

# تحلیل چگونگی اثر رطوبت بر چسبندگی قیر بر مصالح سنگی آسفالت

مهدی صمیمی<sup>۱</sup>، شهرام یزداندوست<sup>۲</sup>، محمدزضا معماریان<sup>۳</sup>

## چکیده

برای توسعه ی پایدار کشور همواره می بایست به بحث ساخت و نگهداری راهها توجه ویژه داشت . یکی از مشکلاتی که همواره باعث افزایش هزینه های تعمیر و نگهداری راه بوده است بحث کاهش دوام آسفالت و در نتیجه اعمال هزینه های اصلاح آن می باشد. در این خصوص بر مکانیزم اثر رطوبت بر ایجاد خرابی در آسفالت و به طور خاص بحث چسبندگی مصالح سنگی کار شد. از جمله این خرابیها که به وفور در روسازیهای آسفالتی مشاهده می گردد، خرابیهایی است که ناشی از رطوبت بوده یا توسط آن تشدید شده است. یکی از خرابیهایی که مستقیماً از رطوبت ناشی می شود، عریان شدگی مصالح سنگی است که در آن غشاء نازک قیر از پیرامون مصالح سنگی جدا شده و در نتیجه سنگدانه ها در جای خود سست گردیده و خرابیهای دیگری همانند شن زدگی و ایجاد چاله را موجب می شود. در این پژوهش به دلایل ایجاد این نوع خرابیها . نظریه ها و فرضیات در مورد تأثیر رطوبت بر مخلوطهای آسفالتی، روش های شبیه سازی پدیده عریان شدگی در آزمایشگاه و ارائه مهمترین استانداردهای موجود در این زمینه از جمله ASTM D3625 و... پرداخته می شود.

**واژه های کلیدی:** زیان های رطوبتی، عریان شدگی، مخلوطهای آسفالتی متراکم و غیر متراکم.

---

<sup>۱</sup> - کارشناس ارشد راه و ترابری، بزرگراه جلال آل احمد، جنب ستاد مدیریت بحران، مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهرداری تهران، ۰۲۲۵-۰۹۱۲۳۹۵۰۴۴۲۶۱۳۱۶۰۰ samimi.mehdi@gmail.com

<sup>۲</sup> - دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوتکنیک، مدیر گروه مقاومت مصالح مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهرداری تهران، ۰۹۱۲۳۹۵۰۴۴۲۰۵۶۸۰۰۰ shahram\_yzd@yahoo.com

<sup>۳</sup> - کارشناس ارشد خاک و پی، ریاست مرکز مطالعات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح شهرداری تهران، بزرگراه یادگار امام، خروجی مرزداران، خ شقایق، و memarian\_m@yahoo.com

## ۱- تاریخچه تکامل

آزمایش‌های تعیین اثر رطوبت بر مخلوط‌های آسفالتی، تا قبل از دهه ۳۰ میلادی عمدتاً منحصر به ارزیابی چشمی تأثیر آب بر پوشش قیری مصالح سنگی بوده است. از جمله مهمترین این آزمایشها جوشاندن مخلوط آسفالتی غیر مراکم در آب بوده که تحت عنوان استاندارد ASTM D3625 ثبت گردیده است. پس از دهه ۵۰ میلادی، توجه به تأثیر بر مشخصات مکانیکی مخلوط آسفالتی، از جمله مقاومت فشاری، کششی و حتی مقاومت شیارافتادگی افزایش یافت. در آزمایشهای ابداع شده بر این اساس از مخلوط‌های آسفالتی متراکم شده استفاده می‌شود. آزمایش ASTM D1075 جزء خستین آزمایشهای معرفی شده در این زمینه که در آن نسبت مقاومت فشاری مخلوط آسفالتی در دو حالت اشباع و خشک سنجیده می‌شود. در دهه‌های ۷۰ و ۷۰ میلادی، اثر دوره‌های ذوب و انجماد بر مشخصات مکانیکی مخلوط‌های آسفالتی مورد توجه قرار گرفت و بر این مبنا آزمایش‌هایی طراحی و بعدها مورد اصلاح و بازنگری قرار گرفت.

