به‌نام یکتا مهندس هستی...

فهـــــرست

فصل اول: مروری بر روسازی

قسمت اول: درک اولیه از ســازه روسازی ۸
قسمت دوم: انواع روسازی ۱۳
قسمت سوم: شناخت درس روسازی ۱۶
تست‌های فصل اول ۱۸

فصل دوم: کاربرد قیر در روسازی

قسمت اول: منشاء تولید قیر ۲۶
قسمت دوم: ویژگی‌های مهم قیر در مهندسی عمران و نحوه تعیین آنها ۲۹
قســمت سوم: نام‌گذاری قیرها و فلسفه انتخاب قیر در یک پروژه ۴۱
قسمت چهارم: بخش تکمیلی ۵۱
تست‌های فصل دوم ۶۱

فصل سوم: آشنایی با آسفالت

قسمت اول: منابع تأمین مصالح سنگی در آسفالت ۸۰
قسمت دوم: ویژگی‌های مهم سنگدانه‌های آسفالت ونحوه تعیین آنها ۸۳
قسمت سوم: آشنایی با مخلوط های آسفالتی گرم ۹۲
قسمت چهارم: طرح اختلاط بتن آسفالتی گرم ۱۰۲
قسمت پنجم: ضریب سختی مخلوط آسفالتی ۱۱۱
قسمت ششم: اندودهای نفوذی و سطحی ۱۱۴
قسمت هفتم: بخش تکمیلی ۱۱۹
تست‌های فصل سوم ۱۲۸

فصل چهارم: اساس، زیراساس و خاک بستر

قســمت اول: آشنایی با لایه‌های اســاس، زیراساس و خاک بستر ۱۴۴
قسمت دوم: مشخصات فنی لایه‌های اساس و زیراساس ۱۴۷
قسمت سوم: آزمایش CBR ۱۵۷
قسمت چهارم: بخش تکمیلی ۱۶۷
تســت‌های فصل چهارم ۱۷۴

فصل پنجم: روش‌های تثبیت خاک

قســمت اول: آشــنایی با مفاهیم اولیه تثبیت خاک‌ها ۱۸۴
قسمت دوم: تثبیت خاک‌ها و مصالح شــنی با آهک ۱۸۸
قسمت سوم: بخش تکمیلی ۱۹۸
تست‌های فصل پنجم ۲۰۵

فهـــــرست

فصل ششم: سرما و یخبندان در روسازی

قسـمت اول: مفاهیم اولیه یخبندان در روسازی ۲۱۲
قسمت دوم: بررسی حضور آب در روسازی و اثرات آن ۲۲۰
قسمت سوم: بخش تکمیلی ۲۲۲
تست‌های فصل ششـم ۲۲۷

فصل هفتم: بارهای وارد بر روسازی و اثرات آن

قسمت اول: مقاومت مصالح ۲۳۶
قسـمت دوم: شناخت بارهای وارد بر روسازی ۲۴۰
قسمت سوم: آشنایی با تنش‌های ایجاد شده در روسازی ۲۴۶
قسـمت چهارم: تئوری یک لایه‌ای در تحلیل روسازی ۲۴۹
قسمت پنجم: تئوری دو لایه‌ای در تحلیل روسازی ۲۵۶
قسمت ششم: بخش تکمیلی ۲۶۷
تست‌های فصل هفتم ۲۷۲

فصل هشتم: طراحی روسازی راه

قسمت اول: آشنایی با متغیرها و معیارهای طراحی روسازی ۲۹۲
قسـمت دوم: روش طراحی آشتو ۲۹۹
قسمت سـوم: بخش تکمیلی ۳۱۴
تست‌های فصل هشتم ۳۲۳

فصل نهم: خرابی در روسازی

قسمت اول: درک اولیه از خرابی روسازی ۳۴۲
قسـمت دوم: درز و ترک در روسازی ۳۴۶
قسـمت سوم: جدا شدن مصالح از یکدیگر ۳۵۴
قسـمت چهارم: تغییرشکل در روسازی ۳۵۹
قسـمت پنجم: حرکت مصالح بر روی یکدیگر ۳۶۴
قسمت ششم: بخش تکمیلی ۳۶۶
تسـت‌های فصل نهم ۳۶۹

سری عمران

فصل اول:

مروری بر روسازی

مروری بر آنچه خواهیم خواند:

اتومبیلی را در نظر بگیرید که بر روی یک زمین طبیعی در حال حرکت است. در اولین نگاه این ذهنیت به وجود می‌آید که مسیر حرکت اتومبیل در این حالت، یک جادهٔ خاکی است و فراز و نشیب‌های زیادی دارد که باعث می‌شود سرنشینان اتومبیل احساس راحتی نکنند.

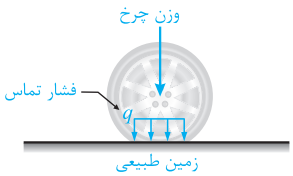
اگر یک فرد عادی بخواهد این مشکل را حل کند، احتمالاً می‌گوید اگر جاده را آسفالت کنیم، مشکل برطرف می‌شود. اما دیدگاه یک مهندس عمران متفاوت است. مهندس عمران برای حرکت اتومبیل بر روی سطح زمین، سازه‌ای به نام روسازی بر روی آن می‌سازد که در این فصل می‌خواهیم با کلیات آن آشنا شویم. برای درک بهتر شما عزیزان، قسمت‌های اصلی این فصل را به‌صورت نمودار درختی زیر ارائه می‌کنیم:

- مروری بر روسازی
  - قسمت اول: درک اولیه از سازه روسازی
  - قسمت دوم: انواع روسازی
  - قسمت سوم: شناخت درس روسازی

A-۱- نقش روسازی

شکل زیر را در نظر بگیرید که یک اتومبیل بر روی سطح زمین طبیعی در حال حرکت است:

در هنگام حرکت اتومبیل، تنش‌هایی در اثر وزن آن، به وسیلهٔ چرخ به‌صورت زیر به زمین وارد می‌شود:



که در این حالت:

مقاومت زمین طبیعی < فشار تماس وارده از طرف چرخ (q)

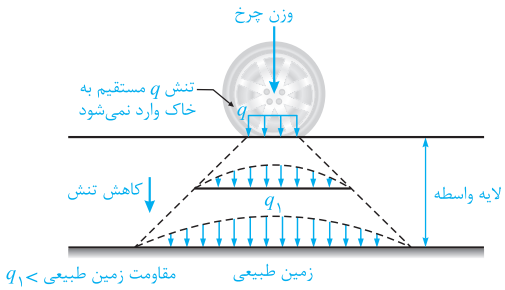
به‌طور معمول مقاومت خاک از تنشی که به آن وارد می‌شود، کمتر است و خاک دچار شکست و تغییر شکل زیادی می‌شود که ما به عنوان مهندس عمران باید راه حلی برای این مشکل پیدا کنیم.

