

۱- مقدمه

مخلوط آسفالت سرد^۱ به مخلوطی از مصالح سنگی با قیر (قیر محلول، امولسیون) گفته می‌شود که عمل اختلاط قیر و مصالح در درجه حرارت محیط انجام و در همین دما پخش و متراکم می‌گردد. آسفالت سرد در کلیه لایه های روسازی کاربرد دارد، مشروط بر آن که تمام ضوابط و معیارهای طراحی و محدودیت‌های ترافیکی مسیر برای آن رعایت شود. این نوع آسفالت در قشرهای رویه، آستر و اساس قیری برای ترافیک سبک و متوسط و در قشر اساس قیری^۲ برای ترافیک سنگین و خیلی سنگین می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از آسفالت سرد در لایه رویه در شرایط ترافیک سبک و متوسط صورت می‌گیرد و اجرای آن برای شرایط ترافیک سنگین، بعنوان لایه اساس امکانپذیر است. در صورت تبدیل وضعیت ترافیک از حالت سبک و متوسط به سنگین برای مسیری که از این نوع آسفالت بعنوان لایه رویه در آن استفاده شده است، باید از آسفالت گرم بعنوان روکش برای جلوگیری از بروز خرابی‌ها، استفاده نمود.

۲- انتخاب سنگدانه‌های مناسب برای ساخت آسفالت سرد

حداقل شرایط مصالح سنگی مورد استفاده در ساخت آسفالت سرد، در جدول شماره (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات آزمایشگاهی سنگدانه‌های مورد استفاده در آسفالت سرد

روش آزمایش		مشخصات	آزمایش
ASTM	AASHTO		
C 131	T 96	۴۰ درصد	مقاومت سایشی با آزمایش لوس آنجلس - حداکثر
C 88	T 104	۱۲ درصد	افت وزنی با سولفات سدیم - حداکثر
C 88	T 104	۱۸ درصد	افت وزنی با سولفات منیزیم - حداکثر
C 2419	T 176	۳۵ درصد	ارزش ماسه‌ای - حداقل
C 4318	T 90	۴ درصد	دامنه خمیری - حداکثر
D 5821	---	۶۵ درصد	شکستگی یک جبهه سنگدانه‌های مانده روی الک شماره ۴ یا ۴/۷۵ میلی‌متر - حداقل
D 4791	---	۱۵ درصد	سنگدانه‌های پهن و دراز ^(۱) - حداکثر
C 29	T 19	۱۱۲۰ Kg/m ³	جرم واحد حجم سنگدانه‌های سرباره کوره آهن گدازی - حداقل

(۱) سنگدانه های پهن و دراز مصالح مانده روی الک ۹/۵ میلی‌متر ($\frac{3}{8}$ اینچ) می باشد که حداکثر طول به حداقل ضخامت آنها بیشتر از ۵ باشد.

¹ Cold Mix Asphalt (CMA)

² Black Base

۳- دانه بندی مناسب برای آسفالت سرد

آسفالت سرد بر حسب نوع دانه بندی مصالح به دو نوع آسفالت سرد با دانه بندی باز^۳ و دانه بندی پیوسته^۴ تقسیم می شود. در طرح اختلاط^۵ آسفالت سرد، ابتدا دانه بندی مناسب مصالح سنگی، با استفاده از جدول های (۲) و (۳) انتخاب می شود.

جدول ۲- دانه بندی باز مصالح سنگی مورد استفاده در آسفالت سرد

درصد وزنی رده شده از هر الک (با سوراخ های چهارگوش)						حداکثر اندازه اسمی مصالح (میلی متر)
۴/۷۵	۹/۵	۱۲/۵	۱۹	۲۵	۳۷/۵	
۶	۵	۴	۳	۲	۱	شماره دانه بندی
رویه	رویه	آستر و	اساس قیری و	اساس قیری و	اساس قیری	
						اندازه الک
					۱۰۰	۵۰ میلی متر
				۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۳۷/۵ میلی متر
			۱۰۰	۹۰-۱۰۰	-	۲۵ میلی متر
		۱۰۰	۹۰-۱۰۰	-	۴۰-۷۰	۱۹ میلی متر
	۱۰۰	۸۵-۱۰۰	-	۴۰-۷۰	-	۱۲/۵ میلی متر
	۸۵-۱۰۰	۶۰-۹۰	۴۰-۷۰	-	۱۸-۴۸	۹/۵ میلی متر
۱۰۰	۴۰-۷۰	۲۰-۵۰	۱۵-۳۹	۱۰-۳۴	۶-۲۹	۴/۷۵ میلی متر
۷۵-۱۰۰	۱۰-۳۵	۵-۲۵	۲-۱۸	۱-۱۷	۰-۱۴	۲/۳۶ میلی متر
۵۰-۷۵	۵-۲۵	۳-۱۹	-	-	-	۱/۱۸ میلی متر
۲۸-۵۳	-	-	۰-۱۰	۰-۱۰	۰-۸	۰/۶ میلی متر
۸-۳۰	۰-۱۲	۰-۱۰	-	-	-	۰/۳ میلی متر
۰-۱۲	-	-	-	-	-	۰/۱۵ میلی متر
۰-۵	-	-	-	-	-	۰/۰۷۵ میلی متر

