

Pavement Engineering

مهندسی روسازی

فصل اول: کلیات

علیرضا غنی زاده

دانشیار دانشکده مهندسی عمران - دانشگاه صنعتی سیرجان

مراجع و منابع

- علیرضا غنی زاده و سروش ناجی الماسی، **مهندسی روسازی های آسفالتی**، انتشارات دانشگاه صنعتی سیرجان، ۱۳۹۹.
- علیرضا غنی زاده و سروش ناجی الماسی، **طراحی پیشرفته روسازی های آسفالتی و بتنی**، انتشارات دانشگاه صنعتی سیرجان، ۱۳۹۸.
- A.T. Papagiannakis and E. A. Masad, **pavement Design and Materials**, Wily, 2008.

Pavement Engineering

تعریف روسازی و زیرسازی



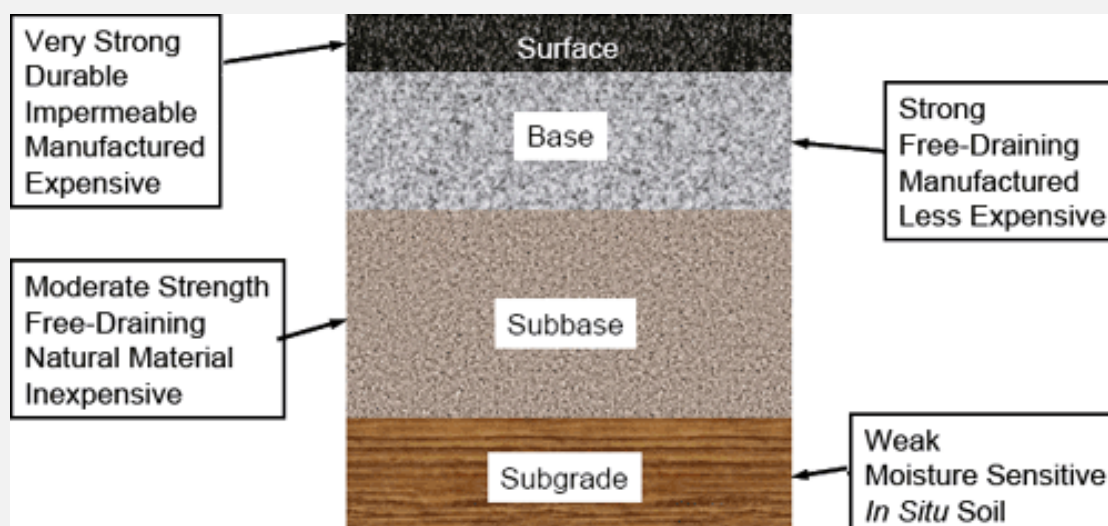
- ✓ روسازی راه سازه‌ای است که بر روی آخرین لایه آماده‌شده بستر ساخته می‌شود.
- ✓ بستر روسازی ممکن است آخرین لایه متراکم شده زمین طبیعی موجود، آخرین لایه متراکم شده خاک تثبیت‌شده، آخرین لایه خاک‌ریزی یا کف برش‌های خاکی و یا سنگی باشد.
- ✓ به آماده کردن بستر راه جهت احداث روسازی در اصطلاح زیرسازی نیز گفته می‌شود.
- ✓ خاک بستر، حتی در صورت مرغوب بودن و تراکم کافی، مقاومت لازم برای تحمل بارهای وارده از چرخ خودرو را در شرایط مختلف جوی ندارد.

۳

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

تعریف روسازی و زیرسازی



۴

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

اهمیت و جایگاه مهندسی روسازی



- ✓ بر اساس آمار سال ۱۳۹۷، مجموع طول راه‌های تحت حوزه استحقاقی وزارت راه و شهرسازی (به جز راه‌های روستایی) برابر با ۸۸۸۷۳ کیلومتر است که کلیه آن‌ها دارای رویه آسفالتی می‌باشند.
- ✓ همچنین بر اساس آمار سال ۱۳۹۷، وزن آسفالت تولید و اجرا شده در سطح کشور برابر با ۵۲۵۴۰۰۰ تن بوده است.
- ✓ به علاوه در این سال مجموع ۱۸۸۱ کیلومتر از راه‌های اصلی و شریانی، بهسازی و روکش آسفالتی شده‌اند.
- ✓ این آمار و ارقام اهمیت و جایگاه مهندسی روسازی را به خوبی مشخص می‌نمایند (سالنامه آماری وزارت راه و شهرسازی ۱۳۹۷).

