

در سازه‌ای که سازه‌ها مشد بارش را در سطحی، به خاک انتقال لا رمد. (مقدمه پنجم)

- کولب (۱۷۷۷) به عنوان اولین کسی شناخته شده است که جهت حل مسائل خاک مکانیک استفاده کرد.

لوعنر مهندسان سطحی فرانسه بود که علاقه مند به حفظ در مایه‌های قدیمی بود که به سبب دما و آتش توسط افراد رختیه بودند.

برای حفاظت از دروازه‌ها شیب در خاک در طول راه‌ها قرار داده می‌شد، و چون در خاک نیروهای جانبی به بیرون وارد می‌شدند.

ممکن بود باعث واژگونی یا انحراف آن شود. کولب سعی کرد این نیروهای جانبی را تسخیر کرده و نتیجه با نیروهای واکنشی

که در پیچیده شکست به هم خاها تریب کرد، که به سبب شکست کولب در دین تحلیل و محاسبه و مدل‌سازی است. (مقدمه ۲)

- کابل نژادی (۱۸۸۷-۱۹۶۷) به غیر قابل انکار مکانیک خاک است. انتشار کتاب *Soil Mechanics*

در سال ۱۹۲۵ پایه مکانیک خاک بر این زیر بنای خود هیت خاک را در فعالیت‌های مهندسی آشکار کرد. (مقدمه ۳)

- مکانیک خاک زیر مجموعه مهندسی ژئوتکنیک است که شامل کاربرد مکانیک خاک، زمین‌شناسی و مهندسی برای تحلیل و طراحی

سیستم‌های ژئوتکنیک نظیر سدها، خاک ریزه‌ها، تونل‌ها، کانال‌ها، آبرها، پل‌ها، جاده‌ها، ساختمان‌ها و سیستم‌های نفوذ

آتش‌فقال‌های جاده‌ها باشد. در کاربرد مکانیک خاک به علت تغییر خاک‌ها، تغییر لایه‌های آنها و خولس مهندسی،

عدم اطمینان وجود دارد. لذا مکانیک مهندسی می‌تواند فقط بخشی از جواب‌ها را برای این رک‌ها می‌دهد. (مقدمه ۴)

- گایا مهندسان ژئوتکنیک انجام می‌دهند و در آن‌ها ساختمان‌ها تبدیل شده به یک عامل پویا نیست، ولی پایه‌های در سازه‌های

ساخته شده به پایدار است، مهارت و تشریح خاک‌ها است و در درجه اول خاک کسب خود سازه را در درجه اول خاک

یا بعد از آن در حقیقت هم خوب طراحی شده باشد، شکسته خواهد شد. بنابراین پرده‌های فوق‌العاده عمران به طور

قابل توجه به مهندسان ژئوتکنیک بستن طرزه. (مقدمه ۵)

✓ - اغلب شکست‌های رخ داده در سازه‌ها، به علت گمانی نبودن بر روی تحلیل و مطالعات خاک، شرایط پیش‌بینی نشده

خاک داب، طایفه‌های طبیعی، صفت مهندسی و تحلیل، طراحی و اجرا و در کل کیفیت، بهر بر روی‌های پس از

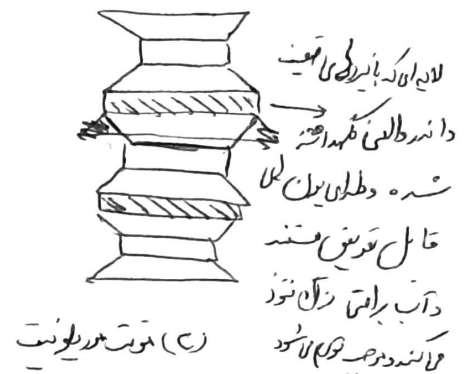
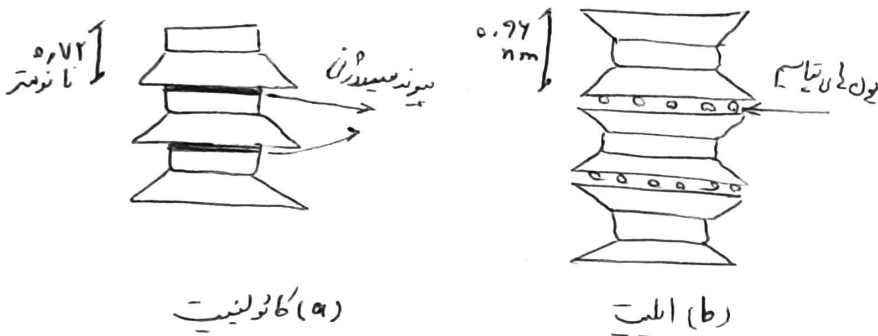
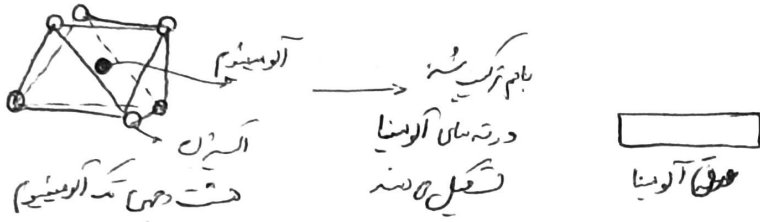
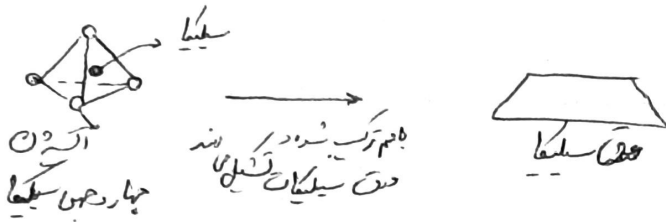
ساخت و در کاربرد ^{غیر} شرایط طراحی تلقی می‌شوند. (مقدمه ۶)

- کینز ~~نکته~~ شکست‌ها، شکست سلیقه‌ها را نکند (در سال ۱۹۱۷) بود که قبل از آنکه مکانیک خاک، میزان یک علم

خاص بوجود آمده به شرح داد که در ~~مجلس~~ عرض ۲ ساعت به دربارت‌ها سلیقه که با سرعت یک متر در ثانیه غلات

در مهندسی انجام می‌آورد، مختل شروع به کج شدن داشت نمود. به ~~لحاظ~~ با جمع‌آوری اطلاعات شکست سلیقه دریافت کرد

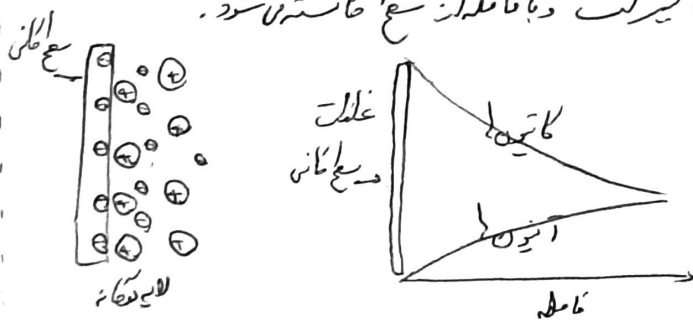
فشار محدود به بارهای اعمال شده توسط سلیقه و غلات تقریباً با مازیم فشار عصبیه شده که خاک حالتی ممکن شده به بار برد. (ص ۷)



منو عا سلی و آب سلی :

اگر صبی را سیم کنیم نسبت مساحت سطح جانبی به حجم لایه های سیم می آید. سطح واحد حجم (سطح مخصوص) برابر با سه عدد ۵۰۱ متر مربع به ازای هر گرم باشد. در حالیکه برای کائولینیت ۱۰۰ الی ۶۰ و المیت ۱۰۰ الی ۱۰۰ $\frac{m^2}{g}$ است. مونت موریلونیت $\frac{m^2}{g}$ معادل است. به علت مساحت زیاد آنها نیروهای سطحی به طور قابل توجهی در رفتار خاکها در برز دانه در مقایسه با خاک های درشت دانه تأثیر می زند.

- بارهای سطحی در برز دانه های متنی هستند (آئین). در این بارها سطحی متنی کائولین به وجه دانه های بارشست مخلوط آب را به طرف خود جذب می کند. نتیجتاً سبب نازک لایه به نام آب سطحی به سوراخ کانی می شود، این لایه نازک آب به نام لایه دو کانه موسوم است. غلظت کائولین در سطح کانی بیشتر است و با فاصله از سطح کاهش می شود.



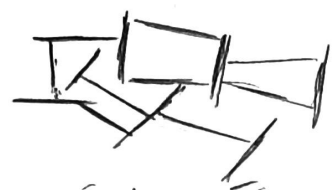
آب لایه آب سطحی سوراخ خاک تشکیل می دهد و در لایه های عمیق خاک به این آب سطحی نسبت داده می شود.

بافت خاک
 سیمان خاک
 ریز دانه

محیط ذرات گانی رسوب نعلی سفته تأثیر زیاد در بافت خاک دارد.



سیمان گسی (flocculated)
 با محیط آب غلیظ (ذرات قابل پراکندگی به حالت معلق نگارم بسته)



سیمان گسی - محیط آب کم
 (ذرات قابل پراکندگی کم و گسترش دارند)



سیمان گسی (dispersed)
 (ذرات قابل پراکندگی کم و گسترش دارند)

نکته: در این نوع (مکونی یا غیر مکونی) در حین ته نشین شدن یا بعد از آن بافت یا ساختمان خاک را طوری تغییر می دهند که این سلولها خاص باشد و این تغییر به مرد ها باشد. همچنین با تغییر بافت و تغییرات در محیط، در بافت خاک یک ماسه در به عبارتی بافت خاک، متغیر آن که در تولید خاک را به یاد داشته و تغییرات پیدا که در آن لغات باله را می توان دانست.

سیمان خاک دانه ها

در خاک دانه ها، کل ذرات خاک از ذرات متصل تشکیل شده اند.



گسل دانه ها

۲- لانه زنبوری: مجموعه از لانه ها که خاک شکل خالی، ممدت لانه زنبوری است.



