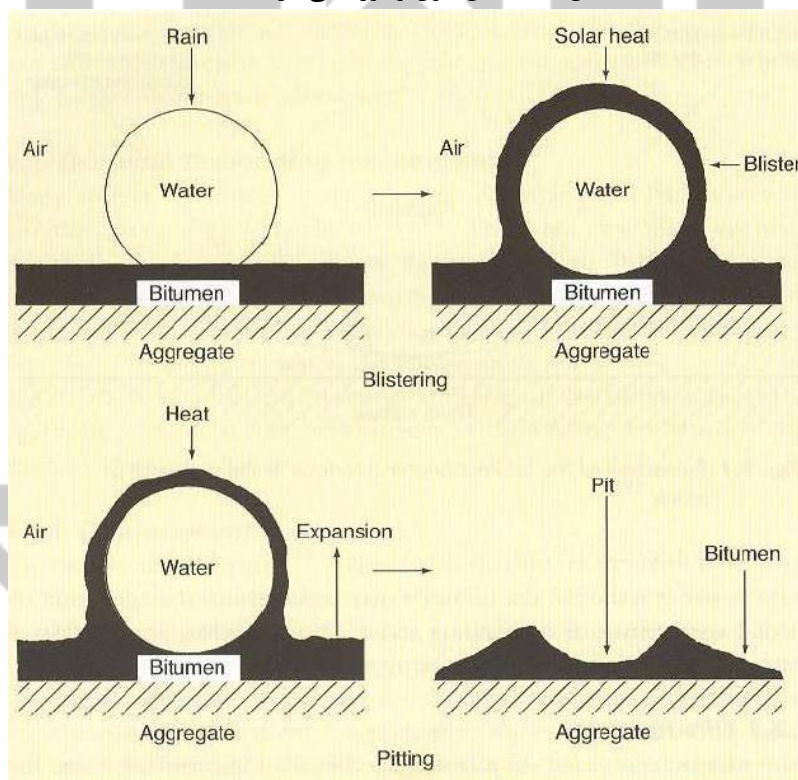
فشار منافذ (Pore pressure)

این نوع مکانیسم جدا شدن پیوند در مخلوط‌های فشرده شده ضعیف یا باز که ممکن است فشرده شدن مواد به وسیله ترافیک باعث به دام افتادن آب شود بی‌شتر اهمیت دارد. وقتی مواد به‌طور مؤثر نفوذناپذیر شوند ترافیک بعدی یک فشار منافذ آب وارد می‌کند. این باعث ایجاد کانال‌هایی اطراف سطح مشترک قیر/سنگ‌دانه می‌شود که منجر به از دست دادن پیوند می‌گردد. دماهای بالاتر روی آب به دام افتاده عمل کرده و در نتیجه افزایش فشارها مهاجرت آب و شکستن پیوندها را شتاب می‌دهد. همچنین دمای پایین ممکن است باعث ایجاد یخ شده که به‌اندازه مورد بالا مخرب است.

جدا شدن پیوند شیمیایی

نفوذ آب از طریق فیلم قیر می‌تواند منجر به دولا یه‌های آب در سطح سنگ‌دانه‌ها شود. حضور آب باعث می‌شود سطح سنگ‌دانه یک بار منفی را در برابر قیر که اندکی دارای بار منفی شده است نشان بدهد. در نتیجه دو سطح باردار منفی در تماس با یکدیگر هستند و دافعه ایجاد می‌شود. با افزایش جذب آب روی سطح سنگ‌دانه‌ها، در نهایت جدا شدن پیوند قیر اتفاق خواهد افتاد.

شکل ۲: تشکیل تاول و تورفتگی در آسفالت



۴. روش‌های اندازه‌گیری و بررسی چسبندگی قیر/سنگ‌دانه در آسفالت

با توجه به پتانسیل شکست‌های زودرس مربوط به مشکلات چسبندگی نیاز به آزمون‌های آزمایشگاهی برای پیش‌بینی بدیهی است. تعدادی از انواع مختلف آزمون برای مقایسه ترکیب سنگ‌دانه، قیر و آب

توسعه داده شده است. به هر حال مشکل بسیاری از این روش ها فقدان ارتباط اطلاعات پیش بینی های آزمایشگاهی با کارایی در عمل است.

معمولاً سنگدانه با قیر پوشش داده می شود، تحت شرایط کنترل شده در آب غوطه ور شده و تأثیر جدا شدن (stripping) بعد از یک دوره زمانی تشخیص داده می شود. روش های مختلف در نوع نمونه استفاده شده، شرایطی که نمونه در آب قرار می گیرد و روش استفاده شده برای بررسی درجه جدا شدن متفاوت هستند.

به طور کلی در این آزمون ها سنگدانه پوشش داده شده در آب غوطه ور می شود. به هر حال، محلول های بر پایه نمک یا ضد یخ و آن هایی که شامل روغن های سوخت هستند ممکن است استفاده شود. انواع مشخصی از آزمون ممکن است تمایل به پوشش یک سنگدانه در حضور آب داشته باشد. در این موارد، درجه پوشش به دست آمده به عنوان یک شاخص از چسبندگی استفاده می شود.

آزمون های چسبندگی به چند دسته تقسیم می شوند. در هر دسته ممکن است چندین آزمون وجود داشته باشد، در بیشتر موارد، آزمون های منفرد از یک نوع در جزئیات باهم تفاوت دارند. دسته بندی ها به شرح زیر است:

- آزمون های غوطه وری استاتیک
- آزمون های غوطه وری دینامیک
- آزمون های غوطه وری شیمیایی
- آزمون های غوطه وری مکانیکی
- آزمون های غوطه وری ترافیکی
- آزمون های پوشش دهی
- آزمون های جذب
- آزمون های ضربه
- آزمون های کشش

اکنون درباره جزئیات هر کدام از روش ها صحبت می کنیم.

آزمون های غوطه وری استاتیک

این ساده ترین نوع آزمون است که سنگدانه با قیر پوشش داده شده و سپس در آب غوطه ور می شود. درجه جدا شدن قیر از سنگدانه به وسیله بازرسی چشمی بعد از یک دوره زمانی تخمین زده می شود. برای مثال، به طور کلی در آزمون غوطه وری آب، ۱۴ میلی متر از چپپینگ های تک سائز با مقدار معلومی

قیر پو شش داده می شود، سپس سنگدانه پو شش داده شده در آب ۲۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت غوطه ور می شود. درصد قیر جدا شده از سنگدانه به شکل چشمی بررسی می شود.

مشکل اساسی این روش ماهیت درونی آن است که باعث تجدید پذیری (reproducibility) ضعیف می شود. به هر حال اپراتورهای باتجربه ممکن است قادر به رتبه بندی سنگدانه ها در ارتباط با کارایی آن ها در محل باشند. باید دانست که در برخی موارد سنگدانه با کارایی خوب در آزمایشگاه ممکن است گهگاه در جاده ضعیف عمل کند و آن هایی که نتایج آزمون غوطه وری استاتیک ضعیف دارند ممکن است در عمل کارایی راضی کننده داشته باشند.

آزمون های غوطه وری دینامیک

این نوع آزمون خیلی شبیه آزمون غوطه وری استاتیک است اما نمونه به وسیله تکان دادن یا اختلاط به هم زده می شود. دوباره، درجه جدا شدن به شکل چشمی با قضاوت درباره مقدار چسبندگی باقی مانده مخلوط یا مقدار جدا شدن به ذرات منفرد از سنگدانه تخمین زده می شود. تجدید پذیری این نوع از آزمون نیز خیلی ضعیف است.

آزمون های غوطه وری شیمیایی

در این نوع آزمون، سنگدانه پو شش داده شده در قیر در محلول های حاوی غلظت های مختلف از سدیم کربنات جوشانده می شود. قدرت محلول سدیم کربنات که اولین جدا شدن در آن مشاهده می شود به عنوان اندازه چسبندگی استفاده می شود. به هر حال شرایط مصنوعی آزمون بعید است کارایی شبیه جاده را پیش بینی کند.

آزمون های مکانیکی غوطه وری

آزمون های مکانیکی غوطه وری شامل اندازه گیری تغییر در یک خاصیت مکانیکی آسفالت فشرده شده بعد از غوطه وری در آب است؛ بنابراین، نسبت خاصیت بعد از غوطه وری تقسیم بر خاصیت اولیه یک اندازه غیرمستقیم از جدا شدن است و معمولاً بر حسب درصد بیان می شود.

انواع مختلف خواص مکانیکی را می توان اندازه گرفت، مانند استحکام برشی، استحکام خمشی و استحکام تراکمی. دو نوع متداول شناخته شده شامل آزمون پایداری مارشال ابقاء شده و آزمون استحکام ابقاء شده است. با افزایش دسترسی به تجهیزات آزمون استحکام آسفالت این آزمون در حال حاضر در انگلستان یک روش عمومی است.

آزمون پایداری مارشال ابقاء شده

تعدادی از نسخه های مختلف هر آزمون وجود دارد. در آزمون پایداری مارشال ابقاء شده شل، حداقل هشت نمونه به وسیله نوع سنگدانه تعیین شده، درجه بندی سنگدانه، مقدار قیر و مقدار منافذ ساخته می شود. سپس چهار نمونه به وسیله آزمون مارشال استاندارد برای به دست آوردن مقدار پایداری استاندارد آزمایش می شود. چهار نمونه باقی مانده تحت خلأ و در دمای بین ۰ تا ۱ درجه سانتی گراد در آب قرار

می‌گیرد تا حجم خلل و فرج مخلوط به‌وسیله آب اشباع شود. سپس نمونه‌ها در حمام آب ۶۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت نگهداری می‌شوند و پس از آن پایداری مارشال اندازه‌گیری می‌شود. نسبت پایداری مارشال نمونه‌های خیس به پایداری مارشال استاندارد به‌عنوان پایداری مارشال ابقاء شده نام‌گذاری می‌شود. معمولاً مقدار پایداری مارشال بزرگ‌تر از ۷۵ درصد قابل قبول است.

