

۱۴-۳-۱-۲ قیرهای عملکردی

الف: کلیات

طبقه‌بندی عملکردی برای انتخاب قیر، توسط SHRP تدوین شده است. در این طبقه‌بندی که مبتنی بر شناخت رفتار قیر و خصوصیات عملکردی آن است با ویژگی‌های مقاومت در برابر تغییر شکلها، مقاومت در برابر ترک‌خوردگی در اثر سرما، مقاومت در برابر ترک‌خوردگی ناشی از خستگی، پیش‌بینی چگونگی سخت شدن قیر در کارخانه آسفالت و به هنگام تهیه مخلوط آسفالتی، چگونگی سخت شدن قیر در اثر مرور زمان و با آزمایش‌های تعیین شده در مشخصات، مورد ارزیابی قرار گرفته و قیر مناسب با توجه به درجه حرارت محل اجرای پروژه، میزان آمد و شد، سرعت بارگذاری و موقعیت جغرافیائی انتخاب می‌شود.

ب: طبقه‌بندی قیرهای عملکردی

قیرهای طبقه‌بندی شده بر مبنای عملکردی با توجه به میانگین هفت روز متوالی بیشترین دمای روسازی، به هفت گروه اصلی شامل PG46 ، PG52 ، PG58 ، PG64 ، PG70 ، PG76 ، PG82 رده‌بندی و هر یک از آنها نیز با توجه به پائین‌ترین درجه حرارت محیط، به گروه‌های فرعی دیگر تقسیم‌بندی می‌شوند که در نهایت، هر نوع قیر با دو عدد مثبت و منفی مشخص می‌شود که عدد مثبت، مربوط به میانگین هفت روز متوالی بیشترین دمای روسازی و عدد منفی، حداقل دمای روسازی برحسب درجه سانتیگراد می‌باشد. به طور مثال، قیر PG58-34 تأمین کننده خواص فیزیکی و رفتار مناسب و اطمینان بخش تا دمای طرح روسازی ۵۸ درجه سانتیگراد و همچنین دمای پائین تا ۳۴- درجه سانتیگراد است.

پ: تعیین دمای طرح روسازی

حداکثر دمای طرح روسازی در عمق ۲۰ میلیمتر زیر سطح روسازی آسفالتی و دمای پائین طرح روسازی در سطح روسازی تعیین می‌گردد. رابطه شماره (۱۴-۱) برای تعیین حداکثر دمای طرح روسازی در عمق ۲۰ میلیمتری ارائه گردیده است.

$$T_{20mm} = (T_{air} - 0.00618Lat^2 + 0.2289Lat + 42.2)(0.9545) - 17.78 \quad (1-14)$$

در این رابطه:

$$T_{20mm} = \text{حداکثر دمای طرح روسازی در عمق } 20 \text{ میلیمتری برحسب درجه سانتیگراد}$$

$$T_{air} = \text{میانگین بیشترین دمای هفت روز متوالی در سال برحسب درجه سانتیگراد}$$

$$Lat = \text{عرض جغرافیائی محل پروژه}$$

کمترین دمای طرح روسازی در سطح روسازی به عنوان تابعی از کمترین دمای هوا و براساس رابطه شماره (۱۴-۲) تعیین می‌گردد:

$$T_{\text{سطح}} = 0.859 T_{air} + 1.7 \quad (14-2)$$

$$T_{air} = \text{حداقل درجه حرارت برحسب سانتیگراد}$$

در روش روسازی ممتاز^۱ برای انتخاب دمای حداکثر و حداقل، اجازه منظور نمودن سطح قابلیت اطمینان^۲ با استفاده از نمودارهای آماری به طراحان داده شده است که جزئیات آن در نشریه Superpave-SP1 انسیتیو آسفالت ارائه شده است.

ت: نوع قیر و شرایط ترافیک

همانگونه که ذکر گردید، شرایط آمد و شد شامل نوع و میزان آمد و شد سنگین، چگونگی بارگذاری (بارگذاری سریع، آهسته و یا ایستا) و تعداد کل محورهای ۸۰ کیلو نیوتنی هم ارز آمد و شد در انتخاب نوع قیر در هر پروژه موثر می‌باشند. به طور کلی هر اندازه آمد و شد سنگین‌تر، متراکم‌تر و هدایت‌شده‌تر باشد و مسیر شامل سربالایی‌های تند و متعدد و در معرض آفتاب شدید باشد از قیر سفت‌تر استفاده می‌شود.

