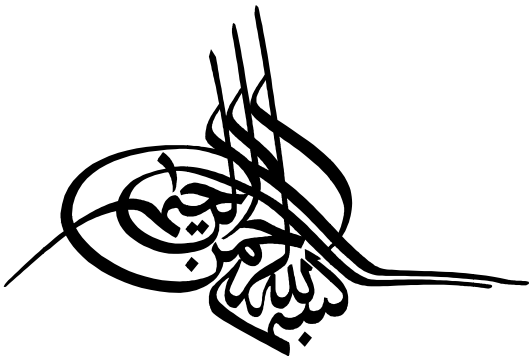


مکانیک خاک

سری کتاب‌های کمک آموزشی کارشناسی ارشد

مجموعه مهندسی عمران

مؤلف: عباس منوچهری

سرشناسه	: منوچهری، عباس
عنوان	: مکانیک خاک، مجموعه مهندسی عمران
مشخصات نشر	: تهران، مشاوران صعود ماهان، ۱۴۰۱
مشخصات ظاهری	: ۳۵۳ ص
فروست	: سری کتاب‌های کمک آموزشی کارشناسی ارشد
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۳۸۹-۱۷۰-۸
وضعیت فهرست نویسی	: فیپای مختصر
یادداشت	:این مدرک در آدرس http://opac.nlai.ir قابل دسترسی است.
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۸۸۹۴۸۵

نام کتاب: ..... مکانیک خاک

ناشر:.....مشاوران صعود ماهان

مدیر مسئول: ..... هادی سیاری- مجید سیاری

مولف:..... عباس منوچهری

مسئول پروژه: ..... سمیه بیگی

نوبت و تاریخ چاپ: ..... دوم / ۱۴۰۱

شمارگان: ..... ۱۰۰۰ جلد

قیمت:..... ۳/۲۹۰/۰۰۰ریال

شابک:..... ISBN: 978-600-389-170-8

انتشـــارات مشاوران صعود ماهان: خیابان ولیعصر، بالاتر از تقـاطع مطهری،

روبروی قنادی هتل بزرگ تهـــران، جنب بانک ملی، پلاک ۲۰۵۰

تلفن: ۴- ۸۸۱۰۰۱۱۳

سخن ناشر

«نون والقلم و ما یسطرون»

کلمه نزد خدا بود و خدا آن را با قلم بر ما نازل کرد.

به پاس تشکر از چنین موهبت الهی، موسسه ماهان درصدد برآمده است تا در راستای انتقال دانش و مفاهیم با کمک اساتید مجرب و مجموعه کتب آموزشی خود برای شما داوطلبان ادامه تحصیل در مقطع کارشناسی ارشد گام موثری بردارد.

امید است تلاش‌های خدمتگزاران شما در این موسسه پایه‌گذار گام‌های بلند فردای شما باشد.

مجموعه کتاب‌های کمک آموزشی ماهان به‌منظور استفاده داوطلبان کنکور کارشناسی ارشد سراسری و آزاد تالیف شده‌اند. در این کتاب‌ها سعی کرده‌ایم با بهره‌گیری از تجربه اساتید بزرگ و کتب معتبر داوطلبان را از مطالعه کتاب‌های متعدد در هر درس بی‌نیاز کنیم.

دیگر تالیفات ماهان برای سایر دانشجویان به‌صورت ذیل می‌باشد.

- **مجموعه کتاب‌های ۸ آزمون:** شامل ۵ مرحله کنکور کارشناسی ارشد ۵ سال اخیر به همراه ۳ مرحله آزمون تالیفی ماهان همراه با پاسخ تشریحی می‌باشد که برای آشنایی با نمونه سوالات کنکور طراحی شده است. این مجموعه کتاب‌ها با توجه به تحلیل ۳ ساله اخیر کنکور و بودجه‌بندی مباحث در هر یک از دروس، اطلاعات مناسبی جهت برنامه‌ریزی درسی در اختیار دانشجو قرار می‌دهد.
- **مجموعه کتاب‌های کوچک:** شامل کلیه نکات کاربردی در گرایش‌های مختلف کنکور کارشناسی ارشد می‌باشد که برای دانشجویان جهت جمع‌بندی مباحث در ۲ ماهه آخر قبل از کنکور مفید می‌باشد.

بدین‌وسیله از مجموعه اساتید، مولفان و همکاران محترم خانواده بزرگ ماهان که در تولید و به روزآوری تالیفات ماهان نقش موثری داشته‌اند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نماییم.

دانشجویان عزیز و اساتید محترم می‌توانند هرگونه انتقاد و پیشنهاد در خصوص تالیفات ماهان را از طریق سایت ماهان به آدرس mahan.ac.ir با ما در میان بگذارند.

موسسه آموزش عالی آزاد ماهان

سخن مؤلف

آدم و حوا کجا بود آن زمان　　که خدا افکند این زه در کمان
این سخن هم ناقص است و ابتر است　　آن سخن که نیست ناقص زآن سر است

تمام شاخه‌های مهندسی عمران اعم از راه، سازه، آب و ژئوتکنیک بر رفتار شناسی خاک استوار شده است. علم مکانیک خاک به طور عمده‌ای براساس روابط تجربی و آزمایشگاهی بنا شده و شناخت برخی از پارامترهای آن در کارهای عمرانی بسیار تاثیرگذار است. شالوده‌ها، تونل‌ها، سازه‌های زیرزمینی، مترو، راه سازی، سد سازی، پایدار سازی شیروانی‌ها، دیوارهای حایل و ... در ارتباط تنگاتنگ با مطالعه رفتار خاک است.

در این کتاب سعی بر این شده است تا بخش‌های اصلی و کاربردی مباحث مکانیک خاک در مقطع کارشناسی و آمادگی آزمون ارشد جمع‌آوری شود. ضمن معرفی عناوین، روابط و پارامترهای مختلف، نمونه مثال‌های آموزشی ارایه گردیده و در انتهای فصل‌ها نیز مجموعه تست‌های طبقه‌بندی شده آزمون‌های سراسری و آزاد سال‌های گذشته با پاسخ تشریحی آمده است. کتاب حاضر دانشجویان عزیز را از منابع دیگر برای مقطع کارشناسی و آمادگی آزمون ارشد بی‌نیاز می‌نماید.

در اینجا لازم است تا از کسانی که در تهیه مجموعه حاضر همکاری نموده‌اند به‌ویژه همسرم خانم بهار جعفری و بخش انتشارات موسسه ماهان تشکر و قدردانی نمایم. این مجموعه تقدیم به محضر انسان کامل می‌شود.

کتاب حاضر همانند هر کاری خالی از اشکال و ایراد نبوده و در جهت کاهش ایرادها در نسخه‌های بعدی خواهشمند است در صورت یافتن هرگونه غلط املایی، علمی، محتوایی یا تایپی در متن یا سوالات به آدرس رایانامه‌ای abmx888@yahoo.com پیام دهید.

فهرست

عنوان | صفحه

فصل اول: روابط وزنی و حجمی خاک ۷
مکانیک سنگ ۸
فرسایش سنگ‌ها ۹
کانی‌شناسی رس ۱۰
روابط وزنی و حجمی ۱۲
سوالات چهارگزینه‌ای سراسری و پاسخنامه فصل اول ۱۸
سوالات چهارگزینه‌ای آزاد و پاسخنامه فصل اول ۲۳
فصل دوم: دانه‌بندی و نام‌گذاری خاک‌ها ۳۱
دانه‌بندی خاک ۳۲
روش الک ۳۲
هیدرومتری ۳۷
خواص خمیری خاک‌های ریزدانه ۳۷
ویژگی‌های خمیری خاک ۴۰
نام‌گذاری خاک‌ها ۴۲
سوالات چهارگزینه‌ای سراسری و پاسخنامه فصل دوم ۴۷
سوالات چهارگزینه‌ای آزاد و پاسخنامه فصل دوم ۵۴
فصل سوم: تراکم خاک و آزمایش پروکتور ۶۳
تراکم خاک ۶۴
اهداف آزمایش تراکم ۶۵
نحوه انجام آزمایش تراکم آزمایشگاهی ۶۶
تراکم کارگاهی ۶۹
تأثیر دانه‌بندی خاک بر تراکم ۷۱
تراکم نسبی ۷۵
سوالات چهارگزینه‌ای سراسری و پاسخنامه فصل سوم ۷۶
سوالات چهارگزینه‌ای آزاد و پاسخنامه فصل سوم ۸۱
فصل چهارم: حرکت آب در خاک ۸۵
ضریب نفوذپذیری خاک ۸۹
تعیین ضریب نفوذپذیری خاک ۹۰
جوشش ماسه ۹۷
شبکه جریان ۱۰۱
فشار برکنش ۱۰۲
مصالح فیلتر ۱۰۵
سوالات چهارگزینه‌ای سراسری و پاسخنامه فصل چهارم ۱۰۶

سوالات چهارگزینه‌ای آزاد و پاسخنامه فصل چهارم ۱۲۰
فصل پنجم: تنش در خاک ۱۳۱
تنش‌های درجا ۱۳۲
کنترل تنش در انواع خاک ۱۴۲
توزیع تنش ناشی از سربار ۱۴۵
روان‌گرایی ماسه ۱۵۳
روابط الاستیک خاک‌ها ۱۵۴
سوالات چهارگزینه‌ای سراسری و پاسخنامه فصل پنجم ۱۵۵
سوالات چهارگزینه‌ای آزاد و پاسخنامه فصل پنجم ۱۶۸
فصل ششم: تحکیم و نشست خاک ۱۷۹
تحکیم اولیه ۱۸۱
تحکیم یک‌بعدی ۱۸۲
منحنی تحکیم خاک ۱۸۶
محاسبات نشست خاک پی ۱۸۹
تغییر شکل‌های کیفی پی ۱۹۶
روند تحکیم در یک لایه خاک ۱۹۶
تحکیم چندبعدی خاک ۲۰۰
سوالات چهارگزینه‌ای سراسری و پاسخنامه فصل ششم ۲۰۱
سوالات چهارگزینه‌ای آزاد و پاسخنامه فصل ششم ۲۲۱
فصل هفتم: مقاومت برشی خاک ۲۴۱
آزمایش برش مستقیم ۲۴۵
معیار گسیختگی موهر کولمب ۲۴۶
آزمایش ۳ محوری ۲۴۹
دست‌خوردگی در رس‌ها ۲۵۱
سوالات چهارگزینه‌ای سراسری و پاسخنامه فصل هفتم ۲۵۳
سوالات چهارگزینه‌ای آزاد و پاسخنامه فصل هفتم ۲۶۸
فصل هشتم: فشار جانبی توده خاک و دیوار حایل ۲۸۵
دیوار حایل ۲۸۶
فشارهای جانبی خاک در حالت سکون ۲۸۸
فشار جانبی خاک در حالت محرک ۲۹۰
فشار جانبی خاک در حالت مقاوم ۲۹۳
تئوری کولمب ۲۹۵
گودبرداری موقت ۲۹۷
سوالات چهارگزینه‌ای سراسری و پاسخنامه فصل هشتم ۲۹۹
سوالات چهارگزینه‌ای آزاد و پاسخنامه فصل هشتم ۳۱۶
فصل نهم: شیروانی‌ها ۳۲۵
پایداری ترانشه‌های نامحدود ۳۲۷
پایداری شیروانی‌های محدود ۳۳۰
سوالات چهارگزینه‌ای سراسری و پاسخنامه فصل نهم ۳۳۴
سوالات چهارگزینه‌ای آزاد و پاسخنامه فصل نهم ۳۳۴
سوالات و پاسخ کنکور سراسری ۹۵ ۳۴۷
منابع ۳۵۳

فصل اول

روابط وزنی و حجمی خاک

- مکانیک سنگ
- فرسایش سنگ‌ها
- کانی‌شناسی رس
- روابط وزنی و حجمی خاک

روابط وزنی و حجمی خاک

لایه نازکی از پوسته زمین به ضخامت بیشینه ۱۰۰ متر تا مقداری ناچیز که سطح خارجی کره زمین را تشکیل می‌دهد خاک نامیده می‌شود. خاک لایه خارجی زمین بوده که محل تماس تمام موجودات، گیاهان و جانوران و به‌ویژه انسان با کره است. بسیاری از سازه‌های عمرانی، روی خاک بنا می‌شود. به طبع شناسایی ویژگی‌های خاک اهمیت ویژه‌ای در مهندسی عمران می‌یابد.

خاک عموماً مخلوط غیرهمگنی از ذرات کانی (معدنی) ناشی از فرسایش سنگ‌های درونی زمین است و اندکی مواد آلی ناشی از فساد جانداران می‌باشد. میزان مواد آلی موجود در خاک بستگی به پوشش گیاهی سطح زمین دارد. معمولاً در پروژه‌های عمرانی لایه‌ای به ضخامت حداقل ۲۵ سانتیمتر از خاک سطحی برداشته می‌شود تا ریشه‌های کوتاه و جانوران کوچک که موجب افزایش مواد آلی در خاک هستند، از پی و شالوده سازه‌ها حذف شوند. عمق لایه خاک‌برداری، که به آن لایه استریپ[1] نیز گفته می‌شود در پروژه‌های مختلف بسته به نوع بارگذاری سازه و نوع شالوده یکسان نمی‌باشد. توده خاک متخلخل است و در حفرات آن آب یا هوا وجود دارد.

به شناخت رفتاری خاک ناشی از بارگذاری یا اندرکنش با سازه‌های عمرانی، مکانیک خاک گفته می‌شود. در این علم، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک‌ها بیشتر مورد توجه است. مطالعه و آزمایش خصوصیات شیمیایی خاک و ذرات آن در پی‌سازی سازه‌ها و به‌طور عمومی در مهندسی عمران بستگی به اهمیت و نوع مصالح شالوده دارد.

مکانیک سنگ

ویژگی‌ها و خصوصیات ظاهری و باطنی سنگ‌ها اعم از شکل، چکش‌خواری، فرسایش، سایش، زیبایی و... در علم مکانیک سنگ مورد بررسی قرار می‌گیرد که موضوع بحث کتاب حاضر نیست. از آنجا که، ذرات معدنی خاک ناشی از فرسایش سنگ‌ها هستند به‌صورت خلاصه به آن پرداخته می‌شود. در طبیعت سه دسته سنگ وجود دارد:

الف) سنگ‌های آذرین: منشأ آتشفشانی دارند و حاصل از سردشدن مواد مذاب در سطح زمین هستند. این سنگ‌ها عمدتاً رنگ‌های تیره و سیاه دارند. به‌علت سردشدن سریع لایه خارجی مواد مذاب، بلورهای کریستالی مواد معدنی فرصت کافی برای شکل‌گرفتن و تولید ساختارهای کریستالی را ندارند. درنتیجه این سنگ‌ها همگن نیستند.

ب) سنگ‌های رسوبی: عمدتاً منشأ دریایی دارند. مواد ریز ته‌نشین شده در کف دریاها یا جاهایی که تحت فشارهای زیاد لایه‌های بالایی قرار گیرند تولید نوعی سنگ می‌نمایند که بیشتر حالت ورقه‌ای دارد. در این سنگ‌ها فسیل‌های زیادی یافت می‌شود. تحمل باربری این سنگ‌ها به جهت بارگذاری وابسته است.

پ) سنگ‌های دگرگونی: سنگ‌های آذرین که بسیار آهسته و تحت فشارهای بالا سرد شوند یا سنگ‌های رسوبی که تحت فشار بالا و دمای بسیار بالا قرار گیرند، تولید نوعی سنگ می‌نمایند که از نظر مقاومت و باربری بسیار مناسب می‌باشد. دمای بالا و فشار زیاد موجب تغییرات شیمیایی درسنگ و ایجاد ساختاری همگن می‌گردد.

---

1 -stripping line

فرسایش سنگ‌ها

انواع سنگ‌ها در سطح زمین تحت عوامل متفاوتی تخریب می‌شوند و به قطعات ریزتر بدل می‌شوند. زمانی‌که قطر ذرات به حد معینی برسد در محدوده ذرات خاک قرار می‌گیرد. انواع فرآیندهای تخریب شامل موارد زیر است:

تخریب شیمیایی

واکنش مواد شیمیایی معدنی محلول در آب‌های جاری در سطح و پوسته زمین موجب انحلال سنگ‌ها می‌شود. این پدیده به‌ویژه در سنگ‌های آهکی دیده می‌شود. بارش باران‌های اسیدی ناشی از تحلیل اکسیدهای گوگرد و اکسیدهای نیتروژن در آب نفوذ یافته در خاک در مناطق آتشفشانی یا صنعتی تخریب شیمیایی سنگ‌ها را به‌وجود می‌آورد.

PH، مقدار اکسیژن محلول و CO_2 جو که با آب باران واکنش می‌دهد در آب‌های زیرزمینی و در فرآیند تخریب شیمیایی سنگ‌ها موثر است. تخریب شیمیایی سنگ موجب پیدایش ذرات ریز کلوییدی می‌شود. ذرات کلوییدی کوچکتر از ۲ میکرون $\left(۲\times۱۰^{-۶}\,m\right)$ بوده و در آب حل نمی‌شوند و در آن معلق گشته و با سرعت بسیار کمی در آب ته‌نشین می‌گردند. ذرات این کلوییدها به‌صورت پولکی بوده و ندرتاً سوزنی شکل هستند. خاکی که از این نوع کلوییدها تشکیل می‌شود در تماس با آب به‌صورت خمیری و چسبنده است. حرکت آب زیرزمینی در این نوع خاک (عمدتا رس) بسیار کند می‌باشد و زهکشی آب‌ها در آن سرعت بسیار کمی خواهد داشت. رفتار خاک‌های ریزدانه رس در حالت اشباع شده با آب و درحالت خشک بسیار متفاوت است. این پدیده در اثر واکنش دو قطبی یون اسیدی H^+ و یون بازی هیدروکسیل OH^- آب و یون‌های شبه فلزی عمدتاً آلومین AL و سیلیکا Si و در حد کمتر یون‌های فلزی پتاسیم K، سدیم Na، کلسیم Ca و منیزیم Mg به‌وجود می‌آید. این واکنش‌ها از نوع ضعیف واندروالسی بوده و به‌صورت دو طرفه رفت و برگشتی است.

تخریب فیزیکی

نفوذ آب در خلل و فرج سنگ‌ها در طی سیکل‌های متناوب ذوب و انجماد، سبب خردشدگی لایه‌های خارجی سنگ‌ها است. عمده تخریب سنگ‌های بزرگ پوسته زمین یخچال‌های طبیعی و حرکت آنها (یخرفت) می‌باشد. یخچال‌های بزرگ با داشتن وزن بسیار زیاد در حین حرکت مانند یک ستباده بزرگ سنگ‌های پوسته زمین را خرد کرده و به کوهپایه یا دشت پایین دست منتقل می‌کنند.

نوع دیگری از تخریب ستگ‌ها نیز ناشی از حرکت آب‌های سطحی بوده که موجب خردشدن سنگ‌های بستر آبراهه‌ها می‌گردد. تکه‌های سنگ‌های خرد شده ناشی از سنگ مادر معمولاً رفتار دانه‌ای دارند. ساختمان خاک با توجه به انواع قرارگیری ذرات در کنار یکدیگر می‌تواند متراکم، نیمه متراکم یا غیرمتراکم (سست) باشد.

تخریبی که از سنگ مادر صورت می‌گیرد اگر در همان محل باقی بماند، برجا نامیده می‌شود. این نوع خاک عمق کم داشته و قطر دانه‌ها درجهت عمق زمین افزایش می‌یابد. دانه‌های خاک نیز تیز گوشه‌اند. درصورتی‌که، ذرات جدا شده از سنگ مادر در اثر عواملی از محل جابه‌جا شوند معمولاً گرد گوشه خواهند شد. میزان گردی و صاف بودن سنگ‌ها بستگی به طول مسیر جابه‌جایی دارد. این نوع خاک‌ها انتقالی نامیده می‌شوند. یخچال‌های طبیعی، رودخانه‌ها و باد عوامل مهم جابه‌جایی هستند. ساختارهای خاک‌های آبرفتی به‌صورت لایه لایه بوده که بیشتر در مسیر دلتای آبراهه‌های قدیمی قابل مشاهده است.

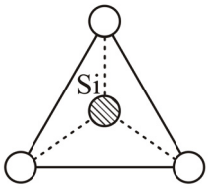
کانی تشکیل‌دهنده سنگ‌های دانه‌ای، همان کانی سنگ مادر است. کوارتز به‌دلیل پایداری زیاد در بسیاری از خاک‌های دانه‌ای وجود دارد. میکا و فلدسپات نیز به‌صورت عمده‌ای در خاک‌های دانه‌ای یافت می‌شود.

کانی‌شناسی رس

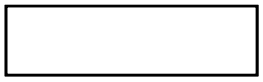
در بررسی‌های مکانیکی خاک در مباحث مهندسی عمران، شیمی دانه‌های درشت خاک اهمیت چندانی ندارد. اما در مورد ریزدانه‌ها از آنجایی‌که واکنش‌های شیمیایی مولکول‌های کانی با آب شرایط متفاوتی را می‌تواند به‌وجود آورد، لازم است تا کریستال‌های ریزدانه خاک بهتر و بیشتر بررسی گردند.

دانه‌های ریزتر از ۰/۰۰۲ میلیمتر در دسته رس قرار می‌گیرند. رس‌ها عموماً سیلیکات‌های آلومینیوم‌دار درحضور مولکول‌های به‌دام افتاده آب هستند. ترکیب خاک رس عمدتاً واحدهای هرمی چهار وجهی سیلیکا یا اکسیدسیلیسیم SiO_2 و منشور هشت‌وجهی آلومینا Al_2O_3 است. این واحدهای بنیادی در اثر دو قطبی‌بودن به‌هم می‌چسبند. دو قطبی‌بودن، موجب چسبیدن مولکول‌های آب به آنها می‌شود و حرکت آب در بین دانه‌های رسی را بسیار کند می‌نماید.

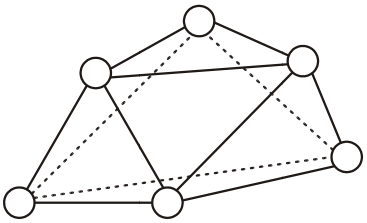
شکل ۱: صفحه سیلیکا



شکل ۲: عنصر ۴ ظرفیتی سیلیسیم در مرکز هرم قرار دارد

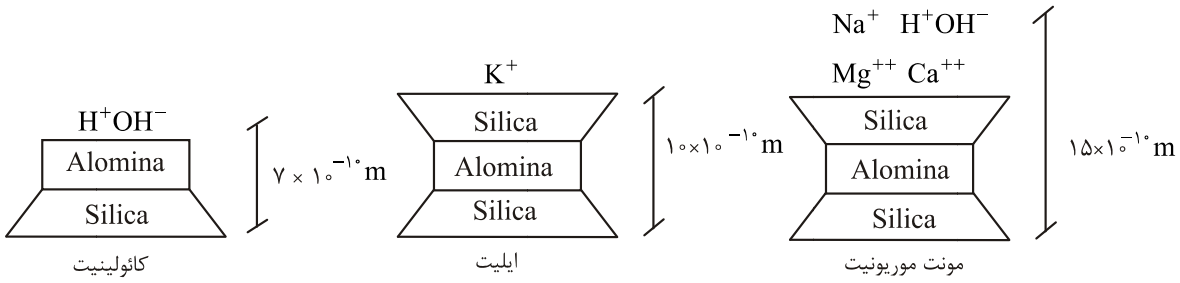


شکل ۳: صفحه آلومینا (نام دیگر آن گیبسیت است)



شکل ۴: منشور ۸ وجهی آلومینا که شکل متقارن ندارد

از ترکیب صفحه‌های سیلیکا و آلومینا با هم، کانی‌های رس به‌وجود می‌آید. نحوه این ترکیب سه گونه عمده رس را به‌وجود می‌آورد که شامل انواع اشاره شده در جدول ۱ است.



شکل ۵: ساختارهای تکرار شونده در انواع رس

جدول۱: انواع کانی‌های رسی

کائولینیت	از ترکیب صفحه‌های آلومینا و سیلیکا به‌وجود می‌آید که پیوندهای دو قطبی آن در بین لایه‌ها وجود دارد (ضخامت لایه‌ها $۷\times۱۰^{-۱۰}m$) (پیوند هیدروژنی قوی)
ایلیت	از ترکیب صفحه‌های آلومینا و سیلیکا با پیوندهای دوقطبی آب است که در بین لایه‌ها کاتیون‌های تک ظرفیتی مانند پتاسیم وجود دارد (ضخامت لایه‌ها $۱۰\times۱۰^{-۱۰}m$) (پیوند ضخیم‌تر از پیوندهای هیدروژنی)
مونت‌موریونیت	به آن گل حفاری هم می‌گویند. از ترکیب دو صفحه سیلیکا با یک صفحه میانی آلومینا به‌وجود می‌آید. در بین لایه‌های آن کاتیون‌های دو ظرفیتی مانند کلسیم و منیزیم و تک ظرفیتی سدیم وجود دارد. از نظر شیمیایی کاتیون‌ها قابلیت تعویض با هم را دارند. (ضخامت لایه‌ها $۱۵\times۱۰^{-۱۰}m$) (پیوند واندروالسی ضعیف)

برخی دیگر از کانی‌های رسی عبارتند از: دکلریت، مسکویت، هالوزیت، اسمکتیت و، اتاپولژیت. . .

نکته: پیوند صفحه‌ای هیدروژنی قوی در کائولینیت وجود دارد.

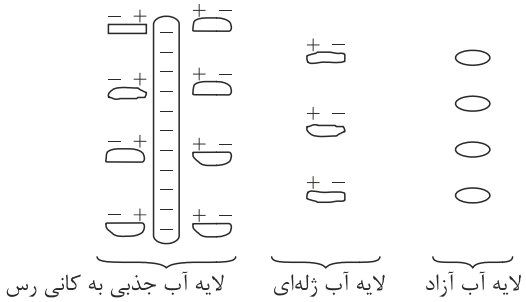
نکته: کاتیون‌ها و پیوندهای نمک‌ها بین صفحه‌های مونت‌موریونیت قابل تعویض است. به‌دلیل فاصله بیشتر بین ساختارهای تکرار شونده این نوع رس بسیار قابل تورم‌تر از انواع دیگر رس است؛ به‌عبارت دیگر مونت‌موریونیت قابلیت جذب آب بیشتری نسبت به انواع دیگر رس دارد.

نکته: سطح مخصوص به نسبت سطح جانبی به جرم ذرات اطلاق می‌گردد. به‌طورکلی، هرچه سطح مخصوص بالاتر باشد قابلیت تورم (جذب آب) رس بیشتر خواهد بود. نسبت زیر بین نوع رس در سطح جانبی (قابلیت جذب آب و تورم) وجود دارد:

رس مونت‌موریونیت > رس ایلیت > رس کائولینیت

لایه‌های آب در خاک رس

سطح بلورهای رس بار منفی دارد. درنتیجه کاتیون‌ها و سر مثبت، دو قطبی مولکول آب را جذب می‌نماید. مولکولی که به‌صورت مستقیم در تماس با کانی باشد به سطح کانی چسبیده است و گاهی با حرارت هم از سطح پولک رس جدا نمی‌شود. درصورت وجود مولکول‌های اضافه‌تر آب لایه دوم مولکول‌های آب تشکیل می‌شود که پیوندهای دوقطبی ضعیف‌تری دارد؛ ولی می‌تواند حرکت به‌صورت ژله‌ای بسیار کندی داشته باشد. مقادیر بیشتر آب در بین صفحات پولکی دوقطبی کمتری دارد و کمی آزادتر است.



شکل ۶: مولکول‌های آب در تماس با کانی پولکی رس

حرکت آب در لایه آزاد بین صفحات پولکی با حرکت بسیار کند انجام می‌شود. در لایه ژله‌ای حرکت آب بسیار کندتر خواهد بود. آب جذب سطحی نیز تقریباً بدون جابه‌جایی است. درنتیجه همین ویژگی‌ها است که رس قابلیت زیادی در جذب آب دارد. میزان آب جذب شده، موجب ایجاد خاصیت‌های جالبی در رس می‌شود. به این ترتیب که رس بدون آب آزاد باربری بسیار مناسبی دارد. با افزایش میزان آب بین لایه‌ای کم کم رس خاصیت خمیری (ژله‌ای) پیدا می‌کند. آب بیشتر موجبات تورم بیشتر خاک رس شده، تا اینکه خاصیت مایع بودن (روان بودن) در خاک پدیدار می‌گردد. در این حالت، خاک رس مانند مایع می‌باشد. ویژگی ممتاز مایعات از جامدات نیز این است که تنش برشی را تحمل نکرده و آن را انتقال نمی‌دهند. تغییرات تراز آب زیرزمینی و حتی بارندگی موجب مشکلاتی در پی و شالوده‌های رسی می‌شود.

تورم خاک در زیر بسیاری از سازه‌ها، راه‌ها و انواع خطوط انتقال مشکل آفرین است. این مشکل با قابلیت جذب آب رابطه مستقیم دارد. بنابراین مونت‌موریونیت مشکل‌زاترین نوع رس می‌باشد.

✓ **تست: مقاوم‌ترین نوع خاک در برابر تخریب‌های شیمیایی کدام است؟**

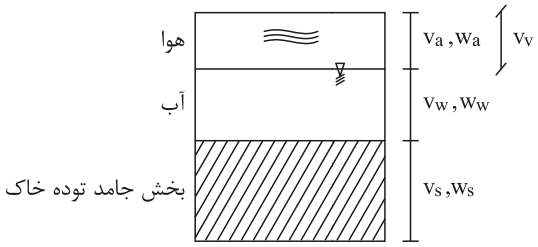
۱) شن ۲) شن و ماسه ۳) رس ۴) ترکیب شن و ماسه و رس

☑ **پاسخ: گزینه «۳»**

رس قبلاً از فعل و انفعالات شیمیایی به‌وجود آمده و به ترکیب نسبتاً پایدارتری رسیده است.

روابط وزنی و حجمی

به‌منظور انجام محاسبات حجمی عملیات خاکی در پروژه‌های عمرانی نیاز است تا ترکیب توده خاک را بشناسیم. توده خاک به‌صورت شماتیک در دو بخش جامد[1] و حفره[2] در نظر گرفته می‌شود. ضمن اینکه بخش حفرات خالی خاک بسته به میزان رطوبت موجود در خاک شامل آب[3] و هوا[4] خواهد بود. روابط از بازنویسی تعاریف کلی به‌دست می‌آیند. فرمول‌های وزنی و حجمی توده خاک کاربرد گسترده‌ای در محاسبات متره و برآورد احجام عملیات خاکی دارند.



شکل ۷: به‌صورت شماتیک توده خاک از ترکیب ماده جامد، آب و هوا می‌باشد

V_a : حجم اشغال شده توسط هوا

V_W : حجم اشغال شده توسط آب

V_S : حجم اشغال شده توسط گوشته جامد خاک بدون هیچ‌گونه خلل و فرج

W_a : وزن هوا محبوس در توده خاک که در محاسبات برابر با صفر است.

W_W : وزن آب موجود در توده خاک

W_S : وزن گوشته جامد خاک

V_V : حجم کل حفرات، $V_v = V_a + V_w$.

وزن کل توده خاک W، با رابطه $W = W_s + W_w$ و حجم کل V، با رابطه $V = V_s + V_w + V_a = V_s + V_v$ تعریف می‌گردند. در ادامه به معرفی پارامترهای قراردادی در روابط وزنی و حجمی پرداخته می‌شود.

وزن مخصوص دانه‌های جامد خاک (γ_s): از تقسیم وزن قسمت جامد خاک بر حجم قسمت جامد به‌دست می‌آید. معمولاً با واحدهای $\frac{gr}{cm^3}$، $\frac{kN}{m^3}$ یا $\frac{t}{m^3}$ بیان می‌شود.

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$$

1- Solid
2- Void
3- Water
4- Air

چگالی دانه‌های جامد خاک (Gs): چگالی مفهومی بدون بعد است و نسبت وزن مخصوص هر ماده‌ای را نسبت به وزن مخصوص آب می‌سنجد.

$$Gs = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

چگالی دانه‌های جامد خاک عمدتاً محدوده‌ای بین $۲/۵۲ < Gs < ۲/۷۲$ دارد.

پوکی یا تخلخل (n): عبارت است از نسبت حجم حفرات موجود در خاک به حجم کل خاک.

$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{V_a + V_w}{V}$$

همواره $۰ < n < ۱$ می‌باشد.

نسبت تخلخل یا نسبت متافذ (e): نسبت حجم حفرات موجود در خاک به حجم دانه‌های جامد خاک است. به این پارامتر نشانه خلأ نیز گفته می‌شود.

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_a + V_w}{V_s}$$

از نظر تئوریک، e می‌تواند محدوده $۰ < e < \infty$ باشد ولی محدوده تغییرات e در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: محدوده تغییرات e

ماسه	$۰/۵ < e < ۰/۸$
خاک‌های چسبنده (رس و لای)	$۰/۷ < e < ۱/۱$
خاک در سست‌ترین حالت	$e \simeq ۲$
خاک در متراکم‌ترین حالت	$e \simeq ۰/۳۵$

نکته: رابطه‌های زیر بین تخلخل و نسبت تخلخل برقرار است:

$$n = \frac{e}{۱+e} \quad , \quad e = \frac{n}{۱-n}$$

درصد رطوبت (ω): نسبت وزن رطوبت موجود در خاک به وزن گوشته جامد خاک است.

$$\omega = \frac{W_w}{W_s}$$

در آزمایشگاه ابتدا وزن اولیه نمونه را اندازه‌گیری کرده و سپس نمونه را در اوون خشک می‌نمایند. درصد رطوبت با رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$\omega = \frac{W_۱ - W_۲}{W_۲} \times ٪۱۰۰$$

نکته: درصد رطوبت بازده‌ای در محدوده $٪۰ < \omega < ٪۶۰$ دارد. در برخی از خاک‌های آلی، ω می‌تواند تا ٪۴۰۰ نیز باشد.

درصد اشباع (Sr): عبارت است از نسبت آب موجود در خاک به حجم حفرات خاک. معمولاً این پارامتر برحسب درصد بیان می‌شود.

$$Sr = \frac{V_w}{V_v}$$

خاک اشباع، خاکی است که تمامی حفرات آن با آب پر شده است. محدوده تغییرات درجه اشباع در بازه $٪۰ < Sr < ٪۱۰۰$ می‌باشد.

نکته: بین پارامترهایی که تاکنون معرفی گردید رابطه زیر برقرار است:

$$\omega.Gs = Sr.e$$

✓**تست: در یک نمونه خاک اشباع میزان رطوبت ۲۰٪ و وزن مخصوص دانه‌های خاک γ_s برابر با $۲۷\frac{kN}{m^۳}$ است. نشانه خلأ برابر با کدام گزینه است؟**

۱) ۰/۵۴ ۲) ۵/۴ ۳) ۰/۱۳۵ ۴) ۱/۳۵

☑**پاسخ: گزینه «۱»**

طبق تعریف چگالی خواهیم داشت:

$$G_s=\frac{\gamma_s}{\gamma_w}=\frac{۲۷}{۱۰}=۲/۷$$

در خاک اشباع $Sr=٪۱۰۰$ است، بنابراین:

$$\omega.G_s=Sr.e$$
$$۰/۲\times۲/۷=۱/۰۰\times e \Rightarrow e=۰/۵۴$$

✓**تست: در تست قبلی تخلخل کدام است؟**

۱) ۱/۱۷ ۲) ۲/۸۵ ۳) ۰/۳۵ ۴) ۰/۸۵

☑**پاسخ: گزینه «۳»**

با استفاده از رابطه بین تخلخل و نسبت تخلخل:

$$n=\frac{e}{۱+e}=\frac{۰/۵۴}{۱+۰/۵۴}=۰/۳۵$$

وزن مخصوص طبیعی خاک (γ_a یا γ): برابر با نسبت وزن کل توده خاک بر حجم کل توده خاک است. با کمی عملیات جبری روی تعریف رابطه γ، به نتیجه‌ای خواهیم رسید که در برخی مسائل کاربرد دارد.

$$\gamma=\frac{W}{V}=\frac{W_w+W_s}{V_v+V_s}=\frac{\frac{W_w}{V_s}+\frac{W_s}{V_s}}{\frac{V_v}{V_s}+\frac{V_s}{V_s}}=\frac{\frac{W_s}{V_s}\left(\frac{W_w}{W_s}+۱\right)}{e+۱}=\frac{\gamma_s(\omega+۱)}{e+۱}$$

با تکمیل عملیات جبری نتایج کاربردی زیر در دسترس است:

$$(\gamma s=Gs\,\gamma\omega) \Rightarrow \gamma=\frac{Gs(\omega+۱)}{۱+e}\gamma_w=\frac{Sr.e+Gs}{۱+e}\gamma_w$$

وزن مخصوص حالت خشک خاک (γ_d): اگر نمونه خاک کاملاً خشک باشد $\omega=Sr=۰$ می‌توان رابطه γ را نوشت.

$$\gamma_d=\frac{Gs}{۱+e}\gamma_w=\frac{\gamma_s}{۱+e}$$

وزن مخصوص حالت اشباع (γ_{sat}): درصورتی‌که تمام حفرات توده خاک از آب پر شده باشد خاک اشباع بوده و $Sr=٪۱۰۰$ خواهد بود.

$$\gamma_{sat}=\frac{e+Gs}{۱+e}\gamma_w$$

نکته: همیشه رابطه $\gamma_d<\gamma<\gamma_{sat}$ برقرار است.

✓**تست: در یک نمونه خاک اشباع اگر وزن مخصوص $۲۲\frac{kN}{m^۳}$ باشد، مقدار پوکی کدام است؟ ($G_s=۲/۶$)**

۱) ۱/۳۳ ۲) ۱/۲۵ ۳) ۰/۳۳ ۴) ۰/۲۵

☑**پاسخ: گزینه «۴»**

از رابطه وزن مخصوص داریم:

$$\gamma=\frac{Sr.e+G_s}{۱+e}\gamma_w \Rightarrow ۲۲=\frac{۱\times e+۲/۶}{۱+e}\times۱۰ \Rightarrow e=۰/۳۳$$
$$n=\frac{e}{۱+e}=\frac{۰/۳۳}{۱+۰/۳۳}=۰/۲۵$$

✓**تست: در نمونه خاکی پوکی برابر با ۰/۵ است. اگر درصد رطوبت ۲۵٪ و G_s =۲/۶۵ باشد، وزن مخصوص حالت خشک خاک کدام است؟**

۱) ۲۶/۵ ۲) ۱۳/۲۵ ۳) ۱۷/۶۷ ۴) ۲۰

☑**پاسخ: گزینه «۲»**

$$e=\frac{n}{1-n}=\frac{0/5}{1-0/5}=1$$

$$\gamma_d=\frac{G_s}{1+e}\gamma_w=\frac{2/65}{1+1}\times 10=13/25\frac{kN}{m^3}$$

درصد هوای خاک (A): نسبت حجم هوای موجود به حجم کل است؛ بنابراین همیشه $0<A<1$ می‌باشد. اگر خاک اشباع باشد $A=0$ می‌شود.

$$A=\frac{v_a}{v}\Rightarrow A=n(1-S_r)$$

وزن مخصوص شناوری (γ'): طبق قانون ارشمیدس، وزن هر جسم در هر سیالی به‌اندازه حجم سیال جابه‌جا شده نسبت به حالت خلأ کاهش دارد؛ بنابراین اگر توده خاکی در زیر سطح آزاد آب باشد خواهیم داشت:

$$\gamma'=\gamma_{sat}-\gamma_w=\frac{G_s+e}{1+e}\gamma_w-\gamma_w=\frac{G_s-1}{1+e}\gamma_w$$

به این حالت وزن مخصوص ارشمیدس در رفته نیز می‌گویند.

نکته: با انجام عملیات جبری کوتاه از اختلاف وزن مخصوص خشک و وزن مخصوص طبیعی و اشباع خواهیم داشت:

$$\gamma-\gamma_d=\omega\gamma_d$$
$$\gamma_{sat}-\gamma_d=n\gamma_w$$

به‌عبارت دیگر، وزن مخصوص حالت طبیعی به‌اندازه درصد رطوبت از وزن مخصوص خشک بیشتر است. ضمن اینکه اختلاف وزن مخصوص خشک و اشباع با پوکی در ارتباط است.

دانسیته نسبی (D_r): این پارامتر در مورد ماسه‌ها تعریف شده و بیانگر تراکم نسبی دانه‌های ماسه است.

$$D_r=\frac{e_{max}-e}{e_{max}-e_{min}}\times\%100$$

e_{max}: نسبت تخلخل بیشینه متناظر با کمترین تراکم خاک است.

e_{min}: نسب تخلخل کمینه و متناظر با بیشترین تراکم خاک است.

D_r: در محدوده بازده $0<D_r<1$ قرار دارد. برای ماسه با D_r حدود ٪۱۰۰ بیشترین تراکم و برای ماسه با D_r نزدیک به صفر سست‌ترین حالت می‌باشد.

معمولاً $e_{min}=0/35$ و $e_{max}=0/91$ درنظر گرفته می‌شود.

جدول ۳: محدوده تغییرات D_r برای ماسه

تراکم نسبی	D_r
بسیار سست	۰~۱۵
سست	۱۵~۵۰
متوسط	۵۰~۷۰
متراکم	۷۰~۸۵
بسیار متراکم	۸۵~۱۰۰

✓تست: وزن مخصوص خاکی درحالت خشک $۱/۶۱\frac{gr}{cm^۳}$ و درحالت اشباع $۲/۰۴\frac{gr}{cm^۳}$ است. اگر درصد اشباع ٪۷۰ باشد، وزن مخصوص خاک چقدر است؟ $(G_s=۲/۶)$

۱) ۱/۸۱ ۲) ۱/۷۳ ۳) ۱/۹۲ ۴) غیرقابل محاسبه است

☑پاسخ: گزینه «۱»

$$\gamma_{sat}-\gamma_d=n\gamma_\omega \Rightarrow ۲/۰۴-۱/۶۱=n(۱) \Rightarrow n=۰/۴۳$$

$$e=\frac{n}{۱-n}=\frac{۰/۴۳}{۱-۰/۴۳}=۰/۷۵$$

$$Sr.e=\omega Gs \Rightarrow ۰/۷\times ۰/۷۵=\omega(۲/۶) \Rightarrow \omega=۰/۲$$

$$\gamma-\gamma_d=\omega \Rightarrow \gamma=\gamma_d+\omega=۱/۶۱+۰/۲=۱/۸۱\frac{gr}{cm^۳}$$

✎نکته: اگر در یک قرضه تغییرات درصد رطوبتی به‌وجود آید، آنگاه تغییرات وزن مخصوص به‌وجود می‌آید. اگر تغییرات حجم وجود نداشته باشد خواهیم داشت:

$$\gamma_{d_۱}=\gamma_{d_۲} \Rightarrow \frac{\gamma_۱}{۱+\omega_۱}=\frac{\gamma_۲}{۱+\omega_۲}$$

و چنانچه تغییر حجم نیز وجود داشته باشد:

$$W_{s_۱}=W_{s_۲} \Rightarrow \gamma_{d_۱}V_۱=\gamma_{d_۲}V_۲ \Rightarrow \frac{V_۱}{V_۲}=\frac{\gamma_{d_۲}}{\gamma_{d_۱}}=\frac{\frac{\gamma_۲}{۱+\omega_۲}}{\frac{\gamma_۱}{۱+\omega_۱}}=\frac{۱+e_۱}{۱+e_۲}$$

✓تست: اگر در طی جابه‌جایی $۴۵۰۰m^۳$ خاک با نسبت تخلخل ۰/۵ به محل پروژه نسبت تخلخل به ۱/۲ افزایش یابد، حجم خاکریز ایجاد شده چقدر است؟

۱) ۵۰۰۰ ۲) ۶۰۰۰ ۳) ۷۷۰۰ ۴) ۶۶۰۰

☑پاسخ: گزینه «۴»

$$\frac{V_۱}{V_۲}=\frac{۱+e_۱}{۱+e_۲} \Rightarrow \frac{۴۵۰۰}{V_۲}=\frac{۱+۰/۵}{۱+۱/۲} \Rightarrow V_۲=۶۶۰۰m^۳$$

✓تست: اگر از $۲۰۰۰m^۳$ خاکی با پوکی ۰/۵ و $۱۰۰۰m^۳$ خاکی با پوکی ۰/۷۵ در ساخت خاکریزی با پوکی ۰/۶ استفاده شود، با فرض همگن بودن خاکریز و سطح مقطع $۲۰m^۲$ خاکریز چه طولی از خاکریز ساخته خواهد شد؟

۱) ۳۱۲۵ ۲) ۱۵۶/۲۵ ۳) ۳۰۴۷ ۴) ۱۵۲/۳۸

☑پاسخ: گزینه «۲»

$$W_{s_{\text{خاکریز}}}=W_{s_{\text{قرضه اول}}}+W_{s_{\text{قرضه دوم}}}$$

$$\Rightarrow \frac{V}{۱+e}=\frac{V_۱}{۱+e_۱}+\frac{V_۲}{۱+e_۲}$$

$$n_۱=۰/۵ \Rightarrow e_۱=\frac{n_۱}{۱-n_۱}=\frac{۰/۵}{۱-۰/۵}=۱$$

$$n_۲=۰/۷۵ \Rightarrow e_۲=\frac{n_۲}{۱-n_۲}=\frac{۰/۷۵}{۱-۰/۷۵}=۳$$

$$n=۰/۶ \Rightarrow e=\frac{n}{۱-n}=\frac{۰/۶}{۱-۰/۶}=۱/۵$$

$$\Rightarrow \frac{V}{۱+۱/۵}=\frac{۲۰۰۰}{۱+۱}+\frac{۱۰۰۰}{۱+۳} \Rightarrow V=۳۱۲۵\,m^۳$$

$$V=A.L \Rightarrow ۳۱۲۵=۲۰L \Rightarrow L=۱۵۶/۲۵\,m$$

✓**تست: از منبع قرضه با مشخصات اولیه داده شده خاکریزی متراکم با مشخصات ثانویه ساخته می‌شود. با برداشت $۱m^۳$ از خاک منبع قرضه چه حجمی از خاکریز احداث می‌شود؟**

$$\begin{cases}\gamma_۱=۱/۶۳\dfrac{gr}{cm^۳}\\ \omega_۱=٪۱۲\end{cases} \qquad \begin{cases}\gamma_۲=۲\dfrac{gr}{cm^۳}\\ \omega_۲=٪۱۵\end{cases}$$

۱) ۰/۸۳۶ ۲) ۰/۸۱۵ ۳) ۰/۸۵۵ ۴) ۰/۸۶۳

☑**پاسخ: گزینه «۱»**

در فرآیند تراکم خاک وزن گوشته جامد خاک ثابت است؛ بنابراین:

$$\gamma_{d_۱}=\frac{\gamma_۱}{۱+\omega_۱}=\frac{۱/۶۳}{۱+۰/۱۲}=۱/۴۵۵\ \frac{gr}{cm^۳}$$

$$\gamma_{d_۲}=\frac{\gamma_۲}{۱+\omega_۲}=\frac{۲}{۱+۰/۱۵}=۱/۷۴\ \frac{gr}{cm^۳}$$

$$W_{s_۱}=W_{s_۲} \Rightarrow V_۱.\gamma_{d_۱}=V_۲.\gamma_{d_۲}$$

$$۱\times ۱/۴۵۵=V_۲\times ۱/۷۴ \Rightarrow V_۲=۰/۸۳۶$$

سوالات چهار گزینه‌ای سراسری فصل اول

۱- یک نمونه خاک با درصد رطوبت ۱۴٪ دارای وزن مخصوصی برابر $۲۰/۵۸ \frac{kN}{m^۳}$ می‌باشد. اگر این نمونه خاک را با افزایش آب به‌حالت اشباع برسانیم، وزن مخصوص اشباع آن چند $\frac{kN}{m^۳}$ خواهد بود؟ $(\gamma_W = ۹/۸۱, Gs = ۲/۶۷)$ **(سال ۷۸)**

۱) ۲۰/۵۸ ۲) ۲۱/۱۰ ۳) ۲۱/۸۰ ۴) ۲۲/۲۰

۲- اگر حجم آب موجود در خاکی را سه برابر کنیم: **(سال ۸۰)**

۱) درصد رطوبت خاک سه برابر می‌شود
۲) درجه اشباع خاک سه برابر می‌شود
۳) درصد رطوبت خاک و نیز درجه اشباع خاک سه برابر می‌شوند
۴) درجه اشباع خاک ثابت ولی درصد رطوبت خاک سه برابر می‌شود

۳- مصالح یک منبع قرضه هم به‌صورت اشباع و هم به‌صورت خشک موجود است. نسبت اختلاط خاک اشباع با خشک به‌ترتیب به‌نحوی که رطوبت مخلوط ۱۰٪ باشد، چیست؟ $(\gamma_d = ۱۶ \frac{kN}{m^۳}$ و $\gamma_{sat} = ۲۰ \frac{kN}{m^۳})$ **(سال ۸۱)**

۱) ۶۰٪ به ۴۰٪ ۲) ۵۰٪ به ۵۰٪ ۳) ۴۰٪ به ۶۰٪ ۴) ۲۵٪ به ۷۵٪

۴- یک نمونه استوانه‌ای شکل از خاکی به قطر ۳۸ میلی‌متر و ارتفاع ۷۶ میلی‌متر، ۱۸۳/۴ گرم وزن دارد. وزن نمونه پس از خشک‌شدن در کوره به ۱۵۷/۷ گرم می‌رسد. درصد اشباع نمونه چقدر است؟ $(Gs = ۲/۷۲)$ **(سال ۸۲)**

۱) ۷۹٪ ۲) ۸۳/۵٪ ۳) ۹۱٪ ۴) ۹۶٪

۵- از قرضه‌ای به مقدار ۱۰۰۰ متر مکعب خاک با نشانه خلا (e) ۱/۰ برداشته شده است. چند متر مکعب خاکریز با نشانه خلا ۰/۸۰ با این قرضه می‌توان ساخت؟ $(e = \frac{V_v}{V_s})$ **(سال ۸۲)**

۱) ۸۰۰ ۲) ۹۰۰ ۳) ۱۰۰۰ ۴) ۱۱۰۰

۶- خاکی در حالت طبیعی خود در منبع قرضه دارای ۱۰٪ رطوبت و وزن مخصوص $۱۵/۸ \frac{kN}{m^۳}$ می‌باشد. این خاک به مکان موردنظر حمل شده و متراکم می‌گردد. وزن مخصوص خاک در حالت متراکم برابر با $۱۹/۷۹ \frac{kN}{m^۳}$ و درصد رطوبت آن ۱۴٪ می‌باشد. برای یک متر مکعب خاکریز متراکم، چه حجمی از خاک طبیعی مورد نیاز می‌باشد؟ (برحسب $m^۳$) **(سال ۸۳)**

۱) ۱/۲۱ ۲) ۱/۰۹ ۳) ۱/۳۳ ۴) ۱/۴۶

۷- در مورد چگونگی شکل‌گیری و نحوه به‌وجود آمدن انواع خاک‌ها کدام عبارت صحیح است؟ **(سال 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) ریزدانه‌ها از روند تخریب شیمیایی خاک به‌وجود می‌آید و ممکن است ترکیبات شیمیایی متفاوت داشته باشند

۸- کدام‌یک از روابط ذیل صحیح می‌باشد؟ **(سال ۸۵)**

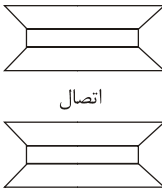
(Sr درجه اشباع، n پوکی، ω درصد رطوبت، Gs چگالی دانه‌های جامد خاک، γ_d وزن مخصوص خشک خاک)

۱) $Sr = \frac{\omega . Gs . n}{۱-n}$ ۲) $Sr = \frac{\omega Gs(۱-n)}{n}$ ۳) $\gamma_d = \frac{۱-n}{Gs}\gamma_W$ ۴) $\gamma_d = \frac{Gs}{۱-n}$

۹- مصالح یک منبع قرضه به دو صورت خشک $\left(\gamma_d = ۱۶\frac{kN}{m^۳}\right)$ **و اشباع** $\left(\gamma_{sat} = ۲۲\frac{kN}{m^۳}\right)$ **وجود دارد. برای داشتن خاک با درصد رطوبت** $\omega = ٪۲۰$ **مصالح خشک و اشباع به چه نسبتی باید برداشت شده و مخلوط گردند؟** **(سال ۸۷)**

۱) ۲۷ درصد خاک خشک و ۷۳ درصد خاک اشباع
۲) ۴۷ درصد خاک خشک و ۵۳ درصد خاک اشباع
۳) ۵۳ درصد خاک خشک و ۴۷ درصد خاک اشباع
۴) ۷۳ درصد خاک خشک و ۲۷ درصد خاک اشباع

۱۰- در کانی رسی از نوع ایلیت (Illite) اتصال بین صفحات سیلیکا (Silica) و آلومینا (Alumina) به چه صورت برقرار می‌شود؟ **(سال ۸۷)**



۱) باند هیدروژن مثبت
۲) یون K مثبت
۳) باند هیدروکسید
۴) مولکول‌های آب

۱۱- علت اصلی چسبندگی در خاک‌های رسی وجود بارهای ..... می‌باشد. **(سال ۸۸)**

۱) الکترواسمزی ۲) الکتروستاتیکی ۳) الکترومغناطیسی ۴) هیدروستاتیکی

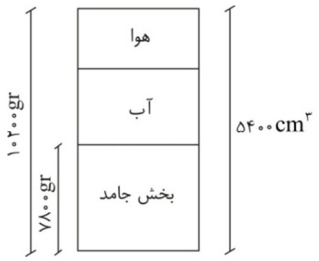
۱۲- وزن مخصوص خاکی در حالت طبیعی $۱/۶\frac{gr}{cm^۳}$ **می‌باشد. اگر رطوبت خاک را ۱/۵ برابر رطوبت اولیه نماییم، وزن مخصوص آن** $۱/۷\frac{gr}{cm^۳}$ **به‌دست می‌آید. درصد رطوبت اولیه خاک، چقدر است؟** **(سال ۸۸)**

۱) ۱۴ ۲) ۱۲ ۳) ۱۰ ۴) ۱۶

۱۳- کدام رابطه، بین چگالی دانه‌های جامد خاک Gs**، درجه اشباع** Sr**، نشانه خلأ (ضریب تخلخل)** e **و درصد رطوبت** ω **برقرار می‌باشد؟** **(سال ۸۸)**

۱) $\frac{Gs}{e} = \frac{Sr}{\omega}$ ۲) $\frac{Gs}{۱+e} = \frac{Sr}{\omega}$ ۳) $\frac{Gs}{e} = \frac{\omega}{Sr}$ ۴) $\frac{Gs}{۱+e} = \frac{\omega}{Sr}$

۱۴- مقادیر حجمی و وزنی نمونه‌ای از خاک با $Gs = ۲/۶$ **در شکل نشان داده شده است. ضریب تخلخل (e) و درصد اشباع خاک** (Sr) **به‌ترتیب چقدر می‌باشند؟** **(سال ۹۰)**



۱) ۰/۸ و ۱۰۰
۲) ۰/۸ و ۹۰
۳) ۰/۹ و ۹۰
۴) ۰/۹ و ۸۰

۱۵- از منبع قرضه‌ای با نسبت منافذ $e = ۰/۸$ **به میزان ۱۲۰۰مترمکعب خاک برداشت می‌گردد. چند مترمکعب خاکریز با نسبت منافذ** $e = ۰/۹$ **می‌توان از این منبع قرضه ساخت؟** **(سال ۹۱)**

۱) ۱۰۰۰ ۲) ۱۲۴۰۰ ۳) ۱۶۲۰ ۴) ۱۴۴۰

۱۶- یک لایه خاک با وزن مخصوص $۱/۵\frac{gr}{cm^۳}$**، با توده ویژه ۲/۵ و درصد رطوبت ۲۰، زیر باران قرار می‌گیرد. اگر در طول بارندگی حجم لایه خاک ثابت بماند، افزایش درصد رطوبت خاک پس از اشباع کامل لایه خاک، چند درصد است؟** **(سال ۹۲)**

۱) ۱۰ ۲) ۵ ۳) ۱۵ ۴) ۲۰

۱۷- درصد رطوبت طبیعی یک نوع خاک قرضه ۱۰ درصد است. در صورتی که ۵/۵ کیلوگرم از این خاک مرطوب جهت آزمایش به کار رود، حدوداً چه مقدار آب (برحسب gr) باید به این خاک اضافه کرد تا درصد رطوبت آن به ۵/۱۲ درصد برسد؟ **(سال ۹۴)**

۱) ۱۴۵ ۲) ۱۳۵ ۳) ۱۲۵ ۴) ۱۱۵

پاسخنامه سوالات چهار گزینه‌ای سراسری فصل اول

۱- گزینه «۲»

ابتدا باید نسبت تخلخل محاسبه شود.

$$\gamma=\frac{Gs(1+\omega)}{1+e}\gamma_w \Rightarrow ۲۰/۵۸=\frac{۲/۶۷(1+۰/۱۴)}{1+e}\times ۹/۸۱ \Rightarrow e=۰/۴۵۱$$

$$Sr=۱ \Rightarrow \gamma_{sat}=\frac{Gs+Sr.e}{1+e}\gamma_w \Rightarrow \gamma_{sat}=\frac{۲/۶۷+۱\times ۰/۴۵۱}{1+۰/۴۵۱}\times ۹/۸۱=۲۱/۱\frac{kN}{m^۳}$$

۲- گزینه «۱»

طبق رابطه $\omega=\frac{W_w}{W_s}$ از آنجایی‌که W_s مقدار ثابتی است، با ۳ برابرشدن V_w آنگاه W_w نیز ۳ برابر می‌شود. بنابراین همواره می‌توان گفت که درصد رطوبت ۳ برابر خواهد شد.

درمورد درجه اشباع Sr همواره نمی‌توان اظهارنظر کرد؛ زیرا مثلاً اگر درجه اشباع اولیه ٪۵۰ باشد با ۳ برابرشدن آب به ٪۱۵۰ خواهد رسید و طبق تعریف از ٪۱۰۰ فراتر نمی‌تواند برود.

۳- گزینه «۳»

ابتدا درصد رطوبت خاک اشباع محاسبه می‌شود.

$$\gamma_{sat}=(1+\omega_{sat})\gamma_d$$
$$۲۰=(1+\omega_{sat})\times ۱۶ \Rightarrow \omega_{sat}=۰/۲۵$$

طبق تعریف درصد رطوبت خواهیم داشت:

$$\omega=\frac{W_w}{W_s} \Rightarrow ۰/۲۵=\frac{W_w}{W_s} \Rightarrow ۰/۲۵W_s=W_w$$

با توجه به اینکه W_w ثابت باقی می‌ماند باید تغییرات W_s را به‌نحوی محاسبه کرد که $\omega'=۰/۱$ شود.

$$\omega'=۰/۱ \Rightarrow \omega'=\frac{W_w}{W_s'} \Rightarrow ۰/۱=\frac{۰/۲۵W_s}{W_s'} \Rightarrow W_s'=۲/۵W_s$$

این نشان می‌دهد که جرم (وزن) خاک در مرحله ترکیب ۲/۵ برابر شده است.

$$W_s'=۲/۵W_s=W_s+۱/۵W_s \Rightarrow \chi+۱/۵\chi=٪۱۰۰ \Rightarrow$$
$$۲/۵\chi=٪۱۰۰ \Rightarrow \chi=٪۴۰ \text{ سهم خاک اشباع}$$
$$۱/۵\chi=٪۶۰ \text{ سهم خاک خشک}$$

۴- گزینه «۳»

حل در ۳ مرحله انجام می‌شود.

$$\gamma=\frac{W}{V}=\frac{۱۸۳/۴}{\frac{\pi}{۴}\times ۳/۸^۲\times ۷/۶}=۲/۱۲۸\frac{gr}{cm^۳}$$
$$\omega=\frac{W_w}{W_s}=\frac{۱۸۳/۴-۱۵۷/۷}{۱۵۷/۷}=۰/۱۶۳$$
$$\gamma=\frac{G_s(1+\omega)}{1+e}\gamma_w \Rightarrow ۲/۱۲۸=\frac{۲/۷۲(1+۰/۱۶۳)}{1+e}\times ۱ \Rightarrow e=۰/۴۸۷$$

$$Sr.e=\omega Gs \Rightarrow Sr\times ۰/۴۸۷=۰/۱۶۳\times ۲/۷۲v \Rightarrow Sr=۰/۹۱$$

۵- گزینه «۲»

طبق رابطه وزن مخصوص:

$$\frac{V_۱}{1+e_۱}=\frac{V_۲}{1+e_۲} \Rightarrow \frac{۱۰۰۰}{1+۱}=\frac{V_۲}{1+۰/۸} \Rightarrow V_۲=۹۰۰m^۳$$

۶- گزینه «۱»

$$\begin{cases}\gamma_1 = 15/8 \\ \omega_1 = 0/1\end{cases} \Rightarrow \gamma_{d_1} = \frac{\gamma_1}{1+\omega_1} = \frac{15/8}{1+0/1} = 14/36 \frac{kN}{m^3}$$

$$\begin{cases}\gamma_2 = 19/79 \\ \omega_2 = 0/14\end{cases} \Rightarrow \gamma_{d_2} = \frac{\gamma_2}{1+\omega_2} = \frac{19/79}{1+0/14} = 17/36 \frac{kN}{m^3}$$

با برابر بودن گوشته (وزن) جامد خاک حمل شده خواهیم داشت:

$$W_{s_1} = W_{s_2} \Rightarrow \gamma_{d_1} v_1 = \gamma_{d_2} v_2 \Rightarrow 14/36 V_1 = 17/36 \times 1 \Rightarrow V_1 = 1/21 m^3$$

۷- گزینه «۴»

۸- گزینه «۲»

$$\begin{cases}Sr.e = \omega Gs \\ e = \frac{n}{1-n}\end{cases} \Rightarrow Sr\frac{n}{1-n} = \omega Gs$$

۹- گزینه «۲»

ابتدا باید درصد رطوبت خاک اشباع محاسبه شود.

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{sat}}{1+\omega} \Rightarrow 16 = \frac{22}{1+\omega} \Rightarrow \omega = 0/375$$

طبق تعریف در قسمت اشباع خاک داریم:

$$\omega = \frac{W_w}{W_{s_{sat}}} \Rightarrow 0/375 = \frac{W_w}{W_{s_{sat}}} \Rightarrow W_w = 0/375 W_{s_{sat}}$$

مقدار آب ثابت باقی می‌ماند و تغییرات W_s به‌نحوی است که $\omega' = 0/2$ می‌شود.

$$\omega' = \frac{W_w}{W_s'} = \frac{0/375 W_{s_{sat}}}{W_{s_{sat}}(1+x)} = 0/2 \Rightarrow x = 0/875$$

نسبت خاک خشک برابر $x\%$ در نظر گرفته شده است. درنتیجه:

$$\text{درصد خاک خشک} = \frac{0/875}{1+0/875} = 0/47$$

$$\text{درصد خاک اشباع} = \frac{1}{1+0/875} = 0/53$$

۱۰- گزینه «۲»

توصیف گزینه ۱ مربوط به کائولینیت بوده و توصیف گزینه(۴) مربوط به مونت‌موریونیت است.

۱۱- گزینه «۲»

جاذبه بین بارهای ساکن + و − (الکتروستاتیک) موجب چسبندگی خاک‌های رسی است. ضمناً این ویژگی، حرکت آب در خاک رس را بسیار کند می‌نماید.

۱۲- گزینه «۱»

طبق تعریف وزن مخصوص خشک داریم:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_1}{1+\omega_1} = \frac{\gamma_2}{1+\omega_2} \Rightarrow$$

$$\frac{1/6}{1+\omega_1} = \frac{1/7}{1+1/5\omega_1} \Rightarrow \omega_1 = 0/14$$

۱۳- گزینه «۱»

۱۴- گزینه «۱»

طبق تعریف:

$$V_s = \frac{W_s}{G_s \gamma_w} = \frac{۷۸۰۰}{۲/۶ \times ۱} = ۳۰۰۰ cm^۳$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{۵۴۰۰ - ۳۰۰۰}{۳۰۰۰} = ۰/۸$$

$$W_w = ۱۰۲۰۰ - ۷۸۰۰ = ۲۴۰۰ gr \quad \Rightarrow \quad V_w = \frac{W_w}{\gamma_w} = \frac{۲۴۰۰}{۱} = ۲۴۰۰ cm^۳$$

$$Sr = \frac{V_w}{V_v} = \frac{۲۴۰۰}{۵۴۰۰ - ۳۰۰۰} = ۱$$

حجم هوا در توده خاک صفر است.

۱۵- گزینه «۱»

$$\frac{V_۱}{۱+e_۱} = \frac{V_۲}{۱+e_۲} \quad \Rightarrow \quad \frac{۱۲۰۰}{۱+۰/۸} = \frac{V_۲}{۱+۰/۵} \quad \Rightarrow \quad V_۲ = ۱۰۰۰ \ m^۳$$

۱۶- گزینه «۴»

$$\gamma = \frac{G_s(۱+\omega)}{۱+e}\gamma_w$$

$$۱/۵ = \frac{۲/۵(۱+۰/۲)}{۱+e} \times ۱ \quad \Rightarrow \quad e = ۱$$

$$Sr.e = \omega.Gs$$

$$۱ \times ۱ = \omega_{sat} \times ۲/۵ \quad \Rightarrow \quad \omega_{sat} = ۰/۴$$

$$\omega_{sat} - \omega_۱ = ۰/۴ - ۰/۲ = ۰/۲$$

۱۷- گزینه «۳»

در فرآیند تراکم خاک میزان خلل و فرج کاهش می‌یابد. فرض بر این است که تمام هوای موجود خارج شود و تمام حفرات با آب پر شود.

طبق روابط وزنی و حجمی:

$$W_s = \frac{W}{۱+\omega} = \frac{۵/۵}{۱+۰/۱} = ۵ kg$$

$$\omega_{opt} = ۰/۱۲۵ \Rightarrow W_{w_۲} = \omega_{opt} W_s = ۰/۱۲۵ \times ۵ = ۰/۶۲۵ kg$$

$$W_w = W_{w_۲} - W_{w_۱} = ۶۲۵ - ۵۰۰ = ۱۲۵ kg$$

سوالات چهارگزینه‌ای آزاد فصل اول

۱- نمونه خاکی به وزن ۴۸۲ گرم پس از خشک شدن ۳۲۵ گرم می‌گردد. با فرض اینکه وزن مخصوص مرطوب خاک $۱۹/۵ \frac{kN}{m^۳}$ و دانسیته نسبی ذرات جامد خاک $۲/۷$ باشد، درصد رطوبت و اندیس تخلخل خاک چقدر است؟ **(سال ۷۹)**

۱) $\omega = ٪۵۲$, $e = ۱/۰۵$

۲) $\omega = ٪۴۸$, $e = ۰/۹۸$

۳) $\omega = ٪۴۸$, $e = ۱/۰۵$

۴) $\omega = ٪۴۶$, $e = ۱/۰۵$

۲- کدام‌یک از روابط زیر نادرست است؟ **(سال ۷۹)**

۱) $\gamma_{sat} = \frac{G_S + e}{۱+e}\gamma_W$

۲) $n = \frac{e}{۱+e}$

۳) $D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$

۴) $\gamma_d = \frac{G_S}{۱+e}.\gamma_W$

۳- چنانچه چگالی یک خاک اشباع برابر با $Gs = ۲/۷۵$ و میزان رطوبت آن $\omega = ٪۴۰$ باشد، نسبت تخلخل (e) این خاک برابر است با: **(سال ۸۰)**

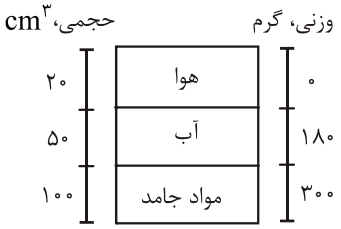
۱) ۰/۹

۲) ۰/۷

۳) ۱/۳

۴) ۱/۱

۴- برای دیاگرام فاز خاک در شکل زیر، نسبت تخلخل (e) برابر است با: **(سال ۸۰)**



۱) ۰/۶

۲) ۰/۷

۳) ۰/۵

۴) ۰/۴

۵- اطلاعات داده شده برای یکی از انواع خاک‌های زیر نادرست است. آن خاک کدام است؟ **(سال ۸۰)**

۱) $D_r = ٪۳۰$, $e = ۱/۵$, $\gamma_d = ۱۹\frac{kN}{m^۳}$, $\omega = ٪۱۲$

۲) $D_r = ٪۴۰$, $e = ۰/۹$, $\gamma_d = ۱۹\frac{kN}{m^۳}$, $\gamma_{sat} = ۱۷\frac{kN}{m^۳}$

۳) $D_r = ٪۴۰$, $e = ۱$, $n = ۰/۵$, $\gamma_d = ۱۹\frac{kN}{m^۳}$

۴) $D_r = ٪۳۰$, $\gamma_{sat} = ۱۷\frac{kN}{m^۳}$, $n = ۰/۵$, $\omega = ٪۱۲$

۶- اطلاعات داده‌شده برای یکی از انواع خاک‌های زیر نادرست است. آن خاک کدام است؟ **(سال ۸۱)**

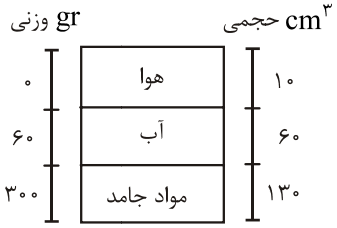
۱) $D_r = ٪۳۰$, $\gamma_{sat} = ۲۱\frac{kN}{m^۳}$, $e = ۱/۵$, $\gamma_d = ۱۹\frac{kN}{m^۳}$

۲) $D_r = ٪۴۰$, $\gamma_{sat} = ۲۱\frac{kN}{m^۳}$, $e = ۱/۵$, $\gamma_d = ۱۹\frac{kN}{m^۳}$

۳) $D_r = ٪۴۰$, $e = ۰/۹$, $\omega = ٪۱۲$, $\gamma_d = ۲۱\frac{kN}{m^۳}$

۴) $D_r = ٪۳۰$, $\omega = ٪۱۲$, $n = ۰/۹$, $\gamma_d = ۱۹\frac{kN}{m^۳}$

۷- برای دیاگرام فاز خاک در شکل زیر درصد رطوبت (ω) برابر است با: **(سال ۸۱)**



۱) ٪۲۰
۲) ٪۴۶/۱۵
۳) ٪۵۳/۸
۴) ٪۴۳/۳

۸- اگر در خاکی $e=0/6$ و $Gs=2/69$، $\gamma=1/9\frac{ton}{m^3}$ بوده و درصد رطوبت خاک $\omega=\%18$ باشد، درجه اشباع خاک (Sr) چقدر است؟ **(سال ۸۱)**

۱) ۱۸ درصد ۲) ۸۰/۷ درصد ۳) ۵۷ درصد ۴) ۹۳ درصد

۹- نمونه‌ای از خاک دارای ۸۰ گرم ذرات جامد و ۲۰ گرم آب است. حجم ذرات جامد خاک ۳۰ میلی‌لیتر و حجم کل خاک ۶۰ میلی‌لیتر است. برای این نوع خاک: **(سال ۸۲)**

۱) دانسیته خاک $1/66\frac{ton}{m^3}$ است
۲) درصد رطوبت ٪۲۰ است
۳) نسبت تخلخل ۰/۵ است
۴) درصد اشباع ٪۳۳ درصد است

۱۰- اطلاعات داده شده برای یکی از انواع خاک‌های زیر نادرست است. آن خاک کدام است؟ **(سال ۸۲)**

۱) $\gamma_d=19\frac{kN}{m^3}$ ، $\omega=\%12$ ، $e=1/5$ ، $D_r=\%30$
۲) $\gamma_d=19\frac{kN}{m^3}$ ، $\gamma_{sat}=20\frac{kN}{m^3}$ ، $e=1$ ، $D_r=\%40$
۳) $\omega=\%12$ ، $e=0/9$ ، $\gamma_{sat}=20\frac{kN}{m^3}$ ، $D_r=\%30$
۴) $\omega=\%12$ ، $\gamma_{sat}=20\frac{kN}{m^3}$ ، $n=1/5$ ، $D_r=\%40$

۱۱- چنانچه چگالی یک خاک اشباع برابر با $Gs=2/7$ و مقدار نسبت تخلخل آن $e=0/85$ باشد، درصد رطوبت برای این خاک حدوداً برابر است با: **(سال ۸۲)**

۱) ٪۱۲ ۲) ٪۳۰ ۳) ٪۲۰ ۴) ٪۴۰

۱۲- کدام‌یک از عبارات زیر صحیح است؟ **(سال ۸۳)**

۱) در کانی رس از نوع کائولینیت، اتصال بین صفحات تشکیل‌شده از بلور سیلیکا و بلور آلومینا از نوع اتصال H_2O بوده و اتصال آن ضعیف است

۲) در کانی رس از نوع مونت موریونیت، اتصال بین صفحات تشکیل‌شده از بلور سیلیکا و بلور آلومینا از نوع اتصال H_2O بوده و اتصال آن قوی است

۳) در کانی رس از نوع مونت موریونیت، اتصال بین صفحات تشکیل‌شده از بلور سیلیکا و بلور آلومینا از نوع اتصال H بوده و اتصال آن ضعیف است

۴) در کانی رس از نوع کائولینیت، اتصال بین صفحات تشکیل شده از بلور سیلیکا و بلور آلومینا از نوع اتصال H بوده و اتصال آن قوی است

۱۳- اگر یک نمونه خاک با $Gs=2/68$، میزان تخلخل $e=0/6$ و درجه اشباع $Sr=\%30$ باشد. درصد رطوبت این خاک برابر است با: **(سال ۸۳)**

۱) ۵/۴ ۲) ۶/۷ ۳) ۰/۴۸ ۴) ۱۸

۱۴- در آزمایشات حجمی ـ وزنی روی یک نمونه خاک اشباع اطلاعات زیر به‌دست آمده است:
e درجه تخلخل = ۷۸ درصد، ω درصد رطوبت = ۲۹ درصد، وزن مخصوص آب = ۹/۸ کیلو نیوتن بر متر مکعب، وزن مخصوص خاک و Gs آن چقدر است؟ **(سال ۸۴)**

۱) $Gs = ۲۶/۹$, $\gamma = ۱۹/۱ \frac{kN}{m^۳}$
۲) $Gs = ۲/۶۹$, $\gamma = ۱۹/۱ \frac{kN}{m^۳}$
۳) $Gs = ۲/۶۹$, $\gamma = ۱/۹۵ \frac{kN}{m^۳}$
۴) $Gs = ۰/۳۷$, $\gamma = ۲/۶۲ \frac{kN}{m^۳}$

۱۵- برای یک خاک اشباع چگالی دانه‌ها $Gs = ۲/۷$ و نسبت تخلخل $e = ۱/۱$ است. درصد رطوبت برای این خاک حدوداً برابر است با: **(سال ۸۵)**

۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۴۰

۱۶- حجم ذرات خاک با حجم خلل و فرج آن برابر است. همچنین نیمی از حجم خلل و فرج را آب تشکیل داده است. درصد هوا در این خاک چقدر است؟ **(سال ۸۵)**

۱) ۵۰ ۲) ۲۵ ۳) ۷۵ ۴) ۱۰۰

۱۷- در خاکی حجم هوای موجود در آن برابر حجم آب می‌باشد و حجم آب نصف حجم ذرات جامد است. نسبت تخلخل این خاک برابر است با: **(سال ۸۶)**

۱) ۰/۲۵ ۲) ۰/۵ ۳) ۲ ۴) ۱

۱۸- چگالی ویژه (Gs) نمونه‌ای از خاک اشباع برابر ۲/۶۵ و نسبت تخلخل آن ۰/۹۳ می‌باشد. درصد رطوبت این خاک برابر است با: **(سال ۸۶)**

۱) ۲۶/۵ ۲) ۱۰۰ ۳) ۳۵ ۴) ۳۰

۱۹- وزن مخصوص یک نمونه خاک مرطوب $۱۸/۵ \frac{kN}{m^۳}$ و وزن مخصوص آن درحالت خشک $۱۶/۸ \frac{kN}{m^۳}$ می‌باشد. درصورتی‌که درجه تخلخل این خاک $e = ۰/۵$ اندازه‌گیری شده باشد، درصد اشباع و درصد هوای این خاک چقدر است؟ $(Gs = ۲/۶ \ , \ \gamma_w = ۱۰ \frac{kN}{m^۳})$ **(سال ۸۷)**

۱) $A = ٪۲۹ \ , \ S = ٪۱۳$
۲) $A = ٪۲۶ \ , \ S = ٪۵۲$
۳) $A = ٪۱۶ \ , \ S = ٪۵۲$
۴) $A = ٪۶/۵ \ , \ S = ٪۱۳$

۲۰- کدام‌یک از عبارات زیردرخصوص خاصیت خمیری کانی‌های رس صحیح است؟ **(سال ۸۷)**

۱) خاصیت خمیری مونت موریونیت از کائولینیت بیشتر است، چون نسبت ضخامت لایه آب مضاعف به ضخامت خود کانی رس در مونت‌موریونیت از کائولینیت بیشتر است
۲) خاصیت خمیری مونت موریونیت از کائولینیت کمتر است، چون نسبت ضخامت لایه آب مضاعف به ضخامت خود کانی رس در مونت‌موریونیت از کائولینیت بیشتر است
۳) خاصیت خمیری مونت موریونیت از کائولینیت بیشتر است، چون نسبت ضخامت لایه آب مضاعف به ضخامت خود کانی رس در مونت‌موریونیت از کائولینیت کمتر است
۴) خاصیت خمیری مونت موریونیت از کائولینیت کمتر است، چون نسبت ضخامت لایه آب مضاعف به ضخامت خود کانی رس در مونت‌موریونیت از کائولینیت کمتر است

۲۱- خاکی شامل ۸۰ گرم ذرات خاک و ۲۰گرم آب است. حجم ذرات خاک برابر ۳۰ میلی‌لیتر است. کل حجم خاک برابر ۶۰ میلی‌لیتر است. کدام‌یک از عبارات زیر درست است؟ **(سال ۸۸)**

۱) میزان رطوبت ۲۰ درصد است
۲) نسبت تخلخل ۰/۵ است
۳) دانسیته کل خاک ۱/۶۶ تن بر مترمکعب است
۴) درجه اشباع ۸۰ درصد است

۲۲-کدام عبارت در مورد خاک‌های رسی صحیح نیست؟ **(سال ۹۰)**

۱) تشکیل ساختمان مجتمع (فولکوله) یا پراکنده (لایه‌ای) در خاک‌های چسبیده، بستگی به برآیند نیروهای الکتریکی بین ذرات دارد
۲) تمایل به جذب آب کانی مونت‌موریونیت بیشتر از کائولینیت و سطح مخصوص ایلیت بیشتر از مونت‌موریونیت‌هاست
۳) کائولینیت دارای اتصال قوی و مونت موریونیت و ایلیت دارای اتصال ضعیف بین واحدهای تشکیل‌دهنده می‌باشند
۴) لایه آب دوگانه شامل تمام ذرات آبی است که به‌وسیله نیروی جاذبه درتماس با ذرات رسی نگاه داشته می‌شوند

۲۳- ۱۵۰ مترمکعب از خاکی با تخلخل $e=0/5$ و ۲۴۰ مترمکعب خاک با تخلخل $e=0/2$ را مخلوط و درون گودالی استوانه‌ای شکل با سطح مقطع ۱۰۰ مترمربع متراکم نموده‌ایم. اگر تخلخل مصالح حاصل پس از تراکم $e=0/4$ شود، چند متر از ارتفاع گودال با خاک پر می‌شود؟ **(سال ۹۰)**

۱) ۴/۲۰ ۲) ۳/۹۰ ۳) ۳/۶۰ ۴) ۲/۶۷

۲۴- درصد رطوبت نمونه خاک اخذشده از عمق پایین‌تر از تراز آب زیرزمینی ۲۰ درصد و وزن مخصوص کل آن ۲ تن بر مترمکعب است. ضریب پوکی این خاک چقدر است؟ (وزن مخصوص آب ۱ تن بر مترمکعب فرض می‌شود.) **(سال ۹۰)**

۱) ۰/۲۰ ۲) ۰/۶۷ ۳) ۰/۵۰ ۴) ۰/۳۳

۲۵- کدام عبارت در مورد خاک‌های ریزدانه رسی یا کانی‌های تشکیل‌دهنده آنها صحیح است؟ **(سال ۹۱)**

۱) سطح ویژه کائولینیت‌ها کمتر از مونت موریونیت‌ها و سطح ویژه مونت‌موریونیت‌ها کمتر از ایلیت‌ها است
۲) افزایش سطح ویژه در کانی‌های رسی سبب افزایش تمایل به جذب آب و درنتیجه کاهش فعالیت آنها می‌گردد
۳) وزن مخصوص خاک‌های ریزدانه دارای ساختمان پراکنده بیش از خاک‌های با ساختمان تجمعی است
۴) میزان کل لایه آب مضاعف (دوگانه) در خاک‌های دارای ساختمان مجتمع بیش از خاک‌های با ساختمان پراکنده است

۲۶- نمونه‌ای استوانه‌ای از خاک به حجم۷۵ سانتی‌متر مکعب، ۱۳۷/۵ گرم وزن دارد. اگر وزن این نمونه پس از خشک‌شدن در کوره به ۱۲۵ گرم برسد، درجه اشباع این خاک در حالت طبیعی چقدر است؟ $(Gs=2/5\ ,\ \gamma_w=1\ \frac{gr}{cm^3})$ **(سال ۹۱)**

۱) ٪۲۵ ۲) ٪۵۰ ۳) ٪۷۰ ۴) ٪۱۰۰

۲۷- کدام گزینه در مورد کانی‌های رسی صحیح است؟ **(سال ۹۲)**

۱) مونت‌موریونیت از نظر ساختاری شبیه ایلیت است، با این تفاوت که جای واحدهای سیلیکا و گیبسیت با یکدیگر عوض شده است
۲) مونت‌موریونیت از نظر ساختاری شبیه کائولینیت است، با این تفاوت که به جای پیوند هیدروژنی بین کانی‌ها، دارای پیوند ضعیف واندروالسی است
۳) شکل کانی کائولینیت نسبت به کانی‌های مونت‌موریونیت و ایلیت ورقه‌ای‌تر و ضخامت آن کمتر است
۴) خاصیت خمیری و جذب آب مونت‌موریونیت نسبت به سایر کانی‌های رسی بیشتر است

۲۸- اگر در یک خاک اشباع، نشانه خلأ (e) ۲ برابر ضریب پوکی (n) باشد، وزن مخصوص خاک دراین حالت چقدر است؟

$(\gamma_w=10\frac{kN}{m^3}\ ،Gs=2/5)$ **(سال ۹۲)**

۱) ۱۲/۵ ۲) ۱۶/۶۷ ۳) ۱۷/۵ ۴) ۲۰

۲۹- نمونه‌ای از خاک قرضه دارای درصد رطوبت ٪۲۰ و پوکی $n=0/5$ بوده است. اگر بخواهیم $1m^3$ از خاک این قرضه را اشباع نماییم، چه حجم آب مورد نیاز است؟ $(Gs=2/5)$ **(سال ۹۲)**

۱) ۲۰۰ لیتر ۲) ۲۵۰ لیتر ۳) ۴۵۰ لیتر ۴) ۵۰۰ لیتر

پاسخنامه سوالات چهار گزینه‌ای آزاد فصل اول

۱- گزینه «۳»

طبق تعریف محاسبه درصد رطوبت خواهیم داشت:

$$\begin{cases} W_۱ = ۴۸۲\,gr \\ W_۲ = ۳۲۵\,gr \end{cases} \Rightarrow \quad W_w = W_۱ - W_۲ = ۴۸۲ - ۳۲۵ = ۱۵۷\,gr$$

$$\omega = \frac{W_w}{W_۲} \times ۱۰۰ = \frac{۱۵۷}{۳۲۵} \times ۱۰۰ = ٪۴۸/۳$$

$$\gamma = \frac{Gs(۱+\omega)}{۱+e}\gamma_w \quad \Rightarrow \quad ۱۹/۵ = \frac{۲/۷(۱+۰/۴۸۳)}{۱+e} \times ۹/۸۱ \Rightarrow e = ۱/۰۵$$

۲- گزینه صحیح وجود ندارد.

تمامی روابط داده شده صحیح می‌باشند.

۳- گزینه «۴»

با استفاده از روابط زیر خواهیم داشت:

$$Sr.e = \omega Gs \quad \Rightarrow \quad ۱ \times e = ۰/۴ \times ۲/۷۵ \quad \Rightarrow \quad e = ۱/۱$$

۴- گزینه «۲»

طبق تعریف نشانه خلأ عبارت است از:

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{۲۰+۵۰}{۱۰۰} = \frac{۷۰}{۱۰۰} = ۰/۷$$

۵- گزینه «۲»

همواره $\gamma_d < \gamma_{sat}$ بوده است که این مورد در گزینه (۲) نقض شده است.

۶- گزینه «۲»

پوکی نمی‌تواند بیشتر از یک باشد، همواره $۰ < n < ۱$.

۷- گزینه «۱»

درصد رطوبت یک نسبت وزنی می‌باشد.

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} = \frac{۶۰}{۳۰۰} = ۰/۲$$

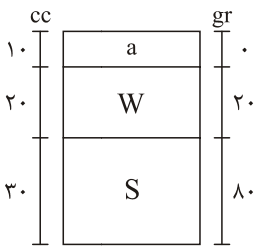
۸- گزینه «۲»

وزن مخصوص مورد نیاز محاسبات نمی‌باشد.

$$Sr.e = \omega Gs$$
$$Sr \times ۰/۶ = ۰/۱۸ \times ۲/۶۹ \Rightarrow Sr = ۰/۸۰۷$$

۹- گزینه «۱»

بهتر است برای چنین سوال‌هایی دیاگرام رسم شود.



$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V} = \frac{۸۰+۲۰}{۶۰} = ۱/۶۷\,\frac{gr}{cm^۳}$$

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} = \frac{۲۰}{۸۰} = ۰/۲۵$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{۳۰}{۳۰} = ۱$$

$$Sr = \frac{V_w}{V_v} = \frac{۲۰}{۳۰} = ۰/۶۷$$

میلی‌لیتر همان cc یا $cm^۳$ است.

۱۰- گزینه «۴»

هرگز n بزرگتر از یک نمی‌شود، $۰ < n < ۱$.

۱۱- گزینه «۲»

$$\omega Gs = Sr.e$$
$$\omega \times ۲/۷ = ۱ \times ۰/۸۵ \Rightarrow \omega = ۰/۳۱$$

۱۲- گزینه «۴»

۱۳- گزینه «۲»

$$\omega Gs = Sr.e$$
$$۰/۳ \times ۰/۶ = \omega \times ۲/۶۸ \Rightarrow \omega = ۰/۰۶۷$$

۱۴- گزینه «۲»

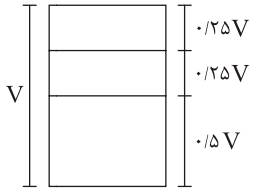
بدون انجام محاسبات و توجه به دامنه‌های Gs و γ می‌توان گزینه درست را برگزید.

$$\omega Gs = Sr.e$$
$$۱ \times ۰/۷۸ = ۰/۲۹ \times G_s \Rightarrow G_s = ۲/۶۹$$
$$\gamma = \frac{Gs(۱+\omega)}{۱+e}\gamma_w = \frac{۲/۶۹(۱+۰/۲۹)}{۱+۰/۷۸} \times ۹/۸۱ = ۱۹/۱ \ \frac{kN}{m^۳}$$

۱۵- گزینه «۴»

$$\omega Gs = Sr.e$$
$$\omega \times ۲/۷ = ۱ \times ۱/۱ \Rightarrow \omega = ۰/۴$$

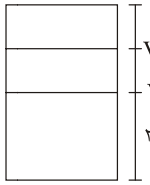
۱۶- گزینه «۲»



$$A = \frac{V_a}{V} = \frac{۰/۲۵V}{V} = ۰/۲۵$$

۱۷- گزینه «۴»

بهتر است شکل دیاگرام ترسیم شود.



$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{۲V}{۲V} = ۱$$

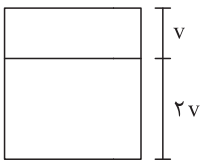
۱۸- گزینه «۳»

$$\omega Gs = Sr.e$$
$$۱ \times ۰/۹۳ = \omega \times ۲/۶۵ \Rightarrow \omega = ۰/۳۵$$

۱۹- گزینه «۳»

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{۱+\omega} \Rightarrow ۱۶/۸ = \frac{۱۸/۵}{۱+\omega} \Rightarrow \omega = ۰/۱$$
$$e = ۰/۵ = \frac{V_v}{V_s} \Rightarrow V_s = ۲V_v$$

دیاگرام فاز این خاک ترسیم می‌شود.



$$\Rightarrow \begin{cases} n = \frac{e}{۱+e} = \frac{۰/۵}{۱+۰/۵} = ۰/۳۳ \\ n = \frac{V}{۲V+V} = \frac{۱}{۳} \end{cases}$$

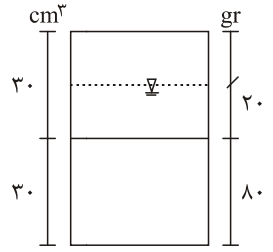
$$\omega Gs = Sr.e$$
$$Sr \times ۰/۵ = ۰/۱ \times ۲/۶ \quad \Rightarrow \quad Sr = ۰/۵۲$$
$$A = n(۱ - Sr) = ۰/۳۳(۱ - ۰/۵۲) = ۰/۱۶$$

۲۰- گزینه «۱»

سطح ویژه کانی مونت‌موریونیت بیشتر است. بنابراین مونت‌موریونیت ضخامت لایه آب بیشتری از دیگر کانی‌های رسی دارد.

۲۱- گزینه «۳»

پارامترهای داده شده محاسبه می‌شود.



$$\omega = \frac{W_w}{W_s} = \frac{۲۰}{۸۰} = ۰/۲۵$$
$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{۳۰}{۳۰} = ۱$$
$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_w + W_s}{V} = \frac{۸۰ + ۲۰}{۶۰} = ۱/۶۷ \frac{gr}{cm^۳}$$
$$Sr = \frac{V_w}{V_v} = \frac{۲۰}{۳۰} = ۰/۶۷$$

۲۲- گزینه «۲»

گزینه‌های (۱) و (۳) و (۴) کاملاً صحیح می‌باشند.

در مورد گزینه (۲) بخش تمایل به جذب بیشتر آب مونت‌موریونیت نسبت به کائولینیت صحیح بوده اما بخش دوم جمله نادرست است.

۲۳- گزینه «۱»

$$\frac{V}{۱+e} = \frac{V_۱}{۱+e_۱} + \frac{V_۲}{۱+e_۲}$$
$$\frac{V}{۱+۰/۴} = \frac{۱۵۰}{۱+۰/۵} + \frac{۲۴۰}{۱+۰/۲} \quad \Rightarrow \quad V = ۴۲۰ m^۲$$
$$V = S.H \quad \Rightarrow \quad H = \frac{V}{S} = \frac{۴۲۰}{۱۰۰} = ۴/۲ m$$

۲۴- گزینه «۴»

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{sat}}{۱+\omega_{sat}} \quad \Rightarrow \quad \gamma_d = \frac{۲}{۱+۰/۲} = ۱/۶۷ \frac{t}{m^۳}$$
$$\gamma_{sat} = \gamma_d + n\gamma_w \quad \Rightarrow \quad ۲ = ۱/۶۷ + n \times ۱ \quad \Rightarrow \quad n = ۰/۳۳$$

۲۵- گزینه «۴»

در گزینه (۱): سطح ویژه مونت‌موریونیت بیشتر از ایلیت است.

گزینه (۲): افزایش تمایل به جذب آب مترادف با افزایش فعالیت رس است.

گزینه (۳): وزن مخصوص ریزدانه با ساختار لایه‌ای بیش از رس با ساختمان پراکنده است.

۲۶- گزینه «۲»

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} = \frac{۱۳۷/۵ - ۱۲۵}{۱۲۵} = ۰/۱$$
$$V_s \gamma_s = W_s \quad \Rightarrow \quad V_s G_s \gamma_w = W_s$$
$$V_s \times ۲/۵ \times ۱ = ۱۲۵ \quad \Rightarrow \quad V_s = ۵۰ cm^۳$$
$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{۷۵ - ۵۰}{۵۰} = ۰/۵$$

$$Sr.e = \omega.Gs \quad \Rightarrow \quad Sr \times ۰/۵ = ۰/۱ \times ۲/۵ \quad \Rightarrow \quad Sr = ۰/۵$$

۲۷- گزینه‌های «۳ و۴»

۲۸- گزینه «۳»

$$e=۲n \Rightarrow e=\frac{n}{۱-n} \Rightarrow e=\frac{\frac{e}{۲}}{۱-\frac{e}{۲}} \Rightarrow e-\frac{e^۲}{۲}=\frac{e}{۲} \Rightarrow \frac{e}{۲}-\frac{e^۲}{۲}=۰ \Rightarrow \frac{e}{۲}(۱-e)=۰ \Rightarrow \begin{cases} e=۰ \text{ غ ق ق} \\ e=۱ \end{cases}$$

$$\gamma=\frac{Gs(۱+\omega)}{۱+e}\gamma_w=\frac{Gs+Sr.e}{۱+e}\gamma_w=\frac{۲/۵+۱\times۱}{۱+۱}\times۱۰=۱۷/۵\frac{kN}{m^۳}$$

۲۹- گزینه «۲»

☜اختلاف بین وزن مخصوص طبیعی و وزن مخصوص اشباع برابر آب لازم برای اشباع‌کردن خاک است.

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

$$\gamma=\frac{G_s(۱+\omega)}{۱+e}\gamma_w=\frac{۲/۵(۱+۰/۲)}{۱+۱}\times۱۰=۱۵\frac{kN}{m^۳}$$

$$\gamma_{sat}=\frac{G_s+e}{۱+e}\gamma_w=\frac{۲/۵+۱}{۱+۱}\times۱۰=۱۷/۵\frac{kN}{m^۳}$$

وزن لازم برای اشباع‌کردن یک متر مکعب خاک $\Rightarrow \gamma_{sat}-\gamma=۱۷/۵-۱۵=۲/۵kN$

$$\text{حجم آب لازم}=\frac{\text{وزن لازم}}{\gamma_w}=\frac{۲/۵kN}{۱۰\frac{kN}{m^۳}}=۰/۲۵m^۳=۲۵۰lit$$