



به نام یکتا مهندس هستی...



سری عمران

درباره کلاس‌ها و آزمون‌های آزمایشی سری عمران بیشتر بدانیم

مؤسسه سری عمران از آغاز شکل‌گیری تاکنون (بیش از ۱۸ سال) با انجام فعالیت‌های آموزشی مختلف و ارائه خدمات متنوع در زمینه آزمون کارشناسی ارشد و دکتری، آزمون نظام مهندسی، آزمون کارشناس رسمی و آموزش نرم‌افزارهای مهندسی عمران، به عنوان برترین مؤسسه تخصصی عمران در سال‌های اخیر مطرح شده است. نشر کتاب‌های با کیفیت که منطبق بر علم روز دنیا می‌باشد، برگزاری کلاس توسط برترین اساتید کشور و نیز برگزاری کنکورهای آزمایشی استاندارد با بیشترین جامعه آماری، همگی سبب شده است تا اعتماد مهندسين عزيز به مؤسسه سری عمران بیشتر شده و هر روز تعداد بیشتری از شما عزیزان به خانواده بزرگ سری عمران اضافه شوید. عناوین ناشر نمونه سال ۹۱، ناشر تخصصی تقدیر شده در سال ۹۲، ناشر و برند منتخب سال ۹۳، برترین مؤسسه تخصصی در سال ۹۴، برترین برند آموزشی عمرانی کشور در سال ۹۵ و مؤسسه آموزشی برگزیده سال ۹۶ در جشنواره انفورماتیک ایران به منظور ارائه خدمات غیر حضوری (آنلاین و آفلاین)، و ناشر برگزیده در نمایشگاه بین‌المللی کتاب در سال ۹۷، ۹۹، ۱۴۰۱، ۱۴۰۳ و ۱۴۰۴ نتیجه اعتماد شما مهندسان عزیز به مؤسسه سری عمران می‌باشد.

امسال نیز همگام با سایر فعالیت‌های مؤسسه، برگزاری کلاس‌های آمادگی کنکور کارشناسی ارشد و دکتری به صورت آنلاین و آفلاین در دستور کار مؤسسه قرار دارد و علاوه بر آن با توجه به تجربه موفق آزمون‌های آزمایشی در سال‌های گذشته برگزاری کنکورهای آزمایشی مرحله‌ای و جامع جهت آمادگی هر چه بیشتر داوطلبین، مورد نظر مؤسسه می‌باشد. هدف مؤسسه سری عمران از برگزاری کلاس‌های آمادگی آزمون کارشناسی ارشد، دکتری و برگزاری کنکورهای آزمایشی، ارتقاء سطح علمی دانشجویان و مهندسان و سپس موفقیت این عزیزان در آزمون است. برخی از ویژگی‌های این خدمات آموزشی که توسط سری عمران ارائه می‌شود به شرح زیر است:

الف) کلاس‌های آمادگی آزمون کارشناسی ارشد و دکتری (آنلاین و آفلاین)

- حضور برترین اساتید کشور
- تدریس کامل و جامع کلیه مطالب درسی، ارائه نکات کنکوری و راه حل‌های سریع جهت پاسخگویی به سؤالات کنکور، حل تست‌های متنوع تألیفی و بررسی سؤالات آزمون‌های سال‌های گذشته
- برگزاری آزمون‌های کلاسی منظم جهت حفظ آمادگی دانشجویان
- کلاس‌های حل تمرین حین دوره و یا پس از آن
- جلسات مشاوره و برنامه‌ریزی درسی توسط گروه مشاوران سری عمران

ب) کنکورهای آزمایشی آزمون کارشناسی ارشد

- طرح سؤالات استاندارد و منطبق بر مطالب و سرفصل‌های کنکورهای سراسری ده سال اخیر که طراحی آنها توسط برترین اساتید کشور صورت می‌گیرد.
- شباهت فراوان سؤالات با سؤالات مطرح شده در کنکورهای سراسری و پیش‌بینی سؤالات احتمالی کنکور
- بالاترین جامعه آماری در کل کشور (بیش از ۲۰۰۰ نفر)
- ارائه خدمات جانبی پس از آزمون مثل مجله مشاوره‌ای، مصاحبه با رتبه‌های برتر و ...
- حضور دانشجویان دانشگاه‌های برتر کشور در این آزمون‌ها

جهت کسب اطلاعات بیشتر لطفاً با شماره تلفن‌های مؤسسه سری عمران ۸۸۳۰۰۴۷۴ - ۸۸۳۱۲۵۲۷ تماس حاصل نموده و یا به سایت www.serieomran.com مراجعه نمایید.



فصل اول: پیدایش خاک‌ها و روابط وزنی و حجمی آنها

- قسمت اول: نحوه پیدایش خاک‌ها و کانی‌های تشکیل دهنده آنها..... ۸
- قسمت دوم: روابط وزنی و حجمی در خاک‌ها..... ۱۵
- قسمت سوم: آشنایی با شیوه حل مسائل وزنی و حجمی..... ۲۶
- افزایش مهارت و تسلط بیشتر..... ۳۷

فصل دوم: شناخت و نام‌گذاری خاک‌ها

- قسمت اول: دانه‌بندی خاک‌ها..... ۴۴
- قسمت دوم: آشنایی با حدود اتربرگ..... ۵۷
- قسمت سوم: نام‌گذاری خاک‌ها..... ۶۶
- قسمت چهارم: مباحث تکمیلی شناخت و نام‌گذاری خاک‌ها..... ۷۴
- افزایش مهارت و تسلط بیشتر..... ۷۹

فصل سوم: تراکم خاک

- قسمت اول: مفهوم تراکم، آزمایش تراکم و تفسیر نتایج آن..... ۸۴
- قسمت دوم: مفهوم درصد تراکم و حل مسائل اجرایی تراکم..... ۹۱
- قسمت سوم: مباحث تکمیلی تراکم خاک..... ۹۷
- افزایش مهارت و تسلط بیشتر..... ۱۰۱