۵

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

عملکرد روسازی



- ✓ مهم‌ترین وظیفه روسازی دوام و مقاومت تحت عبور بارهای اعمالی از طرف وسایل نقلیه (خودرو، کامیون یا هواپیما)، بدون تغییر شکل زیاد است (کاهش تنش به میزان قابل تحمل خاک بستر و تحمل تنش توسط خود لایه‌های روسازی).
- ✓ علاوه بر تحمل تنش، روسازی باید مقاومت لازم در برابر رطوبت را داشته باشد و آب‌های وارد شده را به سرعت زهکشی نماید (دفع آب‌های سطحی و آب‌های وارد شده به بدنه روسازی).

۶

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

اهداف ساخت روسازی



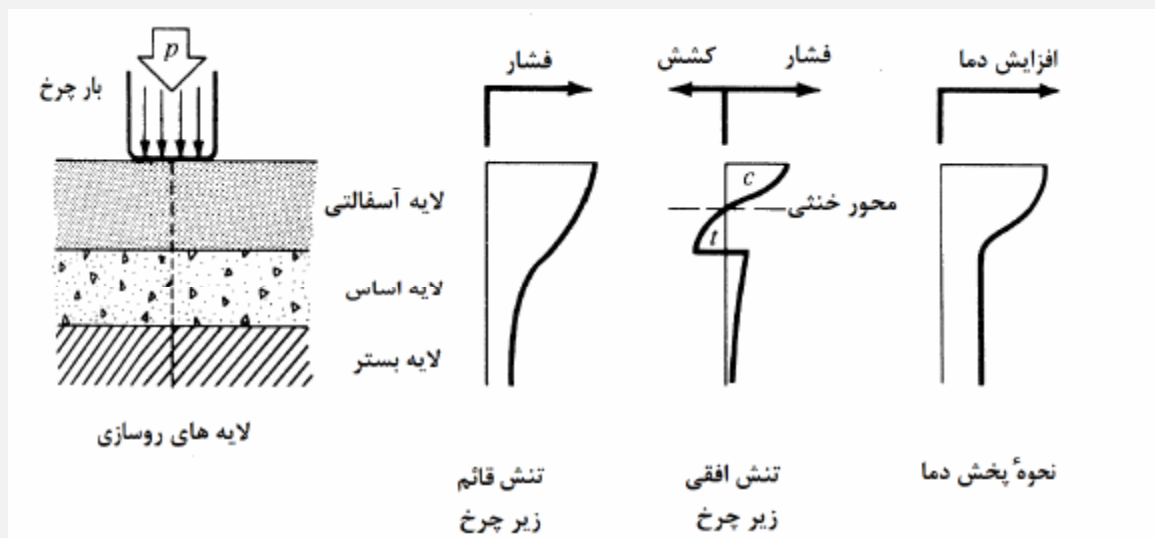
- ✓ هدف از ساخت روسازی، ایجاد سطحی صاف، هموار و بادوام برای عبور و یا توقف ایمن وسایل نقلیه است.
- ✓ اولین موردی که یک روسازی باید بتواند از پس آن برآید این است که بتواند در برابر بار ناشی از عبور وسایل نقلیه، در شرایط فصلی مختلف دوام آورد، بدون آنکه دچار ترک خوردگی و تغییر شکل شود؛ زیرا هر کدام از این موارد می‌تواند باعث افت عملکرد روسازی شود.
- ✓ هدف از ایجاد لایه‌های مختلف در روسازی، پخش بار وارد شده به سطح روسازی در سطحی وسیع‌تر و کاهش شدت آن با افزایش عمق است.

۷

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

توزیع تنش و دما در عمق‌های مختلف روسازی



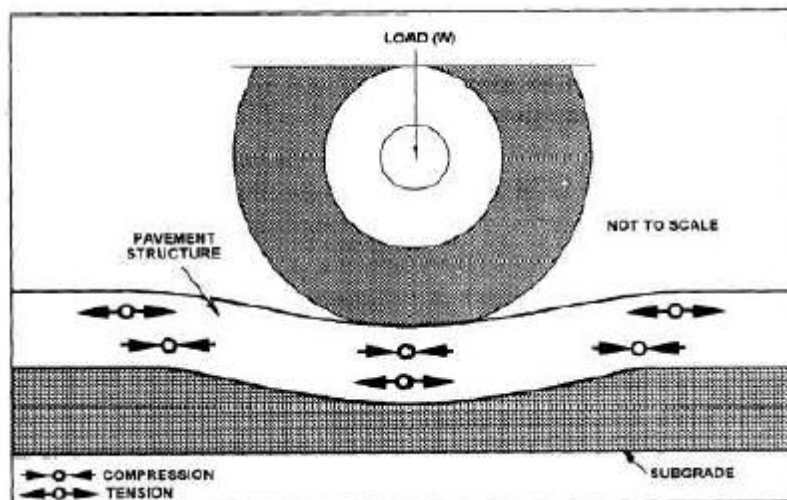
۸

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

نحوه ایجاد تنش‌های افقی کششی و فشاری در لایه آسفالتی

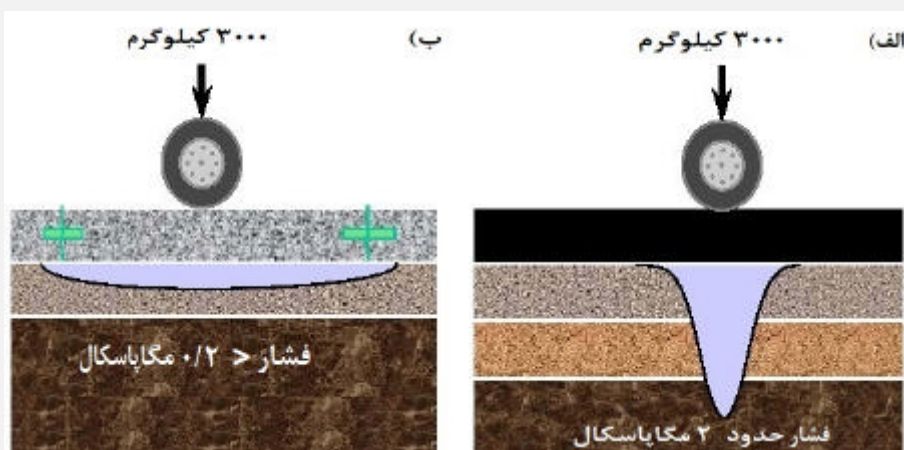


۹

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

تفاوت در نحوه توزیع تنش در روسازی‌های آسفالتی و بتنی



نحوه توزیع تنش در روسازی: الف) روسازی انعطاف‌پذیر و ب) روسازی صلب.

۱۰

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

کار در خانه؟



- ✓ مقطع روسازی در روم باستان؟
- ✓ مقطع روسازی تلفورد؟
- ✓ مقطع روسازی ماکادام؟

۱۱

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

انواع روسازی



انواع روسازی‌ها از نظر نوع مصالح مورد استفاده در آن‌ها و شیوه توزیع تنش به سه دسته قابل تقسیم می‌باشند که عبارت‌اند از:

- روسازی‌های انعطاف‌پذیر – **flexible pavements**؛
- روسازی‌های صلب یا بتنی – **Rigid or Concrete Pavements**؛
- روسازی‌های مرکب – **Composite Pavements**.

۱۲

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

روسازی‌های انعطاف‌پذیر



- روسازی‌هایی که در ساخت لایه رویه آنها از مصالح شنی با مخلوط‌های آسفالتی استفاده شده باشد را روسازی‌های انعطاف‌پذیر می‌نامند.
- روسازی‌های انعطاف‌پذیر بار را در یک سطح محدود به خاک بستر روسازی منتقل می‌کنند و به همین علت مقاومت خاک بستر نقش بسزایی در عملکرد این روسازی‌ها دارد.
- روسازی‌های انعطاف‌پذیر معمولاً با استفاده از نظریه لایه‌ای و یا روش المان محدود (FEM) قابل تحلیل می‌باشند.
- این نظریه را برای رویه‌های صلب دارای درز و نیز زمانی که فاصله چرخ از لبه روسازی کمتر از ۶۰ تا ۹۰ سانتی‌متر است، نمی‌توان به کار برد.

۱۳

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

انواع روسازی‌های انعطاف‌پذیر



- روسازی‌های انعطاف‌پذیر متداول (Conventional Flexible Pavements) ؛
- روسازی‌های تمام آسفالتی (Full Depth Asphalt) ؛
- روسازی‌های آسفالتی با میان‌لایه سنگدانه‌ای (CRAM).

۱۴

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

مقطع روسازی متعارف

The diagram illustrates a cross-section of a conventional pavement structure with the following layers from top to bottom:

- اندود آب بندی (Waterproofing seal)
- اندود سطحی (Surface seal)
- اندود نفوذی (Porous seal)
- بتن آسفالتی روبه (Asphalt surface layer)
- بتن آسفالتی آستر (Asphalt binder layer)
- اساس (Base)
- زیراساس (Sub-base)
- خاک بستر (Subgrade)

۱۵ مهندسی روسازی دانشگاه صنعتی سیرجان

مقطع روسازی تمام آسفالتی

The diagram illustrates a cross-section of a full asphalt pavement structure with the following layers from top to bottom:

- بتن آسفالتی روبه (Asphalt surface layer)
- اساس قیری (Asphalt base)
- خاک بستر (Subgrade)

۱۶ مهندسی روسازی دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

مقطع روسازی CRAM



بتن آسفالتی

اساس سنگدانه‌ای با دانه‌بندی متراکم

اساس سنگدانه‌ای با دانه‌بندی باز

بتن آسفالتی با درصد قیر بیشتر

خاک بستر

۱۷

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

انواع قشرهای آسفالتی



بتن آسفالتی رویه (توپکا):

مصالحی متشکل از مصالح سنگی و قیر که بصورت گرماگرم با هم مخلوط و اجرا می‌شوند. مصالح سنگی در این لایه نسبت به قشر بیندر دارای دانه‌بندی ریزدانه‌تر (۹/۵، ۱۲/۵ یا ۱۹ میلیمتر) و درصد قیر بیشتر می‌باشد.

بتن آسفالتی آستر (بیندر):

مصالحی متشکل از مصالح سنگی و قیر که بصورت گرماگرم با هم مخلوط و اجرا می‌شوند. مصالح سنگی در این لایه نسبت به قشر توپکا دارای دانه‌بندی درشت‌تر (۱۹، ۲۵ یا ۳۷/۵ میلیمتر) و درصد قیر بیشتر می‌باشد.

اساس قیری (Black Base):

مصالحی متشکل از مصالح سنگی و قیر که بصورت گرماگرم با هم مخلوط و اجرا می‌شوند. مصالح سنگی در این لایه نسبت به قشر توپکا و بیندر دارای دانه‌بندی درشت‌تر (۲۵، ۳۷/۵ یا ۵۰ میلیمتر) و درصد قیر بیشتر می‌باشد.

۱۸

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

انواع اندودها



اندود سطحی (Tack Coat):

یک لایه اندود قیری که هدف از بکار بردن آن ایجاد چسبندگی و پیوستگی بین دو لایه آسفالتی است. قیر مورد استفاده می تواند به صورت قیر محلول یا امولسیون قیر باشد. مقدار مصرف برای قیر محلول حدود ۲۰۰ الی ۴۰۰ گرم در متر مربع و برای امولسیون قیر حدود ۲۰۰ الی ۵۰۰ گرم برای هر متر مربع.

اندود آبنندی (Seal Coat):

یک لایه اندود قیری که هدف از بکار بردن ایجاد زبری سطح روسازی و همچنین آبنندی سطح لایه آسفالتی است و به طور کلی به دو دسته با مصالح سنگی و بدون مصالح سنگی تقسیم می شود.

اندود آبنندی (Seal Coat):

یک لایه اندود قیری که هدف از بکار بردن ایجاد زبری سطح روسازی و همچنین آبنندی سطح لایه آسفالتی است و به طور کلی به دو دسته با مصالح سنگی و بدون مصالح سنگی تقسیم می شود.

۱۹

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

مقایسه انواع روسازی های آسفالتی



مزایای روسازی تمام آسفالتی:

- ایجاد مقطع یکنواخت با توزیع تنش یکنواخت
- زمان مورد نیاز برای ساخت این روسازی ها در مقایسه با سایر انواع روسازی کمتر است
- زهکشی بهتر به دلیل عدم وجود لایه های سنگدانه ای که آب را به دام می اندازند
- خاک بستر با توجه به نفوذ کمتر رطوبت کاهش مقاومت کمتری دارد

مزایای روسازی متداول:

- هزینه اجرای کمتر نسبت به روسازی تمام آسفالتی
- بهره گیری از مصالح محلی و ارزان قیمت
- افزایش ضخامت به منظور مقابله با ذوب و یخبندان
- امکان بهره گیری از مصالح تثبیت شده در لایه های اساس و زیراساس

مزایای روسازی با مقطع معکوس:

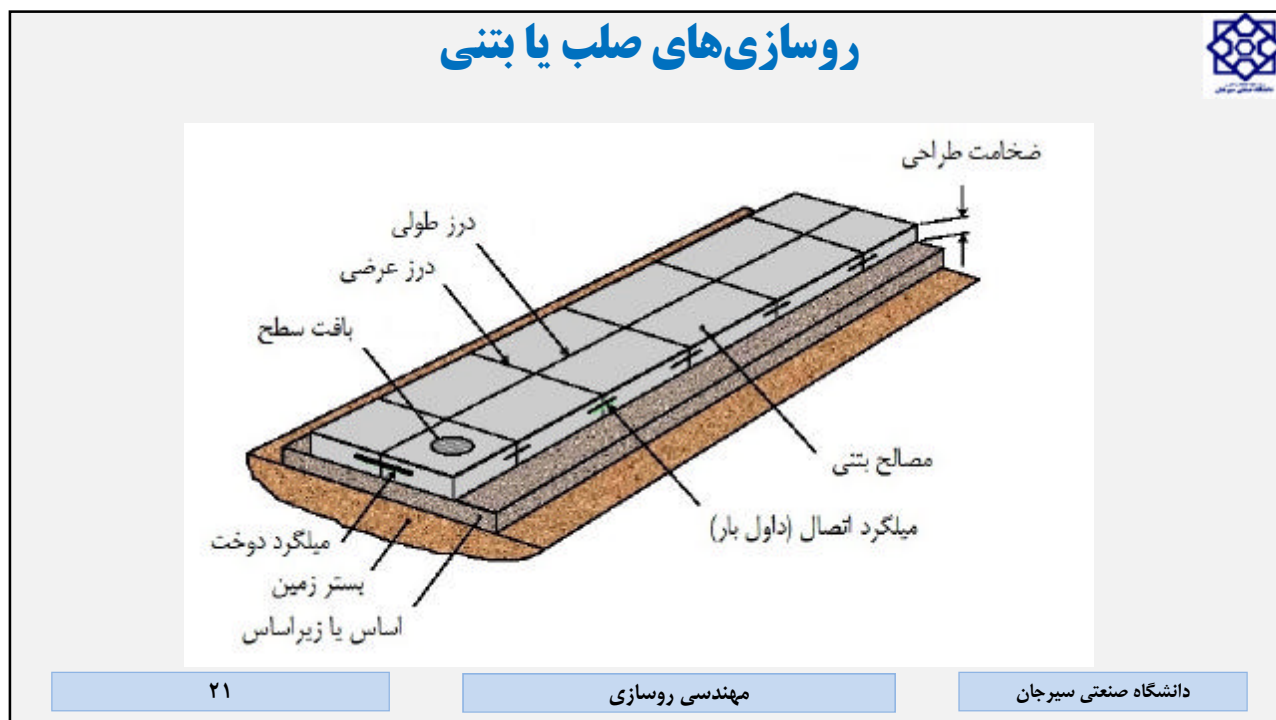
- شیارشدگی کمتر نسبت به سایر انواع روسازی در خاک های سست
- خستگی دیر هنگام آسفالت رویه به دلیل ساختار خاص روسازی
- حجم کم آسفالت مورد نیاز و استفاده بهینه از مصالح سنگدانه ای

۲۰

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering



علت اجرای لایه اساس در روسازی های بتنی

دلایل توجیهی زیر برای اجرای لایه اساس در روسازی های بتنی قابل بیان است:

- کنترل پامپینگ؛
- کنترل یخ زدگی؛
- بهبود عمل زهکشی؛
- کنترل انقباض و تابیدگی در بتن؛
- تسریع در روند ساخت راه.

