به‌نام یکتا مهندس هستی...

فهـــــرست

فصل اول: پیدایش خاک‌ها و روابط وزنی و حجمی آنها

قسمت اول: نحوه پیدایش خاک‌ها و کانی‌های تشکیل‌دهنده آنها ۸
قسمت دوم: روابط وزنی و حجمی در خاک‌ها ۱۵
قسمت سوم: آشنایی با شیوه حل مسائل وزنی و حجمی ۲۵
افزایش مهارت و تسلط بیشتر ۳۵
تست‌های فصل اول ۴۰

فصل دوم: شناخت و نام‌گذاری خاک‌ها

قسمت اول: دانه‌بندی خاک‌ها ۵۲
قسمت دوم: آشنایی با حدود اتربرگ ۶۵
قسمت سوم: نام‌گذاری خاک‌ها ۷۴
قسمت چهارم: مباحث تکمیلی شناخت و نام‌گذاری خاک‌ها ۸۱
افزایش مهارت و تسلط بیشتر ۸۶
تست‌های فصل دوم ۹۰

فصل سوم: تراکم خاک

قسمت اول: مفهوم تراکم، آزمایش تراکم و تفسیر نتایج آن ۱۰۲
قسمت دوم: مفهوم درصد تراکم و حل مسائل اجرایی تراکم ۱۰۹
قسمت سوم: مباحث تکمیلی تراکم خاک ۱۱۳
افزایش مهارت و تسلط بیشتر ۱۱۷
تست‌های فصل سوم ۱۲۰

فصل چهارم: حرکت آب در خاک

قسمت اول: آشنایی با مفهوم انرژی آب در خاک ۱۲۶
قسمت دوم: مفهوم گرادیان هیدرولیکی و محاسبه سرعت حرکت آب در خاک ۱۳۲
قسمت سوم: تراوش یک بعدی آب در خاک های لایه‌بندی شده ۱۳۸
قسمت چهارم: حرکت دو بعدی آب در خاک و بررسی شبکه جریان ۱۴۸
قسمت پنجم: مباحث تکمیلی حرکت آب در خاک ۱۵۸
افزایش مهارت و تسلط بیشتر ۱۶۵
تست‌های فصل چهارم ۱۷۱

فصل پنجم: تنش مؤثر

قسمت اول: مفهوم تنش کل و تنش مؤثر ۱۹۰
قسمت دوم: بررسی حالت‌های خاص در محاسبه تنش مؤثر ۱۹۶
قسمت سوم: کاربرد اصل تنش مؤثر در محاسبه تنش مؤثر خاک‌های دارای تراوش ۲۰۶
قسمت چهارم: فشار تراوش و کاربرد آن در محاسبه تنش مؤثر خاک‌های دارای تراوش ۲۱۱
قسمت پنجم: پایداری خاک‌ها در برابر جوشش و بالازدگی ۲۱۷

فهرست

افزایش مهارت و تسلط بیشتر ۲۲۶
تست‌های فصل پنجم ۲۲۹

فصل ششم: توزیع تنش در خاک

قسمت اول: روش تقریبی ۲ به ۶ ..... ۱۲۴
قسمت دوم: روش بوسینسک و روش وسترگارد ۲۵۲
قسمت سوم: روش منحنی نیومارک ۲۶۵
افزایش مهارت و تسلط بیشتر ۲۶۷
تست‌های فصل ششم ۲۷۰

فصل هفتم: نشست خاک

قسمت اول: آشنایی با مفاهیم تحکیم و تورم در خاک رس ۲۸۰
قسمت دوم: آشنایی با آزمایش تحکیم یک بعدی و نکات مربوط به آن ۲۸۸
قسمت سوم: محاسبه نشست نهایی تحکیم اولیه ۲۹۲
قسمت چهارم: آشنایی با مفهوم درجه تحکیم ۳۰۴
قسمت پنجم: محاسبه نشست در حین تحکیم و آشنایی با پارامترهای سرعت تحکیم ۳۱۲
قسمت ششم: مباحث تکمیلی نشست خاک ۳۱۷
افزایش مهارت و تسلط بیشتر ۳۲۵
تست‌های فصل هفتم ۳۳۷

فصل هشتم: مقاومت برشی خاک

پیش فصل: دایره مور ۳۶۶
قسمت اول: مفاهیم پایه مقاومت برشی ۳۶۸
قسمت دوم: تحلیل روابط گسیختگی المان خاک ۳۷۷
قسمت سوم: نقش آب در مقاومت برشی خاک ۳۸۵
قسمت چهارم: مرور کلی بر آزمایش‌های مقاومت برشی خاک ۳۹۱
قسمت پنجم: انواع آزمایش‌های سه محوری و کاربرد آنها ۳۹۷
قسمت ششم: آشنایی با مفاهیم پس‌فشار، پارامترهای اسکمپتون و مسیر تنش ۴۱۲
افزایش مهارت و تسلط بیشتر ۴۲۳
تست‌های فصل هشتم ۴۳۳

فصل نهم: پایداری شیروانی‌های خاکی

قسمت اول: بررسی پایداری شیروانی‌های خاکی نامحدود ۴۵۴
قسمت دوم: بررسی پایداری شیروانی‌های خاکی محدود ۴۶۴
قسمت سوم: مباحث تکمیلی پایداری شیروانی‌های خاکی ۴۷۱
افزایش مهارت و تسلط بیشتر ۴۷۳
تست‌های فصل نهم ۴۷۷
آزمون‌های سراسری و دکتری از سال ۹۴ به بعد ۴۸۴

سخـــن مـــؤلف

مکانیک خاک یکی از دروس پایه و مهم در مهندسی عمران است که شاید آموزش و یادگیری آن در ابتدا مشکل به نظر برسد. ساختار آزمایشگاهی این درس، مفاهیم مشترک با درس مکانیک سیالات و از همه مهمتر فرمول‌های فراوان، همگی از مشکلات و دغدغه‌هایی است که می‌تواند دانشجویان را نسبت به مکانیک خاک کم علاقه کند. اما واقعیت این است که مکانیک خاک درس نسبتاً ساده‌ای است، به شرطی که آموزش آن به‌صورت صحیح و با یک دیدگاه مفهومی انجام شود.

پس از تألیف کتاب مکانیک خاک در سال ۷۹ و بازنویسی آن در سال ۸۹، اکنون و با توجه به نیازهای امروز دانشجویان و مهندسین گرامی، تصمیم به تألیف کتاب **نسل جدید مکانیک خاک** گرفتم که کاملاً متفاوت با دو کتاب قبلی است. در همین راستا و در جهت پر بارتر شدن کتاب و آماده شدن هر چه سریعتر آن، دوستان عزیزم آقایان دکتر محمد آهنگر و مهندس حسین فراهانی نیز با کمک‌های بی‌دریغ و ایده‌های تأثیرگذار خود مرا یاری کردند تا کتاب حاضر که پیش روی شما عزیزان قرار دارد، ظرف مدت کمتر از یکسال آماده شده و به چاپ برسد.