لانه زنبوری

مقاله کرده خاک لانه زنبوری و زیر دانه در استار هشتما

دست دانه

طریقت با بر لا خوب

کبشت زنگی خوب

باقی طوبت مکرر و هم تکرر زانها

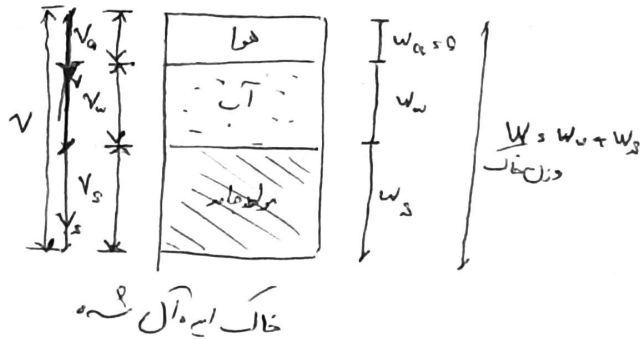
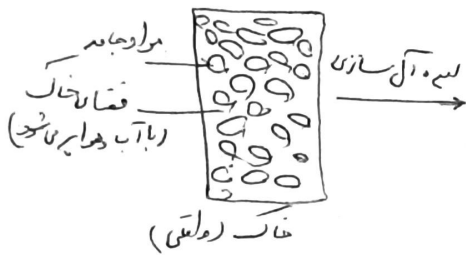
خاک لانه زنبوری

طریقت با بر لا ضعیف (دست با بر دانه)

باقی طوبت حجم دماست آن ها تکرر

در لم یحینه ان حاس العت

خواص و شکل سازه خاک و روابط وزن - حجمی



$$V = V_s + V_w + V_a = V_s + V_v \quad (1)$$

$$W = W_s + W_w \quad (2)$$

رابطه وزن - حجمی مهم

۱. رطوبت (w) : عبارت از نسبت وزن آب به وزن مایه خاک که اغلب به صورت درصد بیان می‌شود.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (3)$$

۲. نسبت تخلخل (e) : عبارت از حجم فضای خالی خاک به حجم مایه خاک.

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (4)$$

۳. پوکی (n) : نسبت حجم فضای خالی به حجم کل

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

رابطه بین تخلخل و پوکی :

$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{V_v}{V_s + V_v} = \frac{V_v/V_s}{V_s/V_s + V_v/V_s} = \frac{e}{1+e} \quad (5)$$

۴. حجم مخصوص (v) : حجم خاک به ازای واحد حجم مایه خاک.

$$v = \frac{V}{W} = 1 + e \quad (6)$$

۵. چگالی مایه خاک (G_s) : نسبت وزن مایه خاک به وزن آب هم حجم آن.

$$G_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_w} \quad (7)$$

$$(\gamma_w = 9.81 \text{ kN/m}^3)$$

(حدوداً متغیر G_s : $2.4 < G_s < 2.8$)

۶. درجه اشباع (S) یا (s) : $S = \frac{W_w}{W_s} = \frac{w G_s}{e} \rightarrow S e = w G_s \quad (8)$

$$\frac{V_v}{V_s} = e \quad \frac{W_w}{W_s} = w \quad \rightarrow \quad S = \frac{V_w}{V_s} = \frac{w W_s}{e \gamma_w \gamma_s} = \frac{w G_s}{e}$$

درجه اشباع عبارت از نسبت حجم آب به حجم فضای خالی است که اغلب به صورت درصد بیان می‌شود.

اگر $S = 1$ باشد خاک اشباع است اما اگر $S < 1$ خاک کاملاً اشباع نیست. علاوه بر این خاک به سه دسته غیر ممکن است.

- وزن مخصوص: عبارت از وزن خاک به ازای واحد حجم.

$$\gamma = \frac{W}{V} = \left(\frac{G_s + S_e}{1 + e} \right) \gamma_w \quad (10)$$

اثبات: $\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V_s + V_v} = \frac{W_s + \underbrace{w \cdot W_s}_{\substack{\text{وزن آب} \\ \text{در خاک}}}}{V_s + \underbrace{V_v}_{\substack{\text{حجم آب} \\ \text{در خاک}}}} = \frac{W_s (1 + S_e/G_s)}{V_s (1 + e)} = \left(\frac{G_s + S_e}{1 + e} \right) \gamma_w$

$\gamma_w = G_s \gamma_w$

حالات خاص:

- وزن مخصوص اشباع ($S_e = 1$)

$$S_e = 1 \xrightarrow{\text{از رابطه ۱۰}} \gamma_{sat} = \left(\frac{G_s + e}{1 + e} \right) \gamma_w \quad (11)$$

- وزن مخصوص خشک ($S_e = 0$)

$$S_e = 0 \rightarrow \gamma_d = \frac{W_s}{V} = \left(\frac{G_s}{1 + e} \right) \gamma_w = \frac{\gamma}{1 + w} \quad (12)$$

اثبات: $\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{W - W_w}{V} = \frac{W}{V} - \frac{w W_s}{V} = \gamma - w \gamma_d \rightarrow \gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w}$

$$\gamma = \gamma_{sat} - \gamma_w = \left(\frac{G_s - 1}{1 + e} \right) \gamma_w$$

- وزن مخصوص متوسط در: وزن واحد خاک اشباع است که با آب اشباع شده باشد.

- دانسیته نسبی (D_r) از نسبت تراکم خاک آزمایش شده را به تراکم بیشترین تراکم ممکن به عنوان بیان می‌کنند.

$$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \quad (13)$$

در صورت اجازه برآورد می‌شود:

e_{max} : حداکثر نسبت تخلخل (بیشترین حالت)
 e_{min} : حداقل نسبت تخلخل (تراکم بیشترین)
 e : تخلخل موجود

D_r (%)

۰ - ۱۵ غیر قابل

۱۵ - ۳۵ ضعیف

۳۵ - ۴۵ متوسط

۴۵ - ۸۵ زیاد

۸۵ - ۱۰۰ خیلی زیاد

- برای بیان رابطه تراکم نسبی را به جابجایی خاک حل می‌کنند و این روش:

$$D_r = \frac{\left[\frac{1}{\gamma_d(\min)} \right] - \left[\frac{1}{\gamma_d} \right]}{\left[\frac{1}{\gamma_d(\min)} \right] - \left[\frac{1}{\gamma_d(\max)} \right]} = \left[\frac{\gamma_d - \gamma_d(\min)}{\gamma_d(\max) - \gamma_d(\min)} \right] \left[\frac{\gamma_d(\max)}{\gamma_d} \right] \quad (14)$$

(برای رابطه بالا از رابطه ۱۲ یعنی $\gamma_d = \frac{G_s \gamma_w}{1 + e}$ استفاده می‌شود.)

مثال: نمونه‌ای از یک خاک رس اشباع در داخل ظرفی قرار داده شده، معادن موجود در آن ۶۸٪ است. خاک رس همراه با ظرفش مدت ۲۴ ساعت در داخل کوره‌خانه با دمای ۵۰°C قرار داده می‌شود و وزن آن به مقدار ثابت ۵۸۰ گرامه می‌شود. وزن ظرف برابر ۱۸۰ است. اگر $G_s = 2.7$ باشد. مطلوب است: الف) رطوبت. ب) نسبت تخلخل. ج) وزن مخصوص مرطوب. د) وزن مخصوص خشک. ه) وزن مخصوص مؤثر.

$$\left. \begin{array}{l} S = 1 \rightarrow \text{خاک اشباع} \\ 68\% = \text{وزن ظرف} + \text{وزن نمونه} \\ 580 = \text{وزن خاک} + \text{وزن ظرف} \end{array} \right\} \rightarrow \begin{array}{l} W_w = 580 - 180 = 400 \\ W_s = 580 - 400 = 180 \end{array}$$

رطوبت (الف) $w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 = \frac{400}{180} \times 100 = 222.2\%$

نسبت تخلخل (ب) $e = \frac{w G_s}{S} = \frac{0.222 \times 2.7}{1} = 0.6$

وزن مخصوص اشباع (ج) $\gamma_{sat} = \left(\frac{G_s + e}{1 + e} \right) \gamma_w = \left(\frac{2.7 + 0.6}{1 + 0.6} \right) \times 9.8 = 19.17 \text{ kN/m}^3$

وزن مخصوص خشک (د) $\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \left(\frac{G_s}{1 + e} \right) \gamma_w = \frac{2.7}{1 + 0.6} \times 9.8 = 15.8 \text{ kN/m}^3$
یا $\gamma_d = \frac{\gamma_{sat}}{1 + e} = \frac{19.17}{1 + 0.6} = 15.8 \text{ kN/m}^3$

وزن مخصوص مؤثر (ه) $\gamma' = \left(\frac{G_s - 1}{1 + e} \right) \gamma_w = \left(\frac{2.7 - 1}{1 + 0.6} \right) \times 9.8 = 9.9 \text{ kN/m}^3$

یا $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 19.17 - 9.8 = 9.37 \text{ kN/m}^3$

(ناله ۶۹ این را به یاد داشته باشید.)

کتاب صفحه ۲۹ - ۳۰ - ۳۱ مبحث دوم

مثال ۶: ۱۷ درصد از یک خاک رس اشباع در داخل ظرفی قرار داده شده و وزن آن ۶۸٪ است. خاک رس همراه با ظرفش مدت ۲۴ ساعت در داخل کوره‌خانه با دمای ۵۰°C قرار داده می‌شود و وزن آن به مقدار ثابت ۵۸۰ گرامه می‌شود. وزن ظرف برابر ۱۸۰ است. اگر $G_s = 2.7$ باشد. مطلوب است: الف) رطوبت. ب) نسبت تخلخل. ج) وزن مخصوص مرطوب. د) وزن مخصوص خشک. ه) وزن مخصوص مؤثر.

Subject: _____

Year. _____ Month. _____ Date. _____ ()

✓ تمرین: به خاک خشک آب افزوده می شود و در قالی با انگشت 900 cm^3 جای می نهد. شانه چوبی خاک (e) را به دست آورید. $G_s = 2.7$

$$W_s = 1500 \text{ gr}$$

$$V = 900 \text{ cm}^3$$

$$G_s = 2.7$$

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

$$\gamma_d = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1+e} \Rightarrow \frac{W_s}{V} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1+e}$$

$$\frac{1500}{900} = \frac{2.7 \times 1}{1+e}$$

$$e = 0.62$$

✓ تمرین: از خاک اشیایی نمونه ای با حجم 400 cm^3 و فراهم شده و چگالی دانه های آن 2.7 به دست آورده شده است. γ_d آن را پیدا کنید.

$$W = 850 \text{ gr}$$

$$V = 400 \text{ cm}^3$$

$$G_s = 2.7$$

$$\gamma_d = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1+e}$$

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

$$\gamma_{sat} = \frac{G_s + e}{1+e} \gamma_w \Rightarrow \frac{W}{V} = \frac{G_s + e}{1+e}$$

$$\frac{850}{400} = \frac{2.7 + e}{1+e}$$

$$\Rightarrow e = 0.51$$

$$\gamma_w = 1.0 \rightarrow \gamma_w = 1 \text{ gr}$$

$$14 \quad \gamma_d = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1+e} = \frac{2.7 \times 1}{1+0.51}$$

$$\gamma_d = 1.78 \text{ gr/cm}^3$$

تمرین: رطوبت خاک اشباعی 160 درصد و چگالی دانه‌های آن 2.7 است
 γ_{sat} را پیدا کنید

$$S_r = 1$$

$$w = 160\% = 1.6$$

$$G_s = 2.7$$

$$\gamma_w = 10$$

$$S_r \cdot e = G_s \cdot w$$

$$1 \times e = 2.7 \times 1.6$$

$$e = 4.32$$

$$\gamma_{sat} = \left(\frac{G_s + e}{1 + e} \right) \gamma_w$$

$$= \left(\frac{2.7 + 4.32}{1 + 4.32} \right) \times 10 = 13.2$$

$$\gamma = \frac{G_s \gamma_w (1 + w)}{1 + e}$$

$$\gamma = \gamma_{sat}$$

تمرین: کلافه‌ای از خاک خشک که وزن آن 140 cm^3 است در درون ظرف مدرجی افزوده شده و حجم آن 100 cm^3 افزایش یافته است γ_{sat} را پیدا کنید

$$V_s = 100 \text{ cm}^3$$

$$V = 140 \text{ cm}^3$$

$$W_s = 265 \text{ gr}$$

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

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} = \frac{265}{100} = 2.65 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = \frac{2.65}{1} = 2.65 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_d = \frac{W}{V} = \frac{265}{140} = 1.89$$

$$\gamma_d = \frac{G_s \gamma_w}{1 + e} \Rightarrow \frac{2.65 \times 1}{1 + e} = 1.89 \Rightarrow e = 0.4 \quad e = 0.4$$

$$\gamma_{sat} = \frac{G_s + e}{1 + e} \gamma_w = \frac{2.65 + 0.4}{1 + 0.4} \times 1$$

مثال: مقدار است برای جابه‌ای از یک نوع خاک، خاکریزی اجرا شود و وزن مخصوص خشک $\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3$ استفاده گردد (مترآزم گردد) خاک رس از یک محل قرفته به محل خاکریزی توسط کامیون حمل خواهد شد، وزن مخصوص خاک در محل قرفته برای 17 kN/m^3 است و رطوبت آن 5 درصد می باشد، حجم خاک رس لازم از محل قرفته را برای هر مترمکعب خاکریزی به دست آورید. $G_s = 2.7$

$$\gamma_d = 17 \text{ kN/m}^3 \quad \text{خاک محل قرفته}$$

$$\gamma_d = 18 \text{ kN/m}^3 \quad \text{خاک خاکریزی}$$

$$w = 0.05$$

$$\gamma_d = \frac{17}{1+0.05} = 16.2 \text{ kN/m}^3$$

$$\frac{1}{16.2} = \frac{x}{18} \Rightarrow x = 1.11 \text{ m}^3$$

یک مترمکعب 16.2 خاک خشک دارد

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1+e_1}{1+e_2} \quad \text{روشی دوم}$$

$$\frac{\frac{V_{s1} + V_{v1}}{V_{s1}}}{\frac{V_{s2} + V_{v2}}{V_{s2}}} = \frac{V_{v1}}{V_{v2}}$$

$$\gamma_d = \frac{G_s}{1+e} \gamma_w \Rightarrow e = \frac{G_s \gamma_w}{\gamma_d} - 1$$

$$e_1 = \frac{2.7 \times 10}{16.2} - 1 = 0.633$$

$$e_2 = \frac{2.7 \times 10}{18} - 1 = 0.47$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1+0.633}{1+0.47} \quad V_2 = 1 \text{ m}^3 \quad V_1 = 1 \times \frac{1.633}{1.47} = 1.11 \text{ m}^3$$

- تقسیم انداز ذرات در خاکها :

توزیع اندازه ذرات در پاسخ خاک را در برابر بارها و جریان آب تأثیر می‌گذارد. در اینجا روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری ذرات در خاکها به کار می‌رود.

اندازه ذرات خاک را از طریق وزن

- اندازه ذرات در خاک را می‌توان به روش‌های مختلف (دانه‌سنجی)

هر الک به وسیله عدد مشخص می‌شود که تقریباً تعداد سوراخ‌های مربع شکل در مربع طولی که به آن اشاره دارد (شماره یا نماد الک).

ترتیب انجام :

۱- سنگ‌های الک که در بالای الک انداز دانه الک را در زیر آن می‌سوزاند (شماره الک بالایی عدد) و تمام دانه‌های الک را می‌سوزاند.

الک را به یک طرف تیر می‌زنند و می‌سوزاند.

۲- وزن مینی‌الک خاک خشک (خاک درشت دانه‌ها) و الک (الک فوقانی) را قرار داده می‌شود.

۳- مستقیم الک را در دایره‌ای (Shaker) قرار داده می‌شود و ارتعاش داده می‌شود.

۴- الک‌های بزرگ‌تر الک‌های کوچک‌تر و خاک باقی‌مانده در الک‌ها قرار می‌گیرد و در الک‌های بزرگ‌تر قرار می‌گیرد.

۵- نتایج حاصل می‌شود به صورت درصد ذرات ریزتر از الک معین (در هر دانه) به عنوان محدوده عرضی را

در برابر کلاس‌های ذرات به عنوان محور طولی در یک شکل زیر رسم می‌شود. چنانچه به این نمودار می‌گویند

معمولاً توزیع اندازه ذرات یا به طرز ساده‌تر فقط دانه‌های الک می‌شود.

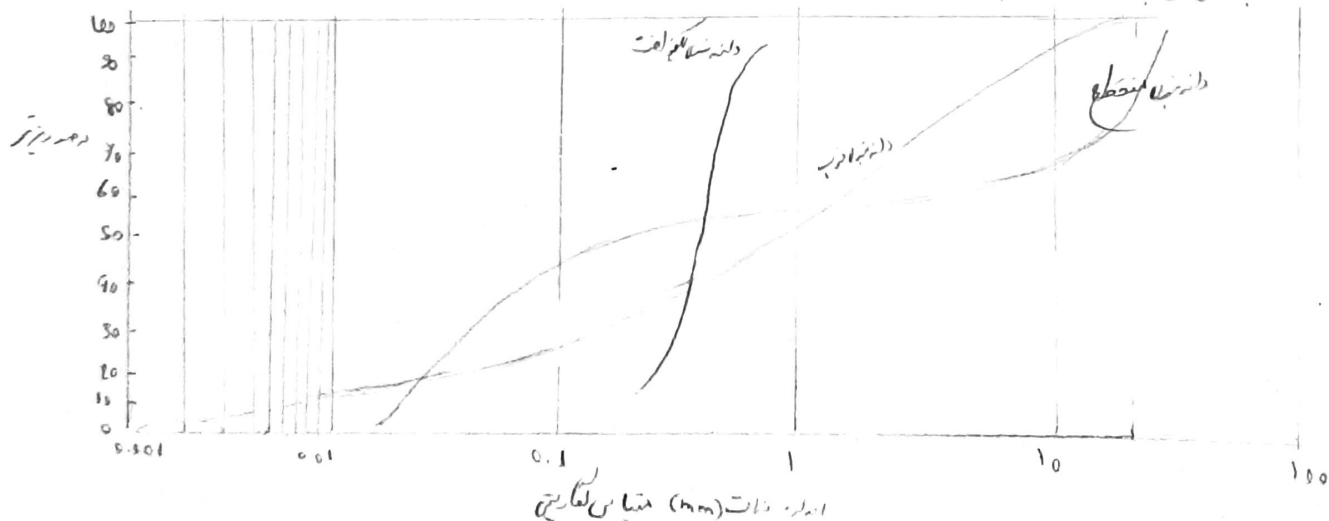
علت استفاده از میاس کلاسیک این است که ممکن است نسبت بزرگ‌ترین دانه به کوچک‌ترین دانه یک خاک بیشتر از ۱۰۰ باشد.

که به این نشان داده می‌شود و در یک نمودار دانه‌سنجی با این نسبت میاس کلاسیک استفاده می‌شود.

$$\text{مقدار } \frac{w_p}{w} = \text{درصد دانه الک نام}$$

$$(\text{درصد دانه الک نام}) = \frac{1}{\sum_{i=1}^n} - \text{مقدار درصد بزرگ‌تر از الک نام}$$

(به نمودار دانه‌سنجی می‌گویند که به این نام می‌شود)



اندازه الک (mm)	4~	3~	2~	1 1/2~	1~	3/4~	1/2~	3/8~	1/4~
اندازه الک (mm)	101.6	76.1	50.8	38.1	25.4	19	12.7	9.5	6.35

اندازه الک (mm)	No. 4	No. 8	No. 10	No. 20	No. 40	No. 50	No. 100	No. 200
اندازه الک (mm)	4.75	2.36	2	0.85	0.425	0.3	0.15	0.075

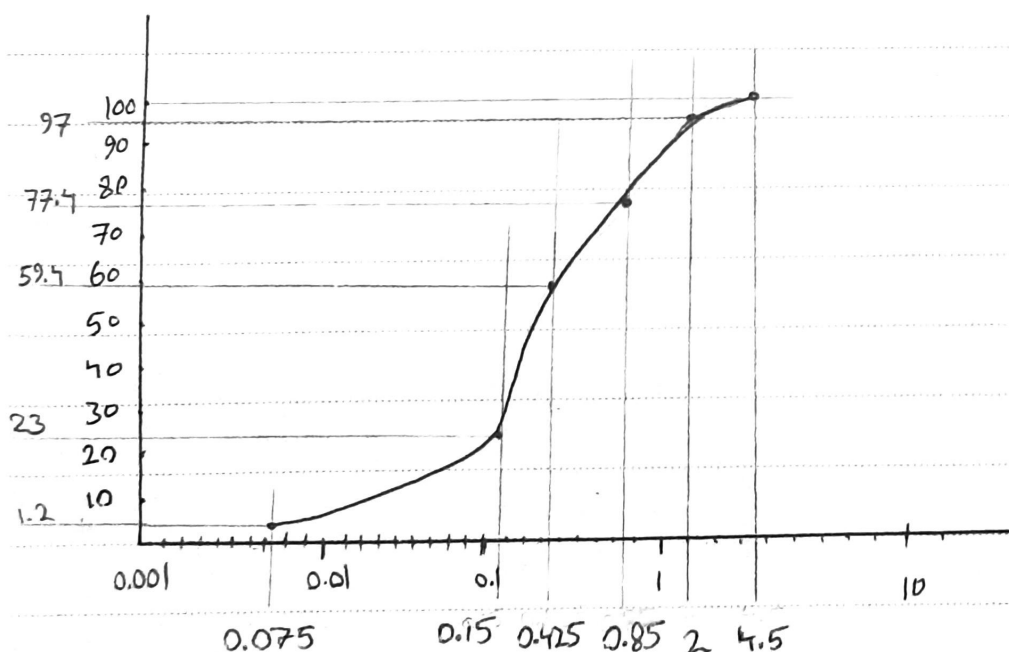
Subject:

Year. Month. Date. ()

مثال: یک نمونه از مصالح درشت دانه خشک به جرم 500g با استفاده از سون الکها زیراندازه شده و نتایج زیر به دست آمده است. مضافی دانه بندی را رسم کنید.