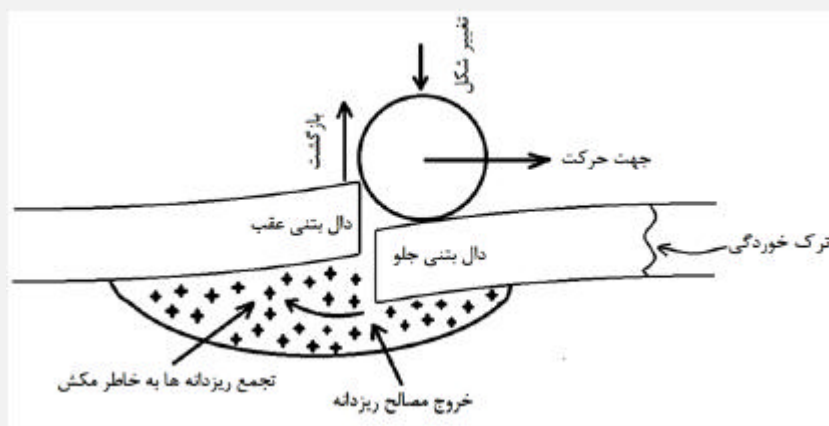
۲۲

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

مکانیزم خرابی پمپینگ در روسازی‌های صلب



۲۳

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

انواع روسازی‌های بتنی



روسازی‌های بتنی به چهار دسته مختلف تقسیم‌بندی می‌شوند. این چهار دسته عبارت‌اند از:

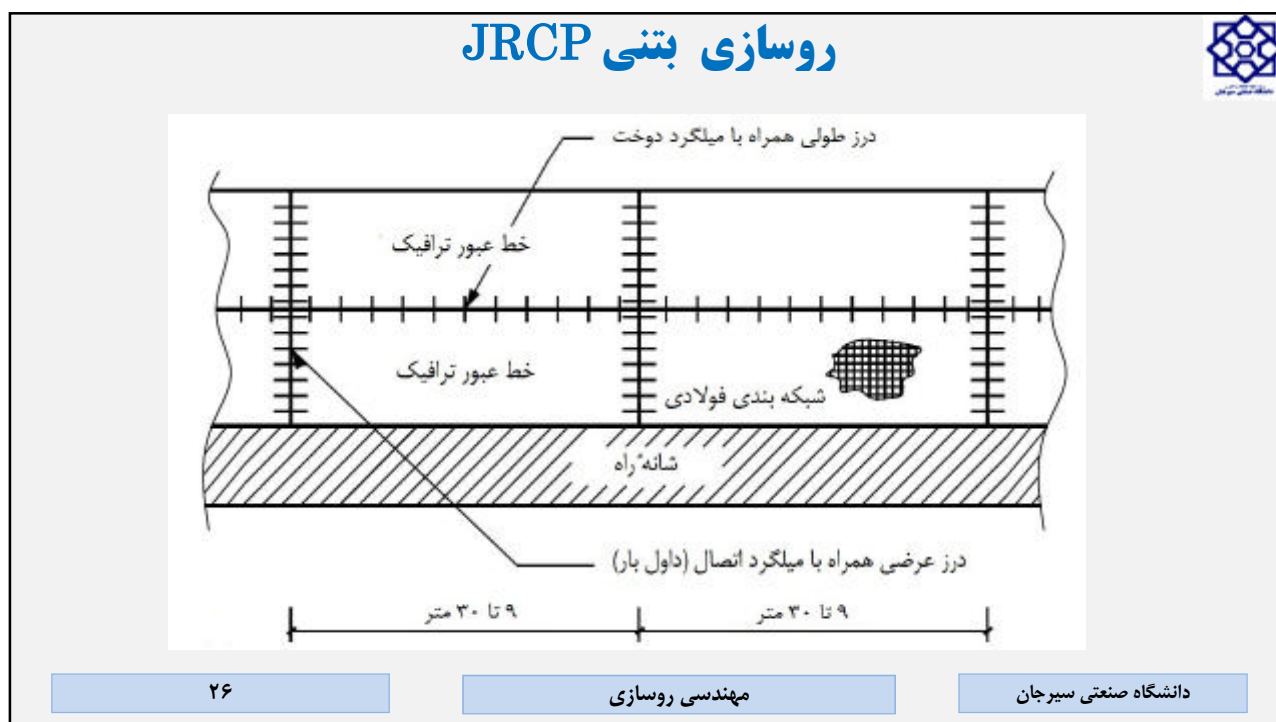
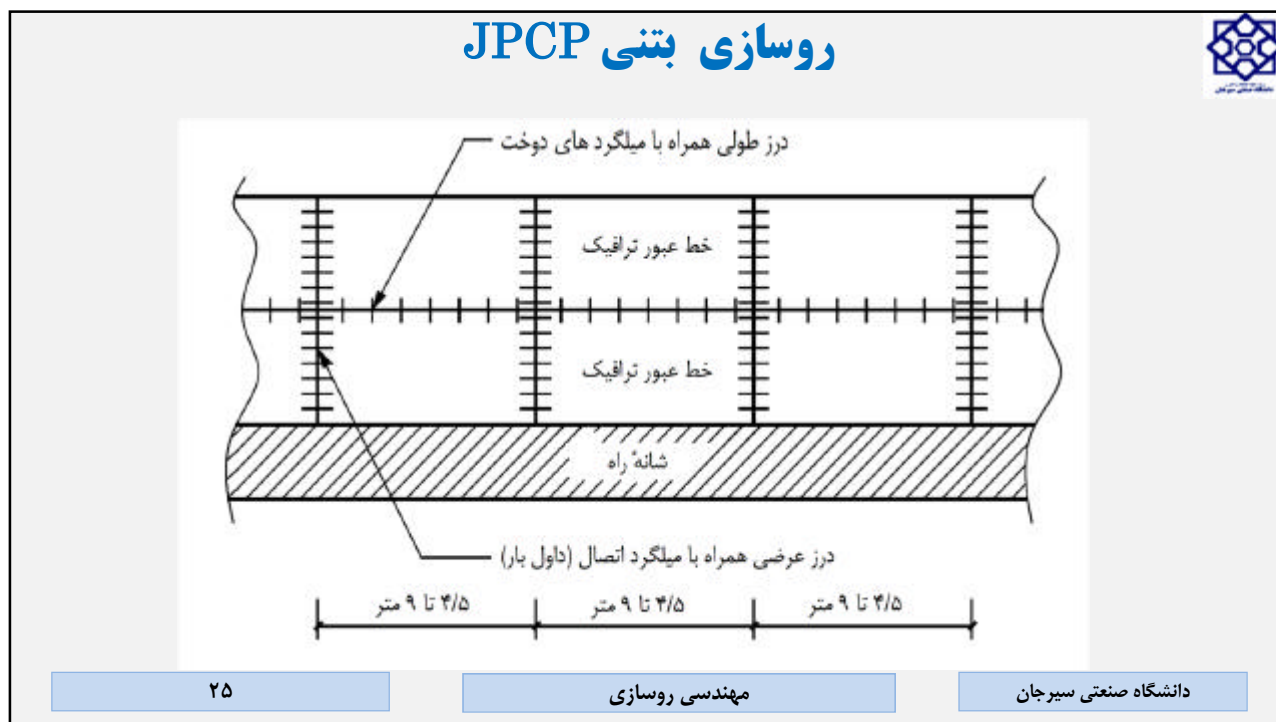
- روسازی بتنی غیر مسلح درزدار یا (JPCP)؛
- روسازی بتنی مسلح درزدار یا (JRCP)؛
- روسازی بتنی مسلح پیوسته یا (CRCP)؛
- روسازی بتنی پیش‌تنیده یا (PCP).