۳-۱- دانه بندی مناسب برای ساخت آسفالت سرد لکه گیری

دانه بندی مناسب برای آسفالت سرد لکه گیری در جدول های شماره (۴) تا (۷) نشان داده شده است.

³ Open Graded⁴ Dense Graded⁵ Mix Design

جدول ۳- دانه‌بندی پیوسته مصالح سنگی مورد استفاده در آسفالت سرد

درصد وزنی رده‌ده از هر الک (با سوراخ‌های چهارگوش)							حداکثر اندازه اسمی مصالح (میلی‌متر)
۴/۷۵	۴/۷۵	۹/۵	۱۲/۵	۱۹	۲۵	۳۷/۵	
۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	شماره دانه‌بندی
رویه	رویه	رویه	آستر و رویه	اساس قیری و آستر	اساس قیری و آستر	اساس قیری	
اندازه الک							
-	-	-	-	-	-	۱۰۰	۵۰ میلی‌متر
-	-	-	-	-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۳۷/۵ میلی‌متر
-	-	-	-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	-	۲۵ میلی‌متر
-	-	-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	-	۵۶-۸۰	۱۹ میلی‌متر
-	-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	-	۵۶-۸۰	-	۱۲/۵ میلی‌متر
-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	-	۵۶-۸۰	-	-	۹/۵ میلی‌متر
۱۰۰	۸۰-۱۰۰	۵۵-۸۵	۴۴-۷۴	۳۵-۶۵	۲۹-۵۹	۲۳-۵۳	۴/۷۵ میلی‌متر
۹۵-۱۰۰	۶۵-۱۰۰	۳۲-۶۷	۲۸-۵۸	۲۳-۴۹	۱۹-۴۵	۱۵-۴۱	۲/۳۶ میلی‌متر
۸۵-۱۰۰	۴۰-۸۰	-	-	-	-	-	۱/۱۸ میلی‌متر
۷۰-۹۵	۲۵-۶۵	-	-	-	-	-	۰/۵ میلی‌متر
۴۵-۷۵	۷-۴۰	۷-۲۳	۵-۲۱	۵-۱۹	۵-۱۷	۴-۱۶	۰/۳ میلی‌متر
۲۰-۴۰	۳-۲۰	-	-	-	-	-	۰/۱۵ میلی‌متر
۹-۲۰	۲-۱۰	۲-۱۰	۲-۱۰	۲-۸	۱-۷	۰-۶	۰/۰۷۵ میلی‌متر

جدول ۴- دانه‌بندی‌های پیوسته مصالح سنگی آسفالت سرد با قیر امولسیون

درصد وزنی عبور کرده از الک					شماره دانه‌بندی اندازه الک
۵	۴	۳	۲	۱	
-	-	-	-	۱۰۰	۵۰ میلی‌متر
-	-	-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۳۷/۵ میلی‌متر
-	-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	-	۲۵ میلی‌متر
-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	-	۶۰-۸۰	۱۹ میلی‌متر
۱۰۰	۹۰-۱۰۰	-	۶۰-۸۰	-	۱۲/۵ میلی‌متر
۹۰-۱۰۰	-	۶۰-۸۰	-	-	۹/۵ میلی‌متر
۶۰-۸۰	۴۵-۷۰	۳۵-۶۵	۲۵-۶۰	۲۰-۵۵	الک شماره ۴
۳۵-۶۵	۲۵-۵۵	۲۰-۵۰	۱۵-۴۵	۱۰-۴۰	الک شماره ۸
۶-۲۵	۵-۲۰	۳-۲۰	۳-۱۸	۲-۱۶	الک شماره ۵۰
۲-۱۰	۲-۹	۲-۸	۱-۷	۰-۵	الک شماره ۲۰۰

