Pavement Engineering

قیر و انواع آن

- قیر ماده‌ای سیاه‌رنگ است که عمده بخش‌های آن را هیدروکربن‌های سنگین تشکیل داده است و مقادیر کمی سولفور، نیتروژن، اکسیژن و مقادیر ناچیزی از فلزاتی همچون وانادیم، نیکل، آهن، منیزیم و کلسیم در آن وجود دارد.
- قیر تقریباً متشکل از حدود ۸۲-۸۸ درصد کربن، ۸-۱۱ درصد هیدروژن، ۰-۶ درصد سولفور، ۱-۱/۵ درصد اکسیژن و ۰-۱ درصد نیتروژن است.
- متداول‌ترین روش تولید قیر، پالایش نفت خام در برج تقطیر پالایشگاه‌هاست که قیر حاصل از این روش قیر نفتی نامیده می‌شود.
- قیرهای طبیعی شامل دریاچه‌های قیر، قیر سنگ و گیلسونایت می‌باشند.

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

قیرهای طبیعی

- استان کرمانشاه (ایلام، پاطاق ، گشان)
- پیشکوه و پشت کوه لرستان (قطعه قیران)
- نزدیکی بیله سوار مغان (قیره دره)
- بهبهان

آزمایش‌های قیر های خالص

آزمایش‌های قیر را می‌توان به پنج گروه کلی طبقه‌بندی نمود که عبارت‌اند از:

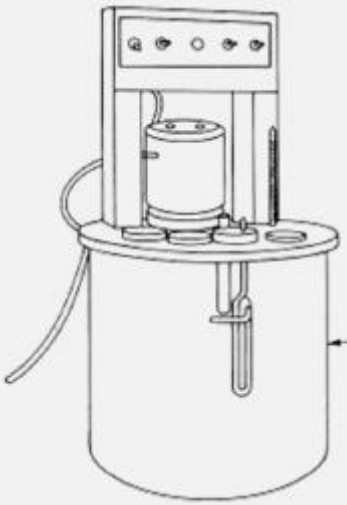
- آزمایش‌های روانی؛
- آزمایش‌های پیرشدگی؛
- آزمایش درجهٔ خلوص؛
- آزمایش‌های ایمنی؛
- سایر آزمایش‌ها.

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir

Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

آزمایش کند روانی کینماتیکی



- استاندارد ASTM D2170 برای اندازه‌گیری ویسکوزیتهٔ کینماتیکی قیر در دمای ۱۳۵ درجهٔ سانتی‌گراد به‌کار می‌رود.
- در این دما، قیر به‌اندازه‌ای نرم و روان است که می‌تواند تنها با تکیه بر نیروی گرانش جریان یابد و نیازی به اعمال نیروی خلاء نیست.
- علت انتخاب این دما این است که اختلاط و اجرای مخلوط‌های آسفالتی داغ (HMA) معمولاً در چنین دمایی انجام می‌شود.
- ویسکوزیتهٔ قیر برحسب سانتی استوکس برابر با حاصل‌ضرب مدت‌زمان اندازه‌گیری شده در ضریب کالیبراسیون دستگاه است.

آزمایش کند روانی

رابطهٔ (۵-۱) برای تعیین ویسکوزیته به‌کار می‌رود.

$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1}{T_1} \qquad (۵-۱)$$

در این رابطه:

V_1= ویسکوزیتهٔ ماده استاندارد؛

T_1= مدت‌زمان عبور مادهٔ استاندارد از لولهٔ دستگاه؛

V_2= ویسکوزیتهٔ مادهٔ مورد آزمایش؛

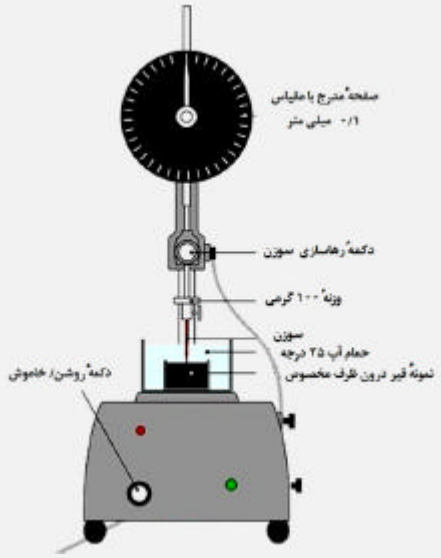
T_2= مدت زمان عبور مادهٔ مورد آزمایش از لوله دستگاه؛

$\frac{V_1}{T_1}$= ضریب کالیبراسیون دستگاه.

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

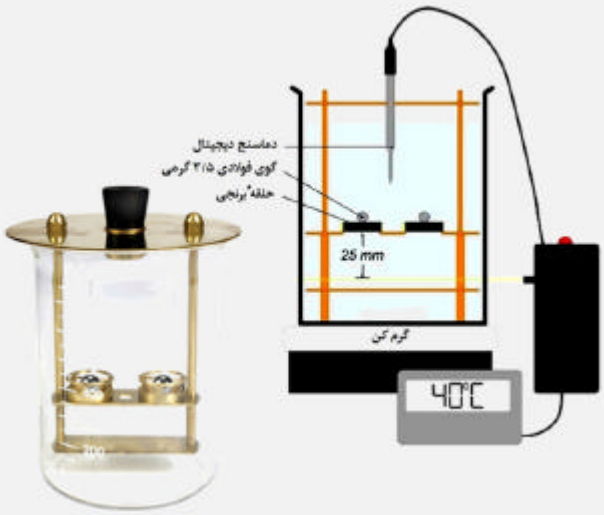
آزمایش درجه نفوذ



- برای انجام این آزمایش قیر و ظرف نگه‌دارندهٔ آن را باید تا رسیدن دمای هردو به مقدار تعیین‌شده (معمولاً ۲۵ سانتی‌گراد) در حمام آب نگاه داشت.
- سپس نمونه درون دستگاه قرار می‌گیرد و سوزنی با مشخصات معین روی آن سوار می‌شود. روی این سوزن وزنه‌ای ۱۰۰ گرمی نیز قرار داده می‌شود تا این وزن عاملی برای فرو رفتن سوزن به درون قیر شود.
- در نهایت کافی است تا مدت ۵ ثانیه اجازه دهیم سوزن به درون قیر نفوذ کند.
- میزان نفوذ سوزن به درون قیر برحسب دهم میلی‌متر به‌عنوان نتیجه آزمایش گزارش می‌شود.

دانشگاه صنعتی سیرجان | مهندسی روسازی | ۷

آزمایش نقطه نرمی



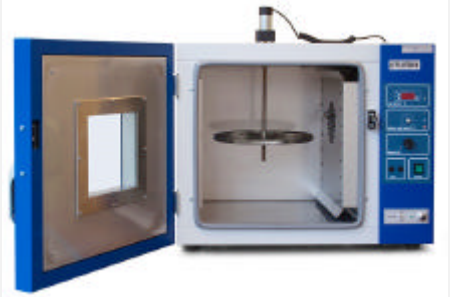
- این آزمایش با استفاده از روش حلقه و گلوله (R&B) و بر طبق استاندارد ASTM D36انجام می‌شود.
- نقطهٔ نرمی درواقع دمایی است که لایهٔ قیر توانایی تحمل وزن گلوله‌های فلزی را نداشته و گلوله‌ها شروع به عبور از درون قیر می‌کنند.
- هدف از انجام این آزمایش تعیین دمایی است که قیر از حالت جامد به حالت مایع تغییر حالت می‌دهد.

دانشگاه صنعتی سیرجان | مهندسی روسازی | ۸

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

آزمایش پیر شدگی لعاب نازک قیر



- برای انجام آزمایش لعاب نازک قیر، ۵۰ گرم قیر درون یک ظرف فلزی به قطر ۱۴۰ و ارتفاع ۱۰ میلی‌متر ریخته می‌شود.
- ضخامت این مقدار قیر درون ظرف حدود ۰/۳۲ سانتی‌متر خواهد بود.
- سپس نمونهٔ قیر داخل گرمخانه‌ای که امکان تهویهٔ هوا در آن وجود دارد، قرار گرفته و دما روی ۱۶۳ درجهٔ‌سانتی‌گراد ثابت نگاه داشته می‌شود.
- صفحهٔ دوار درون گرمخانه در هر دقیقه ۵ الی ۶ دور می‌چرخد. نمونه به مدت ۵ ساعت درون گرمخانه حرارت می‌بیند، سپس از گرمخانه خارج و درون ظرفی قرار داده می‌شود تا ویسکوزیته و درجهٔ نفوذ آن مجدداً اندازه‌گیری شود.