فصل چهارم: حرکت آب در خاک

- قسمت اول: آشنایی با مفهوم انرژی آب در خاک..... ۱۰۶
- قسمت دوم: مفهوم گرادین هیدرولیکی و محاسبه سرعت حرکت آب در خاک..... ۱۱۲
- قسمت سوم: تراوش یک بعدی آب در خاک‌های لایه‌بندی شده..... ۱۱۸
- قسمت چهارم: حرکت دو بعدی آب در خاک و بررسی شبکه جریان..... ۱۲۹
- قسمت پنجم: مباحث تکمیلی حرکت آب در خاک..... ۱۴۰
- افزایش مهارت و تسلط بیشتر..... ۱۴۷

فصل پنجم: تنش مؤثر

- قسمت اول: مفهوم تنش کل و تنش مؤثر..... ۱۵۴
- قسمت دوم: بررسی حالت‌های خاص در محاسبه تنش مؤثر..... ۱۶۰
- قسمت سوم: کاربرد اصل تنش مؤثر در محاسبه تنش مؤثر خاک‌های دارای تراوش..... ۱۷۲
- قسمت چهارم: فشار تراوش و کاربرد آن در محاسبه تنش مؤثر خاک‌های دارای تراوش..... ۱۷۷
- قسمت پنجم: پایداری خاک‌ها در برابر جوشش و بالازدگی..... ۱۸۴
- افزایش مهارت و تسلط بیشتر..... ۱۹۳



فصل ششم: توزیع تنش در خاک

قسمت اول: روش تقریبی ۲ به ۶	۱۹۸
قسمت دوم: روش بوسینسک و روش وسترگارد	۲۰۵
قسمت سوم: روش منحنی نیومارک	۲۱۸
افزایش مهارت و تسلط بیشتر	۲۲۱

فصل هفتم: نشست خاک

قسمت اول: آشنایی با مفاهیم تحکیم و تورم در خاک رس	۲۲۶
قسمت دوم: آشنایی با آزمایش تحکیم یک بعدی و نکات مربوط به آن	۲۳۴
قسمت سوم: محاسبه نشست نهایی تحکیم اولیه	۲۳۸
قسمت چهارم: آشنایی با مفهوم درجه تحکیم	۲۵۲
قسمت پنجم: محاسبه نشست در حین تحکیم و آشنایی با پارامترهای سرعت تحکیم	۲۶۰
قسمت ششم: مباحث تکمیلی نشست خاک	۲۶۶
افزایش مهارت و تسلط بیشتر	۲۷۴

فصل هشتم: مقاومت برشی خاک

پیش فصل: دایره مور	۲۸۸
قسمت اول: مفاهیم پایه مقاومت برشی	۲۹۰
قسمت دوم: تحلیل روابط گسیختگی المان خاک	۲۹۹
قسمت سوم: نقش آب در مقاومت برشی خاک	۳۰۷
قسمت چهارم: مرور کلی بر آزمایش های مقاومت برشی خاک	۳۱۳
قسمت پنجم: انواع آزمایش های سه محوری و کاربرد آنها	۳۲۰
قسمت ششم: آشنایی با مفاهیم پس فشار، پارامترهای اسکمپتون و مسیر تنش	۳۳۷
افزایش مهارت و تسلط بیشتر	۳۴۸

فصل نهم: پایداری شیروانی های خاکی

قسمت اول: بررسی پایداری شیروانی های خاکی نامحدود	۳۶۰
قسمت دوم: بررسی پایداری شیروانی های خاکی محدود	۳۷۰
قسمت سوم: مباحث تکمیلی پایداری شیروانی های خاکی	۳۷۸
افزایش مهارت و تسلط بیشتر	۳۸۰



سخن مؤلف

مکانیک خاک یکی از بنیادی‌ترین و در عین حال اثرگذارترین درس‌های مهندسی عمران است که در نگاه نخست ممکن است به دلیل ساختار آزمایشگاهی، تشابه برخی مباحث با مکانیک سیالات و تعدد روابط تحلیلی، پیچیده یا دشوار به نظر برسد. اما حقیقت آن است که این درس اگر با رویکرد مفهومی، تدریجی و صحیح ارائه شود، از ساده‌ترین و در عین حال قابل فهم‌ترین دروس حوزه ژئوتکنیک خواهد بود. انتقال روشن مبانی رفتار خاک و آموزش مرحله به مرحله مفاهیم این درس، می‌تواند مسیر یادگیری مکانیک خاک را برای دانشجویان هموار و حتی لذت بخش سازد.

پس از تألیف نخستین نسخه از کتاب مکانیک خاک در سال ۱۳۷۹، بازنویسی آن در سال ۱۳۸۹ و سپس تألیف **کتاب نسل جدید مکانیک خاک**، اکنون ویرایش تازه‌ای از این اثر به جامعه مهندسی کشور تقدیم می‌گردد. در این ویرایش، ضمن اصلاح موارد جزئی و به‌روزرسانی محتوای علمی کتاب، سؤالات برگزیده‌ای از آزمون‌های کارشناسی ارشد عمران در پنج سال اخیر (تا آزمون سال ۱۴۰۴) نیز به آن افزوده شده است. ویژگی‌های برجسته این کتاب به شرح زیر است:

۱- **بیان ساده و روان مفاهیم:** مطالب درسی و نکات کلیدی برای حل مسائل، با بیانی ساده و گام به گام ارائه شده‌اند. همچنین، طبقه‌بندی و جمع‌بندی مناسب مطالب هر فصل، به درک بهتر و یادگیری پایدارتر دانشجویان کمک می‌کند.

۲- **توضیح مفاهیم دشوار:** نکات مبهم و چالش برانگیز در حل مسائل، با جزئیات و دقت بالا در بخش‌هایی با عنوان «کمی توضیح بیشتر، کمی توجه، کمی خلافت و ...» تشریح شده‌اند تا روند یادگیری کامل تر گردد.

۳- **تقویت مهارت حل مسئله:** در پایان درس نامه هر فصل، مجموعه تمرین‌هایی با عنوان «افزایش مهارت و تسلط بیشتر» گنجانده شده است تا دانشجویان علاقه مند، با حل مسائل نسبتاً دشوار، به بالاترین سطح آمادگی در این درس دست یابند.

