

فصل ششم:

زمین‌شناسی و سازه‌های مهندسی

@DaneshSad

احداث سازه بر روی زمین‌های نامناسب مانند زمین‌های باتلاقی، سست، کارستی و ... می‌تواند باعث مشکلاتی مانند نشست نامتقارن پی سازه، ریزش و تخریب سازه شود.

یکی از وظایف مهم زمین‌شناسان: شناسایی وضعیت زمین و سنگ بستر سازه‌ها و فرایندهای مخرب در اطراف آن.

– نحوهٔ به دست آوردن اطلاعات زمین‌شناسی –

عوامل مؤثر برای ایجاد مشکلاتی در ساخت سازه‌ها
- وجود زمین‌هایی با شرایط متفاوت از نظر زمین‌شناسی
- پایین‌بودن مقاومت سنگ‌ها و خاک‌ها در محل احداث سازه‌های مهندسی

مکان‌های نامناسب برای احداث سازه: زمین‌های هوازده، گسل‌خورده، سست و ریزشی و اشباع

موارد ضروری مطالعات زمین‌شناسی برای احداث سازه
- مطالعهٔ دقیق شرایط زمین‌شناسی محل
- انطباق هر چه بهتر طرح و اجرای پروژه با شرایط طبیعی
- کنترل حرکات زمین در زمان احداث و در دوران بهره‌برداری سازه‌ها

زمین‌شناسی مهندسی: یکی از کارشناسان مهم در پروژه‌های عمرانی در زمان مطالعات و زمان اجرای آن‌ها

روش به دست آوردن اطلاعات زمین‌شناسی
- ۱) شناسایی سطحی: بازدیدهای صحرایی از محل احداث سازه و ترسیم نقشهٔ زمین‌شناسی از منطقه
- ۲) شناسایی زیرسطحی
  - روش مستقیم
    - مطالعات صحرایی
    - حفر گمانه‌ها و چاهک‌های اکتشافی
  - روش غیرمستقیم
    - بدون نمونه‌گیری
    - با استفاده از تجهیزات و ابزارهای ژئوفیزیکی


حفاری گمانه اکتشافی توسط دستگاه حفاری


مغزه‌گیری توسط گمانه‌های اکتشافی

نکته

گاهی (نه همیشه!) به مطالعات زیرسطحی نیاز داریم.

– عوامل مؤثر بر مکان‌یابی سازه‌ها –

قبل از اجرای پروژه‌های عمرانی جهت ساخت سازه‌ها، انجام مطالعات زمین‌شناسی سنگ‌بستر آن‌ها، ضروری است.

۱. ناهمواری‌های سطح زمین
۲. استحکام سنگ‌ها
۳. گسل‌های منطقه
۴. انحلال‌پذیری و نفوذپذیری منطقه
۵. پایداری دامنه‌ها در برابر ریزش
۶. جنس مصالح به‌کاررفته در سازه
۷. مورفولوژی (شکل‌شناسی) و پستی و بلندی‌های محل احداث سازه
۸. مقاومت زمین پی سازه در برابر نیروهای وارده

نکته

یکی از عوامل مهم در مکان‌یابی ساختگاه یک سازه: مقاومت زمین پی سازه در برابر نیروهای وارده

عامل مؤثر در پایدارسازی یک سازه: مورفولوژی (شکل‌شناسی) و پستی و بلندی‌های محل احداث سازه

مقاومت سنگ: **حداکثر** تنش یا ترکیبی از تنش‌ها که سنگ می‌تواند تحمل کند، بدون آن‌که بشکند.

هر چه مقاومت سنگ کم‌تر ← سنگ ناپایدارتر ← سطوح شکست بیشتر ← شکستگی در سنگ‌ها و ایجاد درزه‌ها ← ناپایداری سنگ یا خاک در پی سازه‌ها

@DaneshSad

– بررسی مقاومت انواع سنگ‌ها در برابر تنش –

۱ **سنگ‌های آذرین**: مانند بازالت‌ها و گرانیت‌های بدون هوازدگی ← تکیه‌گاه مناسبی برای سازه‌ها هستند (علت) ← مقاومت زیاد (مثال) ← پی‌سنگ سد امیرکبیر (جنس) ← گابرو)

۲ **سنگ‌های دگرگونی**
- کوارتزیت، هورنفلس و گنیس: تکیه‌گاه مناسبی برای سازه‌های سنگین هستند. (علت) ← مقاومت زیاد
- شیست‌ها: برای پی‌سازه‌ها مناسب نیستند. (علت) ← تورق، سست و ضعیف بودن

۳ **سنگ‌های رسوبی**
- دارای رس: در برابر تنش‌ها مقاوم نیستند (علت) ← افزایش حجم در مجاورت آب و تورم (**مثال**: گلسنگ و سنگ‌های مارنی)
- سنگ‌های تبخیری: در برابر تنش‌ها مقاوم نیستند. (علت) ← انحلال‌پذیری (**مثال**: گچ و نمک)
- شیل‌ها: مقاوم نیستند. (علت) ← قابلیت تورق و سست‌بودن
- سنگ‌های کربناتی: نامناسب‌اند. (علت) ← انحلال‌پذیری (**مثال**: کلسیت ($CaCO_3$) و دولومیت ($CaMg(CO_3)_2$))
- آهک ضخیم لایه ← مناسب است.

یادآوری

انواع سنگ‌های آذرین
- آذرین درونی: گرانیت، دیوریت، گابرو و ... .
- آذرین بیرونی: ریولیت، آندزیت، بازالت و ... .

- نمونه‌های سنگ‌های دگرگونی: مرمر، هورنفلس، شیست، کوارتزیت
- نمونه‌های سنگ‌های رسوبی: ماسه سنگ، کنگلومرا، شیل، سنگ نمک، گچ

نفوذپذیری

سنگ‌های کربناتی
- بیش از ۵۰ درصد آن‌ها کانی‌های کربناتی ← کلسیت، دولومیت
- اغلب درزه‌دار هستند.
- با گذشت زمان و در جریان آب‌های نفوذی ← ایجاد حفره ← با پیشرفت عمل انحلال ← ایجاد حفره‌های انحلالی بزرگ و در نهایت غارها
- سنگ آهک
  - ضخیم لایه و فاقد حفرات انحلالی ← پی و تکیه‌گاه خوب
  - دارای حفرات انحلالی ← فرار آب، نشست زمین

سنگ‌های تبخیری
- مثال: سنگ گچ و سنگ نمک
- انحلال‌پذیری بیش از سنگ‌های آهکی
- ایجاد حفره‌ها و غارهای انحلالی در این سنگ‌ها، سریع‌تر از دیگر سنگ‌ها
- پیامد احداث سد بر روی لایه‌هایی از سنگ گچ
  - ایجاد حفرات انحلالی در سنگ در مدت زمان کوتاه
  - فرار آب از مخزن سد
  - ناپایداری بدنهٔ سد

نکته

۱ **کارستی شدن**: ایجاد حفرات انحلالی در سنگ‌های کربناتی به علت نفوذ آب در آن‌ها و واکنش کانی‌های کربناتی (کلسیت و دولومیت) با آب و به وجود آمدن شکل‌های حفره‌حفره در ظاهر آن‌ها

۲ **آهک کارستی**: سنگ آهک دارای حفرات انحلالی (سنگ آهک حفره‌حفره)



تشکیل حفرات انحلالی

پیامد عدم شناسایی حفرات انحلالی تونل در هنگام حفاری سازه‌های زیرزمینی مانند تونل
- هجوم آب فراوان و گل‌ولای به داخل تونل
- توقف پروژهٔ حفاری
- فرار آب از زیر سد

– حرکات دامنه‌ای –

- ناشی از عملکرد گرانش زمین، بر روی مواد هوازده در سطح شیبدار است.
- خطر ریزش سازه‌ها را در مناطق شیبدار و کوهستانی به همراه دارد.
- لغزش و سقوط توده‌های بزرگ سنگ و خاک در دیوارهٔ مخزن سدها باعث خرابی‌های زیادی در سدها شده است.

پیامد لغزش توده‌های سنگ خاک در سد
- ۱) ایجاد امواج خطرناک در مخزن
- ۲) کاهش ظرفیت و عمر مفید مخزن

انواع حرکات دامنه‌ای: ریزش، لغزش، خزش، جریان گِلی و ... .