آزمون استحکام ابقاء شده

اصول آزمون استحکام ابقاء شده مانند آزمون مارشال ابقاء شده است. تفاوت عمده این است که نمونه‌های آزمون به‌وسیله آزمون مدول‌های سختی کششی غیرمستقیم (ITS^1) که به‌وسیله آزمایشگر آسفالت ناتینگهام (NAT^2) یا آزمایشگرهای مشابه به‌دست آمده بررسی می‌شوند. این آزمون یک مزیت اضافی دارد که غیر مخرب بوده و اجازه می‌دهد نمونه‌های مشابه بعد از خیس شدن استفاده شوند. تعدادی نسخه از آزمون وجود دارد که دوره خیس شدن و دمای آب ممکن است متفاوت باشد.

آزمون کانتابرو^۳ ابقاء شده

آزمون کانتابرو در اصل برای اندازه‌گیری از دست دادن ذرات در آسفالت‌های متخلخل توسعه داده شد. همچنین از این آزمون می‌توان برای آزمایش حساسیت آب استفاده کرد. حداقل پنج قالب با قطر ۱۰۱ میلی‌متر و ارتفاع ۶۳٫۵ میلی‌متر در یک‌زمان در ماشین لس‌آنجلس^۴ ساییده می‌شوند. از دست دادن جرم بعد از ۳۰۰ دور برحسب درصد به نام از دست دادن ذرات خشک (PL_d) شناخته می‌شود. وقتی حساسیت آب اندازه‌گیری می‌شود، پنج قالب اضافه در آب برای ۶۸ ساعت خیس می‌شوند و سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شوند. دوباره، از دست دادن جرم برای این نمونه‌ها بعد از ۳۰۰ دور به نام از دست دادن ذرات خیس (PL_w) اندازه‌گیری می‌شود. شاخص از دست دادن ذرات (PLI) از معادله ۱ به دست می‌آید.

$$PLI = 100 \times \frac{PL_w}{PL_d}$$

معادله ۱: شاخص از دست دادن ذرات

آزمون‌های غوطه‌وری ترافیکی

مشکل عمده بیشتر آزمون‌های چسبندگی این است که تأثیر ترافیک بر جدا شدن پیوند قیر/سنگ‌دانه را در نظر نمی‌گیرند. یک روشی که این اثر را در نظر می‌گیرد آزمون غوطه‌وری اثر چرخ (شکل ۳) است. در این آزمون یک نمونه در حمام آب غوطه‌ور می‌شود و به‌وسیله یک لاستیک توپر رفت و برگشتی پیموده می‌شود. در روش استاندارد سه نمونه که در قالب فشرده‌شده‌اند به‌وسیله یک بار ۲۰ کیلوگرمی ۲۵ دور بر دقیقه در آب با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد پیموده می‌شوند تا شکست اتاق بی افتد.

گسترش خط شیار که ایجاد شده تا زمانی که جدا شدن شروع شود اندازه‌گیری می‌شود. همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده است معمولاً به‌وسیله یک افزایش تند در عمق شیار و متلاشی شدن سطح