این آزمایش که یکی از متداولترین روشهای ارزیابی تأثیر رطوبت بر مشخصات مکانیکی مخلوط‌های آسفالتی است، تحت استاندارد AASHTO تدوین و ارائه گردیده و هم‌اکنون از مقبولیت زیادی برخوردار است. با استفاده از این روش می‌توان تأثیر افزودنی‌هایی مانند آهک هیدراته و سیمان پرتلند را بر مشخصات مکانیکی مخلوط آسفالتی ارزیابی نمود. استفاده از تجهیزات ارزیابی مقاومت شیارافتادگی نظیر دستگاههای هامبورگ<sup>۱</sup> و ماکروس<sup>۲</sup> نیز معیارهای مناسبی از تأثیر رطوبت بر مقاومت مخلوط آسفالتی بدست می‌دهد. انجام آزمایشهای عملکردی بر مبنای سیستم‌های ECS<sup>۳</sup> و SAT<sup>۴</sup> نیز در دهه‌های اخیر به عنوان روش‌های نوین ارزیابی تأثیر رطوبت بر مشخصات عملکردی مخلوط‌های آسفالتی مطرح گردیده‌اند.

## ۲- بررسی عوامل مؤثر بر چسبندگی قیر به سنگدانه

عارضه عریان شدگی<sup>۵</sup> مخلوط آسفالتی، به دلیل کمبود چسبندگی بین مصالح سنگی و قیر بوجود می‌آید و شدیداً وابسته به خصوصیات فیزیکی - شیمیایی قیر و سنگدانه است. اهمیت این پدیده در مخلوط‌های آسفالتی با دانه‌بندی باز و اساس‌های آسفالتی که وظیفه زهکشی آب را نیز بر عهده دارند بیشتر است. زیرا جریان آب به راحتی در خلوط آسفالتی نفوذ نموده و تعادل ترمودینامیکی<sup>۶</sup> سیستم قیر - سنگدانه را تغییر می‌دهد. مخلوط‌های آسفالتی، دارای دو فاز سنگدانه و قیر با خواص کاملاً متفاوت هستند. بخشی از مقاومت مخلوط آسفالتی، ناشی از مقاومت چسبندگی قیر و سنگدانه و بخش مهمتر آن ناشی از قفل و بست و اصطکاک بین سنگدانه است. اگر چسبندگی بین سنگدانه قیر به صورت مناسب و کامل برقرار شده باشد، زوال مخلوط آسفالتی با تخریب قیر آغاز می‌گردد. اما در شرایطی که چسبندگی قیر به سنگدانه کامل و مطلوب نباشد، صفحه شکست به صورت عمده و یا حتی به‌ظهور کامل در فصل مشترک قیر و سنگدانه‌ها قرار می‌گیرد و موجب تخریب زودرس مخلوط آسفالتی می‌گردد [۱ و ۲ و ۳].

مهمترین عوامل تأثیرگذار بر چسبندگی قیر و سنگدانه، شامل خصوصیات فیزیکی - شیمیایی قیر و خواص معدنی و ویژگی‌های سطحی سنگدانه‌هاست که در ادامه به بررسی آنها پرداخته شده است.

<sup>۱</sup> . Hamburg wheel tracking machine

<sup>۲</sup> . Macross wheel tracking machine

<sup>۳</sup> . Environmental Conditioning System

<sup>۴</sup> . Simple performance Test

<sup>۵</sup> . Thermodynamci Balance

<sup>۶</sup> . Thermodynamic balance

## ۲-۱-۱- خواص قیر

### ۲-۱-۱-۱- کشش سطحی<sup>۱</sup>

کشش سطحی و انرژی آزاد<sup>۲</sup> مفاهیم وابسته‌ای هستند که معمولاً جهت تعریف فصل مشترک بین دو ماده متفاوت مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نیرو، تمایل به منقبض کردن سطح سیال را دارد. مطابق تعریف انرژی سطحی یا انرژی سطحی آزاد، میزان کار بر واحد سطح موردنیاز است تا بتوان سطح مشترک بین دو ماده را به آستانه انبساط رساند. در ارتباط با پوشش مناسب سنگدانه توسط قیر، می‌توان چنین فرض کرد که هر چقدر انرژی سطحی قیر بیش‌تر باشد، تو آن پوشش دادن سنگدانه توسط قیر کاهش می‌یابد. [۲]

### ۲-۱-۲- کندروانی<sup>۳</sup>

کندروانی و دما دو ویژگی وابسته به هم هستند که نشان‌دهنده درجه فعالیت یا میزان تحرک مولکولی و بزرگی نیروهای جذب‌کننده در مایعات می‌باشند. تحقیقات مؤید این حقیقت است که مقاومت قیرهای با کندروانی بالاتر در مقابل عریان‌شدگی، بیش از قیرهای با کندروانی پایین است [۳].