در ادامه می‌خواهیم با ارائه چند سؤال به این بحث بپردازیم:

بررسی چند سوال

سؤال ۱: با چه راهکاری می‌توان تنشی که از طرف چرخ وسایل نقلیه به خاک بستر می‌رسد را کاهش داد؟

پاسخ: برای کم کردن تنش نباید اجازه دهیم که چرخ اتومبیل به‌طور مستقیم بر روی بستر زمین حرکت کند. برای این منظور بین چرخ‌های اتومبیل و سطح بستر زمین، واسطه‌ای قرار می‌دهیم تا تنش در آن کاهش یابد و هنگامی‌که به سطح زمین می‌رسد، مقدار آن از مقاومت سطح زمین کمتر باشد.



این لایه واسطه را **سازه روسازی** می‌نامند.

تذکر: نقش سازه روسازی مانند یک پی برای ساختمان می‌باشد، همانطورکه پی مانع از آن می‌شود که تنش ستون، مستقیم به خاک وارد شود، روسازی هم مانع از انتقال مستقیم بار چرخ وسایل نقلیه به سطح خاک بستر می‌شود.

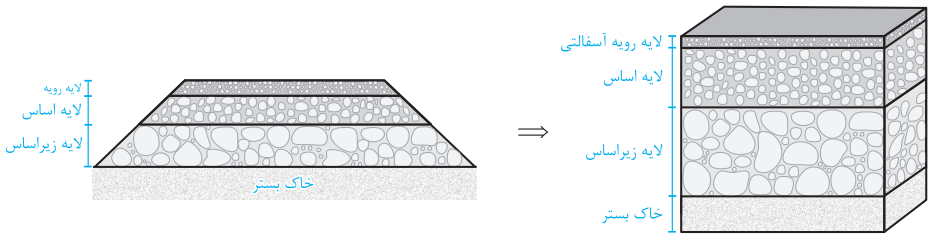
زیر شاخه‌های قسمت اول
A-۱- نقش روسازی
A-۲- تنش‌های ایجاد شده در روسازی

سؤال ۲: آیا به نظر شما نیاز است که کل لایه روسازی از یک جنس ساخته شود؟

پاسخ: در شکل سؤال قبل دیدیم که هر چه به سمت پایین می‌رویم تنش‌ها در لایه روسازی کاهش می‌یابد. بنابراین در بالای روسازی، نزدیک به چرخ (که تنش‌ها مقدار بزرگتری دارند)، احتیاج به مصالح بسیار مقاوم و در پایین لایه روسازی نزدیک به سطح زمین (که تنش‌ها مقدار کوچکتری دارند)، احتیاج به مصالح با مرغوبیت کمتر نسبت به بالای روسازی داریم. از این بحث می‌توان فهمید که لایه روسازی باید از قسمت‌های مختلف و با جنس‌های متفاوتی تشکیل شود.

سؤال ۳: یک روسازی متداول در راهسازی از چه اجزایی تشکیل می‌شود؟

پاسخ: روسازی از لایه‌های مختلفی تشکیل شده است که تعداد این لایه‌ها، جنس و ضخامت آنها بستگی به عوامل زیادی دارد. این لایه‌ها به‌ترتیب از روی خاک بستر تا زیر چرخ اتومبیل (از پایین به بالا) در شکل زیر آورده شده است:



بررسی چند نکته مهم

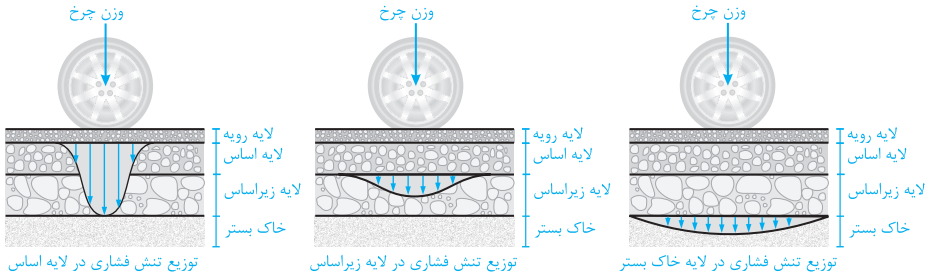
۱) لایه رویه، لایه‌ای است که از مصالح سنگی همراه با مواد چسبنده (مانند قیر) تشکیل شده است. به لایه رویه، **لایه آسفالتی** گفته می‌شود که در فصل‌های آینده به‌طور کامل با این لایه آشنا خواهیم شد.

۲) لایه‌های زیراساس و اساس لایه‌هایی هستند که از مصالح سنگی بدون مواد چسبنده تشکیل شده‌اند. این مصالح معمولاً به‌صورت شن و ماسه طبیعی هستند. به لایه‌های اساس و زیراساس، **لایه‌های غیرآسفالتی** گفته می‌شود.