جدول ۵- دانه‌بندی‌های باز مصالح سنگی آسفالت سرد با قیر امولسیون

درصد وزنی عبور کرده از الک				
رویه	اساس قیری			شماره دانه‌بندی
	ریزدانه	میان دانه	درشت دانه	اندازه الک
			۱۰۰	۳۷/۵ میلیمتر
		۱۰۰	۹۵-۱۰۰	۲۵ میلیمتر
		۹۰-۱۰۰	-	۱۹ میلیمتر
	۱۰۰	-	۲۵-۶۰	۱۲/۵ میلیمتر
۱۰۰	۸۵-۱۰۰	۲۰-۵۵	-	۹/۵ میلیمتر
۳۰-۵۰	-	۰-۱۰	۰-۱۰	الک شماره ۴
۵-۱۵	۰-۱۰	۰-۵	۰-۵	الک شماره ۸
-	۰-۵	-	-	الک شماره ۱۶
۰-۲	۰-۲	۰-۲	۰-۲	الک شماره ۲۰۰

جدول ۶- دانه‌بندی ماسه‌ای آسفالت سرد با قیر امولسیون

درصد وزنی عبور کرده از الک		
آسفالت سرد با ماسه لای دار	آسفالت سرد با ماسه خوب دانه‌بندی شده	شماره دانه‌بندی اندازه الک
-	-	۱۹ میلیمتر
۱۰۰	۱۰۰	۱۲/۵ میلیمتر
-	-	۹/۵ میلیمتر
۷۵-۱۰۰	۷۵-۱۰۰	الک شماره ۴
۱۵-۶۵	-	الک شماره ۱۰۰
۱۲-۲۰	۵-۱۲	الک شماره ۲۰۰

جدول ۷- دانه‌بندی‌های آسفالت سرد لکه‌گیری برای مصارف فوری و غیر فوری

اندازه ماکزیمم اسمی مصالح (میلیمتر)				درصد عبوری
۴	۳	۲	۱	
۹/۵	۱۲/۵	۱۹	۲۵	اندازه الک
-	-	-	۱۰۰	۳۷/۵ میلیمتر
-	-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	۲۵ میلیمتر
-	۱۰۰	۹۰-۱۰۰	-	۱۹ میلیمتر
۱۰۰	۹۰-۱۰۰	-	۶۰-۸۰	۱۲/۵ میلیمتر
۹۰-۱۰۰	-	۶۰-۸۰	-	۹/۵ میلیمتر
۶۰-۸۰	۴۵-۷۰	۳۵-۶۵	۲۵-۶۰	۴/۷۵ میلیمتر
۳۵-۶۵	۲۵-۵۵	۲۰-۵۰	۱۵-۴۵	۲/۳۶ میلیمتر
-	-	-	-	۱/۱۸ میلیمتر
۶-۲۵	۵-۲۰	۳-۲۰	۳-۱۸	۰/۳ میلیمتر
۲-۱۰	۲-۹	۲-۸	۱-۷	۰/۰۷۵ میلیمتر

۴- دانه‌بندی مناسب فیلر برای ساخت آسفالت سرد

فیلر مورد استفاده در ساخت آسفالت سرد باید فاقد مواد رسی و ناخالصی‌های آلی باشد. دانه‌بندی فیلر مورد استفاده در ساخت آسفالت سرد باید منطبق بر مشخصات ارائه شده در جدول شماره (۸) باشد.

جدول ۸- دانه‌بندی فیلر مورد استفاده در آسفالت سرد

درصد وزنی رد شده	اندازه الک
۱۰۰	۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰)
۹۵-۱۰۰	۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰)
۷۰-۱۰۰	۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)

۵- انتخاب قیر مناسب در ساخت آسفالت سرد

در انتخاب قیر باید به عوامل زیر توجه خاص شود:

۵-۱- خصوصیات قیر

در مورد قیرهای امولسیون، نتیجه مطلوب در هر ترکیب امولسیون-مصالح سنگی به مقدار قابل ملاحظه‌ای به بارهای الکتریکی سطح ذرات قیر و مصالح سنگی بستگی دارد. قیرهای امولسیون انتخاب شده باید با مصالح سنگی از نظر کانی‌های تشکیل دهنده سنگدانه‌ها سازگاری داشته باشند. اگر بارهای الکتریکی همنام باشند، در این صورت احتمال ایجاد چسبندگی خوب کاهش می‌یابد و بالعکس اگر بارهای الکتریکی غیر همنام باشند، احتمال ایجاد چسبندگی خوب افزایش خواهد یافت. لذا بار الکتریکی غالب در سطح دانه های مصالح سنگی تا حدود زیادی برای انتخاب نوع قیر امولسیون آنیونیک یا کاتیونیک می‌تواند تعیین کننده باشد. سنگ‌های آهکی معمولاً بار سطحی مثبت دارند و لذا با امولسیون آنیونیک و سنگ‌های سیلیسی بار سطحی منفی دارند و در نتیجه با امولسیون‌های کاتیونیک سازگار می‌باشند.