آزمایش پیر شدگی لعاب نازک قیر دوار

- شرح این آزمایش در استاندارد ASTM D2872 آورده شده است.
- در این آزمایش مقداری معین از قیر درون بطری‌های مخصوص ریخته شده و سپس بطری‌ها درون جایگاه مخصوصی در داخل دستگاه قرار داده می‌شوند. سپس دمای دستگاه روی ۱۶۳ درجهٔ‌سانتی‌گراد تنظیم و اجازه داده می‌شود تا بخش دوار دستگاه با سرعت معین حول یک محور افقی بچرخد.
- مزیت آزمایش RTFO نسبت به TFO در این است که تقریباً همان میزان پیرشدگی را در زمانی کمتر (حدود ۷۵ دقیقه) نتیجه می‌دهد. همچنین در RTFO این امکان وجود دارد که نمونه‌های بیشتری را هم‌زمان مورد بررسی قرار داد.

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir

Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

آزمایش درجه خلوص

- قیر نفتی طبق تعریف زمانی خالص است که به‌طور کامل در سولفید کربن حل شود و تنها مقادیر بسیار ناچیزی ناخالصی در آن وجود داشته باشد.
- برای تعیین میزان خلوص قیرها از آزمایش انحلال‌پذیری قیرها، طبق استاندارد ASTM D2042 استفاده می‌شود.
- در این آزمایش مقدار معینی از قیر وزن و داخل محلول تری‌کلرو اتیلن حل می‌شود. علت استفاده از تری کلرو اتیلن این است که سولفید کربن قابلیت اشتعال دارد و از لحاظ ایمنی می‌تواند مخاطره‌آمیز باشد.
- بعد از اینکه تمام قیر در تری کلرو اتیلن حل شد، ترکیب حاصله از کاغذ صافی، عبور داده می‌شود. در نهایت، مواد حل‌نشده که روی فیلتر مانده‌اند را شسته و سپس آن‌ها را خشک و توزین می‌کنند. طبق دستورالعمل‌های متداول، حداقل ۹۹ درصد وزنی از قیری که برای روسازی راه‌ها به‌کار می‌رود باید در تری کلرو اتیلن حل شود.

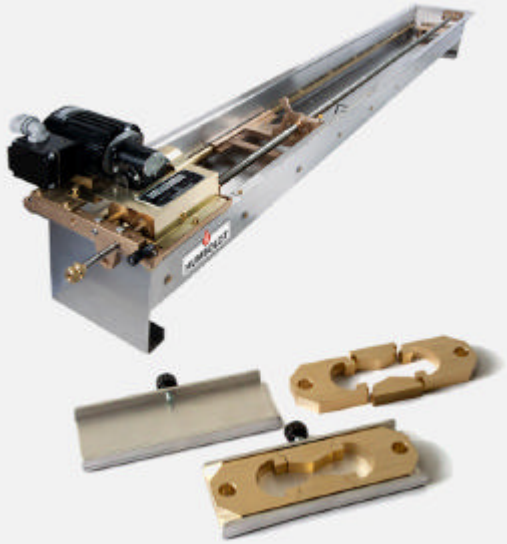
آزمایش درجه اشتعال

- تعیین نقطهٔ اشتعال با استفاده از روش ظرف روباز یا ظرف روبسته قابل انجام است.
- در روش ظرف روباز مطابق شکل مقابل یک ظرف برنجی تا نزدیکی نصف از قیر پر و با نرخی معین حرارت داده می‌شود.
- در حین حرارت دیدن ظرف برنجی، شعله‌ای کوچک به‌صورت منظم از روی سطح قیر عبور داده می‌شود. دمایی که برای اولین بار شعله‌ای پایدار از آتش بر روی قیر پدیدار شود، به‌عنوان دمای اشتعال اعلام می‌شود. آزمایش تعیین نقطه اشتعال براساس استاندارد ASTM D92 انجام می‌شود.

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

آزمایش شکل‌پذیری



- آزمایش شکل‌پذیری (خاصیت انگمی) قیر بر اساس استاندارد **ASTM D113** انجام می‌شود.
- در این آزمایش نمونهٔ قیری، مانند شکل مقابل، با استفاده از یک قالب چند تکه ساخته می‌شود و درون دستگاهی قرار داده می‌شود تا از دو طرف کشیده شود. کشیدگی تا آنجایی ادامه می‌یابد که نمونه دچار گسیختگی شود.
- این آزمایش به جهت اینکه دمای نمونه ثابت بماند، درون حمامی از آب ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد انجام می‌شود و دو سر نمونه با نرخ ۵ سانتی‌متر در هر دقیقه از هم دور می‌شوند تا قیر دچار گسیختگی شود.

آزمایش تعیین چگالی قیر

- برای تعیین چگالی قیر از پیکنومتر استفاده می‌شود.
- نحوهٔ استفاده از این وسیله به طور کامل در استاندارد **ASTM D70** ذکر شده است.
- برای انجام این آزمایش ابتدا پیکنومتر، مطابق شکل مقابل، کاملاً خشک و وزن آن تعیین می‌شود W_1. سپس پیکنومتر با آب ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد پر و وزن آن تعیین می‌شود W_w. در ادامه آب موجود در پیکنومتر تخلیه و پیکنومتر خشک می‌شود. آنگاه مقداری قیر (حدود ۶۰ گرم) در داخل پیکنومتر ریخته و وزن مجموع آن‌ها تعیین می‌شود W_2. در انتها پیکنومتر حاوی قیر تا خط نشانه از آب مقطر پر و وزن آن مجدداً تعیین می‌شود (W_3)

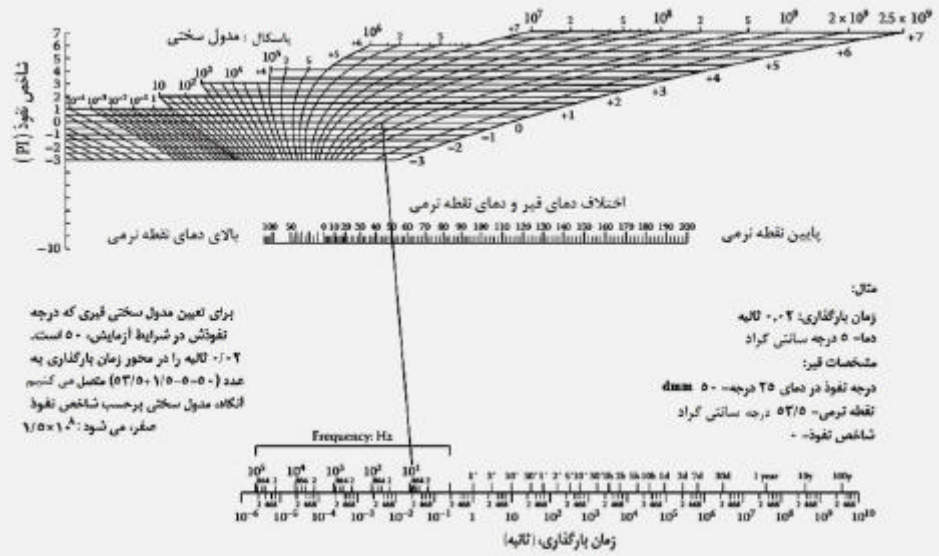
$$\text{وزن مخصوص قیر} = \frac{W_2 - W_1}{(W_W - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir

Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

تعیین سختی قیر با استفاده از نمودار ون درپل



$$PI = \frac{۲۰ - ۵۰۰A}{۱ + ۵۰A}$$

شاخص درجه نفوذ قیر (حساسیت قیر نسبت به دما)

$$PI = \frac{۲۰ - ۵۰۰A}{۱ + ۵۰A}$$

$$A = \frac{Log۸۰۰ - Log(P)}{T_{R\&B} - ۲۵°C}$$

P = درجه نفوذ در ۲۵ درجه سانتی‌گراد

T_{RB} = نقطه نرمی بر حسب درجه سانتی‌گراد

PI = شاخص درجه نفوذ

نوع قیر	PI
قیر دمیده	PI > 2
قیر خالص	-2 < PI < 2
قطران قیر	PI < -2

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

طبقه‌بندی قیر ها بر اساس سیستم درجه نفوذ

نوع آزمایش	روش آزمایش		درجه نفوذ									
			۴۰-۵۰		۶۰-۷۰		۸۵-۱۰۰		۱۲۰-۱۵۰		۲۰۰-۳۰۰	
	ASTM	AASHTO	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
درجهٔ نفوذ (۰/۱ میلی‌متر)	D5	T49	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۵	۱۰۰	۱۲۰	۱۵۰	۲۰۰	۳۰۰
درجهٔ اشتعال (°C)	D92	T48	۲۳۲		۲۳۲		۲۳۲		۲۱۸		۱۷۲	
قابلیت کشش در ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد (سانتی‌متر)	D113	T51	۱۰۰		۱۰۰		۱۰۰		۱۰۰		۱۰۰	
درجهٔ خلوص با تری کلرواتیلن (درصد)	D2042	T44	۹۹		۹۹		۹۹		۹۹		۹۹	
نقطهٔ نرمی قیر (درجهٔ سانتی‌گراد)	D36	T53	۵۲	۶۰	۴۹	۵۶	۴۵	۵۲	۴۰	۴۶	۳۵	۴۰
خصوصیات پس از آزمایش لعاب نازک قیر (۱۶۳ درجهٔ سانتی‌گراد، مدت ۵ ساعت)												
تغییر جرم (درصد)	D1754	T179		۰/۸		۰/۸		۱		۱/۲		۱/۵
نسبت درجهٔ نفوذ بعد از آزمایش به درجهٔ نفوذ اولیه (درصد)	D5	T49	۵۸		۵۴		۵۰		۴۶		۴۰	
قابلیت کشش	D113	T51			۵۰		۷۵		۱۰۰		۱۰۰[1]	