ریزش: سقوط ذرات سنگ و خاک از سراشیب‌های تند

لغزش: حرکت توده سنگ و خاک در امتداد سطح گسیختگی

@DaneshSad

روش‌های مقابله با ناپایداری دامنه‌ها

۱ ایجاد انواع دیوارهای حائل
۲ استفاده از دیوارهای سنگی با تورهای سیمی (گابیون)
۳ زهکشی برای تخلیهٔ آب اضافی
۴ ایجاد پوشش گیاهی
۵ میخ‌کوبی

- کشور ما بر روی یکی از کمربندهای لرزه‌خیز جهان واقع شده است.
- در بیشتر مناطق کشور ما گسل‌های فعال وجود دارند.


پایدارسازی شیب به روش دیوار حائل گابیونی (تورسنگی)


پایدارسازی شیب به روش دیوار حائل

موارد ضروری در مطالعات مکان‌یابی سازه‌ها

۱ بررسی وجود یا عدم وجود گسل‌های فعال در منطقه

روش‌ها و مراحل بررسی مطالعات مکان‌یابی سازه‌ها:

- استفاده از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای
- بازدیدهای صحرایی
- استفاده از داده‌های ثبت‌شده توسط دستگاه‌های لرزه‌نگار
- مطالعهٔ اطلاعات تاریخی زمین‌لرزه‌ها به منظور بررسی احتمال فعالیت مجدد گسل‌ها و وقوع زمین‌لرزه و تأثیر آن بر سازه‌ها
- قراردادن این اطلاعات در اختیار مهندسان عمران به منظور طراحی سازه

۲ پایداری محل احداث سازه در برابر **حرکات دامنه‌ای** (ریزش، لغزش، خزش، جریان گِلی و ...)

توجه به فرسایش‌پذیری رسوبات و واحدهای سنگی نیز در مکان‌یابی سازه‌هایی مانند سد بسیار اهمیت دارد.

موارد قابل بررسی در مطالعات زمین‌شناسی سد: وضعیت مخزن سد، تکیه‌گاه و پی سد به دو منظور:

۱ پایداری سد
۲ جلوگیری از فرار آب

عوامل مورد بررسی به منظور آگاهی از پایداری بدنهٔ سد و جلوگیری از فرار آب:

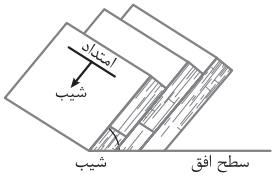
۱ جنس خاک و سنگ‌های پی سد
۲ وضعیت شیب و امتداد لایه‌های تشکیل‌دهندهٔ سد

نقش رسوبات حمل‌شده از طریق رودها به مخزن سد: کاهش تدریجی ظرفیت مخزن سد به علت انباشته‌شدن رسوبات و از بین رفتن بخش قابل توجهی از کارایی سد ← انجام عملیات راه‌حل

لایروبی در فواصل زمانی معین

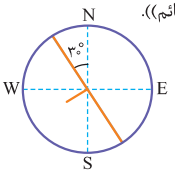
برای بررسی موقعیت لایه‌ها از مشخصات امتداد و شیب لایه استفاده می‌شود:

- **امتداد لایه:** محل برخورد (فصل مشترک) سطح لایه با سطح افق است که با جهت جغرافیایی بیان می‌شود.



- **شیب لایه:** مقدار زاویه‌ای است که سطح لایه با سطح افق می‌سازد که با عدد مشخص می‌شود. (بین صفر (لایه‌های افقی) تا ۹۰ درجه (لایه‌های قائم)).

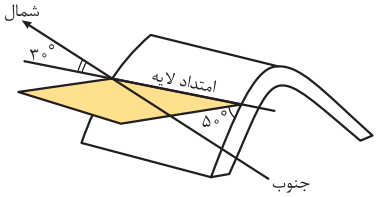
جهت شیب یک لایه همیشه بر راستای امتداد آن عمود است.



علائم قراردادی برای نشان‌دادن شیب و امتداد لایه‌ها:

مثال

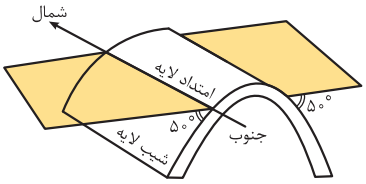
امتداد لایه: در پهلوی غربی این چین 30° از شمال به سمت غرب انحراف دارد N۳۰W



شیب لایه: 50° به سمت جنوب غرب است ۵۰SW
موقعیت لایه: ۵۰SW و N۳۰W

مثال

شیب لایه: در پهلوی غربی آن 50° به سمت غرب و در پهلوی شرقی 50° به سمت شرق



@DaneshSad

مثال **کدام عبارت اصطلاح شیب لایه و محدودهٔ مقدار آن را درست‌تر نشان می‌دهد؟**

۱) زاویهٔ بین سطح زمین با سطح لایه، صفر تا ۱۸۰ درجه

۲) زاویه‌ای که سطح لایه با سطح افق می‌سازد، صفر تا ۹۰ درجه

۳) زاویه‌ای که سطح لایه با سطح زمین می‌سازد، صفر تا ۹۰ درجه

۴) زاویهٔ بین امتداد لایه با شمال یا جنوب جغرافیایی، صفر تا ۹۰ درجه

پاسخ گزینهٔ (۲)

شیب لایه: مقدار زاویه‌ای است که سطح لایه با سطح افق می‌سازد. (بین صفر تا ۹۰ درجه)

امتداد لایه: عبارت است از محل برخورد (فصل مشترک) سطح لایه با سطح افق و با جهت جغرافیایی بیان می‌شود.

– مکان مناسب برای ساخت سد –

سد: سازه‌ای است که با اهداف روبه‌رو احداث می‌شود:

۱) ذخیرهٔ آب

۲) مهار سیلاب

۳) تأمین آب شرب و کشاورزی

۴) تولید نیروی الکتریسیته

انواع سدها از نظر نوع مصالح ساختمانی:

۱) خاکی

۲) بتنی

مهم‌ترین عامل در تعیین نوع سد و محل احداث آن:

۱) شرایط زمین‌شناسی منطقه

۲) مصالح مورد نیاز

موارد قابل بررسی در مطالعات زمین‌شناسی سد: وضعیت مخزن سد، تکیه‌گاه‌ها و پی سد به دو منظور:

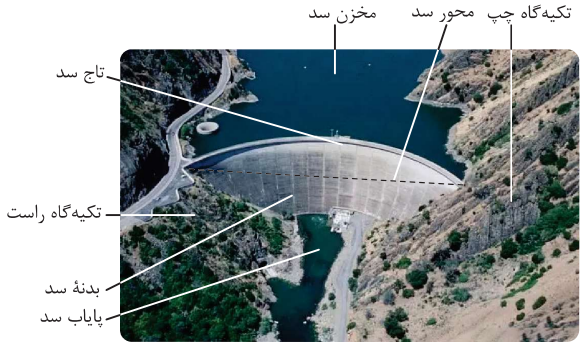
۱) پایداری سد

۲) جلوگیری از فرار آب

عوامل مورد بررسی به منظور آگاهی از پایداری بدنهٔ سد و جلوگیری از فرار آب:

۱) جنس خاک و سنگ‌های پی سد

۲) وضعیت شیب و امتداد لایه‌های تشکیل‌دهندهٔ سد



نمایی از بخش‌های مختلف یک سد

– ارتباط امتداد محور سد با امتداد لایه‌بندی –

الف) امتداد لایه‌های موجود در محل سد، عمود بر راستای محور سد.

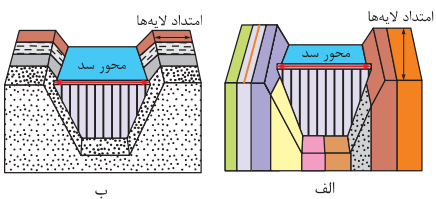
منطقه برای احداث سد نامناسب است.

علت: در صورت برخورد با لایه‌های ضعیف و سست (مارن و شیل) لای‌های حفره‌دار و کارستی و مناطق هوازده و گسل

سبب: نشست نامتقارن پی و دیواره‌ها، ناپایداری پی، فرار آب از مرز لایه‌ها و به خصوص لایه‌های نفوذپذیر به پایین

ب) امتداد لایه‌های موجود در محل سد، موازی با محور سد منطقه برای احداث سد مناسب است.

علت: **احداث سد بر روی لایه‌های مقاوم‌تر و نفوذناپذیرتر**



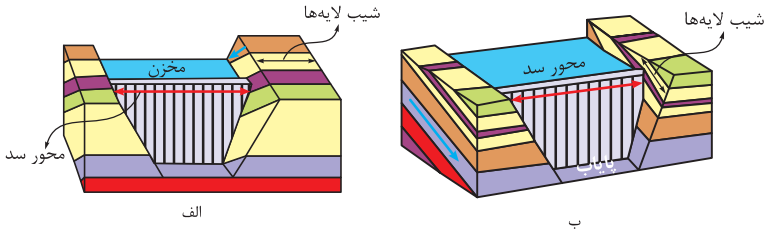
@DaneshSad

وضعیت نسبی جهت شیب لایه‌بندی در مقایسه با بالادست سد:

الف) شیب لایه‌ها در محور سد به سمت بالادست (مخزن سد) منطقه برای احداث سد مناسب‌تر است.

ب) شیب لایـــه‌ها به پایین‌دست منطقـه برای احداث سد نامناسب است.

علت: اشباع‌شدن لایه‌ها و جریان آب در جهت شیب لایه‌ها به پایین‌دست و سست‌شدن و جابه‌جایی سد (به علت وزن سد و نیروی آب پشت سد) و در نهایت شکستن آن



مکان مناسب برای ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی

برخی از فعالیت‌های عمرانی و معدنی در زیرزمین صورت می‌گیرد:

انواع حفاری‌های زیرزمینی
- ۱) تونل: به منظور حمل‌ونقل، انتقال آب، انتقال فاضلاب یا استخراج مواد معدنی حفر می‌شوند.
- ۲) مغار
  - فضاهای زیرزمینی **بزرگ‌تر** از تونل هستند.
  - به منظور ایجاد **تأسیسات زیرزمینی** مانند نیروگاه متروء ذخیرهٔ نفت و ... حفر می‌شود.

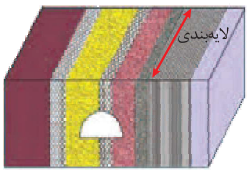
ترانشه: فرورفتگی مصنوعی یا طبیعی در سطح زمین که ژرفای آن از پهنایش بیشتر و (پهنای آن از درازایش بسیار کم‌تر) باشد، به عبارتی **طویل و عمیق** است.

- مکان‌های مناسب برای احداث این سازه‌ها: زمین‌هایی با مقاومت کافی یعنی مناطقی با کم‌ترین خردشدگی، هوازدگی و نشت آب
- اهمیت آب‌های زیرزمینی بر ایمنی و پایداری سازه‌های سطحی و زیرزمینی: برآورد و کنترل جریان و فشار آب زیرزمینی
- موقعیت سطح ایستابی: به طور معمول تونل‌هایی که در بالای سطح ایستابی قرار دارند، پایدارتر هستند.

– بررسی احداث تونل از لحاظ وضعیت محور تونل نسبت به سطح لایه‌بندی –

الف) محور تونل موازی با لایه‌بندی

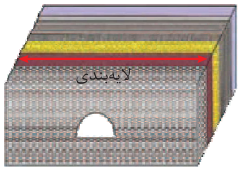
در شرایطی که محور تونل موازی با لایه‌بندی یک سنگ مقاوم باشد، وضعیت تونل در این حالت نیز مطلوب ارزیابی می‌شود.



الف

ب) محور تونل عمود بر لایه‌بندی:

وقتی محور تونل بر امتداد لایه‌ها عمود است، هنگام عبور از لایهٔ ضعیف یا سنگ‌های درزه‌دار با ضخامت محدود مسیر کم‌تری از تونل ناپایدار بوده و نیاز به مقاوم‌سازی دارد.



ب

نکته

زمانی که محور تونل عمود بر لایه‌بندی باشد (نسبت به حالت موازی) تونل پایدارتر است.

مکان مناسب برای ساخت سازه‌های دریایی

- چون کشور ما از جنوب و شمال به دریا منتهی می‌شود و بخشی از ذخایر عظیم نفت ایران از دریا استخراج می‌شود، مطالعه در مورد مکان‌یابی سازه‌های دریایی و پایداری آن‌ها اهمیت زیادی دارد.

سازه‌های دریایی
- اسکله‌ها
- پایانه‌های نفتی
- تونل‌های زیردریایی
- پل‌ها و جاده‌ها، در سواحل دریا یا در دریا

عوامل مؤثر بر احداث مکان‌یابی سازه‌های دریایی
- مطالعات زمین‌شناسی
- توجه به جریان‌های دریایی
- بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب دریا

@DaneshSad

شاخص‌های مهندسی مصالح

۱ یکی از شاخص‌های مهندسی مصالح، **اندازهٔ ذرات** است.

تقسیم‌بندی خاک براساس اندازه
- ۱) درشت‌دانه مانند شن ← بزرگ‌تر از ۴/۷۵ میلی‌متر
- ۲) متوسط‌دانه و ماسه‌ای ← بین ۴/۷۵ میلی‌متر تا ۰/۰۷۵ میلی‌متر
- ۳) ریزدانه مانند سیلت و رس ← کوچک‌تر از ۰/۰۷۵ میلی‌متر

۲ یکی دیگر از شاخص‌های مهندسی، شاخص **خمیری مصالح** می باشد. ← مربوط به مصالح ریزدانه

نکته

هر چه‌قدر **میزان رطوبت** خاک‌های ریزدانه بیشتر باشد، پایداری آن‌ها **کم‌تر** است.

نکته

افزایش بیش از اندازهٔ رطوبت در خاک‌های ریزدانه ← ایجاد حالت خمیری و روان‌شدن خاک تحت تأثیر نیروی وزن ← (نتیجه) لغزش خاک در دامنه‌ها و ترانشه‌ها (مخصوصاً در ماه‌های مرطوب سال)

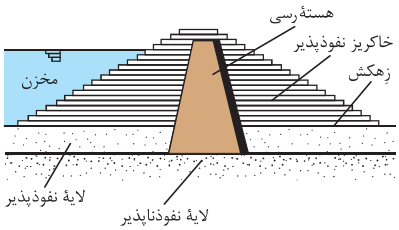
مصالح مورد نیاز برای احداث سازه‌ها

- در احداث سازه‌ها از مواد سازندهٔ زمین مانند سنگ یا خاک استفاده می‌شود.
- ویژگی‌های مصالح و مواد مورد نیاز برای ساخت سازه‌ها: ۱ مقاومت ۲ نفوذپذیری ۳ اندازهٔ دانه‌های مشخص

این مشخصات توسط آزمایش‌های لازم در آزمایشگاه مکانیک خاک و سنگ مشخص می‌شود.

نمونه‌هایی از مصالح به‌کاررفته در انواع سدها
- سدهای بتنی: سیمان، ماسه، شن میلگرد
- سدهای خاکی: خاک رس، ماسه، شن، قلوه‌سنگ

دلیل استفاده از هسته رسی برای ساخت سدهای خاکی



- رس‌ها نفوذناپذیر هستند و یا نفوذپذیری بسیار اندکی دارند؛ بنابراین خاک رس با جذب آب مانند یک لایهٔ نفوذناپذیر (عایق رطوبتی) عمل می‌کند و سبب تجمع آب در پشت لایه‌ها می‌شود. در این حالت میزان فرار آب کاهش می‌یابد.
- پرکاربردترین مصالح ساختمانی ← بتن (مخلوطی از سیمان، سنگ‌دانه یا مصالح سنگی شامل شن، ماسه و آب)
- نقش سنگ‌دانه ← دوام بتن (حدود ۷۵ درصد حجم بتن است)
- به دست آوردن سنگ‌دانه ← از معادن و یا مصالح موجود در کوه‌ها (با استفاده از سنگ‌شکن‌ها)

مثال **کدام مصالح در احداث سدهای بتنی و خاکی مورد استفادهٔ اساسی قرار می‌گیرند؟**

۱) شن و ماسه ۲) رس و ماسه ۳) ماسه، شن و میلگرد ۴) رس، ماسه و میلگرد

پاسخ گزینهٔ (۱)

مصالح مورد نیاز در احداث یک سد بتنی: سیمان، ماسه، شن، میلگرد

مصالح مورد نیاز در ساخت سدهای خاکی: خاک رس، ماسه، شن، قلوه‌سنگ

مثال **کدام عبارت، در ارتباط با نوع مصالح به‌کاررفته در سد خاکی و دلیل استفاده از آن، درست است؟** (کنکور ۱۳۹۹ (خارج از کشور))

۱) استفاده از شن و قلوه‌سنگ ← زهکش مناسبی، برای لایه نفوذناپذیر است.

۲) احداث هستهٔ سیمانی در پی سد ← سازه از مقاومت بالایی برخوردار می‌شود.

۳) احداث هستهٔ رسی در بدنهٔ سد ← لایهٔ نفوذناپذیر از حرکت آب جلوگیری می‌کند

۴) استفاده از خاک رس و قلوه‌سنگ ← نفوذپذیری و اندازهٔ دانه‌ها سبب هدایت آب می‌شود

پاسخ گزینهٔ (۳)

در ساخت سدهای خاکی از خاک رس، ماسه، شن و قلوه‌سنگ استفاده می‌شود. هستهٔ رسی در بدنهٔ سد مثل یک عایق رطوبتی (لایهٔ نفوذناپذیر) عمل می‌کند و مانع حرکت و نفوذ آب می‌گردد. در نتیجه استحکام سد افزایش خواهد یافت.

@DaneshSad

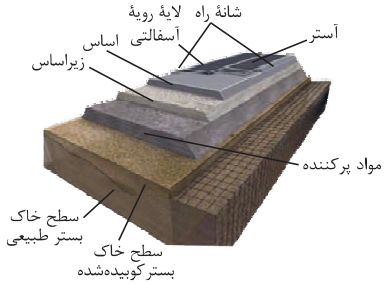
کاربرد مصالح خاک و خرده سنگی در راه‌سازی

از آن‌جایی که سطح طبیعی زمین در برابر عوامل جوی مانند بارش، تغییرات دما و نیروهای وارده از چرخ خودروها مقاومت ندارد، راه‌سازی انجام می‌شود.

- **بخش‌های مختلف در راه‌سازی**
  - زیرسازی
    - زیراساس ← مخلوط شن و ماسه یا سنگ شکسته
    - اساس
  - روسازی
    - آستر ← از جنس آسفالت (مخلوطی از شن، ماسه و قیر)
    - رویه

بخش‌های مختلف یک جاده (از پایین به بالا)

۱. سطح خاک بستر طبیعی
۲. سطح خاک بستر کوبیده شده
۳. مواد پرکننده
۴. زیراساس
۵. اساس
۶. آستر
۷. لایهٔ رویهٔ آسفالتی



جمع‌بندی

برش عرضی جاده‌ها	زیرسازی	۱) زیراساس	به عنوان لایهٔ زهکش عمل می‌کند.
		۲) اساس	برای ساخت آن از مخلوط شن، ماسه و سنگ شکسته استفاده می‌شود.
	روسازی	۱) آستر	بایستی مقاوم باشند.
		۲) رویه	از جنس آسفالت می‌باشند که مخلوطی از شن، ماسه و قیر است

بالاست: قطعات سنگی و خرده‌سنگی به کار رفته در زیرسازی و تکیه‌گاه ریل‌های راه‌آهن است.

نحوهٔ تهیهٔ بالاست: خردکردن سنگ‌هایی که از معادن استخراج می‌شوند.

کاربرد:

۱. نگه‌داری ریل‌ها
۲. توزیع بار چرخ‌ها
۳. عمل زهکشی



بالاست در زیرسازی جادهٔ ریلی

مثال در برش عرضی از یک جادهٔ مهندسی‌ساز، به ترتیب از عمق به سطح، کدام بخش‌ها قابل مشاهده هستند؟

۱) اساس، بالاست، ماسه، قیر
۲) سنگ‌ریز، شن، ماسه، قیر
۳) زیراساس، اساس، آستر، رویه
۴) بالاست، زیراساس، اساس، رویه

پاسخ گزینهٔ (۳)

- **لایه‌های مختلف راه در جاده‌سازی**
  - بخش بالایی (روسازی)
    - رویه
    - آستر
  - بخش پایینی(زیرسازی)
    - اساس
    - زیراساس

علم، زندگی، کارآفرینی

زمین‌شناسی مهندسی

- شاخه‌ای از زمین‌شناسی است.

موضوع مطالعه: رفتار و ویژگی‌های مواد سطحی زمین از نظر مقاومت در برابر فشارهای وارد و امکان ساخت یک سازه در محلی خاص از زمین.

نکته

این علم نقش مهمی در انتخاب مناسب‌ترین محل برای ساخت سازه‌ها دارد.

@DaneshSad