جزوه بسته- وقت ۱۲۰ دقیقه

هر کدام ۱۰٪ نمره تعلق می‌گیرد.

سوال ۱- موارد زیر را با ذکر فرمول تعریف کنید؟ **۲.۵ نمره**

الف) ضریب کروی ب) تخلخل ج)وزن مخصوص هوای منفذی صفر د) دانسیته نسبی تراکم (D_r)

ه) قانون استوکس برای سقوط کره در سیال و) حد روانی(مایع) ز) فعالیت رس ح) حد انقباض

ط) ضریب دانه بندی یا خمیدگی ی) نشانه روانی ذ) درصد رطوبت

حل)

الف) ضریب کروی:

$$S_p = \frac{\text{مساحت جانبی یک کره هم حجم}}{\text{مساحت جانبی دانه}}$$

ب) تخلخل یا پوکی(n): نسبت حجم فضای خالی به کل حجم خاک $n = \frac{V_v}{V}$

ج) وزن مخصوص هوای منفذی صفر: متراکم ترین وزن مخصوص خشک یک خاک از لحاظ تئوری را وزن مخصوص هوای منفذی صفر می‌گویند.

$$\gamma_{zav\,(zero\ air\ void)} = \frac{G_s}{1+\omega G_s}\gamma_w$$

د) دانسیته نسبی تراکم (D_r): این پارامتر مخصوص خاک دانه ای است و رابطه آن بصورت روبرو است: $D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \times 100$

که در آن e_{min} و e_{max} به ترتیب ضریب تخلخل در متراکم ترین و سست ترین حالت و e ضریب تخلخل کنونی خاک(در محل) است. از لحاظ تئوری دانسیته نسبی بین ۰ تا ۱۰۰٪ است.

ه) قانون استوکس برای سقوط کره در سیال: مطابق با قانون استوکس هر چه قطر دانه ها بزرگتر باشد، سرعت ته‌نشین شدن آن بیشتر است. بنابراین می‌توان از این قانون جهت دانه‌بندی کردن ریزدانه‌ها استفاده کرد که در آن V سرعت سقوط کره یا ذره، D قطر کره، μ گرانروی سیال، γ_w و γ_s به ترتیب وزن مخصوص آب و کره، L طول سقوط ذره و t زمان سقوط ذره هستند.

$$V = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\mu} \times D^2 \Rightarrow D = \sqrt{\frac{18\mu V}{\gamma_s - \gamma_w}}$$

ط) حد روانی: به درصد رطوبتی از خاک گفته می‌شود که خاک حالت سیال بسیار ویسکوز به‌خود بگیرد. در اینصورت اندرکنش بین ذرات کمتر می‌شود و مقاومت خاک در این حالت ناچیز است .

ز) فعالیت رس: فعالیت خاک رس تابعی از خاصیت خمیری PI خاک رس است که خود وابسته به نوع کانی و مقدار درصد وزنی ذرات ریزتر از ۰.۰۰۲ میلیمتر (C) در خاک است.

$$A = \frac{PI}{C}$$

Ali Asgari, PhD in Geotechnical Engineering

ح) حد انقباض: درصد رطوبتی است که کمتر از آن حد، اضافه یا کم کردن آب به خاک تاثیری در تغییر حجم خاک ندارد. به عبارت دیگر اگر به خاک در حالت جامد آب اضافه یا کم کنیم، آنگاه خاک تغییر حجم نمی‌دهد. اما اگر به خاک در حالت نیمه جامد آب اضافه یا کم کنیم، آنگاه خاک به ترتیب افزایش و یا کاهش حجم می‌دهد. در این حد خاک اشباع است.

ط) ضریب دانه بندی یا خمیدگی: $$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10}D_{60}}$$

D_{10} ، D_{30} و D_{60} *به ترتیب* قطرهایست که ۱۰٪ ، ۳۰٪ و ۶۰٪ دانه ها از آن ریزترند.

ی) نشانه روانی: $$LI = \frac{\omega - PL}{PI} = \frac{\omega - PL}{LL - PL},$$

که در آن PL حد خمیری، LL حد روانی و ω درصد رطوبت فعلی خاک است. مطابق رابطه اگر $LI \geq 1$ باشدیعنی $\omega \geq LL$ است که نشان می‌دهد که خاک در حد روانی یا بالاتر از آن حد قرار دارد. اگر $LI = ۰$ باشدیعنی $\omega = PL$ است که نشان می‌دهد که خاک در حد خمیری قرار دارد. در این حالت خاک می‌تواند تا اندازه‌ای مقاومت برشی خوبی داشته باشد.

اگر $LI < ۰$ باشدیعنی $\omega < PL$ است که نشان می‌دهد که خاک در حالت نیمه جامد یا جامد قرار دارد. در این حالت خاک مقاومت برشی خوبی دارد.

ذ) درصد رطوبت: وزن آب به وزن دانه های جامد خاک $$\omega = \frac{W_w}{W_s}$$

سوال ۲- الف)اگر خاک با نشانه خمیری کمتر از ۷ باشد، نام‌های این خاک در طبقه بندی یونیفاید چیست ؟(با توضیح کامل) **۲ نمره**

ب) از لحاظ آشتو چه نوع خاکی برای جاده‌سازی مناسب‌تر است؟ A-1 یا A-3 ؟

حل الف: تمام خاک‌های دانه ای مثل GP, SP, GW, SW, SC, SM, GC, GM را شامل میشود و همچنین خاکهای ریزدانه C-M(L), , ML, MH, OL, OH نیز می تواند PI کمتر از ۷ داشته باشد.

ب: A-1

سوال ۳- در تعیین وزن مخصوص خشک محل اگر در موقع حفر گودال، کمی از خاک به داخل گودال ریزش کرده باشد، چه تاثیری بر مقدار آن می گذارد؟ توضیح دهید؟ با رسم شکل **۱.۵ نمره**

پاسخ: اگر در حین تعیین وزن مخصوص خشک محل، خاک به داخل گودال ریزش کند باعث افزایش تخلخل خاک می شود و در نتیجه باعث کاهش حجم گودال میشود. در نهایت باعث مشود که وزن مخصوص خشک محل در این حالت بیشتر از مقدارواقعی آن بدست می‌آید.

شکل باید رسم شود.

سوال ۴- ۱۷۶ گرم از خاکی با حجم ۱۰۰ سانتی متر مکعب و درصد رطوبت ۱۰ درصد با ۱۸۰ گرم از یک خاک دیگر با حجم ۹۰ سانتی متر مکعب و درصد رطوبت ۲۵ درصد مخلوط شده و بدون تغییر در میزان درصد رطوبت، حجم نمونه حاصل به ۱۶۰ سانتی متر مکعب می رسد. اگر

Ali Asgari, PhD in Geotechnical Engineering

درصد تراکم نمونه مورد نظر ۹۵ درصد باشد، در آن صورت وزن مخصوص خشک حداکثر در آزمایش تراکم بر روی این خاک چقدر می‌تواند باشد؟ **۲ نمره**

$$w_{sT} = w_{s1} + w_{s2} = \frac{w_{T1}}{1+\omega_1} + \frac{w_{T2}}{1+\omega_2} = \frac{176}{1+0.1} + \frac{180}{1+0.25} = 160 + 144 = 304\,\text{gr}$$ ۵۰٪

پاسخ:

$$\gamma_d = \frac{w_{sT}}{V_T} = \frac{304}{160} = 1.9\,gr/\text{cm}^3, \quad R_c = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d\,\max}} = \frac{1.9}{\gamma_{d\,\max}} = 0.95 \Rightarrow \gamma_{d\,\max} = \frac{1.9}{0.95} = 2\,gr/\text{cm}^3$$

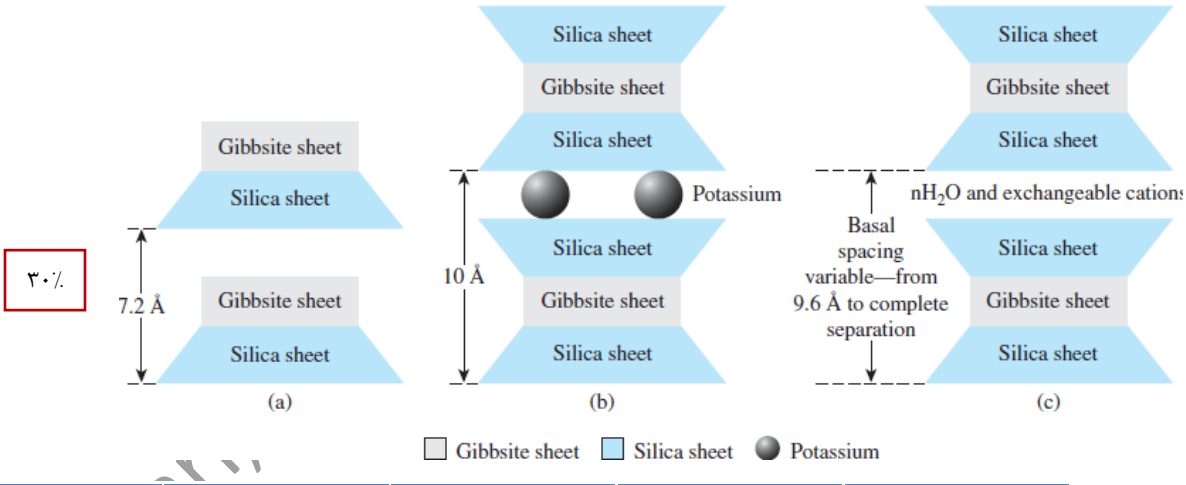
۲۵٪ ۲۵٪

سوال۵-سه نوع کانی مهم رس را نام برده و در مورد ترکیبات، پیوند، فعالیت، سطح ویژه و لایه بندی با رسم شکل آنها را بطور دقیق بنویسید؟ **۲ نمره**

ترکیبات اصلی رس عبارتند از: ۱- چهار وجهی سیلیسیوم-اکسیژن ۲- هشت وجهی آلومینیوم یا منیزیم ۱۰٪

ترکیب واحدهای هشت وجهی آلومینیوم یک صفحه گیبسیت Gibbsite sheet را تشکیل می دهد و ترکیب واحدهای چهار وجهی سیلیسیوم-اکسیژن یک صفحه سیلیکا Silica sheet را تشکیل می دهد. اگر بجای واحدهای هشت وجهی آلومینیوم، منیزیم باشد تشکیل صفحه بروسیت را می دهد. ۱۰٪

۳۰٪



نام کانی	نوع پیوند و فعالیت	ابعاد جانبی(A)	ضخامت	سطح ویژه m^2/gr
(a)کائولینیت- دو لایه ای	هیدروژنی- غیرفعال	۱۰۰۰-۲۰۰۰۰	۱۰۰-۱۰۰۰	۱۵
(b)ایلیت -سه لایه ای	فلزی-فعال عادی	۱۰۰۰-۵۰۰۰	۵۰-۵۰۰	۸۰

Technical Engineering

(c)مونت موریونیت- سه لایه ای	کووالانسی- فعال	۱۰۰۰-۵۰۰۰	۱۰-۵۰	۸۰۰
۲۰٪	۲۰٪			۱۰٪

سوال۶- آزمایش هیدرومتر 151 H در دما ۲۰ درجه سانتیگراد انجام پذیرفت. اگر قرائت خام در دقیقه ۱۵ برابر با ۱.۰۲۰۵ باشد، مطلوبست الف) قطر متناظر با قرائت انجام شده ب) چند درصد از کل خاک از این قطر کوچکترند؟ **۲ نمره**

$$w_s = 50\,\text{gr}, \quad c_m = 0.0008, \quad c_d = 0.005$$
$$G_s = 2.6, \quad k = 0.0128, \quad R_{c1} = -0.00378L + 1.0616, \quad L:(\text{cm})$$

الف) چون دما ۲۰ درجه است بنابراین اصلاح دما ندارد.

$$R_a = 1.0205 \Rightarrow \quad R_{c1} = R_a + c_m = 1.0205 + 0.0008 = 1.0213$$ ۲۰٪

$$R_{c2} = R_a + c_t - c_d = 1.0205 + 0 - 0.005 = 1.0155$$

$$R_{c1} = -0.00378L(\text{cm}) + 1.0616 = 1.0213 \Rightarrow \quad L = 10.66\,\text{cm}$$ ۲۰٪

$$\gamma_w = 9810\,\text{N/m}^3, \quad D(\text{m}) = k\left(\sqrt{\text{m.s}}\right)\sqrt{\frac{L(\text{m})}{t(\text{s})}} = 0.0128 \times \sqrt{\frac{0.1066}{15 \times 60}} = 0.000139\,\text{m} = 0.139\,\text{mm}$$ ۲۰٪

ب) چون چگالی نسبی خاک ۲.۶ است پس a باید اصلاح شود.

$$a = \frac{2.65-1}{2.65}\frac{G_s}{G_s - G_w} = \frac{2.65-1}{2.65}\frac{2.6}{2.6-1} = 1.0118$$ ۲۰٪

$$\text{PP\%} = \frac{1606\left(R_{c2}-1\right)a}{w_s} = \frac{1606(1.0155-1)\times 1.0118}{50} = 0.5037 = 50.37\%,$$ ۲۰٪

سوال ۷- انواع ماشین آلات تراکم را نام ببرید و بگویید برای چه خاکی مناسب هستند. میزان Rc (تراکم نسبی) خاک چگونه تعیین می شود؟ شرح دهید؟ **۲ نمره**

انواع ماشین آلات برای تراکم خاک: ۱- غلتک های چرخ فولادی صاف (smooth wheel roller) برای خاک های درشت دانه مناسب تر است. ۲- غلتک های پاچه بزی (sheep foot roller) برای تراکم خاک های چسبنده مناسب تر است. ۳- غلتک های چرخ لاستیکی (Rubber wheel roller) برای همه نوع خاک مناسب است. ۴- غلتک های لرزنده(Vibratory Roller): برای همه نوع خاک ها مناسب است. ۵۰٪

تراکم نسبی(Relative Compaction): رابطه آن بصورت مقابل است: ۵۰٪

$$R_c = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d\,\max}} \times 100$$

Ali Asgari, PhD in Geotechnical Engineering

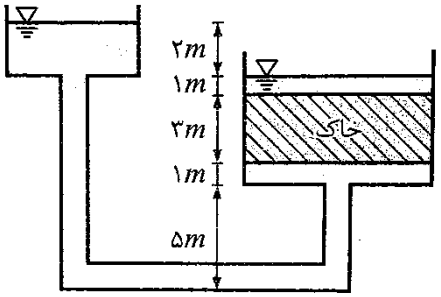
γ_{dmax} از آزمایش پراکتور استاندارد و آزمایش پراکتور اصلاح شده تعیین می‌گردد. برای تعیین γ_d محل روش‌های مخروط ماسه، بالن لاستیکی و روش هسته‌ای استفاده می‌شود. با داشتن γ_{dmax} و γ_d محل به راحتی می‌توان درصد تراکم Rc را تعیین کرد.

سوال ۸- روانگرایی استاتیکی رو با رسم شکل شرح دهید؟ در چه هنگام رخ می‌دهد و چگونه می توان آنرا در ساخت سدها کنترل کرد؟ **۱.۵ نمره**

پاسخ این سوال باید آورده شود.

سوال ۹-برای نمونه زیر نیروی تراوش از جریان آب چند KN می باشد. حجم نمونه خاک را $4m^3$ در نظر بگیرید. **۱.۵ نمره**

پاسخ:

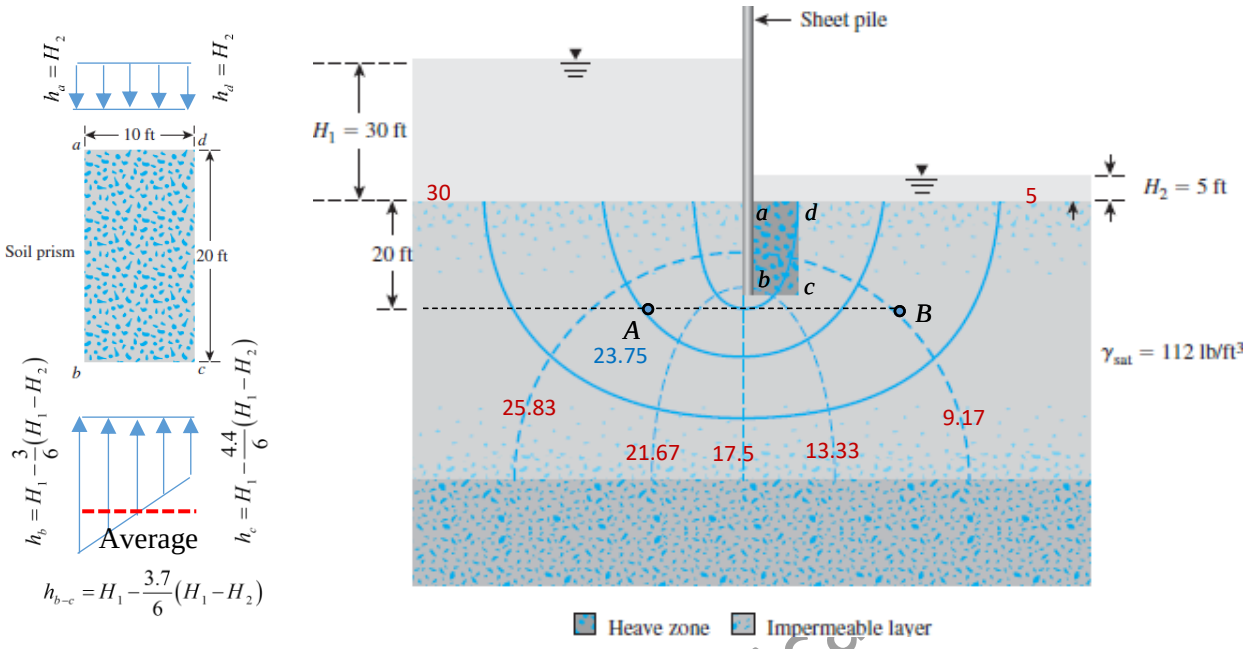


$$F = i\gamma_w V, \qquad i = \frac{\Delta h}{L} = \frac{2}{3}, \; V = 4\,m^3$$

$$\Rightarrow F = \frac{2}{3} \times 9.81 \times 4 = 26.16\,\text{kN}$$

سوال ۱۰-سپری زیر به طول فرو رفته تقریبی ۲۰ فوت را در نظر بگیرید؛ اگر ضخامت لایه خاکی ۶۰ فوت و $\gamma_w = 62.4\,\text{lb/ft}^3$ باشد، مطلوب است تعیین: **الف)** تنش موثر در نقطه A **ب)** مقدار ضریب اطمینان در مقابل جوشش در ناحیه تعیین شده در شکل زیر **ج)** اگر بخواهیم ضریب اطمینان را به ۲.۵ برسانیم مطلوبست تعیین دقیق ضخامت فیلتر بافرض $\gamma_{satf} = 110\,\text{lb/ft}^3$, $\gamma_{wetf} = 100\,\text{lb/ft}^3$؟ **۳ نمره**

Ali Asgari, PhD in Geotechnical Engineering



حل الف: ابتدا را تعیین می‌کنیم و سپس پتانسیل یا هدفشار را بر روی هریک خطوط مطابق شکل فوق با رنگ قرمز یادداشت می‌کنیم: ۱۰٪

$$\Delta h = \frac{30\text{-}5}{6} = 4.1667$$ ۵٪

تنش موثر در نقطه A برابر است با: ۱۷.۵٪

$$\sigma_A = \gamma_{sat} z + \gamma_w H_1 = 112\times 20 + 62.4\times 30 = 4112\,\text{lb/ft}^2$$
$$u_A = (h_A - z)\gamma_w = \big(23.75-(-20)\big)\gamma_w = 43.75\times 62.4 = 2730\,\text{lb/ft}^2$$
$$\sigma'_A = \sigma_A - u_A = 1382\,\text{lb/ft}^2$$
$$\text{other method}: \sigma'_A = \gamma' z + i\,\gamma_w z = \gamma' z + \frac{H_1 - h_A}{z}\gamma_w z = (112-62.4)\times 20 + (30-23.75)\times 62.4 = 1382\,\text{lb/ft}^2$$

حل ب: هد در نقاط b و c و در خط a-d را تعیین می کنیم:

$$h_b = 17.5,\quad h_c = 9.17 + 0.6\times\Delta h = 10.83,\quad h_a = h_d = 5,$$

اختلاف هد خط b-c و خط a-d را تعیین می کنیم: ۱۰٪

$$\Delta h_{av} = \frac{h_b + h_c}{2} - h_a = \frac{17.5+10.83}{2} - 5 = 9.167,$$

با داشتن اختلاف هد خط b-c و خط a-d و فاصله بین دو خط که D است می‌توان شیب هیدرولیکی متوسط را بدست آورد:

$$i_{av} = \frac{\Delta h_{av}}{D} = \frac{9.167}{20} = 0.458$$ ۱۰٪

Ali Asgari, PhD in Geotechnics

بنابراین ضریب اطمینان از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$FS = \frac{\gamma'}{i_{av}\gamma_w} = \frac{112-62.4}{0.458\times 62.4} = 1.73$$ ۱۰٪

حل ج:

$$FS = \frac{W' + W_f'}{U}$$ ۲.۵٪

$$W' = \frac{1}{2}D^2\gamma', U = \frac{1}{2}D^2 i_{av}\gamma_w,$$ ۵٪

$$W_f' = \begin{cases} \frac{1}{2}DD_f\left(\gamma_{satf} - \gamma_w\right), & D_f \le H_2 \\ \frac{1}{2}D\left[H_2\left(\gamma_{satf} - \gamma_w\right) + \left(D_f - H_2\right)\gamma_{wetf}\right], & D_f > H_2 \end{cases}$$ ۵٪ ۵٪

فرض می کنیم که $D_f > H_2$ است؛ بنابراین داریم:

$$FS = \frac{W' + W_f'}{U} = \frac{\frac{1}{2}D^2\gamma' + \frac{1}{2}D\left[H_2\gamma_f' + \left(D_f - H_2\right)\gamma_{wetf}\right]}{\frac{1}{2}D^2 i_{av}\gamma_w}$$

$$= \frac{\gamma' + \frac{H_2}{D}\gamma_f' + \frac{D_f - H_2}{D}\gamma_{wetf}}{i_{av}\gamma_w} = \frac{(112-62.4) + \frac{5}{20}(110-62.4) + \frac{D_f - 5}{20}\times 100}{0.458\times 62.4} = 2.5$$ ۱۰٪

$$= \frac{49.6 + 11.9 + 5D_f - 25}{28.6} = 2.5 \Rightarrow D_f = 7\,\text{ft} \ge \text{H}_2$$ ۱۰٪

فرض اول یعنی $D_f > H_2$ صحیح است در صورتیکه این فرض صحیح نبود باید آنرا اصلاح کرد.

علی عسگری، عضو هیات علمی گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مازندران

Ali Asgari, PhD in Geotechnical Engineering