۴- **هماهنگی آموزشی در تمرین‌ها:** تمرین‌های این کتاب ترکیبی از مسائل منتخب کتاب‌های روز دنیا در مکانیک خاک و پرسش‌های آزمون‌های کارشناسی ارشد عمران تا آخرین سال برگزاری کنکور هستند و در هماهنگی کامل با سیر آموزشی این جلد از کتاب تنظیم شده‌اند. جلد دوم مجموعه، شامل تست‌های تألیفی و باقی مانده پرسش‌های کنکور کارشناسی ارشد است که در جلد اول ارائه نشده‌اند. جلد دوم کتاب با هدف تکمیل روند آماده‌سازی دانشجویان برای آزمون کارشناسی ارشد تدوین شده است و مطالعه آن در کنار جلد اول، مهارت و اعتماد به نفس کافی برای پاسخگویی به سؤالات کنکور را فراهم می‌کند.

در تألیف و ویرایش جدید این کتاب، از همراهی و همکاری ارزشمند دوست گرامی جناب آقای مهندس حسین فراهانی بهره‌مند بوده‌ام. ثمره این همراهی، ارائه نسخه‌ای پربارتر و کامل‌تر از گذشته است. بدین وسیله مراتب سپاس و قدردانی خود را از ایشان صمیمانه ابراز می‌دارم. در نگارش این اثر تمام تلاش ممکن به کار گرفته شده است تا کتابی دقیق و منسجم در اختیار دانشجویان و مهندسان گرامی قرار گیرد، با این حال بروز برخی کاستی‌ها دور از انتظار نیست. از این رو، از استادان فرهیخته و مهندسان ارجمند درخواست می‌شود با ارسال نظرات خود به نشانی الکترونیکی serieomran@yahoo.com ما را در بهبود کیفیت اثر یاری فرمایند.

امید است تلاش مجموعه **سری عمران** در تدوین و عرضه این کتاب، مورد رضایت و بهره‌برداری دانشجویان و مهندسان گرامی قرار گیرد.

موفق و پیروز باشید

ساسان امیرافشاری



فصل ۱: پیدایش خاک‌ها و روابط وزنی و حجمی آنها

مروری بر آنچه خواهیم خواند:

همه ما از دوران کودکی با خاک آشنا هستیم و از همان ابتدا به خاک کنار دریا، شن و ماسه و همچنین به خاک سرخ رنگ سفالگری، رس می‌گفتیم. اما جالب است بدانید که از نگاه یک مهندس عمران، آنچه در مورد خاک حائز اهمیت است، رفتار خاک است زیرا در نهایت سازه روی خاک ساخته می‌شود و خاک باید بتواند نیروهای ناشی از آن را تحمل کند. بررسی دقیق‌تر این موضوع در مهندسی عمران مربوط به شاخه ژئوتکنیک یا همان مکانیک خاک است. مکانیک خاک در واقع علمی است که در ابتدای آن، خواص فیزیکی خاک بررسی می‌شود و در ادامه به رفتار مکانیکی خاک تحت بارهای وارد بر آن پرداخته می‌شود. در این فصل ابتدا نگاهی گذرا بر نحوه پیدایش خاک‌ها و کانی‌های تشکیل‌دهنده آنها داریم و در ادامه با پارامترهای وزنی و حجمی در خاک آشنا می‌شویم. بر این اساس قسمت‌های مختلف این فصل به شکل نمودار درختی زیر خواهد بود:

قسمت اول: نحوه پیدایش خاک‌ها و کانی‌های تشکیل‌دهنده آنها

قسمت دوم: روابط وزنی و حجمی در خاک‌ها

قسمت سوم: آشنایی با شیوه حل مسائل وزنی و حجمی

پیدایش خاک‌ها و روابط وزنی و حجمی آنها

A-1- نحوه پیدایش خاکها

به طور کلی اصلی ترین بخش تشکیل دهنده لایه سطحی زمین، خاک و سنگ می باشند که منشاء پیدایش هر دوی آنها یکی است. در عمل می توان گفت در طبیعت، خاک از تخریب سنگ به وجود می آید که این تخریب، می تواند به صورت فیزیکی یا شیمیایی باشد. در ادامه با بررسی چند سؤال، بحث فوق را بهتر درک خواهیم کرد:

بررسی چند سؤال

سؤال ۱: با توجه به آنچه از دوره دیبرستان به خاطر دارید، چه تفاوتی بین فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی وجود دارد؟

● **پاسخ:** در یک فرآیند فیزیکی مثل آب شدن یخ، ماهیت ماده اولیه عوض نمی شود. این در حالی است که در یک فرآیند شیمیایی مثل سوختن یک تکه چوب، ماهیت ماده اولیه تغییر می کند.

سؤال ۲: خاک حاصل از تخریب فیزیکی سنگها (مواردی مانند برخورد سنگها به هم، سقوط سنگ از یک ارتفاع و ...) چه نام دارد و ویژگی آن چیست؟

● **پاسخ:** این خاکها که معمولاً درشت دانه هستند، خاکهای دانه ای نام دارند و ویژگی مهم آنها این است که ماهیت یکسانی با سنگ مادر (سنگ اصلی تشکیل دهنده شان) دارند.

سؤال ۳: خاک حاصل از تخریب شیمیایی سنگها (مواردی مانند هوازدگی، تبادل یونی در محیطهای خورنده و ...) چه نام دارد و ویژگی آن چیست؟

● **پاسخ:** این خاکها که معمولاً ریزدانه هستند، رس نامیده می شوند و ویژگی مهم آنها این است که ماهیت آنها با سنگ مادر متفاوت می باشد.

نتیجه: خاکهای دانه ای از تخریب فیزیکی و خاکهای رسی از تخریب شیمیایی سنگها به وجود می آیند. این موضوع نشان می دهد که خاکهای دانه ای قابلیت تخریب شیمیایی بیشتر را دارند، در حالی که خاکهای رسی به اندازه کافی دچار تخریب شیمیایی شده اند و احتمال تخریب شیمیایی بیشتر در آنها کم است.

