

## فصل چهارم: (زمین شناسی و سازه های مهندسی)

## درس نامه

## مکان یابی سازه ها

**سوال** یکی از مسایل اصلی در ساخت و نگهداری سازه ها چیست؟

**پاسخ:** پایداری زمین

**سوال** پیش از اجرای پروژه های عمرانی جهت ساخت سازه ها چه موضوعی ضروری است؟

**پاسخ:** انجام مطالعات زمین شناسی سنگ بستر آن ها

عوامل مؤثر بر مکان یابی سازه ها:

۱. استحکام سنگ ها
۲. نفوذپذیری
۳. پایداری دامنه ها در برابر ریزش
۴. جنس مصالح به کار رفته
۵. مورفولوژی و پستی بلندی های محل احداث
۶. پایداری زمین پی سازه

**سوال** شکل مقابل یک دره V شکل را نمایش می دهد، با توجه به مورفولوژی منطقه، آیا احداث

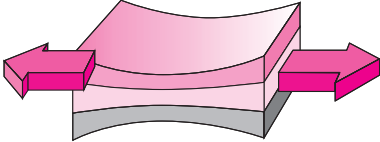
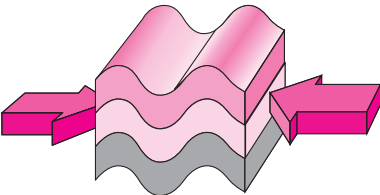
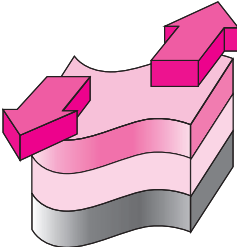
پل بر روی آن را مناسب می دانید؟ چرا؟

**پاسخ:** خیر، زیرا پی سازه (دامنه کوه) ناپایدار است، به ویژه دامنه سمت چپ.



$$\text{تنش} = \frac{F \text{ نیرو (N)}}{A \text{ سطح (m}^2\text{)}}$$

## تنش

| تغییر شکل   | اثر بر لایه های زمین    | اثر بر روی سنگ | نوع تنش |
|---|-------------------------|----------------|---------|
|  | گسل عادی                | گسستگی سنگ     | کششی    |
|  | گسل معکوس یا چین خوردگی | متراکم شدن سنگ | فشاری   |
|  | گسل امتداد لغز          | بریدن سنگ      | برشی    |

|   |                              |
|---|------------------------------|
| ۱. کشسان (الاستیک): بازگشت به حالت اولیه به طور کامل پس از تغییر شکل مواد جامد در برابر تنش   | رفتار مواد جامد در برابر تنش |
| ۲. خمیرسان (پلاستیک): بازگشت به حالت اولیه به طور ناقص پس از تغییر شکل مواد جامد در برابر تنش |                              |
| ۳. شکننده: ایجاد درزه‌ها و گسل‌ها در اثر شکستگی، هنگامی که تنش از حد مقاومت سنگ بیش‌تر باشد.  |                              |

|  |            |                                  |
|--|------------|----------------------------------|
| تکیه‌گاه مناسب برای سازه‌ها است، مانند: سنگ گابرو در پی سد کرج (امیرکبیر)  | ۱. آذرین   | مقاومت انواع سنگ‌ها در برابر تنش |
| مقاومت بهتر کوارتزیت و هورنفلس، باعث شده تا تکیه‌گاهی مناسب برای سازه‌های سنگین باشند. ولی برخی، مانند: شیست، سست و ضعیف بوده، مناسب برای پی سازه‌ها نیستند. | ۲. دگرگونی |                                  |
| برخی مناسب برای احداث سازه بر روی آن‌ها، مانند: ماسه سنگ‌ها نامناسب برای احداث سازه بر روی آن‌ها، مانند: سنگ‌های تبخیری گچ، شیل و سنگ ژئپس نمک               | ۳. رسوبی   |                                  |

|  |         |              |
|--|---------|--------------|
| درونی: گرانیت، دیوریت، گابرو و دیگر        | آذرین   | انواع سنگ‌ها |
| بیرونی: ریولیت، آندزیت، بازالت و دیگر      |         |              |
| مرمر، هورنفلس، شیست و کوارتزیت             | دگرگونی |              |
| ماسه سنگ، کنگلومرا، شیل، سنگ ژئپس نمک و گچ | رسوبی   |              |

نفوذپذیری

بررسی نفوذپذیری سنگ‌های رسوبی (جهت مکان‌یابی سازه‌ها)

|  |                 |
|--|-----------------|
| سنگ آهک نامناسب برای پی سازه‌ها است، زیرا؛ بر اثر جریان آب‌های نفوذی درزه‌دار و حفره‌دار و یا حتی غار مانند می‌شوند، ولی در صورتی که؛ ضخیم لایه باشد، پی و تکیه‌گاه خوبی برای احداث سازه‌ها می‌باشد.<br>احتمال چه مشکلاتی وجود دارد؟ (۱) فرار آب (۲) نشست زمین | سنگ‌های کربناتی |
| سنگ‌های کربناتی، سنگ‌های رسوبی‌ای هستند که بیش از ۵۰٪ آن‌ها کانی‌های کربناتی می‌باشند، مانند؛ دولومیت و کلسیت.   |                 |
| بسیار نامناسب برای احداث سازه‌ها، زیرا؛ انحلال در این سنگ‌ها بیش از سنگ‌های آهکی است، بنابراین؛ سرعت تشکیل حفره یا غارهای احتمالی در آن‌ها بیش‌تر است.   | سنگ‌های تبخیری  |

مکان مناسب برای ساخت سد

مقایسه سد بتونی و خاکی

| سد بتونی  | سد خاکی   |
|---|---|
| تهیه مصالح برای ساخت این سدها دشوارتر است.  | انطباق‌پذیری بیش‌تر با مصالح بستر سد  |
| مقاومت زیاد در برابر حوادث طبیعی، مانند؛ زلزله  | مقاومت کم در برابر حوادث طبیعی، مانند؛ زلزله                                    |
| زمان ساخت طولانی‌ای دارند، زیرا؛ مصالح قرضه بخش کمی از مصالح مورد نیاز را تأمین می‌کند. | زمان ساخت کوتاهی دارند، زیرا؛ مصالح مورد نیاز از محل (مصالح قرضه) تأمین می‌شود. |

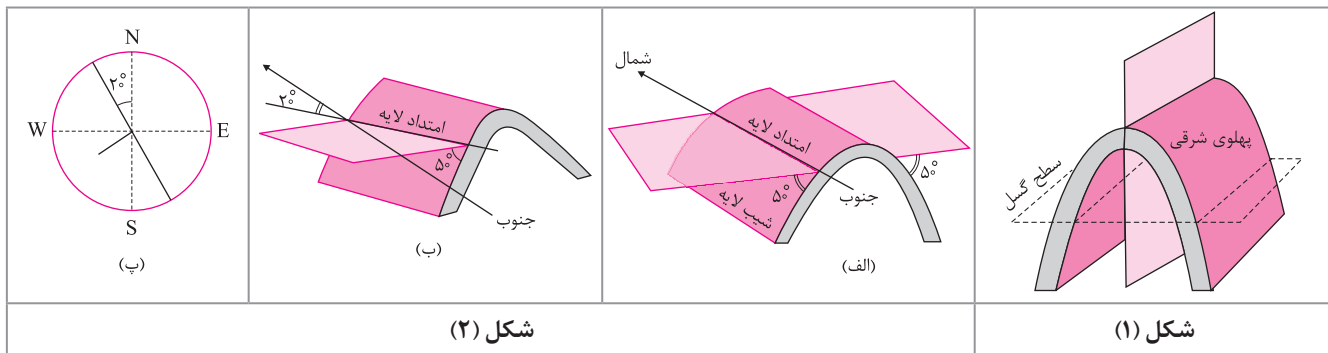
|   |   |
|---|---|
| سدی مناسب است که:<br>۱. محور سد (بدنه سد) موازی با سطوح لایه‌بندی خاک باشد.<br>۲. محور سد کم‌ترین زاویه را با شیب لایه بندی (چین) داشته باشد. | عوامل مؤثر بر پایداری سد و امکان فرار آب  |
| سنگ‌های مناسب: سنگ‌های آذرین، دگرگونی به جز شیست و از رسوبی‌ها فقط ماسه‌سنگ   |   |
| سنگ‌های نامناسب: سنگ‌های رسوبی تبخیری (سنگ گچ، سنگ نمک و شیل)   |   |
| سنگ‌های نامناسب: سنگ‌های کربناتی (کلسیت و دولومیت)، سنگ گچ، سنگ نمک.  |   |
| سنگ مناسب: لایه ضخیم از سنگ آهک   | ۱. شیب و امتداد لایه‌ها<br>۲. جنس خاک و جنس سنگ پی سد<br>۳. میزان نفوذپذیری سنگ‌های مخزن،<br>تکیه‌گاه و پی سد |

شکل زیر نمایی از بخش‌های مختلف یک سد است.



**موقعیت لایه**

موقعیت هر لایه با امتداد و شیب لایه مشخص می‌شود.



در شکل ۱: مشخصات چین تصویر شده است.

در شکل ۲: بخش «ب» به عنوان علایم قراردادی برای نمایش امتداد و شیب لایه کاربرد دارد.

**سوال** با توجه به شکل ۲، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

(۱) در شکل «الف» موقعیت امتداد لایه و شیب لایه در پهلوی غربی را با توجه علایم قراردادی مشخص نمایید.

(۲) در شکل «ب» موقعیت امتداد لایه و شیب لایه در پهلوی غربی را با توجه علایم قراردادی مشخص نمایید.

**پاسخ:** (۱) امتداد لایه‌های این چین بدون انحراف شمالی - جنوبی است که با علایم قراردادی به صورت N نمایش داده می‌شوند. شیب لایه نیز ۵۰ درجه به سمت جنوب است. (S ۵۰)

(۲) امتداد لایه‌های این چین شمالی - جنوبی است که از شمال به مقدار ۳۰ درجه به سمت غرب انحراف دارد که با علایم قراردادی به صورت N۳۰W نمایش داده می‌شود. شیب لایه نیز ۵۰ درجه به سمت جنوب غرب است. (SW ۵۰)

**نمایی از شرایط مختلفی از شیب و امتداد لایه‌های سنگی و موقعیت انتخابی برای ساختگاه سد**

|   |  |
|---|--|
| <p>نسبتاً مناسب برای ساخت سد، زیرا؛</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>۱. محور سد موازی با سطوح لایه‌بندی است.</li> <li>۲. هر دو تکیه‌گاه سد شرایط مشابه و مناسب دارند.</li> <li>۳. شیب چین‌خوردگی به صورت ناودیس است.</li> </ol> | <p>مناسب برای ساخت سد، زیرا؛</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>۱. محور سد موازی با سطوح لایه‌بندی است و امکان برخورد سد با شکستگی و یا لایه نامناسب کم‌تر است.</li> <li>۲. هر دو تکیه‌گاه سد شرایط مشابه و مناسب دارند.</li> <li>۳. شیب سطوح لایه‌بندی به سمت بالا دست سد می‌باشد.</li> </ol> |
| <p>بسیار نامناسب برای ساخت، زیرا؛</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>۱. با آن حال که محور سد موازی با لایه‌بندی است ولی شیب چین‌خوردگی به صورت طاق دیس است.</li> </ol>  | <p>نامناسب برای ساخت سد، زیرا؛</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>۱. محور سد عمود بر لایه‌بندی است و امکان فرار آب از پی سد وجود دارد.</li> <li>۲. هر دو تکیه‌گاه به لایه مشابه تکیه ندارند.</li> </ol>  |

## مکان مناسب برای ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی

عوامل مؤثر بر پایداری تونل‌ها و مغارها

۱. تونل‌هایی که از سطح ایستایی پایین‌تر هستند، ناپایدارترند، زیرا این منطقه تخلخل زیاد دارد و آب درون این فضاها سبب ناپایداری تونل می‌شوند.
۲. مقاومت زمین در مناطق احداث سازه‌ها می‌بایست کم‌ترین هوازدگی، خردشدگی و نشست آب را دارا باشد.
۳. برآورد میزان و کنترل جریان آب زیرزمینی در تونل‌ها، مغارها، ترانشه‌ها و حتی پی سازه‌ها.
۴. محور تونل با لایه‌های زمین بهتر است موازی باشد، زیرا؛ حفر تونل در یک لایه سخت هم نیازی به تعویض نوع مته حفاری ندارد و هم این که در سرتاسر تونل نیازی به بتون‌ریزی جهت افزایش استحکام وجود ندارد.

## مکان مناسب برای ساخت سازه‌های دریایی


انواع سازه‌های دریایی:

۱. اسکله‌ها
۲. پل‌ها و جاده‌ها
۳. تونل‌های زیردریایی، مانند؛ تونل مانش
۴. پایانه‌های نفتی

## پایداری سازه‌ها

مواردی که در مکان‌یابی سازه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد:

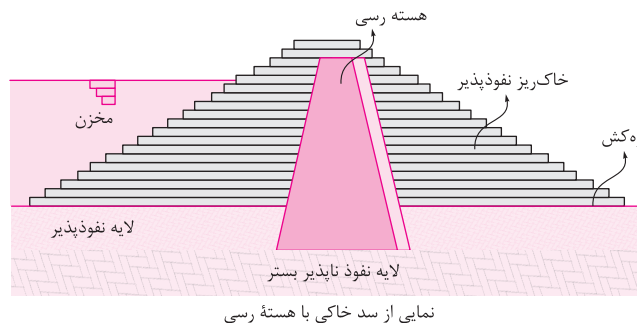
۱. شناسایی گسل‌ها از طریق مطالعه عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای و بازدید صحرایی.
۲. بررسی احتمال فعالیت مجدد گسل‌ها، از طریق بررسی داده‌های ثبت شده از دستگاه‌های لرزه‌نگار.
۳. مطالعات حرکات دامنه‌ای، شامل؛ ریزش، لغزش، خزش و جریان گلی در مناطق شیب‌دار و کوهستانی.

|   |  |   |
|---|--|---|
|  <p>نمایی از میخ‌کوبی</p> | <p>۱. میخ‌کوبی: مقاوم‌سازی غیرفعال زمین است. پس از ایجاد حفره‌هایی باریک و ژرف که با سطح افق زاویه ۲۰-۱۰ درجه دارد، بتون‌ریزی و در آخر میخ‌گذاری می‌شود.</p> | <p>روش‌های پایدارسازی دامنه‌های شیب‌دار</p> |
|   | <p>۲. ایجاد دیوار حایل</p>   |   |
|   | <p>۳. دیوار گابیونی: نصب توری فنس بر روی دیوار حایل</p>  |   |
|   | <p>۴. زه‌کشی آب اضافی</p>  |   |
|   | <p>۵. ایجاد پوشش گیاهی</p>   |   |

## مصالح مورد نیاز برای احداث سازه‌ها

مصالح به کار رفته در انواع سد:

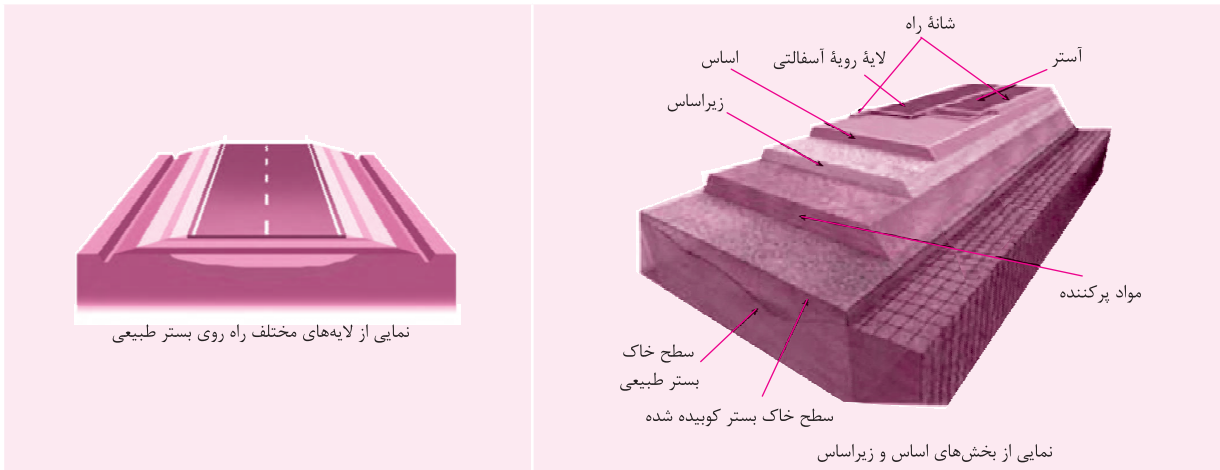
۱. بتونی: ماسه، شن، میل‌گرد و سیمان
۲. خاکی: ماسه، شن، قلوه‌سنگ و هسته رسی نفوذناپذیر (مانند بتون)



## رفتار خاک‌ها و سنگ‌ها در سازه‌ها

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| <p>ریزدانه: اندازه ذرات کمتر از ۰/۰۷۵mm ، مانند؛ رس و لای.<br/>معایب:<br/>۱. با مقدار آب رابطه عکس دارد.<br/>۲. روان شدن خاک‌های خمیری شده در اثر رطوبت بیش از حد در ماه‌های مرطوب سال.</p> | <p>انواع خاک براساس دانه‌بندی</p> |
| <p>درشت‌دانه: اندازه ذرات بیش‌تر از ۰/۰۷۵mm ، مانند؛ ماسه و شن.<br/>کاربرد: از ترکیب درشت‌دانه‌ها و ریزدانه‌ها در بدنه سدهای خاکی، زیرسازی جاده‌ها و باند فرودگاه‌ها استفاده می‌شود.</p>    |                                   |

|                           |         |  |
|---------------------------|---------|--|
| بخش‌های مختلف در راه‌سازی | زیرسازی | زیر اساس: لایه زهکش می‌باشد و از شن، ماسه و سنگ شکسته تشکیل شده است.<br>اساس: وظیفه مقاوم‌سازی دارد.   |
|                           | روسازی  | آستر: باید مقاوم باشند، به همین دلیل، مخلوطی از شن، ماسه و قیر می‌باشد.<br>رویه: بایست مقاوم باشند، به همین دلیل؛ جنس آسفالت دارد، یعنی؛ مخلوطی از شن، ماسه و قیر می‌باشد. |



#### تعاریف فصل ۴

**مقاومت سنگ:** حداکثر تنش یا ترکیبی از تنش‌ها که سنگ بدون شکستن می‌تواند تحمل کند.  
**تنش:** هر گاه سنگ تحت تأثیر نیرویی از خارج قرار بگیرد، داخل سنگ نیز، نیرویی بر واحد سطح وارد می‌کند.  
**امتداد لایه:** عبارت است از فصل مشترک یک صفحه افقی با سطح هر لایه و آن را با زاویه‌ای که نسبت به شمال و جنوب می‌سازد مشخص می‌کنند.  
**شیب لایه:** زاویه‌ای است که سطح لایه با سطح افق می‌سازد (شیب بین صفر تا ۹۰ درجه متغیر است).  
**سد:** سازه‌ای است که به منظور ذخیره آب، مهار سیلاب، تأمین آب شرب و کشاورزی و همچنین تولید نیروی الکتریسیته احداث می‌شود.  
**ترانشه (ژرف‌ناوه):** به فرورفتگی طبیعی یا مصنوعی در سطح زمین گفته می‌شود که؛ ژرفای آن بیش‌تر از پهنايش باشد (ژرف و طویل).  
**مغار:** فضای زیرزمینی بزرگ‌تر از تونل هستند که برای ایجاد تأسیسات زیرزمینی مانند نیروگاه‌ها، ایستگاه‌های مترو، ذخیره نفت و یا موارد دیگر استفاده می‌شوند.  
**بالاست:** لایه‌ای از سنگ‌های شکسته که از خرد کردن سنگ‌های معادن بدست می‌آید.  
**زمین‌شناسی مهندسی:** شاخه‌ای از زمین‌شناسی است که به رفتار ویژگی‌های مواد سطحی زمین، جهت امکان ساخت یک سازه در محلی خاص از زمین، می‌پردازد.

#### سؤالات امتحانی فصل چهارم

۴

|    |  |
|----|--|
| ۱. | کوتاه پاسخ دهید.<br>الف) مقدار و نوع تغییر شکل مواد جامد در برابر تنش به چه چیزی بستگی دارد؟<br>ب) ویژگی‌های مواد مورد نیاز در هر سازه، کجا مشخص می‌شوند؟<br>پ) ایران در یکی از کمربندهای زلزله‌خیز جهان قرار دارد، نام این کمربند چیست؟<br>ت) مشکلات احتمال سد ساخته شده بر روی سنگ بستر از جنس رسوبی تبخیری چیست؟<br>ث) چرا مطالعه مکان‌یابی برای ساخت سازه‌های دریایی در ایران اهمیت دارد؟<br>ج) سنگ ژپس به چه دلیل مناسب برای پی سازه‌ها نیستند؟<br>چ) شیل‌ها به چه دلیل مناسب برای پی سازه‌ها نیستند؟ |
| ۲. | مطالعات آغازین در یک پروژه را نام برده، شرح دهید.  |
| ۳. | الف) ساخت سد به چه منظورهایی انجام می‌شود؟ (۵ مورد نام ببرید)<br>ب) انواع سد از نظر نوع مصالح ساختمانی به کار رفته را نام ببرید.   |