فصل ۶

زمین‌شناسی و سازه‌های مهندسی

در زمین‌شناسی به سازه‌هایی که توسط انسان‌ها و با پیشرفت بشر، ساخته می‌شوند، سازه مهندسی می‌گویند. این سازه‌ها مانند سدها، تونل‌ها، آسمان‌خراش‌ها، پل‌ها، موج‌شکن‌ها و غیره، صرف‌نظر از اینکه در سطح یا درون زمین احداث می‌شوند، به‌طور دائم از زمین و محیط اطراف آن تأثیر می‌پذیرند؛ بنابراین شناخت مناسب و دقیق زمین‌شناسیِ محل احداث آنها از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد؛ به‌طوری که در زمان‌های بسیار قدیم، انسان‌ها با توجه به شناسایی دقیق محل سازه‌ها، توانسته‌اند بناهایی احداث کنند که هنوز پابرجاست. از نمونه‌های آن می‌توان به ستون‌های تخت‌جمشید، بنای چغازنبیل، اهرام مصر و دیوار چین اشاره نمود.

CamScanner

تونل انتقال آب (تونل کانی سیب ـ پیرانشهر)

سد بتنی (سد شهید عباسپور ـ مسجدسلیمان)

موج‌شکن (چابهار)

پل لالی (مسجد سلیمان ـ استان خوزستان)

مکان‌یابی سازه‌ها

در عصر شکوفایی دانش و تکنولوژی، هر روز که می‌گذرد ساختمان‌های مرتفع‌تر، سدهای عظیم‌تر یا تونل‌هایی در اعماق بیشتر احداث می‌شوند و اهمیت مطالعه پایداری زمین هرچه بیشتر آشکار می‌گردد. احداث سازه بر روی زمین‌های نامناسب نظیر زمین‌های هوازده، باتلاقی، سست، اشباع، کارستی و غیره می‌تواند با مشکلات متعددی نظیر نشست نامتقارن پی سازه، ریزش و در نهایت تخریب سازه همراه شود (شکل‌های ۱ـ۶ و ۲ـ۶). بنابراین یکی از وظایف مهم زمین‌شناسان، شناسایی وضعیت زمین و سنگ بستر سازه‌ها و فرایندهای مخرب در اطراف آن می‌باشد. در صورت تشخیص وجود مخاطرات زمین‌شناسی که باعث آسیب‌رسیدن به سازه می‌شود، زمین‌شناس باید راهکارهای مناسبی جهت مقابله و کاهش آسیب‌های احتمالی به سازه‌ها و تأسیسات مهندسی ارائه نماید.

شکل ۱ـ۶ـ نشست نامتقارن پی در برج پیزا

شکل ۲ـ۶ـ حفرات کارستی بزرگ ایجاد شده در مناطق شهری

CamScanner

برای به‌دست آوردن اطلاعات زمین‌شناسی باید در مطالعات آغازین یک پروژه مهندسی به شناسایی سطحی و گاهی زیرسطحی زمین پی برد.

برای شناسایی سطحی، با توجه به بازدیدهای صحرایی از محل احداث پروژه، اطلاعات زمین‌شناسی توسط زمین‌شناس جمع‌آوری شده و نقشه زمین‌شناسی از منطقه ترسیم می‌گردد.

گاهی با توجه به کمبود اطلاعات در مرحله شناسایی سطحی، لازم است مطالعات زیرسطحی نیز انجام شود. بررسی‌های زیرسطحی به دو روش مستقیم و غیرمستقیم انجام می‌گیرد.

در روش مستقیم، علاوه بر مطالعات صحرایی می‌توان توسط حفر گمانه‌ها (چال‌های باریک و عمیق) و چاهک‌های اکتشافی (چال‌های کم‌عمق) لایه‌های خاک و سنگ در اعماق مختلف شناسایی شود (شکل‌های ۳ـ۶ تا ۷ـ۶) نمونه‌های سنگ یا خاک برداشت‌شده به آزمایشگاه‌های تخصصی ارسال می‌شود و مقدار مقاومت آنها در برابر تنش‌های وارده مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در روش غیرمستقیم بدون نمونه‌گیری از درون زمین، با استفاده از تجهیزات و ابزار ژئوفیزیکی مطالعات زمین‌شناسی مهندسی انجام می‌شود (شکل ۸ـ۶).

شکل ۳ـ۶ـ حفاری گمانه اکتشافی توسط دستگاه حفاری

شکل ۴ـ۶ـ مغزه‌گیری توسط گمانه‌های اکتشافی

۵ـ۶ـ ابزار مورد استفاده در حفاری‌های اکتشافی (سر مته حفاری)

۶ـ۶ـ ابزارهای مختلف آزمایشگاهی

CamScanner

۷ـ۶ـ تعدادی از تجهیزات صحرایی

۸ـ۶ـ نمونه‌هایی از تجهیزات لازم جهت مطالعات ژئوفیزیکی

جمع‌آوری اطلاعات

- انواع روش‌های مطالعات ژئوفیزیکی را مشخص کرده و سپس کاربرد آنها در پروژه‌های مختلف را مشخص نمایید.