۵-۲- کندروانی قیر

قیر در شرایط محیطی ساخت آسفالت باید به مقداری کندروانی داشته باشد که بتواند مخلوط آسفالتی همگن و یکنواخت با پوشش قیری کامل برای سنگدانه‌ها را تأمین کند. به عنوان مثال برای تولید آسفالت سرد کارخانه‌ای، از قیر با کندروانی بیشتر (قیر غلیظتر) و برای آسفالت سرد تولید شده در محل^۶ از قیر با کندروانی کمتر (قیر رقیقتر) استفاده می‌شود.

۵-۳- دانه‌بندی

به طور کلی برای دانه بندی‌های باز در مقایسه با دانه‌بندی‌های پیوسته، از قیر غلیظتر می‌توان استفاده کرد. وقتی که فیلر مخلوط زیاد باشد، عمل اختلاط به سختی انجام می‌گیرد. در این حالت بهتر است قیر مصرفی کندروانی کمتری داشته باشد. در چنین شرایطی، قیرهای محلول مصرفی از انواع کندشکن^۷ یا دیرشکن^۸ می‌باشد تا فرصت کافی برای عمل اختلاط و تراکم وجود داشته باشد. بالعکس در شرایطی که مواد رد شده از الک ۲۰۰ کم باشد، عمل اختلاط آسانتر انجام می‌گیرد و لذا قیر با کندروانی بیشتر مناسبتر خواهد بود. کاربرد قیر با کندروانی بیشتر، احتمال چکه کردن قیر از سنگدانه‌های با دانه‌بندی باز را کاهش می‌دهد.

^۶ Road Mix

^۷ Medium Curing (MC)

^۸ Slow Curing (SC)

۵-۴- رطوبت مصالح سنگی

آب اضافی موجب بروز قیرزدگی^۹ و یا تاخیر در عمل‌آوری و شکست امولسیون می‌گردد، در حالیکه مخلوط-های با آب کم، پدیده‌های جداشدگی^{۱۰} دانه‌ها، شن‌زدگی^{۱۱} و وزن مخصوص کم مخلوط را به دنبال دارد که با افزایش درجه نفوذ قیر خالص مورد استفاده در تهیه امولسیون، اندود بهبود می‌یابد.

۵-۵- عمل آمدن قیر

سرعت گیرش و عمل آمدن قیرهای محلول (فرآیند تبخیر و تصعید مواد فرار این قیرها) تابع مقدار قیر مصرفی، نوع و درجه قیر، رطوبت نسبی محیط، باد، تغییرات دمای محیط محل اجرای کار در طول عملیات و دمای اختلاط قیر با سنگدانه‌ها می‌باشد. هر اندازه مواد حلال قیر مصرفی سبکتر باشد (مانند قیرهای زودگیر) این مواد زودتر تصعید می‌شود و در نتیجه گیرایی قیر سریعتر صورت می‌گیرد. بالعکس هر اندازه دمای محیط کمتر، هوا سردتر و رطوبت نسبی زیادتر باشد، سرعت گیرش کندتر و زمان آن طولانی‌تر خواهد شد. به عبارت دیگر در این حالت باید زمان کافی برای انجام اختلاط و تراکم وجود داشته باشد.

سفت شدن قیرهای امولسیون و ظهور خاصیت چسبندگی کامل در آنها به نوع قیر امولسیون، تبخیر آب موجود در آن، درصد جذب آب سنگدانه‌ها و فشار مکانیکی اعمال شده به مخلوط آسفالتی بستگی دارد. در شرایط محیطی مناسب، تبخیر آب و در نتیجه عمل آمدن کامل قیر نسبتاً سریع انجام می‌گیرد. هوای سرد، رطوبت نسبی زیاد، یا بارندگی بلافاصله بعد از پخش قیر، مانع سفت شدن سریع و به هنگام قیر می‌شود. برای تولید آسفالت سرد، فقط می‌توان از قیرهای کندشکن و دیرشکن استفاده کرد. به عنوان یک راهنمای کلی، از جدول شماره (۹) می‌توان در انتخاب قیر مناسب در ساخت آسفالت سرد استفاده نمود.

۵-۶- درجه حرارت قیر

از جدول (۱۰) برای تعیین درجه حرارتی که مخلوط کارآیی مناسبی در شرایط متفاوت اجرای کار داشته باشد، می‌توان استفاده کرد.