تمرین ۱: در مورد چگونگی شکل گیری و نحوه پیدایش انواع خاکها، کدام عبارت صحیح می باشد؟

(۵) (ششاسی ارشد - ۸۳)

(۱) خاکهای دانه ای از تخریب شیمیایی سنگها به وجود آمده اند.

(۲) خاکهای ریزدانه رسی از تخریب مکانیکی سنگهای دگرگونی به وجود آمده اند.

(۳) رسها از روند تخریب فیزیکی خاک به وجود می آیند و شکل دانه های آن صفحه ای است.

(۴) رسها از روند تخریب شیمیایی خاک به وجود می آیند و ممکن است ترکیبات شیمیایی متفاوتی داشته باشند.

● **هله:** با توجه به مطالب گفته شده، گزینه (۴) جواب درست است.

A-2- طبقه بندی انواع خاکها

خاکها براساس اندازه دانه ها و نیز رفتارشان در برابر رطوبت، به دو صورت به شرح زیر طبقه بندی می شوند:

الف) طبقه بندی براساس اندازه دانه های خاک: در این طبقه بندی، خاکها به دو دسته درشت دانه و ریزدانه تقسیم می شوند که درشت دانه ها شامل شن و ماسه و ریزدانه ها نیز شامل لای (سیلت) و رس می باشند. دقت شود که شنها درشت تر از ماسه ها هستند و همچنین ابعاد لایها از رسها بزرگتر است.

زیر شاخه های قسمت اول

A-1- نحوه پیدایش خاکها

A-2- طبقه بندی انواع خاکها

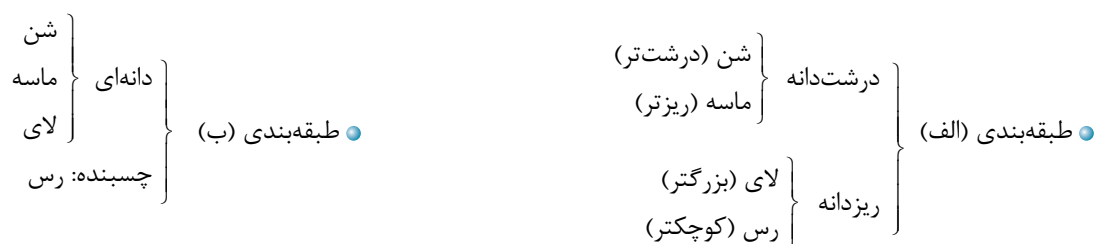
A-3- انواع کانی های تشکیل دهنده خاکها

A-4- تحلیل رفتار خاکها در برابر رطوبت

A-5- ساختمان خاک

A-6- آشنایی با پارامترهای مقاومتی در خاک

ب) طبقه‌بندی براساس رفتار خاک در برابر رطوبت: در این طبقه‌بندی، خاک‌ها در دو دسته دانه‌ای و چسبنده قرار می‌گیرند که رس به‌عنوان خاک چسبنده و شن، ماسه و لای (سیلت) به‌عنوان خاک‌های دانه‌ای شناخته می‌شوند.



تمرین ۲: آیا ذرات بسیار ریز گرد سنگ (پودر سنگ) که دارای اندازه‌ای کوچکتر از ۲ میکرون هستند (یعنی ابعادی نزدیک به ابعاد ذره رس دارند)، جزء خاکهای رسی به‌شمار می‌روند؟

● **هله:** خیر، پودر سنگ از تخریب فیزیکی سنگ در حین برش به‌وجود آمده است و جزء خاکهای رسی محسوب نمی‌شود. باید توجه داشت که تمام ذراتی که به اندازه رس هستند، الزاماً رسی نیستند و خواصی مشابه با رس به هنگام مواجهه با رطوبت ندارد. شرط آنکه خاکی جزء خاکهای رسی به شمار آید آن است که دارای **کانی‌های رسی** باشد. اینکه کانی رسی چیست و چه ویژگی دارد، موضوعی است که می‌خواهیم در ادامه بحث به آن بپردازیم.

A-3- انواع کانی‌های تشکیل‌دهنده خاک‌ها

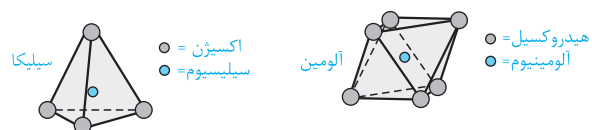
اگر به یک توده خاک دقیق‌تر نگاه کنید، متوجه می‌شوید که دانه‌های جامد خاک جزء اصلی این توده را تشکیل می‌دهند. دانه‌های جامد خاک نیز خود از یک سری مواد معدنی جامد درست شده‌اند که به آنها **کانی** گفته می‌شود و رفتار خاک به آنها وابسته است. کانی‌ها معمولاً ترکیب شیمیایی مشخصی دارند و به‌صورت بلوری می‌باشند.

کوارتز، میکا و فلدسپات نمونه‌ای از کانی‌های تشکیل‌دهنده خاک‌های دانه‌ای می‌باشند و کائولینیت، ایلیت و مونت موریلونیت (مونوریونیت) نیز کانی‌هایی هستند که اکثر رس‌ها از آنها تشکیل شده‌اند.

در ادامه با توجه به نقش کانی‌های رسی در جذب آب توسط رس (موضوعی که در مورد خاک‌های دانه‌ای اتفاق نمی‌افتد)، بحث در مورد کانی‌ها را فقط به کانی‌های رسی اختصاص داده و از پرداختن به کانی‌های دانه‌ای صرف‌نظر می‌کنیم.

کانی‌های رسی

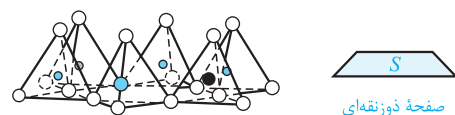
کانی‌های رسی، سیلیکات‌های آلومینیوم با ساختار پیچیده می‌باشند که از واحدهای بنیادی چهار وجهی سیلیکا (SiO_4) و هشت وجهی آلومین (Al_2O_3) تشکیل یافته‌اند.