### ۲-۱-۳- منبع قیر و ترکیبات آن

قیر ماده‌ای مرکب از اجزاء هیدروکربنی با ویژگیهای شیمیایی و مولکولی متفاوت است. تنها بخش کوچکی از اجزاء مولکولی قیر توان اتصال مناسب به سطوح سنگدانه را دارند. مراکز بار مثبت و منفی در چنین مولکولهایی که به نام دو قطبی<sup>۴</sup> شناخته می‌شوند، بر یکدیگر منطبق نیستند [۱ و ۲ و ۳].

مطالعات انجام شده در زمینه ویژگی‌های قیرهای با منابع مختلف، نشان داده است که قدرت چسبندگی و استعداد عریان‌شدگی در قیرهایی که دارای منابع مختلف هستند، متفاوت است [۴]. تراکسلر<sup>۵</sup> بر روی تأثیر پارافین بر قدرت چسبندگی قیر تحقیقات بسیاری انجام داده است. همچنین، لی<sup>۶</sup> در تحقیقات خود نشان داده است که تأثیر بر خواص عریان‌شدگی قیر، بیش از مواد آسفالتی آن است [۵]. طی تحقیقات انجام شده بر روی قیرهای مختلف، تأثیر ترکیبات مختلف قیر بر قدرت چسبندگی آن چندان قابل توجه نیست. [۶].

### ۲-۱-۴- دوام قیر<sup>۷</sup>

رفتار سیستم قیر - سنگدانه نه تنها به ویژگی‌های ابتدایی قیر وابسته است، بلکه به شدت تحت تأثیر خواص قیر پس از استفاده در مخلوط و تجربه ترافیک و شرایط مختلف آب و هوایی است. قرارگیری در معرض شرایط جوی مختلف، تغییراتی را در کندروانی، کشش سطحی و ترکیبات تشکیل‌دهنده آن بوجود می‌آورد. مکانیزم دقیق تأثیر این تغییرات بر پدیده چسبندگی قیر به سنگدانه هنوز کاملاً شناخته شده نیست و نیاز به تحقیقات وسیع‌تر دارد [۷].

---

1 . Surface tension  
2 . Free Surface energy  
3 . Viscosity  
4 . Depoles  
5 . Traxler  
6 . Lee  
7 . Durability of the binder

## ۲-۲-۲- خواص سنگدانه

مصالح سنگی مورد استفاده در راهسازی دارای تنوع قابل توجهی بویژه در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی می‌باشد. بخشی از این خصوصیات که تأثیر آنها بر کیفیت چسبندگی قیر به سنگدانه تأیید شده است، در ادامه توضیح داده می‌شوند.

### ۲-۲-۲-۱- کانی‌شناسی<sup>۱</sup>

ترکیب معدنی مصالح سنگی، اصلی‌ترین و مهم‌ترین ویژگی سنگدانه در خصوص پدیده چسبندگی قیر و مصالح سنگی محسوب می‌گردد. مصالح سنگی، مانند تمامی مواد معدنی موجود در طبیعت دارای سطوحی باردار (از نظر الکتریکی) هستند. وقتی این سطوح توسط مایعی با بار الکتریکی مخالف پوشانده شود، پیوند ایجاد شده کاملاً پایدار خواهد بود. مایعی می‌تواند اتصال قوی‌تر با سطح سنگدانه برقرار سازد که نیاز الکتریکی سطوح سنگدانه را بیشتر برآورده سازد. اگر مقایسه قدرت چسبندگی دو مایع به سطح سنگدانه مدنظر باشد، می‌توان فرض نمود که مایع با قدرت چسبندگی بیشتر، می‌تواند جایگزین سطوح پوشیده شده توسط مایع دیگر شود. (۱-۳۸) این پدیده به عریان‌شدگی مشهور است و طی آن، آب غشاء قیر چسبیده به مصالح سنگی را از آن جدا می‌سازد. معمولاً در مصالح سنگی با خواص بازی قدرت چسبندگی قیر به سنگدانه بیشتر از آب است. در حالیکه در مصالح سنگی اسیدی، تمایل چسبندگی آب به سطوح سنگدانه بیشتر از قیر بوده و لذا در این نوع مصالح سنگی، پدیده عریان‌شدگی با وسعت بیشتری مشاهد می‌شود [۲].