^۱ Indirect tensile stiffness modulus

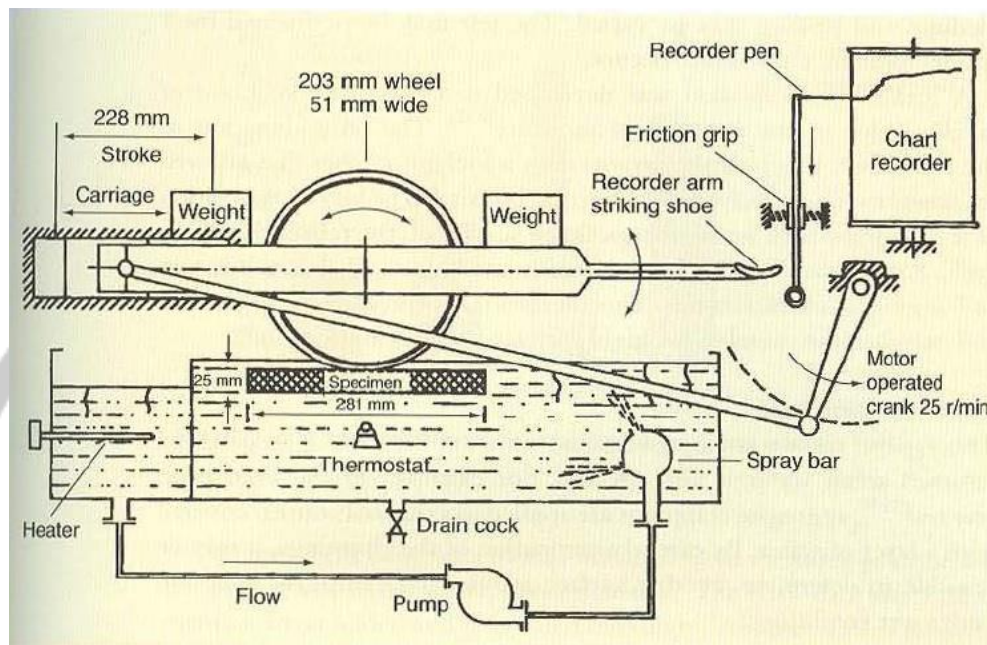
^۲ Nottingham asphalt tester

^۳ Cantabro

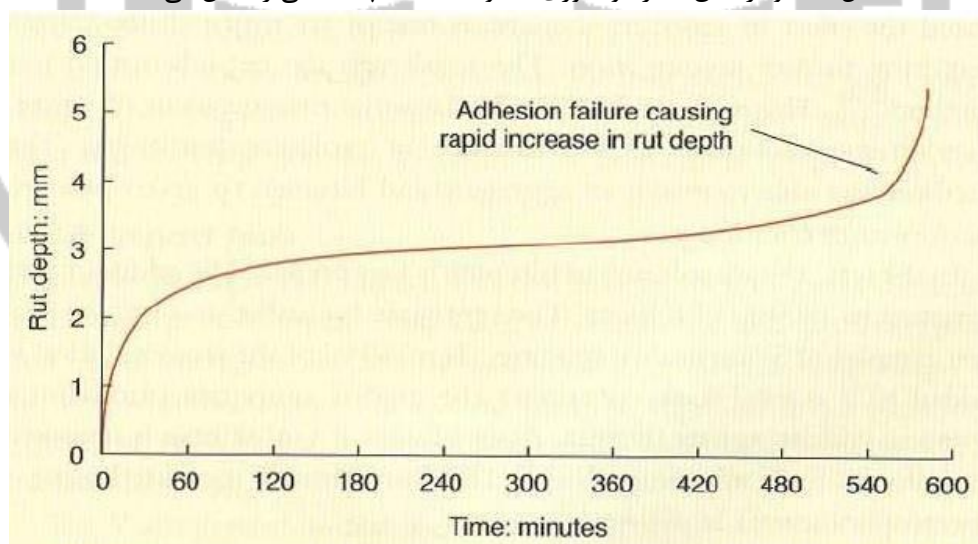
^۴ Los angles machine

نمونه آزمایش مشخص می‌شود. نشان داده شده است که ارتباط خوبی برای شکست ناشی از جدا شدن در جاده‌های با ترافیک سنگین وجود دارد و مشخص شده فاکتورهایی مانند شکل سنگ‌دانه، پیوستگی سنگ‌دانه، ویسکوزیته قیر و نفوذ نمونه بر زمان شکست تأثیر دارد.

شکل ۳: تجهیزات آزمون غوطه‌وری اثر چرخ



شکل ۴: نمودار عمق شیار غوطه‌وری معمولاً شکست چسبندگی را نشان می‌دهد



آزمون اثر چرخ خشک که از هوا برای کنترل دما استفاده می‌کند، جایگزین روش اصلی آزمون اثر چرخ مرطوب شده است. این روش خشک جدا شدن را بررسی نمی‌کند اما تغییر شکل‌های دائمی را در نظر می‌گیرد.

به هر حال، در بیشتر مخلوط‌های نازک و باز با محتوای سنگ‌دانه خیلی درشت شکست مربوط به جدا شدن محتمل‌تر از شکست مربوط به شیار است.

اکنون آزمون اثر چرخ خیس مجدداً به عنوان وسیله‌ای برای بررسی آسفالت‌هایی مانند آسفالت متخلخل و سطوح نازک با محتوای سنگ زیاد در نظر گرفته شده است. روش به آسانی در جاهایی که دما، حداقل غوطه‌وری و زمان بارگذاری متغیر است قابل کاربرد است. آزمون را می‌توان تا یک‌زمان خاص و یا تا زمان اتفاق افتادن شکست انجام داد.

یک روش چرخ قفل‌شده برای بررسی احتمال متلاشی شدن ناشی از حضور رطوبت توسعه داده شده است. تنها جایگزینی در تجهیزات شامل ارائه یک چرخ قفل شونده ضامن‌دار است که به چرخ اجازه می‌دهد آزادانه در یک جهت حرکت کند اما هنگامی که در ادامه سیکل روی سطح گونه به عقب کشیده می‌شود در یک موقعیت قفل‌شده است. متلاشی شدن سطح مربوط به درجه‌بندی، فشردگی، قیر و مشخصات سنگ‌دانه‌ها است. به هر حال این روش بسیار تهاجمی است و برای موقعیت‌های با فشار ترافیک زیاد مناسب‌تر است.

آزمون‌های پوشش دهی

هدف این نوع از آزمون بررسی پیوستگی بین سنگ‌دانه و قیر در حضور آب است. برای مثال، در آزمون سینی غوطه‌وری چپ‌پینگ‌های سنگ‌دانه برای یک سینی از قیر پوشش داده شده با آب به کار می‌روند. با بررسی دقیق چپ‌پینگ‌ها ممکن است بتوان تشخیص داد آیا عوامل فعال سطح چسبندگی در شرایط مرطوب را بهبود می‌دهند.