در ادامه با بررسی یک تمرین به درک بیشتر لایه‌های روسازی کمک خواهیم کرد:

تمرین ۱: هنگامی‌که یک اتومبیل بر روی یک سطح (روسازی یک جاده) حرکت می‌کند، نحوه توزیع تنش‌های عمودی در هر لایه به چه صورتی است؟

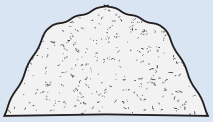
حل: همانطور که توضیح دادیم لایه‌های بالای روسازی بیشترین تنش را تحمل می‌کنند، لذا باید از مصالح مرغوب‌تری ساخته شوند و هنگامی‌که تنش از بالا به پایین کاهش پیدا می‌کند مصالح نیز در لایه‌های پایین می‌توانند مرغوبیت کمتری داشته باشند. توزیع تنش در لایه‌های روسازی به‌صورت زیر می‌باشد:



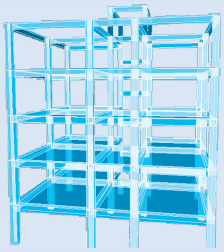
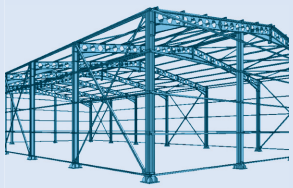
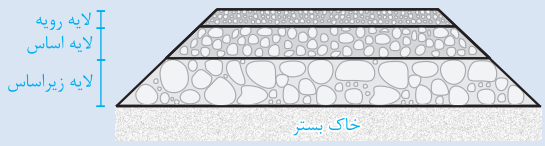
C-۱- بررسی شباهت‌های طراحی سازه و روسازی

به عنوان یک مهندس عمران بیایید با هم روند طراحی یک سازه را بررسی کنیم. فرض کنید می‌خواهیم یک ساختمان را بسازیم. به‌طور کلی اگر به رونـد طراحـی آن نگاه کنیم، می‌توان گام‌های زیر را برای آن ارائه کرد:

گام اول: اولین مسئله‌ای که در مورد طراحی ساختمان (یا یک روسازی) باید بـدانیم این است که نوع مصالحی که قرار است برای ساختن آن به کار رود چیست؟

مصالح مورد نیاز برای ساختمان	فولاد	 بتن
مصالح مورد نیاز برای روسازی	قیر	سنگدانه

گام دوم: یکی از مهمترین گام‌های طراحی مرحله‌ای است که در آن باید سـازه را مدل کنیم، یعنی باید اسکلت اولیه سازه را با توجه به مـصالحی کـه مـی‌خـواهیم استفاده کنیم طراحی کنیم. این موضوع برای ساختن هر نوع سازه‌ای (ساختمان، پل، سد، روسازی و ...) صادق است:

مدل‌سازی اولیه ساختمان		
مدل‌سازی اولیه روسازی		

تست‌های فصل اول *

۱- کدام‌یک از عبارت‌های زیر درست است؟

الف) شدت تنش‌های فشاری قائم که در اثر بارگذاری در یک توده خاک به وجود می‌آید، در نقاط مختلف یکسان است.

ب) تنش ایجاد شده در زیر سطح بارگذاری حداقل است.

ج) در لایه‌های روسازی، مقاومت در برابر فشار از مقاومت در برابر کشش بیشتر است.

د) اولین قشر از لایه روسازی که بر روی خاک بستر قرار دارد، لایه اساس می‌باشد.

ه) جهت ایجاد چسبندگی بین دو لایه بیندر و توپکا از اندود نفوذی استفاده می‌کنند.

۱) ب - ج ۲) ج ۳) د - ه ۴) الف

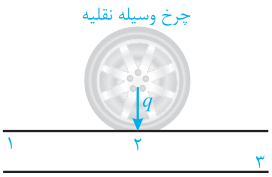
۲- هرگاه شدت ..... در یک لایه روسازی از میزان ..... آن لایه بیشتر شود موجب شکست و ترک خوردن آن لایه می‌شود.

۱) تنش فشاری قائم - استقامت کششی مصالح ۲) تنش مماسی - استقامت فشاری مصالح
۳) تنش کششی افقی - استقامت فشاری مصالح ۴) تنش کششی افقی - استقامت کششی مصالح

۳- کدام‌یک از گزینه‌های زیر نحوه اجرای روسازی انعطاف‌پذیر را از پایین به بالا به‌طور صحیح نشان می‌دهد؟

۱) زیراساس - اساس - اندود سطحی - بیندر - اندود نفوذی - توپکا - اندود آب‌بند
۲) زیراساس - اساس - اندود نفوذی - بیندر - اندود سطحی - توپکا - اندود آب‌بند
۳) زیراساس - اساس - اندود سطحی - توپکا - اندود آب‌بند - بیندر - اندود نفوذی
۴) زیراساس - اساس - اندود نفوذی - توپکا - اندود آب‌بند - بیندر - اندود سطحی

۴- تنش‌های ناشی از بار قائم در لایه روسازی در هر یک از نقاط نشان داده شده چگونه است؟ (سراسری - ۷۸)



۱) ۱- فشاری ۲- کششی ۳- کششی
۲) ۱- فشاری ۲- کششی ۳- فشاری
۳) ۱- کششی ۲- فشاری ۳- کششی
۴) ۱- کششی ۲- فشاری ۳- فشاری

۵- کدام‌یک از جملات زیر صحیح است؟

۱) هدف از طرح و اجرای روسازی، کاهش فشار قائم (ناشی از بار هر چرخ) وارد بر خاک بستر و رساندن تنش‌های ناشی از آن به میزان مقاومت فشاری خاک بستر می‌باشد.
۲) برای تحلیل و طراحی روسازی صلب از تئوری چند لایه‌ای نیمه بی‌نهایت استفاده می‌شود.
۳) شدت تنش‌های فشاری قائم ناشی از وزن چرخ وسایل نقلیه در وسط محور وسیله نقلیه حداکثر است.
۴) برای تحلیل و طراحی روسازی‌های انعطاف‌پذیر از تئوری صفحه‌ای استفاده می‌شود.

---

* در تست‌های این فصل، برخی از مفاهیم نشریهٔ ۲۳۴ آورده شده است که توصیه می‌شود مروری بر آنها داشته باشید. این مفاهیم در فصل‌های بعد بیشتر شرح داده خواهد شد و به همین دلیل اگر برخی از آنها را نمی‌دانستید، نگران نباشید.

پاسخ تست‌های فصل اول

۱- (۲)

گزینه‌ها را به‌صورت جداگانه بررسی می‌کنیم:

الف) با توجه به اینکه در یک روسازی باری که از جانب چرخ وسیله نقلیه به سطح روسازی وارد می‌شود از بالا به پایین مقدار آن کاهش می‌یابد، لذا شدت تنش‌های فشاری قائم در نقاط مختلف در توده خاک متفاوت است.