درصد ریزی	درصد مانده	$\frac{m_i}{M} \times 100$	حجم نمونه g	شماره الک	قطر الک
$100 - 0 = 100$	0 0+3	0	0	4	4.75
$100 - 3 = 97$	3 3+19.6	$19.6/499.7 = 3\%$	14.8	10	2
$100 - 22.6 = 77.4$	22.6 19.6+18	$19.6/499.7 = 19.6\%$	98	20	0.85
$100 - 40.6 = 59.4$	40.6 18+36.4	$36.4/499.7 = 18\%$	90.1	40	0.425
$100 - 77 = 23$	77 36.4+21.8	$21.8/499.7 = 21.8\%$	181.9	100	0.15
$100 - 98.8 = 1.2$	98.8 98.8+1.2	$1.2/499.7 = 1.2\%$	108.8	200	0.075
	100	$6.1/499.7 = 1.2$	6.1	سینی	

$$M = 499.7 \text{ gr}$$



۱- لندزه مؤثر (D_{10}) : قطری که در صدی همی دانه بندی مربوط به دانه عبوری هالت ، لندزه مؤثر نامیده میشود و با D_{10} نشان داده میشود.

۲- ضریب یکپارچگی: طبق رابطه زیر تعریف می شود: (coefficient of uniformity)

$$C_u = \frac{D_{50}}{D_{10}}$$

D50, قطر مربوط ۲، برآمد عبوری ۹، در عدد دورانی متغی وانه تغییر

۳- ضریب دانه بندی (یا ضریب خمیدگی یا ضریب تقعر) : طبق انجم ویر و گرت ۲۰۰۰
(Coefficient of gradation - Coefficient of curvature)
 D_{30} : مربوط به قطر عبوری ۳۰ درصد

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

سید ابوالخاکاوی عرب و فلسفہ میں استاد

شکل صحنه ۸ جزیره خالها خوب و مسطح و دگرخاست انسان ندارد.

تاریخ: ۲۸ - ۱۲ - ۱۴۰۲

الدائم نفوس له مؤلف: ركبر صفات ٢٠٠ - ٢٠١

Fuller (عبدالستار احمد آل)

- بعض حالات هائی موزلہ نہ بننا (طریقہ آخر) - غیر تکثیر یافتہ - نسبتاً -

- روش استخراج خاک و موزلہ نہ بننا و بہت آبدار موزلہ بننا

x فرمول دانه بندی توپر (معارف خودار طانه بندی توپر)

$$Pp_i = \sqrt{\frac{d_i}{D_{max}}} \times 100$$

Pp_i : درصد گزینده

d_i : قطر سوراخ (اندازه سوراخ)

D_{max} : قطر بزرگترین الک

یا راسمهای منحنیهای طانه بندی

الف) ضریب یکواضقی C_u

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

D_{60} : قطری که ۶۰ درصد از آن ریزتر هستند

D_{10} : قطری که ۱۰ درصد از آن ریزتر هستند که به آن اندازه موثر گفته می شود.

ب) ضریب دانه بندی (ضریب یکواضقی) C_c

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

$C_u \geq 6$, $1 \leq C_c \leq 3$ ماسه خوب دانه بندی شده

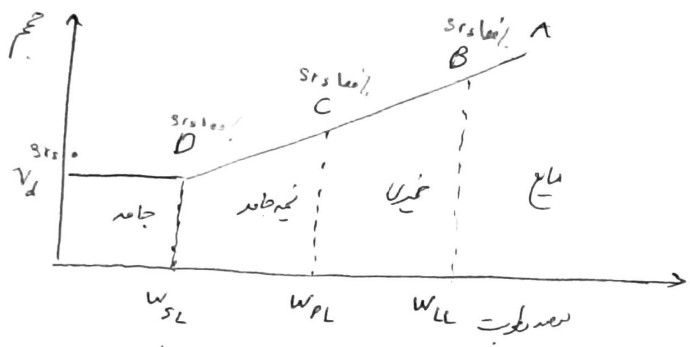
$C_u \geq 4$, $1 \leq C_c \leq 3$ شن خوب دانه بندی شده

محل پدید آمدن طغیان نیز خاک های درشت دانه اندک دانه ای گاهی هستند. اما برای طغیان نیز خاک های ریز دانه، نیاز به اطلاعات اضافی در رابطه با نیروهای سطحی و مقادیر کافی ما داریم.

ویسیت های فیزیکی و خواص اندکی خاک های ریز دانه:

تفاوت فیزیکی و مکانیکی، خاک های ریز دانه بسته به اندازه اش مربوط به چهار ویسیت عمده را ارتباط دارد:

- ۱- جامد
- ۲- نیمه جامد
- ۳- خمیر
- ۴- شل



تغییر حالت های خاک به عنوان تابعی از حجم خاک در لایه

شکل بالا نمودار تغییرات حجم خاک را در برابر رطوبت نشان می دهد. اگر خاک را در نقطه A فرض کنیم که حالت شل

جامد دارد. با خشک شدن رطوبت خاک حجم آن کاهش می یابد تا آنکه در نقطه B به اندازه ای می رسد که در شرایط جامد جریان پیدا می کند. که رطوبت مرزی در نقطه B به نام حد پلاستیسیته می شود و با w_{PL} نشان داده می شود.

با ادامه خشک شدن کاهش حجم می رسد و خاک سفت تر می شود و شکلی را می گیرد که تغییر در آن به سختی امکان پذیر است. با ادامه خشک شدن کاهش حجم می رسد و خاک سفت تر می شود و شکلی را می گیرد که تغییر در آن به سختی امکان پذیر است.

اما در ادامه به نقطه ای (نقطه C) می رسد که بدون ظاهر شدن ترک تا بل رطوبت می تواند تغییر شکل داد و حالت نیمه جامد تبدیل می شود. که به این رطوبت مرزی در نقطه C حد خمیری گفته می شود و با w_{PI} نشان داده می شود.

نقطه A طغیان رطوبت که خاک در آن فاصله به طور غیر قابل ملاحظه ای به نام اندیس پلاستیسیته (PI) گفته می شود و به صورت عدد تعریف می شود:

$$PI = w_{LL} - w_{PL}$$

با ادامه خشک شدن خاک به هر طریقی می رسد که در یک کاهش رطوبت تغییر حجم نمی دهد و به حالت جامد در می آید. زیرا تقریباً تمامی آب موجود در آن از بین رفته است. به طوری که خاک در حالت نیمه جامد به جامد تغییر می کند.

حد انقباض می گویند و با w_{SL} نشان داده می شود.

نکته: حد انقباض برای تعیین ظرفیت نسبی و انقباض خاک استفاده می شود.

+ حد پلاستیسیته و حد خمیری به حدود زیر برش که نام می یابند که آن (داشته شوند) نامیده می شوند.

نشان دهنده (LI) در یک میانبر مقادیری با استفاده از حدود زیر که سفتی نسبی خاک چسبته، رازد رطوبت طبیعی (Liquid Limit Index) بیان نمود:

$$LI = \frac{w - w_p}{w_{LL} - w_{PL}}$$

- اگر $LI < 0$: حالت نیم جامد - مقاومت زیاد، شکسته، شکست (ناگهانی) بدون انقباضات.
 اگر $0 < LI < 1$: حالت خمیری - مقاومت متوسط، خاک تغییر می دهد و تغییر شکل می دهد.
 اگر $LI > 1$: حالت روانی - مقاومت پایین، خاک تغییر می دهد و تغییر شکل می دهد.

نقابت (A) : برای خاک با باوراد کانی خاص، اندیس خمیری با مقدار سهم خاک رس، به طور خطی رابطه دارد.

$$A = \frac{PI}{\text{مقدار سهم خاک رس (وزن درصد)}} \quad \text{مقدار سهم خاک رس (وزن درصد)}$$

نکته: هر چه A بیشتر باشد خاک چسبندگی بیشتر خواهد داشت. آمار بیشتر از ۱۰۰ خواهد داد. در حالت خشک تمام مقدار مخلوط را مانند سنگ در نظر بگیرد. A در حدود ۱.۵ تا ۱.۰ است.

مقدار تغییرات در رطوبت و تغییرات در رطوبت.

برای کم $A < 0.7$
 برای متوسط $0.7 < A < 1.2$
 برای زیاد $A > 1.2$

نقابت حد روانی - حد خمیری و حد انقباض

حد روانی (روش جام گاز انبرنده) :

دستگاه گاز انبرنده شامل یک جام برنجی که در آن شکل است که به طور مکرر توسط یک مکانیزم از ارتفاع ۱۰ میلی

در یک پایه لاسکی سفت می افتد.

روش آزمائش : (مقدار تغییرات در رطوبت ۴ درصد ۲۵۰ گرم دانه ها) : (مقدار تغییرات در رطوبت ۰.۴۲۵)

- پودر خاک با آب معطر مخلوط شده و به شکل خمیر می آید.
 - مکرر دانه خاک با ضخامت حدود ۱۲.۵ میلی متر در داخل کاسه دستگاه

- ایجاد شکاف با استفاده از کارک مخصوص در خاک

- تنظیم دستگاه با سرعت و عدد دانه و شمارش فرات

- باطلات تعداد فرات لازم برای بستن شکاف طول ۱۲.۵ میلی متر خاک

- حد روانی رطوبتی است که در آن شکاف ایجاد شده رطوبت با ۲۵ درصد به طول ۱۲.۵ میلی متر شود.

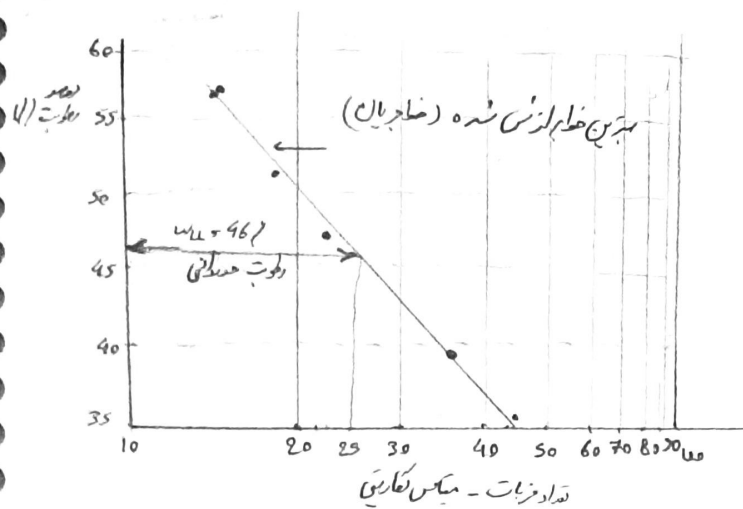
بنابراین حصول هدف باید آزمائش شکل است.

انجام ۶ آزمائش برای بالا و در رسم نیاج به سرعت و نوعی نیمه گساری که عدد عرضی رطوبت خاک

در محدوده طول تعدلات نهایی باسیاس گساری.