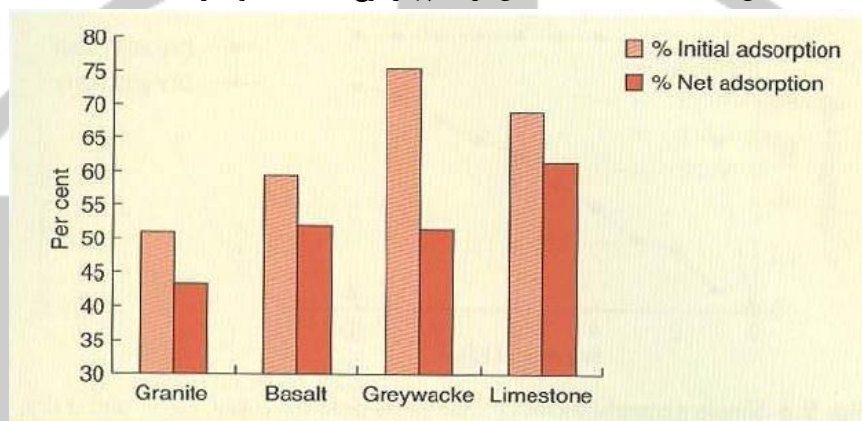
آزمون‌های جذب

برنامه تحقیقاتی بزرگراه‌های استراتژیک (SHRP) در آمریکا تأثیر خسارت ناشی از رطوبت را به عنوان یکی از شش عمل عمده اختلال که نیاز به بررسی بیشتر دارد بررسی نموده است. در نتیجه روش آزمون جذب خالص به دست آمد. این آزمون یک اندازه‌گیری بنیادی از چسبندگی قیر/سنگ‌دانه را با یک اندازه‌گیری حساسیت رطوبت ترکیب کرده است. این روش قادر به جفت کردن یک سنگ‌دانه و قیر برای به دست آوردن شرایط عمل کرد مطلوب است.

در این آزمون، ابتدا یک محلول استاک از قیر به وسیله افزایش یک گرم قیر به ۱۰۰۰ میلی‌لیتر تولوئن تهیه می‌شود. سنگ‌دانه به منظور تولید ۵۰ گرم نمونه ۵ میلی‌متری نزدیک به درجه‌بندی گردوغبار خرد می‌شود، سپس ۱۴۰ میلی‌متر از محلول استاک به یک فلاسک مخروطی شامل سنگ‌دانه‌های درجه‌بندی شده اضافه شده و روی یک صفحه دوار به منظور هم زدن مخلوط قرار داده می‌شود. بعد از ۶ ساعت ۴ میلی‌لیتر نمونه را برداشته و با ۲۵ میلی‌لیتر تولوئن رقیق می‌شود. جذب به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در ۴۱۰ نانومتر اندازه‌گیری می‌شود.

نتایج خوانده شده با نتایج به دست آمده از محلول استاک مقایسه می شود و درصد جذب اولیه اندازه گیری می گردد. سپس به فلاسک دو میلی متر آب مقطر اضافه شده و به مدت یک شب به هم زده می شود. ۴ میلی متر دیگر جدا شده و مانند قبل بررسی می شود. مقدار به دست آمده در این مرحله درصد جذب خالص است و باید کمتر از درصد جذب اولیه باشد، مقداری قیر به وسیله ورود رطوبت به سیستم جدا خواهد شد. شکل ۵ اطلاعات جذب خالص برای چهار سنگ دانه و قیر ۱۶۰/۲۲۰ را نشان می دهد. تأثیر نوع سنگ دانه بر جذب اولیه و کاهش به وسیله اضافه کردن رطوبت در شکل ۵ نشان داده شده است.

شکل ۵: اطلاعات جذب خالص برای چهار نوع سنگ دانه و قیر ۱۶۰/۲۲۰



آزمون ضربه

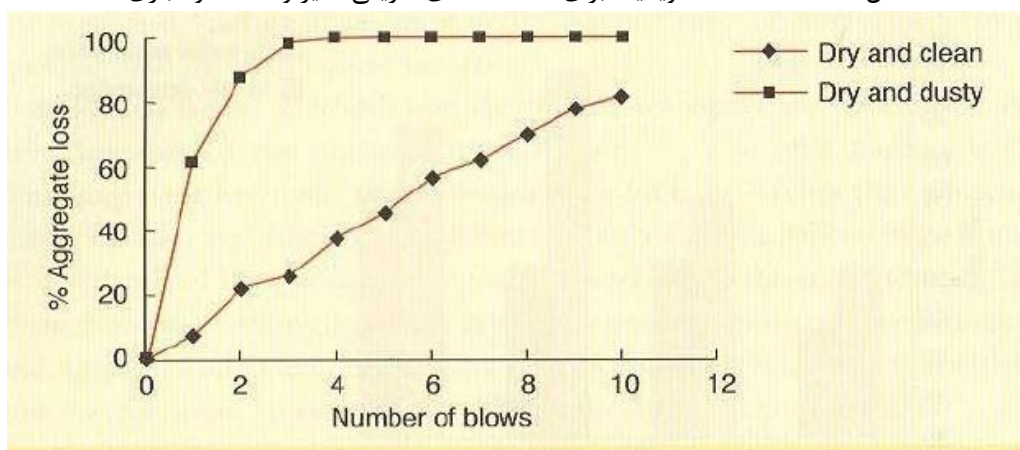
در اصل دو آزمون پاندول ویالیت (Vialit) و صفحه ویالیت برای بررسی کیفیت چسبندگی قیر وجود دارد. هر دو روش به آسانی برای پیش بینی رنج وسیعی از موقعیت های در محل انطباق پذیر هستند و بیشترین اهمیت را در موقعیت هایی دارند که سنگ دانه به طور مستقیم در تماس با فشار ترافیک است مانند روکش سطح.