عوامل مؤثر بر مکان‌یابی سازه‌ها

قبل از اجرای پروژه‌های عمرانی، انجام مطالعات زمین‌شناسی سنگ‌بستر آنها، ضروری است. در این مطالعات، ناهمواری‌های سطح زمین، مقاومت سنگ‌ها، گسل‌های منطقه، انحلال‌پذیری و نفوذپذیری سنگ‌ها، پایداری دامنه‌ها در برابر ریزش و جنس مصالح موردنیاز برای ساخت سازه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه به نقش هریک از این عوامل می‌پردازیم.

مقاومت زمین پیِ در برابر نیروهای وارده یکی از عوامل مهم در مکان‌یابی ساختگاه سازه‌ها است؛ به‌عنوان‌مثال، پشت یک سد، فشار زیادی از طرف آب به لایه‌های زیرین، تکیه‌گاه و همچنین بدنهٔ سد، وارد می‌شود. سد نیز، وزن زیادی دارد که گاه به چندین میلیون تن می‌رسد؛ بنابراین سنگ‌های پیِ سد، باید در برابر تنش‌های ناشی از وزن سد، مقاوم باشند و دچار گسیختگی و نشست نشوند.

می‌دانیم که هر چه مقاومت سنگ در مقابل این تنش‌ها کمتر باشد، سنگ ناپایدارتر است و سطوح شکست بیشتری در آن ایجاد می‌شود. از این‌رو شکستگی سنگ‌ها و ایجاد درزه‌ها، باعث ناپایداری سنگ یا خاک در پی سازه‌ها می‌شود.

مقاومت انواع سنگ‌ها در برابر تنش وارده، متفاوت است. سنگ‌های آذرین نظیر بازالت‌ها و گرانیت‌ها درصورتی که هوازده نشده باشند، مقاومت بسیار زیادی دارند، احداث سازه‌ها می‌تواند در این سنگ‌ها مناسب باشد. به‌طور مثال، پی سد امیرکبیر از جنس سنگ گابرو می‌باشد. سنگ‌های رسوبی دارای رس مانند شیل‌ها (به‌علت تورق و سست بودن)، گِلسنگ‌ها و سنگ‌های مارنی (به‌علت افزایش حجم در حضور آب و تورم) و همچنین سنگ‌های تبخیری مانند سنگ گچ و سنگ نمک (به‌علت انحلال‌پذیری)، استحکام لازم برای احداث سازه‌ها را ندارند.

فعالیت تکمیلی

- نوع سیمان اتصال‌دهنده ذرات در سنگ‌های آواری نظیر ماسه‌سنگ‌ها و کنگلومراها چگونه می‌تواند در مقاومت این سنگ‌ها تأثیرگذار باشد؟

CamScanner

سنگ‌های دگرگونی غیرمتورق، مقاومت بسیار بالایی دارند و می‌توانند برای احداث سازه‌های سنگین مورد استفاده قرار گیرند. برخی دیگر از سنگ‌های دگرگونی نظیر شیست‌ها به دلیل داشتن تورق، سست و ضعیف بوده و برای پی‌سازه‌ها مناسب نمی‌باشند.

نفوذپذیری خاک‌ها و سنگ‌ها در مکان‌یابی پروژه‌های مهندسی، با استفاده از حفر گمانه‌های اکتشافی تعیین می‌شود. نفوذپذیری در سنگ‌ها متأثر از وضعیت درزه‌ها، شکستگی‌ها و حفرات موجود در آنها است. در آبرفت‌ها هرچه خاک درشت‌دانه‌تر باشد، نفوذپذیری آن بیشتر خواهد بود.

سنگ‌های کربناتی به سنگ‌های رسوبی گفته می‌شود که بیش از ۵۰ درصد آنها کانی‌های کربناتی مانند کلسیت و دولومیت باشد. این سنگ‌ها اغلب درزه‌دار هستند.

بخشی از سنگ‌های کربناته در معرض جریان آب‌های نفوذی و با گذشت زمان، حل شده و در آنها حفره‌هایی تشکیل می‌گردد که به آنها حفرات انحلالی کارستی گویند. پیشرفت عمل انحلال در این سنگ‌ها، ممکن است منجر به ایجاد حفره‌های انحلالی بزرگ و غارها شود؛ بنابراین سنگ‌های کربناته در صورت دارا بودن حفرات انحلالی برای حفر تونل‌ها و احداث سدها مناسب نیستند، زیرا مشکلات جدی از قبیل فرار آب یا نشست زمین را به همراه خواهند داشت (شکل ۹ـ۶). به‌طور مثال عدم شناسایی حفرات انحلالی پی سد لار در زمان ساخت، باعث فرار آب از زیر سد شده است (شکل ۱۱ـ۶).

سنگ آهک ضخیم لایه و فاقد حفرات انحلالی، پی و تکیه‌گاه خوبی برای احداث سازه‌های مهندسی می‌باشد.