⁹ Bleeding

¹⁰ Segregation

¹¹ Ravelling

جدول ۹- انتخاب قیر مناسب در ساخت آسفالت سرد

قیرابه کاتیونیک	قیرابه آنیونیک	قیرهای محلول						نوع آسفالت و کیفیت مصالح سنگی مصرفی						
		کانتیر MIC	دیگر SC	دیگر RC		دیگر	دیگر							
CSS-1 h								نوع آسفالت و کیفیت مصالح سنگی مصرفی						
CSS-1														
CMS-2 h														
CMS-2														
SS-1 h														
SS-1														
HFMS-2 s														
MS-2h HFMS-2h														
HFMS-2 MS-2														
HFMS-1 MS-1														
		۲۰۰۰	۸۰۰	۷۵۰	۷۰	۲۰۰۰	۸۰۰	۷۵۰	۲۰۰	۸۰۰	۷۵۰	۷۰		
	x		x											۱) مخلوطهایی تهیه شده در کارخانه مصرف در قطر اسلش و روزه با: دانه بندی با: خوب دانه بندی شده مصالح ماسه ای (۱۰)
	x													
			x				x	x						
			x											
														۲) آسفالت مخلوط در محل مصرف در قطر اسلش و روزه با: دانه بندی با: خوب دانه بندی شده ماسه ماسه همراه با الی (۱۱)
	x													
														۳) مخلوطهایی مناسب تعمیرات و لکه- گیری
	x													
	x													
														مصرف فوری
														مصرف فوری

توضیحات:

- ❖ مصالح ریشه از الکی ۵ میلیمتر یا حداکثر ۵ درصد مواد در شده از الکی شماره ۲۰۰
- ❖❖ مصالح در شده از الکی ۲ میلیمتر (الکی شماره ۱۰) همراه با حدود ۲۰ درصد عبوری از الکی ۲۰۰ که خاصیت خمیری هم دارد

جدول ۱۰- درجه حرارت‌های قیرهای مصرفی در ساخت آسفالت سرد

نوع و درجه قیر	درجه حرارت قیر برای آسفالت سرد کارخانه‌ای یا دانه‌بندی باز و پیوسته	درجه حرارت قیر برای بخش روی مصالح ریسه شده در راه
قیر امولسیون‌ها : انواع قیر امولسیون‌های کدشکن و دیرشکن آنیونیک و کاتیونیک قیرهای محلول ^(۳) : انواع زودگیر، کندگیر و دیرگیر	۷۰- ۱۰ ^(۱)	۷۰- ۲۰ سانتیگراد
۷۰	--	۲۰+ ^(۴) سانتیگراد
۲۵۰	۸۰- ۵۵ ^(۳) سانتیگراد	۴۰+ ^(۴) سانتیگراد
۸۰۰	۱۰۰- ۷۵ ^(۳) سانتیگراد	۵۵+ ^(۴) سانتیگراد
۳۰۰۰	۱۱۵- ۸۰ ^(۳) سانتیگراد	--

توضیحات:

- (۱) فقط برای آسفالت سرد که در کارخانه ثابت مرکزی تهیه می‌شود.
- (۲) چون نقطه اشتعال قیرهای محلول معمولاً از ۲۷ تا حداکثر ۱۰۷ درجه سانتیگراد تغییر می‌کند لذا باید هنگام گرم کردن قیرهای محلول کلیه نکات ایمنی و احتیاط‌های لازم رعایت شود.
- (۳) درجه حرارت مخلوط آسفالت سرد بعد از اختلاط قیر و مصالح
- (۴) معرف حداقل درجه حرارت است، ضمن اینکه حداکثر درجه حرارت قیر نیز باید به اندازه‌ای باشد که دود آبی رنگ از آن متصاعد نشود.

۵- انتخاب مقدار قیر مناسب در ساخت آسفالت سرد

دو روش آزمایشگاهی و تجربی به شرح ذیل برای طرح اختلاط آسفالت سرد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۵- استفاده از روابط تجربی

در شرایطی که تجهیزات آزمایشگاهی برای طرح اختلاط آسفالت سرد با استفاده از روش‌های استاندارد در دسترس نباشد، می‌توان از فرمول‌های تجربی ذیل برای تعیین درصد قیر استفاده نمود.

۱-۱-۵- روابط تجربی تعیین قیر بهینه در آسفالت سرد ساخته شده با قیر امولسیون

مقدار قیر امولسیون بر اساس وزن خشک مصالح سنگی با دانه‌بندی باز یا پیوسته، با استفاده از روابط زیر برآورد می‌شود.

$$D = \frac{[(0.06*B)+(0.01*C)]}{A} * 100 \quad \text{رابطه (۱) لایه اساس قیری:}$$

$$D = \frac{[(0.07*B)+(0.03*C)]}{A} * 100 \quad \text{رابطه (۲) لایه رویه:}$$

که در این معادلات:

D= درصد قیر امولسیون بر حسب وزن خشک مصالح سنگی،

A= درصد باقیمانده قیر امولسیون در آزمایش تقطیر،

B= درصد مصالح سنگی خشک عبوری الک شماره ۴،

C=100-B= درصد مصالح سنگی مانده بر روی الک شماره ۴.

۵-۱-۲- رابطه تجربی تعیین قیر بهینه در آسفالت سرد ساخته شده با قیر محلول درصد وزنی قیر محلول برای مصالح با دانه‌بندی پیوسته را می‌توان از رابطه ذیل تعیین نمود:

$$P = 0/02A + 0/07B + 0/15C + 0/2 D \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در رابطه فوق:

P = درصد وزنی قیر برحسب وزن مصالح سنگی خشک،

A = درصد مصالح مانده روی الک شماره ۵۰،

B = درصد رد شده از الک ۵۰ و مانده روی ۱۰۰،

C = درصد رد شده از الک ۱۰۰ و مانده روی ۲۰۰،

D = درصد مصالح رد شده از الک شماره ۲۰۰.

۵-۲- طرح اختلاط آزمایشگاهی آسفالت سرد

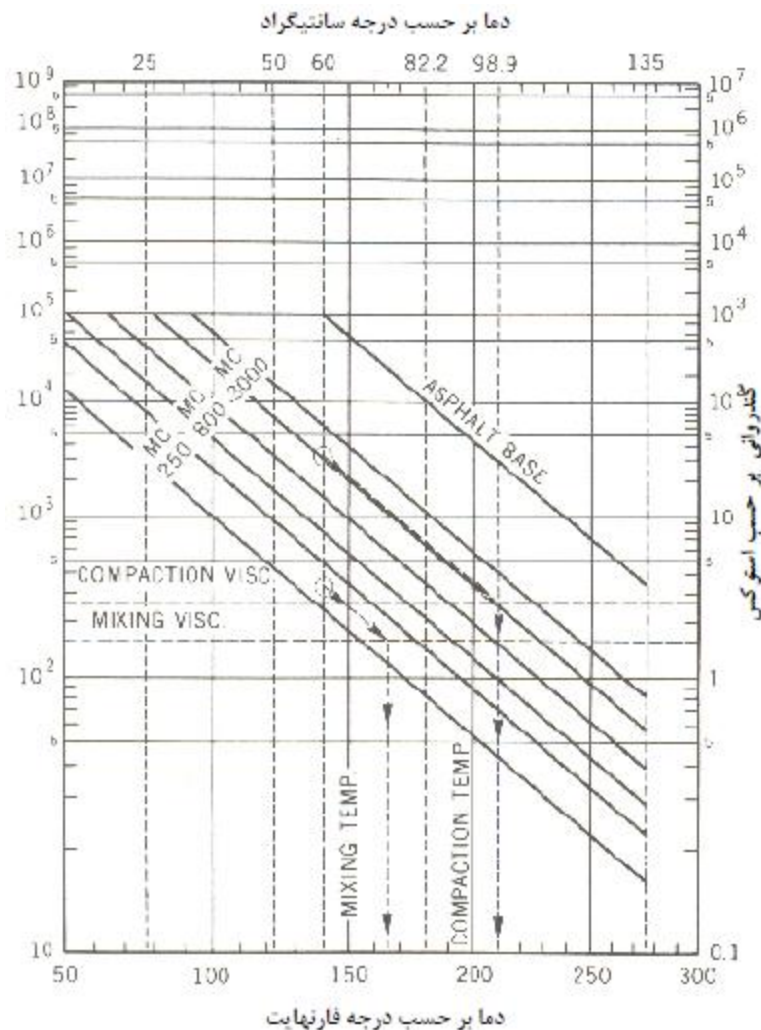
طرح اختلاط آزمایشگاهی برحسب اینکه قیر مورد استفاده در ساخت آسفالت سرد، قیر امولسیون یا قیر محلول باشد، به شرح ذیل انجام خواهد شد.

۵-۲-۱- طرح اختلاط آزمایشگاهی آسفالت سرد با قیر محلول

طرح اختلاط برای قیرهای محلول با روش مارشال به شرح آئین نامه آشتو T245 و رعایت دستورالعمل‌های انستیتو آسفالت انجام می‌شود. در این روش کلیه وسایل و تجهیزات آزمایشگاهی همان ابزار و وسایلی است که در طرح آسفالت گرم بکار میرود. مراحل به ترتیب به شرح ذیل می‌باشد:

- درصد قیر تقریبی با استفاده از معادله تجربی مربوط به قیر محلول (رابطه شماره (۳))، تعیین می‌شود.
- به فواصل نیم درصد، حداقل دوسری نمونه کمتر از این درصد و دو سری نمونه بیشتر از این درصد، در نظر گرفته می‌شود.
- به ازای هر درصد قیر، سه نمونه ۱۲۰۰ گرمی با 75 ضربه چکش مارشال به هر یک از دو طرف نمونه، متراکم می‌شود.
- برای تعیین دمای مناسب اختلاط و تراکم، لازم است که نمودار تغییرات کندروانی قیر محلول برحسب سانتی استکس در مقابل درجه حرارت، ترسیم گردد. محدوده دمای اختلاط و تراکم به ترتیب دمایی است که قیر محلولی که 50 درصد حلال خود را از دست داده بایستی گرم شود تا کندروانی آن 170

سانتی استوکس (با حد رواداری 20) برای اختلاط قیر و ۲۸۰ سانتی استوکس (با رواداری ۳۰) برای تراکم قیر، باشد. نمونه‌ای از این نمودارها در شکل (۱)، نشان داده شده است.



شکل ۱- محدوده دمایی انجام تراکم و اختلاط قیر محلول با مصالح جهت ساخت آسفالت سرد

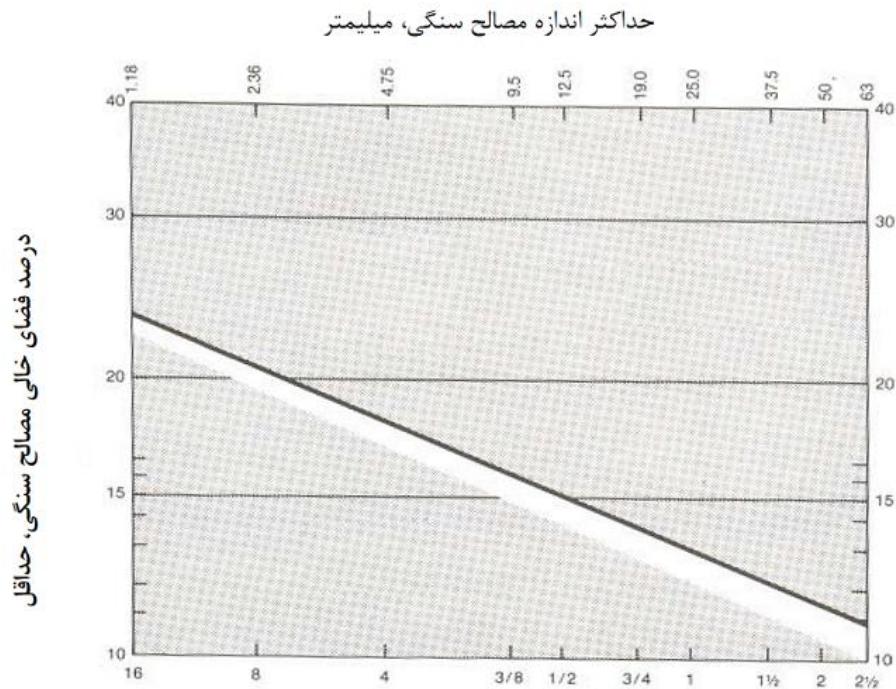
- کوبیدن نمونه‌ها زمانی انجام می‌شود که در مورد آسفالت سرد مصرفی در روسازی‌ها و لایه‌های روکش 50 درصد مواد فرار قیر محلول مصرفی و در کارهای تعمیرات و لکه‌گیری، 25 درصد مواد فرار قیر قبل از کوبیدن نمونه‌ها، تبخیر شده باشد. بدین منظور می‌توان از منحنی تغییرات کندروانی قیر محلول در مقابل درصدهای مختلف حلال، استفاده نمود.
- انجام آزمایش‌های روش مارشال و ترسیم نمودارهای ذیل:
ترسیم نمودار وزن مخصوص مخلوط آسفالتی بر حسب درصد وزنی قیر محلول،
ترسیم نمودار درصد فضای خالی آسفالت بر حسب درصد وزنی قیر محلول،

- ترسیم نمودار درصد فضای خالی مصالح سنگی بر حسب درصد وزنی قیر محلول،
- ترسیم نمودار استحکام مارشال نمونه‌ها بر حسب درصد وزنی قیر محلول،
- ترسیم نمودار روانی نمونه‌ها بر حسب درصد وزنی قیر محلول.
- بررسی اثر رطوبت بر استحکام مارشال نمونه‌ها پس از 4 روز نگهداری در آب بدین منظور نمونه‌ها 4 روز در آب 25 درجه سانتیگراد نگهداری شده و نسبت مقاومت مارشال در حالت خیس و خشک محاسبه می‌گردد.
- تعیین میزان قیر بهینه با توجه به حدود پارامترهای ارائه شده در جدول شماره (11)

جدول ۱۱- مشخصات فنی آسفالت سرد برای قیرهای محلول با روش مارشال

مشخصات	آزمایش
۲۵ درصد	درصد تصعید مواد خلال قبل از متراکم کردن در سطح راه برای:
۵۰ درصد	آسفالت سرد مورد استفاده در تعمیرات آسفالت سرد مورد استفاده در نوسازی‌ها و لایه روکش
۷۵ ضربه	تعداد ضربه برای کوبیدن نمونه مارشال
۵-۳ درصد	درصد فضای خالی مخلوط متراکم آسفالتی
شکل ۵-۳	درصد فضای خالی مصالح سنگی
حداقل ۲۲۲۴ نیوتن	مقاومت مارشال در ۲۵ درجه سانتیگراد:
حداقل ۲۳۲۶ نیوتن	آسفالت سرد برای تعمیرات آسفالت سرد برای نوسازی‌ها و لایه روکش
۸ تا ۱۶	روانی برحسب ۰/۲۵ میلیمتر
حداقل ۷۵ درصد	درصد ماند مقاومت مارشال بعد از ۴ روز نگهداری در آب ۲۵ درجه سانتیگراد

جدول ۱۲- حداقل درصد فضای خالی مصالح سنگی در طرح اختلاط آسفالت سرد به روش مارشال برای قیرهای محلول



۵-۲-۲- طرح اختلاط آزمایشگاهی آسفالت سرد با قیر امولسیون

این روش طرح اختلاط، ویژه مخلوط های آسفالت سرد با قیر امولسیونی می باشد، که حاوی مصالح سنگی با دانه بندی پیوسته می باشند. این روش، قابل کاربرد برای قیرهای امولسیون SS یا MS می باشد. مخلوط های تولید شده در دمای محیط توسط کارخانه تولید شده یا مخلوط در محل می باشند که می تواند بصورت فوری پخش شده و یا برای استفاده بعدی انبار شوند.

قیرهای امولسیونی MS معمولاً همراه با مصالح سنگی ای مورد استفاده قرار می گیرند، که دارای مقدار بیش از حد مواد عبوری الک شماره 200 نبوده و یا انبار نمودن مخلوط، مورد نظر می باشد. بالعکس، قیرهای امولسیونی SS معمولاً همراه با مقدار بیشتری فیلر امکان پذیر است ولی انبار نمودن آسفالت حاصل، مطلوب نیست.

مراحل طرح اختلاط این مخلوط ها به صورت گام به گام به شرح ذیل انجام می گردد:

- تعیین مقدار حدودی قیر بهینه با استفاده از روابط تجربی (۱) و (۲) با توجه به نوع لایه مورد نظر
- نمونه‌هایی با درصد‌های مختلف رطوبت مصالح سنگی ساخته شده و با ۵۰ ضربه چکش مارشال متراکم می‌گردند. درصد رطوبتی از مصالح سنگی که بیشترین وزن مخصوص خشک نمونه آسفالتی را نتیجه دهد، درصد رطوبت بهینه است که سایر نمونه‌ها نیز با همین میزان رطوبت ساخته خواهند شد.
- ساخت نمونه‌های مارشال با درصد قیرهای متفاوت با تعداد ضربات ۵۰ به هر طرف نمونه در دمای محیط
- نگهداری نمونه‌ها به مدت یک روز در داخل قالب و در دمای محیط
- تعیین وزن مخصوص حقیقی نمونه‌های آسفالتی
- تعیین مقاومت مارشال نمونه‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد (باید حداقل ۲۲۵ کیلوگرم باشد).
- تعیین درصد فضای خالی نمونه‌های متراکم شده (باید حداقل ۲ و حداکثر ۸ درصد باشد).
- تعیین افت مقاومت مارشال بعد از نگهداری نمونه‌ها در شرایط اشباع (حداکثر باید ۵۰ درصد باشد).
- با در نظر گرفتن شرایط فوق، درصد قیر معادل حداکثر مقاومت در حالت اشباع، مقدار قیر بهینه خواهد بود.