در آزمون صفحه ویالیت ذرات سنگ دانه روی یک سینی از قیر پرس شده است. سینی وارونه می شود و یک توپ استیل روی سمت مخالف رها می شود. ضربه حاصل از توپ باعث جدا شدن ذرات سنگ دانه بر اساس شرایط آزمون می شود. تعداد ذرات سنگ دانه جدا شده با افزایش تعداد ضربه ها می تواند برای تشخیص کارایی استفاده شود. بررسی ظاهری سنگ دانه های جدا شده معمولاً می تواند نوع شکست را مشخص کند.

به وسیله این دستگاه ساده می توان رنج وسیعی از متغیرها را بررسی کرد. برای مثال شکل ۶ سنگ دانه های چپینگ جدا شده از سنگ دانه دلریتی^۵ خشک و تمیز و خشک و گردوغباری را نشان می دهد. انواع مختلف بایندر و نرخ های کاربرد ممکن است برای صفحه استیل استفاده شود. نمونه های آزمون ممکن است در رنج وسیعی از شرایط فرایند مانند دماهای بالا و پایین، پیرشدگی یا سخت شدگی و غیره قرار بگیرند.

^۵ dolerite

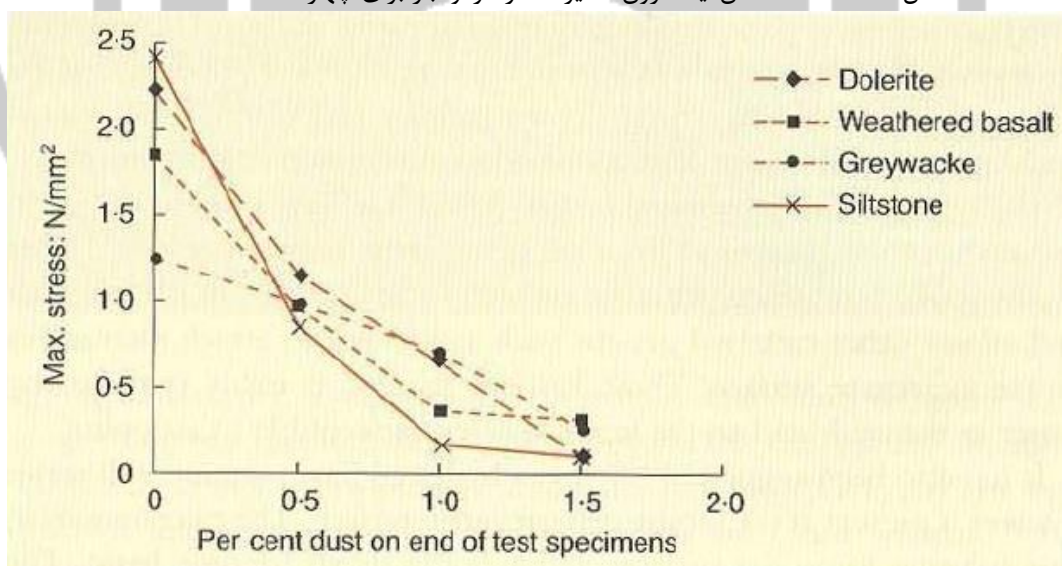
شکل ۶: اطلاعات صفحه ویالیت برای سنگ‌دانه‌های دلریتی تمیز و خشک و غباری



آزمون‌های کشش

کشش قیر ممکن است به وسیله انواع مختلف آزمون کشش بررسی شود. آزمون کشش اینسترون^۶ از دستگاه کشش اینسترون برای استخراج گونه‌های سنگ‌دانه‌های آزمون از ظرف‌های قیر تحت شرایط کنترل شده آزمایشگاه استفاده می‌کند. متغیرهای آزمون مانند نوع سنگ، مقدار گردوغبار، دمای آزمون، نرخ بارگذاری، نوع قیر و غیره برای تغییر نتایج نشان داده شده است. یک مثال از اطلاعات به دست آمده از چهار نوع سنگ مختلف با افزایش مقدار گردوغبار در شکل ۷ نشان داده شده و مشخص شده حداکثر فشار هنگام آزمون برای سنگ‌دانه‌های مختلف متغیر است.

شکل ۷: اطلاعات کشش اینسترون، تأثیر مقدار گردوغبار برای چهار سنگ‌دانه مختلف

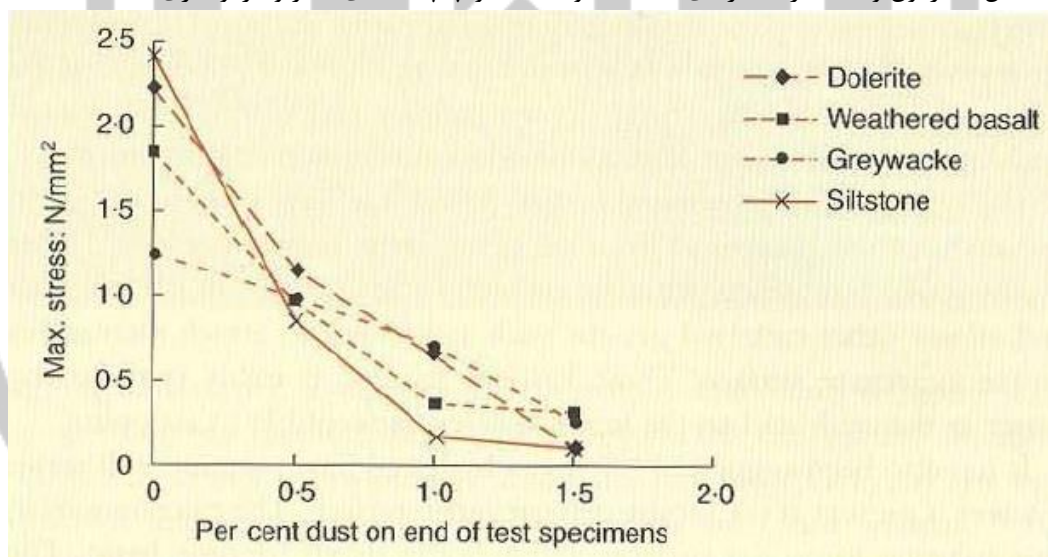


^۶ Instron

آزمون کشش لیمپت^۷ برای اندازه‌گیری کمی قدرت پیوند بین سنگ‌دانه روکش آسفالت و سطح زیرین توسعه داده شده است. این آزمون از یک دستگاه کشش لیمپت استفاده می‌کند که در اصل برای اندازه‌گیری فشار کششی بتن توسعه یافته است. یک صفحه فلزی با قطر ۵۰ میلی‌متر بر سطح جاده محکم شده است و حداکثر بار برای رسیدن به کشش تعیین شده. از این روش می‌توان در آزمایشگاه و سطح جاده استفاده کرد.

شکل ۸ اطلاعات به دست آمده از چپپینگ‌های تمیز و گردوغباری با قیرهای ۷۰-۱K و ۱۰۰sec نشان می‌دهد. تأثیر محتوای گردوغبار و نوع قیر روی چسبندگی پیوند قابل مشاهده است. مشخص شده محتوای گردوغبار روی سنگ‌دانه می‌تواند به طور معکوس بر چسبندگی بین سنگ‌دانه و قیر تأثیر بگذارد. چپپینگ‌های پوسته پوسته (Flaky) نسبت به چپپینگ‌های مکعبی چسبندگی بهتری دارند که به دلیل داشتن حداقل میانگین ابعاد کمتر است. شستن سنگ‌دانه‌ها یا استفاده از عوامل چسبنده بهبود چسبندگی سطح روکش آسفالت را نشان داده و همان طور که انتظار می‌رود چسبندگی ضعیف هنگامی اتفاق می‌افتد که از چپپینگ گردوغباری و سرعت پایین اسپری قیر باهم استفاده می‌شود.

شکل ۸: آزمون ویالیت، از بایندهای ۱۰۰ sec و ۷۰-۱K و چپپینگ‌های تمیز و گردوغباری استفاده شده



۵. بهبود چسبندگی قیر/سنگ‌دانه

به طور معمول، چسبندگی قیر به سنگ‌دانه مشکل نیست. به هر حال در حضور آب ممکن است مشکلات ناخواسته مربوط به چسبندگی اتفاق بیافتد. تعدادی از روش‌های سنتی برای کاهش احتمال این اتفاقات استفاده می‌شود، یعنی به وسیله قیرهای با ویسکوزیته بالا، آهک هیدراته یا عوامل فعال سطح که پیوند بین سنگ‌دانه و قیر را بهبود می‌دهند. در حالی که اصلاح ویسکوزیته قیر به راحتی به دست می‌آید، ممکن

^۷ Limpet

است باعث ایجاد مشکلاتی در کاربرد و فشرده‌سازی بخصوص برای مخلوط‌های رویه نازک با محتوای سنگ زیاد بشود.

معمولاً از یک تا سه درصد آهک هیدراته به‌عنوان قسمتی از فیلر به‌عنوان عامل ضد جدا شدن قیر/سنگ‌دانه استفاده می‌شود. آهک هیدراته با کربوکسیلیک اسیدهای حاضر در قیر واکنش می‌دهد و به سایر گروه‌های کربونیل مانند کتون‌ها اجازه می‌دهد خودشان را به سطح سنگ‌دانه بچسبانند. این کتون‌ها در اثر آب به‌راحتی اسید جدا نمی‌شوند و در نتیجه حساسیت مخلوط نسبت به جدا شدن کاهش می‌یابد.