طبقه‌بندی قیرها بر اساس طبقه بندی عملکردی (PG) یا SHRP

- سیستم روسازی ممتاز (Superpave) نوعی سیستم طرح اختلاط مخلوط‌های آسفالتی گرم است که برنامهٔ تحقیقات استراتژیک راه آن را در مدت پنج سال و با بودجهٔ ۱۵۰ میلیون دلاری بین سال‌های ۱۹۸۷ و ۱۹۹۳ توسعه داده است.
- هدف اول از توسعهٔ این سیستم، شناسایی و تعریف خصوصیات تأثیرگذار قیر، سنگدانه‌ها و مخلوط‌های آسفالتی بر روی کیفیت روسازی و هدف دوم تدوین روش‌هایی برای ارزیابی و آزمایش این خصوصیات عملکردی بود.
- در روش روسازی ممتاز که مبتنی بر شناخت رفتار قیر و خصوصیات عملکردی آن است، با انجام آزمایش‌هایی، ویژگی‌های مختلف قیر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و قیر مناسب با توجه به درجه حرارت محل اجرای پروژه، میزان آمد و شد، سرعت بارگذاری و موقعیت جغرافیایی انتخاب می‌شود.

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

طبقه‌بندی قیرها بر اساس طبقه بندی عملکردی (PG)

- مقاومت در برابر تغییرشکل‌ها؛
- مقاومت در برابر ترک‌خوردگی در اثر سرما؛
- مقاومت در برابر ترک‌خوردگی ناشی از خستگی؛
- چگونگی سخت شدن قیر در کارخانه آسفالت و به هنگام تهیه مخلوط آسفالتی؛
- چگونگی سخت شدن قیر در اثر مرور زمان.

طبقه‌بندی قیرها بر اساس طبقه بندی عملکردی (PG)

- در این روش طبقه‌بندی هر نوع قیر با یک عدد مثبت و یک عدد منفی مشخص می‌شود که عدد مثبت مربوط به میانگین هفت روز متوالی بیشترین دمای روسازی و عدد منفی، حداقل دمای روسازی برحسب درجهٔ سانتی‌گراد است.
- به‌طور مثال قیر PG ۶۴-۲۸ نشان‌دهندهٔ قیری است که تأمین‌کننده خواص فیزیکی و رفتار مناسب و اطمینان‌بخش تا دمای طرح روسازی ۶۴ درجهٔ سانتی‌گراد و همچنین دمای پایین تا ۲۸- درجهٔ سانتی‌گراد است.
- در روش روسازی ممتاز، زمانی که میزان آمد و شد برحسب تعداد محورهای استاندارد ۸/۲ تنی از $۱۰^{۷}$ تجاوز نماید، طراح باید انتخاب قیر را با یک درجه افزایش مورد بررسی و مطالعه قرار دهد و در شرایطی که این عدد به ۳×۱۰^{۷} افزایش یابد، نوع قیر باید یک درجه سفت‌تر باشد. برای مثال، به‌جای قیر PG ۵۸ از قیر PG ۶۴ استفاده شود.

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

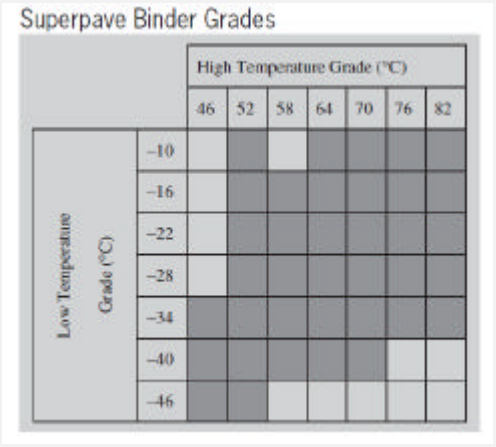
Pavement Engineering

انواع قیرها بر اساس طبقه‌بندی عملکردی

High Temperature, °C

Low Temperature, °C	52	58	64	70	76
-16	52-16	58-16	64-16	70-16	76-16
-22	52-22	58-22	64-22	70-22	76-22
-28	52-28	58-28	64-28	70-28	76-28
-34	52-34	58-34	64-34	70-34	76-34
-40	52-40	58-40	64-40	70-40	76-40

= Crude Oil
= High Quality Crude Oil
= Modifier Required



۲۱ | مهندسی روسازی | دانشگاه صنعتی سیرجان

تعیین حداکثر و حداقل دما برای تعیین قیر

حداکثر دمای طرح روسازی در عمق ۲۰ میلی‌متری از سطح روسازی آسفالتی و حداقل دمای طرح روسازی در سطح روسازی اندازه‌گیری می‌شود. برای تعیین حداکثر دمای طرح روسازی در عمق ۲۰ میلی‌متری می‌توان از رابطهٔ زیر استفاده نمود:

$$T_{۲۰mm} = (T_{air} - ۰/۰۰۶۱۸Lat^{۲} + ۰/۲۲۸۹Lat + ۴۲/۲)(۰/۹۵۴۵) - ۱۷/۷۸ \qquad (۶-۵)$$

که در این رابطه:

$T_{۲۰mm}$= حداکثر دمای طرح روسازی در عمق ۲۰ میلی‌متری برحسب درجهٔ سانتی‌گراد

T_{air}= میانگین بیشترین دمای هفت روز متوالی در سال برحسب درجهٔ سانتی‌گراد

Lat= عرض جغرافیایی محل پروژه

کمترین دمای طرح روسازی نیز با استفاده از رابطهٔ زیر تعیین می‌شود:

$$T_{سطح} = ۰/۸۵۹ \times T_{air} + ۱/۷ \qquad (۷-۵)$$

که در این رابطه:

T_{air}= حداقل درجه حرارت برحسب درجهٔ سانتی‌گراد

۲۲ | مهندسی روسازی | دانشگاه صنعتی سیرجان

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

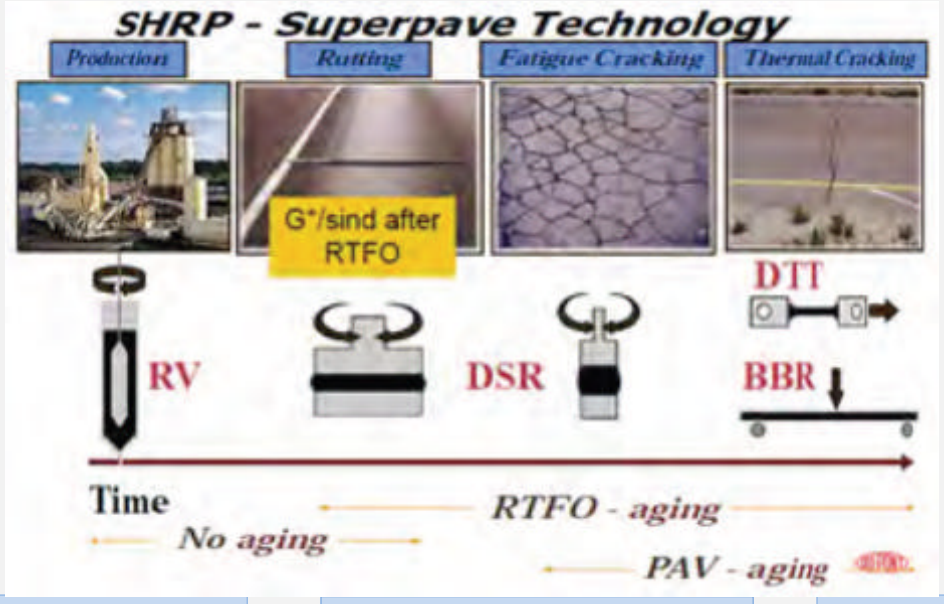
Pavement Engineering

آزمایش‌های مورد نیاز برای طبقه بندی عملکردی قیر ها

جدول ۵-۲: نوع و هدف آزمایش‌های قیرهای طبقه‌بندی‌شده بر مبنای عملکرد.