۲۴

مهندسی روسازی

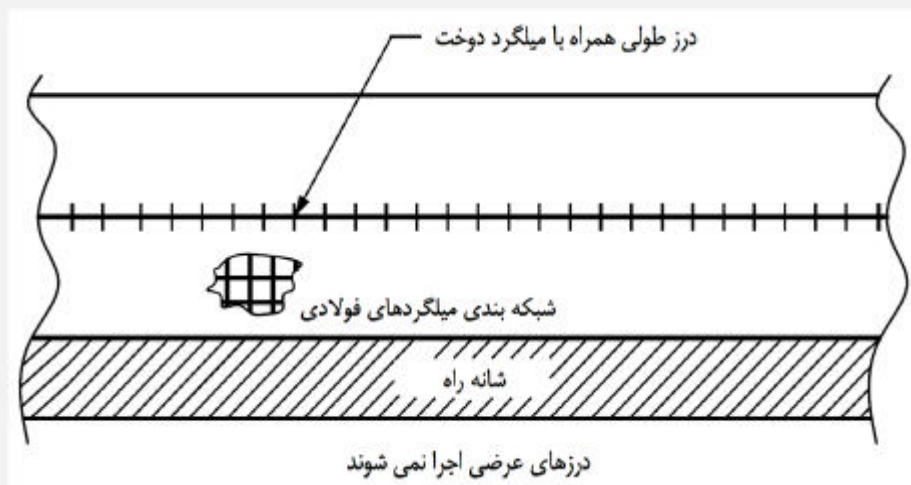
دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering



Pavement Engineering

روسازی بتنی CRCP



۲۷

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

کار در خانه



- روسازی های مرکب را تعریف نمایید و ذکر نمایید که مکانیزم خرابی در این روسازی ها چه می باشد؟
- روسازی های بتن غلتکی را شرح دهید؟ مزیت این روسازی نسبت به روسازی های بتنی معمولی چیست؟
- روسازی بلوک بتنی را تعریف نمایید. این روسازی معمولاً در چه پروژه هایی کاربرد دارد؟

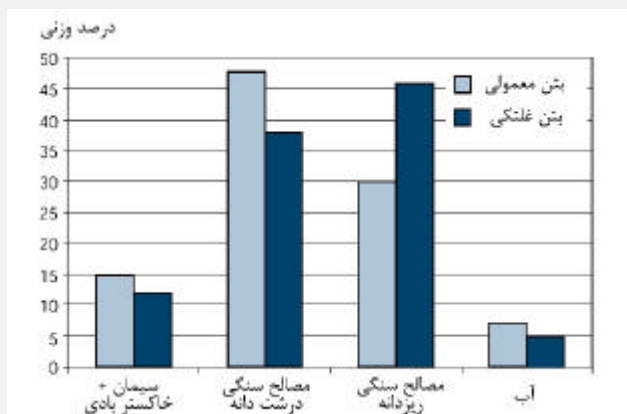
۲۸

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

روسازی بتن غلتکی



۲۹

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

روسازی های بلوک بتنی



۳۰

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

Pavement Engineering

عوامل مؤثر بر طراحی روسازی



- ویژگی‌های خاک بستر روسازی: ویژگی‌های خاک بستر روسازی شامل مواردی نظیر نوع، طبقه-بندی، مقاومت، حساسیت در برابر تغییر حجم و یخبندان، خصوصیات خمیری و تراکم نسبی.
- ویژگی‌های لایه‌های روسازی: شامل جنس، کیفیت، مدول برجهنگی، مقاومت خستگی، مقاومت شیارشدگی، مقاومت فشاری و کششی، دوام، ضریب نفوذپذیری و زهکشی و دوام در برابر چرخه‌های یخبندان-ذوب است.
- شرایط جوی: شامل رطوبت، یخبندان و عمق نفوذ آن، درجه حرارت محیط و تغییرات آن است.
- شرایط هندسی: شامل شیب‌های تند طولی مسیر و تقاطع‌ها است که معمولاً موجب تغییر شکل قشر رویه می‌شود.
- ترافیک: شامل نوع، وزن، ترکیب و تعداد محورهای وسایل نقلیه عبوری است.
- عمر طرح: عمر طرح که بر اساس آن روسازی طراحی می‌شود.
- هزینه طرح: شامل هزینه‌های مراحل ساخت، بهره‌برداری و نگهداری است.

۳۱

مهندسی روسازی

دانشگاه صنعتی سیرجان