### ۲-۲-۲-۲- زبری سطح<sup>۲</sup>

زبری سطح سنگدانه بر دو عامل میزان آغشته شدن سطح سنگدانه به قیر<sup>۳</sup> و قدرت چسبندگی قیر به سنگدانه تأثیرگذار است. زبری زیاد سطح سنگدانه می‌تواند میزان آغشته‌گی سطح به قیر را بطور معکوس تحت تأثیر قرار دهد از سوی دیگر، افزایش زبری سطح سنگدانه، قدرت چسبندگی قیر را افزایش می‌دهد. زیرا با افزایش زبری، سطح تماس سنگدانه و قیر افزایش یافته و امکان توزیع در سطح بزرگتری را خواهند داشت و این پدیده منجر به کاهش تنشهای برشی در سطح مشترک قیر و سنگدانه خواهد شد [۵].

### ۲-۲-۲-۳- آلاینده‌های سطحی

مصالح سنگی مورد استفاده در عملیات راهسازی، غالباً دارای پوششی از گردوغبار و یا رطوبت سطحی هستند. حضور گرد و غبار در فصل مشترک قیر و سنگدانه مانع از تشکیل پیوند مناسب بین آنها می‌گردد. در این صورت استفاده از قیر با کندروانی پایین‌تر، می‌تواند کیفیت چسبندگی را افزایش دهد. مصالح سنگی شکسته و خشک نیز چنانچه در معرض هوای محیط قرار گیرد، در مدت زمان کوتاهی رطوبت جذب می‌کنند تبخیر کامل این رطوبت مستلزم حرارت دادن مصالح سنگی تا دمای بسیار زیاد است که انجام آن اغلب دارای توجیه اقتصادی نیست [۷].

## ۲-۲- خواص آب

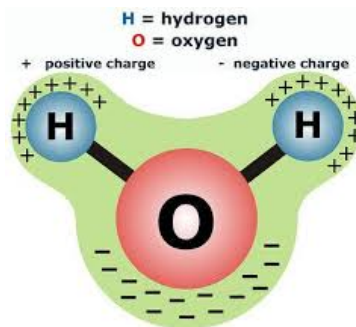
حضور آب چه در حالت بخار و چه در حالت مایع، اصلی‌ترین عامل عریان‌شدگی مصالح سنگی در مخلوطهای آسفالتی قلمداد می‌شود. آب در حالت مایع از طریق منافذ موجود در مخلوط آسفالتی به جسم آسفالتی نفوذ می‌نماید. وجود منافذ

<sup>۱</sup> . Mineralogy

<sup>۲</sup> . Surface Roughness

<sup>۳</sup> . Wetting

بسیار ریز در اندود قیری سنگدانه‌ها نفوذ آب به زیر غشاء قیری سنگدانه را امکان‌پذیر می‌سازد. نفوذ آب در حالت بخار نیز می‌تواند منجر به عریان‌شدگی مخلوط‌های آسفالتی شود. مولکول‌های آب دارای خاصیت قطبی هستند. یعنی مرکز بارهای مثبت و منفی در مولکول آب بر هم منطبق نیستند (شکل ۱) [۷].



شکل ۱: دو قطبی بودن مولکول آب

در یک محیط الکترواستاتیکی، مولکول‌های آب به راحتی می‌توانند جذب سنگدانه‌های با خاصیت اسیدی شده و بار الکتریکی موجود روی سطح آنها را خنثی نمایند. میزان PH آب نیز نقش قابل توجهی در کیفیت چسبندگی قیر به سنگدانه در حضور آب ایفاء می‌نماید. جی‌زمسکی<sup>۱</sup> [۴] در تحقیقات خود نشان داد که محلول‌های با PH بالا، تمایل به سطوح سنگدانه‌های بازی دارند در حالیکه محلول‌های با PH پایین، اغلب جذب سطوح سنگدانه‌های اسیدی می‌شوند.

### ۳- چسبندگی قیر به سنگدانه

چسبندگی قیر به سنگدانه پدیده بسیار پیچیده‌ای است که از پارامترهای فراوانی تأثیر می‌پذیرد. مهمترین نظریه‌های چسبندگی ارائه شده در این زمینه در ادامه تشریح گردیده است [۲].