رسم بهترین خط مستقیم از نقاط موجود که خط برآیند نامیده می شود. (خط حالت روانی می باشد)

حد روانی رطوبت نظیر تعدلات ۲۵ درصد از میان نمودار ترسیم می باشد. (شکل صفحه بعد)



و البته تجربی با بالین حدشکلی (نامی برای آرایش):
 $LL \approx 0.121 \left(\frac{N}{2.5} \right)^{0.6}$

آرایش حدشکلی:

حدشکلی با بالین محدوده کوپلی لژل رس و تبدیل آن به قیلان مانند دایسید کردن درجه رطوبت
 قیلانی را با قطر تقریبی $2mm$ شروع به ترک برداشتن کند، پس می‌آورد، و حدشکلی دایسید پس شده و
 میانگین رطوبت به عنوان حدشکلی گزارش می‌شود.

حدشکلی - نمونه ۴۶ میونی برده (استار)

نمونه ۶۵ : نال ۶۷ و ۶۸ میونی برده

نمونه ۲۱-۲۰ : نال مایع علامت زده

Subject: _____

Year. _____ Month. _____ Date. _____ ()

مثال: یک آزمایشی حرارتی به وسیله جام کاساگرانده نتایج زیر را داده است حرارتی خاک دو بار اندازه گیری شده و نتایج 20.3 درصد و 20.8 درصد را به دست داده است

مطلوبست:

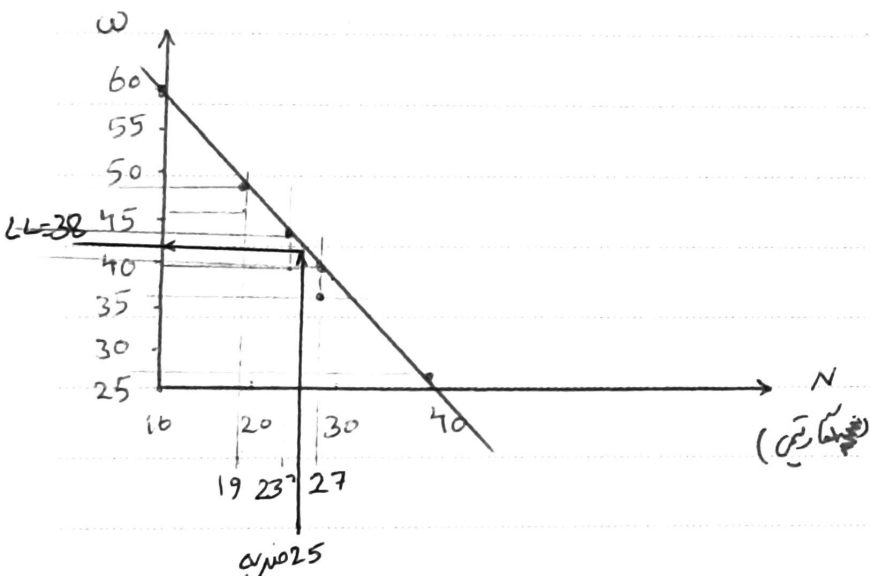
الف) حرارتی و حرارتی خاک

ب) نشانه خمیری

ج) نشانه روانی خاک در صورتی که رطوبت طبیعی آن 27.4 درصد باشد.

د) نسبت غلظل خاک در حرارتی خاک آتم $G_s = 2.7$ باشد.

تعداد ضربه	10	19	23	27	40
رطوبت	60%	45.2%	39.8%	36.5%	25.2%



$$\text{الف) } PL = \frac{20.3 + 20.8}{2} = 20.55$$

$$\text{ب) } PI = LL - PL \Rightarrow 38 - 20.55 = 17.45$$

$$\text{ج) } w = 27.4 \quad I_c = \frac{w - PL}{PI} = \frac{27.4 - 20.55}{17.45} = 0.39$$

$$\text{د) } e \cdot s' = G_s w \quad e = G_s \cdot LL = 2.7 \times 0.38 = 1.03$$



$$G_s = 2.67, \quad \gamma = 18 \text{ kN/m}^3 \quad \omega = (12 + N)\%$$

تمرین ۱ - برای خاکی اطلاعات زیر در دست است:

مطلوبست تعیین:

(الف) وزن مخصوص خشک خاک

(ب) نسبت تخلخل و پوکی

(ج) درجه اشباع

(د) وزن آبی که باید به یک متر مکعب از خاک اضافه شود تا خاک بصورت اشباع درآید؟ (وزن خاک بر حسب کیلو نیوتن)

تمرین ۲ - رطوبت خاک اشباعی ۱۵۰ درصد و چگالی دانه های جامد آن ۲.۶ است لا و γ_{sat} را پیدا کنید؟

تمرین ۳ - نتایج حاصل از آزمایش دانه بندی یک نمونه خاک با استفاده از سری الک استاندارد در جدول زیر ارائه شده است. نمودار دانه بندی خاک را ترسیم نموده و موارد خواسته شده را محاسبه نمایید.

(الف) D_{60} D_{30} D_{10}

(ب) ضریب یکنواختی C_u

(پ) ضریب انحنا C_c

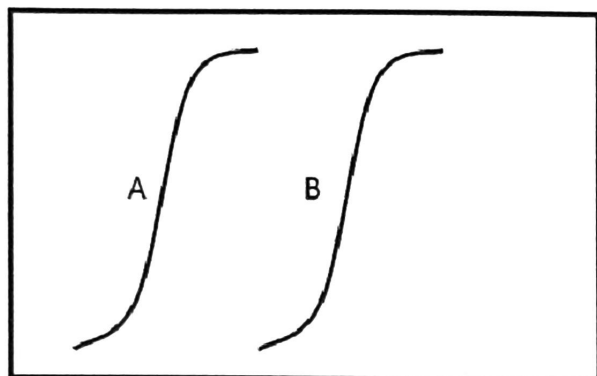
شماره الک #	هر روی مانده جرم الک (gr)
۴	۰
۱۰	۴۰
۲۰	۶۰
۴۰	۸۹
۶۰	۱۴۰-N
۸۰	۱۲۲+۲*N
۱۰۰	۲۱۰-N
۲۰۰	۵۶
سینی	۱۲

نکته: برای رسم نمودار دانه بندی از کاغذ شطرنجی پیوست تمرینات استفاده نمایید.

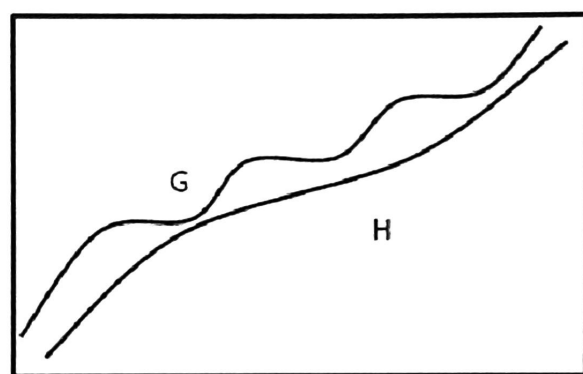
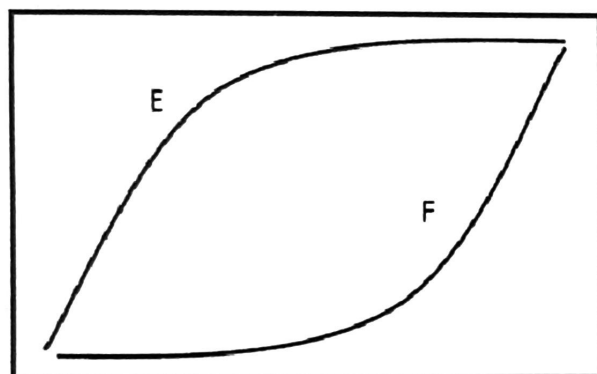
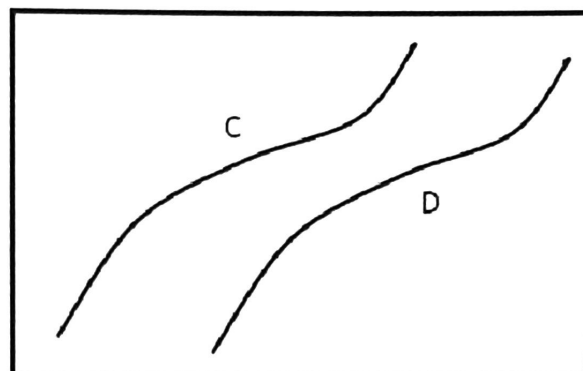


تمرین ۴- منحنی های زیر به طور کیفی نشان دهنده چه نوع خاک هایی هستند؟

درصد عبوری



قطر ذرات



توجه:

N- دو رقم آخر شماره دانشجویی می باشد.

- تمرینات سری دوم را بصورت منظم و مرتب حل کرده و تا مهلت تعیین شده تحویل نمایید.

- تمریناتی که بعد از مهلت تعیین شده ارائه گردند تحویل گرفته نخواهد شد و نمره ای منظور نمی شود.

طبقه بندی خاک

چنین طرح طبقه بندی خاک وجود دارد که هر کدام برای کاربردهای خاصی طراحی شده اند:

- انستیتو تکنولوژی ماساچوست (MIT)

- سازمان کشاورزی آمریکا (USDA)

- انجمن ادارات راه و ترابری آمریکا (American Association of State Highway and Transportation Officials) (AASHTO)

- سیستم طبقه بندی متحد (بینالمللی) (USCS)

که روشهای برگزیده در مهندسی عمران سیستم استوالت در خاکها را بر اساس کاربرد آنها در جاده ها طبقه بندی می کنند و سیستم طبقه بندی بر نیفاذ می باشد که ما اینجا بررسی می کنیم.

در این سیستم خاکها به دو طبقه بزرگ تقسیم می شوند:

۱- خاکهای درشت دانه: که مدعبری از آنک بزرگتر از (0.75 mm) ← و ذرات G لایه ها بزرگتر
کمتر از 50 درصد است ← ذرات S بزرگتر از 0.75 mm باشد.

۲- خاکهای ریز دانه: که مدعبری از آنک بزرگتر از 0.75 mm ← و ذرات G لایه ها بزرگتر
بیشتر از 50 درصد باشد. ← ذرات S بزرگتر از 0.75 mm باشد.
سیلیس (لایه) ← M رس غیر آبی
← C رس غیر آبی
← O لایه های رس لایه های آبی

- علامت برگزیده شده در حرف دوم طبقه بندی خاک:

W خوب و نامیده شده

P بد را نمی بیند

L خاصیت غیر کام (حد مایع کمتر از 50)

H خاصیت غیر لایه (حد مایع بیشتر از 50)

روش کار: ابتدا در نمودار 51 و 52 و جدول زیر در میان 52 میزنند و در

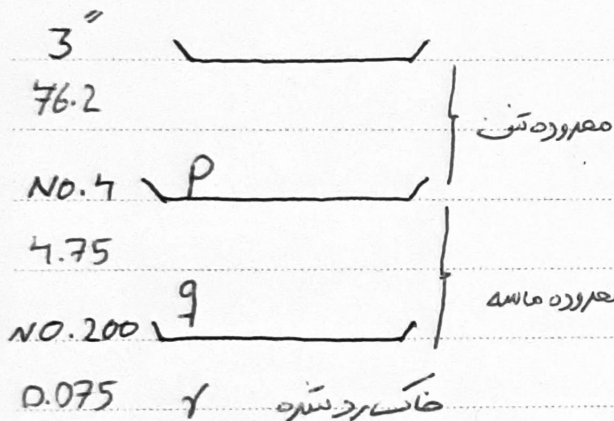
Subject:

Year. Month. Date. ()

رده بندی خاک ها (طبقه بندی خاک)

	Gravel شن	Sand ماسه	Silt سیلیت	Clay رس
ASTM	< 2 mm	2 ~ 0.06	0.06 ~ 0.002	> 0.002
USCS	7.62 ~ 4.75	4.75 ~ 0.075	> 0.075	> 0.075
AASHTO	7.62 ~ 2	2 ~ 0.075	0.075 ~ 0.002	> 0.002

سیستم طبقه بندی متحر USCS :



خاک رده شده از الک شماره 200 آنر
 $50\% > 4$ باشد خاک ماری دانه است
 آنر

$50\% < 4$ باشد خاک ماریشت دانه است

- $50\% < 4$ باشد خاک ماریشت دانه است در صورتی که $p > q$ باشد شن است و آنر
 $p < q$ باشد ماسه است

شن (G)

وقتی $5\% < 4$ باشد دو حالت اتفاق می افتد

اگر $3 \leq p < 6$ و $5 \geq c$ باشد خوب دانه بندی شده است و با G نشان می دهیم

اگر شرایطی قرار نگیرد بدانه بندی شده است و با P نشان می دهیم

— وقتی $12 > \gamma$ باشد حالت‌های زیر را داریم :

- اگر درصد حسیله بیشتر از رسی باشد γ نشان می‌دهیم GM
- اگر درصد رسی بیشتر از سیله باشد γ نشان می‌دهیم GC
- اگر درصد رسی و سیله برابر باشد γ نشان می‌دهیم $CC-GM$

— وقتی $5 \leq \gamma \leq 12$ باشد حالت‌های زیر را داریم :

- $GW-GM$: خوب دانه بندی شده و درصد حسیله بیشتر از رسی است
- $GW-GC$: خوب دانه بندی شده و درصد رسی بیشتر از سیله است
- $GP-GM$: بد دانه بندی شده و درصد حسیله بیشتر از رسی است
- $GP-GC$: بد دانه بندی شده و درصد رسی بیشتر از سیله است

ماسه (S)

— اگر $5 < \gamma$ باشد حالت‌های زیر را داریم :

$\left. \begin{array}{l} 1 \leq e_c \leq 3 \\ c_u > 6 \end{array} \right\} \Rightarrow$ اگر مقدار باشد خوب — دانه بندی شده و با $5 < \gamma$ و اگر مقدار نباشد بد دانه بندی شده و SP

— اگر $12 > \gamma$ باشد حالت‌های زیر را داریم :

- اگر درصد حسیله از رسی بیشتر باشد SM
- اگر درصد رسی از سیله بیشتر باشد SC
- اگر درصد رسی و سیله با هم برابر باشند $SC-SM$

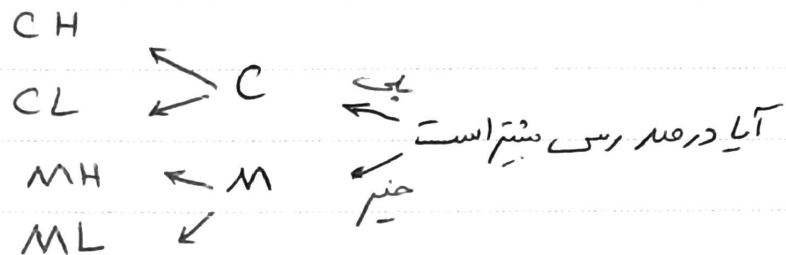
— وقتی $5 \leq \gamma \leq 12$ باشد حالت‌های زیر را داریم :

- $SW-SM$: خوب دانه بندی شده و درصد حسیله بیشتر از رسی است
- $SW-SC$: خوب دانه بندی شده و درصد رسی بیشتر از سیله است
- $SP-SM$: بد دانه بندی شده و درصد حسیله بیشتر از رسی است
- $SP-SC$: بد دانه بندی شده و درصد رسی بیشتر از سیله است

طبقه بندی متد: آنگ خاکها بریزدانه باشد:

بزرگانه $y > 50$ آنگ $0.75 < \frac{\text{وزن خاک خشک شده در ۳۰ ثانیه}}{\text{وزن خاک خشک در حالت عادی}}$ ، خاک آلی (کشاورزی) و ب

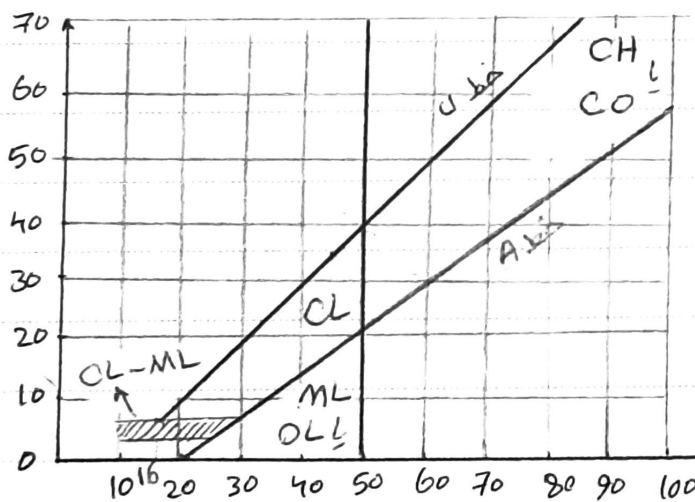
۵ نشان می دهیم وای خاک به درد مهندسی نمی خورد.



$\begin{matrix} H \\ L \end{matrix}$

آب در صد رسی بیشتر است \nearrow ب
 خنجر \nwarrow

نشان خنجر (PI)



$$pI = 0.9(LL - 8) \text{ خط A}$$

$$pI = 0.73(LL - 20) \text{ خط B}$$

آب در صد رسی (LL)

خنجر خنجر

Subject: _____

Year. _____ Month. _____ Date. _____ ()

مثال: رده بندی خاک با مشخصات زیر را با استفاده از روش متحد پیدا کنید.

درصد رد شده از الک شماره 4 ، 100٪

درصد رد شده از الک شماره 200 ، 8٪

$$D_{60} = 0.135 \text{ mm}$$

$$D_{30} = 0.12 \text{ mm}$$

$$D_{10} = 0.085$$

$$PI = 8\%$$

$$LL = 30\%$$

$$PP_{No.4} = 100\%$$

$$PP_{No.200} = 8\%$$

$$\begin{array}{l} 3'' \\ \hline No.4 \quad \quad \quad p=0 \\ \hline No.200 \quad \quad \quad q=92 \\ \hline \quad \quad \quad r=8 \end{array}$$

نوع خاک مناسبه (S) است چون $12 \geq r=8 \geq 5$ و

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.135}{0.085} = 1.58 < 6$$

حد دانه بندی شده است چون $1.58 < 6$ (I)

و از روی نمودار چنبری شکل صفحه قبل داریم:

$$PI = 0.73(LL - 20)$$

$$PI = 0.73(30 - 20) = 7.3 < 8 \quad \text{رس دار} \quad (II)$$

28 \Rightarrow (I, II) sp, sc

Sunwood

تراکم خاک

تراکم یعنی خروج هوا از خاک تحت اثر سربار.

هدف از تراکم: کم کردن تخلخل خاک، یعنی کاهش فضای خالی بین ذرات آن

از تراکم خاک می توان در کارهای ساختمانی مثل موارد زیر بهره برد:

— ساخت بدنه بنرهای خاکی

— ساخت زیرسازی راه (راه آهن، فرودگاه و ...)

— ساخت دیوارهای خاک مسطح

با تراکم کردن خاک رخی از ویژگی های آن بهبود می یابد مانند:

— مقاومت برشی و مقاومت فشاری خاک، بیشتر می شود.

— نشست و لغزش کمتر می شود.

— نفوذ پذیری کم می شود.

— چگالی آن افزوده می شود.

روش انجام آزمایش تراکم

حدود 950 cm^3 از خاک مورد آزمایش که از الک نمره 4 گذرانده شده است را انتخاب کرده و مقداری رطوبت به آن اضافه کرده، سپس در سه لایه و هر لایه با 25 ضربه چکش 5.5 پوند (2.5 کیلوگرم) در قالب جای می گیرد، سپس وزن آن را اندازه گیری کرده و پس از در آوردن خاک، از قالب نمونه کوچکی از آن را جدا کرده، با استفاده از آزمایش تعیین درصد رطوبت، مقدار رطوبت خاک تعیین می گردد.

با در دست داشتن وزن خاک قالب، و حجم قالب استاندارد 950 cm^3 یا 943.3 cm^3 و لا خاک، تعیین شده و با در دست داشتن رطوبت خاک، با استفاده از فرمول زیر لا خاک را محاسبه می کنیم.

Subject:

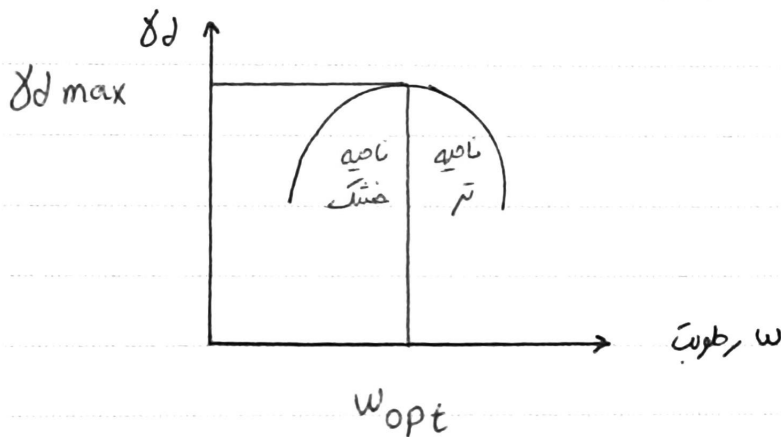
Year. Month. Date. ()

$$\gamma = \frac{w}{v} \rightarrow \gamma_d = \frac{\gamma}{1+w}$$

آزمایش را مجدداً با افزایش رطوبت خاک، تکرار کرده، مثل قبل w و γ_d خاک را به دست می آوریم، این آزمایش چند بار تکرار می شود تا در نهایت با افزایش رطوبت خاک γ_d افزایش پیدا نکند پس از پایان آزمایش نمودار γ_d در مقابل w رسم می شود

رطوبت بهینه (w_{opt}) :

در صد رطوبتی است که از روی نمودار تراکم، بیشترین مقدار γ_d را به دست می دهد و خاک بیشترین حالت تراکم را خواهد داشت.



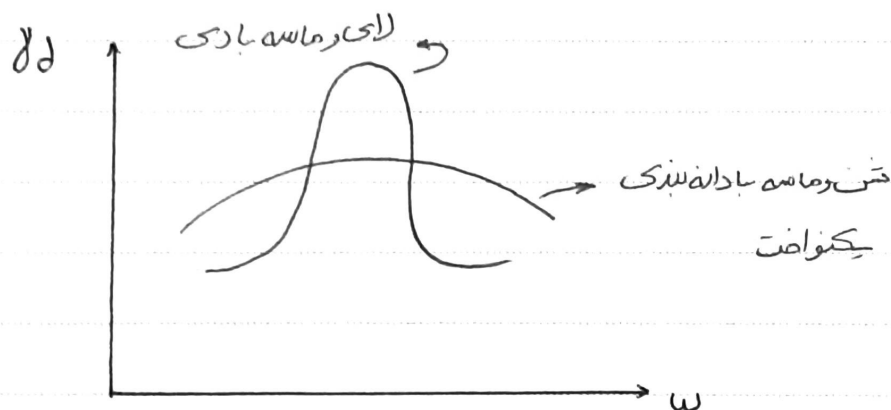
فرمول حساب کردن خاک

میزان انرژی به کار رفته برای تراکم حجم خاک = $\frac{\text{تعداد ضربه} \times \text{ارتفاع سقوط} \times \text{وزن چکش} \times \text{تعداد لایه}}{\text{حجم قالب}}$

$$\text{میزان انرژی برای تراکم} = \frac{\text{تعداد ضربه} \times \text{ارتفاع سقوط} \times \text{وزن چکش} \times \text{تعداد لایه}}{\text{حجم قالب}} = \frac{25 \times 18 \times 5 \times 10}{3 \times 5.5 \times 12 \times 25} = 4.54$$

Subject: _____

Year: _____ Month: _____ Date: _____ ()



$$\uparrow \delta d = \frac{w}{v \downarrow}$$

 w : وزن خاک

$$v_s + v_a + v_w = v$$

$$\delta d = \frac{G_s \delta w}{1 + e} = \frac{G_s \delta w}{1 + \frac{w G_s}{s_r}}$$

هر چه مقدار G_s بزرگتر باشد $\frac{w G_s}{s_r}$ کوچکتر خواهد بود، در نتیجه δd بیشتر می خواهد بود

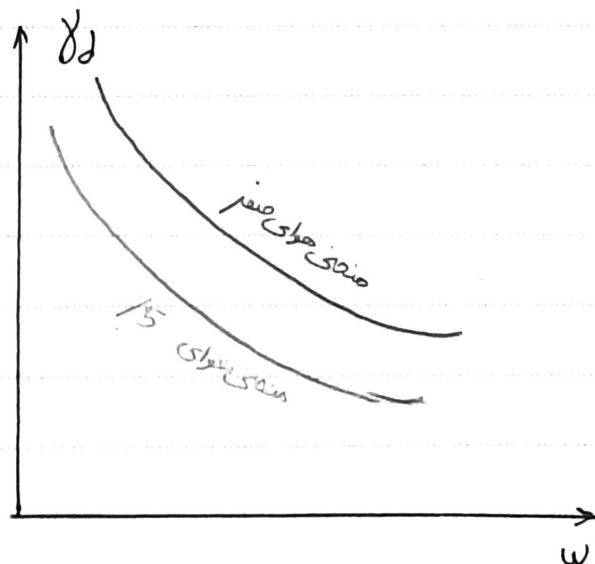
$$s_r = 1 \longrightarrow \delta d = \max$$

مقدار در صد هوا $A = \frac{v_a}{v_r}$

$$\delta d = \frac{G_s (1 - A)}{1 + w \cdot G_s} \cdot \delta w$$

اگر در صد هوا صفر باشد $\delta d = \frac{G_s \cdot \delta w}{1 + w \cdot G_s}$

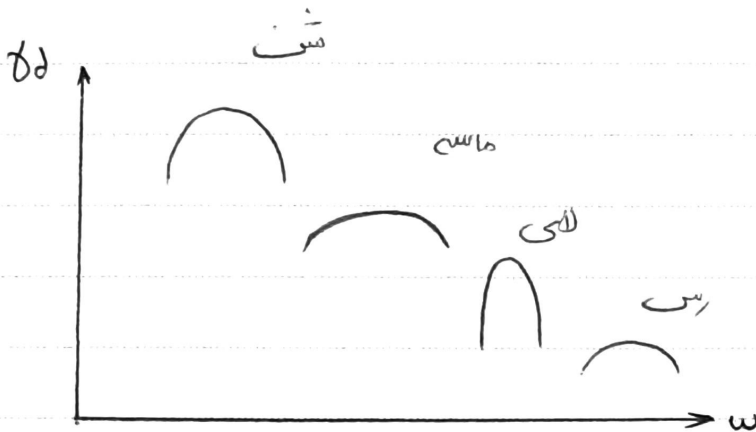
اگر در صد هوا 5٪ باشد $\delta d = \frac{0.95 G_s \cdot \delta w}{1 + w \cdot G_s}$



درصد تراکم
 R_c نشان می‌دهد و

$$R_c = \frac{\delta_d}{\delta_{d \max}} \times 100$$

کامپا آزمایشگاه



مثال: داده‌های زیر از آزمایش تراکم خاک به دست آمده‌اند. اگر نتایجش قالب 973 cm^3 و چگالی دانه‌ها 2.65 باشد خواصه می‌شود:

الف) مقدار w و δ_d

ب) منحنی اشباع 95% و 100%

ج) اندازه‌گیری رطوبت بهینه و $\delta_{d \max}$ از روی نمودار

د) درصد اشباع خاک در رطوبت بهینه

Subject: _____

Year: _____ Month: _____ Date: _____ ()

مردود جفوا (استباع)

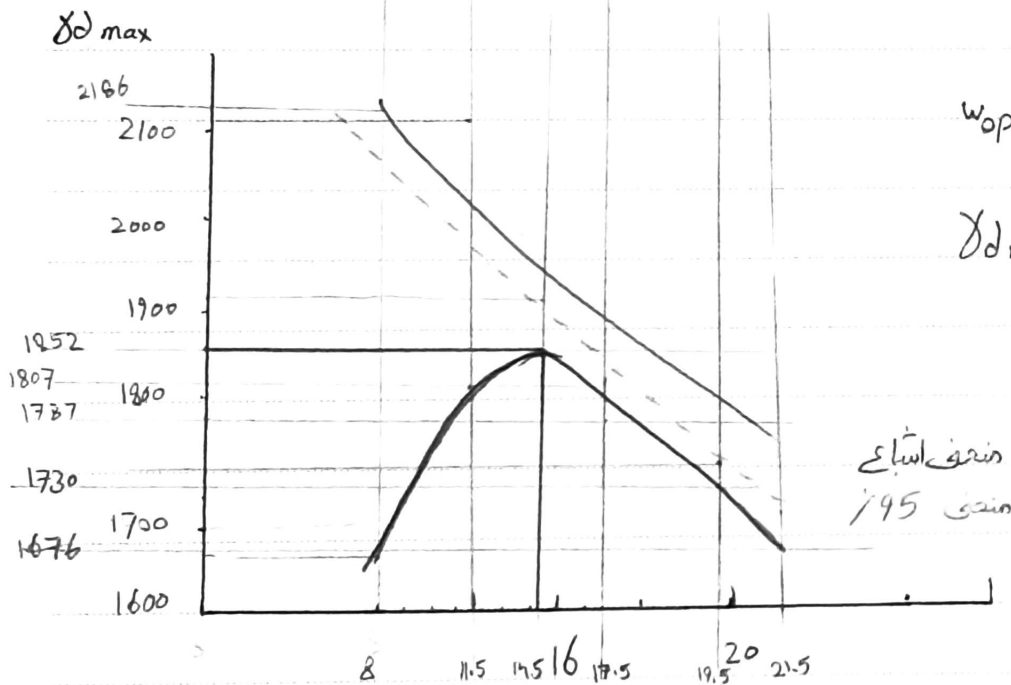
(1/95)

w	w_{kg}	$\gamma = \frac{w}{V} \text{ kg/m}^3$	$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w}$	$\gamma_d = \frac{G_s \gamma_w}{1+w \cdot G_s}$	$\gamma_d = \frac{G_s \gamma_w}{1 + (w \cdot G_s) / 0.75}$
0.08	1.7	1803	1669	2186	2166
0.115	1.9	2015	1807	2031	2006
0.145	2	2121	1852	1914	1887
0.175	1.98	2100	1787	1810	1721
0.195	1.95	2068	1730	1747	1716
0.215	1.92	2036	1676	1688	1656

$$\gamma = \frac{w}{V} = \frac{1.7}{943 \times 10^{-6}} = 1803$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w} = \frac{1803}{1+0.08} = 1669$$

$$w = 0.08 \times 100 = 8, \dots$$



$$w_{opt} = 14.5\%$$

$$\gamma_{dmax} = 1852$$

مردود استباع
مردود 1/95

w%

$$\gamma_d = \frac{G_s \gamma_w}{1 + \frac{G_s w}{sr}}$$

$$1852 = \frac{2.56 \times 1000}{1 + \left(\frac{2.56 \times 0.145}{sr} \right)}$$

$$sr = 89\%$$

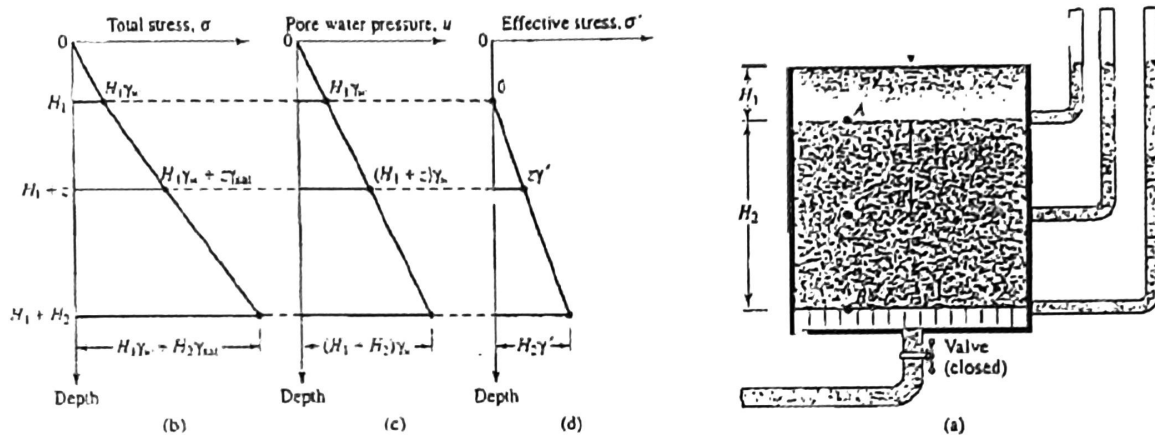
33

Sunwood

شکل ۲-۵-الف، یک لایه خاک اشباع را در داخل یک مخزن بدون هرگونه نشت نشان می دهد. در اشکال ۲-۵-ب، پ و ت، نمودارهای تغییرات تنش کل، فشار حفره ای و تنش موثر در ارتفاع خاک نشان داده شده است.

مفهوم تنش موثر (رابطه ۲-۵) اول بار توسط ترزاقی (در حدود سال های ۱۹۲۵ تا ۱۹۳۶) معرفی شد. اسکمپتون (۱۹۶۰) کار ترزاقی را ادامه داد و رابطه ای برای ارتباط تنش کل و تنش موثر پیشنهاد نمود.

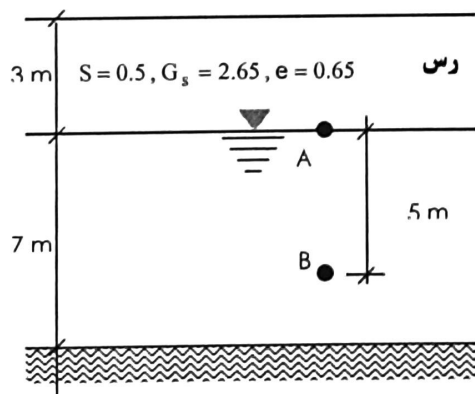
به طور خلاصه، تنش موثر تقریباً نیرو بر واحد سطح حمل شده توسط اسکلت خاک می باشد. در یک توده خاک، تنش موثر است که تغییرات حجم و مقاومت را کنترل می کند. تنش موثر بزرگتر، باعث تراکم و تبدیل خاک به یک توده متراکم تر و کم حجم تر می شود.



شکل ۲-۵ (الف) یک لایه خاک درون مخزن بدون هرگونه نشت، (ب) نمودار تغییرات تنش کل، (پ) نمودار تغییرات فشار حفره ای و (ت) نمودار تنش موثر

مثال:

در نیمرخ خاک رس نشان داده شده در شکل، مطلوب است محاسبه تنش کل، تنش حفره ای و تنش موثر در نقاط A و B. $\gamma_w = 10 \text{ N/m}^3$



حل مسئله:



$$\gamma = \left(\frac{G_s + S \cdot e}{1 + e} \right) \times \gamma_w = \frac{2.65 + 0.5 \times 0.65}{1 + 0.65} \times 10 = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = \left(\frac{G_s + e}{1 + e} \right) \times \gamma_w = \frac{2.65 + 0.65}{1 + 0.65} \times 10 = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\sigma_A = 3 \times 18 = 54 \text{ kPa}$$

$$\sigma_B = 3 \times 18 + 5 \times 20 = 154 \text{ kPa}$$

$$u_A = 0$$

$$u_B = 5 \times 10 = 50 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_A = 54 - 0 = 54 \text{ kPa}$$

$$\sigma'_B = 154 - 54 = 100 \text{ kPa}$$

مثال: 

در نیمرخ خاک نشان داده شده در شکل زیر مقادیر تنش های کل σ ، فشار حفره ای و تنش های موثر σ' را در نقاط A، B، C و D محاسبه نموده و تغییرات مقادیر فوق را در عمق ترسیم نمایید.

حل مسئله: 

$$\sigma_A = 0, u_A = 0$$

$$\sigma_B = 16 \times 2.7 = 43.2 \text{ kPa}$$

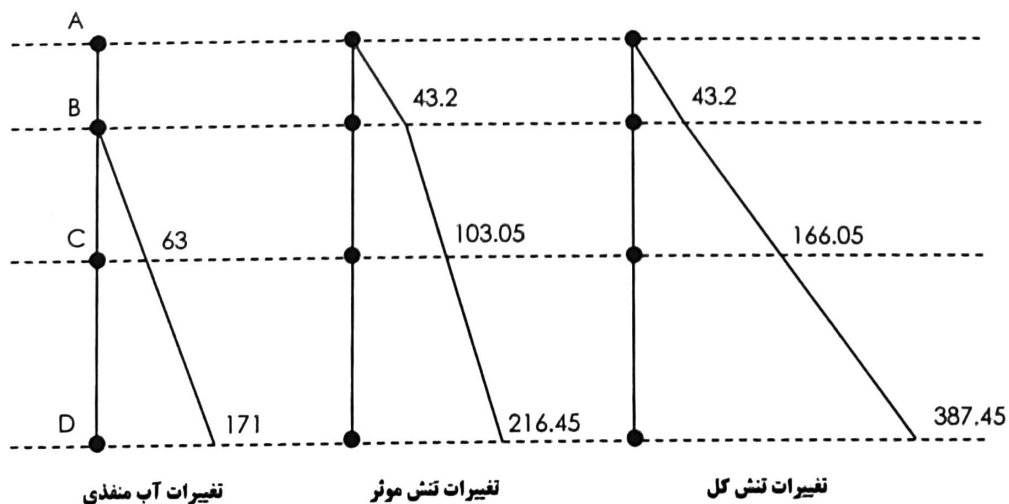
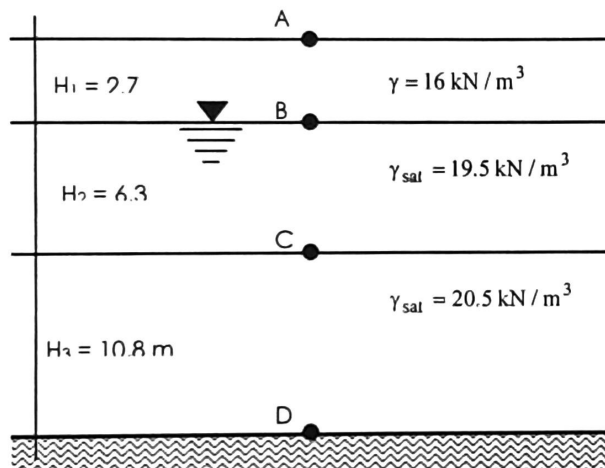
$$u_B = 0 \rightarrow \sigma'_B = 43.2 \text{ kPa}$$

$$\sigma_C = 16 \times 2.7 + 6.3 \times 19.5 = 166.05 \text{ kPa}$$

$$u_C = 6.3 \times 10 = 63 \text{ kPa} \rightarrow \sigma'_C = \sigma_C - u_C = 166.05 - 63 = 103.05 \text{ kPa}$$

$$\sigma_D = 16 \times 2.7 + 19.5 \times 6.3 + 20.5 \times 10.8 = 387.45 \text{ kPa}$$

$$u_D = 17.1 \times 10 = 171 \text{ kPa} \rightarrow \sigma'_D = \sigma_D - u_D = 387.45 - 171 = 216.45 \text{ kPa}$$



نکته: !

در لایه هایی که نفوذپذیری آن ها خیلی کم است (نظیر لایه رس)، تغییر سطح آب پس از مدتی طولانی بر لایه مورد نظر اثر می گذارد و فشار آنرا تغییر می دهد و بلافاصله پس از تغییر سطح آب اثری بر لایه نفوذناپذیر ندارد.

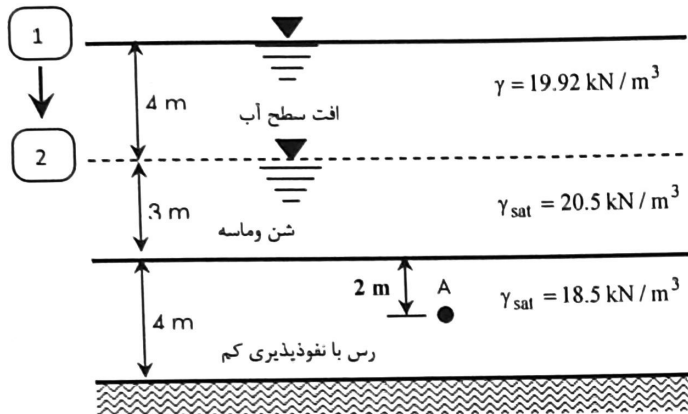
مثال:

در زمینی به شکل زیر، سطح آب ۴ متر پایین آورده می شود، مطلوب است:

(الف) تعیین مقدار تنش موثر در نقطه A، قبل از افت سطح آب.

(ب) تعیین مقدار تنش موثر در نقطه A بلافاصله بعد از افت سطح آب.

(ج) تعیین تنش موثر در نقطه A، مدت مدیدی بعد از افت سطح آب.



حل مسئله:

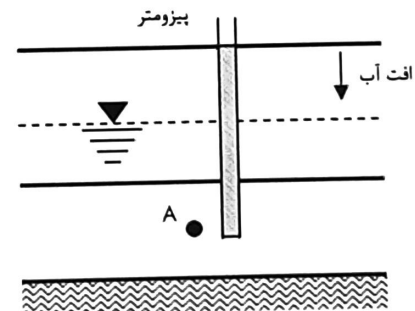
قسمت (الف)

$$\sigma_A = 4 \times 19.92 + 3 \times 20.5 + 2 \times 18.5 = 180.5 \text{ kN/m}^2$$

$$u_A = 9 \times 10 = 90 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_A = \sigma_A - u_A = 180.5 - 90 = 90.5 \text{ kN/m}^2$$

قسمت (ب) افت آب در مدت زمانی کوتاه بر لایه رس اثر نمی گذارد و فشار آن را تغییر نخواهد داد.

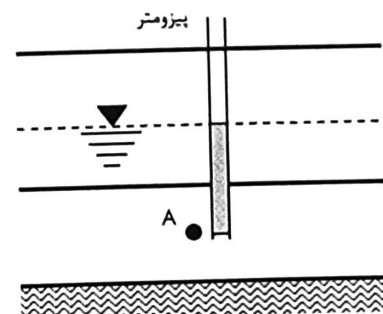


$$\sigma_A = 4 \times 19.92 + 3 \times 20.5 + 2 \times 18.5 = 178.18 \text{ kN/m}^2$$

$$u_A = 9 \times 10 = 90 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_A = 178.18 - 90 = 88.18 \text{ kN/m}^2$$

قسمت (ج) افت آب پس از گذشت مدت مدیدی بر لایه رس اثر می گذارد و فشار آن را تغییر خواهد داد.



$$\sigma_A = 4 \times 19.92 + 3 \times 20.5 + 2 \times 18.5 = 178.18 \text{ kN/m}^2$$

$$u_A = 5 \times 10 = 50 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma'_A = 178.18 - 50 = 128.18 \text{ kN/m}^2$$