همچنین پیشنهاد شده است که اگر آب در سطح مشترک قیر/سنگ‌دانه باشد یک مخلوط آهک هیدراته نتیجه خواهد شد. یون‌های کلسیم در این محلول باعث می‌شود سطح سنگ‌دانه بنیادی شود. تعادل الکترو-شیمیایی آب را مجبور می‌کند از سنگ‌دانه دور شده و وارد یک امولسیون در قیر شود. سپس تعادل به‌زور به سطح آب‌گریز سنگ‌دانه خواهد پیوست. چسبندگی قیر/سنگ‌دانه ممکن است به‌وسیله اضافه کردن افزودنی‌های شیمیایی بهبود یابد. این افزودنی‌ها به دو روش عمده زیر عمل می‌کنند:

- ممکن است موقعیت سطح مشترک بین سنگ‌دانه و قیر را تغیر بدهند، به‌طوری‌که قیر ترجیحاً سنگ‌دانه را مرطوب کند که این باعث بهبود چسبندگی می‌شود، یا
- ممکن است پیوند چسبنده بین سنگ‌دانه و قیر را بهبود دهند، بنابراین مقاومت بلندمدت جدا شدن قیر در اثر آب افزایش می‌یابد.

معمولاً، ۰٫۱ تا ۱٫۰ درصد آمین‌های چرب به‌عنوان افزودنی اصلی برای بهبود چسبندگی استفاده می‌شود. اعتقاد بر این است که گروه‌های آمین به سطح یک سنگ‌دانه متصل می‌شوند درحالی‌که گروه‌های چرب در قیر باقی می‌مانند. در نتیجه یک اتصال متقابل پیوند یونی بین سنگ‌دانه و قیر ایجاد می‌شود. به‌هرحال، این افزودنی‌ها ممکن است در دمای ذخیره‌سازی قیر نسبتاً ناپایدار باشند و می‌توانند غیرفعال شوند. همچنین ممکن است یک افزودنی نتواند چسبندگی مربوط به انواع سنگ‌دانه را افزایش دهد، یعنی ممکن است مخصوص سنگ باشند. همچنین ممکن است این مسئله وجود داشته باشد که درحالی‌که افزودنی چسبندگی اولیه را بهبود می‌بخشد، تأثیر بلندمدت آن محدود باشد یا تأثیر بلندمدت نداشته باشد. پیشنهاد شده که قبل از استفاده از افزودنی‌ها، باید آزمون‌های آزمایشگاهی انجام داد تا بتوان نوع و مقدار افزودنی را برای استفاده در ترکیبات قیر/سنگ‌دانه بهینه کرد. این کار ممکن است به‌وسیله محدوده وسیعی از روش‌ها انجام شود. برای مثال، جدول ۲ اطلاعات به‌دست‌آمده به‌وسیله آزمون جذب خالص برای دو نوع سنگ‌دانه مختلف و قیر با نفوذ ۱۰۰ با ۰٫۵ درصد عامل چسبنده و بدون عامل چسبنده را نشان می‌دهد. می‌توان مشاهده کرد درحالی‌که عامل چسبنده جذب اولیه را برای کوارتز دلریتی ۱۰٫۹ درصد افزایش می‌دهد، چسبندگی برای greywackes فقط ۳ درصد بهبود می‌یابد. به لحاظ بهبود حساسیت رطوبت بهبود کمی برای کوارتز دلریتی وجود دارد و برای greywackes بهبودی وجود ندارد. این مثال نشان می‌دهد که خواص سنگ‌دانه چطور بر تلاش‌های انجام‌شده برای بهبود چسبندگی اثر می‌گذارد. برای greywackes افزایش عامل چسبنده ضرورتاً کارایی را به مقدار کمی بهبود می‌بخشد.

جدول ۲: جذب خالص و اولیه به دست آمده از بایندهای مختلف

Aggregate type	Initial adsorption, %		Net adsorption, %	
	100 pen bitumen	100 pen bitumen with 0.5% adhesion agent	100 pen bitumen	100 pen bitumen with 0.5% adhesion agent
Quartz dolerite	52.2	63.1	46.4	49.6
Greywacke	64.6	67.6	54.3	50.4



شرکت فیدار یکی از اعضای اتحادیه صادرکنندگان نفت، گاز و مواد پتروشیمی است و تحت نظارت اتاق بازرگانی ایران فعالیت می نماید. گروه فیدار در ابتدا فعالیت خود را از سال هزار و سیصد و هفتاد و هفت و تحت عنوان شرکت فیدار ثنا شروع کرد و در طی سال های گذشته و با کسب تجربیات فراوان متخصصین گروه فیدار گام های بلندی در زمینه صادرات قیر به سراسر جهان برداشتند؛ و گروه فیدار به وسیله استفاده از امکانات مدرن بسته بندی قیر موجود در کارخانه فیدار اصفهان توانسته به یکی از بزرگ ترین و مطرح ترین صادرکنندگان قیر ایران در عرصه بین الملل تبدیل بشود. ارائه خدمات متنوع در زمینه صادرات مواد نفتی و بخصوص قیر از جمله استفاده از بسته بندی بشکه فلزی و پلی بگ و همچنین اظهار کالا در گمرکات باعث شده تا نام فیدار به عنوان یک نام معتبر در بازار بین المللی تلقی گردد.



آدرس: دفتر مرکزی تهران - خیابان آفریقا نرسیده به مدرسه مجتمع اداری الهیه پلاک ۲۴۴ طبقه هفتم واحد ۷۰۸

تلفن: ۹-۲۶۲۱۳۰۶۸ - ۷-۲۶۲۱۲۹۳۶