در روش روسازی ممتاز، وقتی میزان آمد و شد برحسب تعداد محورهای استاندارد (۸۰ KN) 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 بجای قیر PG58 انتخاب شده در طرح، از قیر PG64 استفاده می‌شود.

1. Superpave

2. Reliability Level

بر مبنای تحقیقات SHRP، قیر مصرفی با این شرایط تعیین می‌شود که مخلوط آسفالتی، تحت بارگذاری سریع است. در حالت بارگذاری کند مانند آمد و شد در تقاطع‌ها، ایستگاه‌های اخذ عوارض، عبور از شیب‌های تند و طولانی و به طور کلی آمد و شد با سرعت کم و کنترل شده، قیر انتخابی باید از سفتی بیشتری برخوردار باشد. به عبارت دیگر اگر در شرایط عادی، یعنی در حالت بارگذاری سریع و در مسیرهای هموار و بدون عارضه، برای پروژه‌ای قیر PG64-22 انتخاب شود، در شرایط بارگذاری کند و بدلیل عبور از سربالایی‌ها، ایستگاه‌ها و تقاطع‌ها، قیر سفت‌تر PG 70-22 که بلافاصله بعد از PG 64-22 در جدول قرار دارد برای استفاده تعیین می‌گردد. البته در مواردی که سرعت بارگذاری خیلی کند باشد، انتخاب قیر حتی با دو درجه بالاتر نیز توصیه می‌شود تا مخلوط آسفالتی بتواند در مقابل تغییر شکل خمیری رویه‌های آسفالتی در شرایط خاص پروژه و در موارد بارگذاری با زمان طولانی‌تر، مقاومت نماید.

ث: مشخصات فنی و آزمایش‌های قیر

مشخصات فنی، نوع و هدف آزمایش‌های قیرهای عملکردی در جدول‌های (۲-۱۴) و (۳-۱۴) نشان داده شده است.

جدول ۱۴-۲ مشخصات قیر براساس عملکرد (۳۲۰ M - آشتو)

PG52							PG46			طبقه‌بندی عملکرد
۴۶	۴۰	۳۴	۲۸	۲۲	۱۶	۱۰	۴۶	۴۰	۳۴	
< ۵۲							< ۴۶			
>-۴۶	>-۴۰	>-۳۴	>-۲۸	>-۲۲	>-۱۶	>-۱۰	>-۴۶	>-۴۰	>-۳۴	حداقل دمای طرح روسازی ^۱ ، (°C)
قیر اصلی										
۲۳۰							دمای نقطه اشتعال مطابق آشتو T48، حداقل، (°C)			
۱۳۵							کندروانی ^۲ مطابق آشتو T316، حداکثر ۳ Pa.s (۳۰۰۰ cp)، دمای آزمایش (°C)			
۵۲							۴۶		برش دینامیکی ^۳ مطابق آشتو T315، حداقل $G^* / \sin \delta$ برابر ۱/۰۰ kpa، دمای آزمایش در ۱۰ rad/s، (°C)	
باقیمانده از آزمایش لعاب نازک چرخشی (T240)										
۱/۰۰							تغییر جرم ^۴ ، حداکثر، (%)			
۵۲							۴۶		برش دینامیکی ^۵ مطابق آشتو T315، حداقل $G^* / \sin \delta$ برابر ۲/۲۰ kpa، دمای آزمایش در ۱۰ rad/s، (°C)	
باقیمانده از محفظه تسریع پیری (R28 آشتو)										
۹۰							۹۰		دمای پیرشدگی ^۶ PAV، (°C)	
۷	۱۰	۱۳	۱۶	۱۹	۲۲	۲۵	۴	۷	۱۰	برش دینامیکی ^۵ مطابق آشتو T315، حداقل $G^* / \sin \delta$ برابر ۵۰۰۰ kpa، دمای آزمایش در ۱۰ rad/s، (°C)
-۳۶	-۳۰	-۲۴	-۱۸	-۱۲	-۶	۰	-۳۶	-۳۰	-۲۴	سفتی خزش ^۷ مطابق آشتو T313، حداکثر مقدار S برابر ۳۰۰ MPa، حداقل مقدار m برابر ۰/۳، دمای آزمایش (°C)
-۳۶	-۳۰	-۲۴	-۱۸	-۱۲	-۶	۰	-۳۶	-۳۰	-۲۴	کشش مستقیم ^۸ مطابق آشتو T314، حداقل کرنش شکست برابر ۱/۰ درصد، دمای آزمایش (۱/۰ mm/min)، (°C)