#### ۳-۱- نظریه چسبندگی مکانیکی

با توجه به اصول مکانیکی حاکم بر پدیده چسبندگی، بافت سطحی و قفل و بست شدن غشاء قیر بواسطه نفوذ آن در خلل و فرج سطح سنگدانه، مهمترین عوامل چسبندگی مکانیکی قیر به سنگدانه محسوب می‌شود. مهمترین عامل تخریب چسبندگی قیر و سنگدانه، هوا و رطوبت محبوس شده در خلل و فرج سنگدانه است که موجب از دست رفتن زودرس چسبندگی قیر و سنگدانه خواهد شد. زبری سنگدانه از سویی باعث تأمین سطح بریشتری برای تماس قیر و سنگدانه می‌شود ولی از سوی دیگر، باعث افزایش زوایای تیزگوشه در سطح سنگدانه می‌گردد که پوشش قیر در این زوایا نازکتر از سایر نواحی بوده و نتیجتاً استعداد آغاز پدیده عریان‌شدگی در این نقاط بیشتر خواهد بود [۹]. تحقیقات لی و نیکولاس<sup>۲</sup> [۱۰] نشان داد که حرکت لایه قیر نسبت به سنگدانه (ناشی از ضعف چسبندگی قیر به سنگدانه) به ابعاد کریستال‌های سطح سنگدانه نیز وابسته است. هر چقدر ابعاد کریستالها بزرگتر باشد، حرکت قیر نسبت به سنگدانه بیشتر مشاهده می‌شود. بر این اساس مصالح سنگی به دو دسته تقسیم می‌شوند. سنگدانه‌هایی با خواص چسبندگی مناسب، مثل آهک‌های کریستالی و سنگدانه‌هایی با خواص چسبندگی ضعیف شامل سنگ‌های با ساختار کریستالی پنهان<sup>۳</sup> از قبیل گرانیت، دیوریت و کوارتز.

<sup>۱</sup> . Gzmski

<sup>۲</sup> . Lee & Nicholas

<sup>۳</sup> . Cryptocrystalline rocks

### ۳-۲- نظریه قطبیت مولکولی

مولکول‌های قیر از جهتی به سطوح سنگدانه‌ها متصل می‌شوند که بتوانند انرژی سطحی موردنیاز سنگدانه را تا حد امکان تأمین نمایند [۱]. جهت و نحوه اتصال مولکول‌های قیر، وابسته به آرایش یونی در سطح سنگدانه است. نتایج تحقیقات انجام شده در این زمینه نشان می‌دهد که ضخامت لایه مولکول‌های جهت‌یافته بسیار کوچک و در محدوده ده یا هزار انگستروم است. اندازه‌گیری ضخامت این لایه توسط تابش پرتو x بوسیله مک<sup>۱</sup> انجام پذیرفت [۱۱].

### ۳-۳- نظریه واکنش شیمیایی سطحی

این نظریه، پدیده چسبندگی قیر و سنگدانه را با استناد به واکنش بین اجزاء شیمیایی سطح سنگدانه و قییر توجیه می‌نماید [۲]. این نظریه همواره مورد توجه و نقد و بررسی بوده است. عده‌ای از محققین نظیر بکر<sup>۲</sup> [۱۲]، داگلاس<sup>۳</sup> [۸]، نایت<sup>۴</sup> [۹] و کاریوس<sup>۵</sup> [۱۳] این نظریه را مورد تردید قرار داده‌اند. زیرا واکنش مستقیم بین اجزای اسیدی قیر و بازی سنگدانه هیچگاه ثابت نشده است. از سوی دیگر عده‌ای از محققین شیوع پدیده عریان‌شدگی در مخلوطهای آسفالتی یا سنگدانه‌های اسیدی را توجیهی بر صحت نظریه واکنش شیمیایی سطحی می‌دانند [۲ و ۴ و ۱۴].

### ۳-۴- نظریه انرژی سطحی<sup>۶</sup>

نظریه انرژی سطحی که مقبولیت بیشتری نسبت به سایر نظریه‌ها دارد، چسبندگی را پدیده‌ای ترمودینامیکی می‌داند که مهمترین عامل مؤثر در آن، انرژی سطحی عناصر چسباننده و چسبیده شده است. مطابق این نظریه، چسبیدن قیر به سنگدانه یا حتی جدا شدن آنها از یکدیگر، منوط به ایجاد تغییر در انرژی آزاد موجود در کل سیستم سنگدانه و قیر است. این نظریه، هیچ‌گونه فرضی در مورد ماهیت نیروهای چسبندگی بین قیر و سنگدانه و مقدار نیروی لازم برای غلبه بر چسبندگی دو جزء چسبیده شده<sup>۷</sup> به یکدیگر توسط ماده چسباننده<sup>۸</sup> انجام نشده است.

در این نظریه، بر تأثیر قطبی بودن مولکول‌ها بر پدیده چسبندگی تأکید گردیده است. مایعاتی با خاصیت قطبی، به نحو مطلوبی می‌توانند انرژی آزاد سطحی خود را تا سطحی نسبتاً پایدار (از نظر ترمودینامیکی) کاهش دهند. لذا نسبت به مایعات غیرقطبی، به نحوه مناسبتری به سطوح سنگدانه‌ای می‌چسبند. این فرضیه می‌تواند برای کاهش توجیه پدیده عریان‌شدگی و جایگزینی آب بجای قیر (با توجه به خاصیت قطبی بسیار زیاد آب) بکار گرفته شود [۱ و ۲ و ۱۳].

## ۴- بررسی مکانیزم‌های خرابی در اتصال قیر و سنگدانه

در یک تقسیم‌بندی کلی، مکانیزم‌های<sup>۹</sup> خرابی در مخلوطهای آسفالتی به دو دسته تفکیک می‌شوند: تخریب پیوستگی<sup>۱۰</sup> و تخریب چسبندگی<sup>۱۱</sup>. در عارضه تخریب پیوستگی، صفحه شکست کاملاً درون ماده چسباننده (قیر) قرار می‌گیرد. اما در عارضه تخریب چسبندگی، اتصال سنگدانه‌ها با قیر از بین رفتن و صفحه شکست در فصل مشترک قیر و سنگدانه قرار می‌گیرد.

1 . Mack

2 . Becker

3 . Douglas

4 . Knight

5 . Karius

6 . Interfacial energy

7 . Adherend

8 . Adhesive, binder

9 . Failure modes

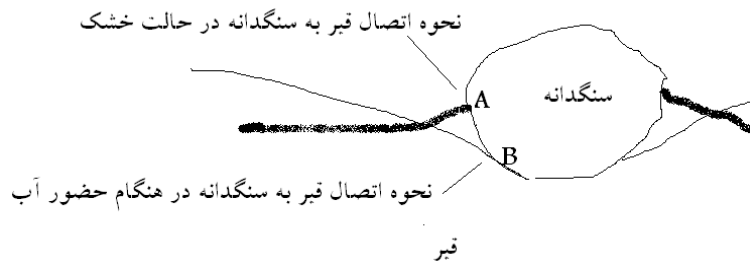
10 . Cohesion Failure

11 . Adhesion failure

تخریب پیوستگی در مخلوطهای آسفالتی که به وسیله مصالح سنگی خشک و تمیز تهیه می‌شوند، بیشتر قابل مشاهده است. از سوی دیگر در شرایط حضور آب و شرایط جوی غیرمساعد تخریب چسبندگی بیشتر اتفاق می‌افتد.

#### ۴-۱- جایگزینی آب و قیر<sup>۱</sup>

تحقیقات انجام شده توسط بلات<sup>۲</sup> [۱۵] در زمینه توضیح مکانیزم جایگزینی آب و قیر در مخلوط آسفالتی، منجر به نتایج مهمی گردید. بلات تعادل یک سنگدانه در داخل غشاء قیر را بصورت شکل ۲ نمایش داد. نقطه A در شکل مذکور، بیان‌کننده موقعیت تعادلی سیستم سنگدانه - قیر در وضعیت خشک است. هنگام اضافه شدن آب به سیستم سنگدانه و قیر، نقطه تماس A دارای شرایط تعادلی نیست. لذا نقطه تماس در تمام سطح تماس سنگدانه و قیر منقبض شده و به نقطه B می‌رسد. در این نقطه، زاویه تماس بگونه‌ایست که شرایط تعادلی مجدداً برقرار می‌گردد. مطالعات بیشتر بلات نشان داد که مادامیکه پوشش قیری سنگدانه‌ها مناسب باشد، انقباض قیر منجر به پدیده «ریان شدگی» نخواهد شد. بر خلاف نظر بلات، نیکولاس و لی [۱۰] ادعا نمودند که انقباض قیر دلیلی اصلی ایجاد بسیاری از خرابی‌های آسفالت است.



شکل ۲: موقعیت تعادلی سیستم قیر و سنگدانه در دو حالت خشک و اشباع

در مطالعات بسیاری نشان داده شده است که پدیده «ریان شدگی»، تابعی از کندروانی است. بدین معنا که قیرهای با کندروانی بالاتر، مقاومت بیشتری در مقابل جایگزینی آب آن جام می‌دهند. بنابراین چنانچه مخلوط آسفالتی تازه اجرا شده، قبل از رسیدن به دمای مناسب در معرض بارش باران قرار بگیرند، احتمال بروز «ریان شدگی» یا انواع خرابیهای ناشی از تضعیف چسبندگی قیر و سنگدانه در آنها افزایش خواهد یافت [۵].

#### ۴-۲- جدایی قیر از سنگدانه<sup>۳</sup>

منظور از جدایی قیر از سنگدانه، حالتی است که اتصال یک سنگدانه با مخلوط آسفالتی از بین رفته اما پوشش قیری سنگدانه سالم باقی مانده است. ایجاد این پدیده، معمولاً به جایگزینی قیر توسط لایه نازکی از آب نسبت داده می‌شود. مصالح سنگی خاک‌دار نیز می‌توانند باعث ایجاد این پدیده یا تشدید آن باشند. فرضیه جدایی قیر از سنگدانه و علل ایجاد آن توسط هوبارد<sup>۴</sup> [۱۱]، ویل هیلمی<sup>۵</sup> و اسکولز<sup>۶</sup> [۱۶] توضیح داده شده و صحت آن عملاً به اثبات رسیده است. طی نتایج بدست آمده از تحقیقات هوگز<sup>۷</sup>، پدیده جدایی قیر از سنگدانه اغلب در مورد سنگدانه‌هایی با مقادیر زیاد کورتز و فلدسپار اتفاق می‌افتد. همچنین قیرهای با کندروانی بالاتر استعداد بیشتری برای ابتلاء به این عارضه دارند. مشاهدات هوگز

1. Displacement concept  
 2. Blott  
 3. Detachment theory  
 4. Hubbard  
 5. Wilhilmi  
 6. Schulze  
 7. Hughes

نشان داد که سنگدانه‌هایی که دچار عارضه جدایی از قیر شده‌اند، پس از خشک شدن دوباره به قیر متصل می‌شوند و هر چقدر کندروانی قیر کمتر باشد، این اتصال با سرعت بیشتری بوقوع می‌پیوندد.

رطوبتی که باعث جدایی قیر از سنگدانه می‌شود، از سه منبع ممکن است بوجود آید:

الف - گردش هوای مرطوب در بافت مخلوطهای آسفالتی با دانه‌بندی باز

ب - مجاورت مستقیم آب و مخلوط آسفالتی، به مفهوم اشباع‌شدگی سطح آسفالت توسط آب

ج - آب نکه داشته شده در حفرات مویبه سنگدانه‌ها



شکل ۳: شن زدگی ناشی از ضعف در اتصال قیر و سنگدانه

خصوصیات شیمیایی سطوح تماس قیر و سنگدانه نیز در چگونگی ایجاد پدیده جدایی قییر از سنگدانه اهمیت فراوان دارد [۱۷]. آبی که به سطح تماس قیر و سنگدانه نفوذ می‌نماید، تمایل شیمیایی قابل ملاحظه‌ای به شبکه سیلیسی سطح سنگدانه دارد و این تمایل باعث افزایش PH در سطح تماس قیر و سنگدانه و نتیجتاً افزایش سرعت واکنش می‌شود. افزایش PH اغلب به واکنش یونهای هیدروکسیل<sup>۱</sup> با آب نسبت داده می‌شود. پدیده جدایی قیر از سنگدانه را نمی‌توان با انجام آزمایش‌های ساده بر روی نمونه‌های آزمایشگاهی شبیه‌سازی نمود. به کرات مشاهده شده است که در بیساری از شرایط بارگذاری، نیروی قابل تحمل توسط اتصال قیر و سنگدانه در حالتی که پدیده جدایی قیر و سنگدانه تا حد زیادی رخ داده است، برابر با حالتی بدست آمده که پدیده مذکور بوجود نیامده است. نتیجه این آزمایش‌ها به شدت وابسته به نوع تنش وارد شده و همچنین خواص تغییر شکل‌پذیری قیر است. اعمال تنش‌های کششی شدید با فرکانس بالا به سرعت بالا به سرعت باعث تخریب اتصال قیر و سنگدانه می‌شوند. در حالیکه اعمال تدریجی تنش‌های کششی و ایجاد تأخیر در بارگذاری بدون تخریب اتصال باعث ایجاد پدیده گلوبی شدن<sup>۲</sup> در قیر می‌گردد.

## ۵- نتیجه‌گیری

خرابی‌های ناشی از عریان‌شدگی در روسازی راه‌ها سالانه هزینه‌های هنگفتی برای ترمیم و نگهداری آن‌ها بر دوش کارفرمایان می‌گذارد. در این بین شایسته است با مطالعه‌ی میکروسکوپی مناسب‌ترین سنگدانه برای ساخت راههای مستعد پدیده‌ی عریان‌شدگی انتخاب شود. انجام آزمایش دوام نمونه‌های آسفالتی در برابر رطوبت می‌تواند در خصوص تشخیص نوع مصالح و میزان چسبندگی قیر به آنها بسیار راهگشا باشد. استفاده از سنگدانه‌های با ساختار کریستال همانند آهک و عدم استفاده از سنگدانه‌های با ساختار کریستال پنهان همانند گرانیت نقش بسزایی در پاسخ مخلوط آسفالت در آزمایشات دوام آسفالتی دارد. یکی از مواردی که می‌تواند علاوه بر پارامترهای مقاومتی مخلوط آسفالتی موثر باشد بحث دوام در برابر رطوبت است که با انجام آزمایشات دوام مخلوط آسفالتی در برابر رطوبت می‌توان شناخت دقیق تری از رفتار مخلوط آسفالتی در بلند مدت حاصل کرد.

<sup>۱</sup> . Hydroxyl ions

<sup>۲</sup> . Necking



## مراجع

1. Hubbard, P. Adhesion of Asphalt to Aggregates in the Presence of Water. Highway Research Board, Vol. 18, p. 238, 1938.
2. Rice, J. M. Relationship of Aggregate Characteristics to the Effect of Water on Bituminous Paving Mixtures. American Society for Testing and Materials, STP 240, p. 17, 1958.
3. Winterkorn, H. F. Surface chemical Aspects of the Bound Formation between Bituminous Materials and Mineral Surfaces. The Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 7, p. 68, 1937.
4. Gzemski, F. C. Factors Affecting Adhesion of Asphalt to Stone. The Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 17, p. 74, 1948.
5. Lee, A. R. Adhesion in Relation to Bituminous Road Materials. Journal of the Society of Chemical Industry, Vol. 55, pp 23-9T, 1963.
6. Mack, C. physicochemical Aspects of Asphalt Pavements: Energy Relations an Interface between Asphalt and mineral Aggregate and Their Measurements. Industrial Engineering Chemistry, Vol. 27, pp. 1500-5, 1935.
7. Thelen, E. Surface Energy and Adhesion Properties in Asphalt-Aggregate Systems. Highway Research Board Bulletin 192, p. 63.1958.
8. Douglas, J. F. Adhesion between Binders and Aggregates. Journal of Institution of Civil Engineers, England. No. 3, p. 292, Jan 1947.
9. Knight, B. H. The Adhesion of Bituminous Binders to Road Aggregates, The Surveyor, Vol. 93, No. 2300, pp. 77-80, Jan 1983.
10. Lee, A. R. and Nicholas, J. W. Adhesion in Construction and Maintenance of Roads. Adhesion and Adhesives, Fundamentals and Practice, Society of Chemical Industry, London, 1954.
11. Hoekstra, J. and Fritzius, C.P. Rheology of Adhesives. Adhesion and Adhesives. Edited by De Bruyne and Houwink, Elsevier Publishing Co., New York, 1951.
12. Clark, R. G. Development of Additives to Promote Adhesion of Bituminous Materials. Pacific Road Builder and Engineering Review, June 1946.
13. Karius, H., and Dalton, J. L. Detachment of Stone from Binder under Influence of Water in Road Surface Dressings. Journal of Institute of Petroleum, Vol. 50, No. 481, pp. 1-14, Jun. 1964.
14. Andersland, O.B., and Goetz, W. H. Sonic Test for Evaluation of Stripping Resistance in compacted Bituminous Maxtres. The Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 25, p. 148, 1956.
15. Blott, J.F.T., Lamb, D. R., and Pordes, O. Wetting and Adhesion in Relation to the Surface Dressing of Roads with Bituminous Binder. Adhesion and Adhesives, Fundamentals and Practice, Society of Chemical Industry, London, 1954.
16. Wihilmi, R., and Schulze, K. Contact Surface Phenomena in the System of Water Bituminous Binder and Their Importance of Constructional Practice: Part2, Influence of Water on Binder and Their Importance of Constructional Practice: Part 2, Influence of Water on Binder Adhesion to Solid Bodies. Bitumen, Teere, Asphalt, Peche, Vol. 6, p. 12, 1995.
17. Hughes, R. I., Lamb, D. R., and Porder, O. Adhesion in Bitumen Macadam.
18. Bituminous Materials in Road Construction. Department of Scientific and Industrial Research, Road Research Laboratory, London, 1962.