الف) گسترش درز و شکاف موجود در آهک

ب) تشکیل حفرات انحلالی

ب) ایجاد غارهای کارستی

شکل ۹ـ۶ـ مراحل توسعه انحلال در سنگ‌های کربناته

انحلال‌پذیری سنگ‌های تبخیری (سنگ گچ و سنگ نمک)، بیش از سنگ‌های آهکی است؛ بنابراین حفره‌ها و غارهای انحلالی در این سنگ‌ها، سریع‌تر از دیگر سنگ‌ها ایجاد می‌شود. اگر سد بر روی لایه‌هایی از سنگ گچ احداث شود، طی مدت کوتاهی، حفرات انحلالی فراوانی درون سنگ ایجاد شده و باعث فرار آب از مخزن سد و همچنین ناپایداری بدنهٔ سد می‌گردد.

علاوه‌بر موضوعات مطرح شده، حتی وجود لایه‌های گچی و نمکی در محدوده مخزن و دریاچه سدها نیز مشکلاتی در کیفیت آب ایجاد خواهد کرد. انحلال این نوع سنگ‌ها، باعث افزایش املاح در آب پشت سدها و شوری آنها می‌شود.

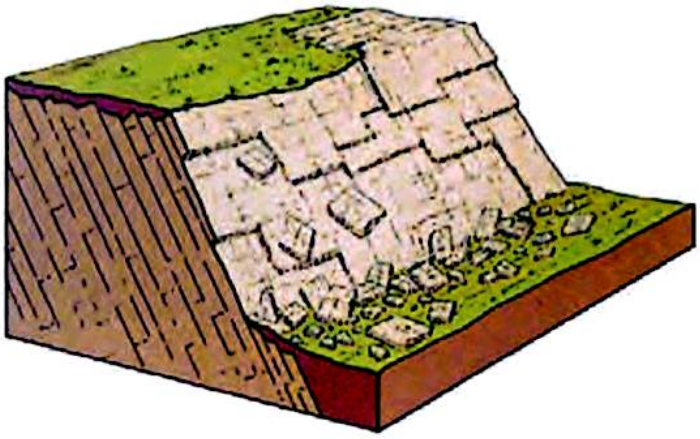
گاهی عدم شناسایی حفرات انحلالی در هنگام حفاری سازه‌های زیرزمینی مانند تونل‌ها باعث هجوم آب فراوان و گل‌ولای به تونل و توقف عملیات حفاری می‌شود (شکل ۱۰ـ۶).

شکل ۱۰ـ۶ـ هجوم آب و گل و لای در زمان حفاری تونل‌ها

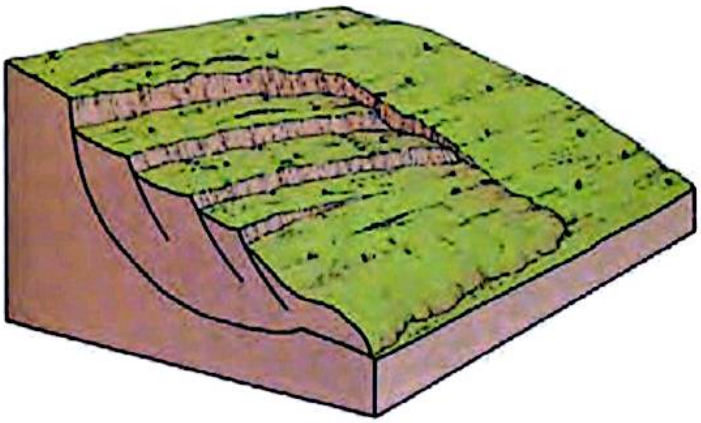
شکل ۱۱ـ۶ـ نمونه‌ای از حفرات انحلالی در نزدیکی سد لار

حرکات دامنه‌ای، سازه‌ها را در مناطق شیب‌دار و کوهستانی تهدید می‌کند. خطر ریزش کوه و سقوط مواد در دامنه‌های پرشیب ممکن است بسیار مهیب و فاجعه‌آفرین باشد، به‌طوری که سازه‌های مهندسی را تحت تأثیر قرار داده و باعث خرابی و آسیب به آنها شود. به‌طور مثال لغزش و سقوط توده‌های بزرگ سنگ و خاک در دیوارهٔ مخزن سدها، تاکنون موجب خرابی‌های عمده‌ای در سدهای بزرگ جهان شده است. لغزش توده‌های سنگ و خاک، افزون بر ایجاد امواج خطرناک در مخزن، باعث کاهش ظرفیت و عمر مفید مخزن می‌شود. حرکت دامنه‌ای به‌طور ساده ناشی از عملکرد گرانش زمین، بر روی مواد هوازده موجود بر روی سطوح شیب‌دار می‌باشد و به شکل‌های مختلف دیده می‌شود. به سقوط ذرات سنگ و خاک از سراشیبی تند «ریزش» و به حرکت توده سنگ و خاک در امتداد سطوح لغزشی که نوعی دیگر از حرکات دامنه‌ای است، «لغزش» می‌گویند. (شکل‌های ۱۲ـ۶ تا ۱۴ـ۶).