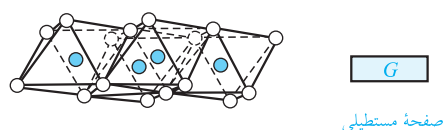
نحوه شکل‌گیری کانی‌های رسی به این ترتیب است که:

● ابتدا واحدهای بنیادی به هم می‌پیوندند و مطابق شکل‌های زیر، واحدهای ساختمانی (صفحه‌ای) را بوجود می‌آورند.

(الف) به هم پیوستن سیلیکاها و تشکیل صفحه دوزنقه‌ای یا صفحه سیلیکا (S)



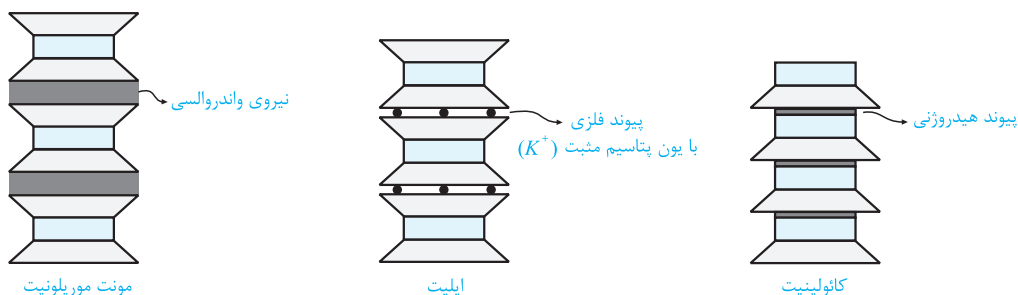
(ب) به هم پیوستن آلومین‌ها و تشکیل صفحه مستطیلی یا صفحه گیبسیت (G)



(ج) به هم پیوستن آلومین‌ها و سیلیکاها و تشکیل صفحات ترکیبی SGS و SG



• سپس از به هم پیوستن واحدهای ساختمانی، کانی‌های رسی کائولینیت، ایلیت و مونت‌موریلونیت به صورت زیر بوجود می‌آیند.



در مورد کانی‌های رسی به نکات زیر که کمی به شیمی مرتبط هستند، توجه کنید:

- ۱ مطالعات نشان می‌دهد که پیوند هیدروژنی در کائولینیت‌ها از پیوند فلزی (با یون پتاسیم) در ایلیت‌ها قوی‌تر است و نیروی واندروالسی در مونت‌موریلونیت‌ها نیز از هر دو پیوند هیدروژنی و فلزی ضعیف‌تر می‌باشد. با توجه به این موضوع می‌توان گفت که پیوند کائولینیت‌ها از ایلیت‌ها قوی‌تر بوده و پیوند ایلیت‌ها نیز از مونت‌موریلونیت‌ها قوی‌تر است.

مونت‌موریلونیت > ایلیت > کائولینیت : از نظر قدرت پیوند شیمیایی

- ۲ با توجه به قدرت پیوندها در کانی‌های رسی می‌توان گفت که پایداری ترکیب شیمیایی در کائولینیت‌ها از بقیه بیشتر بوده و در مونت‌موریلونیت‌ها از بقیه کمتر است. این موضوع نشان می‌دهد که تمایل به انجام واکنش و فعالیت در کائولینیت‌ها از بقیه کمتر و در مونت‌موریلونیت‌ها از بقیه بیشتر است.

مونت‌موریلونیت > ایلیت > کائولینیت : از نظر پایداری کانی رسی
مونت‌موریلونیت < ایلیت < کائولینیت : از نظر تمایل به انجام واکنش

- ۳ ترتیب ابعاد کانی‌های رسی نیز مانند پیوند آنهاست به این شکل که ابعاد کائولینیت‌ها از ایلیت‌ها بزرگتر است و ابعاد ایلیت‌ها نیز از مونت‌موریلونیت‌ها بزرگتر می‌باشد.

مونت‌موریلونیت > ایلیت > کائولینیت : از نظر ابعاد کانی‌ها

در ادامه می‌خواهیم شما را با یک مفهوم مهم به نام سطح ویژه (سطح مخصوص) آشنا کنیم و سپس آن را در کانی‌های رسی مختلف با هم مقایسه کنیم.

سطح ویژه

برای شروع بحث، یک مکعب به ضلع 1 m و جرم 1 kg را مطابق شکل زیر در نظر گرفته و نسبت مساحت جانبی به جرم این مکعب را به دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{مساحت جانبی}}{\text{جرم}} = \frac{(1 \times 1) \times 6}{1} = 6\text{ m}^2/\text{kg}$$

تعداد وجوه مکعب

جرم یک کیلوگرم

حال اگر این مکعب را به قطعات کوچکتری تقسیم کنیم، مثلاً طول هر ضلع آن را نصف کنیم، در آن صورت نسبت فوق برابر می‌شود با:

$$\frac{\text{مساحت جانبی}}{\text{جرم}} = \frac{(0.5 \times 0.5) \times 6 \times 8}{1} = 12\text{ m}^2/\text{kg}$$

تعداد مکعب‌ها

تعداد وجوه مکعب

مساحت جانبی

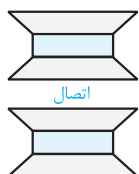
جرم

به‌طور کلی نسبت مساحت جانبی یک جسم به جرم آن را **سطح ویژه** یا **سطح مخصوص** می‌نامند و همانطور که ملاحظه می‌کنید، هر چقدر جسم ریزتر می‌شود و ابعاد قطعات تشکیل‌دهنده آن کوچکتر می‌شوند، سطح ویژه آن بزرگتر می‌گردد. حال اگر بخواهیم سطح ویژه انواع خاک‌ها را با هم مقایسه کنیم، در آن صورت برای یک توده خاک با جرم مشخص می‌توان با توجه به ابعاد خاک‌ها گفت:

رس مونت موریلونیت < رس ایلیت < رس کائولینیت < لای < ماسه < شن

این موضوع نشان می‌دهد که سطح ویژه رس‌ها اساساً از خاک‌های دانه‌ای بزرگتر است.