ادامه جدول ۱۴-۲ مشخصات قیر براساس عملکرد (M-۳۲۰ آشتو)

PG64						PG58					طبقه‌بندی عملکرد
۴۰	۳۴	۲۸	۲۲	۱۶	۱۰	۴۰	۳۴	۲۸	۲۲	۱۶	
< ۶۴						< ۵۸					میانگین ۷ روز حداکثر دمای طرح روسازی ^۱ ، (°C)
> -۴۰	> -۳۴	> -۲۸	> -۲۲	> -۱۶	> -۱۰	> -۴۰	> -۳۴	> -۲۸	> -۲۲	> -۱۶	حداقل دمای طرح روسازی ^۱ ، (°C)
قیر اصلی											
۲۳۰						دمای نقطه اشتعال مطابق آشتو T48، حداقل، (°C)					
۱۳۵						کندروانی ^۲ مطابق آشتو T316، حداکثر ۳ Pa.s (۳۰۰۰ cp)، دمای آزمایش (°C)					
۶۴						برش دینامیکی ^۳ مطابق آشتو T315، حداقل $G^* / \sin \delta$ برابر ۱/۰۰ kpa، دمای آزمایش در ۱۰ rad/s، (°C)					
باقیمانده از آزمایش لعاب نازک چرخشی (T240)											
۱/۰۰						تغییر جرم ^۴ ، حداکثر، (%)					
۶۴						برش دینامیکی ^۵ مطابق آشتو T315، حداقل $G^* / \sin \delta$ برابر ۲/۲۰ kpa، دمای آزمایش در ۱۰ rad/s، (°C)					
باقیمانده از محفظه تسریع پیری (R28 آشتو)											
۱۰۰						۱۰۰					دمای پیرشدگی ^۶ PAV، (°C)
۱۶	۱۹	۲۲	۲۵	۲۸	۳۱	۱۳	۱۶	۱۹	۲۲	۲۵	برش دینامیکی ^۵ مطابق آشتو T315، حداقل $G^* / \sin \delta$ برابر ۵۰۰۰ kpa، دمای آزمایش در ۱۰ rad/s، (°C)
-۳۰	-۲۴	-۱۸	-۱۲	-۶	۰	-۳۰	-۲۴	-۱۸	-۱۲	-۶	سفتی خزش ^۷ مطابق آشتو T313، حداکثر مقدار S برابر ۳۰۰ MPa، حداقل مقدار m برابر ۰/۳، دمای آزمایش (°C)
-۳۰	-۲۴	-۱۸	-۱۲	-۶	۰	-۳۰	-۲۴	-۱۸	-۱۲	-۶	کشش مستقیم ^۷ مطابق آشتو T314، حداقل کرنش شکست برابر ۱/۰ درصد، دمای آزمایش (°C)، (۱/۰ mm/min)

ادامه جدول ۲-۱۴ مشخصات قیر براساس عملکرد (M-۳۲۰ آشتو)

