دانشگاه صنعتی سیرجان

روسازی راه

کارشناسی مهندسی عمران

علیرضا غنی‌زاده

دانشیار دانشکده مهندسی عمران – دانشگاه صنعتی سیرجان

مخلوط‌های آسفالتی

تعاریف اولیه

مخلوط آسفالتی:

مخلوط های آسفالتی که در ایران به آسفالت معروف می باشند از اختلاط قیر، مصالح سنگی و در مواردی برخی از افزودنی ها ساخته می شوند.

موارد کاربرد مخلوط های آسفالتی:

- رویه آسفالتی(Asphalt Surface)
- اساس قیری(Black Base)

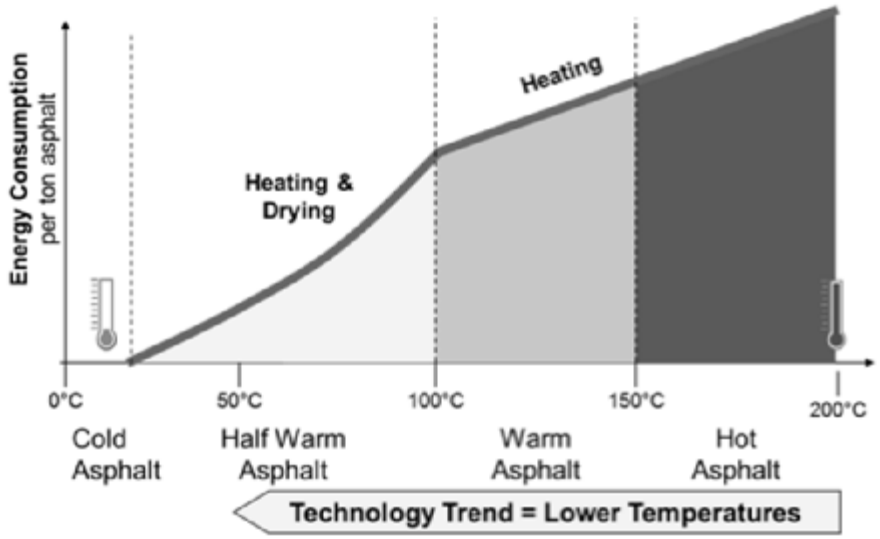
Asphalt Mix
HMA: Hot Mix Asphalt
Asphalt Concrete

انواع مخلوط های آسفالتی از نظر درجه حرارت تولید

انواع مخلوط های آسفالتی از نظر دمای اختلاط و تراکم:

- مخلوط آسفالتی داغ(گرم) (HMA)
- مخلوط آسفالتی ولرم (WMA)
- مخلوط آسفالتی نیمه گرم (HWMA)
- مخلوط آسفالتی سرد (Cold Asphalt Mix)

درجه حرارت تولید انواع آسفالت



مخلوط های آسفالتی از نظر نوع دانه بندی

انواع مخلوط های آسفالتی از نظر نوع دانه بندی:

- بتن آسفالتی با دانه بندی متراکم (DGAC)
- لایه اصطکاکی با دانه بندی باز(OGFC)
- مخلوط آسفالتی اروپایی متخلخل (PEM)
- اساس نفوذپذیر تثبیت شده با قیر (ATPB)
- بتن آسفالتی با استخوانبندی سنگدانه‌ای (SMA)
- ماسه آسفالت (Sand Asphalt Mix)

انواع لایه های روسازی ساخته شده با مخلوط آسفالتی

- **آسفالت رویه (توپکا)**
  - دانه بندی ریزدانه تر از قشر بیندر و اساس قیری (حداکثر اندازه ۹/۵، ۱۲/۵، ۱۹ میلیمتر)
  - درصد قیر بیشتر از قشر بیندر و اساس قیری
  - قیمت بیشتر
- **آسفالت آستر (بیندر)**
  - دانه بندی (حداکثر اندازه ۱۹، ۲۵، ۳۷/۵ میلیمتر)
  - درصد قیر بیشتر از قشر اساس قیری و کمتر از توپکا
- **اساس قیری**
  - دانه بندی (حداکثر اندازه ۳۷/۵، ۵۰، ۷۵ میلیمتر)

انواع افزودنی‌ها و اصلاح کننده‌های قیر و مخلوط آسفالتی

Categories of Modifier	Examples of Generic Types
Thermosetting polymers	Epoxy resin Polyurethane resin Acrylic resin
Elastomeric polymers	Natural rubber Vulcanized (tyre) rubber Styrene—butadiene—styrene (SBS) block copolymer Styrene—butadiene—rubber (SBR) Ethylene—propylene—diene terpolymer (EPDM) Isobutene—isoprene copolymer (IR)
Thermoplastic polymers	Ethylene vinyl acetate (EVA) Ethylene methyl acrylate (EMA) Ethylene butyl acrylate (EBA) Polythylene (PE) Polyvinyl chloride (PVC) Polystyrene (PS)
Chemical modifiers and extenders	Organomanganese/cobalt compound (Chemrete) Sulphur Lignin
Fibers	Cellulose Alumino-magnesium silicate Glass fiber Asbestos Polyester Polypropylene
Antistripping	Organic amines Amides
Natural binders	Trinidad lake asphalt (TLA) Gilsonite Rock asphalt
Fillers	Carbon black Fly ash Lime Hydrated lime

منابع مصالح سنگی مخلوط آسفالت

- **مصالح رودخانه ای شکسته**
  - تهیه شده از مصالح رودخانه ای یا معادن شن و ماسه
- **مصالح سنگ شکسته**
  - شکستن سنگ های موجود در معادن سنگ در کارخانجات سنگ شکن
- **مصالح سنگ مصنوعی**
  - تفاله های کارخانه های ذوب آهن.
  - این مصالح که به اسلگ (Slag) معروف می باشند سیلیسی بوده و به علت داشتن وزن مخصوص کمتر از وزن مخصوص آهن در بالای کوره آهن گدازی جمع می شوند که می توان با سرد کردن ناگهانی آن را خرد نمود و در راهسازی مصرف کرد.

مشخصات مصالح سنگی مورد استفاده در مخلوط های آسفالتی

- دانه بندی
- سختی
- دوام
- تمیزی
- شکل دانه ها
- شکستگی
- چگالی
- جذب آب

مشخصات مصالح سنگی مورد استفاده در مخلوط های آسفالتی

عوامل موثر بر دانه بندی مصالح سنگی آسفالت:

- نوع روسازی
- نوع و محل قرارگیری لایه مورد نظر
- ضخامت لایه آسفالتی
- اندازه بزرگترین دانه مصالح سنگی

- **اندازه بزرگترین دانه** اسمی عبارت است از یک اندازه الک بزرگتر از اولین الکی که در یک مجموعه استاندارد از الک‌ها بیش از ۱۰ درصد مصالح را نگه میدارد.
- **اندازه بزرگترین دانه** عبارت است از یک الک بزرگتر از اندازه بزرگترین دانه اسمی. معمولاً این اندازه ریزترین الکی است که ۱۰۰درصد دانه های مصالح سنگی از آن عبور می کند.

مشخصات مصالح سنگی مورد استفاده در مخلوط های آسفالتی

- **مصالح سنگی درشت دانه**

مصالح باقی مانده روی الک شماره ۴

- **مصالح سنگی ریزدانه**

مصالح گذرند از الک شماره ۴ و باقیمانده روی الک نمره ۳۰

- **فیلر**

بخشی از مصالح ریزدانه که از الک شماره ۳۰ میگذرد عاری از مصالح لای و رس است.

دانه بندی آسفالت با دانه بندی متراکم

شماره دانه‌بندی / اندازه الک	۱ (اساس قیری)	۲ (اساس قیری و استر)	۳ (اساس قیری و استر)	٤ (استر و رویه)	٥ (رویه)	٦ (رویه)	۷ (رویه)
	درصد وزنی رد شده از هر الک						
۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)	۱۰۰	—	—	—	—	—	—
۳۷/۵ میلیمتر (۱/۵ اینچ)	۹۰ –۱۰۰	۱۰۰	—	—	—	—	—
۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)	—	۹۰ –۱۰۰	۱۰۰	—	—	—	—
۱۹ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ)	۵۶ –۸۰	—	۹۰ –۱۰۰	۱۰۰	—	—	—
۱۲/۵ میلیمتر ($\frac{1}{2}$ اینچ)	—	۵۶ –۸۰	—	۹۰ –۱۰۰	۱۰۰	—	—
۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ)	—	—	۵۶ –۸۰	—	۹۰ –۱۰۰	۱۰۰	—
۲/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	۲۳ –۵۴	۲۹ –۵۹	۴۵ –۶۵	۲۳ –۷۴	۵۵ –۸۵	۸۰ –۱۰۰	۱۰۰
۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸)	۱۵ –۴۱	۱۹ –۴۵	۲۳ –۴۹	۲۸ –۵۸	۳۲ –۶۷	۶۵ –۱۰۰	۹۵ –۱۰۰
۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۱۶)	—	—	—	—	—	۴۰ –۸۰	۸۵ –۱۰۰
۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰)	—	—	—	—	—	۲۵ –۶۵	۷۰ –۹۵
۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰)	۴–۱۶	۵ –۱۷	۵ –۱۹	۵ –۲۱	۷ –۲۳	۷ –۴۰	۳۵ –۷۵
۰/۱۵ میلیمتر (شماره ۱۰۰)	—	—	—	—	—	۳ –۲۰	۲۰ –۴۰
۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)	۰ –۶	۱ –۷	۲–۸	۲ –۱۰	۲ –۱۰	۲–۱۰	۹ –۲۰

دانه بندی آسفالت با دانه بندی باز

شماره دانه‌بندی / اندازه الک	۱ (اساس قیری)	۲ (اساس قیری و استر)	۳ (اساس قیری و استر)	٤ (استر و رویه)	٥ (رویه)	٦ (رویه)
	درصد وزنی رد شده از هر الک					
۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)	۱۰۰	—	—	—	—	—
۳۷/۵ میلیمتر (۱/۵ اینچ)	۹۰ –۱۰۰	۱۰۰	—	—	—	—
۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)	—	۹۰ –۱۰۰	۱۰۰	—	—	—
۱۹ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ)	۴۰ –۷۰	—	۹۰ –۱۰۰	۱۰۰	—	—
۱۲/۵ میلیمتر ($\frac{1}{2}$ اینچ)	—	۴۰ –۷۰	—	۸۵ –۱۰۰	۱۰۰	—
۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ)	۱۸ –۳۸	—	۳۰ –۷۰	۶۰ –۹۰	۸۵ –۱۰۰	—
۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	۶ –۲۶	۱۰ –۳۴	۱۵ –۳۶	۲۰ –۵۰	۴۰ –۷۰	۱۰۰
۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸)	۰ –۱۳	۱ –۱۷	۲ –۱۸	۵ –۲۵	۱۰ –۳۵	۷۵ –۱۰۰
۱/۱۸ میلیمتر (شماره ۱۶)	—	—	—	۲ –۱۹	۵ –۲۵	۵۰ –۷۵
۰/۶ میلیمتر (شماره ۳۰)	۰ –۸	۰ –۱۰	۰ –۱۰	—	—	۲۸ –۵۲
۰/۳ میلیمتر (شماره ۵۰)	—	—	—	۰ –۱۰	۰ –۱۲	۸ –۳۰
۰/۱۵ میلیمتر (شماره ۱۰۰)	—	—	—	—		۰ –۱۲
۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)	—	—	—	—	—	۰ –۵

دانه بندی آسفالت متخلخل

شماره دانه‌بندی / اندازه الک	درصد وزنی رد شده از الک	
	۱	۲
۱۹ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ)	۱۰۰	—
۱۲/۵ میلیمتر ($\frac{1}{2}$ اینچ)	۹۰ –۱۰۰	۱۰۰
۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ)	۶۰ –۱۰۰	۹۰–۱۰۰
۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	۱۵ –۴۰	۲۰ –۵۰
۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸)	۳ –۱۲	۵ –۱۵
۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)	۲–۵	۲–۵
درصد قیر خالص برحسب مخلوط آسفالتی- حداقل	۴/۵ – ۸	۵ – ۸/۵

مشخصات سنگدانه های درشت مخلوط آسفالتی

شرح	اساس قیری	آستر	رویه	روش آزمایش	
				AASHTO	ASTM
حداکثر سایش به روش لوس آنجلس، درصد	۳۵	۳۰	۲۵	T 96	C 131
حداکثر افت وزنی با سولفات سدیم، درصد	۱۲	۸	۸	T 104	C 88
حداکثر جذب آب[1]، درصد	—	۲/۸	۲/۵	T 85	C127
حداکثر درصد سنگدانه‌های پهن و دراز[2]	۱۵	۱۵	۱۵	—	D 4791

۱- استفاده از مصالح سنگی با درصد جذب آب بیشتر برای قشر آستر با توجه به شرایط محیطی و ترافیکی پروژه به تشخیص دستگاه نظارت و تصویب کارفرما مجاز است.

۲- دانه‌های پهن و دراز، سنگدانه‌هایی می‌باشند که حداکثر طول به حداقل ضخامت آنها بزرگتر از ۵ باشد.

مشخصات سنگدانه های ریز مخلوط آسفالتی

شرح	اساس قیری	آستر	رویه	روش آزمایش	
				AASHTO	ASTM
حداکثر دامنه خمیری PI، درصد	۴	غیر خمیری	غیر خمیری	T 90	D 4318
حداکثر افت وزنی با سولفات سدیم، درصد	۱۵	۱۲	۱۲	T 104	C 88
حداکثر جذب آب[1]، درصد	—	۲/۸	۲/۵	T 84	C 128
حداقل ارزش ماسه‌ای هریک از دو ماسه طبیعی و ماسه شکسته قبل از ورود به کارخانه آسفالت	۴۵	۵۰	۵۰	T 176	D 2419
حداکثر مجاز درصد وزنی ماسه طبیعی نسبت به مصالح ردشده از الک شماره ۴ دانه‌بندی مربوطه، درصد	۲۵	۲۰	--	--	--
حد رواداری ضریب نرمی نسبت به پایه[2]، درصد	—	± ۰/۲۵	± ۰/۲۵	M 6	--
حداکثر دامنه خمیری عبوری از الک ۲۰۰ مخلوط مصالح درشت- متوسط- ریز و فیلر مصالح سنگی در صورت عدم استفاده از سیمان و آهک، درصد	۴	۴	۴	T 90	D 4318

۱- درصورت لزوم برای فیلر استر به زیرنویس ۱ جدول (۹-۷) مراجعه شود.

۲- ضریب نرمی مصالح ریزدانه: حاصل جمع درصدهای مانده روی الکهای ۹/۵، ۴/۷۵، ۲/۳۶، ۱/۱۸، ۰/۶، ۰/۳، ۰/۱۵ میلیمتر تقسیم بر ۱۰۰

مشخصات شکستگی مصالح سنگی درشت دانه

آمد وشد برحسب EASLs	عمق از سطح رویه	
	کمتر از ۱۰۰ میلیمتر	بیشتر از ۱۰۰ میلیمتر
	درصد شکستگی[2]	
$< ۰/۳ * ۱۰^۶$	۵۵/۰[1]	--
$< ۱ * ۱۰^۶$	۶۵/۰	--
$< ۳ * ۱۰^۶$	۷۵/۰	۵۰/۰
$< ۱۰ * ۱۰^۶$	۸۵/۸۰[1]	۶۰/۰
$< ۳۰ * ۱۰^۶$	۹۵/۹۰	۸۰/۷۵
$< ۱۰۰ * ۱۰^۶$	۱۰۰/۱۰۰	۹۵/۹۰
$\geq ۱۰۰ * ۱۰^۶$	۱۰۰/۱۰۰	۱۰۰/۱۰۰

۱- ۸۵/۸۰ بدین معنی است که شکستگی در یک جبهه باید ۸۵ درصد و در دو جبهه ۸۰ درصد باشد و یا ۵۵/۰ یعنی شکستگی یک جبهه حداقل ۵۵ درصد و شکستگی دو جبهه مشخصات ندارد.

۲- درصد شکستگی مطابق ۵۸۲۱- D ای‌اس‌تی‌ام انجام می‌شود.

مشخصات شکستگی مصالح سنگی ریزدانه

آمد وشد برحسب $EASLs$	عمق از سطح رویه درصد فضای خالی مصالح ریزدانه در حالت غیر متراکم [1] کمتر از ۱۰۰ میلیمتر	 بیشتر از ۱۰۰ میلیمتر
$< ۰/۳ * ۱۰^۶$	--	--
$< ۱ * ۱۰^۶$	۴۰	--
$< ۳ * ۱۰^۶$	۴۰	۴۰
$< ۱۰ * ۱۰^۶$	۴۵	۴۰
$< ۳۰ * ۱۰^۶$	۴۵	۴۰
$< ۱۰۰ * ۱۰^۶$	۴۵	۴۵
$\geq ۱۰۰ * ۱۰^۶$	۴۵	۴۵

۱- این آزمایش روی مصالح رد شده از الک شماره ۸ و مطابق C -۱۲۵۲ ای‌اس‌تی‌ام انجام می‌شود که نتیجه آن معرف درصد فضای خالی غیرمتراکم مصالح می‌باشد و با رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{درصد فضای خالی } (FAA) = \frac{V - W/Gsb}{V} \times 100\%$$

که در آن: V - حجم استوانه آزمایش، W - وزن مصالح داخل استوانه و Gsb - وزن مخصوص حقیقی مصالح

- در صد فضای خالی زیادتر، معرف گوشه‌داری و چیهه‌های شکسته بیشتر مصالح است.

مشخصات مصالح فیلر

الف- دانه‌بندی آن با جدول (۹-٦) انطباق داشته باشد.

ب- دامنه خمیری آن در صورت عدم استفاده از سیمان و آهک شکفته از چهار درصد تجاوز نکند.

پ- فاقد ناخالصی‌های آلی باشد (T-۲۱ آشتو).

ت- فاقد مواد رسی (دانه‌های کوچکتر از ۰/۰۰۲ میلیمتر) که با آزمایش هیدرومتری تعیین می‌شود، باشد.

ث- وزن مخصوص حجمی[8] فیلر که با آزمایش $EN1097$-3 اندازه‌گیری می‌شود، باید در محدوده ۰/۵ تا ۰/۹۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب قرارگیرد.

فیلر موجود در مصالح سنگی آسفالتی باید توسط دستگاه غبارگیر کارخانه آسفالت از مصالح جدا شده و در سیلوی فیلر، ذخیره و سپس به مقدار مورد نیاز به مصالح اضافه شود. این فیلر باید با ویژگی‌های مشروحه در زیربندهای ب تا ث فوق به استثنای الزامات مربوط به دانه‌بندی، مطابقت داشته باشد.

آهک شکفته مصرفی بعنوان فیلر باید با مشخصات ۳۰۳ - M آشتو تطبیق نماید.

نقش فیلر در بتن آسفالتی

- افزایش عمر آسفالت
- ازدیاد مقاومت در برابر تأثیر آب
- ازدیاد قدرت باربری
- کاهش تغییر شکل نسبی
- افزایش مقاومت در برابر ضربه
- افزایش مقاومت برشی و فشاری
- افزایش کندروانی و کاهش شکنندگی

نوع قیر خالص مناسب بر اساس درجه نفوذ برای شرایط مختلف دمایی

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