تمرین ۳: در کانی رسی از انواع ایلیت (*Illite*) اتصال بین صفحات سیلیکا (*Silica*) و آلومینا (*Alumina*) به چه صورت برقرار می‌شود؟



(۵) (رشناسی (رشد - ۸۷)

- (۲) با یون k مثبت
(۴) با مولکول‌های آب

- (۱) با باند هیدروژن مثبت
(۳) با باند هیدروکسیل منفی

● **حل:** با توجه به شکل ارائه شده برای کانی‌های رسی، گزینه (۲) صحیح است.

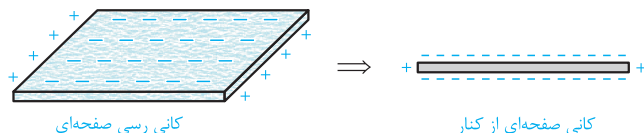
تمرین ۴: کدام کانی رسی در طبیعت بیشتر از سایر کانی‌ها یافت می‌شود؟

- (۱) مونت موریلونیت (۲) کائولینیت (۳) هالوزیت (۴) ایلیت

● **حل:** با توجه به توضیحاتی که دادیم، کائولینیت یک کانی رسی پایدار و غیرفعال است، بنابراین تمایلی به انجام واکنش نداشته و خواستار ترکیب اصلی خود می‌باشد. از این‌رو طبیعی است که بیشتر از سایر کانی‌ها در طبیعت یافت شود و گزینه (۲) پاسخ صحیح است.

A-۴- تحلیل رفتار خاک‌ها در برابر رطوبت

همانطور که گفتیم خاک رس رفتار چسبنده دارد، یعنی بر خلاف خاک‌های دانه‌ای آب را جذب می‌کند و چسبناک می‌شود. از طرفی می‌دانیم رفتار خاک‌ها در شرایط مختلف و از جمله در حضور آب، دقیقاً بستگی به نوع کانی‌های آنها دارد. در ادامه می‌خواهیم با توجه به مطالبی که از بخش قبلی در مورد کانی‌های رسی یاد گرفتیم، علت جذب آب و چسبناکی رس را پیدا کنیم. ذرات رس عمدتاً به‌صورت صفحه‌ای می‌باشند، هر چند می‌توان به ندرت ذرات سوزنی شکل را نیز در آنها مشاهده کرد. حال فرض کنید که یک ذره رسی صفحه‌ای شکل داریم، مطالعات نشان می‌دهد که در این حالت سطح ذره رس، به‌علت نوع ترکیب شیمیایی رس‌ها دارای بار منفی است و دو گوشه این صفحه بار مثبت دارند:



کانی رسی صفحه‌ای

کانی صفحه‌ای از کنار

در ادامه با بررسی چند سؤال، به علت و چگونگی جذب آب توسط رس‌ها پی می‌بریم:

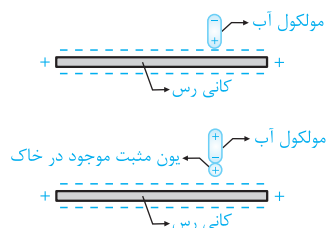
بررسی چند سؤال

سؤال ۱: چرا سطح ذرات رس دارای بار منفی می‌باشد؟

● **پاسخ:** این موضوع به نوع ترکیب شیمیایی رس‌ها مربوط می‌شود و علت دقیق آن را باید در علم شیمی جستجو کرد، ولی به‌طور مختصر و صرفاً جهت اطلاع شما باید بگوییم که این بارهای منفی عمدتاً ناشی از جایگزینی اتم‌های آلومینیوم و سیلیسیوم توسط اتم‌هایی با ظرفیت کمتر هستند که به آن پدیده جانشینی ایزومرفیک گفته می‌شود (فکر خودتان را مشغول نکنید، موضوع پر اهمیتی نیست!).

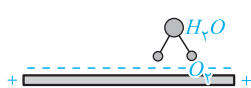
سؤال ۲: وجود بارهای منفی فراوان روی سطح رس، چگونه می‌تواند باعث جذب آب در رس شوند؟

● **پاسخ:** از آنجائی که مولکول آب یک مولکول دو قطبی است، بنابراین می‌تواند از طریق مکانیزم‌های زیر خود را به رس نزدیک کرده و جذب رس شود:



۱) مولکول دو قطبی آب به طور مستقیم از قسمت مثبت خود به سطح رس که دارای بار منفی است، نزدیک شده و جذب می‌شود.

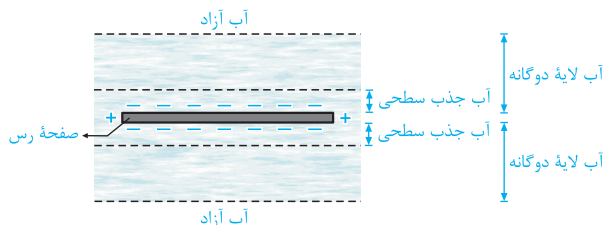
۲) مولکول‌های دو قطبی آب از قسمت منفی خود جذب یون‌های مثبت موجود در خاک شده و سپس با این یون‌های مثبت به سطح رس که دارای بار منفی است، جذب می‌شوند که به این پدیده، هیدراته شدن کاتیون‌ها گفته می‌شود.



۳ اتم‌های هیدروژن در مولکول‌های آب، به علت پیوند هیدروژنی، توسط اتم‌های اکسیژن موجود در سطح ذرات رس جذب می‌شوند و به این ترتیب آب جذب رس می‌گردد. توجه کنید که این مکانیزم ربطی به دو قطبی بودن مولکول آب ندارد و نسبت به دو مکانیزم قبلی، کمتر اتفاق می‌افتد.

سؤال ۳: به آب جذب شده توسط ذرات رس چه می‌گویند و چه ویژگی دارد؟

● پاسخ: تمام آب‌هایی که با نیروی جاذبه در تماس با ذرات رس هستند، آب لایه دوگانه نامیده می‌شوند که به داخلی‌ترین بخش آب لایه دوگانه، آب جذب سطحی می‌گوییم.



اگرچه تمام آب لایه دوگانه با جاذبه قوی در تماس با ذرات رس است، ولی بخش مربوط به آب جذب سطحی است که با لزجت بالا، مثل یک چسب لزج عمل کرده و ذرات رس را به هم می‌چسباند و باعث می‌شود تا خاک رس به صورت یک توده خمیری درآید.

سؤال ۴: منظور از آب آزاد (در شکل بالا) در خاک رس چیست و چه ویژگی دارد؟

● پاسخ: آب آزاد همان آب موجود در حفرات خاک است که جاذبه‌ای با ذرات رس ندارد و با لزجت پایین، به راحتی در حفرات خاک رس جابه‌جا می‌شود. آب آزاد اگر مقدارش در خاک زیاد شود، می‌تواند باعث روان شدن خاک گردد، یعنی باعث شود تا خاک مثل یک مایع رفتار کند.

سؤال ۵: در بخش قبل دیدیم که سطح ویژه رس‌ها از خاک‌های دانه‌ای بزرگتر است. به نظر شما بزرگ بودن سطح ویژه در رس‌ها چه نقشی در جذب آب توسط آنها دارد؟

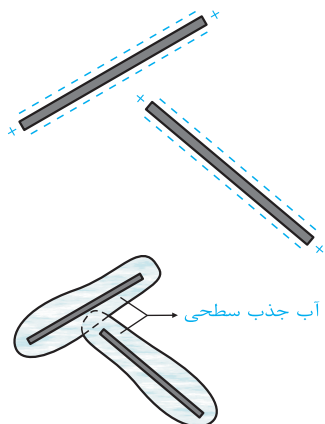
● پاسخ: بزرگ بودن سطح ویژه باعث می‌شود تا در یک جرم مشخص از خاک رس، سطح جانبی خاک بزرگتر بوده و در نتیجه بارهای منفی بیشتری نیز برای جذب آب توسط رس وجود داشته باشند، پس جذب آب در آن بیشتر می‌شود. از مطالب فوق دو نتیجه مهم می‌توان گرفت:

- ۱ عامل ایجاد آب جذب سطحی، دو قطبی بودن مولکول‌های آب و بزرگ بودن سطح ویژه در رس‌هاست.
- ۲ هر چه سطح ویژه کانی رسی بزرگتر باشد، آب بیشتری جذب کرده و بیشتر متورم می‌شود (باد می‌کند). بنابراین می‌توان با توجه به بزرگتر بودن سطح ویژه مونت موریلونیت‌ها نسبت به ایلیت‌ها و نیز ایلیت‌ها نسبت به کائولینیت‌ها، ترتیب بیشتر بودن جذب آب و قابلیت تورم در کانی‌های رسی را به صورت زیر بیان کرد:

مونت موریلونیت > ایلیت > کائولینیت

سؤال ۶: به نظر شما آیا فقط آب جذبی سطحی باعث چسبناک شدن رس می‌شود یا رس خشک هم چسبندگی دارد؟

● پاسخ: در جواب این سؤال باید بگوییم که ما اصولاً دو نوع چسبندگی داریم که ماهیت آنها با هم متفاوت است:



۱ چسبندگی حالت خشک که توسط نیروهای جاذبه الکترواستاتیکی ایجاد می‌شود و باعث اتصال یک کانی به کانی دیگر شده و ربطی به حضور آب ندارد.

۲ چسبندگی حالت تر که در آن آب جذب سطحی همانند یک چسب لزج ذرات رس را به هم می‌چسباند و بر خلاف چسبندگی حالت خشک، باعث می‌شود تا توده رسی به صورت یک خمیر شکل پذیر در بیاید.

سؤال ۷: آیا ترتیب بیشتر بودن خاصیت خمیری در کانی‌های رسی مثل ترتیب جذب آب و قابلیت تورم آنهاست؟

● پاسخ: تقریباً بله! یعنی خاصیت خمیری مونت موریلونیت از بقیه بیشتر است ولی خاصیت خمیری ایلیت‌ها و کائولینیت‌ها تقریباً با هم یکسان است.

در ادامه برای مرور این مطالب، به حل دو تست زیر می‌پردازیم.

تمرین ۵: کدام عبارت در مورد خاکهای رس صحیح می‌باشد؟

الف) صفحه‌ای شکل بودن ذرات رس عامل ایجاد آب جذب سطحی می‌باشد.

ب) آب جذب سطحی که به سطح ذرات می‌چسبد عامل روانی رس‌ها می‌باشد.

ج) دوقطبی بودن مولکول آب، علت به وجود آمدن آب جذب سطحی در اطراف ذرات رس می‌باشد.

د) آب آزاد که در فضای خالی بین ذرات رس وجود دارد، عامل رفتار خمیری رس‌ها می‌باشد.

- (۱) ج (۲) ب و د (۳) الف و د (۴) الف و ب و ج

● **هله:** همانطور که دیدید، دو قطبی بودن مولکول آب و بزرگ بودن سطح ویژه (سطح مخصوص) علت به وجود آمدن آب جذب سطحی در اطراف رس می‌باشند و همین آب جذب سطحی است که علت رفتار خمیری در رس‌هاست. با توجه به این توضیحات واضح است که فقط عبارت (ج) صحیح بوده و گزینه (۱) پاسخ درست این تست است.

تمرین ۶: کدام یک از جملات زیر در مورد خاصیت خمیری خاکهای ریزدانه رسی صحیح است؟

(۱) علت خاصیت خمیری بزرگ بودن سطح مخصوص دانه‌های رس و قطبی بودن مولکول‌های آب است.

(۲) علت خاصیت خمیری کوچک بودن سطح مخصوص دانه‌های رس و قطبی بودن مولکول‌های آب است.

(۳) علت خاصیت خمیری بزرگ بودن سطح مخصوص دانه‌های رس و تمرکز یون‌های مثبت در سطح کانی‌هاست.

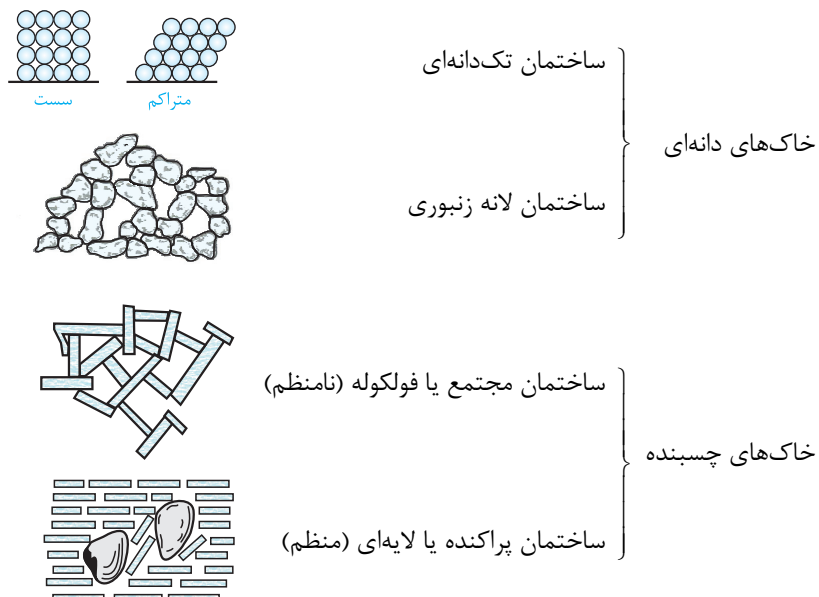
(۴) علت خاصیت خمیری کوچک بودن سطح مخصوص دانه‌های رس و تمرکز یون‌های مثبت در سطح کانی‌هاست.

● **هله:** با توجه به توضیحات تست قبل، واضح است که گزینه (۱) پاسخ درست این تست است.

بزرگ بودن سطح ویژه + قطبی بودن مولکول آب $\Leftarrow$ ایجاد آب جذب سطحی $\Leftarrow$ ایجاد خاصیت خمیری

A-۵- ساختمان خاک

به ترتیب قرار گرفتن ذرات خاک در کنار هم و تأثیر آن بر روی نیروهای بین ذرات، ساختمان خاک یا ساختار خاک گفته می‌شود. ساختمان خاک در خاک‌های دانه‌ای و چسبنده متفاوت بوده و به صورت زیر می‌باشد:



در مورد ساختمان خاک‌ها به دو نکته زیر توجه کنید:

۱) بارگذاری استاتیکی قابل توجه و یا تجربه رطوبت‌های زیاد (بیش از حد اشباع) سبب می‌شوند تا ساختمان لانه زنبوری در خاکهای

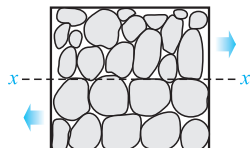
دانه‌ای به ساختمان تک‌دانه‌ای تبدیل شود. در خاکهای چسبنده نیز همین عوامل باعث تبدیل ساختمان مجتمع به پراکنده هستند.

۲) ساختمان مجتمع در خاکهای چسبنده زمانی اتفاق می‌افتد که برآیند نیروهای الکتریکی بین ذرات، جاذبه باشد (سر مثبت به بدنه

منفی وصل شود). در طرف مقابل هنگامی که برآیند نیروهای مذکور دافعه است، ساختمان خاک چسبنده، به صورت پراکنده خواهد بود.

A-۶- آشنایی با پارامترهای مقاومتی در خاک

منظور از مقاومت خاک، مقاومت برشی آن است که البته به طور مفصل در فصل هشتم این کتاب در مورد آن صحبت خواهیم کرد، ولی در اینجا به طور مختصر شما را با پارامترهای مقاومتی خاک آشنا می‌کنیم.



برای شروع، شکل مقابل را در نظر بگیرید که در آن یک توده خاک، در امتداد فرضی $x-x$ به دو قسمت تقسیم شده است. فرض کنید شرایط به گونه‌ای است که قسمت بالا می‌خواهد به سمت راست و قسمت پایین بخواند به سمت چپ حرکت کرده و در نهایت این موضوع باعث گسیختگی خاک شود. در ادامه با بررسی چند سؤال از شکل فوق به بررسی پارامترهای مقاومتی خاک‌ها خواهیم پرداخت:

بررسی چند سؤال

سؤال ۱: به نظر شما چه چیزی در خاک وجود دارد که می‌تواند جلوی این حرکت‌ها را بگیرد؟

● پاسخ: برای این منظور دو عامل وجود دارد؛ این دو عامل اصطکاک بین ذرات خاک و نیز چسبندگی احتمالی بین ذرات می‌باشند که می‌توانند مانع از حرکت و گسیختگی خاک شوند.

سؤال ۲: عوامل مقاومتی فوق چه نام دارند و ما در مکانیک خاک آنها را با چه نمادی نشان می‌دهیم؟

● پاسخ: این عوامل پارامترهای مقاومت برشی خاک نام دارند و به صورت زیر نام‌گذاری و نشان داده می‌شوند:

۱- عامل اصطکاک $\leftarrow \phi = \text{زاویه اصطکاک داخلی خاک}$

۲- عامل چسبندگی $\leftarrow c = \text{چسبندگی خاک که ناشی از وجود رس می‌باشد.}$

سؤال ۳: نقش پارامترهای ϕ و c در خاک‌های دانه‌ای و رس‌ها چگونه است؟

● پاسخ: در خاک‌های دانه‌ای چسبندگی صفر بوده و عامل مقاومت خاک، صرفاً اصطکاک است. این در حالی است که در رس‌ها سه رفتار زیر وجود دارد:

۱- رس اصطکاکی که فاقد چسبندگی است، ۲- رس چسبنده که هر دو عامل اصطکاک و چسبندگی را دارد و ۳- رس صرفاً چسبنده که فاقد اصطکاک است.