ب) تنش ایجاد شده در زیر سطح بارگذاری از زیر چرخ وسیله نقلیه شروع می‌شود، بنابراین می‌توان گفت تنش ایجاد شده در زیر سطح بارگذاری حداکثر است.

ج) در لایه‌های روسازی با توجه به نوع بارهای وارده بر سطح جاده، مقاومت مصالح در برابر فشار همواره از مقاومت در برابر کشش بیشتر است.

د) اولین لایه‌ای که بر روی خاک بستر قرار می‌گیرد لایه زیراساس است، البته می‌توان گفت که در روسازی‌های صلب (بتنی) اولین لایه بر روی خاک بستر می‌تواند لایه اساس باشد.

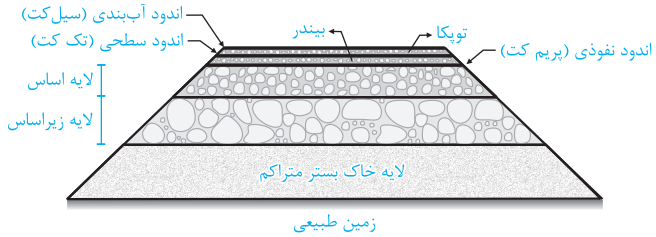
ه) بین دو لایه بیندر و توپکا در لایه رویه آسفالتی از اندود سطحی استفاده می‌کنند.

۲- (۴)

لایه‌های آسفالتی در مقایسه با دیگر لایه‌ها باید از مقاوم‌ترین و مرغوب‌ترین مصالح روسازی باشند. در راه‌های با ترافیک زیاد و سنگین که در آنها لایه‌های بالای روسازی از مصالح آسفالتی تشکیل شده باشد، معمولاً در اثر بارگذاری تغییر شکل داده و در آنها تنش‌های کششی و فشاری افقی به وجود می‌آید. هرگاه شدت تنش‌های کششی افقی در زیر لایه‌های آسفالتی از مقاومت کششی آن بیشتر شود، در این نقاط ترک ایجاد می‌شود که به تدریج به سمت رویه راه گسترش می‌یابد و موجب آسیب‌دیدگی می‌شود که در نهایت از عمر مفید راه به شدت کاسته خواهد شد. بنابراین جنس و ضخامت لایه‌های آسفالتی باید طوری انتخاب شود که در برابر تنش‌های کششی افقی به وجود آمده مقاومت نماید و ترک نخورد.

۳- (۲)

با توجه به شکل زیر به‌راحتی می‌توان نحوه اجرای روسازی انعطاف‌پذیر را از پایین به بالا تشخیص داد:



۴- (۴)

به تمرین شماره ۳ در متن درس مراجعه شود.

۵ حال می‌توان به سؤال مطرح شده در ابتدای این قسمت اینگونه پاسخ داد:

۱) قیر خالص + بنزین ⇒ قیر محلول تندگیر (RC)

۲) قیر خالص + نفت سفید ⇒ قیر محلول کندگیر (MC)

۳) قیر خالص + گازوئیل ⇒ قیر محلول دیرگیر (SC)

۶ به‌طور کلی هر اندازه مقدار حلال‌های نفتی موجود در قیر محلول زیادتر باشد، روانی آن بیشتر و ویسکوزیته آن کمتر است. معمولاً درصد حلال مصرفی در قیرهای محلول، از ۲۰ تا ۵۰ درصد تغییر می‌کند و می‌توان گفت:

قیرهای محلول براساس کندروانی‌شان درجه‌بندی می‌شوند.

روش‌های نام‌گذاری

آیین‌نامه دو روش برای نام‌گذاری قیرهای محلول پیشنهاد داده است:

۱ **آیین‌نامه قدیمی:** در این روش، کندروانی قیرهای محلول با استفاده از اعداد صفر تا ۵ مشخص می‌شود، مانند:

الف) $RC-۱$ ، $RC-۲$ ، ...

ب) $MC-۱$ ، $MC-۲$ ، ...

ج) $SC-۱$ ، $SC-۲$ ، ...

بدان معنی‌که قیر کندگیر $MC-۳$، کندروانی بیشتری نسبت به قیر کندگیر $MC-۱$ دارد (سفت‌تر است).

۲ در آیین‌نامه‌های جدید (مانند نشریه ۲۳۴)، این نوع قیرها بر مبنای کندروانی کینماتیکی (بر حسب سانتی استوکس) و یا کندروانی سی‌بولت - فیورل (بر حسب ثانیه) مشخص می‌شوند. برای درک بهتر به جداول زیر توجه کنید:

نوع آزمایش	درجه قیر زودگیر							
	$RC-۷۰$		$RC-۲۵۰$		$RC-۸۰۰$		$RC-۳۰۰۰$	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
کندروانی کینماتیک در $۶۰^\circ C$ $(mm^۲/s)$	۷۰	۱۴۰	۲۵۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰

نوع آزمایش	درجه قیر کندگیر									
	$MC-۳۰$		$MC-۷۰$		$MC-۲۵۰$		$MC-۸۰۰$		$MC-۳۰۰۰$	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
کندروانی کینماتیک در $۶۰^\circ C$ $(mm^۲/s)$	۳۰	۶۰	۷۰	۱۴۰	۲۵۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰

نوع آزمایش	درجه قیر دیرگیر							
	$SC-۷۰$		$SC-۲۵۰$		$SC-۸۰۰$		$SC-۳۰۰۰$	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
کندروانی کینماتیک در $۶۰^\circ C$ $(mm^۲/s)$	۷۰	۱۴۰	۲۵۰	۵۰۰	۸۰۰	۱۶۰۰	۳۰۰۰	۶۰۰۰

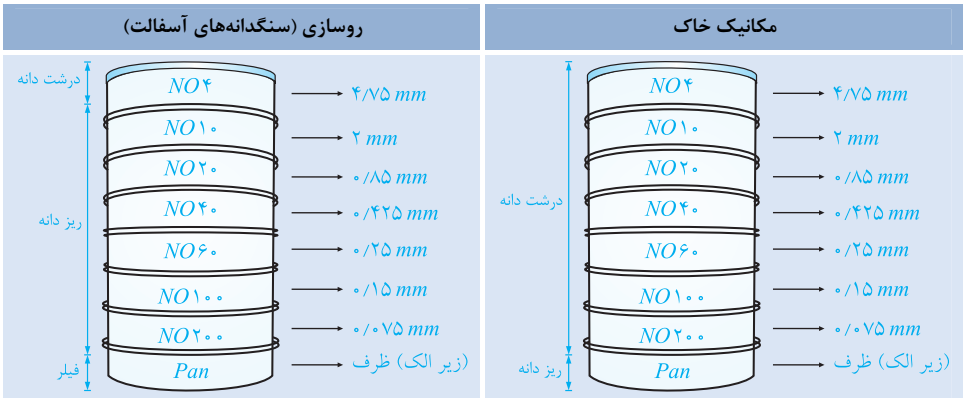
تمرین ۴: **در یک روسازی انعطاف‌پذیر ساخته شده از بتن آسفالتی گرم، باید لایه توپکا نسبت به لایه آستر دارای دانه‌بندی ..... و فضای خالی سنگدانه ..... باشد تا این شرایط باعث افزایش استقامت لایه توپکا نسبت به لایه آستر شود.** (سراسری - ۹۱)

۱) درشت‌تر - کمتر ۲) ریزتر - زیادتر ۳) ریزتر - کمتر ۴) درشت‌تر - زیادتر

حل: لایه رویه (توپکا) نسبت به لایه آستر (بیندر) و اساس قیری، دارای دانه‌بندی ریزتر، فضای خالی سنگدانه‌های آن زیادتر و در نتیجه قیر بیشتر می‌باشد. حداکثر اندازه سنگدانه‌های لایه توپکا بین ۹/۵ تا ۱۹ میلی‌متر می‌باشد که با توجه به بافت سطحی مورد نیاز، نوع ترافیک و شرایط آب و هوایی انتخاب می‌شود. از طرفی دانه‌بندی ریزتر و فضای خالی سنگدانه زیادتر باعث افزایش استقامت لایه توپکا نسبت به لایه آستر می‌شود، بنابراین گزینه (۲) صحیح است.

C-۲- دانه‌بندی بتن آسفالتی گرم

قبل از اینکه به بررسی دانه‌بندی بتن آسفالتی گرم بپردازیم، به یک مقایسه کلی در طبقه‌بندی مصالح سنگی در علم مکانیک خاک و روسازی آسفالتی توجه کنید:



از مقایسهٔ دو شکل فوق می‌توان فهمید:

در علم مکانیک خاک:

بالای الک $\#200$ ⇒ درشت‌دانه الک $\#200$ ⇒ مرز بین درشت‌دانه و ریزدانه

در علم روسازی آسفالتی:

بالای الک $\#4$ ⇒ درشت‌دانه الک $\#4$ ⇒ مرز بین درشت‌دانه و ریزدانه

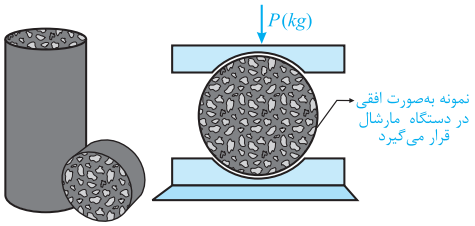
نکته بسیار مهم

مصالح سنگی در روسازی آسفالتی به سه قسمت تفکیک می‌شوند که عبارتند از:

مصالح سنگی آسفالت = فیلر + ریزدانه + درشت‌دانه

- فیلر: مصالح رد شده از الک $\#200$
- ریزدانه: تمام مصالح بین الک $\#4$ و الک $\#200$ (از $\#4$ عبور کرده و از $\#200$ عبور نکرده‌اند)
- درشت‌دانه: مصالح باقیمانده روی الک $\#4$

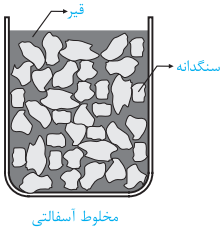
شکل ساده مقابل، بیانگر نحوه بارگذاری نمونه آسفالتی در آزمایش استقامت مارشال می‌باشد.



تذکر: در آزمایش مارشال علاوه بر اندازه‌گیری استقامت مارشال، میزان تغییر شکل قطری نمونه مخلوط آسفالتی متراکم شده در هنگام گسخیتگی برحسب میلی‌متر، بیانگر **روانی** مخلوط آسفالتی است.

D-۲- بررسی چند اصطلاح بسیار مهم و کاربردی در آزمایش استقامت مارشال

شکل مقابل را در نظر بگیرید، این شکل بیانگر مخلوطی از مصالح سنگی و قیر می‌باشد.



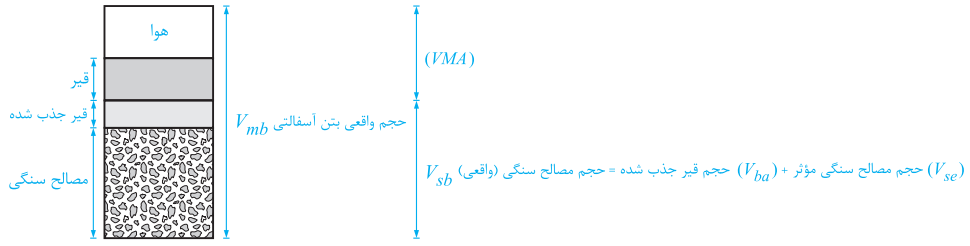
حال چند سنگدانه که از داخل این مخلوط آسفالتی بیرون کشیده شده‌اند را در نظر بگیرید. در مورد این سنگ‌دانه‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱) قسمت‌های خشک نشان داده شده در شکل (۱)، در واقع مصالح سنگی مؤثر هستند که حجم آنها را با V_{se} نشان می‌دهند.

۲) مقداری از حفرات که در داخل سنگدانه وجود دارند، حفراتی هستند که قیر در آنها نفوذ نمی‌کند (شکل ۳).

۳) حفراتی در دور سنگ وجود دارند که قیر آنها را پر می‌کند و یا به عبارتی این قیرها جذب سنگدانه می‌شود که حجم آنها را با V_{ba} نشان می‌دهند. این قسمت‌ها در شکل شماره (۳) مشخص شده‌اند. به‌طور کلی هرچه اندازهٔ اسمی سنگ‌دانه‌ها بیشتر باشد، فضای خالی داخل آنها نیز بیشتر است.

۴) شکل کلی ترکیب قیر و مصالح سنگی را می‌توان به‌صورت چهار فازه مجزا همانند شکل زیر نشان داد:

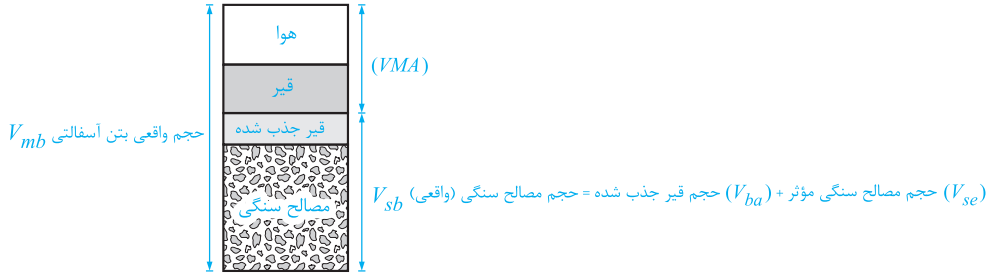


در ادامه با حل یک تمرین، مفاهیم فوق را بهتر درک خواهیم کرد.

تمرین ۶: حجم قیر استفاده شده در یک نمونه مخلوط آسفالتی به حجم واحد برابر با $۰/۱۱۵\ cm^3$ حجم قیر جذب شده برابر $۰/۰۰۷\ cm^3$ و درصد هوا برابر $۰/۰۷۵\ cm^3$ می باشد. درصد فضای خالی بین مصالح سنگی در این مخلوط آسفالتی چند درصد است؟ (سراسری - ۹۶)

۱) ۱۵/۵ ۲) ۱۸/۳ ۳) ۲۱/۲ ۴) ۲۵

حل: به شکل مقابل توجه کنید:



در این سؤال داریم:

حجم قیر $= ۰/۱۱۵\ cm^3$ درصد هوا $= ۰/۰۷۵\ cm^3$ حجم قیر جذب شده $= ۰/۰۰۷\ cm^3$

حجم قیر + درصد هوا $= ۰/۱۱۵ + ۰/۰۷۵ = ۰/۱۹\ cm^3$

درصد فضای خالی بین مصالح سنگی = حجم قیر + درصد هوا − حجم قیر جذب شده

$۰/۱۹ - ۰/۰۰۷ = ۰/۱۸۳ \xrightarrow[\text{بین مصالح نسبت به حجم واحد}]{\text{درصد فضای خالی}} \frac{۰/۱۸۳}{۱} \times ۱۰۰ = ۱۸/۳٪$

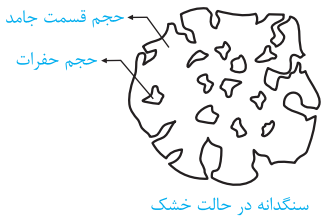
بنابراین گزینهٔ (۲) صحیح است.

در ادامه می‌خواهیم با کمک این مفاهیم، سه نوع وزن مخصوص که برای دانه‌های جامد در بتن آسفالتی برای ما حائز اهمیت است را به شما یاد دهیم. در این سه وزن مخصوص، وزن دانه‌های جامد به یک حجم با مقدار مشخص باید تقسیم شود که در مورد آن صحبت می‌کنیم.

توجه: می‌دانیم که وزن مخصوص از تقسیم وزن به حجم به‌دست می‌آید.

وزن مخصوص حقیقی (واقعی) مصالح سنگی (γ_{sb})

در محاسبه این وزن مخصوص عملاً وزن دانه‌های جامد به حجم کل دانه تقسیم می‌شود:

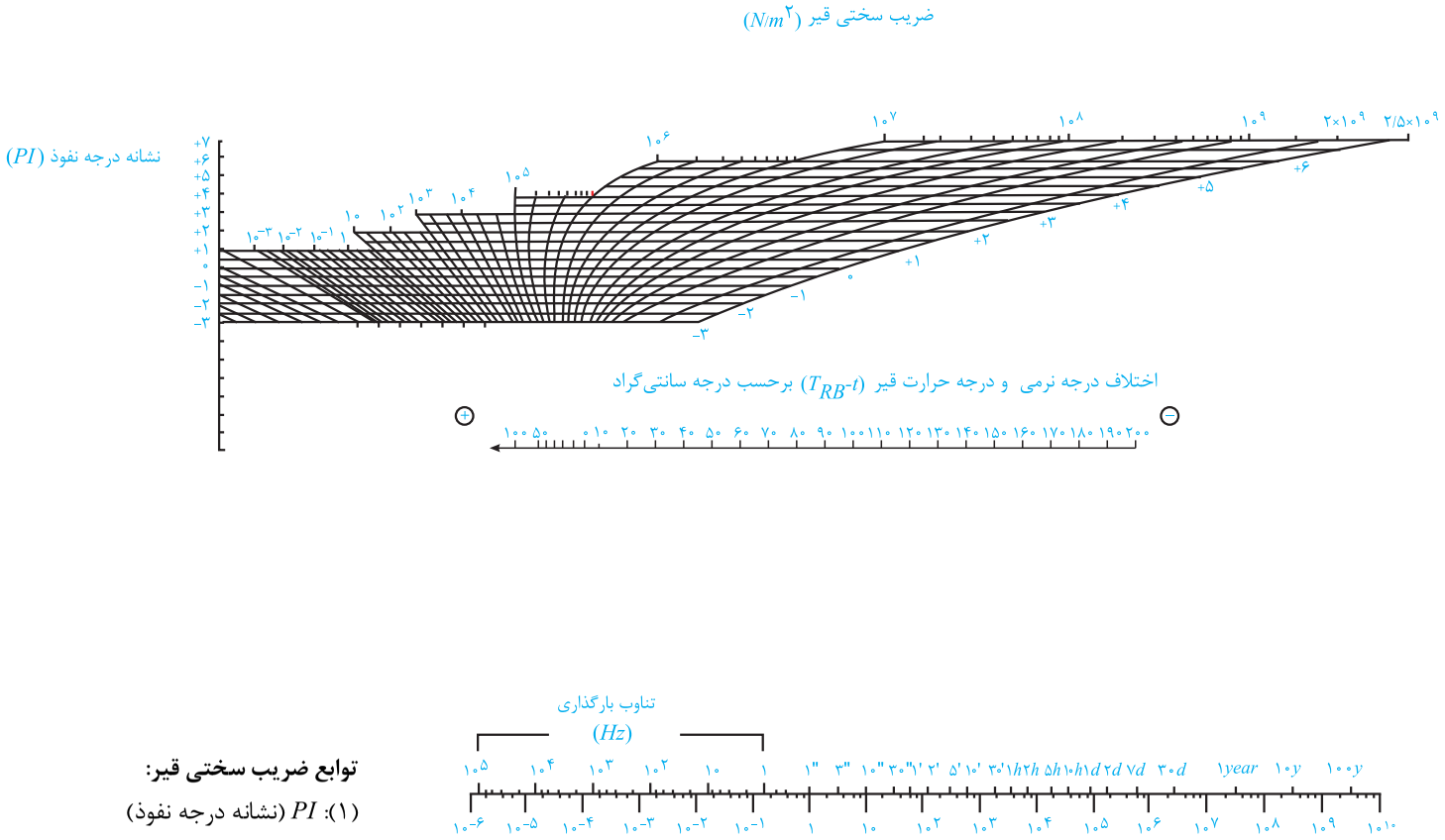


$$\gamma_{sb} = \frac{\text{وزن قسمت جامد (خشک)}}{\text{حجم کل دانه سنگی}}$$

حجم کل دانه سنگی = حجم قسمت جامد + حجم حفرات

تذکر: در بسیاری از مراجع γ_{sb} را به‌صورت نسبی تعریف می‌کنند و برای محاسبه، آن را بر γ_w تقسیم می‌کنند:

$$G_{sb} = \frac{\gamma_{sb}}{\gamma_w}$$



نمودگرام وندرپل برای تعیین ضریب سختی قیرها

توابع ضریب سختی قیر:

(۱): PI (نشانه درجه نفوذ)

(۲): T_{RB} (درجه نرمی)

(۳): t (دمای قیر)

(۴): طول زمان بارگذاری (ثانیه)

۴ انواع قیرهای مورد استفاده در آسفالت‌های سطحی یک یا چند لایه‌ای در جدول زیر نشان داده شده است:

انواع قیر		
قیرهای خالص	قیرهای محلول	قیرآبه‌ها
۱۲۰–۱۵۰ ۲۰۰–۳۰۰	قیرهای زودگیر $RC-۲۵۰$ $RC-۸۰۰$ $RC-۳۰۰۰$	آنیونیک $RS-۱$ $RS-۲$ $HFRS-۲$
	قیرهای کندگیر $MC-۸۰۰$ $MC-۳۰۰۰$	کاتیونیک $CRS-۱$ $CRS-۲$

سنگدانه‌های آسفالت سطحی

سنگدانه‌های مصرفی در آسفالت سطحی یک یا چند لایه‌ای از شن شکسته و یا سنگ کوهی شکسته یا سرباره کوره‌های آهن‌گدازی تهیه می‌شود.

سنگدانه‌های مصرفی در آسفالت سطحی باید دارای ویژگی‌های زیر باشند:

- مقاوم، سخت، مکعبی و تا حد امکان یک اندازه
- فاقد دانه‌های سست، شکننده و کلوخه‌های خاکی، گردسنگ و ...
- عاری از هرگونه آلودگی و پوشش خاکی نظیر اندودهای لای و رس (تمیز باشد).

طرح آسفالت سطحی

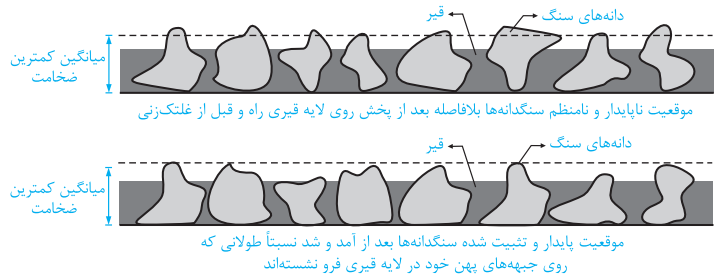
هدف از طرح **رویه‌های** آسفالتی، تعیین مقدار **قیر** و **مصالح سنگی** است. روش‌های مختلفی برای طرح آسفالت سطحی وجود دارند که متداول‌ترین آنها روشی است که توسط هنسون پیشنهاد شده است. این روش بر فرضیات زیر استوار است:

۱- مقدار فضای خالی مصالح سنگی بعد از پخش شدن بر روی راه و قبل از غلتک زدن، حدود ۵۰ درصد حجم کل مصالح است.

۲- مقدار فضای خالی مصالح سنگی پس از کوبیدن به حدود ۳۰ درصد حجم کل مصالح کاهش می‌یابد. این مقدار نیز پس از قرار گرفتن تحت آمد و شد وسایل نقلیه به حدود ۲۰ درصد کاهش می‌یابد.

۳- ضخامت متوسط رویه آسفالتی برابر است با میانگین کوچک‌ترین بعد دانه‌های مصالح سنگی آن.

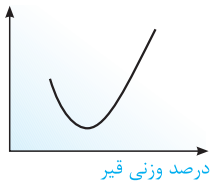
۴- برای آنکه آسفالت سطحی عملکرد خوب و مناسبی داشته باشد، در آمد و شدهای کم و سبک حدود ۸۰ درصد و در آمد و شدهای سنگین حدود ۶۰ درصد حجم فضای خالی مصالح سنگی با قیر پر شود. شکل زیر موقعیت سنگدانه‌ها را در بستر قیری راه، قبل و بعد از غلتک‌زنی و عبور ترافیک نشان می‌دهد:



۹- حداکثر چگالی نظری یک مخلوط آسفالتی G_{mm} = ۲/۵۰ و چگالی واقعی آن G_{mb} = ۲/۴۵۰ می‌باشد. درصد فضای خالی بتن آسفالتی برابر است با: (مشابه سراسری - ۷۸)

۱) ۲ ۲) ۳/۶ ۳) ۳/۷۵ ۴) ۵

۱۰- با توجه به منحنی نشان داده شده مربوط به آزمایش مارشال بر روی یک نمونه بتن آسفالتی، چه خاصیتی از آن مورد بررسی قرار گرفته است؟ (سراسری - ۷۸)

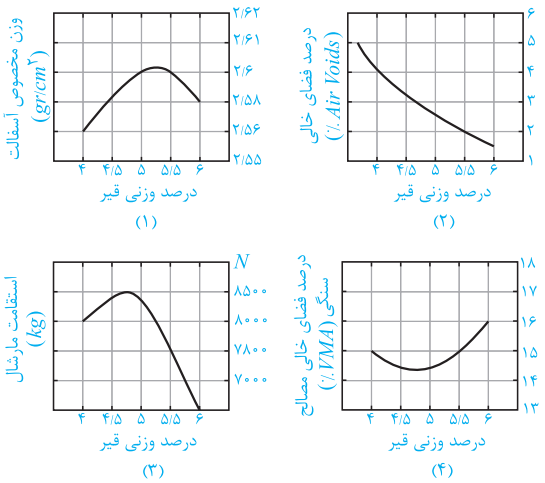


۱) درصد فضای خالی
۲) درصد فضای خالی مصالح سنگی
۳) وزن مخصوص آسفالت
۴) استقامت مارشال

۱۱- در یک مخلوط بتن آسفالتی متراکم شده، درصد فضای خالی مصالح سنگی VMA = ۱۵٪ و درصد فضای خالی پر شده با قیر VFA = ۷۰٪ است. درصد فضای خالی آسفالت (V_a) کدام است؟ (سراسری - ۸۰)

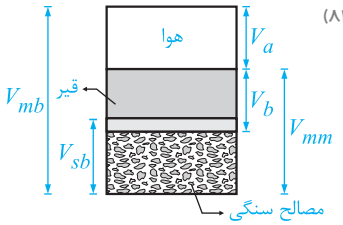
۱) ۱۰/۵ ۲) ۷/۵ ۳) ۵/۴ ۴) ۴/۵

۱۲- با توجه به نتایج آزمایش مارشال در شکل‌های زیر، مقدار پیشنهادی قیر بهینه برای آنکه درصد هوا در محدوده ۳ تا ۵ قرار گیرد، چقدر است؟ (سراسری - ۸۱)

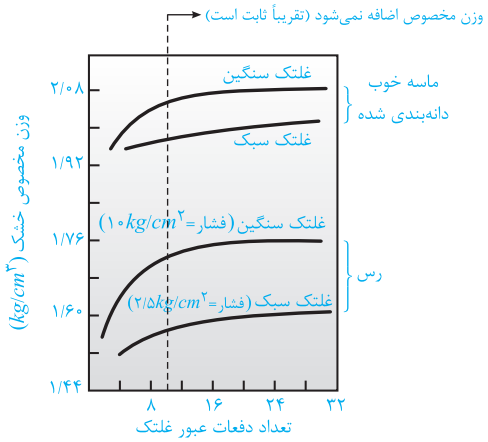


۱) ۴/۲ درصد
۲) ۴/۵ درصد
۳) ۴/۷ درصد
۴) ۵/۲ درصد

۱۳- برای یک مخلوط آسفالتی حداکثر چگالی نظری (G_{mm}) برابر ۲/۷۰۵، چگالی واقعی (G_{mb}) برابر ۲/۵۷۵ و چگالی واقعی مصالح سنگی (G_{sb}) برابر ۲/۷۵۱ است. درصد فضای خالی در این نمونه چقدر است؟ (سراسری - ۸۲)



۱) ۱/۷
۲) ۳/۰
۳) ۴/۸
۴) ۶/۴



نکته: به‌طور تجربی می‌توان گفت که پس از ۶ تا ۱۰ بار عبور غلتک، تقریباً تراکم نهایی خاک به‌دست آمده و با عبور بیشتر غلتک به میزان قابل توجهی بر تراکم خاک افزوده نمی‌شود. این موضوع در شکل فوق نشان داده شده است.

غلتک‌های پاچه‌بزی

این غلتک‌ها مناسب‌ترین وسیله برای کوبیدن و متراکم‌کردن خاک‌های چسبنده نظیر رس، رس لای‌دار و رس ماسه‌دار هستند.

این نوع غلتک‌ها، خاک را از پایین به بالا متراکم کرده و عملکردی عکس غلتک‌های چرخ فولادی داشته و در انتها، خاک ظاهری ناصاف پیدا می‌کند.

تذکر: نحوه کوبش این غلتک‌ها استاتیکی به همراه ورز دادن است.

در شکل روبرو این غلتک آورده شده است.

غلتک‌های مشبک

نوعی از غلتک‌های پاچه‌بزی، غلتک‌های مشبک هستند که به‌جای خار از یک شبکه فلزی در آنها استفاده شده است.

از این غلتک‌ها معمولاً برای شکستن و خرد کردن دانه‌های سنگ و فرو بردن آنها در زمین استفاده می‌شود که منجر به یک توده خاک توپر و متراکم شده می‌گردد.

تذکر: نحوه کوبش این غلتک‌ها استاتیکی است.

غلتک‌های لرزنده

از غلتک‌های لرزنده به‌منظور کوبیدن خاک‌های دانه‌ای نظیر شن، ماسه و سنگ شکسته استفاده می‌شود و وارد کردن نیروی استاتیکی همراه با مرتعش کردن خاک انجام شده که خاک بهتر و سریع‌تر متراکم می‌شود. علت این امر کاهش اصطکاک بین دانه‌های خاک است.