PG76					PG70						طبقه‌بندی عملکرد
۳۴	۲۸	۲۲	۱۶	۱۰	۴۰	۳۴	۲۸	۲۲	۱۶	۱۰	
< ۷۶					< ۷۰						میانگین ۷ روز حداکثر دمای طرح روسازی ^۱ ، (°C)
>-۳۴	>-۲۸	>-۲۲	>-۱۶	>-۱۰	>-۴۰	>-۳۴	>-۲۸	>-۲۲	>-۱۶	>-۱۰	حداقل دمای طرح روسازی ^۱ ، (°C)
قیر اصلی											
۳۳۰						دمای نقطه اشتعال مطابق آشتو T48، حداقل، (°C)					
۱۳۵						کندروانی ^۲ مطابق آشتو T316، حداکثر ۳ Pa.s (۳۰۰۰ cp)، دمای آزمایش (°C)					
۷۶					۷۰						برش دینامیکی ^۳ مطابق آشتو T315، حداقل $G^* / \sin \delta$ برابر ۱/۰۰kpa، دمای آزمایش در ۱۰ rad/s، (°C)
باقیمانده از آزمایش لعاب نازک چرخشی (T240)											
۱/۰۰						تغییر جرم ^۴ ، حداکثر، (%)					
۷۶					۷۰						برش دینامیکی ^۵ مطابق آشتو T315، حداقل $G^* / \sin \delta$ برابر ۲/۲۰kpa، دمای آزمایش در ۱۰ rad/s، (°C)
باقیمانده از محفظه تسریع پیری (R28 آشتو)											
											دمای پیرشدگی ^۶ PAV، (°C)
۲۵	۲۸	۳۱	۳۴	۳۷	۱۹	۲۲	۲۵	۲۸	۳۱	۳۴	برش دینامیکی ^۵ مطابق آشتو T315، حداقل $G^* / \sin \delta$ برابر ۵۰۰۰kpa، دمای آزمایش در ۱۰ rad/s، (°C)
-۲۴	-۱۸	-۱۲	-۶	۰	-۳۰	-۲۴	-۱۸	-۱۲	-۶	۰	سفتی خزش ^۷ مطابق آشتو T313، حداکثر مقدار S برابر ۳۰۰ MPa، حداقل مقدار m برابر ۰/۳، دمای آزمایش (°C)
-۲۴	-۱۸	-۱۲	-۶	۰	-۳۰	-۲۴	-۱۸	-۱۲	-۶	۰	کشش مستقیم ^۷ مطابق آشتو T314، حداقل کرنش شکست برابر ۱/۰ درصد، دمای آزمایش (۱/۰ mm/ min)، (°C)

ادامه جدول ۱۴-۲ مشخصات قیر براساس عملکرد (M-۳۲۰ آشتو)

PG82					طبقه‌بندی عملکرد
۳۴	۲۸	۲۲	۱۶	۱۰	
< ۸۲					میانگین ۷ روز حداکثر دمای طرح روسازی ^۱ ، (°C)
>-۳۴	>-۲۸	>-۲۲	>-۱۶	>-۱۰	حداقل دمای طرح روسازی ^۱ ، (°C)
قیر اصلی					
۲۳۰					دمای نقطه اشتعال مطابق آشتو T48، حداقل، (°C)
۱۳۵					کندروانی ^۲ مطابق آشتو T316، حداکثر (۳۰۰۰ cp) Pa.s، دمای آزمایش (°C)
۸۲					برش دینامیکی ^۳ مطابق آشتو T315، حداقل $G^* / \sin \delta$ برابر ۱۰۰ kpa، دمای آزمایش در ۱۰ rad/s، (°C)
باقیمانده از آزمایش لعاب نازک چرخشی (T240)					
۱/۰۰					تغییر جرم ^۴ ، حداکثر، (%)
۸۲					برش دینامیکی ^۵ مطابق آشتو T315، حداقل $G^* / \sin \delta$ برابر ۲/۲۰ kpa، دمای آزمایش در ۱۰ rad/s، (°C)
باقیمانده از محفظه تسریع پیری (R28 آشتو)					
۱۰۰ (۱۱۰)					دمای پیرشدگی ^۶ PAV، (°C)
۲۸	۳۱	۳۴	۳۷	۴۰	برش دینامیکی ^۵ مطابق آشتو T315، حداقل $G^* / \sin \delta$ برابر ۵۰۰۰ kpa، دمای آزمایش در ۱۰ rad/s، (°C)
-۲۴	-۱۸	-۱۲	-۶	۰	سفتی خزش ^۷ مطابق آشتو T313، حداکثر مقدار S برابر ۳۰۰ MPa، دمای آزمایش (°C)
-۲۴	-۱۸	-۱۲	-۶	۰	کشش مستقیم ^۸ مطابق آشتو T314، حداقل کرنش شکست برابر ۱/۰ درصد، دمای آزمایش (۱/۰ mm/min)، (°C)

توضیحات جدول (۱۴-۲):