با انتخاب محل مناسب برای ایجاد سد و پایدارسازی دیواره‌های اطراف مخزن آن، با اقداماتی مانند ایجاد دیوار حائل، ایجاد پوشش گیاهی، میخ‌کوبی و زهکشی جهت تخلیه آب اضافی، دیوار گابیونی (تورسنگی) و غیره می‌توان دامنه‌ها را پایدار کرد (شکل ۱۶ـ۶).



الف) ریزش



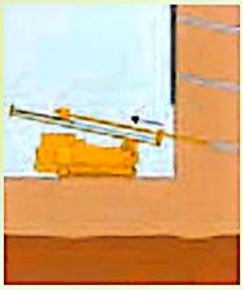
ب) لغزش

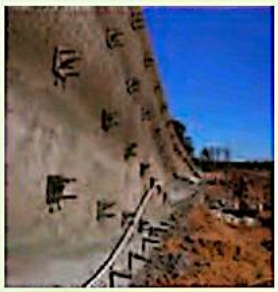
شکل ۱۲ـ۶ـ انواع حرکات دامنه‌ای

CamScanner

جمع‌آوری اطلاعات

- در مورد تفاوت انواع حرکات دامنه‌ای ریزش، لغزش، خزش و جریان گل اطلاعاتی جمع‌آوری کنید.
- مطالبی پیرامون رابطه تغییرات سطح آب زیرزمینی و ایجاد حرکت دامنه‌ای گردآوری نمایید.
- تأثیرات مثبت و منفی پایداری دامنه‌ها با استفاده از پوشش گیاهی را توضیح دهید.
- مراحل پایدارسازی به روش میخ‌کوبی را در کلاس برای دوستان خود توضیح دهید و دلایل استفاده از این روش را تشریح نمایید.





شکل ۱۳ـ۶ـ ریزش مصالح

شکل ۱۴ـ۶ـ لغزش مصالح

شکل ۱۵ـ۶ـ جریان گلی

الف) دیوار حائل

ب) دیوار گابیونی

پ) دیوار میخ‌کوبی شده

شکل ۱۶ـ۶ـ نمونه‌هایی از روش‌های پایدارسازی دامنه‌ها

فعالیت تکمیلی

- دلیل استفاده از زهکش برای پایداری دیواره‌ها وترانشه‌ها چیست؟

CamScanner

گسل‌ها می‌توانند پایداری سازه‌های مختلف را تهدید کنند. همان‌طور که در فصل‌های قبلی مطالعه کرده‌اید، کشور ما بر روی یکی از کمربندهای لرزه‌خیز جهان واقع‌شده است و در بیشتر مناطق آن گسل‌های فعال وجود دارند.

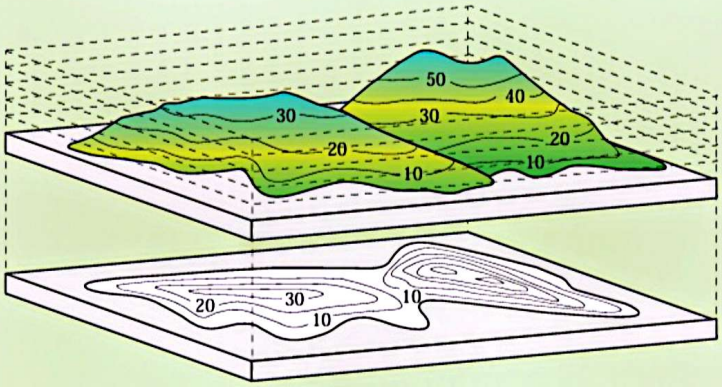
از این‌رو زمین‌شناسان، در مطالعات مکان‌یابی سازه‌ها با استفاده از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای و بازدیدهای صحرایی، این گسل‌ها را شناسایی می‌کنند و با استفاده از داده‌های ثبت‌شده توسط دستگاه‌های لرزه‌نگاری و اطلاعات تاریخی زمین‌لرزه‌ها، احتمال فعالیت مجدد گسل‌ها و وقوع زمین‌لرزه و تأثیر آن بر سازه‌ها را مشخص می‌کنند. این اطلاعات در اختیار مهندسان عمران قرار می‌گیرد تا طراحی سازه را براساس آن انجام دهند.

جمع‌آوری اطلاعات

- یکی دیگر از موارد مهم در مکان‌یابی سازه‌ها توجه به وضعیت شکل‌های آن منطقه است.

مورفولوژی (شکل‌شناسی) و توپوگرافی (پستی و بلندی‌ها) محل احداث سازه، در پایداری آن تأثیر قابل توجهی دارد.

- با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی تهیه شده، می‌توان پستی و بلندی‌های یک منطقه را تشخیص داد، به طوری که مناطق مرتفع (کوه‌ها) در این نقشه‌ها دارای منحنی‌های به هم نزدیک‌تر و تراز ارتفاعی بالاتری را نشان می‌دهند، در حالی که در مناطق کم ارتفاع و دشت‌ها فاصله منحنی‌های توپوگرافی از هم بیشتر است.



کاربرد نقشه‌های توپوگرافی در مشخص کردن مورفولوژی سطح زمین

- با توجه به مورفولوژی دره‌های V شکل و U شکل و ارتباط آن با احداث سازه‌هایی مثل پل و سد مطالبی جمع‌آوری کرده و در مورد مناسب یا نامناسب بودن آنها با دوستان خود، تبادل نظر کنید.

فرسایش‌پذیری رسوبات و سنگ‌ها نیز در مکان‌یابی سازه‌هایی مانند سد بسیار اهمیت دارد. علت این امر، وجود رسوباتی است که توسط عوامل فرسایشی به پشت سدها حمل شده، در مخزن انباشته و از عمر مفید این سدها کاسته خواهد شد. در نتیجه، به‌منظور رفع این مشکل باید در زمان مناسب و با استفاده از تجهیزات مختلف نظیر لای‌روب و بیل‌های مکانیکی و صرف هزینه زیاد اقدام به تخلیه رسوبات و لای‌روبی شود.

CamScanner

مکان مناسب برای ساخت سد

سد، سازه‌ای است که به‌منظور ذخیرهٔ آب، مهار سیلاب، تولید نیروی الکتریسیته، تأمین آب شرب و کشاورزی احداث می‌شود. بعضی از سدها چندمنظوره‌اند، یعنی به‌طور هم‌زمان چند هدف را تأمین می‌کنند.

در شکل ۱۷ـ۶ بخش‌های مختلف سد نشان داده‌شده است. مهم‌ترین عامل در تعیین نوع سد و محل احداث آن، شرایط زمین‌شناسی منطقه، مقاومت سنگ‌های پی و دیواره‌ها، لرزه‌خیزی منطقه، شکل دره و مصالح مورد نیاز است.

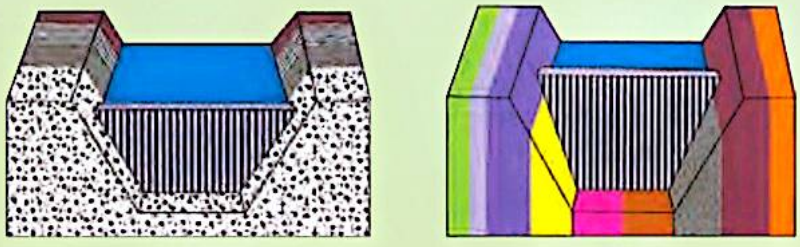
در مطالعات زمین‌شناسی سد، وضعیت مخزن، تکیه‌گاه‌ها و پی سد از نظر پایداری و فرار آب مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای آنکه فرار آب از مخزن سد صورت نگیرد، باید دیواره‌ها و کف مخزن نفوذناپذیر بوده یا از نفوذپذیری بسیار کمی برخوردار باشند.

شکل ۱۷ـ۶ـ نمایی از بخش‌های مختلف یک سد

از عوامل مؤثر بر پایداری و نشت آب در محل سدها می‌توان به ساختارهای زمین‌شناسی اشاره نمود که در فصل‌های قبل با آنها آشنا شده‌اید. اگر امتداد لایه‌های موجود در محل سد، عمود بر راستای محور سد باشد، منطقه برای احداث سد نامناسب است، زیرا در صورت برخورد با لایه‌های ضعیف و سست (مارن و شیل)، لایه‌های حفره‌دار و کارستی و مناطق هوازده و گسله، سبب نشست نامتقارن در پی و دیواره‌ها، ناپایداری پی، فرار آب از مرز لایه‌ها و به‌خصوص لایه‌های نفوذپذیر به پایین خواهد شد. درصورتی که امتداد لایه‌ها با محور سد موازی باشد، ساخت سد مطلوب‌تر است زیرا می‌توان سد را بر روی لایه‌های مقاوم‌تر و نفوذناپذیرتر احداث نمود، در این حالت بدنه سد فقط با یک نوع سنگ در ارتباط می‌باشد.

با هم بیندیشید

● با توجه به ارتباط امتداد محور سد با امتداد لایه‌بندی کدام گزینه برای ساخت سد مناسب‌تر است؟


(ب) (الف)

جمع‌آوری اطلاعات

● در مورد نزدیک‌ترین سد به محل سکونت خود، اطلاعاتی جمع‌آوری کنید و به موارد زیر پاسخ دهید:

۱ـ هدف از احداث سد

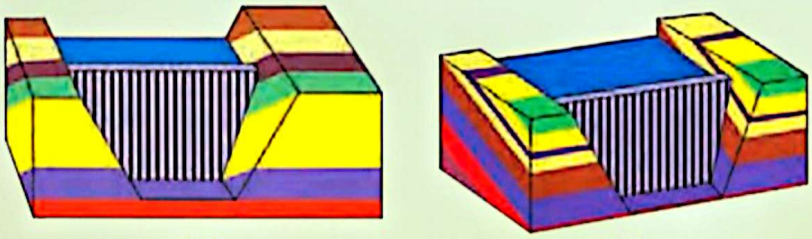
۲ـ نوع سد

۳ـ جنس سنگ پی سد

درصورتی‌که شیب لایه‌ها در محور سد به طرف بالادست (مخزن سد) باشد، احداث سد با مشکلات کمتری روبه‌رو خواهد شد؛ چراکه نشت آب به پایین‌دست اتفاق نمی‌افتد. وقتی شیب لایه‌ها به پایین‌دست باشد، در درازمدت به‌دلیل اشباع شدن لایه‌ها و جریان آب در جهت شیب لایه‌ها به پایین‌دست، باعث سست شدن و جابه‌جایی سد (به‌علت وزن سد و نیروی آب پشت سد) و درنهایت شکستن آن خواهد شد.

با هم بیندیشید

● با توجه به وضعیت نسبی جهت شیب لایه‌بندی در مقایسه با بالادست سد کدام گزینه برای احداث سد مناسب‌تر است؟



(الف) (ب)

مکان مناسب برای ساخت تونل و فضاهای زیرزمینی

برخی از فعالیت‌های عمرانی و معدنی به‌صورت زیرزمینی انجام می‌شود. این فعالیت‌ها، نیاز به فضای زیرزمینی دارند. حفاری‌های زیرزمینی به شکل تونل و مُغار اجرا می‌گردند. تونل‌ها، به‌منظور حمل‌ونقل، انتقال آب، انتقال فاضلاب یا استخراج مواد معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مُغارها، فضاهای زیرزمینی بزرگ‌تری هستند که برای ایجاد تأسیسات زیرزمینی مانند نیروگاه‌ها، ایستگاه‌های مترو، ذخیرهٔ نفت و موارد دیگر استفاده می‌شوند. این گونه سازه‌ها، باید در زمین‌هایی با مقاومت کافی احداث شوند؛ بنابراین زمین‌شناس، باید مطالعات خود را بر شناسایی مناطقی با کمترین خردشدگی، هوازدگی و نشت آب، متمرکز کند.

وجود آب‌های زیرزمینی، بر ایمنی و پایداری سازه‌های زیرزمینی در زمان ساخت و بهره‌برداری مؤثر خواهد بود. جریان و فشار آب

CamScanner

زیرزمینی، از عوامل مهم ناپایداری تونل‌ها، ترانشه[1]ها و سایر فضاهای زیرزمینی است. بخش بزرگی از مشکلات و خسارت‌ها در پروژه‌های عمرانی و معدنی، ناشی از برخورد با آب‌های زیرزمینی می‌باشد. در برخی موارد، پروژه‌هایی به‌دلیل مواجهه با این مشکل، تکمیل‌نشده و متوقف گشته‌اند؛ بنابراین برآورد میزان و کنترل جریان آب زیرزمینی در تونل‌ها و زمینِ زیرِ سازه و حتی درون سازه‌هایی مانند سدها، بسیار مهم است. به‌طور کلی، سازه‌های زیرزمینی که در بالای سطح ایستابی قرار می‌گیرند، از پایداری بیشتری برخوردار هستند.

پاسخ دهید

● دلیل ناپایداری تونل‌ها در زیر سطح ایستابی چیست؟

در شرایطی که سنگ‌های داخل تونل از نظر پایداری و نشت آب، وضعیت مطلوبی نداشته باشند، دیواره و سقف تونل با محافظی از بتن یا سایر مصالح پوشیده می‌شود (شکل ۱۸ـ۶).

الف) پوشش‌های بتنی در مغارها

ب) پوشش‌های بتنی در مترو

پ) نحوه اجرای پوشش‌های بتنی در فضاهای زیرزمینی

شکل ۱۸ـ۶ـ پوشش داخلی تونل

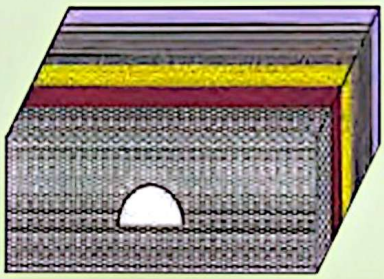
ساخت تونل، در صورتی که امتداد لایه‌ها بر محور تونل عمود باشد، مطلوب‌تر از زمانی است که امتداد لایه‌ها موازی با محور تونل می‌باشد. وقتی محور تونل بر امتداد لایه‌ها عمود است، هنگام عبور از لایه ضعیف یا سنگ‌های درزه‌دار با ضخامت محدود، مسیر کمتری از تونل ناپایدار بوده و نیاز به مقاوم‌سازی دارد. در شرایطی که محور تونل موازی با لایه‌بندی یک سنگ مقاوم باشد، وضعیت این حالت نیز مطلوب ارزیابی می‌شود.

۱ـ ترانشه (ژرف‌ناوه): به فرورفتگی مصنوعی یا طبیعی در سطح زمین گفته می‌شود که ژرفای آن از پهنایش بیشتر (طویل و عمیق) است، برای اهدافی مانند انتقال آب، جاده‌سازی، قرار دادن لوله‌های نفت و ... احداث می‌شود.

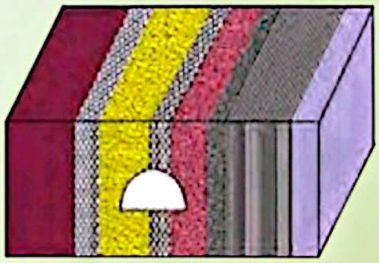
CamScanner

با هم بیندیشید

● با توجه به وضعیت نسبی محور تونل، کدام تونل از نظر پایداری مناسب‌تر خواهد بود؟



(ب)



(الف)

مکان‌یابی مناسب برای ساخت سازه‌های دریایی

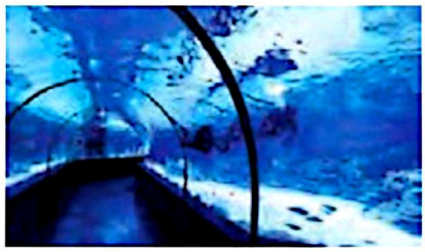
همیشه سازه‌ها بر روی خشکی بنا نمی‌شوند. کشور ما از جنوب و شمال به دریا منتهی می‌شود. از سوی دیگر، بخشی از ذخایر عظیم نفت ایران از بستر دریا استخراج می‌شوند. سازه‌های دریایی مانند اسکله‌ها، پایانه‌های نفتی، تونل‌های زیردریایی، پل‌ها و جاده‌ها، در سواحل دریا (ساحلی) یا در دریا (فراساحلی) احداث می‌شوند (شکل ۱۹ـ۶). در مکان‌یابی این سازه‌ها مانند سازه‌های خشکی، باید مطالعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی به‌طور ویژه، انجام پذیرد. افزون بر آن، توجه به جریان‌های دریایی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب دریا نیز ضروری می‌باشد.

الف) اسکله شهید رجایی (بندرعباس)

ب) طولانی‌ترین پل دریایی جهان (چین)

پ) سکوی نفتی (خلیج فارس)

ت) موج شکن (جزیره قشم)



ث) آکواریوم زیردریایی (جزیره کیش)

ج) جاده ساحلی (بندر مقام)

شکل ۱۹ـ۶ـ تعدادی از سازه‌های دریایی

CamScanner

شاخص‌های مهندسی مصالح

اندازه‌گیری شاخص‌های مهندسی مصالح می‌تواند در کاربرد آنها برای اجرای بهتر پروژه‌های مهندسی مؤثر باشد. یکی از شاخص‌های مهندسی مصالح، اندازه ذرات است. خاک‌ها براساس اندازه ذرات به سه دسته اصلی تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از: خاک‌های درشت‌دانه (مانند شن)، اندازه این ذرات بزرگ‌تر از ۴/۷۵ میلی‌متر می‌باشد. خاک‌های متوسط دانه و ماسه‌ای که اندازه این ذرات بین ۴/۷۵ میلی‌متر تا ۰/۰۷۵ میلی‌متر بوده و در این محدوده قرار دارند. خاک‌های ریزدانه شامل سیلت و رس بوده و اندازه این ذرات کوچک‌تر از ۰/۰۷۵ میلی‌متر می‌باشد.

یکی دیگر از شاخص‌های مهندسی، شاخص خمیری مصالح است. این شاخص مربوط به مصالح ریزدانه بوده و با افزایش میزان رطوبت، باعث کاهش پایداری آنها می‌گردد. اگر رطوبت در این خاک‌ها، از حد معینی بیشتر شود، خاک به حالت خمیری در می‌آید و تحت تأثیر وزن خود روان می‌شود. پدیده لغزش در دامنه‌ها و ترانشه‌ها، به‌ویژه در ماه‌های مرطوب سال، ناشی از این پدیده است.

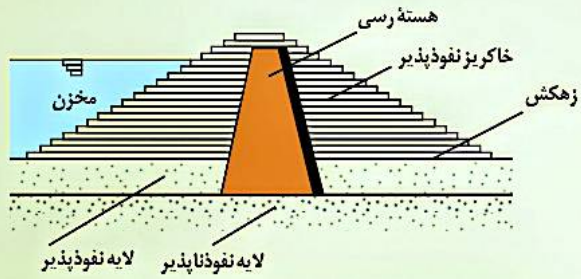
مصالح مورد نیاز برای احداث سازه‌ها

مصالح مورد نیاز برای احداث هر سازه به شاخص‌های مهندسی آن وابسته می‌باشد. در احداث سازه‌ها، از مواد سازندهٔ زمین، مانند خاک، شن، ماسه و سنگ استفاده می‌شود. این مصالح برای هر سازه، باید دارای مقاومت، نفوذپذیری و اندازهٔ دانه‌های مشخصی باشد که توسط آزمایش‌های لازم در آزمایشگاه‌های تخصصی مکانیک خاک و سنگ تعیین می‌شوند. مصالح به‌کاررفته در سازه‌های مختلف، متفاوت می‌باشد.

در سدسازی با توجه به نوع سد، مصالح متفاوتی به کار گرفته می‌شود؛ به‌عنوان‌مثال در سدهای بتنی از سیمان، ماسه، شن، میلگرد و در سدهای خاکی خاک رس، ماسه، شن و قلوه‌سنگ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پاسخ دهید

- دلایل استفاده از مصالح رسی در هسته سدهای خاکی چیست؟
- کاربرد مصالح درشت دانه به عنوان لایه زهکش در سدهای خاکی چیست؟



CamScanner

بتن یکی از پرکاربردترین مواد به‌عنوان مصالح ساختمانی در پروژه‌های عمرانی است. مصالح و اجزای بتن عبارت‌اند از: سیمان، سنگدانه یا مصالح سنگی شامل شن، ماسه و آب.

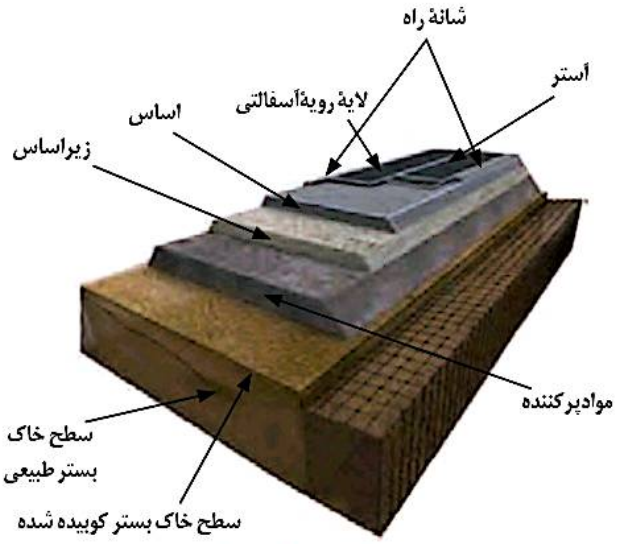
سنگدانه‌ها نقش مهمی در دوام بتن دارند، چون حدود ۷۵ درصد از حجم بتن را تشکیل می‌دهند. این مصالح را می‌توان به‌صورت طبیعی (از بستر رودخانه‌ها)، از معادن و یا از مصالح موجود در کوه‌ها (با استفاده از سنگ‌شکن‌ها) به‌دست آورد (شکل ۲۰ـ۶).

شکل ۲۰ـ۶ـ مصالح مورد استفاده در بتن

نمونه‌ای دیگر از کاربردهای مصالح خاک و خرده سنگ‌ها در راه‌سازی است.

سطح طبیعی زمین، برای رفت‌وآمد وسایل نقلیه مناسب نیست، زیرا در مقابل عوامل جوّی مانند بارش، تغییرات دما و نیروهای وارده از چرخ خودروها مقاومت کافی ندارد، همین امر سبب توجه انسان به راه‌سازی شده است. برای احداث جاده، از مصالح خاک در زیرسازی و روسازی استفاده می‌شود که هرکدام از دو بخش تشکیل‌شده است. زیرسازی شامل دو بخش زیراساس و اساس و همچنین، روسازی شامل دو بخش آستر و رویه می‌باشد (شکل ۲۱ـ۶).

الف) لایه‌های مختلف راه بر روی بستر طبیعی



ب) بخش زیراساس و اساس

شکل ۲۱ـ۶ـ بخش‌های مختلف راه

CamScanner

بخش‌های اساس و زیراساس به‌عنوان لایهٔ زهکش عمل می‌کنند و وظیفه آنها انتقال آب سطحی و نفوذی به خارج از بدنه جاده می‌باشد. برای ساخت آنها از مخلوط شن، ماسه و سنگ شکسته استفاده می‌شود ولی با توجه به اینکه در طراحی جاده‌ها، میزان نفوذپذیری بخش اساس، بیشتر از زیراساس است، لذا اندازه ذرات مصالح به‌کاررفته در بخش اساس، کمی درشت‌تر از مصالح زیراساس می‌باشد. لایه‌های آستر و رویه که بایستی در برابر نیروهای وارده، مقاوم باشند، از جنس آسفالت یعنی مخلوطی از شن، ماسه و قیر ساخته می‌شوند.

یکی دیگر از کاربردهای مصالح خرده‌سنگی، در زیرسازی و تکیه‌گاه ریل‌های راه‌آهن می‌باشد. این قطعات خرده‌سنگی که بالاست نامیده می‌شوند، علاوه بر نگهداری ریل‌ها و توزیع بار چرخ‌ها، عمل زهکشی را نیز به عهده دارند. بالاست مورد نیاز خطوط راه‌آهن، معمولاً از خرد کردن سنگ‌ها و باطله‌هایی که از معادن استخراج می‌شود، به دست می‌آید (شکل ۲۲ـ۶).

شکل ۲۲ـ۶ـ بالاست استفاده‌شده در زیرسازی جاده ریلی

علم، زندگی، کارآفرینی

● **زمین‌شناسی مهندسی:** شاخه‌ای از زمین‌شناسی است که رفتار و ویژگی‌های مواد سطحی زمین از نظر مقاومت در برابر فشارهای وارده و امکان ساخت یک‌سازه را در محلی خاص از زمین بررسی می‌کند. این علم، نقش بسیار مهمی در انتخاب مناسب‌ترین محل، برای ساخت سازه‌ها دارد.

متخصصین زمین‌شناسی مهندسی، در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، آزمایشگاه‌های مکانیک خاک و سنگ، وزارت نیرو، وزارت راه و شهرسازی، صنعت، معدن و تجارت و شهرداری‌ها، می‌توانند نقش مهمی در هدایت پروژه‌های عمرانی داشته باشند.

CamScanner