نوع آزمایش	هدف آزمایش	روش آزمایش
آزمایش لعاب نازک قیر به روش چرخشی (RTFO)	بررسی سخت شدن قیر در حین تولید مخلوط آسفالتی	AASHTO T 240 ASTM D2872
آزمایش تسریع پیرشدگی (PAV)	بررسی سخت شدن قیر به مرور زمان و در مدت خدمت‌دهی	AASHTO R 28 ASTM D6521
آزمایش رئومتر برش دینامیکی (DSR)	بررسی خواص تغییرشکل پذیری (شیار) در دمای بالا و ترک‌های ناشی از خستگی در دمای متوسط	AASHTO T 315 ASTM D7175
آزمایش ویسکوزیته چرخشی (RV)	بررسی خواص قیر در دمای بالا- کارایی قیر	AASHTO T 316 ASTM D4402
آزمایش رئومتر تیر خمشی (BBR)	بررسی خواص قیر در دمای پایین و ترک‌های ناشی از دمای پایین	AASHTO T 313 ASTM D6648
آزمایش کشش مستقیم (DTT)	بررسی خواص قیر در دمای پایین و ترک‌های ناشی از دمای پایین	AASHTO T 314 ASTM D6723

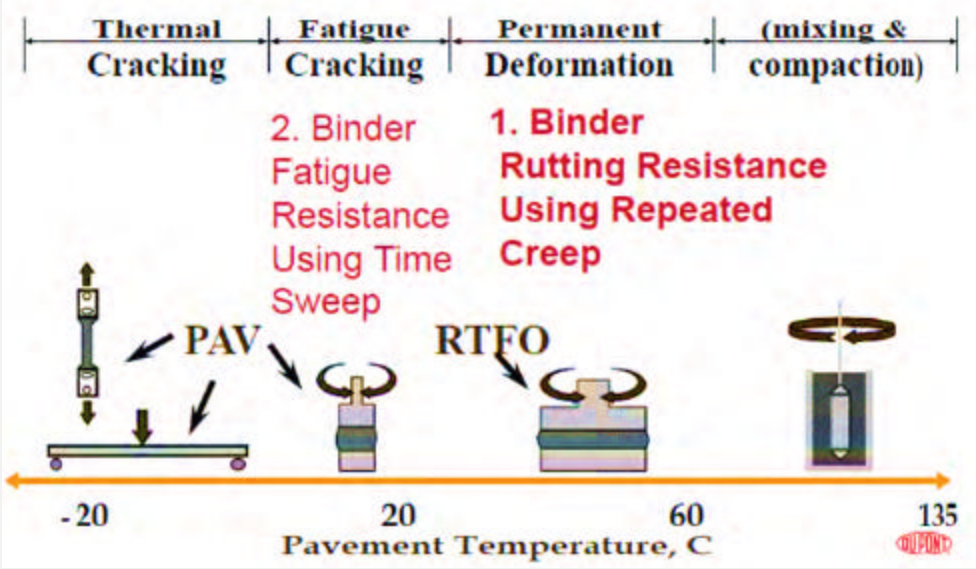
آزمایش‌های مورد نیاز برای طبقه بندی عملکردی قیر ها



Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

آزمایش‌های مورد نیاز برای طبقه بندی عملکردی قیر ها



آزمایش ویسکوزیته سنج چرخشی

- از دستگاه ویسکوزیته سنج چرخشی می‌توان برای اندازه‌گیری ویسکوزیتهٔ انواع قیرهای خالص در بازهٔ دمایی بین ۶۰ تا ۲۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد استفاده نمود.
- در این آزمایش گشتاور موردنیاز برای چرخش ثابت (۲۰ دور در دقیقه) یک سیلندر استوانه‌ای شکل، هنگامی‌که به‌صورت کامل درون نمونهٔ قیر با دمای ثابت قرارگرفته، اندازه‌گیری می‌شود. آنگاه با استفاده از سرعت و گشتاور به‌دست‌آمده، ویسکوزیتهٔ قیر برحسب پاسکال- ثانیه به دست می‌آید.

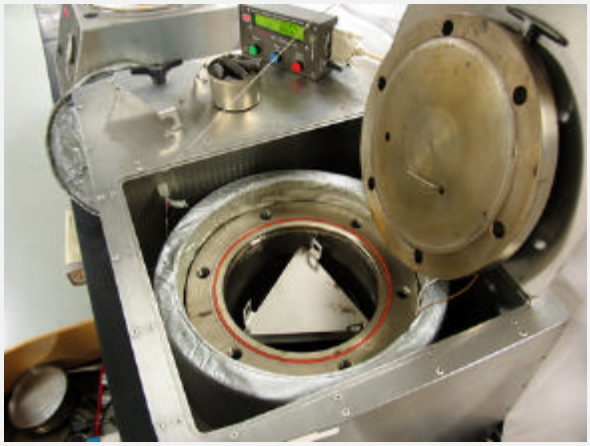
Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

آزمایش تسریع پیرشدگی (PAV)

- آزمایش تسریع پیرشدگی برای بررسی پیرشدگی طولانی‌مدت قیر به‌کار می‌رود.
- در این روش می‌توان با فشار و حرارتی که به سطح نمونه‌ها اعمال می‌شود، پیرشدگی قیر را در دوره‌ای ۷ تا ۱۰ ساله شبیه‌سازی نمود.
- سایر آزمایش‌های مربوط به خصوصیات رئولوژی قیر بر روی نمونه‌های خروجی از این آزمایش انجام می‌شوند.
- در این روش نمونه‌های پیر شده به روش لعاب نازک چرخشی، درون قالب آزمایش لعاب نازک قیر ریخته شده و به مدت ۲۰ ساعت درون محفظهٔ دستگاه تسریع پیرشدگی که فشاری معادل با ۲/۱ مگاپاسکال دارد، قرار داده می‌شوند.

آزمایش تسریع پیرشدگی (PAV)



- آزمایش تسریع پیرشدگی در یکی از سه دمای ۹۰، ۱۰۰ و ۱۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد انجام می‌شود.
- اگر دمای قیر عملکردی انتخاب‌شده از نوع PG ۵۸و پایین‌تر باشد، آنگاه دمای آزمایش ۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد انتخاب می‌شود.
- اگر نوع قیر PG ۵۸و بالاتر باشد، آنگاه دمای آزمایش ۱۰۰ درجهٔ سانتی‌گراد انتخاب می‌شود.
- همچنین در صورتی که محل پروژه در صحرای گرم واقع شده باشد، دمای ۱۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد برای انجام آزمایش انتخاب می‌شود.

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

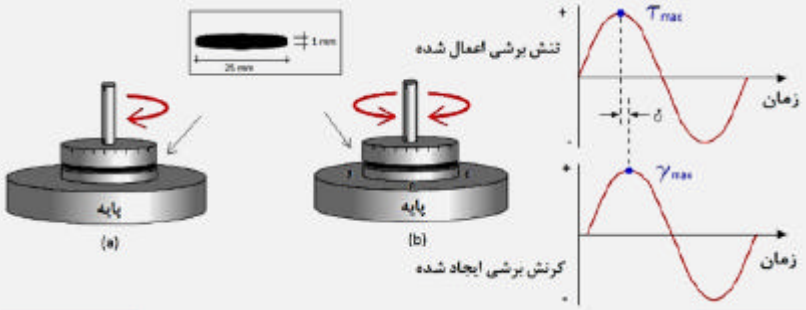
Pavement Engineering

آزمایش رئومتر برشی دینامیکی (DSR)

- دستگاه رئومتر برش دینامیکی برای تعیین رفتار ویسکوالاستیک قیرها در دماهای متوسط و بالا بکار می‌رود. این دستگاه کاربرد بالایی در تعیین خصوصیات عملکردی قیرها دارد.
- در دستگاه رئومتر برشی، قشر نازکی از قیر بین دو صفحهٔ فلزی قرار می‌گیرد. یکی از این صفحات ثابت بوده و دیگری با سرعت چرخشی ۱۰ رادیان بر ثانیه عملیات رفت و برگشتی انجام می‌دهد.
- این آزمایش هم روی قیرهای پیر شده و هم روی قیرهای پیر نشده انجام می‌شود. اگر قیر مورد آزمایش از نوع پیر نشده باشد، نمونه دارای یک میلی‌متر ضخامت و ۲۵ میلی‌متر قطر خواهد بود. اما اگر قیر پیر شده باشد، نمونه مورد آزمایش باید ۲ میلی‌متر ضخامت و ۸ میلی‌متر قطر داشته باشد.