- ۱- دمای طرح روسازی را می‌توان از دمای هوا و با استفاده از الگوریتم ارائه شده در نرم افزار روسازی ممتاز یا روش‌های پیشنهادی موسسات مربوطه تخمین زد.
- ۲- اگر تولید کننده تضمین کند قیر قابلیت پمپ شدن و اختلاط در دمای منطبق با استانداردهای ایمنی را دارد، در این صورت از رعایت معیار مربوطه در مشخصات صرف نظر می‌شود.
- ۳- برای کنترل کیفیت قیر اصلاح نشده می‌توان اندازه‌گیری کندروانی قیر اصلی را جایگزین اندازه‌گیری برش دینامیکی $G^* / \sin \delta$ نمود، بشرط آنکه قیر در دمای آزمایش، حالت سیال نیوتنی داشته باشد.
- ۴- تغییر جرم قیر باید کمتر از ۱/۰۰ درصد برای تغییرات مثبت (افزایش جرم) یا تغییرات منفی (کاهش جرم) باشد.
- ۵- $G^* / \sin \delta$ معادل سفتی قیر در دماهای بالا و $G^* \sin \delta$ معادل سفتی قیر در دماهای میانی (متوسط) می‌باشد.
- ۶- دمای آزمایش PAV بر مبنای شرایط آب و هوایی شبیه سازی شده است که شامل یکی از سه دمای ۹۰، ۱۰۰ و ۱۱۰ درجه سانتیگراد می‌باشد. دمای آزمایش PAV برای قیرهای PG58-xx و بالاتر ۱۰۰ درجه سانتیگراد می‌باشد، ولی در شرایط آب و هوای بیابانی دمای پیرشدگی PAV برای قیرهای PG70-xx و بالاتر ممکن است برابر ۱۱۰ درجه سانتیگراد انتخاب گردد.
- ۷- اگر سفتی تحت خزش کمتر از ۳۰۰ مگا پاسکال باشد، آزمایش کشش مستقیم مورد نیاز نیست. اگر سفتی خزش بین ۳۰۰ و ۶۰۰ مگا پاسکال باشد، از مشخصات کرنش گسیختگی مستقیم می‌توان به جای مشخصات سفتی تحت خزش استفاده نمود. در هر دو مورد باید از برآورده شدن مشخصات برای مقدار m اطمینان حاصل شود.

جدول ۱۴-۳ نوع و هدف آزمایشات قیرهای عملکردی

نوع آزمایش	هدف آزمایش	روش آزمایش
آزمایش قشر نازک قیر به روش چرخشی (دوار) (RTFO) ^۱	بررسی سخت شدن قیر در حین تولید مخلوط آسفالتی	AASHTO T - 240
آزمایش تسریع پیرشدگی (PAV) ^۲	بررسی سخت شدن قیر به مرور زمان و در مدت خدمت دهی	AASHTO R - 28
آزمایش رئومتر برش دینامیکی (DSR) ^۳	بررسی خواص تغییر شکل پذیری (شیار) در دمای بالا و ترکهای ناشی از خستگی در دمای متوسط	AASHTO T - 315
آزمایش کندروانی چرخشی (RV) ^۴	بررسی خواص قیر در دمای بالا- کارایی قیر	AASHTO T - 316
آزمایش رئومتر تیر خمشی (BBR) ^۵	بررسی خواص قیر در دماهای پایین و ترکهای ناشی از دمای پایین	AASHTO T - 313
آزمایش کشش مستقیم (DTT) ^۶	بررسی خواص قیر در دماهای پایین و ترکهای ناشی از دمای پایین	AASHTO T - 314

۱۴-۳-۲ قیرهای دمیده^۷

قیرهای خالص را تحت فشار و در حرارت ۲۰۰ تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد هوا می‌دهند تا اتمهای هیدروژن موجود در مولکولهای قیر با اکسیژن هوا ترکیب شود و با ایجاد واکنشهای پلیمریزاسیون، هیدروکربورهای سنگین‌تری به دست آید که درجه نفوذ کمتر و نقطه نرمی بیشتری نسبت به قیر خالص اولیه داشته باشد.

1. Rolling Thin Film Oven
2. Pressure Aging Vessel
3. Dynamic Shear Rheometer
4. Rotational Viscosity
5. Bending Beam Rheometer
6. Direct Tension Test
7. Blown Asphalt