این کتاب که حاصل سال‌ها تجربه اینجانب در تدریس مکانیک خاک و نیز تجربیات خود و همکارانم در زمینهٔ تألیف کتاب‌های متعدد می‌باشد، به جرأت جزء بهترین کتاب‌های آموزشی مکانیک خاک در دنیاست. از ویژگی‌های این کتاب می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- متن درس که شـامل مفاهیم اصلی و نکات عمیق مکانیک خاک اسـت، با روشی آسـان و زبانی ساده بیان شده است تا با شیوهٔ آموزشی منحصر به فرد خود، تداعی‌کنندهٔ یک کلاسِ درس جذاب باشد.

۲- نکات و مطالب مبهم و پیچیده در مکانیک خاک، با جزئیات و به شیوه‌ای دقیق شرح داده شده‌اند تا دانشجویان عزیز در پایان مطالعهٔ این کتاب به‌طور کامل بر این درس مسلط شوند.

۳- در پایان درسنامهٔ هر فصل، تمریناتی با عنوان «افزایش مهارت و تسلط بیشتر» قرار گرفته است تا دانشجویان علاقمند، با حل و بررسی این مسائل نسبتاً دشوار، به بالاترین سطح آمادگی در این درس برسند.

۴- تمرینات متن درس و تسـت‌های آخر فصل، ترکیبی از سـؤالات آزمون‌های سراسـری و مسائل تألیفی هستند و در انتخاب و ترتیب آنها، نهایت دقت صورت گرفته است تا با روند آموزشی کتاب هماهنگ باشند و به مهارت دانشجویان گرامی در این درس، به‌تدریج اضافه کنند.

در نگارش این کتاب تلاش زیادی صورت گرفته است تا کتاب با کمترین ایراد در اختیار شما عزیزان قرار گیرد، ولی به هر حال وجود نقایص احتمالی دور از ذهن نمی‌باشد. از این‌رو از استادان گرانقدر و دانشجویان فهیم تقاضا می‌شود تا با مراجعه به سایت سری عمران، قبول زحمت کرده و ما را در رفع مشکلات کتاب یاری دهند.

در خاتمه از دوسـتان عزیزم جناب آقای دکتر آهنگر و جناب آقای مهندس فراهانی تشـکر می‌کنم که مرا در نگارش این کتاب یاری دادند. همچنین از جناب آقای دکتر شریفیان مدیریت مؤسسه سری عمران و نیز سرکار خانم طاهره نجفی که واژه‌نگاری، صفحه‌آرایی و طراحی کلیه شـکل‌های کتاب به عهده ایشـان بود نهایت سپاس را دارم. امید است تلاش مجموعهٔ سری عمران در ارائه این کتاب مورد قبول دانشجویان و مهندسین گرامی واقع شود.

موفق و پیروز باشید

ساسان امیرافشاری

A-۱- نحوهٔ پیدایش خاک‌ها

به‌طور کلی اصلی‌ترین بخش تشکیل‌دهندهٔ لایهٔ سطحی زمین، خاک و سنگ می‌باشند که منشاء پیدایش هر دوی آنها یکی است. در عمل می‌توان گفت در طبیعت، خاک از تخریب سنگ به‌وجود می‌آید که این تخریب، می‌تواند به‌صورت فیزیکی یا شیمیایی باشد.

در ادامه با بررسی چند سؤال، بحث فوق را بهتر درک خواهیم کرد:

بررسی چند سوال

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

پاسخ: در یک فرآیند فیزیکی مثل آب شدن یخ، ماهیت مادهٔ اولیه عوض نمی‌شود. این در حالی است که در یک فرآیند شیمیایی مثل سوختن یک تکه چوب، ماهیت مادهٔ اولیه تغییر می‌کند.

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 درشت‌دانه هستند، خاک‌های دانه‌ای نام دارند و ویژگی مهم آنها این است که ماهیت یکسانی با سنگ مادر (سنگ اصلی تشکیل‌دهنده‌شان) 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 می‌شوند و ویژگی مهم آنها این است که ماهیت آنها با سنگ مادر متفاوت می‌باشد.

نتیجه: خاک‌های دانه‌ای از تخریب فیزیکی و خاک‌های رسی از تخریب شیمیایی سنگ‌ها به‌وجود می‌آیند. این موضوع نشان می‌دهد که خاک‌های دانه‌ای قابلیت تخریب شیمیاییِ بیشتر را دارند، در حالی‌که خاک‌های رسی به اندازهٔ‌کافی دچار تخریب شیمیایی شده‌اند و احتمال تخریب شیمیاییِ بیشتر در آنها کم است.

تمرین ۱: درمورد چگونگی شکل‌گیری و نحوهٔ پیدایش انواع خاکها، کدام عبارت صحیح می‌باشد؟ (سراسری - ۸۳)

۱) خاکهای دانه‌ای از تخریب شیمیایی سنگ‌ها به‌وجود آمده‌اند.

۲) خاکهای ریزدانه رسی از تخریب مکانیکی سنگ‌های دگرگونی به‌وجود آمده‌اند.

۳) رس‌ها از روند تخریب فیزیکی خاک به‌وجود می‌آیند و شکل دانه‌های آن صفحه‌ای است.

۴) رس‌ها از روند تخریب شیمیایی خاک به‌وجود می‌آیند و ممکن است ترکیبات شیمیایی متفاوتی داشته باشند.

حل: با توجه به مطالب گفته شده، گزینهٔ (۴) جواب درست است.

A-۲- طبقه‌بندی انواع خاک‌ها

خاک‌ها براساس اندازهٔ دانه‌ها و نیز رفتارشان در برابر رطوبت، به دو صورت به شرح زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

الف) طبقه‌بندی براساس اندازهٔ دانه‌های خاک: در این طبقه‌بندی، خاک‌ها به دو دستهٔ درشت‌دانه و ریزدانه تقسیم می‌شوند که درشت‌دانه‌ها شامل شن و ماسه و ریزدانه‌ها نیز شامل لای (سیلت) و رس می‌باشند. دقت شود که شن‌ها درشت‌تر از ماسه‌ها هستند و همچنین ابعاد لای‌ها از رس‌ها بزرگتر است.

قسمت اول (نحوه پیدایش خاک‌ها و کانی‌های تشکیل دهنده آنها)

زیر شاخه‌های قسمت اول

A-۱- نحوهٔ پیدایش خاک‌ها
A-۲- طبقه‌بندی انواع خاک‌ها
A-۳- انواع کانی‌های تشکیل‌دهندهٔ خاک‌ها
A-۴- تحلیل رفتار خاک‌ها در برابر رطوبت
A-۵- ساختمان خاک
A-۶- آشنایی با پارامترهای مقاومتی در خاک

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

- طبقه‌بندی (الف)
  - درشت‌دانه
    - شن (درشت‌تر)
    - ماسه (ریزتر)
  - ریزدانه
    - لای (بزرگتر)
    - رس (کوچکتر)
- طبقه‌بندی (ب)
  - دانه‌ای
    - شن
    - ماسه
    - لای
  - چسبنده: رس

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

حل: 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 اندازهٔ 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 ادامهٔ بحث به آن بپردازیم.

A-۳- انواع کانی‌های تشکیل‌دهندهٔ خاک‌ها

اگر به یک تودهٔ 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 تشکیل‌دهندهٔ خاک‌های دانه‌ای می‌باشند و **کائولینیت**، **ایلیت** و **مونت موریلونیت** (مونموریونیت) نیز کانی‌هایی هستند که اکثر رس‌ها از آنها تشکیل شده‌اند.

در ادامه با توجه به نقش کانی‌های رسی در جذبِ 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 کانیِ خاک‌های دانه‌ای صرف‌نظر می‌کنیم.

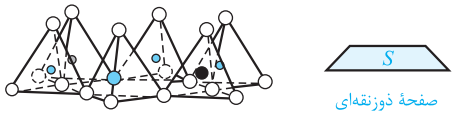
کانی‌های رسی

کانی‌های رسی، سیلیکات‌های آلومینیوم با ساختار پیچیده می‌باشند که از واحدهای بنیادیِ چهار وجهی سیلیکا (sio_2) و هشت وجهی آلومین (AL_2O_3) تشکیل یافته‌اند.

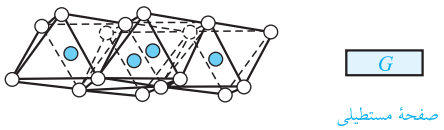
نحوهٔ شکل‌گیری کانی‌های رسی به این ترتیب است که:

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

الف) به هم پیوستن سیلیکاها و تشکیل صفحهٔ ذوزنقه‌ای یا صفحهٔ سیلیکا (S)

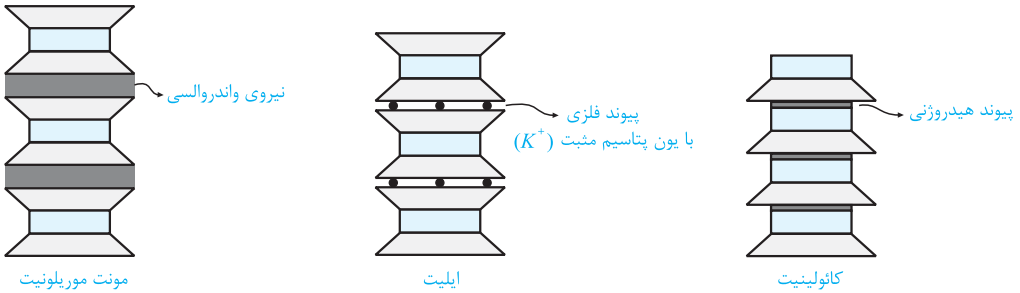


ب) به هم پیوستن آلومین‌ها و تشکیل صفحهٔ مستطیلی یا صفحهٔ گیبسیت (G)



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

سپس از به هم پیوستن واحدهای ساختمانی، کانی‌های رسیِ کائولینیت، ایلیت و مونت‌موریلونیت به‌صورت 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 مونت موریلونیت‌ها 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 مونت موریولونیت‌ها قوی‌تر است.

مونت موریلونیت < ایلیت < کائولینیت : از نظر قدرت پیوند شیمیایی

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

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

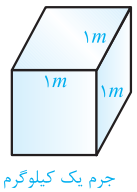
۳) ترتیب ابعاد کانی‌های رسی نیز مانند پیوند آنهاست به این شکل که ابعاد کائولینیت‌ها از ایلیت‌ها بزرگتر است و ابعاد ایلیت‌ها نیز از مونت موریلونیت‌ها بزرگتر می‌باشد.

مونت موریلونیت < 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 به‌دست می‌آوریم:

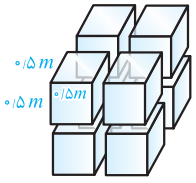


جرم یک کیلوگرم

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

(تعداد وجوه مکعب)

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



$$\frac{\text{مساحت جانبی}}{\text{جرم}} = \frac{(0/5\times 0/5)\times \boxed{6}\times \boxed{8}}{1} = 12\ m^2/kg$$

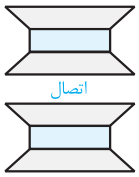
(تعداد وجوه مکعب) (تعداد مکعب‌ها)

به‌طور کلی نسبت مساحت جانبی یک جسم به جرم آن را **سطح ویژه** یا **سطح مخصوص** می‌نامند و همانطورکه ملاحظه می‌کنید، هر چقدر جسم ریزتر می‌شود و ابعادِ قطعات تشکیل‌دهندهٔ آن کوچکتر می‌شوند، سطح ویژهٔ آن بزرگتر می‌گردد. حال اگر بخواهیم سطح ویژهٔ انواع خاک‌ها را با هم مقایسه کنیم، در آن‌صورت برای یک تودهٔ 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 ویژهٔ 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؟ (سراسری - ۸۷)



۱) با باند هیدروژن مثبت
۲) با یون k مثبت
۳) با باند هیدروکسیل منفی
۴) با مولکول‌های آب

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

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

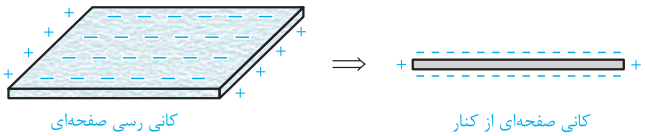
۱) مونت موریلونیت ۲) کائولینیت ۳) هالوزیت ۴) ایلیت

● 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 گزینهٔ (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 ذرهٔ رسی صفحه‌ای شکل داریم، مطالعات نشان می‌دهد که در این حالت سطح ذرهٔ رس، به‌علت نوع ترکیب شیمیایی رس‌ها دارای بار منفی است و دو گوشهٔ این صفحه بار مثبت دارند:



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

بررسی چند سوال

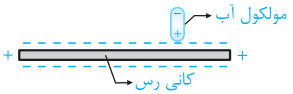
سؤال ۱: چرا سطح ذرات رس دارای بار منفی می‌باشد؟

● 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 **پدیدهٔ جانشینی ایزومرفیک** گفته می‌شود (فکر خودتان را مشغول نکنید، موضوع پر اهمیتی نیست!).

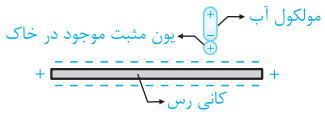
سؤال ۲: وجود بارهای منفی فراوان روی سطح رس، چگونه می‌توانند باعث جذب آب در رس شوند؟

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

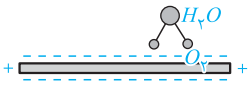
۱) مولکول دو قطبی آب به طور مستقیم از قسمت مثبت خود به سطح رس که دارای بار منفی است، نزدیک شده و جذب می‌شود.



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.

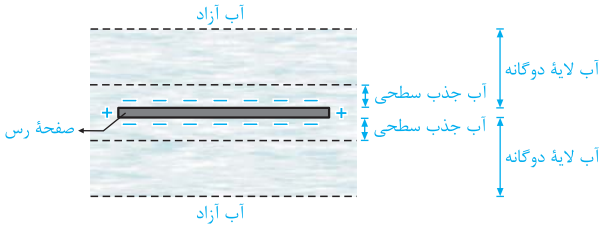


۳ اتم‌های هیدروژن در مولکول‌های آب، به علت پیوند هیدروژنی، توسط اتم‌های اکسیژن موجود در سطح ذرات رس جذب می‌شوند و به این ترتیب آب جذب رس می‌گردد. توجه کنید که این مکانیزم ربطی به دو قطبی بودن مولکول آب ندارد و نسبت به دو مکانیزم قبلی، کمتر اتفاق می‌افتد.



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 لایهٔ دوگانه** نامیده می‌شوند که به داخلی‌ترین بخش آب لایهٔ دوگانه، **آب جذب سطحی** می‌گوییم.



اگرچه تمام آب لایهٔ دوگانه با جاذبهٔ 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 به‌صورت یک تودهٔ 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 ویژهٔ 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 نتیجهٔ مهم می‌توان گرفت:

۱ عامل ایجاد آب جذب سطحی، دو قطبی بودن مولکول‌های آب و بزرگ بودن سطح ویژه در رس‌هاست.

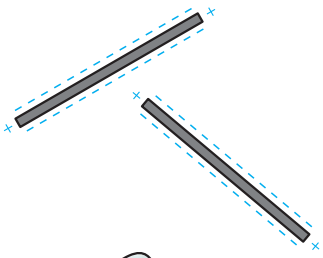
۲ هر چه سطح ویژهٔ کانی رسی بزرگتر باشد، آب بیشتری جذب کرده و بیشتر متورم می‌شود (باد می‌کند). بنابراین می‌توان با توجه به بزرگتر بودن سطح ویژهٔ مونت موریلونیت‌ها نسبت به ایلیت‌ها و نیز ایلیت‌ها نسبت به کائولینیت‌ها، ترتیب بیشتر بودن جذب آب و قابلیت تورم در کانی‌های رسی را به‌صورت زیر بیان کرد:

مونت موریلونیت > ایلیت > کائولینیت

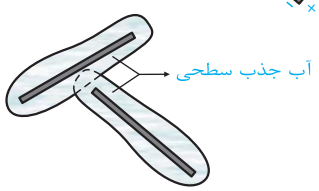
سؤال ۶: به‌نظر شما آیا فقط آب جذبی سطحی باعث چسبناک شدن رس می‌شود یا رس خشک هم چسبندگی دارد؟

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 جاذبهٔ 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 تودهٔ رسی به‌صورت یک خمیر شکل‌پذیر 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 سه تست زیر می‌پردازیم.

تمرین ۵: کدام عبارت درمورد خاکهای رس صحیح می‌باشد؟ (سراسری - ۸۴)

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 به‌وجود 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

حل: همانطورکه دیدید، دو قطبی بودن مولکول آب و بزرگ بودن سطح ویژه (سطح مخصوص) علت به‌وجود 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 گزینهٔ (۱) پاسخ درست این تست است.

تمرین ۶: کدام‌یک از جملات زیر درمورد خاصیت خمیری خاکهای ریزدانه رسی صحیح است؟ (سراسری - ۸۵)

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.

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

بزرگ بودن سطح ویژه + قطبی بودن مولکول آب ⇐ ایجاد آب جذب سطحی ⇐ ایجاد خاصیت خمیری

تمرین ۷: کدام‌یک از گزینه‌های زیر در مورد چسبندگی خاک رس صحیح می‌باشد؟

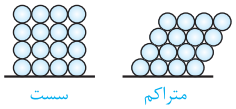
۱) چسبندگی رس خشک در اثر نیروهای جاذبه و دافعه الکترواستاتیکی بین کانی‌های رسی به‌وجود می‌آیند.
۲) چسبندگی در رس مرطوب ناشی از آب جذب سطحی بوده و باعث رفتار خمیری در رس می‌شود.
۳) چسبندگی در رس خشک ناشی از نیروهای جاذبه الکترواستاتیکی است و در صورت مرطوب شدن رس، عامل ایجاد رفتار خمیری رس است.
۴) چسبندگی در رسِ مرطوب ناشی از نیروهای جاذبه الکترواستاتیکی بین کانی‌های رسی است.

حل: با توجه به توضیحات متن درس و دو تست قبلی، گزینه (۲) پاسخ درست این تست است.

۵-A- ساختمان خاک

به‌ترتیب 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 به‌صورت زیر می‌باشد:

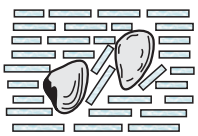
- خاک‌های دانه‌ای
  - ساختمان تک‌دانه‌ای



  - ساختمان لانه زنبوری

- خاک‌های چسبنده
  - ساختمان مجتمع یا فولکوله (نامنظم)

  - ساختمان پراکنده یا لایه‌ای (منظم)



تست‌های فصل اول

۱- کدام‌یک از عبارات زیر درمورد کانی‌های رسی صحیح است؟

۱) پایداری کائولینیت‌ها از ایلیت‌ها بیشتر است ولی از مونت‌موریلونیت‌ها کمتر می‌باشد.
۲) ابعاد ایلیت‌ها از مونت‌موریلونیت‌ها و کائولینیت‌ها کمتر است.
۳) تمایل به جذب آب در مونت‌موریلونیت‌ها بیشتر از کائولینیت‌ها و ایلیت‌ها می‌باشد.
۴) هرسه مورد فوق صحیح می‌باشند.

۲- در مورد خواص روانی و خمیری خاکهای ریزدانه رسی می‌توان گفت که ... عامل رفتار خمیری و ... باعث بروز خاصیت روانی خاکهای مذکور می‌شوند. (سراسری-۸۰)

۱) آب جذب سطحی، قطبی بودن مولکول آب
۲) آب جذب سطحی، آب آزاد
۳) قطبی بودن مولکول‌های آب، وجود یون‌های پتاسیم و کلسیم و سدیم
۴) جایگزینی اتم‌های با ظرفیت کمتر در مولکول‌های خاک رس، جایگزینی فلزها با ظرفیت بیشتر

۳- علت اصلی چسبندگی در خاک‌های رسی وجود بارهای ... می‌باشد. (سراسری-۸۸)

۱) الکترواسمزی ۲) الکترواستاتیکی ۳) الکترومغناطیسی ۴) هیدرواستاتیکی

۴- رطوبت یک نمونه خاک اشباع ۲۰ درصد و چگالی دانه‌های جامد آن $G_s = ۲/۵$ می‌باشد. تخلخل (پوکی) این خاک کدام است؟

۱) ۰/۵ ۲) ۰/۶۷ ۳) ۰/۳۳ ۴) ۰/۴۵

۵- اگر G_s چگالی دانه‌های جامد خاک، ω میزان رطوبت، e نشانهٔ خلاء، n پوکی و A درصد هوای خاک باشد، در آن‌صورت حاصل عبارت $(\frac{e}{n})A$ کدام است؟

۱) $e+G_s$ ۲) $e-\omega G_s$ ۳) $۱+\omega G_s$ ۴) هیچکدام

۶- کدام رابطه، بین چگالی دانه‌های جامد خاک G_s، درجه اشباع S_r، نشانهٔ خلاء (ضریب تخلخل) e و درصد رطوبت ω برقرار می‌باشد؟ (سراسری - ۸۸)

۱) $\frac{G_s}{e}=\frac{\omega}{S_r}$ ۲) $\frac{G_s}{۱+e}=\frac{S_r}{\omega}$ ۳) $\frac{G_s}{e}=\frac{S_r}{\omega}$ ۴) $\frac{G_s}{۱+e}=\frac{\omega}{S_r}$

۷- اگر نسبت حجم فضای خالی به حجم دانه‌های جامد یک خاک برابر ۰/۸ و چگالی دانه‌های جامد و درجه اشباع خاک به‌ترتیب برابر ۲/۵ و ۰/۷۵ باشند، در آن‌صورت جرم مخصوص این خاک برحسب $(gr/cm^۳)$ چقدر است؟

۱) ۱/۵ ۲) ۱/۶۷ ۳) ۱/۷۲ ۴) ۱/۹

۸- خاکی با رطوبت ۰/۲ تا رسیدن به اشباع ۸۱ درصد، متراکم می‌شود. اگر چگالی دانه‌های جامد خاک $G_s = ۲/۷$ باشد، وزن مخصوص حالت خشک و اشباع خاک در این حالت به‌ترتیب کدامند؟ $(\gamma_w = ۱۰ kN/m^۳)$

۱) $۱۶/۸ kN/m^۳$, $۲۰/۲ kN/m^۳$ ۲) $۱۶/۲ kN/m^۳$, $۲۰/۲ kN/m^۳$
۳) $۱۶/۸ kN/m^۳$, $۱۹/۴ kN/m^۳$ ۴) $۱۶/۲ kN/m^۳$, $۱۹/۴ kN/m^۳$

۹- وزن مخصوص خشک خاکی ۰/۸ وزن مخصوص حالت اشباع آن است. اگر تخلخل نمونه برابر ۰/۴ باشد، در آنصورت وزن مخصوص خشک (γ_d) برابر است با: $(\gamma_w = ۱۰ kN/m^۳)$

۱) $۱۶ kN/m^۳$ ۲) $۱۸ kN/m^۳$ ۳) $۲۰ kN/m^۳$ ۴) $۲۲ kN/m^۳$

۱۰- مقداری ماسه خشک در لولهٔ استوانه‌ای شکل به مساحت $۲۰۰cm^۲$ و ارتفاع $۷۵cm$ ریخته شده است. حجم آب لازم برای اشباع نمودن خاک درون استوانه $۵۰۰۰cm^۳$ است. وزن مخصوص خشک ماسه چند $gr/cm^۳$ است؟ $(\gamma_s = ۲/۷ gr/cm^۳)$

۱) ۲ ۲) ۱/۸ ۳) ۱/۶۷ ۴) ۱/۵

۱۱- وزن ۲۰۰۰ سانتی‌متر مکعب از خاکی ۴۰۰۰ گرم و وزن ۱۸۰ گرم از آن خاک بعد از خشک شدن در کوره ۱۵۰ گرم می‌شود. اگر چگالی دانه‌های جامد خاک ۲/۶۷ باشد، در این‌صورت نسبت تخلخل این خاک کدام است؟

۱) ۰/۵ ۲) ۰/۵۵ ۳) ۰/۶ ۴) ۰/۶۵

۱۲- در تست قبل، وزن مخصوص خشک خاک gr/cm^3 ... بوده و تقریباً gr ... آب، نمونه را اشباع خواهد کرد.

۱) ۱/۶۷ و ۸۳ ۲) ۱/۷۵ و ۸۳ ۳) ۱/۷۵ و ۱۳۸ ۴) ۱/۶۷ و ۱۳۸

۱۳- در یک تست نفوذپذیری، حجم نمونه اشباع $320\,cc$ و وزن خشک نمونه $540\,gr$ و چگالی دانه‌ها $G_S = 2/7$ است. تخلخل (n) این نمونه عبارت است از: (سراسری - ۷۳)

۱) ٪۳۷/۵ ۲) ٪۴۵/۵ ۳) ٪۳۵ ۴) ٪۵۵

۱۴- یک متر مکعب از خاک خشکی دارای وزن $1900\,kg$ است. به درون این خاک $300\,kg$ قلوه سنگ بزرگ با $\gamma_s = 3000\,kg/m^3$ اضافه می‌کنیم. وزن مخصوص خاک مخلوط جدید چند kg/m^3 خواهد شد؟

۱) ۲۰۲۰ ۲) ۲۲۰۰ ۳) ۲۰۰۰ ۴) ۲۴۵۰

۱۵- از خاکی با میزان رطوبت ۰/۲ و چگالی دانه‌های ۲/۶۵، نمونه‌ای به وزن ۶۰۰ گرم برداشته شده و با ۱۳/۵ گرم پارافین اندود می‌شود. سپس نمونه مذکور در ظرف مدرجی انداخته می‌شود که در این حالت ۳۱۵ سانتی‌متر مکعب، افزایش حجم به‌وجود می‌آورد. اگر وزن مخصوص پارافین gr/cm^3 ۰/۹ باشد، نسبت تخلخل خاک چقدر است؟

۱) ۰/۵ ۲) ۰/۵۹ ۳) ۰/۶۵ ۴) ۰/۶۷

۱۶- خاکریزی با ۲۰ درصد رطوبت، متراکم و وزن مخصوص مرطوب آن به $20\,kN/m^3$ رسیده است. اگر چگالی دانه‌های آن ۲/۵ باشد، درصد اشباع خاکریز را تعیین کنید. $(\gamma_w = 10\,kN/m^3)$

۱) ٪۵۸ ۲) ٪۶۷ ۳) ٪۸۵ ۴) ٪۱۰۰

۱۷- یک لایه خاک درشت‌دانه به ضخامت ۵ متر برروی یک بستر سنگی قرار دارد. لایهٔ مورد نظر خشک بوده و وزن مخصوص آن برابر kg/m^3 ۱۸۰۰ می‌باشد. چند سانتی‌متر بارندگی در منطقه باعث اشباع شدن این لایه می‌گردد؟ از تبخیر و خروج آب از لایهٔ مذکور صرف‌نظر کنید و چگالی دانه‌های جامد خاک را برابر ۲/۷ درنظر بگیرید.

۱) ۲۵۰ ۲) ۱۶۷ ۳) ۱۵۰ ۴) ۱۳۳

۱۸- یک نمونه خاک با رطوبت ۲۰ درصد و نسبت تخلخل $\frac{2}{3}$ موجود است. اگر درصد رطوبت خاک دوبرابر شود، در آن‌صورت درجه اشباع خاک چه تغییری می‌کند؟ $(G_S = 2/5)$

۱) دوبرابر می‌شود. ۲) $\frac{3}{2}$ برابر می‌شود. ۳) $\frac{4}{3}$ برابر می‌شود. ۴) تغییری نمی‌کند.

۱۹- درجهٔ اشباع یک خاک با ثابت ماندن حجم آن، افزایشی به اندازه ۲۵ درصد مقدار اولیه داشته است، در آن‌صورت:

۱) نسبت تخلخل خاک، ۰/۸ مقدار اولیه خواهد شد.
۲) میزان رطوبت خاک، ۱/۲۵ برابر مقدار اولیه خواهد شد.
۳) نسبت تخلخل و میزان رطوبت، به‌ترتیب ۰/۸ و ۱/۲۵ برابر مقدار اولیه خواهند شد.
۴) ۰/۲۵ به میزان رطوبت خاک اضافه خواهد شد.

۲۰- یک نمونه خاک با چگالی دانه‌های جامد ۲/۵، نسبت تخلخل ۰/۵ و ۲۰ درصد رطوبت موجود است. چقدر آب به آن اضافه کنیم (برحسب گرم) تا حجم نمونه $25\,cm^3$ افزایش یابد؟

۱) ۱۲/۵ ۲) ۲۵
۳) ۵۰ ۴) اطلاعات داده شده کافی نمی‌باشد.

۲۱- وزن مخصوص خشک یک نمونه خاک، با افزایش رطوبت کم شده است. کدام اظهارنظر درمورد این خاک صحیح است؟

۱) حجم نمونه دراثر افزایش رطوبت تغییری نکرده است ولی خاک اشباع شده است.
۲) حجم نمونه دراثر افزایش رطوبت افزایش یافته است ولی خاک اشباع نشده است.
۳) حجم نمونه دراثر افزایش رطوبت تغییری نکرده است و خاک ممکن است اشباع شده باشد.
۴) حجم نمونه دراثر افزایش رطوبت افزایش یافته است و خاک اشباع شده است.

۲۲- به هنگام افزودن آب به یک نمونه خاک، ... الزاماً افزایش می‌یابد.

۱) نسبت تخلخل خاک
۲) نسبت تخلخل و چگالی دانه‌های جامد خاک
۳) میزان رطوبت خاک
۴) میزان رطوبت و درجهٔ اشباع خاک

۲۳- نمونه‌ای از رس اشباع به حجم $105\,cm^3$ و وزن $210\,gr$ بعد از خشک شدن در کوره $15\,cm^3$ کاهش حجم داده و وزنش نیز به $175\,gr$ می‌رسد. چگالی دانه‌های جامد خاک کدام است؟

۱) ۲/۵ ۲) ۲/۶ ۳) ۲/۶۷ ۴) ۲/۷۳

۲۴- یک نمونه خاک به حجم $1000\,cm^3$ و وزن $1800\,gr$ موجود است. وزن خشک این خاک $1500\,gr$ و چگالی دانه‌های آن ۲/۶۵ تعیین گردیده است. اگر نمونه مذکور بدون کاهش حجم به میزان ۰/۱ از رطوبت خود را ازدست دهد، در آن‌صورت وزن مخصوص طبیعی آن چند gr/cm^3 خواهد شد؟

۱) ۱/۸ ۲) ۱/۷۵ ۳) ۱/۶۵ ۴) ۱/۶

۲۵- یک نمونه از خاک خشکی با مقداری آب که معادل ۲۰ درصدِ وزن خاک است، به‌طور یکنواخت مخلوط و به‌صورت یک استوانهٔ یک لیتری متراکم شده و وزن آن ۱/۸ کیلوگرم تعیین شده است. اگر چگالی دانه‌های جامد این خاک برابر ۲/۵ باشد، در آن‌صورت نسبت تخلخل استوانه یک لیتری برابر است با:

۱) ۰/۹۵ ۲) ۰/۶۷ ۳) ۰/۵ ۴) ۰/۳۳

۲۶- قرضه‌ای با رطوبت طبیعی ۲۰ درصد و وزن مخصوص $1920\,kg/m^3$، جهت اجرای یک خاکریز متراکم به‌کار می‌رود. برای انتقال خاک از قرضه به محل اجرای خاکریز از کامیون‌هایی به ظرفیت $12\,m^3$ استفاده می‌شود. وزن آب حمل شده توسط هر کامیون چند ton است؟

۱) ۱۹/۲ ۲) ۱۲/۹ ۳) ۳/۸۴ ۴) ۲

۲۷- از یک منبع قرضه، خاکی با چگالی دانه‌های ۲/۷ و نشانهٔ خلاء ۰/۸ برداشته شده و جهت احداث یک خاکریز به محل کارگاه حمل می‌شود. پس از اجرای خاکریز متراکم، میزان رطوبت و وزن مخصوص خاک به‌ترتیب ۰/۲ و $21/6\,kN/m^3$ به‌دست آمده است. حجم خاک قرضهٔ لازم، جهت احداث ۱/۰ مترمکعب خاکریز متراکم چند مترمکعب است؟ ($\gamma_w = 10\,kN/m^3$)

۱) ۱/۲ ۲) ۱/۳۳ ۳) ۰/۸۳ ۴) ۰/۷۵

۲۸- خاکی در حالت طبیعی خود در منبع قرضه دارای ۲۰٪ رطوبت و وزن مخصوص $18\,kN/m^3$ می‌باشد. این خاک به مکان موردنظر حمل شده و متراکم می‌گردد. وزن مخصوص خاک در حالت متراکم برابر $22\,kN/m^3$ و درصد رطوبت آن ۱۰٪ می‌باشد. برای یک مترمکعب خاکریز متراکم چه حجمی از خاک طبیعی موردنیاز می‌باشد؟ (برحسب m^3) (سراسری - ۸۳)

۱) ۱/۳۳ ۲) ۱/۲۵
۳) ۰/۷۵ ۴) ۰/۶۷

۲۹- یک کلوخه از خاک خشک با وزن $W = 400\,gr$ و حجم اولیه $V = 250\,cm^3$ را در داخل ظرف مدرجی انداخته‌ایم و در نهایت حجم آب داخل ظرف $150\,cm^3$ افزایش یافته است. وزن مخصوص این کلوخه را در حالت اشباع آن بیابید.

۱) $1/6\,gr/cm^3$ ۲) $1/8\,gr/cm^3$ ۳) $2\,gr/cm^3$ ۴) $2/2\,gr/cm^3$

۳۰- یک کامیون، ۴/۴ تن خاک با رطوبت ۱۰٪ را بر روی زمین تخلیه کرده است. اگر به خاک ریخته شده روی زمین $1\,m^3$ آب اضافه کنیم، رطوبت جدید خاک چند درصد خواهد شد؟

۱) ۳۳٪ ۲) ۳۴٪ ۳) ۳۵٪ ۴) ۳۶٪

پاسخ تست‌های فصل اول

۱- (۳)

با مراجعه به توضیحات ارائه شده در مورد این سه نوع کانی رسی که در متن درس آمده است، می‌توان گفت چون مونت موریلونیت نسبت به بقیه سطح ویژهٔ بزرگتری دارد، بنابراین تمایل به جذب آب در آن بیشتر بوده و گزینهٔ (۳) صحیح است.

طبق توضیحات ارائه شده در همان قسمت می‌توانید علت نادرست بودن عبارت‌های مطرح شده در گزینه‌های (۱) و (۲) را ببینید.

۲- (۲)

در بخش (۴-A) توضیح داده شد که عامل رفتار خمیری و نیز بروز خاصیت روانی در خاک‌های رسی، به‌ترتیب آب جذب سطحی و آب آزاد می‌باشد.

۳- (۲)

طبق سؤال (۶) که در بخش (۴-A) مطرح شد، عامل اصلی خاصیت چسبندگی در رس‌ها، وجود نیروهای جاذبهٔ الکترواستاتیکی است.

۴- (۳)

چون ω، G_s و S_r را داریم (خاک اشباع است و $S_r = ۱$ می‌باشد)، بنابراین از رابطهٔ ترکیبی وزنی و حجمی استفاده کرده و به‌صورت زیر e را می‌یابیم:

$$\omega G_s = S_r e \Rightarrow ۰/۲ \times ۲/۵ = ۱ \times e \Rightarrow e = ۰/۵$$

حال در ادامه می‌توان تخلخل خاک (n) را به‌سادگی به‌دست آورد:

$$n = \frac{e}{۱+e} = \frac{۰/۵}{۱+۰/۵} = ۰/۳۳$$

۵- (۲)

ابتدا عبارت خواسته شده را به‌صورت زیر باز می‌کنیم:

$$\left(\frac{e}{n}\right) A = \frac{\frac{V_v}{V_s}}{\frac{V_v}{V}} \times \frac{V_a}{V} = \frac{\boxed{V_a}}{V_s} = \frac{V_v - V_w}{V_s} = \boxed{\frac{V_v}{V_s}} - \frac{V_w}{V_s}$$

($V_a = V_v - V_w$، $\frac{V_v}{V_s} = e$)

سپس مقدار $\frac{V_w}{V_s}$ را نیز به‌صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} V_w = \dfrac{W_w}{\gamma_w} \\ V_s = \dfrac{W_s}{G_s \gamma_w} \end{cases} \Rightarrow \frac{V_w}{V_s} = \frac{\frac{W_w}{\gamma_w}}{\frac{W_s}{G_s \gamma_w}} = \frac{W_w}{W_s} G_s = \omega G_s$$

و در نهایت حاصل عبارت داده شده در صورت سؤال برابر خواهد بود با:

$$\left(\frac{e}{n}\right) A = e - \omega G_s$$

راه حل کوتاهتر: در تمرین (۱۵) در متن درس، دیدیم که رابطه زیر بین A، n و S_r برقرار است:

$$A = n(۱ - S_r)$$

حال با به‌کارگیری این رابطه در عبارت داده شده در صورت سؤال، خواهیم داشت:

$$\left(\frac{e}{n}\right) A = \frac{e}{n} \times n(۱ - S_r) = e - \boxed{eS_r} = e - \boxed{\omega G_s}$$

($\omega G_s = S_r e$)

۶- (۳)

با کمی دقت می‌توان مشاهده کرد که گزینهٔ (۳) در واقع همان رابطهٔ ترکیبی وزنی و حجمی یعنی رابطهٔ معروف $\omega G_s = S_r e$ می‌باشد، بنابراین همین گزینه پاسخ صحیح است.

۷- (۳)

جرم مخصوص یک خاک، رابطه‌ای مشابه با وزن مخصوص آن دارد. بنابراین برای نوشتن رابطه جرم مخصوص فقط کافیست در تمام رابطه به‌جای γ (وزن مخصوص) از ρ (جرم مخصوص) استفاده شود:

$$\gamma_t = \frac{G_s\,(1+\omega)\,\gamma_w}{1+e} \xrightarrow{\text{به جای } \gamma \text{ ها، } \rho \text{ می‌گذاریم.}} \rho_t = \frac{G_s\,(1+\omega)\,\rho_w}{1+e}$$

حال برای حل این تست، طبق اطلاعات صورت سؤال، می‌نویسیم:

$$\frac{V_v}{V_s} = e = ۰/۸$$

$$\omega G_s = S_r\, e \;\Rightarrow\; \omega \times ۲/۵ = ۰/۷۵ \times ۰/۸ \;\Rightarrow\; \omega = ۰/۲۴$$

و در نهایت مقدار ρ_t برابر می‌شود با:

$$\rho_t = \frac{۲/۵ \times (۱+۰/۲۴) \times ۱}{۱+۰/۸} = ۱/۷۲\ gr/cm^۳$$

۸- (۲)

ابتدا روابط وزن مخصوص‌های خشک و اشباع خاک را در نظر بگیرید:

$$\gamma_d = \frac{G_s\,\gamma_w}{1+e} \quad , \quad \gamma_{sat} = \frac{(G_s+e)\,\gamma_w}{1+e}$$

همانطورکه ملاحظه می‌کنید در این تست کافیست ابتدا نسبت تخلخل خاک (e) را محاسبه کنیم تا از این طریق γ_d و γ_{sat} نیز به‌دست آیند. برای محاسبهٔ e از رابطهٔ ترکیبی وزنی و حجمی استفاده کرده و می‌نویسیم:

$$\omega G_s = S_r\, e \;\Rightarrow\; ۰/۲ \times ۲/۷ = ۰/۸۱ \times e \;\Rightarrow\; e = \frac{۲}{۳}$$

و در نهایت γ_d و γ_{sat} به‌صورت زیر به‌دست می‌آیند:

$$\gamma_d = \frac{۲/۷ \times ۱۰}{۱+\frac{۲}{۳}} = ۱۶/۲\ kN/m^۳ \quad ، \quad \gamma_{sat} = \frac{(۲/۷+\frac{۲}{۳})}{۱+\frac{۲}{۳}} \times ۱۰ = ۲۰/۲\ kN/m^۳$$

۹- (۱)

طبق اطلاعات صورت سؤال، می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} n = \dfrac{e}{1+e} = ۰/۴ \;\Rightarrow\; ۰/۴ + ۰/۴e = e \;\Rightarrow\; e = \dfrac{۲}{۳} \\ \gamma_d = ۰/۸\,\gamma_{sat} \;\Rightarrow\; \dfrac{G_s\,\gamma_w}{1+e} = ۰/۸ \times \dfrac{(G_s+e)\,\gamma_w}{1+e} \;\Rightarrow\; G_s = ۰/۸\,G_s + ۰/۸e \end{cases}$$

$$\Rightarrow\; ۰/۲\,G_s = ۰/۸e = ۰/۸ \times \frac{۲}{۳} \;\Rightarrow\; G_s = \frac{۸}{۳}$$

و در نهایت وزن مخصوص خشک این خاک برابر می‌شود با:

$$\gamma_d = \frac{G_s\,\gamma_w}{1+e} = \frac{\frac{۸}{۳} \times ۱۰}{۱+\frac{۲}{۳}} = ۱۶\ kN/m^۳$$

۱۰- (۲)

در نمونهٔ مطرح شده، حجم کل (V) برابر حجم لولهٔ استوانه‌ای است:

$$V = (AH)_{\text{استوانه}} = ۲۰۰ \times ۷۵ = ۱۵۰۰۰\ cm^۳$$

از طرفی در صورت سؤال گفته شده که $۵۰۰۰\ cm^۳$ آب برای اشباع کردن نمونه لازم است، بنابراین با توجه به خشک بودن خاک می‌توان گفت، حجم حفرات خالی در این نمونه برابر $V_v = ۵۰۰۰\ cm^۳$ بوده و در نتیجه حجم دانه‌های جامد برابر می‌شود با:

$$V_s = V - V_v = ۱۵۰۰۰ - ۵۰۰۰ = ۱۰۰۰۰\ cm^۳$$

در ادامه نسبت تخلخل این خاک (e) نیز به‌سادگی و به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$e=\frac{V_v}{V_s}=\frac{۵۰۰۰}{۱۰۰۰۰}=۰/۵$$

از طرفی G_s این خاک برابر است با:

$$G_s=\frac{\gamma_s}{\gamma_w}=\frac{۲/۷}{۱}=۲/۷$$

پس در نهایت وزن مخصوص خشک خاک برابر خواهد بود با:

$$\gamma_d=\frac{G_s\,\gamma_w}{۱+e}=\frac{۲/۷\times ۱}{۱+۰/۵}=۱/۸\ gr/cm^۳$$

۱۱- (۳)

ابتدا با استفاده از اطلاعات داده شده در مورد نمونهٔ ۱۸۰ گرمی از این خاک، درصد رطوبت آن را می‌یابیم:

$$\begin{cases} W_s=\text{وزن خشک در کوره}=۱۵۰\ gr \\ W_w=W_{\text{نمونه}}-W_s=۱۸۰-۱۵۰=۳۰\ gr \end{cases} \Rightarrow \omega=\frac{W_w}{W_s}=\frac{۳۰}{۱۵۰}=۰/۲$$

حال وزن مخصوص خاک را طبق تعریف به‌صورت زیر به‌دست می‌آوریم:

$$\gamma_t=\frac{W_{\text{کل}}}{V_{\text{کل}}}=\frac{۴۰۰۰}{۲۰۰۰}=۲\ gr/cm^۳$$

و در نهایت با استفاده از رابطهٔ ترکیبی وزن مخصوص طبیعی، مقدار نسبت تخلخل خاک (e) به‌دست می‌آید.

$$\gamma_t=\frac{G_s\,(۱+\omega)\,\gamma_w}{۱+e} \Rightarrow ۲=\frac{\overbrace{۲/۶۷}^{=\frac{۸}{۳}}\,(۱+۰/۲)\times ۱}{۱+e} \Rightarrow ۱+e=\frac{\frac{۸}{۳}\times ۱/۲}{۲}=۱/۶ \Rightarrow e=۰/۶$$

۱۲- (۱)

وزن مخصوص خشک خاک به‌سادگی قابل محاسبه است:

$$\gamma_d=\frac{G_s\,\gamma_w}{۱+e}=\frac{\overbrace{۲/۶۷}^{\frac{۸}{۳}}\times ۱}{۱+۰/۶}=\frac{\frac{۸}{۳}}{۱/۶}=\frac{۵}{۳}\simeq ۱/۶۷\ gr/cm^۳$$

برای محاسبهٔ مقدار آب لازم جهت اشباعِ $۲۰۰۰\,cm^۳$ خاک داده شده، باید توجه داشته باشیم که این آب اضافی قرار است جای هوا را در تودهٔ خاک بگیرد. به‌عبارت دیگر اگر آب کاملاً جایگزین هوا شود، نمونه اشباع خواهد شد. به‌همین علت باید حجم هوای موجود در تودهٔ خاک (V_a) را بیابیم که برای این منظور به‌ترتیب مقابل عمل می‌کنیم:

$$V_a+V_w=V_v \Rightarrow V_a=V_v-V_w$$

- محاسبه V_v:

$$\begin{cases} V_v+V_s=۲۰۰۰\,cm^۳ \\ e=\frac{V_v}{V_s}=۰/۶=\frac{۳}{۵} \Rightarrow V_s=\frac{۵}{۳}V_v \end{cases} \Rightarrow V_v+\frac{۵}{۳}V_v=۲۰۰۰ \Rightarrow V_v=\frac{۲۰۰۰}{\frac{۸}{۳}}=۷۵۰\,cm^۳$$

- محاسبهٔ V_w:

$$\omega G_s=S_r\,e \Rightarrow ۰/۲\times ۲/۶۷=S_r\times ۰/۶ \Rightarrow S_r=\frac{۸}{۹}$$

$$S_r=\frac{V_w}{V_v} \Rightarrow \frac{۸}{۹}=\frac{V_w}{۷۵۰} \Rightarrow V_w=\frac{۲۰۰۰}{۳}\,cm^۳$$

- محاسبهٔ V_a:

$$V_a=V_v-V_w=\overbrace{۷۵۰}^{\frac{۲۲۵۰}{۳}}-\frac{۲۰۰۰}{۳}=\frac{۲۵۰}{۳}\simeq ۸۳\,cm^۳$$

یعنی در $۲۰۰۰\,cm^۳$ تودهٔ خاک مذکور، حجم هوا $۸۳\,cm^۳$ است و لذا برای اشباع کردن این خاک، باید $۸۳\,cm^۳$ آب به آن اضافه کنیم تا جای هوا را بگیرد. توجه کنید که $۸۳\,cm^۳$ آب معادل $۸۳\,gr$ آب می‌باشد. ($\gamma_w=۱\,gr/cm^۳$)