مکانیک خاک

فصل اول

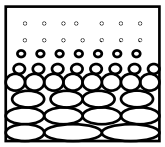
خاک و منشاء پیدایش آن

خاک شامل مجموعه ذراتی است که ممکن است اندازه بسیار متفاوتی داشته باشند. خاک محصول فرعی فرسایش مکانیکی و شیمیایی سنگ است. به بیان دیگر خاک به سنگ دانه‌های غیر سیمانته (جدا ازهم) از ذرات معدنی ومواد آلی فاسد شده اطلاق می‌شود که فضاهای خالی بین این ذرات جامد را مایع (آب) وگاز (هوا) اشغال نموده است.

در واقع خاک مجموعه‌ای ازذرات کانی طبیعی است که می‌توان دانه‌های آن را بوسیله دست یا ریختن درآب جدا کرد. به علم رفتاری خاک مکانیک خاک گفته می‌شود. در این علم به جنس خاک کاری نداریم و بیشتر با فیزیک خا ک (حدود اندازه خاک و رفتار آن تحت بارگذاری) سر و کارداریم. خاک‌ها منشاء فیزیکی و شیمیایی دارند که ناشی از فرسایش سنگ است. به خاک‌هایی که از فرسایش فیزیکی سنگ بدست می‌آیند خاک در شت دانه و به خاک‌هایی که از فرسایش شیمیایی بدست می‌آیند خاک ریزدانه (رس ولای) می‌گویند.

درطبیعت خاک‌ها به دو حالت یا فت می‌شوند:

۱ـ خاک ماندگار (برجا):



خاک‌هایی که درهمان محل سنگ مادرتشکیل شده و در همانجا باقی می‌مانند خاک برجا می‌گویند این نوع خاک‌ها دارای عمق کم ودانه بندی آنها از یکدیگر متمایز است.

۲ـ خاک‌های حمل شده یا جابجا شده:

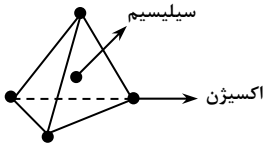
این نوع خاک‌ها ناشی از تحرکات سطح زمین ازمحل پیدایش اولیه خود جابجا شده اند انواع این نوع خاک‌ها عبارتنداز:

خاک‌های یخچالی، خاک‌های آبرفتی، خاک‌های دریاچه‌ای، خاک‌های دریایی، خاک‌های بادرفتی، خاک‌های ثقلی و خاک‌های دستی.

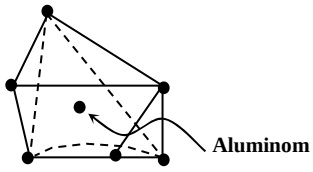
خاک‌های رسی

این نوع خاک‌ها نتیجه فرسایش شیمیایی سنگ‌ها می‌باشند و ذرات این خاک‌ها دارای ابعاد کوچکتر از ۰/۰۰۲ میلیمتر بوده که تشکیل بلورهایی کوچک به نام بلورهای کلوئیدی رس می‌دهند.

کانی‌های رسی بطور عمده ازدو واحد بنیانی تشکیل شده‌اند.



الف) سیلیکاتترا هیدروژن (چهار وجهی سیلیکا) که به آن اصطلاحاً سیلیس (SiO_2) می‌گویند.



ب) آلومینا اکتا هیدروژن (هشت وجهی آلومینا) که به آن اصطلاحاً آلومین (Al_2O_3) می‌گویند.

این بنیان‌ها به یکدیگر می‌چسبند و تشکیل یکسری صفحات کوچک می‌دهند و دارای سطح جانبی بیشتری نسبت به اجسام هم وزن خود هستند.

سطح ویژه: برابراست با مساحت جانبی ذرات خاک رس تقسیم برجرم ذرات خاک رس. هرچه سطح ویژه بزرگتر باشد چسبندگی خاک بیشتراست.

www.modaresanesharif.ac.ir

با توجه به نحوه قرارگیری صفحات کنار یکدیگر انواع کانی‌های رسی را بصورت زیر بیان می‌کنیم.

۱ـ کائولینیت: از یک صفحه چهاروجهی و یک صفحه هشت وجهی تشکیل شده است. پیوند اجزاء از نوع هیدروژنی قوی است.

۲ـ ایلیت: از دو صفحه چهار وجهی و یک صفحه هشت وجهی تشکیل شده است. نام دیگر آن میکای رس است.

۳ـ مونت موریلونیت (مونموریونیت): از یک صفحه هشت وجهی و دو صفحه چهاروجهی با پیوند ضعیف واندروالسی تشکیل شده است.

سطح ویژه موریلونیت > سطح ویژه ایلیت > سطح ویژه کائولینیت

$$۱۵\ \frac{m^۲}{gr} < ۸۰\ \frac{m^۲}{gr} < ۸۰۰\ \frac{m^۲}{gr}$$

خاصیت چسبندگی وخمیری کانی مونت موریلونیت بیشتراز سایرین است.

ساختمان خاک

به نحوه قرارگیری دانه‌های خاک روی یکدیگر ساختار خاک گویند که بستگی به ریزی ودرشتی خاک دارد.

اگر خاک درشت دانه باشد به آن ساختمان تک دانه‌ای گویند و اگر خاک چسبنده یاریزدانه باشد به خاطر پیوند بین آنها ساختمان فولوکوله یاساختمان پراکنده گویند.

در ساختمان فولوکوله نیروهای بین دانه‌ای ازنوع جاذبه بوده ودر ساختمان پراکنده نیروهای بین دانه‌ای ازنوع دافعه هستند.

تخلخل و حساسیت ساختمان مجتمع نسبت به دست خوردگی بیشتر از ساختمان پراکنده (لایه‌ای) است.

نکته۱: وجود کانیهای رس در ریزدانه‌ها سبب جذب آب توسط آنها می‌گردد و باعث می‌شود خاک حالت خمیری و چسبندگی به خود بگیرد. سطح ذرات رس حامل بار منفی است و هر چه سطح ویژه بزرگتر باشد درصد جذب آب بیشتر خواهد بود.

نکته۲: در ساختمان خاک‌های مرکب، ذرات غیرچسبنده درشت و ذرات خاک‌های چسبنده ریز دانه با هم یافت می‌شوند. در این حالت اسکلت خاک را ذرات درشت دانه تشکیل می‌دهند که بوسیله خمیر چسب مانند، متشکل از مواد ریزدانه بهم اتصال یافته‌اند. خاک‌های مرکب دارای سه نوع ساختمان مختلف هستند:

۱) ساختمان شناور ۲) ساختمان نیمه شناور ۳) ساختمان اتکا مستقیم.

در ساختمان شناور و نیمه شناور ذرات ریزدانه زیاد بوده و لذا با اضافه شدن آب باربری خاک کاهش می‌یابد ولی در ساختمان اتکا مستقیم افزایش آب تأثیری در باربری ندارد.

نکته۳: نفوذپذیری ساختار لایه‌ای (پراکنده) کمتر از ساختار مجتمع (لخته‌ای) می‌باشد ولی تخلخل ساختار لخته‌ای بیشتر از ساختار لایه‌ای (موازی) است.

مثال ۱: تورم ناشی از جذب رطوبت در کدام ساختار بیشتر است؟

۱) اتکا مستقیم ۲) شناور ۳) نیمه‌شناور ۴) لانه زنبوری

☑ **پاسخ :** گزینه «۲» ساختار شناور ریزدانه بیشتری داشته و نسبت به باقی گزینه‌ها تورم بیشتری دارد.

نکته۴: خاک معمولاً در کارهای عملی به ذرات رسی و ریزدانه اطلاق می‌شود که اندازه آنها کوچکتر از ۲ میکرون (۰/۰۰۲ میلی‌متر) است.

نکته۵: با توجه به توضیحات قبلی می‌توان ارتباط ساختارها را بصورت زیر بیان نمود:

شناور < نیم شناور < اتکا مستقیم $\Rightarrow$ از نظر باربری

شناور > نیم شناور > اتکا مستقیم $\Rightarrow$ از نظر تورم

شناور < نیم شناور > اتکا مستقیم $\Rightarrow$ از نظر جذب آب

شناور < نیم شناور < اتکا مستقیم $\Rightarrow$ از نظر نفوذپذیری

مثال ۲: توان باربری کدام ساختار بیشتر است؟

۱) شناور ۲) نیمه‌شناور ۳) اتکا مستقیم ۴) لایه‌ای

☑ **پاسخ :** گزینه «۳» در ساختار اتکا مستقیم دانه‌های درشت بر یکدیگر تکیه داشته و باربری بیشتری را نتیجه می‌دهند.

www.modaresanesharif.ac.ir

تستهای طبقه‌بندی شده فصل اول

۱ـ اندازه ذرات کلی خاک ها از ریز به درشت کدام است؟ (سراسری ـ ۸۳)

۱) رس ـ ماسه ـ شن ۲) رس ـ شن ـ ماسه ۳) ماسه ـ رس ـ شن ۴) شن ـ ماسه ـ رس

۲ـ اگر «سطح مخصوص کائولینیت < سطح مخصوص ایلیت < سطح مخصوص مونتموریلونیت» باشد، آنگاه درصد جذب آب کدام بیشتر است؟ (سراسری ـ ۸۳)

۱) درصد جذب آب هر سه یکسان است. ۲) مونتموریلونیت

۳) کائولینیت ۴) ایلیت

۳ـ به ذرات خاک کوچکتر از ۰/۰۰۲ میلیمتر چه گفته می‌شود؟ (آزاد ـ ۸۳)

۱) لای ۲) رس ۳) ماسه ۴) شن

۴ـ واحد و بنیان اساسی کانی‌های رس عبارت است از: (آزاد ـ ۸۶)

۱) سیلیس چهاروجهی و آلومین هشت وجهی. ۲) آلومین چهاروجهی و سیلیس هشت وجهی.

۳) هیدروکسیل چهاروجهی و سیلیکون هشت وجهی. ۴) آلومین هشت وجهی و سیلیکون چهاروجهی.

۵ـ در کدام یک از خاک‌های رسی، خاصیت خمیری قوی‌تری وجود دارد؟ (سراسری ۸۷)

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

۶ـ کدامیک از خاک‌های زیر ناشی ازفرسایش شیمیایی سنگ‌ها می‌باشند؟ (مؤلف)

۱) شن ۲) ماسه ۳) قلوه سنگ ۴) رس

۷ـ کدامیک از گزینه‌ها سطح ویژه بیشتری دارد؟ (مؤلف)

۱) کائولینیت ۲) مونتموریلونیت ۳) ایلیت ۴) فرقی ندارند

۸ـ ساختمان خاک یعنی ..... . (مؤلف)

۱) ذرات تشکیل دهنده خاک ۲) ریزدانه‌ها ی خاک ۳) نحوه‌قرارگیری‌دانه‌های‌خاک ۴) سطح ویژه خاک

۹ـ واحد سطح ویژه خاک کدام است؟ (مؤلف)

۱) $\frac{kg}{m}$ ۲) $\frac{m}{kg}$ ۳) $\frac{m^2}{kg}$ ۴) $\frac{kg}{m^2}$

۱۰ـ پیوند بین اجزاء کدام کانی رس قوی‌تر است؟ (مؤلف)

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

۱۱ـ توان باربری و نفوذپذیری کدام ساختار به ترتیب بیشتر است؟ (مؤلف)

۱) اتکا مستقیم، لایه‌ای ۲) شناور، لخته‌ای ۳) اتکا مستقیم، لخته‌ای ۴) نیمه شناور، لایه‌ای

۱۲ـ کدام ساختار خاک برای متراکم شدن نیازمند ارتعاش و کوبیدن دارد؟ (مؤلف)

۱) اتکا مستقیم ۲) لخته‌ای ۳) پراکنده ۴) لانه زنبوری

۱۳ـ در کدام ساختار کانی رس، اتصال چهار وجهی و هشت وجهی با اتصال هیدروژنی قوی صورت می‌گیرد؟ (مؤلف)

۱) ایلیت ۲) کائو لینیت ۳) مونت موریلونیت ۴) هالوزین

۱۴ـ پیونو بین کدام صفحات کانی رس از نوع پیوند مولکول آب (وان دروالسی) است؟ (مؤلف)

۱) مونت موریلونیت ۲) ایلیت ۳) کائو لینیت ۴) الوفین

۱۵ـ ضخامت کدام کانی کمتر است؟ (مؤلف)

۱) کائو لینیت ۲) مونت موریلونیت ۳) ایلیت ۴) هالوزین

www.modaresanesharif.ac.ir

پاسخنامه تستهای طبقه‌بندی شده فصل اول

۱ـ گزینه «۱» ذرات خاک از درشت به ریز شامل شن، ماسه، لای و رس است.

۲ـ گزینه «۲» هر چه سطح ویژه بزرگتر باشد، درصد جذب آب بیشتر خواهد بود.

۳ـ گزینه «۲» به ذرات کوچکتر از ۰/۰۰۲ mm خاک رس می‌گویند.

۴ـ گزینه «۱» دو بنیان اصلی رس شامل چهاروجهی سیلیس و هشت‌وجهی آلومین می‌باشد.

۵ـ گزینه «۴» خاصیت چسبندگی و خمیری کانی مونت موریلونیت بدلیل سطح ویژه بیشتر از باقی کانی‌ها بیشتر است.

۶ـ گزینه «۴» با توجه به مطالب ارائه شده درفصل اول خاک‌های ریزدانه (رس ولای) ناشی از فرسایش شیمیایی سنگ‌ها می‌باشند.

۷ـ گزینه «۲» با توجه به نحوه قرارگیری صفحات و بنیان‌های رسی، کانی‌های رسی بوجود می‌آیند که مونت موریلونیت بیشترین سطح ویژه را بـه خود اختصاص می‌دهد.

۸ـ گزینه «۳» ساختمان خاک یعنی نحوهٔ قرارگیری ذرات کنار یکدیگر.

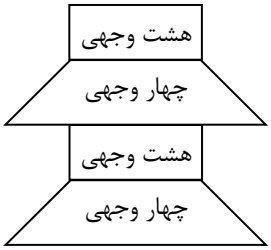
۹ـ گزینه «۳» سطح ویژه یعنی سطح جانبی واحد وزن ذرات خاک برحسب $\frac{m^2}{kg}$ و $\frac{cm^2}{gr}$.

۱۰ـ گزینه «۳» پیوند بین صفحات در کانی کائولینیت از نوع هیدروژنی قوی است.

۱۱ـ گزینه «۳» توان باربری اتکا مستقیم و نفوذپذیری ساختار لخته‌ای بیشتر است.

۱۲ـ گزینه «۴» ساختار لانه زنبوری در ماسه ریز و سیلت درشت وجود دارد و این ساختار برای متراکم شدن نیازمند ارتعاش و ضربه است.

۱۳ـ گزینه «۲» پیوند بین صفحات در کائولینیت از نوع هیدروژنی قوی است.



۱۴ـ گزینه «۱» در مونت موریلونیت پیوند بین صفحات از نوع وان دروالسی است.

۱۵ـ گزینه «۱» بدلیل نوع اتصال در کانی کائولینیت، ضخامت آن از باقی کانی‌ها کمتر است.

www.modaresanesharif.ac.ir

آزمون فصل اول

۱ـ هر چه سطح ویژه افزایش یابد .....

۱) جذب آب کمتر می‌شود. ۲) جذب آب بیشتر می‌شود. ۳) خاک درشت دانه‌تر می‌شود. ۴) خاک مقاوم‌تر می‌شود.

۲ـ کدامیک از ساختمان‌های زیر مربوط به خاک‌های ریزدانه است؟

۱) شناور ۲) نیمه شناور ۳) اتکا مستقیم ۴) پراکنده

۳ـ کوچکترین ذره خاک چه نام دارد؟

۱) رس ۲) لای ۳) ماسه ۴) شن

۴ـ کدام خاک منشأ فرسایش فیزیکی دارد؟

۱) رس ۲) لای ۳) کلوئید ۴) ماسه

۵ـ کدامیک از ساختمان‌های زیر در اثر بارگذاری، اطمینان بخش خواهند بود؟

۱) شناور ۲) نیمه شناور ۳) اتکا مستقیم ۴) پراکنده

۶ـ در سطح ذرات رس بار الکتریکی ..... .

۱) منفی خالص وجود دارد.
۲) مثبت خالص وجود دارد.
۳) بسته به نوع پیوند ممکن است منفی یا مثبت باشد.
۴) به دلیل تمرکز یونی و جانشینی ایزومورفی سطح ذرات رس عملاً خنثی است.

۷ـ کدام کانی جذب آب بیشتری دارد؟

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

۸ـ میکای رس کدام یک از کانی‌های زیر است؟

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

۹ـ کدام ساختار تورم بیشتری دارد؟

۱) اتکا مستقیم ۲) لانه زنبوری ۳) نیمه شناور ۴) شناور

۱۰ـ در خاکریزی پشت پل‌ها و دیوارها (درناژ) ساختار خاک کدام است؟

۱) لانه زنبوری ۲) شناور ۳) اتکا مستقیم ۴) نیمه شناور (مرکب)

لطفاً جهت مشاهده پاسخنامه آزمون‌ها به سایت www.modaresanesharif.ac.ir مراجعه نمائید.

www.modaresanesharif.ac.ir

مدرسان شریف

فصل دوم

ترکیب خاک (روابط وزنی ـ حجمی)

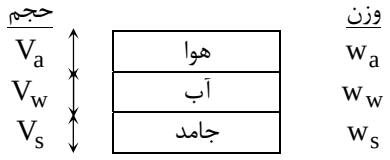
برای اینکه بتوانیم رفتار خاک را مدل سازی نماییم لازم است اجزا و ترکیبات توده خاک را بشناسیم لذا دراین فصل تعاریف پایه واولیه مکانیک خاک و روابط کلیدی حاکم برآنها را با یکدیگر مرور خواهیم کرد.

هرتوده خاک از ۳ قسمت اصلی جامد (دانه‌ها) آب و هوا تشکیل شده است.

تعاریف پایه درخاک براساس این ۳ جزء اصلی خاک بیان می‌شود.

چون توده خاک را برای واحد سطح انتخاب کرده ایم ارتفاع هر قسمت معرف حجم خواهد بود .

بدلیل ناچیز بودن وزن هوا در مکانیک خاک $w_a = ۰$ فرض می‌گردد.



حجم کل $V = V_s + V_V$

حجم حفرات $V_V = V_a + V_w$

۱ـ درصد رطوبت (درصد آب) ω: نسبت وزن آب به وزن دانه‌های خاک را گویند.

$$\omega = \frac{W_w}{W_S} \times ۱۰۰$$

۲ـ نسبت تخلخل (نسبت منافذ) e : نسبت حجم فضای حفرات به حجم جامد خاک را گویند.

$$e = \frac{V_V}{V_S} \times ۱۰۰ = \frac{V_a + V_w}{V_s} \times ۱۰۰$$

$$\boxed{۰ < e << \infty}$$

باتوجه به رابطه ارائه شده داریم:

e درخاک ازحدود ۰/۳۵درمتراکم ترین حالت تابه ندرت بیش از ۲ در سست ترین حالت متفاوت است.

۳ـ پوکی n : نسبت حجم فضای حفرات به حجم کل خاک را گویند، نام دیگر پوکی تخلخل می‌باشد.

$$n = \frac{V_V}{V} \times ۱۰۰$$

۴ـ درجه اشباع خاک S_r: نسبت حجم آب به حجم حفرات را گویند.

$$S_r = \frac{V_W}{V_V} \times ۱۰۰$$

درخاک‌های کاملاً اشباع، تمامی حفرات خاک (V_V) با آب پر می‌شوند لذا $V_{a=۰}$ و $V_V = V_W$ پس درجه اشباع دراین خاک‌ها برابر $S_r = ۱$ می‌باشد.

۵ـ درصد هوای خاک A: نسبت حجم هوای خاک به حجم کل خاک را گویند.

$$A = \frac{V_a}{V} \times ۱۰۰$$

۶ـ درصد هوای حفرات ac : نسبت حجم هوای خاک به حجم حفرات را گویند.

$$ac = \frac{V_a}{V_V} \times ۱۰۰$$

در حالت کلی داریم:

$$\%ac + \%sr = ۱$$

۷ـ وزن مخصوص در خاک: وزن مخصوص درخاک بسته به نوع خاک وحالات متفاوت آن، بصورت زیر تعریف می‌شوند.

۷ـ۱ـ وزن مخصوص مرطوب (γ)

نسبت وزن کل خاک به حجم کل خاک را وزن مخصوص مرطوب خاک گویند. برای راحتی درحل مسائل بجای وزن، ازجرم خاک استفاده می‌کنیم

واحد وزن مخصوص برابر $\frac{kN}{m^۳}, \frac{gr}{cm^۳}, \frac{kg}{m^۳}$ می‌باشد.

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_W + W_S}{V}$$

www.modaresanesharif.ac.ir

۷ـ۲ـ وزن مخصوص خشک خاک

نسبت وزن خشک خاک (W_S) به حجم کل خاک راوزن مخصوص خشک گویند. $\gamma_d = \frac{W_s}{V}$

این وزن مخصوص ازحالت مرطوب کوچکتراست. $\gamma_d < \gamma$

۷ـ۳ـ وزن مخصوص دانه‌های خاک (ذرات جامد خاک) γ_s

به نسبت وزن دانه‌های خاک به حجم دانه‌ها، وزن مخصوص دانه‌های خاک گویند. $\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$

۷ـ۴ـ وزن مخصوص اشباع خاک (γ_{sat})

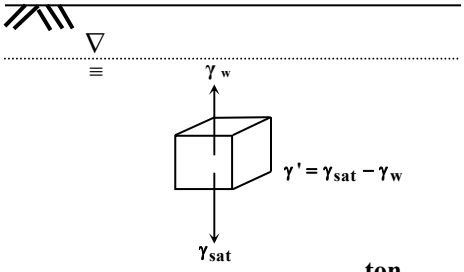
در این حالت تمامی حفرات خاک از آب پر شده‌اند و به نسبت وزن خاک اشباع به حجم کل خاک، وزن مخصوص اشباع خاک گویند.

$\gamma_{sat} = \frac{W}{V} \longleftarrow$ وزن اشباع $\qquad \gamma_{sat} > \gamma > \gamma_d$

۷ـ۵ـ وزن مخصوص غوطه ور خاک (مستغرق)

طبق قانون ارشمیدوس، هرجسمی که بصورت غوطه‌ور درآب قرارداشته باشد به اندازه حجم قسمت غوطه‌ور جسم دروزن مخصوص آب از وزن آن کم می‌شود. خاک نیز در صورتی که اشباع باشد و در زیر تراز آب زیر زمینی قرار گیرد از وزن مخصوص اشباع آن به اندازه وزن مخصوص آب کسر می‌شود یعنی: $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$

وزن مخصوص آب برابر $۱\frac{gr}{cm^۳}$ یا $۱\frac{ton}{m^۳}$ یا $۹/۸\frac{kN}{m^۳}$ یا $۶۲/۴pcf$ می‌باشد.



مثال ۱: در خاکی وزن مخصوص اشباع برابر $۲/۵\frac{t}{m^۳}$ است. وزن مخصوص غوطه‌ور خاک چند $\frac{ton}{m^۳}$ خواهد بود؟

۱) ۱ ۲) ۲/۵ ۳) ۱/۵ ۴) ۳/۵

پاسخ: گزینه «۳» $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = ۲/۵ - ۱ = ۱/۵\frac{t}{m^۳}$

۸ـ چگالی دانه‌های خاک (چگالی خاک) G_s

نسبت وزن مخصوص دانه‌های خاک به وزن مخصوص آب را چگالی خاک گویند. $G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_s\gamma_w}$

محدوده تغییرات G_s زیاد نیست و در اکثر خاک‌ها این عدد بین $۲/۷ \le G_s \le ۲/۶$ می‌باشد حدود تغییرات G_s برای خاک‌های مختلف درجدول زیر آورده شده است . در صورتی که به غیر از خاک‌های زیر مد نظر باشد G_s تا ۲/۹ نیز قابل افزایش می‌باشد.

خاک	G_s
شن	۲/۶۵ـ۲/۶۸
ماسه	۲/۶۵ـ۲/۶۸
لای	۲/۶۲ـ۲/۶۸
رس	۲/۵۸ـ۲/۷۵

۹ـ دانسیته نسبی D_r

به این پارامتر اصطلاحاً تراکم نسبی نیز اطلاق می‌شود. معمولاً برای خاک‌های دانه‌ای (ماسه‌ای) کاربرد دارد و بیانگر میزان فشردگی و تراکم خاک‌های دانه‌ای است. طبق تعریف Dr برابر است با: $D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times ۱۰۰$

حدود تغییرات D_r بین ۰ و ۱ می‌باشد $۰ \le D_r \le ۱$ درخاک‌های دانه‌ای بسیار متراکم D_r نزدیک به ۱ یا ۱۰۰ درصد است.

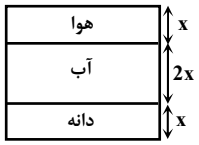
نکته ۱: e_{max} متناظر با سست‌ترین (شل ترین) حالت خاک می‌باشد و e_{min} متناظر با متراکم ترین حالت خاک می‌باشد.

در خاکهایی که ۷۰% تا $۵۰ = D_r$ است تراکم را متوسط و اگر $D_r > ۷۰\%$ باشد خاک را متراکم گویند.

www.modaresanesharif.ac.ir

مثال ۲: در خاکی حجم آب دو برابر حجم دانه و حجم هوا با حجم دانه برابر است. پوکی خاک چقدر است؟

۱) ۰/۶۷ ۲) ۰/۳۳ ۳) ۰/۵ ۴) ۰/۷۵



$V = 4x$
$V_v = 3x \rightarrow n = \frac{V_v}{V} = \frac{3x}{4x} = 0/75$

☑ **پاسخ : گزینه «۴»**

روش‌های تعیین وزن مخصوص خاک

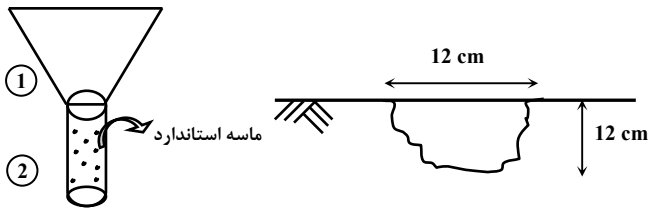
الف) خاک‌های کاملاً چسبنده: دراین گونه خاک‌ها بدلیل وجود چسبندگی بالا بین دانه‌های خاک، می‌توان با استفاده از یک استوانه جدارنازک فلزی حجم مشخصی از خاک را جدا کرده و ازتقسیم وزن خاک کنده شده به حجم داخلی استوانه جدار نازک، وزن مخصوص خاک تعیین می‌شود.

$$\gamma = \frac{\text{وزن خاک کنده شده}}{\text{حجم استوانه}}$$

ب) خاک‌های معمولی (چسبندگی اندک):

در این گونه خاکها ۳ روش متداول زیر وجود دارد:

۱ـ استفاده از مخروط ماسه sand bottle (دانسیته صحرایی)



بـه ایـن آزمـایش اصـطلاحاً دانسـیته در محـل گفتـه مـی‌شـود. بـا حفرگودالی به شکل استوانه به قطر 12^{cm} و ارتفاع ۱۲ سـانتی‌متـر و ریخته شدن ماسه به داخل چاله وزن مخصوص خاک بدست می‌آید. ابتدا خاک کنده شده را درون یک ظرف سربسته ریختـه تـا رطوبـت خود را ازدست ندهد و سپس ظرف را وزن می‌کنیم.

کل شکل ۱و ۲ و ماسه استاندارد داخل بطری را وزن کرده و بصورت واژگون بر روی چاله قرار می‌دهیم. شیر تخلیه را بـازکرده و اجـازه مـی‌دهـیم ماسه داخل چاله بریزد با استفاده از رابطه زیر وزن ماسه داخل چاله را بدست می‌آوریم.

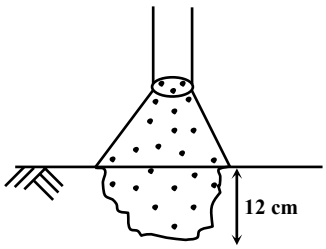
W: وزن کل ظرف ۱و۲ و ماسه داخل آن

W_1: وزن ظرف ۱ و ماسه داخل آن

W_2: وزن ظرف ۲ و ماسه باقی مانده داخل آن پس از آزمایش

$$\text{وزن ماسه داخل چاله} = W - (W_1 + W_2)$$

$$\text{حجم چاله} = \frac{\text{وزن ماسه داخل چاله}}{\text{وزن مخصوص ماسه}}$$



$$\text{وزن مخصوص خاک} = \frac{\text{وزن خاک کنده شده}}{\text{حجم چاله}}$$

نکته ۲: جهت حفر گودال استوانه‌ای از یک سینی فلزی که دایره‌ای به قطر ۱۲ سانتی‌متر ازآن سوراخ شده است استفاده می‌شود.

نکته ۳: ماسه استاندارد به نام ماسه اُتاوا شهرت دارد که از الک شماره ۲۰ عبور کرده و روی الک ۳۰ باقی می‌ماند.

نکته ۴: مشکل اصلی درتعیین وزن مخصوص خاک، تعیین حجم کل خاک کنده شده می‌باشد که روش‌های ارائه شده به طریقی این حجـم را بدست می‌آورند. دقت روش مخروط ماسه از باقی روش‌ها بیشتر است.

۲ـ استفاده از بادکنک آب (بالن لاستیکی)

با قراردادن یک بادکنک درون چاله حفرشده در قسمت قبل و پرکردن بادکنک توسط آب، حجم چاله بدست می‌آید.

حجم بادکنک پرازآب = حجم چاله

۳ـ استفاده از روغن لزج

دراین روش نیز چاله حفرشده درقسمت اول را باریختن روغن لزج پر می‌کنیم. حجم چاله برابر حجم روغن ریخته شده درون چاله می‌باشد.

روش‌های تعیین وزن مخصوص دانه‌های خاک γ_s

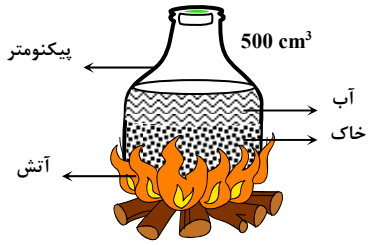
الف) روش غوطه وری: در این روش ابتدا مقداری خاک کاملاً خشک شده را وزن کرده (W_S) وسپس آن را درون استوانه مدرج که مقـداری آب دارد می‌ریزیم اضافه حجم بدست آمده حجم ذرات خاک می‌باشد سپس وزن مخصوص دانه‌ها بدست می‌آید.

$$\gamma_s = \frac{W_S}{V_S}$$

www.modaresanesharif.ac.ir

ب) روش پیکنومتر: در یک ظرف مشخص (پیکنومتر) مقداری آب ریخته تا به حجم ۵۰۰ سانتی متر مکعب برسد.
ظرف را وزن کرده و خاک خشک شده را درون آن می‌ریزیم با استفاده از شعله آتش حجم آب را به ۵۰۰ سانتی متر مکعب می‌رسانیم. دوباره کل ظرف را وزن کرده با استفاده از رابطه زیر حجم دانه‌های خاک را بدست می‌آوریم:

وزن پیکنومتر و خاک ـ وزن پیکنومتر پر از آب + وزن خاک خشک = حجم ذرات خاک پس از آزمایش



$$\gamma_s = \frac{\text{وزن خاک خشک}}{\text{حجم}}$$

نکته ۵: فرمول‌های کلیدی زیر در حل مسائل مکانیک خاک بسیار کاربرد دارند.

۱ـ $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega}$ ۲ـ $S_r.e = \omega.G_s$ ۳ـ $e = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1$ ۴ـ $\gamma_{sat} = \gamma_d + n\gamma_\omega$

۵ـ $\gamma = \frac{G_s + Sr.e}{1+e}.\gamma_\omega$ (با قرار دادن $sr = 0$ می‌توان γ_d و با قرار دادن $sr = 1$ می‌توان γ_{sat} را بدست آورد.)

۶ـ $\frac{V_1}{V_2} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1} = \frac{\gamma_{d2}}{\gamma_{d1}} = \frac{1+e_1}{1+e_2}$ ۷ـ $n = \frac{e}{1+e}$

۸ـ بدون تغییر حجم خاک داریم: $\frac{\gamma_1}{1+\omega_1} = \frac{\gamma_2}{1+\omega_2}$ ۹ـ $A = n(1-S_r)$

مثال ۳: خاکی در حالت طبیعی خود در محل قرضه دارای رطوبت ۱۰ درصد و وزن مخصوص $15/8 \frac{KN}{m^3}$ می‌باشد. این خاک به مکان مورد نظر حمل شده و متراکم می‌گردد. وزن مخصوص خاک در حالت متراکم برابر $19/79 \frac{KN}{m^3}$ و درصد رطوبت آن ۱۴ درصد می‌باشد. برای یک مترمکعب خاکریز متراکم چه حجمی از خاک طبیعی مورد نیاز می‌باشد (برحسب m^3)؟

۱) ۱/۲۱ ۲) ۱/۰۹ ۳) ۱/۳۳ ۴) ۱/۴۶

پاسخ : گزینه «۱»

$$\gamma d_1 = \frac{15/8}{1+0/1} = 14/36$$
$$\gamma d_2 = \frac{19/79}{1+0/14} = 17/35$$
$$\rightarrow \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{\gamma d_2}{\gamma d_1} = \frac{17/35}{14/36} = 1/21$$

مثال ۴: از قرضه‌ای به مقدار ۱۰۰۰ مترمکعب خاک با نشانه خلاء ۱ برداشته شده است چند مترمکعب خاکریز با نشانه خلاء ۰/۸ با قرضه می‌توان ساخت؟ $\left(e = \frac{V_V}{V_S}\right)$

۱) ۸۰۰ ۲) ۹۰۰ ۳) ۱۰۰۰ ۴) ۱۱۰۰

پاسخ : گزینه «۲»

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1+e_1}{1+e_2} \rightarrow \frac{1000}{V_2} = \frac{1+1}{1+0/8} \rightarrow V_2 = 900\ m^3$$

مثال ۵: یک نمونه‌ای استوانه‌ای شکل از خاکی به قطر ۳۸ میلی‌متر و ارتفاع ۷۶ میلی‌متر، ۱۸۳/۴ گرم وزن دارد. وزن نمونه خشک شده در کوره ، ۱۵۷/۷ گرم می‌باشد. درصد اشباع نمونه چقدر است؟ $(G_S = 2/72)$

۱) ٪۷۹ ۲) ٪۸۳/۵ ۳) ٪۹۱ ۴) ٪۹۶

پاسخ : گزینه «۳»

$$V = \frac{\pi}{4} \times 3/8^2 \times 7/6 = 86/2$$

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{183/4}{86/2} = 2/13 \ \frac{gr}{cm^3} \qquad \gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{157/7}{86/2} = 1/83 \ \frac{gr}{cm^3}$$

www.modaresanesharif.ac.ir

$$\gamma_d = \frac{G_s}{1+e}.\gamma_\omega \rightarrow ۱/۸۳ = \frac{۲/۷۲}{1+e} \times ۱ \rightarrow e = ۰/۴۸$$

$$\gamma = \frac{G_s + Sr.e}{1+e}.\gamma_\omega \rightarrow ۲/۱۳ = \frac{۲/۷۲ + Sr \times ۰/۴۸}{1+۰/۴۸} \times ۱ \rightarrow Sr = ۰/۹۱$$

مثال ۶: مصالح یک منبع قرضه هم به صورت اشباع و هم به صورت خشک موجود است. نسبت اختلاط خاک اشباع با خشک به ترتیب به نحوی که رطوبت مخلوط ۱۰٪ باشد چیست؟ $(\gamma_d = ۱۶ \frac{KN}{m^۳} \ , \ \gamma_{sat} = ۲۰ \frac{KN}{m^۳})$

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

☑ **پاسخ :** گزینه «۳»

	حجم	وزن
خاک خشک	a	۱۶a
خاک اشباع	b	۲۰b

$$\gamma = \frac{۱۶a + ۲۰b}{a+b} = \gamma_d(1+\omega) = ۱۶(1+۰/۱) = ۱۷/۶$$

$$۱۶a + ۲۰b = ۱۷/۶a + ۱۷/۶b \rightarrow a = ۱/۵b \begin{cases} a = ۶۰\% \\ b = ۴۰\% \end{cases}$$

www.modaresanesharif.ac.ir

تستهای طبقه‌بندی شده فصل دوم

۱ـ اگر وزن مخصوص یک نمونه درحالت تر $۱/۸ \frac{gr}{cm^۳}$ ومیزان درصد رطوبت آن ۲۰% باشد وزن مخصوص خشک نمونه چقدر است؟ (آزاد ـ ۷۷)

۱) $۱/۵ \frac{gr}{cm^۳}$ ۲) $۱/۴ \frac{gr}{cm^۳}$ ۳) $۱/۲ \frac{gr}{cm^۳}$ ۴) $۱/۶ \frac{gr}{cm^۳}$

۲ـ اگر وزن جسم جامد یک نمونه ۸۰gr و وزن آب محتوی آن ۱۶gr باشد، درصد رطوبت نمونه کدام است؟ (آزاد ـ ۷۷و ۷۹)

۱) ۳۰% ۲) ۲۰% ۳) ۲۵% ۴) ۱۰%

۳ـ درصد رطوبت کدام یک معمولاً بیشتر است؟ (آزاد ـ ۷۹)

۱) ماسه ۲) لای ۳) رس ۴) شن

۴ـ اگر γ_d وزن مخصوص خشک و γ وزن مخصوص ترو ω درصدرطوبت باشد کدام رابطه صحیح است؟ (آزاد ـ ۸۰)

۱) $\gamma_d = \frac{\gamma}{۱+\omega}$ ۲) $\gamma_d = \frac{\gamma}{\omega}$ ۳) $\gamma = \frac{\gamma_d}{۱+\omega}$ ۴) $\gamma = \frac{\gamma_d}{\omega}$

۵ـ اگر ω درصد رطوبت و W_w وزن آب، W_s وزن جامد خاک باشد کدام رابطه صحیح است؟ (آزاد ـ ۸۰)

۱) $\omega = \frac{W_s}{W_w} \times ۱۰۰$ ۲) $\omega = W_w \times W_s \times ۱۰۰$ ۳) $\omega = W_w - W_s$ ۴) $\omega = \frac{W_w}{W_s} \times ۱۰۰$

۶ـ دریک نمونه خاک اگر حجم کل خاک ۲۰۰ سانتی متر مکعب، حجم آب ۸ سانتی متر مکعب و حجم هوا ۲ سانتی متر مکعب باشد نسبت تخلخل چقدراست؟ (سراسری ـ ۸۰)

۱) ۰/۰۱ ۲) ۰/۰۴ ۳) ۰/۰۴۷ ۴) ۰/۰۵

۷ـ درصد پوکی نمونه‌ای که حجم کل خاک آن ۱۰۰ سانتی متر مکعب حجم آب آن ۷ سانتی متر مکعب وحجم هوای آن ۳ سانتی متر مکعب است کدام است؟ (سراسری ـ۸۰)

۱) ۹% ۲) ۷% ۳) ۱% ۴) ۱۰%

۸ـ کدام رابطه تعیین کننده درجه اشباع است؟ (سراسری ـ ۸۰)

۱) $\frac{V_v}{V}$ ۲) $\frac{V_w}{V_v}$ ۳) $\frac{V_v}{V_s}$ ۴) $۱۰۰ \times \frac{W_w}{W_s}$

۹ـ اگر وزن مخصوص یک نمونه درحالت تر $۱/۸ \frac{gr}{cm^۳}$ و میزان درصد رطوبت ۲۰% باشد وزن مخصوص خشک نمونه چقدراست؟ (آزاد ـ ۸۱)

۱) $۱/۴ \frac{gr}{cm^۳}$ ۲) $۱/۲ \frac{gr}{cm^۳}$ ۳) $۱/۵ \frac{gr}{cm^۳}$ ۴) $۱/۶ \frac{gr}{cm^۳}$

۱۰ـ دریک تست نفوذ پذیری حجم نمونه اشباع ۳۲۰^{cc} و وزن نمونه خشک ۵۴۰ گرم و چگالی دانه‌ها $G_s = ۲/۷$ است. تخلخل (n) این نمونه چند درصد است؟ (سراسری ـ ۸۱)

۱) ۵۵ ۲) ۴۵/۵ ۳) ۳۷/۵ ۴) ۳۵

۱۱ـ کدام رابطه نمایانگر درجه اشباع خاک است؟ (سراسری ـ ۸۱)

۱) $\frac{V_v}{V_w}$ ۲) $\frac{V_w}{V_v}$ ۳) $\frac{V_a}{V_w}$ ۴) $\frac{V_s}{V_v}$

۱۲ـ اگر نسبت تخلخل (e) برابر یک باشد، درصد پوکی (n) کدام است؟ (سراسری ـ ۸۱)

۱) ۴ ۲) $\frac{۱}{۴}$ ۳) ۲ ۴) $\frac{۱}{۲}$

۱۳ـ درصد آب در خاک چگونه است؟ (سراسری ـ ۸۱)

۱) وزن آب به وزن خاک خشک ۲) وزن آب به وزن کل ۳) حجم آب به حجم خاک خشک ۴) حجم آب به حجم کل

www.modaresanesharif.ac.ir

۱۴ـ وزن مخصوص خشک خاک (γ_d) ازکدام رابطه بدست می‌آید؟ (سراسری ـ ۸۱)

۱) $\frac{\gamma}{1-\omega}$ ۲) $\frac{\omega}{1-\gamma}$ ۳) $\frac{\gamma}{1+\omega}$ ۴) $\frac{\omega}{1+\gamma}$

۱۵ـ رابطه تعیین درجه پوکی کدام است؟ (سراسری ـ ۸۲)

۱) $\frac{V_w}{V_v}$ ۲) $\frac{V_v}{V_s}$ ۳) $\frac{V_v}{V}$ ۴) $\frac{V_s}{V_w}$

۱۶ـ مقدار توده ویژه (G_s) در رس‌ها درچه محدوده‌ای است؟ (سراسری ـ ۸۲)

۱) ۲ تا ۲/۷۵ ۲) ۲/۴ تا ۲/۸ ۳) ۲/۶تا ۲/۷ ۴) ۲/۸تا ۳/۵

۱۷ـ میزان رطوبت خاک اشباع شده برابر ۵۰ درصد است. اگر چگالی دانه‌های خاک $G_s = 2/4$ باشد ضریب تخلخل آن کدام است؟ (نسبت تخلخل) (سراسری ـ ۸۲)

۱) ۰/۶ ۲) ۱/۲ ۳) ۱/۸ ۴) ۲/۴

۱۸ـ دریک نمونه آزمایشگاهی حجم هوا، آب و خاک جامد به ترتیب ۱۰ و ۲۰ و ۷۰ سانتی متر مکعب می‌باشد درجه اشباع کدام است؟ (سراسری ـ ۸۲)

۱) ۰/۳ ۲) ۰/۳۳ ۳) ۰/۶۷ ۴) ۰/۷۵

۱۹ـ وزن مخصوص خاک‌های مرطوب نسبت به حالت خشک آنها چه رابطه‌ای دارد؟ (آزاد ـ ۸۲)

۱) به میزان رطوبت آنها نبوده و تخلخل بیشتر مؤثر است.
۲) به طور جداگانه محاسبه می‌شوند و رابطه‌ای ندارند.
۳) به میزان درجه رطوبت از حالت خشک بیشتر است.
۴) به میزان تخلخل از وزن مخصوص خشک کمتر است.

۲۰ـ وزن مخصوص ظاهری خاکی که دارای ۳۰ گرم آب و ۴۵ گرم خاک خشک می‌باشد و حجم آن ۳۹/۵ سانتی‌متر مکعب باشد، چقدر خواهد شد؟ (آزاد ـ ۸۲)

۱) ۱/۸۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب
۲) ۱/۸۸ تن بر مترمکعب
۳) ۱/۶۸ پوند بر فوت مکعب
۴) ۲ کیلوگرم بر دسی‌متر مکعب

۲۱ـ ۳۲۰ گرم از توده خاکی در اثر خشک شدن ۲۰ گرم افت وزن یافته است. درصد رطوبت آن چقدر است؟ (آزاد ـ ۸۲)

۱) ۶/۷ ۲) ۵/۵ ۳) ۱/۷ ۴) ۲۰/۳

۲۲ـ اگر درجه تخلخل خاکی ۰/۳ باشد، درجه پوکی آن چقدر خواهد بود؟ (آزاد ـ ۸۲)

۱) ۱۲۴/۵ % ۲) ۷۷/۵ % ۳) ۲۳/۱ % ۴) اطلاعات کافی نیست.

۲۳ـ در نمونه خاکی $e = 0/75$ ، $\omega = \%22$ و $G_S = 2/66$ می‌باشد. وزن مخصوص خشک خاک چند $\frac{KN}{m^3}$ است؟ (آزاد ـ ۸۲)

۱) ۲۲/۲۶ ۲) ۱۸/۲۴ ۳) ۱۴/۹۱ ۴) ۱۸/۱۹

۲۴ـ اگر ظرفی به ابعاد ۱×۱×۱ متر از خاک داشته باشیم و بدانیم حجم حفرات بین ذرات خاک ۰/۱ مترمکعب وزن خشک خاک درون ظرف ۲/۲۵ تن می‌باشد در اینصورت چگالی و وزن مخصوص آن به ترتیب برابر است با: (سراسری ـ ۸۳)

۱) ۲/۲۵ و $2/25\frac{t}{m^3}$ ۲) ۲/۲۵ و $2/5\frac{t}{m^3}$ ۳) ۲/۵ و $2/25\frac{t}{m^3}$ ۴) ۲/۵ و $2/5\frac{t}{m^3}$

۲۵ـ می‌خواهیم در یک خاک متراکم با ضریب انبساط حجمی ۰/۲۵ گودبرداری انجام دهیم، اگر ابعاد گودبرداری ۵×۲۰×۱۰ متر و ظرفیت کامیون‌های حمل خاک ۱۰ مترمکعب باشد، چند کامیون باید بارگیری شود؟ (سراسری ـ ۸۳)

۱) ۱۰۰ ۲) ۱۱۳ ۳) ۱۲۵ ۴) ۱۵۰

۲۶ـ رابطه صحیح میان نسبت تخلخل و پوکی کدام است؟ (آزاد ـ ۸۳)

۱) $n = \frac{1+e}{e}$ ۲) $n = \frac{e}{1-e}$ ۳) $n = \frac{e}{1+e}$ ۴) $n = \frac{1-e}{e}$

۲۷ـ در یک نمونه خاک به حجم ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب، حجم آب و هوا به ترتیب ۱۵ و ۱۰ سانتیمتر مکعب اندازه‌گیری شده است، نسبت تخلخل (e) کدام است؟ (آزاد ـ ۸۳)

۱) ۳ ۲) $\frac{1}{3}$ ۳) $\frac{1}{4}$ ۴) ۴

www.modaresanesharif.ac.ir

۲۸ـ درجه اشباع (Sr) یک نمونه خاک که حجم آب آن ۱۵ و حجم هوای آن ۱۰ سانتیمتر مکعب وحجم کل آن ۳۰۰ سانتیمتر مکعب باشد، کدام است؟ (آزاد ـ ۸۳)

۱) ۱/۷ ۲) ۱/۵ ۳) ۰/۷ ۴) ۰/۶

۲۹ـ کدام رابطه بیانگر رابطه تراکم نسبی (D_r) است؟ (آزاد ـ ۸۳)

۱) $\frac{e_{max}-e_{min}}{e_{max}-e}$ ۲) $\frac{e_{max}-e}{e_{max}-e_{min}}$ ۳) $\frac{e_{max}+e_{min}}{e_{max}-e}$ ۴) $\frac{e_{max}+e_{min}}{e_{max}+e}$

۳۰ـ رابطه بین وزن مخصوص خشک و مرطوب کدام است؟ (سراسری ـ ۸۴)

۱) $\gamma_d=\frac{\gamma}{1+e}$ ۲) $\gamma=\frac{\gamma_d}{1+e}$ ۳) $\gamma_d=\frac{\gamma}{1+\omega}$ ۴) $\gamma=\frac{\gamma_d}{1+\omega}$

۳۱ـ برای یک خاک اشباع $\omega=40\%$ و $G_s=2/7$ می‌باشد. نسبت تخلخل این خاک کدام است؟ (سراسری ـ ۸۴)

۱) ۰/۱۵ ۲) ۰/۲۴ ۳) ۱/۰۸ ۴) ۱/۹۴

۳۲ـ پوکی و ضریب تخلخل به ترتیب از راست به چپ عبارتند از: (سراسری ـ ۸۴)

۱) $\frac{V_V}{V_S},\frac{V_V}{V}$ ۲) $\frac{V_V}{V},\frac{V_V}{V_S}$ ۳) $\frac{V_V}{V},\frac{V_W}{V_V}$ ۴) $\frac{V_V}{V_S},\frac{V_W}{V_V}$

۳۳ـ در رابطه دانسیته نسبی خاکهای شن و ماسه‌ای $Dr=\frac{e_{max}-e}{e_{max}-e_{min}}$، e_{max} معرف چیست؟ (آزاد ـ ۸۴)

۱) نسبت تخلخل خاک شن و ماسه‌ای در فشرده‌ترین و متراکم‌ترین حالت
۲) نسبت تخلخل خاک شن و ماسه‌ای در شرایط متعارف
۳) نسبت تخلخل خاک شن و ماسه‌ای در سست‌ترین و پوک‌ترین حالت
۴) وزن مخصوص خشک خاک

۳۴ـ کدام‌یک از روابط زیر نشان دهندهٔ «نسبت تخلخل» خاک است؟ (آزاد ـ ۸۴)

۱) $\eta=\frac{V_V}{V}\times100$ ۲) $S=\frac{V_W}{V_V}\times100$ ۳) $\gamma=\frac{W}{V}$ ۴) $e=\frac{V_V}{V_S}$

۳۵ـ در نمونه‌ی خاکی $\frac{V_V}{V}=0/3$ می‌باشد در صورتی که $G_S=2/5$ باشد، میزان رطوبت نمونه اشباع کدام است؟ (سراسری ـ ۸۵)

۱) ۰/۱۲ ۲) ۰/۱۷ ۳) ۰/۲۵ ۴) ۰/۰۹

۳۶ـ در خاکی میزان رطوبت اشباع شده ۴۰ درصد است. اگر چگالی دانه‌های خاک ۲/۵ باشد، نسبت تخلخل آن چقدر است؟ (سراسری ـ ۸۵)

۱) ۰/۸ ۲) ۱ ۳) ۱/۲ ۴) ۱/۶

۳۷ـ درصد رطوبت خاک عبارت است از: (آزاد ـ ۸۵)

۱) $\frac{W_S}{W_W}$ ۲) $\frac{W_W}{V_S}$ ۳) $\frac{W_W}{W_S}$ ۴) $\frac{V_S}{W_W}$

۳۸ـ درجه اشباع خاک عبارت است از: (آزاد ـ ۸۵)

۱) $\frac{V_W}{V}$ ۲) $\frac{V_W}{V_V}$ ۳) $\frac{V_W}{V_S}$ ۴) $\frac{V_W}{W_S}$

۳۹ـ نسبت تخلخل خاک عبارت است از: (آزاد ـ ۸۵)

۱) $\frac{V_V}{V}$ ۲) $\frac{V_V}{V_S}$ ۳) $\frac{V_V}{V_W}$ ۴) $\frac{V_S}{V}$

۴۰ـ درصد پوکی خاک عبارت است از: (آزاد ـ ۸۵)

۱) $\frac{V_S}{V_V}$ ۲) $\frac{V_V}{V_S}$ ۳) $\frac{V_V}{V}$ ۴) $\frac{V}{V_V}$

www.modaresanesharif.ac.ir

۴۱ـ رابطهٔ بین وزن مخصوص ظاهری خاک (γ) و وزن مخصوص خشک خاک (γ_d) و درصد رطوبت (ω) بصورت زیر بیان می‌شود: (آزاد ـ ۸۵)

۱) $\gamma = \frac{\gamma_d}{1+\omega}$ ۲) $\omega = \frac{\gamma}{\gamma_d+1}$ ۳) $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega}$ ۴) $\omega = \frac{\gamma_d}{\gamma+1}$

۴۲ـ اگر نسبت تخلخل یک نمونه خاک در سست‌ترین حالت برابر ۰/۹ و در متراکم‌ترین حالت برابر ۰/۶ باشد، در این صورت دانسیته‌ی نسبی این نمونه در نسبت تخلخل ۰/۷ برابر کدام است؟ (سراسری ـ ۸۶)

۱) ۰/۳۳ ۲) ۰/۵ ۳) ۰/۶۷ ۴) ۱/۵

۴۳ـ کدام رابطه بین نسبت تخلخل (e) درصد رطوبت (ω)، درجه‌ی اشباع (s) و توده‌ی ویژه‌ی خاک (G_s) صحیح است؟ (سراسری ـ ۸۶)

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

۴۴ـ خاکریزی با ۱۷ درصد رطوبت، متراکم و وزن مخصوص ظاهری آن به $1900 \frac{Kg}{m^3}$ رسیده است اگر چگالی دانه‌های آن ۲/۶۵ باشد، درجه‌ی اشباع آن چند درصد است؟ (سراسری ـ ۸۶)

۱) ۵۸/۵ ۲) ۶۴/۵ ۳) ۷۱/۵ ۴) ۸۴/۵

۴۵ـ کدام یک از روابط زیر نادرست است؟ (آزاد ـ ۸۶)

۱) $\gamma_d = \frac{G_s}{1+e}\gamma_w$ ۲) $\gamma_d = \frac{G_s}{1+e}\rho_w$ ۳) $\gamma = \frac{G_s(1+\omega)}{1+e}\gamma_w$ ۴) $\rho = \frac{G_s(1+\omega)}{1+e}\rho_w$

۴۶ـ کدام رابطه، نشان‌دهنده درجه پوکی (n) می‌باشد؟ (سراسری ۸۷)

۱) $\frac{V_v}{V}$ ۲) $\frac{V_v}{V_s}$ ۳) $\frac{V_v}{V_w}$ ۴) $\frac{V_w}{Vv}$

۴۷ـ اگر وزن خاک مرطوب ۲۰۰ گرم و رطوبت آن ۲۰ درصد باشد، وزن آب موجود در خاک چند گرم است؟ (آزاد ۸۷)

۱) ۳۳/۳۳ ۲) ۴۲/۸ ۳) ۲۱/۶ ۴) ۱۸/۷

۴۸ـ چگالی دانه‌های خاکی ۳/۲ و نسبت تخلخل آن ۰/۶۲ است، وزن مخصوص خشک آن چند $\frac{kg}{m^3}$ است؟ (آزاد ۸۷)

۱) ۱۹۷۵ ۲) ۲۱۲۰ ۳) ۱۶۸۲ ۴) ۱۷۶۸

۴۹ـ رابطه بین پوکی و نسبت تخلخل کدام است؟ (آزاد ۸۷)

۱) $n = \frac{e}{1-e}$ ۲) $.n = \frac{1+e}{1-e}$ ۳) $n = \frac{e}{1+e}$ ۴) $n = \frac{1-e}{1+e}$

۵۰ـ اگر وزن مخصوص اشباع خاک $2\frac{ton}{m^3}$ و وزن مخصوص خشک خاک $1/5\frac{ton}{m^3}$ باشد. وزن مخصوص مرطوب خاک با درجه اشباع ۸۰ درصد چند $\frac{ton}{m^3}$ است؟ (مؤلف)

۱) ۱/۷ ۲) ۱/۸ ۳) ۱/۹ ۴) ۲

۵۱ـ حجم ذرات خاک با حجم خلل و فرج آن برابر است. همچنین نیمی از حجم خلل و فرج را آب تشکیل داده است. درصد هوای خاک چقدر است؟ (مؤلف)

۱) ۵۰ درصد ۲) ۲۵ درصد ۳) ۷۵ درصد ۴) ۱۰۰ درصد

۵۲ـ برای یک خاک اشباع چگالی دانه‌ها $G_s = 2/7$ و نسبت تخلخل $e = 1/1$ است. درصد رطوبت برای این خاک حدوداً برابر است با: (مؤلف)

۱) ۱۰ درصد ۲) ۲۰ درصد ۳) ۳۰ درصد ۴) ۴۰ درصد

۵۳ـ کدامیک از اطلاعات گزینه‌ها نادرست است؟ (مؤلف)

۱) $n = 0/6 , e = 1/5 , \omega = 20\%$ ۲) $\gamma = 20\frac{KN}{m^2} , e = 1 , \omega = 150\%$

۳) $\omega = 60\% , n = 1/5 , \gamma = 18\frac{KN}{m^3}$ ۴) هر سه گزینه

www.modaresanesharif.ac.ir

۵۴ـ در خاکی $G_s = ۲/۶۸$، $e = ۰/۶$ و $S_r = ۳۰٪$ است. درصد رطوبت این خاک برابر است با ..... . (مؤلف)

۱) ۵/۴ درصد ۲) ۶/۷ درصد ۳) ۰/۴۸ درصد ۴) ۱۸ درصد

۵۵ـ اگر در خاکی $e = ۰/۶$، $G_s = ۲/۶۹$ و $\gamma = ۱/۹ \frac{ton}{m^۳}$ بوده درجه اشباع خاک (Sr) چقدر است؟ (مؤلف)

۱) ۱۸ درصد ۲) ۸۰/۷ درصد ۳) ۵۸/۳ درصد ۴) ۹۳ درصد

۵۶ـ در خاکی وزن مخصوص خشک $۲ \frac{ton}{m^۳}$ و درصد رطوبت ۵ درصد می‌باشد. مقدار اضافه رطوبت لازم برای اشباع کردن خاک چند درصد است؟ $(G_s = ۲/۵)$ (مؤلف)

۱) ۲/۵ درصد ۲) ۵ درصد ۳) ۷/۵ درصد ۴) ۱۰ درصد

۵۷ـ کدام رابطه وزن مخصوص غوطه‌ور در خاک را نشان می‌دهد؟ (مؤلف)

۱) $\gamma' = \frac{G_s + ۱}{۱ + e}\gamma_w$ ۲) $\gamma' = \frac{G_s}{۱ + e}\gamma_w$ ۳) $\gamma' = \frac{G_s - ۱}{۱ + e}\gamma_w$ ۴) $\gamma' = \frac{G_s + e}{۱ + e}\gamma_w$

۵۸ـ کدام رابطه صحیح است؟ (مؤلف)

۱) $S_r = \frac{\omega G_s n}{۱ - n}$ ۲) $S_r = \frac{\omega G_s (۱ - n)}{n}$ ۳) $\gamma_d = \frac{۱ - n}{G_s}\gamma_w$ ۴) $\gamma_d = \frac{G_s \gamma_w}{۱ - n}$

۵۹ـ در خاکی چگالی دانه‌ها ۲/۶، درصد اشباع ۵۰ و رطوبت ۳۰ درصد است. پوکی خاک چقدر است؟ (مؤلف)

۱) ۰/۴۶ ۲) ۰/۳۵ ۳) ۰/۶۱ ۴) ۰/۵۴

۶۰ـ در خاکی بدون تغییر حجم، رطوبت را دو برابر کرده‌ایم. اگر رطوبت اولیه ۲۵ درصد باشد، وزن مخصوص خاک چند برابر شده است؟ (مؤلف)

۱) ۱/۲ ۲) ۰/۸۳ ۳) ۱/۵ ۴) ۰/۶۷

۶۱ـ کدام رابطه صحیح است؟ (مؤلف)

۱) $n = \frac{e}{۱ - e}$ ۲) $e = \frac{n}{۱ - n}$ ۳) $n = \frac{۱ + e}{e}$ ۴) $e = \frac{n}{۱ + n}$

۶۲ـ ظرفی به حجم ۱ متر مکعب با ماسه خشک به وزن ۲ تن پر شده است. اگر وزن مخصوص اشباع خاک ۲/۵ تن بر متر مکعب باشد، وزن آب لازم برای اشباع کردن خاک چند تن است؟ (مؤلف)

۱) ۰/۲۵ ۲) ۱/۵ ۳) ۱ ۴) ۰/۵

۶۳ـ درصد هوای حفرات ۴۰ و حجم حفرات ۲۰۰ سانتی‌متر مکعب است. حجم آب موجود در خاک چند سانتی‌متر مکعب است؟ (مؤلف)

۱) ۱۲۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۲۰۰ ۴) ۱۵۰

۶۴ـ توده ویژه کدام است؟

۱) $\frac{W_s}{V_s}$ ۲) $\frac{\gamma_s}{\gamma_{sat}}$ ۳) $\frac{W_s}{V_s \gamma_w}$ ۴) $\frac{\gamma_w}{\gamma_s}$

۶۵ـ هر چه D_r (دانسیته نسبی) افزایش یابد ..... . (مؤلف)

۱) خاک متورم‌تر می‌شود. ۲) خاک نفوذپذیرتر می‌شود. ۳) خاک متراکم می‌شود. ۴) باربری خاک کاهش می‌یابد.

www.modaresanesharif.ac.ir

پاسخنامه تستهای طبقه‌بندی شده فصل دوم

۱ـ گزینه «۱» طبق فرمول داریم:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega} = \frac{1/8}{1+0/2} = \frac{1/8}{1/2} = 1/5 \frac{gr}{cm^3}$$

۲ـ گزینه «۲» طبق رابطه درصد رطوبت داریم:

$$W_s = 80\,gr$$

$$W_w = 16gr \qquad \omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100 = \frac{16}{80} \times 100 = 20\%$$

۳ـ گزینه «۳» خاک‌های ریزدانه مانند رس بدلیل ساختار خاص خود میزان جذب رطوبت بالایی دارند.

۴ـ گزینه «۱» رابطه بین γ_d و γ و ω برابر است با:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega}$$

۵ـ گزینه «۴» طبق تعریف درصد رطوبت داریم:

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

۶ـ گزینه «۴» طبق رابطه نسبت تخلخل داریم:

$$V = 200\,cm^3$$

$$V_w = 8cm^3 \qquad e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_w + V_a}{V - (V_w + V_a)} = \frac{10}{190} = 0/052$$

$$V_{a=2cm^3}$$

۷ـ گزینه «۴» طبق رابطه پوکی داریم:

$$\text{پوکی} \quad = n = \frac{V_v}{V} = \frac{V_w + V_a}{V} = \frac{10}{100} \times 100 = 10\% = 0/1$$

۸ـ گزینه «۲» درجه اشباع برابر:

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

۹ـ گزینه «۳» وزن مخصوص خشک برابر:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega} = \frac{1/8}{1+0/2} = 1/5 \frac{gr}{cm^3}$$

۱۰ـ گزینه «۳»

$$\text{حجم نمونه اشباع} = \text{حجم کل نمونه} = V = 320\,cm^3$$

$$W_s = 540^{gr}$$

$$G_s = 2/7 \rightarrow \gamma_s = G_s \times \gamma_w = 2/7 \frac{gr}{cm^3}$$

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \rightarrow V_s = \frac{540}{2/7} = 200\,cm^3$$

$$V_v = V - V_s = 320 - 200 = 120\,cm^3 \rightarrow n = \frac{V_v}{V} = \frac{120}{320} \times 100 = 37/5\%$$

۱۱ـ گزینه «۲» طبق تعریف درجه اشباع داریم:

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

۱۲ـ گزینه «۴» طبق روابط کلیدی بین e و n داریم:

$$e = 1 \Rightarrow n = \frac{e}{1+e} = \frac{1}{1+1} = \frac{1}{2}$$

۱۳ـ گزینه «۱» درصد رطوبت برابر نسبت وزن آب به وزن دانه‌ها است.

۱۴ـ گزینه «۳» طبق روابط کلیدی داریم:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega}$$

www.modaresanesharif.ac.ir

۱۵ـ گزینه «۳» پوکی برابر نسبت حجم حفرات به حجم کل است.

$$n = \frac{V_v}{V}$$

۱۶ـ گزینه «۳» طبق جدول موجود در کتاب حدود تغییرات G_s بین ۲/۶ تا ۲/۷ می‌باشد.

۱۷ـ گزینه «۲»

$$\text{خاک اشباع} \rightarrow S_r = ۱ \rightarrow e = \omega . G_s = ۰/۵ \times ۲/۷ = ۱/۲$$

۱۸ـ گزینه «۳» درجه اشباع برابر نسبت حجم آب به حجم حفرات است.

$$V_a = ۱۰ \quad V_w = ۲۰ \quad V_s = ۷۰ \quad S_r = \frac{V_w}{V_v} = \frac{۲۰}{۲۰+۱۰} = \frac{۲}{۳} = ۰/۶۷$$

۱۹ـ گزینه «۳» طبق روابط کلیدی داریم:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{۱+\omega}$$

۲۰ـ گزینه «۲» وزن مخصوص برابر نسبت وزن کل به حجم کل خاک است.

$$\gamma = \frac{۳۰+۴۵}{۳۹/۵} = ۱/۸۹ \frac{gr}{cm^۳} = ۱/۸۹ \frac{t}{m^۳}$$

۲۱ـ گزینه «۱» رطوبت خاک برابر نسبت وزن آب به وزن دانه‌هاست.

$$w = \frac{۲۰}{۳۲۰-۲۰} = ۶/۷\%$$

۲۲ـ گزینه «۳» طبق روابط کلیدی داریم:

$$n = \frac{e}{۱+e} = \frac{۰/۳}{۱/۳} = ۰/۲۳۱$$

۲۳ـ گزینه «۳» طبق روابط کلیدی داریم:

$$\gamma_d = \frac{۲/۶۶}{۱+۰/۷۵} \times ۹/۸۱ = ۱۴/۹۱ \frac{KN}{m^۳}$$

۲۴ـ گزینه «۳» وزن مخصوص برابر وزن کل به حجم کل خاک است و چون وزن آب صفر است، داریم:

$$Ws = ۲/۲۵ \text{ ton} \quad V_v = ۰/۱ m^۳ \;,\; V_s = ۱-۰/۱ = ۰/۹$$

$$\rightarrow \gamma = \frac{W}{V} = \frac{۲/۲۵}{۱} = ۲/۲۵ \frac{ton}{m^۳} \;,\; G_s = \frac{\frac{۲/۲۵}{۰/۹}}{۱} = ۲/۵$$

۲۵ـ گزینه «۳»

$$\text{تعداد کامیون} = \frac{۱۰ \times ۲۰ \times ۵ \times ۱/۲۵}{۱۰} = ۱۲۵$$

۲۶ـ گزینه «۳» با جایگذاری فرمول n براساس روابط اصلی و تقسیم صورت و مخرج به V_s می‌توان e را بدست آورد.

$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{V_v}{V_v + V_s} \rightarrow n = \frac{\frac{V_v}{V_s}}{\frac{V_v}{V_s}+۱} = \frac{e}{e+۱}$$

۲۷ـ گزینه «۲» نسبت تخلخل برابر نسبت حجم حفرات به حجم دانه‌هاست.

$$V = ۱۰۰ cm^۲$$

$$V_w = ۱۵ \rightarrow e = \frac{V_V}{V_s} = \frac{۲۵}{۱۰۰-۲۵} = \frac{۲۵}{۷۵} = \frac{۱}{۳}$$

$$V_a = ۱۰$$

۲۸ـ گزینه «۴» درجه اشباع برابر نسبت حجم آب به حجم حفرات است.

$$V_w = ۱۵$$

$$V_a = ۱۰ \rightarrow S_r = \frac{V_w}{V_V} = \frac{۱۵}{۲۵} = ۰/۶$$

$$V = ۲۰۰$$

۲۹ـ گزینه «۲» طبق تعریف دانسیته نسبی داریم:

$$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times ۱۰۰$$

www.modaresanesharif.ac.ir

۳۰ـ گزینه «۳» طبق روابط فصل دوم، گزینه (۳) صحیح است. $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega}$

۳۱ـ گزینه «۳» $Sr = 1 \rightarrow e = \omega.G_s = 0/4 \times 2/7 = 1/08$

۳۲ـ گزینه «۱» طبق روابط فصل دوم، گزینه (۱) صحیح است. $e = \frac{V_V}{V_S}$ نسبت تخلخل و $n = \frac{V_V}{V}$ پوکی

۳۳ـ گزینه «۳» e_{max} یعنی بیشترین میزان حفرات داخل خاک یعنی سست‌ترین حالت خاک.

۳۴ـ گزینه «۴» طبق روابط فصل دوم گزینه (۴) صحیح است. $e = \frac{V_V}{V_S}$ ژ

۳۵ـ گزینه «۲» $\frac{V_V}{V} = 0/3 \rightarrow n = 0/3 \rightarrow e = \frac{0/3}{1-0/3} = 0/428$

$G_s = 2/5$

$w.G_s = Sr.e \xrightarrow{Sr=1} w = \frac{0/428}{2/5} = 0/17$

۳۶ـ گزینه «۲» $w = 40\% \quad G_s = 2/5 \Rightarrow w.G_s = Sr.e \rightarrow e = 0/4 \times 2/5 = 1$

۳۷ـ گزینه «۳» طبق تعریف داریم: $\omega = \frac{Ww}{W_s} \times 100$

۳۸ـ گزینه «۲» طبق تعریف داریم: $S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100$

۳۹ـ گزینه «۲» طبق تعریف داریم: $e = \frac{V_v}{V_s}$

۴۰ـ گزینه «۳» طبق تعریف داریم: $n = \frac{V_V}{V}$

۴۱ـ گزینه «۳» طبق روابط فصل دوم داریم: $\gamma_d = \frac{\gamma}{1+\omega}$

۴۲ـ گزینه «۳» طبق رابطه D_r و جایگذاری مقادیر داریم: $D_r = \frac{0/9-0/7}{0/9-0/6} = \frac{2}{3} = 0/67$

۴۳ـ گزینه «۴» طبق روابط فصل دوم داریم: $\omega.G_s = Sr.e \rightarrow e = \frac{\omega.G_s}{Sr}$

۴۴ـ گزینه «۳» $\gamma = \frac{G_s + Sr.e}{1+e}.\gamma_\omega = \frac{G_s + \omega.G_s}{1+e} \times \gamma_\omega$

$1900 = \frac{2/65 + 0/17 \times 2/65}{1+e} \times 1000 \rightarrow e = 0/63$

$\omega.Gs = Sr.e \rightarrow Sr = \frac{0/17 \times 2/65}{0/63} = 0/715 = 71/5\%$

۴۵ـ گزینه «۲» طبق فرمول‌های کلیدی داریم: $\gamma = \frac{G_s + \omega G_s}{1+e}\gamma_w \qquad \gamma_d = \frac{w_s}{V} = \frac{G_s}{1+e}\gamma_w$

www.modaresanesharif.ac.ir

۴۶ـ گزینه «۱» پوکی خاک برابر نسبت حجم حفرات به حجم کل خاک است.

$$n = \frac{V_V}{V}$$

۴۷ـ گزینه «۱»

$$\left.\begin{matrix} W = ۲۰۰gr \\ \omega = ۲۰\% \end{matrix}\right\} \Rightarrow \omega = \frac{W - W_w}{W_S} \times ۱۰۰ \Rightarrow ۲۰ = \frac{۲۰۰ - W_S}{W_S} \times ۱۰۰ \Rightarrow W_S = ۱۶۶/۶۷gr$$

$$W = W_S + W_w \rightarrow W_w = ۲۰۰ - ۱۶۶/۶۷ = ۳۳/۳۳gr$$

۴۸ـ گزینه «۱» در رابطه وزن مخصوص به جای درجه اشباع از صفر استفاده کرده و داریم:

$$S_r = ۰ \rightarrow \gamma_d = \frac{G_s}{۱+e}.\gamma_\omega = \frac{۳/۲}{۱+۰/۶۲} \times ۱۰۰۰ = ۱۹۷۵ \frac{kg}{m^۳}$$

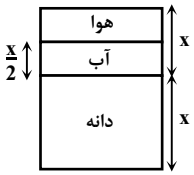
۴۹ـ گزینه «۳» طبق اثبات‌های مثال‌های قبل داریم:

$$n = \frac{e}{۱+e}$$

۵۰ـ گزینه «۳»

$$\gamma = \gamma_d + S_r(\gamma_{sat} - \gamma_d) = ۱/۵ + ۰/۸(۲ - ۱/۵) = ۱/۹ \frac{ton}{m^۳}$$

۵۱ـ گزینه «۲» درصد هوا برابر حجم هوا به حجم کل است.



$$A = \frac{V_a}{V} = \frac{\frac{x}{۲}}{۲x} = \frac{۱}{۴} = ۰/۲۵ = ۲۵\%$$

۵۲ـ گزینه «۴»

$$\omega.G_s = Sr.e \rightarrow \omega = \frac{e}{G_s} = \frac{۱/۱}{۲/۷} = ۰/۴ \rightarrow e = \omega.G_s \rightarrow \text{خاک اشباع است}$$

۵۳ـ گزینه «۳» پوکی نمی‌تواند از ۱۰۰درصد (یک) تجاوز کند.

۵۴ـ گزینه «۲» طبق روابط کلیدی داریم:

$$\omega.G_s = Sr.e \rightarrow \omega = \frac{Sr.e}{G_s} = \frac{۰/۳ \times ۰/۶}{۲/۶۸} = ۰/۰۶۷ = ۶/۷\%$$

۵۵ـ گزینه «۳» با جایگذاری مقادیر در فرمول γ داریم:

$$\gamma = \frac{G_s + Sr.e}{۱+e}\gamma_w \rightarrow ۱/۹ = \frac{۲/۶۹ + Sr \times ۰/۶}{۱+۰/۶} \times ۱ \rightarrow S_r = ۵۸/۳\%$$

۵۶ـ گزینه «۲»

$$\gamma_d = \frac{G_s}{۱+e}\gamma_w \rightarrow ۲ = \frac{۲/۵}{۱+e} \times ۱ \rightarrow e = ۰/۲۵$$

$$\Delta\omega = \omega - \omega_۰ = ۱۰ - ۵ = ۵\% \qquad \omega.G_s = Sr.e \rightarrow \omega = \frac{e}{G_s} = \frac{۰/۲۵}{۲/۵} = ۰/۱ = ۱۰\% \rightarrow \text{با فرض اشباع شدن خاک}$$

۵۷ـ گزینه «۳» طبق فرمول γ' و جایگذاری فرمول‌های γ_{sat} در رابطه مذکور داریم:

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = \frac{G_s + e}{۱+e}\gamma_w - \gamma_w = \frac{G_s + e - ۱ - e}{۱+e}\gamma_w = \frac{G_s - ۱}{۱+e}\gamma_w$$

۵۸ـ گزینه «۲» با قرار دادن فرمول e برحسب n در رابطه زیر داریم:

$$\omega.G_s = Sr.e \rightarrow Sr = \frac{\omega G_s}{e} = \frac{\omega G_s}{(\frac{n}{۱-n})} \rightarrow Sr = \frac{\omega G_s(۱-n)}{n}$$

۵۹ـ گزینه «۳» طبق روابط کلیدی داریم:

$$\omega.G_s = Sr.e \rightarrow e = \frac{\omega.G_s}{Sr} = \frac{۰/۳ \times ۲/۶}{۰/۵} = ۱/۵۶$$

$$n = \frac{e}{۱+e} = \frac{۱/۵۶}{۱+۱/۵۶} = ۰/۶۱$$

www.modaresanesharif.ac.ir

تکنولوژی بتن

مدرسان شریف

فصل اول

مقدمه و اجزاء تشکیل دهنده بتن

بتن جسمی شبیه به سنگ است که از ترکیب مصالحی مانند مصالح سنگی، سیمان و آب تشکیل شده است. سنگدانه‌ها در بتن بعنوان پرکننده و نقش مقاومتی عمل می‌کنند و آن چیزی که این شن و ماسه را در کنار یکدیگر قرار می‌دهد سیمان هیدراته (آب و سیمان) می‌باشد. علاوه بر این مصالح مواد اصلاح کنندهٔ خواص بتن یعنی مواد افزودنی، پوزولانها و مواد شبه سیمانی نیز می‌توانند در بتن استفاده شوند.

علل مقبولیّت بتن بعنوان یک مصالح ساختمانی:

۱ـ بالا بودن مقاومت فشاری بتن (f'_c)

(f'_c) = مقاومت فشاری بتن، عبارت است از مقاومت فشاری نمونه‌های استوانه‌ای بتن در سن ۲۸ روز.

نکته ۱: آئین‌نامه‌ها برای مشخص کردن مقاومت فشاری بتن فرض می‌کنند بتن در سن ۲۸ روز به صددر صد مقاومت خود می‌رسد.

۲ـ مصالح مصرفی بتن در دسترس هستند (ارزان قیمت‌اند)

۳ـ مقاومت بسیار خوب بتن در برابر حرارت (آتش‌سوزی)

۴ـ شکل‌پذیر بودن بتن و درست کردن هر شکل دلخواه از بتن با استفاده از قالب

نکته ۲: عیب عمدهٔ بتن ضعف مقاومت کششی آن (تقریباً $\frac{۱}{۱۰}$ مقاومت فشاری) است. $f'_c = ۲۵۰\frac{Kg}{cm^۲} \Rightarrow f'_t = ۲۵\frac{Kg}{cm^۲}$

رفع عیب بتن: برای برطرف کردن این عیب از آرماتور یا میلگرد جهت مسلّح کردن بتن استفاده می‌کنیم که جسم حاصل بتن مسلح نام دارد.

دلایل استفاده از میلگرد جهت رفع عیب یا بعنوان مسلح کردن بتن:

۱ـ چسبندگی خوب بین بتن و آرماتور ۲ـ نزدیک بودن ضریب انبساط حرارتی بتن و فولاد

$\Delta L = \alpha L \Delta t$ $\alpha = ۱۱\times ۱۰^{-۶}\frac{۱}{^\circ c}$

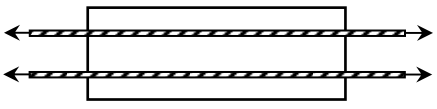
مثال ۱: عیب اصلی بتن چیست؟

۱) مقاومت کم ۲) کشش قابل تحمل کم ۳) مقاومت فشاری کم ۴) هر سه مورد

☑ **پاسخ:** گزینه«۲» ضعف اصلی بتن مقاومت کششی اندک آن است. که جهت رفع آن از آرماتور استفاده می‌شود.

انواع بتن‌ها

۱ـ بتن پیش تنیده:



در این حالت ابتدا میلگردها را تحت کشش قرار داده سپس بتن‌ریزی انجام می‌شود. پس از گذشت ۳ الی ۷ روز (رسیدن بتن به مقاومت اولیه) نیروی کشش آرماتورها آزاد می‌شود، در این حالت یک جسم فشرده و سخت از بتن و فولاد بدست می‌آید.

کاربرد بتن پیش‌تنیده:

۱ـ جاهایی که نیاز به پوشاندن دهانه‌های وسیع می‌باشد.

۲ـ جاهایی که بارهای وارده بر بتن زیاد و سنگین است در این حالت تغییر شکل بتن بدلیل پیش‌تنیدگی اندک است.

www.modaresanesharif.ac.ir

۲ـ بتن پس تنیده:

در این نوع بتن ابتدا با قرار دادن یکسری غلاف فلزی در مرحله آرماتوربندی امکان عبور میلگرد و ایجاد کشش در آن را پس از سخت شدن بتن فراهم می‌کند. فضای خالی بین میلگردها و غلاف توسط ملات چسبنده و منبسط شوند پر می‌شود. مزایای این بتن همانند بتن پیش تنیده بوده با این تفاوت که امکان اجرای آن در کارگاه فراهم است در حالیکه بتن پیش تنیده عموماً برای ساخت قطعات پیش‌ساخته مانند دالها و تیرهای پل کاربرد دارد.

۳ـ بتن مکیده:

در این نوع بتن پس از بتن‌ریزی جهت افزایش دوام سطحی بتن، توسط دستگاه‌های مکنده آب سطحی بتن تازه را جمع‌آوری می‌کنیم. با این کار ترک‌های زیر سطحی به حداقل می‌رسد.کاربرد این بتن در دال‌ها، روسازیهای بتنی و سطوح وسیع بتنی است.

۴ـ بتن آکنده (پیش آکنده):

در صورتی که در مراحل آرماتوربندی، دانه‌های درشت مصالح سنگی را (شن) بین میلگردها ریخته و خوب متراکم کنیم و سپس از پائین قالب، ملات ماسه، سیمان و آب را با فشار ۵ الی ۸ اتمسفر بین سنگدانه‌ها تزریق نماییم به بتن حاصل آکنده می‌گویند.

کاربرد این بتن در قطعات پرآرماتور و نازک می‌باشد.

۵ـ بتن پودری:

در صورتی که از مصالح سنگی پودر شده در حد میکرون به عنوان مصالح سنگی استفاده شود بتن حاصل را بتن پودری می‌نامند. عیار سیمان این بتن حدود $۱۲۰۰\frac{kg}{m^۳}$ است.

سیمان

اجزاء تشکیل‌دهنده سیمان عبارتند از:

۱ـ مصالح آهکی حدود ۶۰ الی ۶۷ درصد از سیمان را بخود اختصاص می‌دهند.

۲ـ رس حدود ۳ الی ۷ درصد

۳ـ سیلیس حدود ۱۷ الی ۲۷ درصد

۴ـ اکسیدهای معدنی :

ـ اکسید آهن ۰/۵ الی ۶٪ ـ اکسید سدیم ۰/۲ الی ۱/۳ ٪

ـ اکسید منیزیم ۰/۱ الی ۴/۵ ٪ ـ اکسید پتاسیم ۰/۲ الی ۱/۳٪ ـ اکسید آلومینیوم ۳ الی ۸ ٪

سیمان به مصالحی اطلاق می‌شود که از ترکیب مصالح آهکی، رس، سیلیس و اکسیدهای معدنی در دمای $۱۴۰۰^{\circ}c$ تا $۱۵۰۰^{\circ}c$ساخته می‌شود. به جسم حاصل، پس از حرارت دیدن کلینگر می‌گویند و از آسیاب کردن آن و افزودن مقدار مناسبی سنگ گچ یا سولفات کلسیم متبلور خام سیمان بدست می‌آید. اندازه دانه‌های کلینگر ۵ الی ۲۰ میلی‌متر و رنگ آن سبز تیره می‌باشد.

نکته۳ : اضافه کردن گچ به این دلیل است که از گیرش سریع سیمان در مراحل اولیه ساخت بتن جلوگیری شده و فرصت کافی جهت مصرف بتن ایجاد شود.

ترکیبات شیمیایی سیمان:

ـ تری کلسیم سیلیکات $C_۳S \longrightarrow ۳CaO + SiO_۲$ ⟵ عامل اصلی زودگیری و دیرگیری، کاهش مقاومت در برابر سولفات‌ها.

ـ دی کلسیم سیلیکات $C_۲S \longrightarrow ۲CaO + SiO_۲$ ⟵ عامل اصلی مقاومت سیمان.

ـ تری کلسیم آلومینات $C_۳A \longrightarrow ۳CaO + Al_۲O_۳$ ⟵ عامل اصلی حرارت زایی سیمان و تسهیل کننده واکنش در کوره، کاهش مقاومت در برابر سولفات و افزایش دوام در برابر کلریدها.

ـ ترا کلسیم آلومینوفریت $C_۴AF \longrightarrow ۴CaO + Al_۲O_۳ + Fe_۲O_۳$ ⟵ تسهیل‌کننده واکنش و خواص ثانویه سیمان، کاهش مقاومت در برابر سولفات‌ها.

از بین ترکیبات شیمیایی فوق تری کلیسیم آلومینات $C_۳A$ بیشترین حرارت را در حین عمل هیدراتاسیون آزاد می‌کند و باقی ترکیبات طبق رابطه زیر حرارت تولید می‌کنند $C_۳A > C_۳S > C_۴AF > C_۲S$، در ۳ روز اول ۵۰ درصد کل حرارت و ۷ روز اول ۷۵ درصد کل حرارت و در ۱۸۰ روز اول ۹۰ درصد کل حرارت آزاد می‌شود.

به واکنش آب و سیمان، عمل هیدراتاسیون می‌گویند این عمل همراه با آزادکردن حرارت می‌باشد. حرارت هیدراتاسیون بازمان گیرش متناسب است. حرارت بالا سبب تندگیری و حرارت پائین سبب کندگیری سیمان می‌شود.

با تغییر درصد ترکیبات یاد شده انواع سیمان‌ها بدست می‌آید.

www.modaresanesharif.ac.ir

نکته ۴ : اکسید آلومینیوم (آلومین)، اکسید آهن و اکسید منیزیم در خاک رس وجود دارد. در کشور ما سیمان را از گلاهک (آهک و خاک رس) تولید می‌کنند.

سیمان‌های ۵ گانه (سیمان‌های تیپ) عبارتند از:

۱ـ سیمان تیپ I (پرتلند معمولی)
۲ـ سیمان تیپ II (پرتلند اصلاح شده)
۳ـ سیمان تیپ III (سیمان زود سخت شونده)
۴ـ سیمان تیپ IV (سیمان با حرارت زایی کم)
۵ـ سیمان تیپ V (سیمان مقاوم در برابر سولفات)

جدول زیر درصد هر یک از ترکیبات شیمیایی را در انواع سیمان‌ها نشان می‌دهد.

« جدول ۱ »

نوع سیمان	ترکیب						افت سرخ شدن	آهک آزاد
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	MgO	SO_3		
I	۵۵	۱۹	۱۰	۷	۲/۸	۲/۹	۱/۰	۱/۰
II	۵۱	۲۴	۶	۱۱	۲/۹	۲/۵	۰/۸	۱/۰
III	۵۷	۱۰	۱۰	۷	۳/۰	۳/۱	۱/۰	۱/۶
IV	۲۸	۴۹	۴	۱۲	۱/۸	۱/۹	۰/۹	۰/۸
V	۳۸	۴۳	۴	۹	۱/۹	۱/۸	۰/۹	۰/۸

انواع سیمان‌ها

۱ـ سیمان تیپ I

این نوع سیمان بعنوان معمول‌ترین و پرکاربردترین سیمان در صنعت ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. حرارت تولید شده در این نوع سیمان را بعنوان حرارت مبنا برای سایر انواع سیمان‌ها در نظر می‌گیرند (۱۰۰٪).

۲ـ سیمان تیپ II

این نوع سیمان نسبت به سیمان تیپ I از مرغوبیت بیشتری برخوردار است حرارت تولید شده در حین عمل هیدراتاسیون در این نوع سیمان بین ۸۰٪ تا ۸۵٪ می‌باشد با توجه به حرارت تولید شده این نوع سیمان ، نسبت به تیپ I دیرگیر است.

کاربرد سیمان تیپ II در مناطقی است که حملهٔ ضعیف سولفات‌ها وجود دارد. در مناطق ساحلی که عامل مهاجم کلر می‌باشد طبق آیین‌نامه بتن ایران مناسبترین سیمان، سیمان تیپ II به همراه پوزولان می‌باشد.

۳ـ سیمان تیپ III

این نوع سیمان نسبت به سیمان تیپ I از مرغوبیت بیشتری برخوردار است حرارت تولید شده توسط این نوع سیمان حدود ۱۴۰٪ تا ۱۵۰٪ می‌باشد به دلیل حرارت بالای این نوع سیمان به آن اصطلاحاً سیمان زودگیر می‌گویند.این سیمان ریزترین سیمان تولیدی در کارخانه‌هاست.

کاربرد سیمان تیپ III

در محل‌هایی که:

۱ـ تغییرات شدید درجه حرارت وجود داشته باشد و امکان یخ بستن آب وجود دارد.
۲ـ نیاز به مقاومت فشاری اولیه بالا می‌باشد. (مانند تعمیرات فوری)
۳ـ احساس نیاز به باز کردن سریع قالب‌ها می‌باشد.

۴ـ سیمان تیپ IV

این نوع سیمان در حین واکنش آب و سیمان حرارتی در حدود ۴۰٪ تا ۶۰٪ تولید می‌کند و به این نوع سیمان اصطلاحاً سیمان کندگیر اطلاق می‌شود.

کاربرد سیمان تیپ IV

۱ـ در بتن‌ریزی‌های حجیم مثل بتن‌ریزی سدها، سیلوها و ... استفاده می‌شود. (به منظور کاهش تنش‌های حرارتی)
۲ـ جهت جلوگیری از تبخیر آب بتن در اثر حرارت ایجاد شده (در هوای گرم) و چسبندگی خوب بین مراحل مختلف بتن‌ریزی. (جلوگیری از اتصال سرد)

www.modaresanesharif.ac.ir

مثال ۲: حرارت تولید شده سیمان تیپ III چند برابر تیپ I است؟

۱) ۸۵ ~ ۸۰ ۲) ۱۴۰ تا ۱۵۰ درصد ۳) ۷۵ ~ ۶۰ درصد ۴) ۶۰ ~ ۴۰ درصد

☑ **پاسخ:** گزینه «۲» حرارت تولید شده توسط این سیمان حدود ۱۴۰ الی ۱۵۰ درصد است.

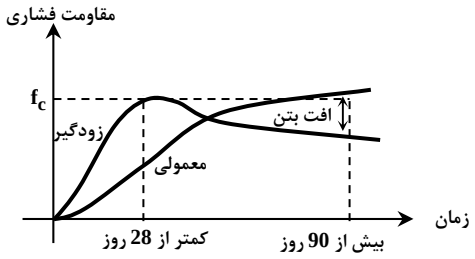
۵ـ سیمان تیپ V (ضد سولفات)

حرارت تولید شده توسط سیمان ضد سولفاته در هنگام عمل هیدراتاسیون حدود ۶۰٪ تا ۷۵٪ است.

کاربرد سیمان تیپ V

در محل‌هایی که حمله شدید سولفاتها وجود دارد، از این نوع سیمان استفاده می‌شود. اگر احتمال حمله سولفاتها ضعیف بود از تیپ II استفاده می‌شود.

نکته ۵: نمودار تغییرات مقاومت فشاری بتن با سیمان زودگیر به صورت زیر می‌باشد. مقاومت نهایی این نوع سیمان حدوداً برابر یا کمتر از دو نوع دیگر است.



۶ـ سیمان پوزولانی

درصد افزایش پوزولان به سیمان، بسته به وزن سیمان تیپ I بین ۱۰٪ الی ۴۰٪ متغییر است این نوع سیمان از ترکیب سیمان تیپ I با پوزولان بدست می‌آید. پوزولان‌ها مانند دوده سیلیسی، خاکستر آتشفشانی، خاکستر بادی، شیل‌ها ، توف‌ها، دیاتمه .

پوزولان‌ها ترکیبات سیلیسی و آلومینی هستند که به تنهایی خاصیت سیمانی شدن ندارند. اما در مجاورت آهک موجود در سیمان تیپ I و آب، یک ترکیب چسبنده و مقاومی را بوجود می‌آورند. پوزولانهای طبیعی مانند خاکستر آتش‌فشانی و تراس و پوزولانهای مصنوعی مانند خاکستر بادی (محصول کارخانه‌ها با سوخت زغال سنگ) و دوده سیلیسی (محصول فرعی کوره با قوس الکتریکی برای تولید فلز سیلیسیم).

نکته ۶: مزایای سیمان پوزولانی:

۱ـ بالا بردن مقاومت فشاری بتن در دراز مدت در صورت مصرف پوزولان‌های سیلیسی.

۲ـ بدلیل داشتن ذرات ریز، حفره‌های بتن را پر کرده و سبب تو پر شدن و متراکم شدن بتن می‌گردد.

۳ـ مقاومت سیمان را در برابر عوامل جوّی و مهاجم بالاتر می‌برد. (پایایی بتن)

۴ـ نفوذپذیری بتن را کاهش می‌دهد (نفوذپذیری = قابلیت عبوردهی آب از یک محیط)

۵ـ بهبود کارایی و کاهش حرارت سیمان در هنگام هیدراتاسیون

۷ـ سیمان روباره کوره آهن‌گدازی (روباره)

این نوع سیمان از ترکیب سیمان تیپ I و سرباره کوره‌های آهنگدازی بدست می‌آید.

نکته ۷:کاربرد سیمان سرباره:

۱ـ کاهش مقاومت فشاری در سنین کم.

۲ـ بالا بردن پایداری بتن در برابر عوامل مهاجم (پایایی بتن در برابر سولفات‌ها).

۳ـ متراکم و توپر کردن بتن (کاهش نفوذپذیری).

۴ـ کندگیرتر کردن سیمان (گرمای آبگیری آن کمتر از تیپ I است).

درصد افزودن سرباره بین ۲۵ تا ۷۰ درصد نسبت به کلینکر متغیر است و در کل ارزانتر از سیمان تیپ I می‌باشد.

۸ـ سیمان برقی (پرآلومین)

بدلیل گیرش سریع و بالای این نوع سیمان لقب برقی به آن داده شده است این نوع سیمان دارای بوکزیت (هیدروکسید آلومینیوم) و اکسید تیتان می‌باشد و ترکیبات اصلی سیمان برقی عبارتند از:

آلومینات کلسیم، سیلیس، آهک و اکسید آهن.

این نوع سیمان مقاومت فشاری کمی در طول عمر خود دارا است. ملات این سیمان در برابر آب دریا ، آب‌های سولفات دار و زمین‌های گچ‌دار نمناک پایدار است. از این نوع سیمان در کارهای تعمیراتی بتن با زمان محدود و کارهای موقتی و اضطراری استفاده می‌شود.

تاب فشاری ملات سیمان برقی در سن ۱ روز (۲۴ ساعت) برابر تاب فشاری ۲۸ روزه ملات سیمان معمولی می‌باشد.

تذکر ۱: جدول زیر تأثیر نوع سیمان و سن بتن بر روی مقاومت فشاری نسبی بتن را نشان می‌دهد.

www.modaresanesharif.ac.ir