آزمایش رئومتر برشی دینامیکی (DSR)

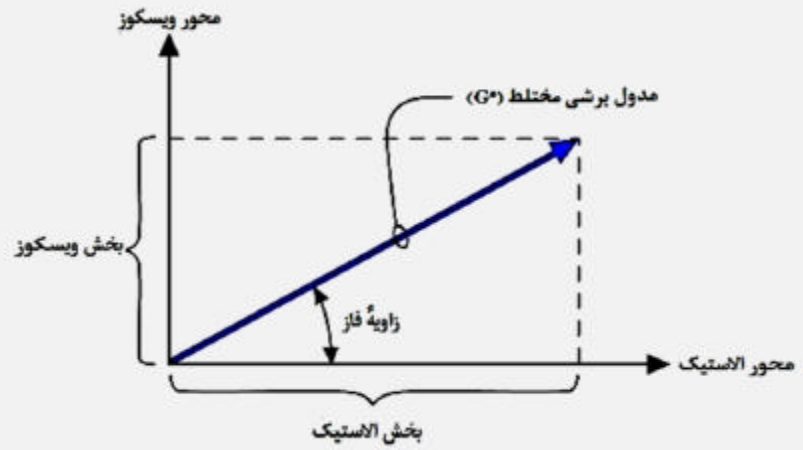
- از طرفی اگر دمای موردبررسی بالاتر از ۴۶ درجهٔ سانتی‌گراد باشد، از نمونه‌های با ضخامت یک میلی‌متر و قطر ۲۵ میلی‌متر استفاده می‌شود و اگر دمای موردبررسی بین ۴ تا ۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد باشد، از نمونه‌های با ضخامت ۲ میلی‌متر و قطر ۸ میلی‌متر استفاده خواهد شد.
- بلافاصله پس از اینکه صفحهٔ دوار با سرعت ۱۰ رادیان بر ثانیه شروع به حرکت می‌کند، دستگاه حداکثر تنش اعمال‌شده و حداکثر کرنش منتجه به همراه فاصلهٔ زمانی بین وقوع این دو را اندازه‌گیری می‌کند. آنگاه نرم‌افزار دستگاه، مدول برشی مرکب G^* و زاویه فاز δ را محاسبه می‌کند.



Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

آزمایش رئومتر برشی دینامیکی (DSR)



آزمایش رئومتر برشی دینامیکی (DSR)

پارامتر مؤثر روی شیارشدگی: برای جلوگیری از شیارشدگی، قیر باید علاوه بر سختی قابل‌قبول، خاصیت ارتجاعی کافی نیز داشته باشد تا بعد از اعمال بار و تغییرشکل به حالت اولیهٔ خود برگردد. از این رو بخش الاستیک مدول برشی مرکب ($G^*/Sin\delta$) که در شکل (۵-۲۲) نشان داده شده است، باید بزرگ باشد. در مجموع می‌توان گفت که با افزایش G^* و کاهش δ، رفتار قیر به سمت الاستیک میل می‌کند.

پارامتر مؤثر در خستگی: در مورد مقاومت در برابر خستگی، بخش الاستیک قیر باید تقویت شود تا بتواند انرژی واردشده را در سطحی گسترده‌تر پخش نماید. با این وجود نباید این مقدار به اندازه‌ای باشد که سبب سختی و تردی قیر شود. به عبارت دیگر باید بخش ویسکوز مدول برشی مرکب ($G^* \times Sin\delta$) حداقل باشد.

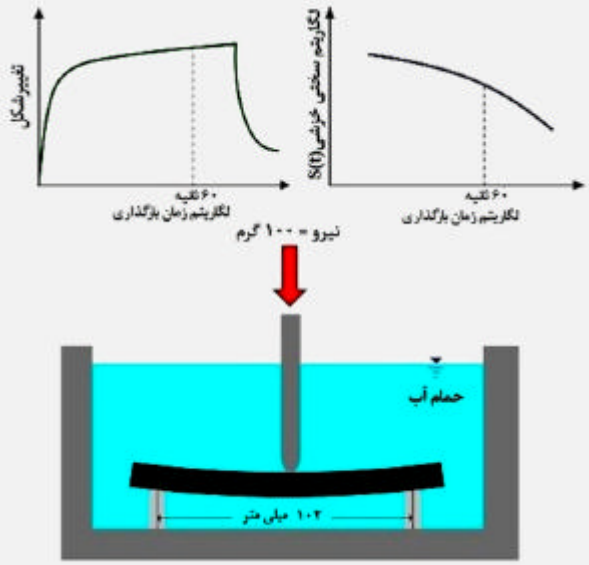
Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

آزمایش رئومتر تیرچه خمشی (BBR)

- این آزمایش برای تعیین سختی و مدول استراحت نمونه‌های آسفالتی در دمای پایین استفاده می‌شود.
- این پارامترها توانایی قیر را در برابر ترک‌های دمایی نشان می‌دهند.
- این آزمایش بر روی نمونهٔ قیر حاصل از آزمایش تسریع پیرشدگی انجام می‌شود.
- برای انجام این آزمایش، قیر موردبررسی به شکل یک تیرچهٔ کوچک ساخته می‌شود. برای انجام آزمایش، تیرچهٔ قیر در محل تکیه‌گاه خود درون دستگاه قرار گرفته و در آب مستغرق می‌شود. سپس بازوی دستگاه، به وسط آن نیرو وارد کرده و میزان تغییرشکل در برابر زمان ثبت می‌شود.

آزمایش رئومتر تیرچه خمشی (BBR)



$$S_m(t) = \frac{PL^3}{4bh^3\delta(t)}$$

$S_m(t)$ = سختی خزشی خمشی در زمان t

P = بار وارده برحسب میلی نیوتن

L = فاصله بین تکیه‌گاه‌ها برحسب میلی‌متر

b = عرض نمونه بر حسب میلی‌متر

h = ارتفاع نمونه بر حسب میلی‌متر

$\delta(t)$ = تغییر مکان نمونه در زمان t

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir

Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

آزمایش رئومتر تیرچه خمشی (BBR)

با استفاده از رابطهٔ فوق، سختی در زمان‌های ۸، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۲۴۰ ثانیه محاسبه و نمودار سختی خزشی در برابر لگاریتم زمان همانند نمودار سمت راست شکل (۵-۲۵) ترسیم می‌شود. سپس رابطه‌ای به شکل زیر برای تعیین سختی خزشی به‌صورت تابعی از زمان بارگذاری به داده‌های این نمودار برازش داده می‌شود:

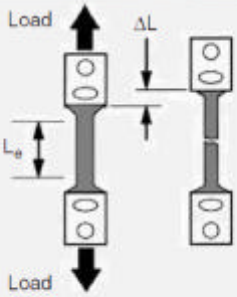
$$S(t) = A + B[\log(t)] + C[\log(t)]^2 \qquad (۹-۵)$$

در این رابطه، S(t) سختی خزشی و t زمان بارگذاری است. پارامترهای A، B و C نیز اعدادی ثابت می‌باشند. عددی که به‌عنوان مقداری کلیدی برای سختی خزشی گزارش می‌شود، m-value نام دارد و در حقیقت شیب نمودار سختی پس از ۶۰ ثانیه بارگذاری است. برای محاسبه m-value از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$m - value = \left|B + 2C[\log(t = 60)]\right| \qquad (۱۰-۵)$$

۳۵ | مهندسی روسازی | دانشگاه صنعتی سیرجان

آزمایش کشش غیر مستقیم (DTT)



$$\text{Failure Strain } (\varepsilon_f) = \frac{\text{Change in Length } (\Delta L)}{\text{Effective Gauge Length } (L_e)}$$

- در آزمایش کشش مستقیم با اندازه‌گیری خصوصیات سختی و آسایش در دمای پایین، توانایی نمونهٔ قیری در برابر ترک‌های دمای پایین ارزیابی می‌شود.
- این آزمایش اغلب در کنار آزمایش رئومتر تیر خمشی انجام می‌شود تا حد مجاز برای تعیین پایین‌ترین دمای به‌کارگیری قیر شناسایی شود.
- در این آزمایش ابتدا نمونه‌های پیر شده کمی حرارت می‌بینند تا به درون قالب نمونه‌گیری ریخته شوند. سپس دو نمونه تهیه‌شده و ۳۰ تا ۶۰ دقیقه در دمای محیط می‌مانند تا کمی سرد شوند. آنگاه نمونه‌ها برای ۵ تا ۱۰ دقیقه در دمای زیر صفر نگه‌داشته می‌شوند تا به‌راحتی از قالب جدا شوند. سپس نمونه‌ها درون دستگاه قرار داده می‌شوند تا با نرخی برابر با ۱ میلی‌متر بر دقیقه کشیده شوند.

