

Pavement Engineering

مهندسی روسازی

فصل سوم: اساس و زیراساس

علیرضا غنی زاده

دانشیار دانشکده مهندسی عمران - دانشگاه صنعتی سیرجان

کلیات

- ✓ به لایه‌ای از مصالح که در زیر لایه رویه اجرا می‌شود، اساس گفته می‌شود.
- ✓ زیراساس نیز لایه‌ای است که در زیر لایه اساس و روی خاک بستر اجرا می‌شود.
- ✓ در برخی مواقع، به لایه‌ای از مصالح سنگدانه‌ای که در زیر رویه بتنی روسازی‌های صلب اجرا می‌شود نیز زیراساس می‌گویند.

۲

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

وظایف لایه‌های اساس و زیراساس



- ✓ لایه اساس در روسازی دو وظیفه اصلی بر عهده دارد که عبارت‌اند از تحمل بارهای وارده و زهکشی آب نفوذی به بدنه روسازی.
- ✓ عمده وظایف لایه زیراساس در روسازی شامل تعدیل فشارهای وارده، تقلیل ضخامت روسازی و کاهش اثر یخبندان است. همچنین این لایه به‌عنوان یک لایه فیلتر به‌منظور جلوگیری از حرکت ریزدانه‌های خاک بستر به لایه اساس عمل می‌کند.

۳

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

انواع مصالح اساس



- ✓ **اساس شن و ماسه شکسته:** شن و ماسه حاصل از رودخانه‌ها را مشروط بر آن‌که دارای مشخصات فنی لازم باشد، می‌توان بعد از شکستن و تأمین دانه‌بندی و مشخصات لازم در قشر اساس به کار برد.
- ✓ **اساس سنگ کوهی شکسته و یا قلوه سنگ شکسته:** سنگ‌های استخراج‌شده از معادن سنگ و یا قلوه‌سنگ‌های درشت رودخانه‌ای در سنگ‌شکن‌ها، شکسته و سپس سرند می‌شوند و بر اساس مشخصات تعیین‌شده در قشر اساس به کار می‌روند.
- ✓ **اساس ماکادامی:** اساس ماکادامی از سنگ کوهی و یا سنگ‌های رودخانه‌ای شکسته تشکیل می‌شود. این مصالح بر اساس مشخصات، پخش و سپس مصالح ریزدانه بر روی آن پخش شده و به روش خشک و یا مرطوب کوبیده می‌شوند.
- ✓ **اساس تثبیت‌شده:** به‌منظور افزایش توان باربری مصالح اساس سنگدانه‌ای می‌توان مصالح اساس سنگدانه‌ای را با موادی مانند سیمان و یا قیر تثبیت نمود.

۴

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

انواع مصالح زیراساس



- ✓ **زیراساس با شن و ماسه رودخانه‌ای:** زیراساس معمولاً از شن و ماسه بستر رودخانه‌ها، مسیل‌های قدیمی، تپه‌های شن و ماسه‌ای یا واریزه‌ها و سایر معادن به دست می‌آید. چنانچه این مصالح دانه‌های درشت‌تر از حد مشخصات داشته باشند، باید آن‌ها را به وسیله سرندهای مکانیکی سرند نموده و دانه‌بندی مناسب برای مصرف قشر زیراساس را تأمین کرد.
- ✓ **زیراساس کوهی یا قلوه‌سنگی شکسته:** سنگ‌های استخراج‌شده از معادن سنگ و یا قلوه‌سنگ‌های درشت طبیعی می‌تواند در سنگ‌شکن شکسته و سپس سرند شده و در صورت لزوم پس از اختلاط با سایر مصالح، در قشر زیراساس به کار رود.
- ✓ **زیراساس تثبیت‌شده:** در محل‌هایی که مخلوط شن و ماسه رودخانه‌ای و یا سنگ شکسته کوهی طبق مشخصات در دسترس نباشد، می‌توان با اضافه کردن مواد تثبیت‌کننده مانند سیمان، آهک و یا قیر، مصالح موجود را پایدار کرد. در زمین‌های آلوده به مواد مضر که روی سیمان اثر مخرب می‌گذارند و یا در محل‌هایی که احتمال رشد و رویدن گیاهان وجود دارد، می‌توان از زیراساس آهکی استفاده نمود.

۵

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

مشخصات مصالح اساس



- ✓ دانه‌بندی
- ✓ حدود اتربرگ
- ✓ هم‌ارز ماسه
- ✓ درصد سایش لوس آنجلس
- ✓ درصد شکستگی
- ✓ درصد سنگدانه‌های پهن و دراز (سوزنی و پولکی)
- ✓ نسبت باربری کالیفرنیا
- ✓ درصد افت وزنی

۶

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

مشخصات مصالح زیر اساس



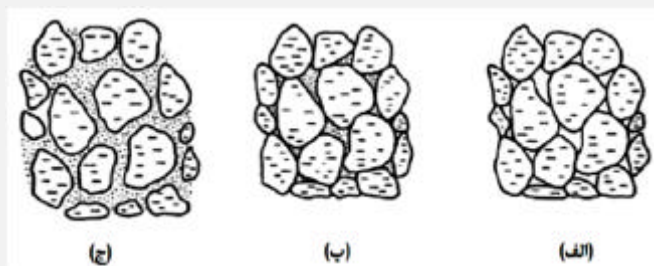
- ✓ دانه بندی
- ✓ حدود اتربرگ
- ✓ هم ارز ماسه
- ✓ درصد سایش لوس آنجلس
- ✓ نسبت باربری کالیفرنیا

۷

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

انواع دانه بندی در مصالح سنگی



- ✓ (a) مقاومت مصالح بر اساس اتکا بر هم، مقاومت بر اساس اصطکاک، وزن مخصوص کم، نفوذپذیری بالا، عاری از خطر تورم، غیر حساس به یخبندان، جابجایی و تراکم سخت.
- ✓ (b) مقاومت مصالح بر اساس اتکا بر هم، مقاومت بر اساس اصطکاک و چسبندگی، وزن مخصوص زیاد، نفوذپذیری پایین، با پتانسیل تورم و یخبندان، جابجایی و تراکم نسبتا سخت.
- ✓ (c) مقاومت مصالح وابست به بخش ریزدانه، وزن مخصوص کم، نفوذپذیری پایین، پتانسیل تورم و یخبندان بالا، جابجایی و تراکم آسان.

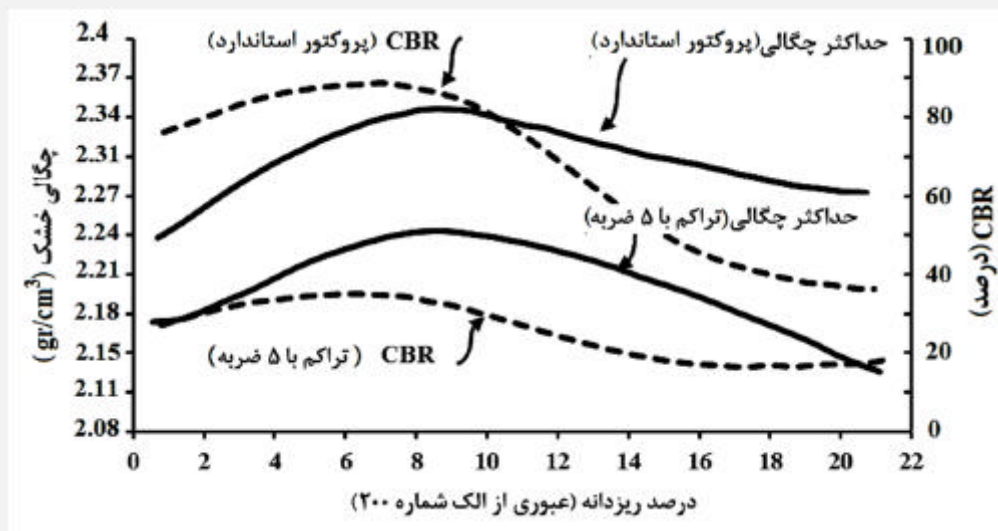
۸

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

تأثیر درصد ریزدانه بر مقاومت و چگالی خشک مصالح سنگدانه‌ای



۹

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

رابطه فولر



$$\rho = 100 \left(\frac{d}{D} \right)^n \quad (1-3)$$

در این رابطه:

ρ = درصد وزنی سنگدانه‌های عبوری از الک با قطر d

D = قطر بزرگترین مصالح سنگی در مخلوط

n = به منظور دستیابی به کمترین فضای خالی و بیشترین چگالی مقدار n برابر با 0.5 در نظر گرفته می‌شود.

✓ طبق این رابطه برای مخلوطی که اندازه بزرگ‌ترین سنگدانه آن ۱۹ میلی‌متر است، درصد مواد ریزتر از الک شماره ۲۰۰ حدوداً ۶/۲ به دست می‌آید.

۱۰

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

مثال منحنی دانه بندی متراکم برای مصالحی با حداکثر اندازه ۱۹ میلی‌متر



Particle Size (mm)	% Passing
19.0	$P = \left(\frac{19.0}{19.0}\right)^{0.45} = 1.000$ (100.0%)
12.5	$P = \left(\frac{12.5}{19.0}\right)^{0.45} = 0.828$ (82.8%)
9.5	$P = \left(\frac{9.5}{19.0}\right)^{0.45} = 0.732$ (73.2%)
2.00	$P = \left(\frac{2.00}{19.0}\right)^{0.45} = 0.363$ (36.3%)
0.300	$P = \left(\frac{0.300}{19.0}\right)^{0.45} = 0.155$ (15.5%)
0.075	$P = \left(\frac{0.075}{19.0}\right)^{0.45} = 0.083$ (8.3%)

۱۱

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

تپ‌های دانه‌بندی مصالح اساس



جدول ۳-۱: دانه‌بندی سنگدانه‌های لایه اساس.

درصد وزنی عبوری از الک					اندازه الک
V	IV	III	II	I	
-	-	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۵۰ میلی‌متر (۲ اینچ)
-	۱۰۰	-	-	۹۵-۱۰۰	۳۷/۵ میلی‌متر (۱/۵ اینچ)
۱۰۰	۷۰-۱۰۰	۷۵-۹۵	۷۵-۸۵	۶۰-۸۰	۲۵ میلی‌متر (۱ اینچ)
-	۶۰-۹۰	-	۶۰-۸۰	۷۰-۹۲	۱۹ میلی‌متر (۰/۷۵ اینچ)
۵۰-۸۵	۴۵-۷۵	۴۰-۷۵	۳۰-۶۵	۵۰-۷۰	۹/۵ میلی‌متر (۸/۳ اینچ)
۳۵-۶۵	۳۰-۶۰	۳۰-۶۰	۲۵-۵۵	۳۵-۵۵	۴/۷۵ میلی‌متر (شماره ۴)
۲۵-۵۰	۲۰-۵۰	۲۰-۴۵	۱۵-۴۰	-	۲ میلی‌متر (شماره ۱۰)
-	-	-	-	۱۲-۲۵	۰/۶ میلی‌متر (شماره ۳۰)
۱۵-۳۰	۱۰-۳۰	۱۵-۳۰	۸-۲۰	-	۰/۴۲۵ میلی‌متر (شماره ۴۰)
۲-۸	۲-۸	۲-۸	۲-۸	۲-۸	۰/۰۷۵ میلی‌متر (شماره ۲۰۰)

۱۲

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

تیپ‌های دانه‌بندی مصالح زیر اساس



جدول ۲-۳: دانه‌بندی سنگدانه‌های لایه زیر اساس.

درصد وزنی عبوری از الک				اندازه الک
IV	III	II	I	
-	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۵۰ میلی‌متر (۲ اینچ)
۱۰۰	-	۹۰-۱۰۰	-	۳۷/۵ میلی‌متر (۱/۵ اینچ)
۹۰-۱۰۰	۷۵-۹۵	۷۵-۹۰	۷۵-۸۰	۲۵ میلی‌متر (۱ اینچ)
۵۵-۸۰	۴۰-۷۵	۴۰-۷۰	۳۰-۶۵	۹/۵ میلی‌متر (۸/۳ اینچ)
۴۰-۶۰	۳۰-۶۰	۳۰-۶۰	۲۵-۵۵	۴/۷۵ میلی‌متر (شماره ۴)
۲۸-۴۸	۲۰-۴۵	۲۰-۵۰	۱۵-۴۰	۲ میلی‌متر (شماره ۱۰)
۱۴-۲۸	۱۵-۳۰	۱۰-۳۰	۸-۲۰	۰/۴۲۵ میلی‌متر (شماره ۴۰)
۵-۱۲	۵-۱۲	۳-۱۲	۲-۸	۰/۰۷۵ میلی‌متر (شماره ۲۰۰)

۱۳

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

درصد شکستگی



- ✓ نتایج آزمایشگاهی نشان می‌دهند که استقامت مخلوط‌های با سنگدانه‌های شکسته به دلیل قفل و بست بیشتری که بین سنگدانه‌ها ایجاد می‌شود، نسبت به مصالح گردگوشه بیشتر است.
- ✓ همچنین ضریب نفوذپذیری در مصالح سنگ شکسته بالاتر از مصالح گردگوشه است، از این رو زهکشی آب در این مصالح سریع‌تر رخ می‌دهد.
- ✓ برای تعیین درصد شکستگی از مصالح مانده روی الک نمره ۴ استفاده می‌شود و با استفاده از بازدید چشمی تعداد وجوه شکسته مصالح تعیین می‌گردد. پس از تکمیل آزمایش نسبت وزنی مصالح دارای یک وجه یا دو وجه شکسته (با توجه به معیار) نسبت به وزن کل مصالح تعیین می‌شود.
- ✓ بر اساس مشخصات نشریه ۱۰۱ سازمان برنامه و بودجه، مصالح اساس سنگدانه‌ای (مانده روی الک ۴/۷۵ میلی‌متر) باید حداقل دارای درصد شکستگی ۷۵ درصد در دو جبهه باشند.

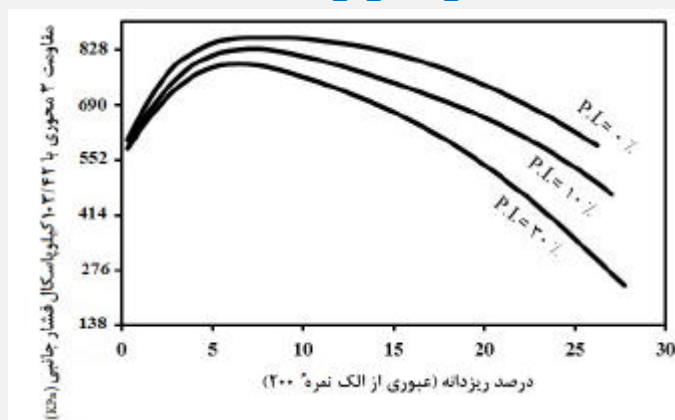
۱۴

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

حدود اتربرگ



✓ حداکثر حد مایع مصالح اساس و زیراساس به ۲۵ درصد محدود شده است. همچنین دامنه خمیری مصالح اساس و زیراساس به ترتیب نباید بیش از ۴ و ۶ درصد باشد.

۱۵

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

سختی مصالح (درصد سایش لوس آنجلس)

✓ منظور از سختی مصالح در لایه‌های اساس و زیراساس، مقاومت آن‌ها در برابر فرسایش و شکسته شدن است.

✓ برای انجام این آزمایش مصالح سنگی و گلوله‌های فولادی درون استوانه فولادی دستگاه لوس آنجلس ریخته می‌شوند و در ریچه آن کاملاً بسته می‌شود. سپس با سرعت ۳۰ تا ۳۳ دور در دقیقه استوانه به تعداد ۵۰۰ دور چرخانده می‌شود. سپس مصالح از استوانه خارج و بر روی الک شماره ۱۲ شسته و در گرم کن خشک می‌شوند. پس از خشک کردن، مصالح با دقت گرم وزن می‌شوند. تفاوت وزن اولیه مصالح و وزن آن پس از آزمایش بر حسب وزن اولیه آن درصد سایش مصالح را به دست می‌دهد.

✓ حداکثر درصد سایش سنگدانه‌های مورد استفاده در لایه‌های اساس و زیراساس به ترتیب به ۴۵ و ۵۰ درصد محدود شده است.

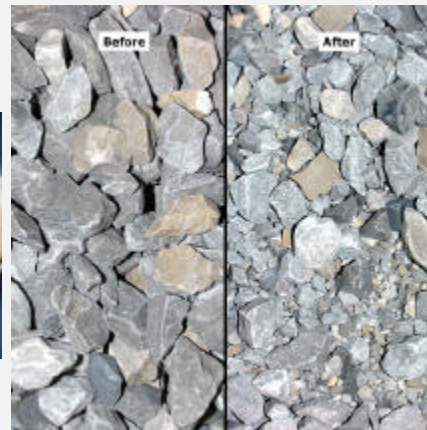
۱۶

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

سختی مصالح (درصد سایش لوس آنجلس)



۱۷

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

همارز ماسه (تمیزی مصالح سنگی)



$$SE = \frac{\text{sand reading}}{\text{clay reading}} \times 100$$

✓ مصالح به کار رفته در ساخت قشر اساس و زیراساس باید عاری از خاک‌های لای و رس باشند.

✓ به منظور تعیین شاخصی از تمیزی مصالح از آزمایش همارز ماسه بر اساس استاندارد ASTM D2419 استفاده می‌شود. در این آزمایش ۸۵ گرم از سنگدانه‌های عبوری از الک نمرة ۴ درون یک ظرف استوانه‌ای شفاف به قطر ۳ سانتی‌متر و طول ۳۸ سانتی‌متر که از مخلوط آب، کلرید کلسیم، گلیسرین و فرمالدهاید پر شده است ریخته شده و چندین مرتبه هم زده می‌شود و سپس به مدت ۲۰ دقیقه در جایی ثابت نگاه داشته می‌شود تا سنگدانه‌ها ته‌نشین شوند. بعد از این که مصالح ته‌نشین شدند، ارتفاع بخش ماسه و ارتفاع بخش رس قرائت می‌شود. همارز ماسه برابر است با ارتفاع ستون ماسه تقسیم بر ارتفاع ستون رس که به صورت درصد بیان می‌شود.

۱۸

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

درصد افت وزنی



- ✓ نمونه برداری از وزن مشخصی از مصالح مانده روی الک ۹ الی ۱۹ میلیمتر
- ✓ ریختن مصالح در محلول اشباع سولفات سدیم یا سولفات منیزیم
- ✓ خارج نمودن نمونه و خشک کردن آن در آون به مدت ۶ ساعت
- ✓ تکرار مراحل ۲ و ۳ به تعداد ۵ مرتبه
- ✓ خشک کردن نمونه و تعیین وزن مصالح رد شده از الک ۸ میلیمتر
- ✓ تعیین درصد افت وزنی

۱۹

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

شکل سنگدانه‌ها (سنگدانه‌های پهن و دراز)



- ✓ سنگدانه‌های مناسب برای قشر اساس سنگدانه‌ای باید شکل مکعبی داشته باشند. زیرا بعد از تراکم شدن توسط غلتک‌ها قفل و بست این سنگدانه‌ها نسبت به دیگر انواع سنگدانه‌های گردگوشه، تخت و یا دراز بهتر بوده و اصطکاک داخلی بیشتری را ایجاد می‌کنند و در نتیجه استقامت بیشتری را در مخلوط سبب می‌شوند.
- ✓ همچنین سنگدانه‌های پهن و دراز (پولکی و سوزنی) در اثر بارگذاری به راحتی خرد می‌شوند و مقاومت بالایی از خود نشان نمی‌دهند.
- ✓ در استاندارد ASTM D4791 به منظور تعیین درصد کل سنگدانه‌های پهن و دراز از یک کولیس تناسبی استفاده می‌شود. بر طبق تعریف این استاندارد، سنگدانه‌ای که حداکثر طول به حداقل ضخامت آن‌ها بزرگ‌تر از ۵ باشد به عنوان سنگدانه پهن یا دراز در نظر گرفته می‌شود.

۲۰

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

کولیس تناسبی برای تعیین درصد مصالح سوزنی و پولکی



۲۱

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

سنگدانه‌های پهن و دراز (پولکی و سوزنی)



۲۲

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

مشخصات مصالح اساس



جدول ۳-۳: مشخصات مورد نیاز سنگدانه‌های لایه اساس.

روش آزمایش		مشخصات (%)	آزمایش
ASTM	AASHTO		
D4318	T 90	حداکثر ۴	دامنه خمیری
D4318	T 89	حداکثر ۲۵	حد روانی
D2419	T 176	حداقل ۴۰	هم‌ارز ماسه (پس از کوبیدگی)
C131	T 96	حداکثر ۴۵	سایش لوس آنجلس
C88	T 104	حداکثر ۱۲	افت وزنی با سولفات سدیم
D1883	T 193	حداقل ۸۰	CBR در تراکم صد در صد آزمایشگاهی
D5821	-	حداقل ۷۵	درصد سنگدانه‌ها با شکستگی در دو جبهه
D4791	-	حداکثر ۱۵	سنگدانه‌های پهن و دراز روی الک ۹/۵ میلی‌متری

۲۳

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

مشخصات مصالح اساس



جدول ۳-۴: دانه‌بندی سنگدانه‌های لایه زیر اساس.

روش آزمایش		مشخصات (%)	آزمایش
ASTM	AASHTO		
D4318	T 90	حداکثر ۶	دامنه خمیری
D4318	T 89	حداکثر ۲۵	حد روانی
D2419	T 176	حداقل ۳۰	هم‌ارز ماسه (پس از کوبیدگی)
C131	T 96	حداکثر ۵۰	سایش لوس آنجلس
D1883	T 193	حداقل ۳۰	CBR در تراکم صد در صد آزمایشگاهی

۲۴

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان