

سوال ۱- انواع طبقه بندی خاک‌ها را بر اساس خواص فیزیکی، اندازه، شکل دانه‌ها و مبانی شناسی نام ببرید؟ ۱.۵ نمره

۱- از لحاظ خواص فیزیکی	۲- از لحاظ اندازه دانه‌ها	۳- از لحاظ شکل دانه‌ها	۴- از لحاظ مبانی زمین شناسی
<ul style="list-style-type: none"> <li>چسبنده (رس و لای)</li> <li>غیر چسبنده (ماسه و شن)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>درشت دانه مثل شن و ماسه</li> <li>ریزدانه مانند رس و لای</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>سوزنی</li> <li>صفحه ای</li> <li>کروی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>خاک‌های آهکی، نهشته های یخچالی و رس های یخچالی</li> <li>خاکهای آجری و لوم (Loam)</li> <li>نهشته های رسوبی (Loess) و گل (Mud)</li> </ul>
۲۵%	۲۵%	۲۵%	۲۵%

سوال ۲- رابطه  $\omega G_s = e S_r$  را ثابت کنید؟ ۱.۵ نمره

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_w} = \frac{W_s V_w}{W_w V_s} = \frac{1}{\omega} \frac{V_w}{V_s} \times \frac{V_v}{V_v} = \frac{1}{\omega} \frac{V_w}{V_v} \times \frac{V_v}{V_s} = \frac{1}{\omega} S_r \times e \Rightarrow \omega G_s = e S_r$$

سوال ۳- برای خاکی در حالت طبیعی داریم:  $G_s = 2.68$ ،  $\omega = 24\%$ ،  $e = 0.8$ . مطلوبست تعیین: الف) وزن مخصوص مرطوب و خشک و درجه اشباع خاک. ب) اگر با افزودن آب به خاک آن را کاملاً اشباع کنیم در آن صورت در صد رطوبت خاک در حالت اشباع چقدر است. در ادامه وزن مخصوص اشباع را نیز محاسبه کنید. ۲ نمره

حل الف-

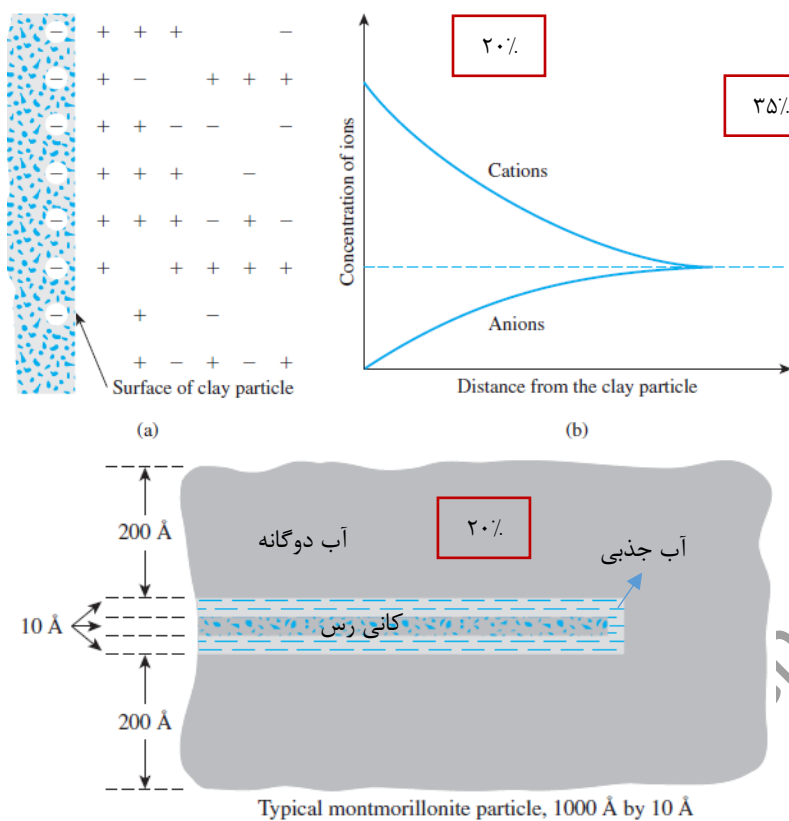
$$\gamma_{wet} = \frac{G_s \gamma_w (1 + \omega)}{1 + e} = \frac{2.68 \times 9.81 (1 + 0.24)}{1 + 0.8} = 18.11 \text{ kN/m}^3 \quad 20\%$$

$$\gamma_d = \frac{G_s \gamma_w}{1 + e} = \frac{2.68 \times 9.81}{1 + 0.8} = 14.61 \text{ kN/m}^3, \quad S_r = \frac{\omega G_s}{e} = \frac{0.24 \times 2.68}{0.8} = 0.804 \quad 20\%$$

حل ب-

$$\omega_{sat} = \frac{e S_r}{G_s} = \frac{0.8}{2.68} \times 100 = 29.85\%, \quad \gamma_{sat} = \frac{G_s + e}{1 + e} \gamma_w = \frac{2.68 + 0.8}{1 + 0.8} \times 9.81 = 18.97 \text{ kN/m}^3 \quad 20\%$$

سوال ۴- ماهیت آب در خاک رس (آب لایه دوگانه و جذبی) را با رسم شکل توضیح دهید؟ ۱.۵ نمره



ذرات کانی های رس دارای بار منفی خالص هستند و از طرفی آب دو قطبی است؛ چون دو اتم هیدروژن بطور متقارن به عنصر اکسیژن متصل نیست بنابراین وقتی آب به کانی رس اضافه می شود سمت مثبت آن بشدت به سطح کانی می چسبد. بنابراین هر چه به سطح کانی رس نزدیک شویم غلظت کاتیون بیشتر است. مولکولهای آبی که جذب سطح کانی رس شده اند تشکیل لایه دوگانه را می دهند. خاصیت خمیری خاک رسی در اثر وجود همین آب لایه دوگانه است.

لایه داخلی آب دوگانه به طور بسیار محکمی توسط کانی رس نگه داشته می شود و هیچ حرکتی ندارد. این لایه آب جذبی نامیده می شود که لزجت آن نیز زیاد است.

ضخامت لایه دوگانه در کائولینیت حدوداً ۴۰۰ آنگستروم و برای مونت مورونیت حدوداً ۲۰۰ آنگستروم است و ضخامت لایه جذبی برای انواع رس ها حدوداً ۱ نانومتر است.

سوال ۵- در سیستم متحد نام کامل خاک زیر با ذکر دلایل چیست؟ ۲ نمره

$$D_{60} = 4.76 \text{ mm}, D_{10} = 0.074 \text{ mm}, D_{30} = 2.0 \text{ mm}, LL=45, PI=10$$

حل: چون درصد عبوری از الک ۲۰۰ کمتر از ۵۰٪ است بنابراین خاک درشت دانه است

و چون درصد ماسه ۵۰٪ است و درصد شن ۴۰٪ است پس خاک ماسه است. بنابراین حرف اول S است.

از طرفی درصد عبوری الک ۲۰۰ برابر با ۱۰٪ است بنابراین خاک حداقل دو اسمه است.

برای تعیین حرف دوم ابتدا کیفیت دانه بندی آن را چک می کنیم. برای ماسه اگر دو شرط برقرار باشد، خاک خوب دانه بندی است.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{4.75}{0.074} > 6, \quad C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} = \frac{(2)^2}{4.74 \times 0.074} = 11.4 > 3$$

چون دو شرط برقرار نیست پس خاک ماسه بد دانه بندی است.

برای تعیین حرف دوم اسم دیگر از خط A استفاده می کنیم:

$$LL=45, PI=10 \Rightarrow PI_A=0.73(LL-20)=0.73(45-20)=18.25 > PI=10 \quad ۱۵\%$$

چون PI خاک کوچکتر از PI خط A است بنابراین خاک در زیر خط A قرار گرفته است، بنابراین حرف دوم هم M هست.  $۵\%$

$۲۰\%$

پس اسم خاک **SP-SM** است.

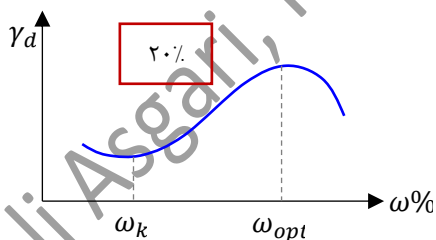
سوال ۶- طرز تعیین حدانقباض خاک را از استاندارد **ASTM D427** شرح دهید؟ ۱.۵ نمره

خاک خمیر شده را با رطوبت بالا درون ظرف چینی به قطر ۴۴.۵ و ارتفاع ۱۲.۵ میلیتر می‌ریزیم به طوری که ظرف کاملاً پر شده و سطح خاک را با کاردک صاف می‌کنیم. در اینصورت حجم اولیه خاک ( $V_1$ ) برابر با حجم درون ظرف است. توجه شود که قبل از ریختن خمیر در ظرف، باید ظرف خالی به همراه درب آن را وزن کنیم ( $WC$ )، سپس وزن ظرف پر شده از خاک خمیر شده ( $W_1$ ) به همراه درب آن را نیز وزن می‌کنیم. سپس ظرف پر از خمیر را برای مدت ۲۴ ساعت درون اون قرار می‌دهیم تا خاک کاملاً خشک شود و سپس مجدداً آن را به همراه درب وزن می‌کنیم ( $W_2$ ) و با داشتن وزن خمیر مرطوب و وزن خشک شده‌ی آن می‌توانیم در صد رطوبت آن را از رابطه زیر محاسبه کنیم:

$$\omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100 = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_c} \times 100 \quad ۵۰\%$$

بعد از خشک کردن خاک، حجم خاک خشک شده ( $V_2$ ) را به کمک جیوه تعیین می‌کنیم. خمیر خاک پس از خشک شدن کاهش حجم دارد. اگر حجم از کاهش یافته را دوباره با جیوه پر کنیم آنگاه حجم جیوه و حجم از دست رفته  $\Delta V$  باهم برابر خواهد بود. انتخاب جیوه برای تعیین حجم کاهش یافته به دو دلیل است: اولاً سیال باست، ثانیاً به داخل ذرات خاک نفوذ نمی‌کند. نهایتاً حد انقباض  $S.L$  از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$SL = \omega - \frac{\Delta V \gamma_w}{W_2 - W_c} \times 100 = \left( \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_c} - \frac{V_1 - V_2}{W_2 - W_c} \gamma_w \right) \times 100 = \left( \frac{M_1 - M_2}{M_2} - \frac{V_i - V_f}{M_2} \rho_w \right) \times 100 \quad ۵۰\%$$



سوال ۷- منحنی  $\gamma_d - \omega$  از کدام آزمایشات استخراج می‌گردد؟ این منحنی را برای خاکهای ماسه ای و شنی یکنواخت بصورت شماتیک ترسیم کنید و توضیحات کاملی در مورد قسمتهای مختلف منحنی دهید؟ چرا تعیین این منحنی، برای چنین خاکها دشوارست؟ ۲ نمره

$۲۵\%$

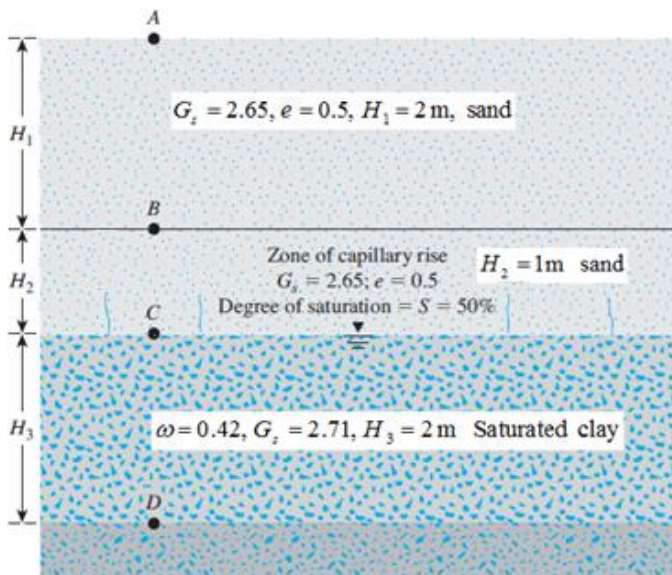
پاسخ: آزمایش پراکتور استاندارد و آزمایش پراکتور اصلاح شده

کنترل میزان رطوبت در خاکهای ماسه‌ای و شنی، آزمایش پراکتور در این نوع خاکها تا حدی دشوار و خسته کننده است، ابتدا با افزایش رطوبت،  $\gamma_d$  به تدریج کاهش می‌یابد و  $\gamma_d$  سپس به یک نقطه کمینه می‌رسد و سپس با افزایش مجدد رطوبت  $\gamma_d$  افزایش و به بیشینه خود می‌رسد و مجدداً  $\gamma_d$  بعد از رطوبت بهینه  $\omega_{opt}$  کاهش و روند نزولی دارد.  $۱۵\%$

توجیه این پدیده به علت اینست که اثر نیروی کششی حاصل از موئینگی آب حفره‌ای باعث می‌شود که از حرکت ذرات خاک جلوگیری کند و مانع فشرده تر شدن خاک گردد. قبل از رسیدن خاک به درصد رطوبت  $\omega_k$ ، هرچقدر آب به خاک اضافه شود، باعث افزایش اثر خاصیت

۱۰٪

موئینگی خواهد شد و بعد از رسیدن به درصد رطوبت  $\omega_c$ ، با افزایش آب، اثر لغزندگی ذرات خاک بر روی هم پررنگ تر خواهد شد. در این صورت با اضافه کردن آب به خاک و متراکم کردن آن، خاک راحت تر متراکم می شود. این روند تا درصد رطوبت بهینه افزایشی است و سپس بعد از آن، اضافه کردن آب به خاک موجب می شود که آب فضای خالی را پر کند و چون آب تراکم ناپذیر است، تراکم سخت تر انجام می شود.



سوال ۸- پروفیل لایه های خاکی زیر را در نظر بگیرید. مطلوبست تعیین تنش کل، تنش موثر و فشار آبی حفره ای بر حسب عمق در نقاط A, B, C و D (توجه شود که آب از نقطه C با خاصیت موئینگی بالا آمده است. (راهنمایی: ابتدا باید ارتفاع موئینگی را از رابطه مقابل تعیین کنید). ۲.۵

$$h_c (\text{mm}) = \frac{C}{eD_{10} (\text{mm})} \quad \text{نمره}$$

$$C = 0.1 \text{cm}^2, D_{10} = 0.02 \text{mm} \\ S_r = 50\%$$

پاسخ:

$$\gamma_{d(\text{sand})} = \frac{G_s \gamma_w}{1+e} = \frac{2.65 \times 9.81}{1+0.5} = 17.331 \text{kN/m}^3$$

۱۰٪

$$\gamma_{wet(\text{sand})} = \frac{(G_s + eS_r) \gamma_w}{1+e} = \frac{[2.65 + (0.5)(0.5)] \times 9.81}{1+0.5} = 18.966 \text{kN/m}^3 \quad ۱۰\%$$

$$e = \frac{G_s \omega}{S_r} = \frac{2.71 \times 0.42}{1} = 1.1382 \quad ۵\%$$

$$\gamma_{sat(\text{clay})} = \frac{(G_s + e) \gamma_w}{1+e} = \frac{(2.71 + 1.1382) \times 9.81}{1+1.1382} = 17.655 \text{kN/m}^3 \quad ۱۰\%$$

۵٪  $\sigma = 0, u = 0, \sigma' = \sigma - u = 0$  ا و فشار در نقطه A روی سطح زمین:

تنشها و فشار در نقطه B در ارتفاع  $H_1$ :

$$h_c = \frac{C}{eD_{10} (\text{mm})} = \frac{0.1 \times 100}{0.5 \times 0.02} = 1000 \text{mm} = 1 \text{m}$$

$$\sigma = \gamma_{d(\text{sand})} H_1 = (17.33)(2) = 34.662 \text{kN/m}^2, \quad ۳۰\%$$

$$u = 0 \quad (\text{immediately above point B or } H_1^-),$$

$$u = -S_r \gamma_w H_2 = -0.5(9.81)(1) = -4.91 \text{kN/m}^2 \quad (\text{immediately below point B or } H_1^+),$$

$$\sigma' = \sigma - u = 34.662(H_1^-)$$

$$\sigma' = \sigma - u = 34.662 - (-4.905) = 39.567(H_1^+) \text{kN/m}^2$$

تنشها و فشار در نقطه C در ارتفاع  $H_1 + H_2$ :

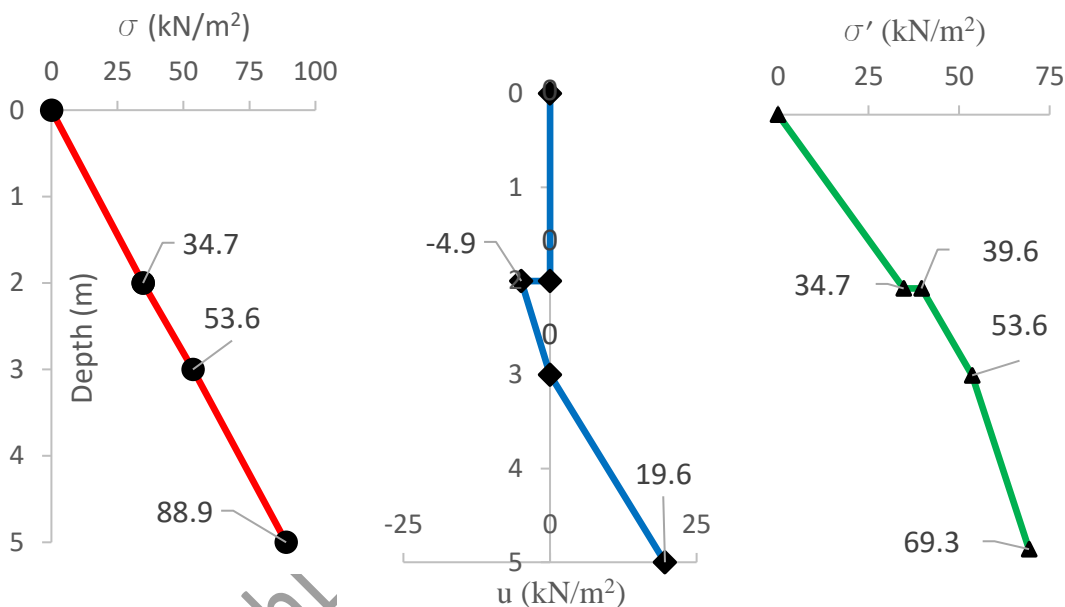
$$\sigma = \gamma_{d(\text{sand})}H_1 + \gamma_{\text{wet}(\text{sand})}H_2 = (17.331)(2) + (18.966)(1) = 53.628 \text{ kN/m}^2, \quad 15\%$$

$$u = 0, \quad \sigma' = \sigma - u = 53.628 \text{ kN/m}^2$$

تنشها و فشار در نقطه D در ارتفاع  $H_1 + H_2 + H_3$ :

$$\sigma = \gamma_{d(\text{sand})}H_1 + \gamma_{\text{wet}(\text{sand})}H_2 + \gamma_{\text{sat}(\text{clay})}H_3 = 53.628 + (17.655)(2) = 88.938 \text{ kN/m}^2, \quad 15\%$$

$$u = \gamma_w H_3 = (9.81)(2) = 19.62 \text{ kN/m}^2, \quad \sigma' = \sigma - u = 88.938 - 19.62 = 69.318 \text{ kN/m}^2$$



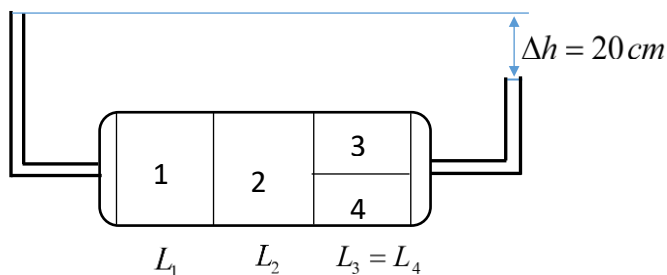
سوال ۹- یک استوانه (لوله ای) حاوی چهار نوع خاک است. سرعت حرکت در چهار نوع خاک را تعیین کنید. ۲۰۵ نمره

$$k_2 = 3k_1, k_3 = 2k_1, k_4 = 1.5k_1$$

$$k_1 = 1 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$$

$$L_2 = 2L_1 = 0.5 L_3$$

$$L_1 = 10 \text{ cm}$$



پاسخ سوال ۹:

$$q_1 = q_2 = q_3 + q_4 \quad (10\%)$$

$$k_1 i_1 A_1 = k_2 i_2 A_2 = k_3 i_3 A_3 + k_4 i_4 A_4 \quad (10\%)$$

$$A_1 = A_2 = 2A_3 = 2A_4$$

$$k_1 i_1 A_1 = 3k_1 i_2 A_1 = 2k_1 i_{3-4} \frac{A_1}{2} + 1.5k_1 i_{3-4} \frac{A_1}{2} \Rightarrow i_1 = 3i_2 = i_{3-4} + 0.75i_{3-4} = 1.75i_{3-4}$$

$$i_1 = 3i_2 = 1.75i_{3-4} \quad (1) \quad (10\%)$$

$$\Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_{3-4} = 20 \Rightarrow i_1 L_1 + i_2 L_2 + i_{3-4} L_{3-4} = 20 \Rightarrow i_1 L_1 + i_2 (2L_1) + i_{3-4} (4L_1) = 20$$

$$i_1 + 2i_2 + 4i_{3-4} = \frac{20}{10} = 2 \Rightarrow (2) \quad (10\%)$$

$$(1) \rightarrow (2) \quad i_1 + 2i_2 + 4i_{3-4} = i_1 + 2\left(\frac{i_1}{3}\right) + 4\left(\frac{i_1}{1.75}\right) = \frac{21+14+48}{21} i_1 = \frac{83}{21} i_1 = 2 \quad (2)$$

$$\Rightarrow i_1 = \frac{42}{83} = 0.506 \quad (3) \quad (20\%)$$

$$(3) \rightarrow (1) \quad i_2 = \frac{i_1}{3} = \frac{14}{83} = 0.169, \quad i_{3-4} = \frac{i_1}{1.75} = 0.289 \quad (1), \quad (10\%)$$

$$v_1 = v_2 = k_1 i_1 = 1 \times 10^{-6} \times 0.506 = 5.06 \times 10^{-7} \text{ cm/sec}$$

$$v_3 = k_3 i_3 = 2 \times 10^{-6} \times 0.289 = 5.78 \times 10^{-7} \text{ cm/sec} \quad (10\%)$$

$$v_4 = k_4 i_4 = 1.5 \times 10^{-6} \times 0.289 = 4.33 \times 10^{-7} \text{ cm/sec}$$

**سوال ۱۰-** بستر یک رودخانه از یک خاک ماسه سیلت دار به ضخامت ۱۲.۳۰ متر با وزن مخصوص غوطه‌وری ۱۰ کیلونیوتن بر متر مکعب تشکیل شده است. که در آن یک کافردم با عمق گودبرداری ۲.۴ متری و عرض ۶.۶ متری مطابق با شکل زیر اجرا شد. آب از کافردم پمپاژ شود و سطح آب در کافردم به کف گودبرداری می‌رسد. اگر نفوذپذیری خاک ماسه سیلت دار برابر با  $4 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$  باشد مطلوبست الف) حداقل دبی پمپ مورد نیاز ب) تنش موثر و فشار آب حفره ای در نقاط A و B ج) ضریب اطمینان در مقابل روانگرایی استاتیکی؟ ۳ نمره