۳۶ | مهندسی روسازی | دانشگاه صنعتی سیرجان

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir

Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

الزامات قیرهای عملکردی

Summary of the Superpave Test and Requirements

	Construction	Permanent Deformation (Rutting)		Fatigue Cracking	Low-Temperature Cracking	
Test	RV	DSR	DSR	DSR	BBR	DT
Aging Condition	None	None	RTFO	RTFO + PAV	RTFO + PAV	
Test Temperature	135°C	Seven-day average maximum pavement temperature	Seven-day average maximum pavement temperature	0.5 × (seven-day average maximum pavement temperature + minimum pavement temperature) + 4	Minimum Pavement Temperature + 10°C	Minimum Pavement Temperature + 10°C
(Example: For PG 64–22)		(64°C)	(64°C)	(25 °C)	(–12 °C)	(–12 °C)
Parameter	Viscosity	$\lvert G^*\rvert/\sin\delta$	$\lvert G^*\rvert/\sin\delta$	$\lvert G^*\rvert \times \sin\delta$	$S\ (t = 60$ sec)	$m\ (t = 60$ sec) ε_f
Requirement	≤ 3 Pa s	(≥ 1.0 kPa)	(≥ 2.2 kPa)	(≤ 5000 kPa)	≤ 300 MPa	≥ 0.3 ≥ 1.0%

۳۷ | مهندسی روسازی | دانشگاه صنعتی سیرجان

قیرهای دمیده

- قیر دمیده: قیرهای خالص را تحت فشار و حرارت ۲۰۰ الی ۳۰۰ درجه سانتیگراد قرار می‌دهند تا تمامی هیدروژن‌های موجود در مولوکول‌های قیر با اکسیژن ترکیب شود و با ایجاد واکنش پلیمریزاسیون هیدروکربورهای سنگین‌تری به دست آید.
- قیرهای دمیده دارای درجه نفوذ و حساسیت دمای کمتر و نقطه نرمی بیشتری می‌باشند.
- انواع قیر دمیده تولیدی در ایران:
  - ۸۵/۲۵
  - ۹۰/۱۵
  - اعداد ۱۵ و ۲۵ درجه نفوذ و اعداد ۸۵ و ۹۰ نقطه نرمی می‌باشند.

۳۸ | مهندسی روسازی | دانشگاه صنعتی سیرجان

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir

Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

قیرهای امولسیونی (قیرابه)

- قیر امولسیون (قیرآبه) عبارت از پراکندن مولکول‌های قیر با قطر متوسط ۰/۱ تا ۱۰ میکرون در فاز آبی است به‌طوری که مولکول‌های قیر به‌صورت کلوئیدی به‌عنوان فاز نفتی (با درصد ۵۲ تا ۶۸ درصد) در فاز آبی (با درصد ۳۲ تا ۴۳ درصد) شناور می‌شوند.
- قیرهای امولسیون یا همان قیرآبه‌ها کاربردهای متنوعی دارند؛ زیرا این نوع از قیرها به دلیل ویسکوزیتهٔ کمی که دارند نیازی ندارند تا همانند قیرهای معمولی گرم شوند و همین امر باعث می‌شود تا بتوان آن‌ها را در دمای محیط به کار گرفت.
- علاوه بر این مزیت، قیرهای امولسیون را به سبب اینکه با آب رقیق می‌شوند، می‌توان در کاربردهایی همچون غبارنشانی و اندودهای نفوذی به کار برد. همچنین امولسیون‌ها با افزودنی‌هایی همچون سیمان، آهک و پلیمر سازگار هستند.

قیرهای امولسیونی (قیرابه)

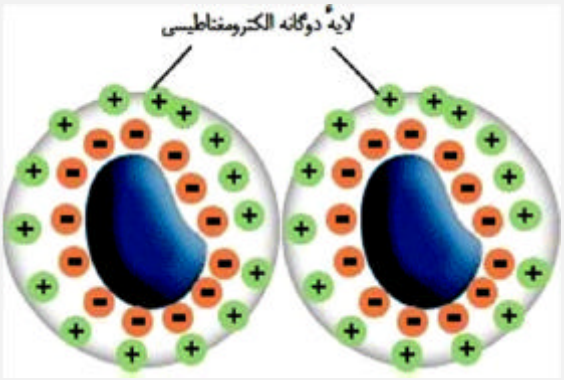
- در قیرهای امولسیونی، ذرات بسیار ریز قیر به‌واسطهٔ یک امولسیون‌ساز و دیگر افزودنی‌ها درون آب شناور می‌شوند. حضور امولسیون‌ساز باعث می‌شود در فرآیند تولید قیر امولسیون، بار الکتریکی همنام روی سطح این ذرات ریز به وجود آمده و همین امر سبب می‌شود تا به علت همنام بودن بارهای سطحی، این ذرات از هم دور مانده و جذب یکدیگر نشوند.
- امولسیون‌ساز ماده‌ای است که مولکول‌های آن از دو قسمت آب‌دوست و نفت‌دوست تشکیل شده است. قسمت نفت‌دوست آن به قیر و قسمت آب‌دوست آن به مولکول‌های آب می‌چسبد و با ایجاد سپر از چسبیدن مولکول‌های قیر به یکدیگر جلوگیری می‌کند.
- امولسیون‌سازهای آنیونیک متداول، سبب ایجاد بار الکتریکی منفی روی ذرات می‌شوند و اسیدهای چرب همانند رازیانه و لیگنین همراه با هیدروکسید سدیم یا پتاسیم به دست می‌آیند. امولسیون‌سازهای کاتیونیک نیز سبب ایجاد بار الکتریکی مثبت روی ذرات می‌شوند که از آمین‌های چرب و اسیدکلریدریک به دست می‌آیند.

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

قیرهای امولسیونی (قیرابه)

- انتخاب امولسیون مناسب بستگی به جنس سنگدانه‌ها دارد. امولسیون آنیونیک مناسب برای سنگدانه‌های آهکی و دولومیتی است، در حالی که امولسیون کاتیونیک مناسب برای سنگدانه‌های سیلیسی و کوارتزی است.



انواع قیرهای امولسیونی (قیرابه)

	دیرشکن	کندشکن	زودشکن	تندشکن
کاتیونیک	CSS-1 CSS-1h	CMS-2 CMS-2h	CRS-1 CRS-2	CQS-1h
آنیونیک	SS-1 SS-1h	MS-1 MS-2 MS-2h HFMS-1 HFMS-2 HFMS-2h HFMS-2s	RS-1 RS-2 HFRS-2	QS-1h

- پسوندهای ۱و۲ نشانه ویسکوزیته امولسیون قیری است. عدد بزرگتر نشانه ویسکوزیته بیشتر است.
- پسوند h نشانه استفاده از قیر سفت‌تر در ساخت امولسیون است.
- پیشوند HF نشانه ایجاد پوشش قیری ضخیم روی مصالح سنگی است.
- پسوند s در امولسیون قیر از نوع HFMS-2s نشانه کاربرد امولسیون برای اختلاط با مصالح ماسه‌ای است.

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

انواع قیرهای امولسیونی (قیرابه)

	دیرشکن	کندشکن	زودشکن	تندشکن
کاتیونیک	CSS-1	CMS-2	CRS-1	CQS-1h
	CSS-1h	CMS-2h	CRS-2	
آنیونیک	SS-1	MS-1	RS-1	QS-1h
	SS-1h	MS-2	RS-2	
		MS-2h	HFRS-2	
		HFMS-1		
		HFMS-2		
		HFMS-2h		
		HFMS-2s		

- پسوندهای ۱ و ۲ نشانه ویسکوزیته امولسیون قیری است. عدد بزرگتر نشانه ویسکوزیته بیشتر است.
- پسوند h نشانه استفاده از قیر سفتتر در ساخت امولسیون است.
- پیشوند HF نشانه ایجاد پوشش قیری ضخیم روی مصالح سنگی است.
- پسوند s در امولسیون قیر از نوع HFMS-2s نشانه کاربرد امولسیون برای اختلاط با مصالح ماسه‌ای است.

قیرهای محلول

- قیرهای محلول، یا قیرهای پس برگشته، از حل کردن قیرهای خالص در حلال‌ها یا روغن‌های نفتی به دست می‌آیند.
- نوع و کیفیت قیرهای محلول به کیفیت قیرهای خالص اصلی، نوع و مقدار حلال بستگی دارد. هر اندازه مقدار حلال‌های نفتی در قیر محلول بیشتر باشد، ویسکوزیتهٔ آن کمتر است.
- معمولاً درصد حلال مصرفی در قیرهای محلول از ۲۰ تا ۵۰ درصد متغیر است. قیرهای محلول در راهسازی برای اندودهای سطحی، نفوذی، آسفالت سطحی، آسفالت سرد کارخانه‌ای یا مخلوط در محل ، مصرف می‌شوند.
- قیرهای محلول بر حسب سرعت گیرش و نوع حلال به سه گروه زودگیر، کندگیر و دیرگیر تقسیم می‌شوند.

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

قیرهای محلول

- اگر از بنزین برای حل کردن قیر خالص استفاده شود، قیر محلول را زودگیر می‌نامند. زیرا حلال موجود در قیر در مدت کمی بعد از مصرف قیر محلول تبخیر شده و قیر اصلی بر جای می‌ماند.
- قیرهای کندگیر از حل کردن قیر خالص در نفت سفید تهیه می‌شوند. قیرهای کندگیر در پنج نوع درجه‌بندی می‌شوند که ویسکوزیته آن‌ها در ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد از حداقل ۳۰ تا حداکثر ۶۰۰۰ سانتی استوکس، تغییر می‌کند.
- قیرهای محلول دیرگیر را علاوه بر حل کردن قیر خالص در روغن‌ها و حلال‌های دیرگیر نفتی، مانند گازوئیل یا نفت سیاه، می‌توان مانند قیرهای خالص، مستقیماً از تقطیر نفت خام به دست آورد که در حالت اخیر، هنوز روغن‌های حلال از آن جدا نشده است. گیرش کامل این قیرها بعد از مصرف، مدت زمان زیادی طول می‌کشد.

قیرهای محلول

آزمایش		روش آزمایش		درجه قیر زودگیر							
		ASTM	AASHTO	RC-۷۰		RC-۲۵۰		RC-۸۰۰		RC-۳۰۰۰	
				حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
کندروانی کینماتیک در ۶۰°C، mm^2/s		D 2170	T 201	۷۰	۱۴۰	۲۵۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰
نقطه اشتعال (ظرف روباز) °C		D 3143	T 79	–	–	۳۷	–	۳۷	–	۲۷	–
مقدار آب ٪		D 95	T 55	–	۰/۲	–	۰/۲	–	۰/۲	–	۰/۲
درصد حجمی مواد تقطیر شده در درجه حرارتهای رویرو به مواد تقطیر شده در ۳۶۰°C	۱۹۰ °C	D 402	T 78	۱۰	–	–	–	–	–	–	–
	۲۲۵°C			۵۰	–	۳۵	–	۱۵	–	–	–
	۲۶۰°C			۷۰	–	۶۰	–	۴۵	–	۲۵	–
	۳۱۶°C			۸۵	–	۸۰	–	۷۵	–	۷۰	–
درصد حجمی قیر باقیمانده از تقطیر ۳۶۰°C				۵۵	–	۶۵	–	۷۵	–	۸۰	–
آزمایش روی قیر باقیمانده از تقطیر	کندروانی برحسب پوآز در ۶۰°C[1]	D 2171	T 202	۶۰	۲۴۰	۶۰	۲۴۰	۶۰	۲۴۰	۶۰	۲۴۰
	خاصیت انگمی (سانتیمتر)در ۲۵°C[2]	D 113	T 51	۱۰۰	–	۱۰۰	–	۱۰۰	–	۱۰۰	–
	حلالیت در تری کلرواتیلن (٪)	D 2042	T 44	۹۹	–	۹۹	–	۹۹	–	۹۹	–

۱) بجای آزمایش کندروانی قیر باقیمانده، می‌توان از آزمایش درجه نفوذ قیر باقیمانده که برای کلیه قیرهای زودگیر باید حداقل ۸۰ و حداکثر ۱۲۰ باشد استفاده کرد. انجام هر دو آزمایش در هیچ شرایطی ضرورت ندارد.

۲) اگر خاصیت انگمی در ۲۵ °C کمتر از ۱۰۰ باشد، مشروط بر آنکه انگمی در ۱۵ درجه سانتیگراد بیشتر از ۱۰۰ باشد، قیر قابل قبول است.

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

قیرهای محلول

آزمایش		روش آزمایش		درجه قیر کندگیر									
		ASTM	AASHTO	MC-۳۰		MC-۷۰		MC-۲۵۰		MC-۸۰۰		MC-۳۰۰۰	
				حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
کندروانی کینماتیک در ۶۰°C، mm^2/s		D 2170	T 201	۳۰	۶۰	۷۰	۱۴۰	۲۵۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰
نقطه اشتعال (ظرف روباز) °C		D 3143	T 79	۳۸	–	۳۸	–	۶۶	–	۶۶	–	۶۶	–
مقدار آب (درصد)		D 95	T 55	–	۰/۲	–	۰/۲	–	۰/۲	–	۰/۲		
درصد حجمی مواد تقطیر شده در درجه حرارت‌های روبرو به مواد تقطیر شده در ۳۶۰ °C	۲۲۵ °C	D 402	T 78	–	۲۵	۰	۲۰	۰	۱۰	–	–	–	–
	۲۶۰ °C			۴۰	۷۰	۲۰	۶۰	۱۵	۵۵	۰	۳۵	۰	۱۵
	۳۱۶ °C			۷۵	۹۳	۶۵	۹۰	۶۰	۸۷	۴۵	۸۰	۱۵	۷۵
درصد حجمی قیر باقیمانده از تقطیر ۳۶۰ °C				۵۰	–	۵۵	–	۶۷	–	۷۵	–	۸۰	–
آزمایش روی قیر باقیمانده از تقطیر	کندروانی برحسب پوآز در ۶۰°C [۱]	D 2171	T 202	۳۰	۱۲۰	۳۰	۱۲۰	۳۰	۱۲۰	۳۰	۱۲۰	۳۰	۱۲۰
	خاصیت انگمی (سانتیمتر) [۲]	D 113	T 51	۱۰۰	–	۱۰۰	–	۱۰۰	–	۱۰۰	–	۱۰۰	–
	حلالیت در تری کلرواتیلن (٪)	D 2042	T 44	۹۹	–	۹۹	–	۹۹	–	۹۹	–	۹۹	–

۱) بجای آزمایش کندروانی قیر باقیمانده، می‌توان از آزمایش درجه نفوذ قیر باقیمانده که برای کلیه قیرهای کندگیر باید حداقل ۱۲۰ و حداکثر ۲۵۰ باشد، استفاده کرد. انجام هر دو آزمایش در هیچ شرایطی ضرورت ندارد.

۲) اگر خاصیت انگمی در ۲۵ °C کمتر از ۱۰۰ باشد، مشروط بر آنکه انگمی در ۱۵ درجه سانتیگراد بیشتر از ۱۰۰ باشد، قیر قابل قبول است.

قیرهای امولسیونی (قیرابه)

آزمایش		روش آزمایش		درجه قیر دیرگیر									
		ASTM	AASHTO	SC-۷۰		SC-۲۵۰		SC-۸۰۰		SC-۳۰۰۰			
				حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر		
کندروانی کینماتیک در ۶۰°C، mm^2/s		D 2170	T 201	۷۰	۱۴۰	۲۵۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰		
نقطه اشتعال (ظرف روباز) °C		D 3143	T 79	۶۶	–	۷۹	–	۹۳	–	۱۰۷	–		
مقدار آب (درصد)		D 95	T 55	–	۰/۵	–	۰/۵	–	۰/۵	–	۰/۵		
درصد حجمی مواد تقطیر شده در ۳۶۰ °C		D 402	T 78	۱۰	۳۰	۴	۲۰	۲	۱۲	–	۵		
کندروانی کینماتیک قیر باقیمانده از تقطیر در ۶۰ °C، mm^2/s		D 2170	T 201	۴۰۰	۷۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۱۶۰۰۰	۴۰۰۰	۳۵۰۰۰		
درصد قیر باقیمانده از تقطیر (قیر با درجه نفوذ ۱۰۰)		D 243	T 56	۵۰	–	۶۰	–	۷۰	–	۸۰	–		
خاصیت انگمی قیر باقیمانده از تقطیر (قیر با درجه نفوذ ۱۰۰) در ۲۵ °C [۱]		D 113	T 51	۱۰۰	–	۱۰۰	–	۱۰۰	–	۱۰۰	–		
حلالیت در تری کلرواتیلن (٪)		D 2042	T 44	۹۹	–	۹۹	–	۹۹	–	۹۹	–		

۱) اگر خاصیت انگمی در ۲۵ °C کمتر از ۱۰۰ باشد، مشروط بر آنکه انگمی در ۱۵ درجه سانتیگراد بیشتر از ۱۰۰ باشد، قیر قابل قبول است.

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir

Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

انتخاب قیر مناسب برای کاربردهای مختلف

نوع کاربرد	قیر خالص					قیر محلول												
						زودگیر				کندگیر				دیرگیر				
	۴۰ / ۵۰	۶۰ / ۷۰	۸۵ / ۱۰۰	۱۲۰ / ۱۵۰	۲۰۰ / ۳۰۰	RC-70	RC-250	RC-800	RC-3000	MC-30	MC-70	MC-250	MC-800	MC-3000	SC-70	SC-250	SC-800	SC-3000
آسفالت گرم و بتن آسفالتی- اساس، آستر و رویه:																		
راه	×	×	×	×	×													
محوطه سازی - پارکینگ	×	×	×	×														
آسفالت سرد کارخانه‌ای- اساس، آستر و رویه:																		
دانه‌بندی باز												×						
دانه‌بندی پیوسته						×					×	×	×			×	×	×
لکه‌گیری فوری						×					×	×	×			×	×	×
لکه‌گیری غیرفوری												×	×			×	×	
آسفالت سرد مخلوط در محل- اساس، آستر و رویه:																		
دانه‌بندی باز						×			×			×	×		×	×	×	
دانه‌بندی پیوسته						×			×		×	×	×			×	×	
ماسه						×			×			×	×					
ماسه بالای						×			×			×	×					
لکه‌گیری فوری						×			×			×	×			×	×	
لکه‌گیری غیرفوری												×	×			×	×	
آسفالت‌های بازیافتی:																		

انتخاب قیر مناسب برای کاربردهای مختلف

نوع کاربرد	قیر امولسیونی																	
	آنیونیک									کاتیونیک								
	RS-1	RS-2	HFRS-2	MS-1, HFMS-1	MS-2, HFMS-2h	MS-2h, HFMS-2h	HFMS-2s	SS-1	SS-1h	CR-1	CRS-2	CMS-2	CMS-2h	CSS-1	CSS-1h	QSS-1h
آسفالت گرم و بتن آسفالتی- اساس، آستر و رویه:																		
راه					×	×c												
محوطه‌سازی- پارکینگ					×	×c												
آسفالت سرد کارخانه‌ای- اساس، آستر و رویه:																		
دانه‌بندی باز					×	×							×	×				
دانه‌بندی پیوسته							×	×	×						×	×		
لکه‌گیری فوری					×	×	×						×	×				
لکه‌گیری غیرفوری							×											
آسفالت سرد مخلوط در محل- اساس، آستر و رویه:																		
دانه‌بندی باز				×	×	×							×	×				
دانه‌بندی پیوسته							×	×	×						×	×		
ماسه							×	×	×						×	×		
ماسه بالای								×	×						×	×		
لکه‌گیری فوری				×	×	×	×						×	×				
لکه‌گیری غیرفوری							×											
آسفالتهای بازیافتی:																		

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir

Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

انتخاب قیر خالص برای ساخت مخلوط‌های آسفالتی

جدول ۵-۱۱: راهنمای انتخاب قیرهای خالص.

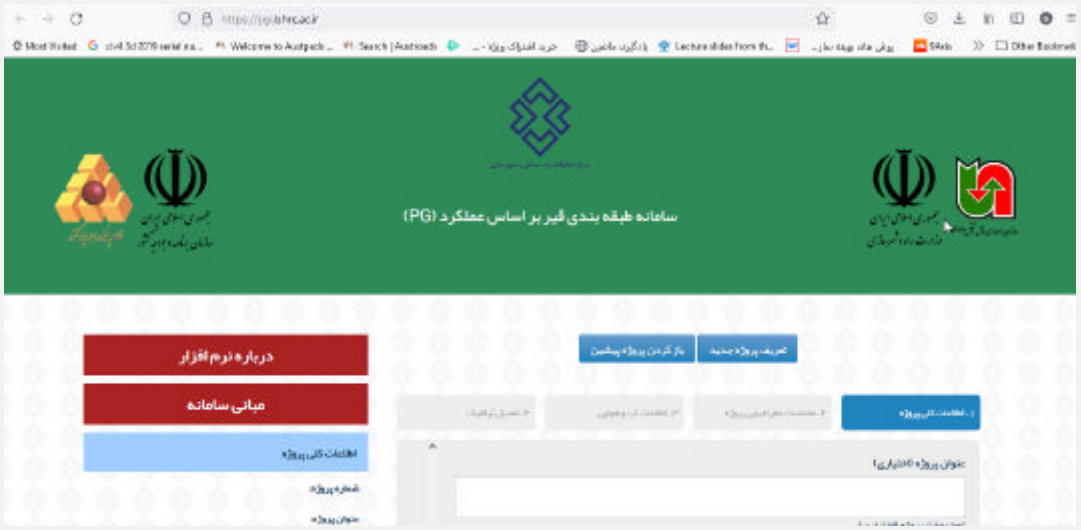
شرایط جوی (متوسط درجهٔ حرارت سالیانه)	درجهٔ نفوذ قیر	
	ترافیک سبک و متوسط	ترافیک سنگین
هوای سرد: کمتر از ۷ درجهٔ سانتی‌گراد	۱۲۰-۱۵۰	۸۵-۱۰۰
هوای گرم: بین ۷ تا ۲۴ درجهٔ سانتی‌گراد	۸۵-۱۰۰	۶۰-۷۰
هوای خیلی گرم: بیش از ۲۴ درجهٔ سانتی‌گراد	۶۰-۷۰	۴۰-۵۰

انتخاب قیر عملکردی برای ساخت مخلوط‌های آسفالتی

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

انتخاب قیر عملکردی برای ساخت مخلوط‌های آسفالتی (جدید)



انتخاب قیر مناسب برای بارگذاری سریع (معدن گل‌گهر)

درجه عملکردی قیر بر اساس استاندارد AASHTO M۳۲۳-۱۸		
دمای درجه عملکردی (PG)	بالا	پایین
دمای درجه عملکردی در سطح اطمینان ٪۵۰	۶۱.۰۹	-۶.۶۵
دمای درجه عملکردی در سطح اطمینان ٪۹۸	۶۲.۲۷	-۹.۵۷
دمای تعدیل شده برای ترافیک (AASHTO M۳۲۳-۱۳)	۰	-
درجه عملکردی تعدیل شده	۶۲.۲۷	-۹.۵۷
درجه عملکردی انتخاب شده	۶۴	-۱۰
درجه عملکردی PG	PG۶۴-۱۰	

ESAL=5,000,000

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

انتخاب قیر مناسب برای بارگذاری کند (معدن گل‌گهر)

درجه عملکردی قیر بر اساس استاندارد AASHTO M۳۲۳-۱۸		
دمای درجه عملکردی (PG)	بالا	پایین
دمای درجه عملکردی در سطح اطمینان ٪۵۰	۶۱.۰۹	-۶.۶۵
دمای درجه عملکردی در سطح اطمینان ٪۹۸	۶۲.۲۷	-۹.۵۷
دمای تعدیل شده برای ترافیک (AASHTO M۳۲۳-۱۳)	۶	-
درجه عملکردی تعدیل شده	۶۸.۲۷	-۹.۵۷
درجه عملکردی انتخاب شده	۷۰	-۱۰
درجه عملکردی PG	PG۷۰-۱۰	

ESAL=5,000,000

انتخاب قیر مناسب برای بارگذاری استا (معدن گل‌گهر)

درجه عملکردی قیر بر اساس استاندارد AASHTO M۳۲۳-۱۸		
دمای درجه عملکردی (PG)	بالا	پایین
دمای درجه عملکردی در سطح اطمینان ٪۵۰	۶۱.۰۹	-۶.۶۵
دمای درجه عملکردی در سطح اطمینان ٪۹۸	۶۳.۲۷	-۹.۵۷
دمای تعدیل شده برای ترافیک (AASHTO M۳۲۳-۱۳)	۱۲	-
درجه عملکردی تعدیل شده	۷۴.۲۷	-۹.۵۷
درجه عملکردی انتخاب شده	۷۶	-۱۰
درجه عملکردی PG	PG۷۶-۱۰	

ESAL=5,000,000

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir

Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology

Pavement Engineering

Ali Reza Ghanizadeh, Ph.D | ghanizadeh@sirjantech.ac.ir

Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology