«مكانيك خاك»

رشته زمين شناسي

نام منبع درسي

مكانيك خاك

نام مؤلف

سيد محمود فاطمی عقداء ، انتشارات دانشگاه پيام نور 1382

تهيه كننده

حسن اسدي‌نيا

(عضو هيأت علمي گروه زمين شناسي مركز ساوه)

جایگاه درس

مکانیک خاک از دروس اختیاری دوره کارشناسی زمین شناسی رشته های محض و کاربردی است و 2 واحد نظري مي‌باشد.

طرح درس

کلیات:

- آشنایی با اصول مکانیک خاک
- شناخت ویژگیهای فیزیکی .مکانیکی خاک
- فراگیری ویژگی شکل پذیری خاکها و تغییر رفتار آنها
- شناخت و آگاهی از ساختمان خاکها

طرح درس

کلیات:

- طبقه بندی نمودن خاکها
- آگاهی از چگونگی پدیده تحکیم و نشست خاکها
- آشنایی با مقاومت و تاب آوری خاک
- آشنایی و فراگرفتن کارهای عملی مکانیک خاک

فصل اول:

ويژگيهاي فيزيكي و مكانيكي خاك‌ها

حسن اسدی‌نیا عضو هیأت علمی گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور

هدف کلي

- آشنایی با ویژگیهای حجمی و وزنی خاکها و چگونگی ارتباط این پارامترها با یکدیگر

هدفهاي رفتاري

- تخلخل ، پوکی ، چگالی ، چگالی خشک ، درصد رطوبت ، درجه اشباع و ...)
- روابط حجمی و وزنی خاک
- مفهوم وزن مخصوص ذرت جامد خاک

1-1 كليات :

- تعريف خاك:
  - به مواد سست و ناپيوسته زمين خاك گفته مي‌شود.
- تعريف سنگ:
  - به مواد سخت و پيوسته زمين سنگ گفته مي شود.
- تعريف خاك از ديدگاه متخصص كشاورزي:
  - خاك ماده‌ايست كه گياه در آن رشد مي‌كند.

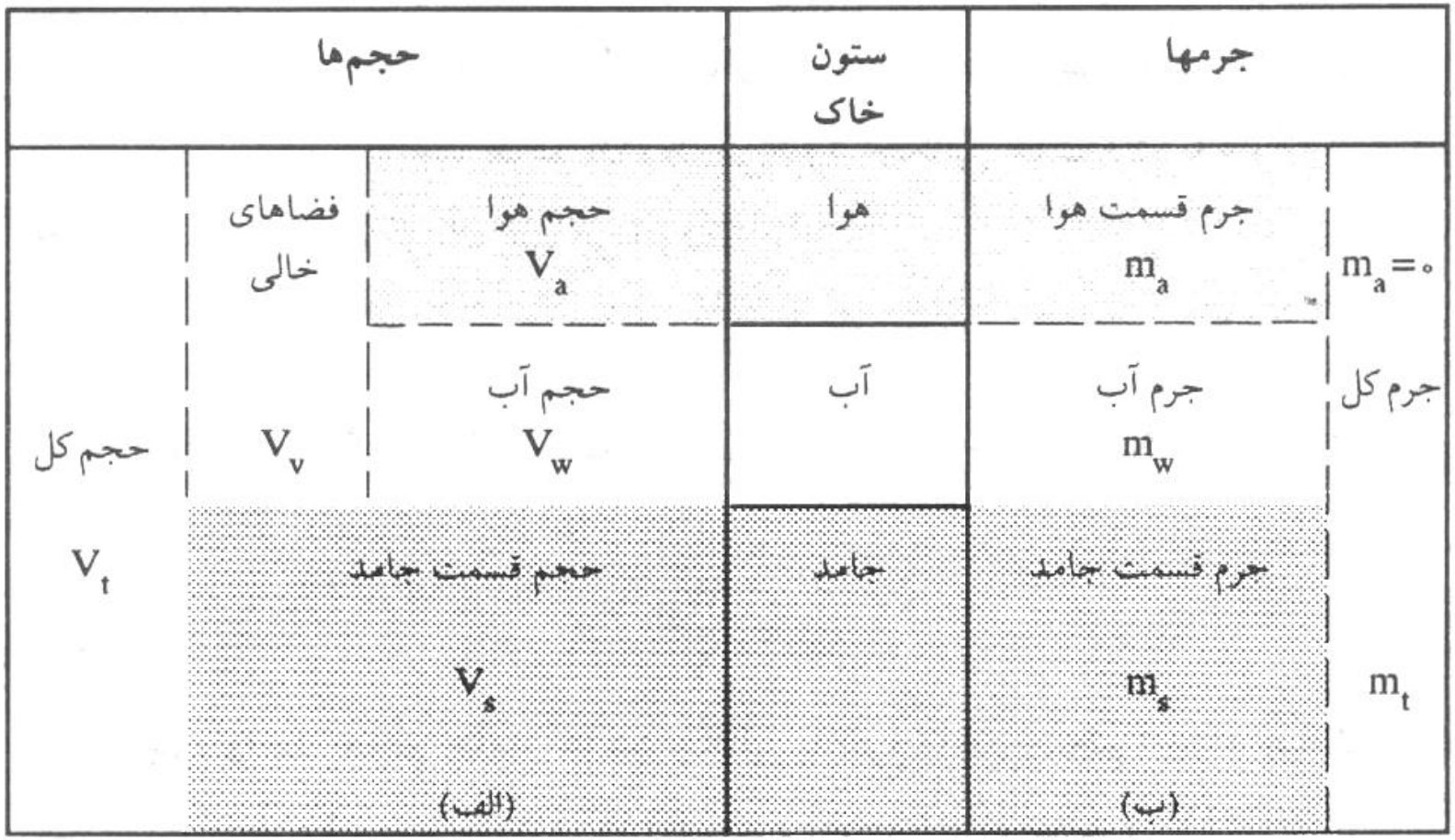
1-1 كليات :

- تعريف خاك از ديدگاه زمين شناسي:
  - مفهوم چنداني ندارد و به مواد سست و جدا از هم كه از تجزيه سنگها حاصل شده اطلاق مي‌گردد.
- تعريف خاك از ديدگاه مهندسي:
  - هر گونه مواد تحكيم نيافته‌اي كه از ذرات جامد مجزا از هم كه حفرات بين آنها از هوا و ساير مايعات پر شده است گفته مي‌شود.

2-1 خاک به عنوان سیستم سه فازی:

- توده خاک دارای سه جزء اصلی (ماده متشکله) است. ویژگی خاک بستگی دارد به :

  - درصد نسبی این مواد متشکله
  - روابط بین آنها
  - تغییر پذیری سایر عوامل



شکل ۱ـ۱ خاک به‌عنوان یک سیستم سه‌فازی

3-1 روابط جرمی:

- آب محتوی و جرمهای واحد حجم

1- آب محتوی W:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 10$$

درصد آب محتوی =

W_w = وزن آب

W_s = وزن ذرات جامد

3-1 روابط جرمی:

2- جرم واحد حجم توده خاک:

طبق رابطه زیر عبارت است از:

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

W = جرم کل نمونه

V = حجم نمونه

3-1 روابط جرمی:

3- چگالي خشك:

طبق رابطه زیر عبارت است از:

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

W_s = جرم ذرات جامد

V = حجم کل نمونه

3-1 روابط جرمی:

4- جرم واحد حجم جامد خاک:

طبق رابطه زیر عبارت است از:

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

V_s = حجم ذرات جامد

3-1 روابط جرمی:

5- چگالی اشباع:

طبق رابطه زیر عبارت است از:

$$\gamma_{sat} = \frac{W}{V}$$

W = جرم کل نمونه

V = حجم نمونه

3-1 روابط جرمی:

- چگالی غوطه‌ور:

طبق رابطه زیر عبارت است از:

$$\gamma' = \frac{(W_s)_{sub}}{V}$$

$(W_s)_{sub}$ = جرم غوطه ور اجزاء جامد خاک

(V)= حجم کل توده خاک

3-1 روابط جرمی:

نکته:

هنگامی که توده خاک غوطه ور می شود جرم اجزاء جامد خاک در نتیجه شناوری کاهش می یابد. بنابراین جرم غوطه ور (Ws)sub برابر است با جرم اجزاء جامد خاک در هوا منهای جرم آب جایگزین شده به وسیله اجزاء جامد. بنابراین چگالی غوطه ور یا جرم واحد حجم شناور عبارت است از:

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

که γ_w جرم واحد حجم آب است و در محاسبات براساس واحد متریک ، γ_w ، برابر 1 گرم بر سانتیمتر مکعب یا 1 تن بر مترمکعب انتخاب می شود.

3-1 روابط جرمی:

- گرانی ویژه:

عبارت است از نسبت ، جرم واحد حجم اجزاء جامد خاک به جرم واحد حجم آب

$$G = \gamma_s / \gamma_w$$

$$G_m = \gamma / \gamma_w$$

γ= جرم مخصوص ظاهری

4-1 روابط حجمي:

1- نسبت پوكي :

طبق رابطه زير عبارت است از:

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

V_v = حجم منافذ

V_s = حجم اجزاء جامد

4-1 روابط حجمي:

2- تخلخل:

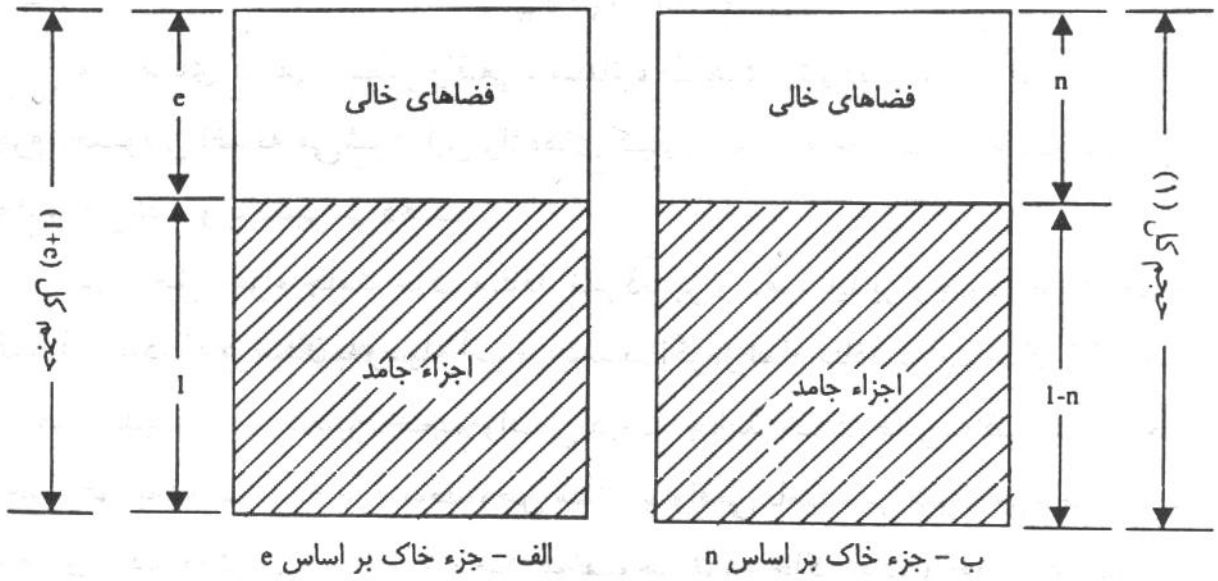
طبق رابطه زير عبارت است از:

$$n = \frac{V_v}{V} \times 10$$

4-1 روابط حجمي:

نکته:

نسبت پوکی (e) معمولاً به صورت نسبت و تخلخل (n) به صورت درصد بیان می شود. شکل 1-2 (الف)



الف – جزء خاک بر اساس e

ب – جزء خاک بر اساس n

شکل ۱-۲ نسبت پوکی و تخلخل

4-1 روابط حجمي:

- رابطه بين نسبت پوكی و تخلخل

$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{e}{1+e}$$

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{n}{1-n}$$

از تركيب دو معادله خواهيم داشت:

$$n = \frac{e}{1+e} = e(1-n) \quad \text{يا} \quad (1-n) = \frac{1}{1+e}$$

4-1 روابط حجمي:

3- درجه اشباع:

طبق رابطه زير عبارت است از درصد حجم آب توده خاك به حجم كل منافذ خاك

$$S = \frac{W_w}{V_v} \times 10$$

4-1 روابط حجمي:

4- درصد هوای منافذ:

طبق رابطه زیر عبارت است از:

$$n_a = \frac{V_a}{V} \times 10$$

4-1 روابط حجمي:

5- مقدار هوا:

$$a_c = \frac{V_a}{V_v}$$

V_v = حجم منافذ

V_a = حجم هوا

$$V_a = V_v - V_w$$

$$a_c = 1 - \frac{V_w}{V - v} = 1 - S$$

5-1 روابط تابعي:

1- ارتباط بين S, w, G, e

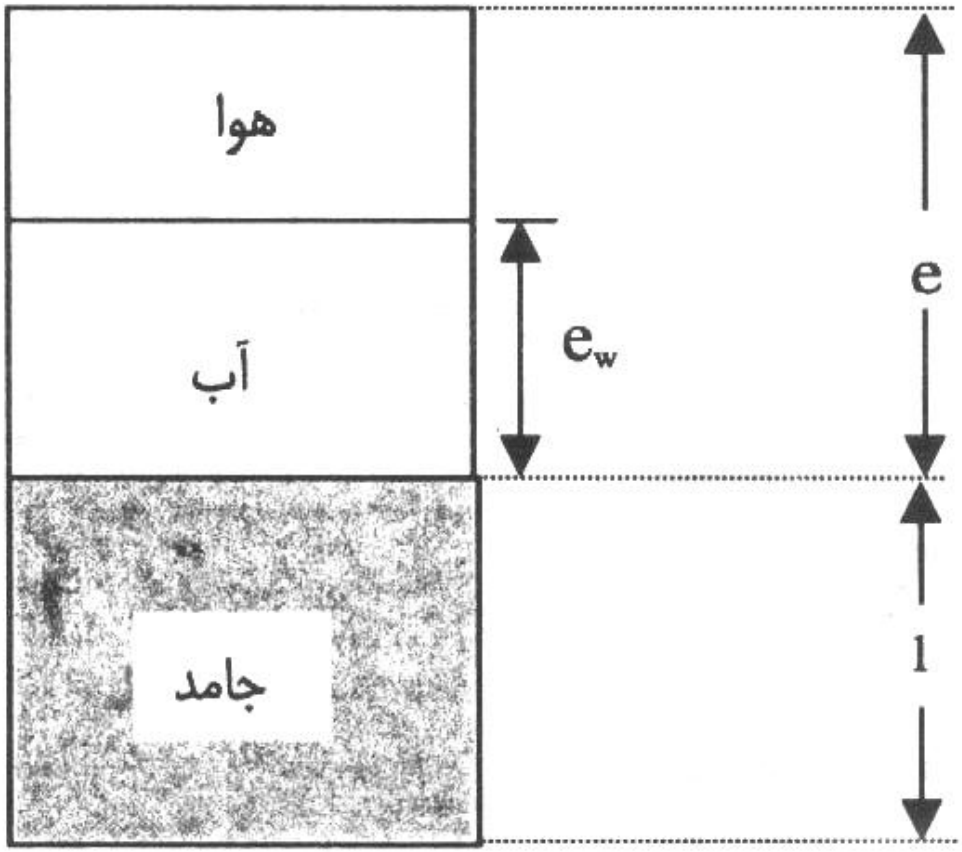
در شکل 1-3 e_w حجم آب ، e حجم منافذ و حجم اجزاء جامد خاک برابر با واحد (1) می باشد. با توجه به اینکه

$$S = \frac{V_w}{V_v} = \frac{e_w}{e}$$

$$e_w = e.S \qquad w = \frac{e_w \gamma_w}{G_{\gamma w}} = \frac{e_w}{G}$$

$$e_w = W.G \qquad e = \frac{w.G}{S}$$

برای یک نمونه کاملاً اشباع $S=1$ و $w = w_{sat}$ و $e = w_{sat}.G$



شکل ۱-۳ اجزاء خاک براساس e_w و e

5-1 روابط تابعي:

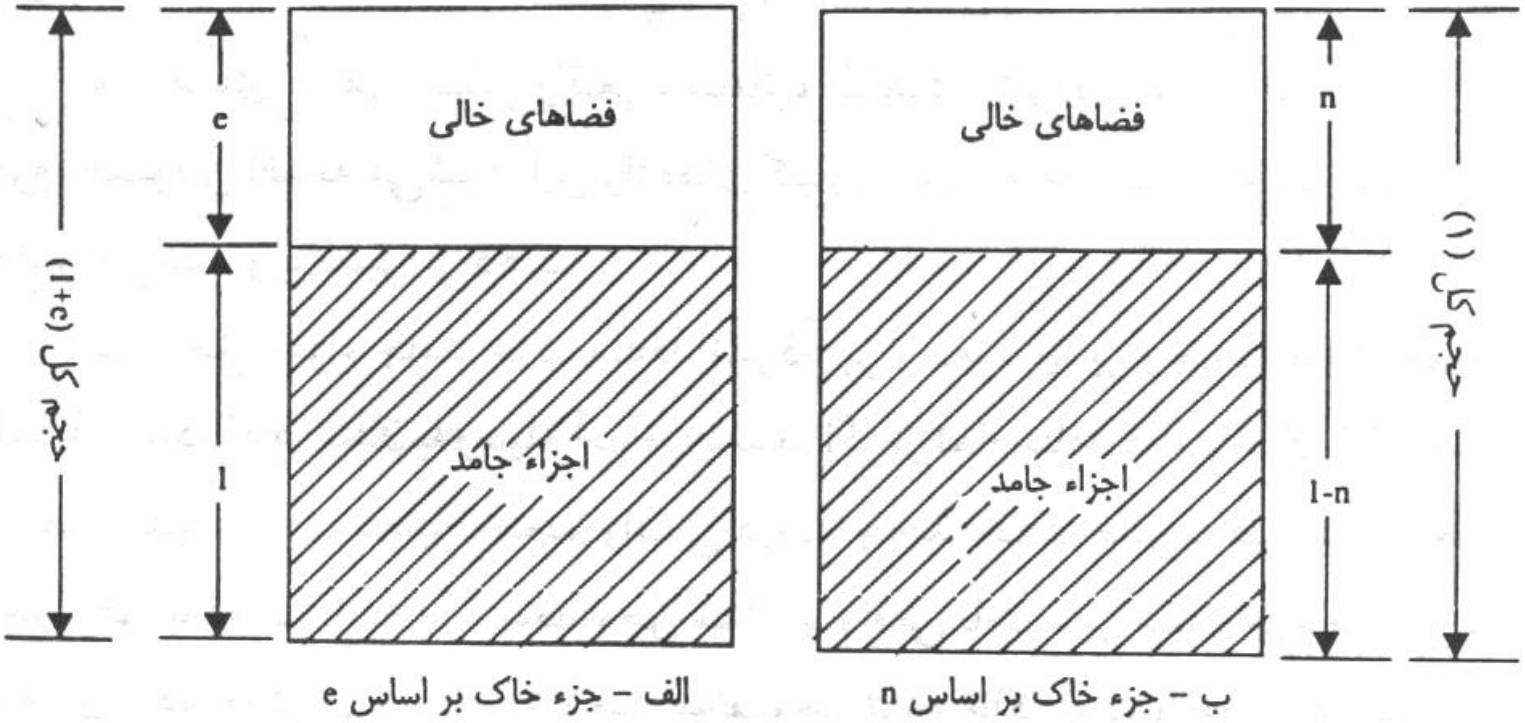
2- ارتباط بين γ_d ، G و e يا n

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \quad \text{يا} \quad \gamma_d = \frac{\gamma_s . V_s}{V}$$

$$\gamma_d = \frac{G.\gamma_w}{1+e} \qquad e = \frac{G.\gamma_w}{\gamma_d} - 1$$

با رجوع به شکل 2-1 (ب) داريم: $V=1$ و $V_s = 1 - n$

$$\gamma_d = \frac{G.\gamma_w(1-n)}{1} = (1-n)G.\gamma_w$$



شکل ۱-۲ نسبت پوکی و تخلخل

5-1 روابط تابعي:

3- ارتباط بين γ_{sat} ، G و e يا n

$$\gamma_{sat} = \frac{W_{sat}}{V} = \frac{\text{وزن كل خاك اشباع شده}}{\text{حجم كل خاك}} = \frac{W_s + W_w}{V} = \frac{\gamma_s . V_s + \gamma_w + V_w}{V}$$

با رجوع به شكل 1-2 (ب) داريم:

$$V_s = 1, V_w = e \Rightarrow V = 1 + e$$

5-1 روابط تابعي:

در نتيجه:

$$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_s . + 1 + \gamma_w . e}{1 + e} = \frac{G\gamma_w + \gamma_w . e}{1 + e} \Rightarrow \gamma_{sat} = \frac{(G + e)\gamma_w}{1 + e}$$

با رجوع به شكل 1-2 (الف) داريم:

$$\gamma_s = 1 - n \ , \gamma_w = n \ , \ \gamma = 1$$

5-1 روابط تابعي:

4- ارتباط بين γ ، G و e يا S

با توجه به شکل 1-3 که نشان دهنده نمونه ای نیمه اشباع می‌باشد می توانیم بنویسیم:

$$V_s = 1,\ V_w = e_w\ ,\ V = 1 + e$$

در نتیجه داریم:

$$\gamma = \frac{\gamma_s .1 + \gamma_w e_w}{1 + e}$$

$$\gamma_s = G\gamma_w\ ,\ e_w = e_s \Rightarrow$$

$$\gamma = \frac{G\gamma_w + \gamma_w .e_s}{1 + e}\ ,\ \gamma = \frac{(G + eS)\gamma_w}{1 + e} 1 + e$$

5-1 روابط تابعي:

5- ارتباط بين γ' ، G و e

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

$$\text{یا} \quad = \frac{(G+e)\gamma_w}{1+e} - \gamma_w \Rightarrow \gamma' = \frac{(G-1)\gamma_w}{1+e}$$

5-1 روابط تابعي:

6- ارتباط بين γ ، γ_d و w

آب محتوی (درصد رطوبت) برابر است با:

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

در نتيجه داريم:

$$\frac{W_w}{w_s} + \frac{W_s}{w_s} = \frac{W_w + W_s}{w_s} = \frac{W}{w_s} \Rightarrow W_s = \frac{W}{1+w}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_o}{1+w}$$

γ_d= وزن مخصوص خشك

γ_o= وزن مخصوص نمونه طبيعي

ω= درصد رطوبت

5-1 روابط تابعي:

7- ارتباط بين γ_{sat} ، γ ، γ_d و S

$$\gamma = \gamma_d + S(\gamma_{sat} - \gamma_d)$$

6-1 گرانی ویژه
ذرات جامد خاک:

- تعریف:

گرانی ذرات جامد خاک برابر با نسبت جرم واحد حجم خاک به جرم واحد حجم آب.

- برای تعیین ویژگیهای فیزیکی خاک:

دانستن جرم مخصوص ذرات خاک ضروری است.

جرم مخصوص خاک ها	
ماسه‌هاي كوارتزي	64/2
رس سيلتي	72/2
رس‌هاي خالص	75/2 — 80/2

فصل دوم:

پلاستیسیته (Soil PLASTICITY)

حسن اسدی‌نیا عضو هیأت علمی گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور

هدف کلي

- آشنایی با پدیده پلاستیسیته یا رفتار خاک در مجاورت آب
- آگاهی از حالات مختلف خاک در مجاورت آب

هدفهاي رفتاري

امید است دانشجویان عزیز پس از ملاحظه این فصل به اهداف زیر دست یابید:

- شناخت مفاهیم: شکل پذیری – حالت روانی – حالت خمیری – شاخص خمیری – عدد اکتیویته – حالت سختی – حالت مایع – حالت چسبناکی شدید – شاخص سختی – حالت انقباض
- قادر به تعریف پدیده پلاستیسیته
- مفاهیم حدود آتربرگ و نحوه تعیین و محاسبه این حدود
- مفاهیم شاخصهای خمیری ، سختی و مایع و عدد اکتیویته

کلیات :

تعریف پلاستیسیته:

- از نظر مکانیک خاک پلاستیسیته خاصیتی است که به تودهٔ خاک اجازه می دهد سریعاً تغییر شکل بدهد بدون آنکه از هم گسیخته شود و یا حجم آن تغییر نماید و به علاوه ، این تغییر شکل ، حالت الاستیک یا ارتجاعی نیز ندارد.

کلیات :

- خصوصیات مهم پلاستیسیته:

  - در رسهای مونت موریلونیتی شدیدتر از انواع دیگر مانند کائولینتی می باشد.
  - عامل پلاستیسیته وجود ذرات پولکی شکل هستند که در سطح خود بار الکتریکی حمل می نمایند.

2-2 حدود آتربرگ

- خصوصیات مهم پلاستیسیته:

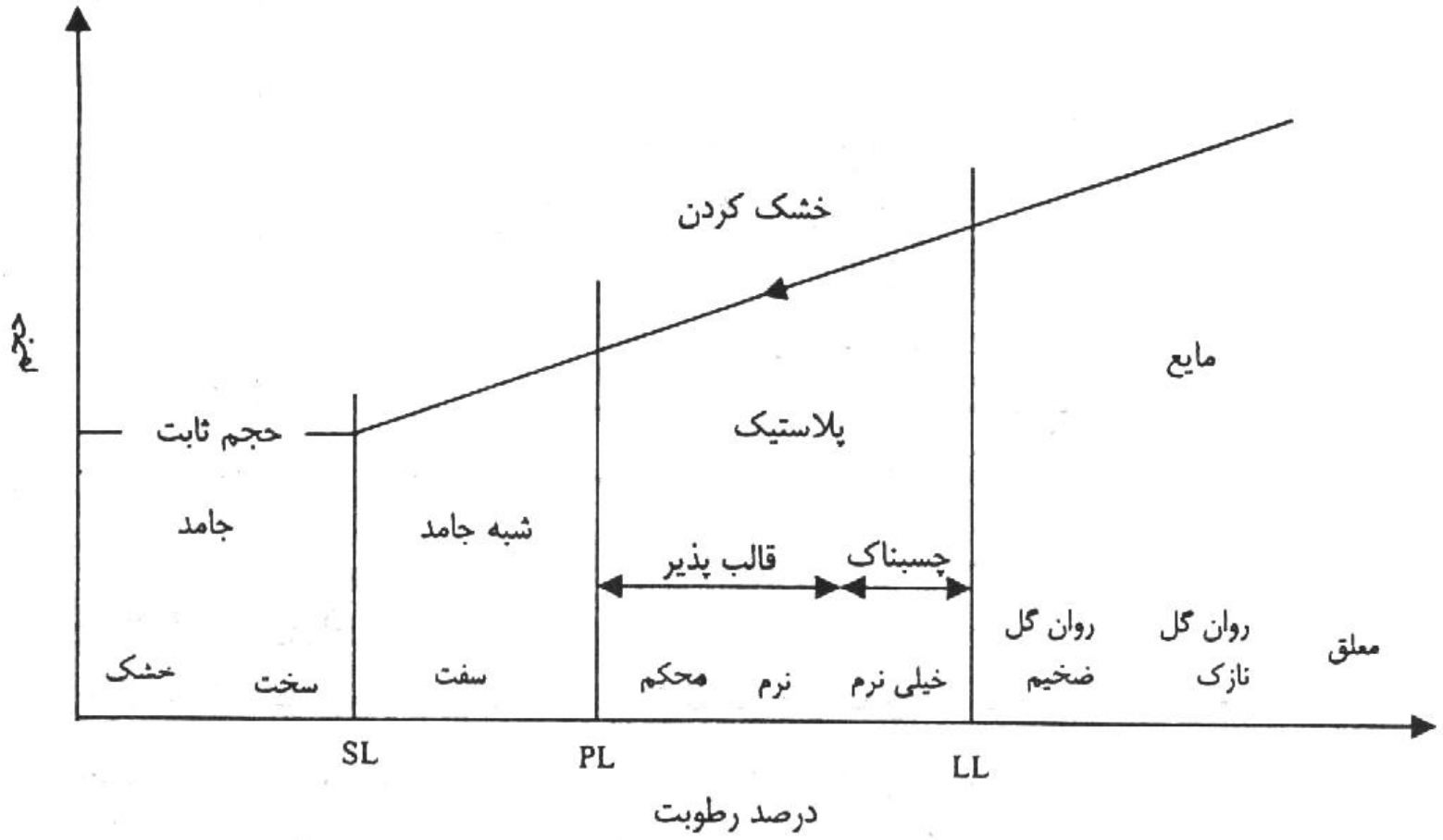
- حد روانی «LL»
- حد چسبناکی شدید
- حد چسبندگی
- حد پلاستیک «Wp یا PL»
- حد انقباض «SL»

2-2 حدود آتربرگ

$$S_L = \frac{W_{sl} - W_s}{W_s} \times 100$$

- در این حالت W_{sl} جرم خاک در حد انقباض ، W_s = جرم ذرات جامد است.
- حالات مختلف خاک در شکل 2-2 نشان داده شده است.

2-2 حدود آتربرگ



شکل ۲-۲ حالات مختلف خاک

1-2-2 منحنی روانی

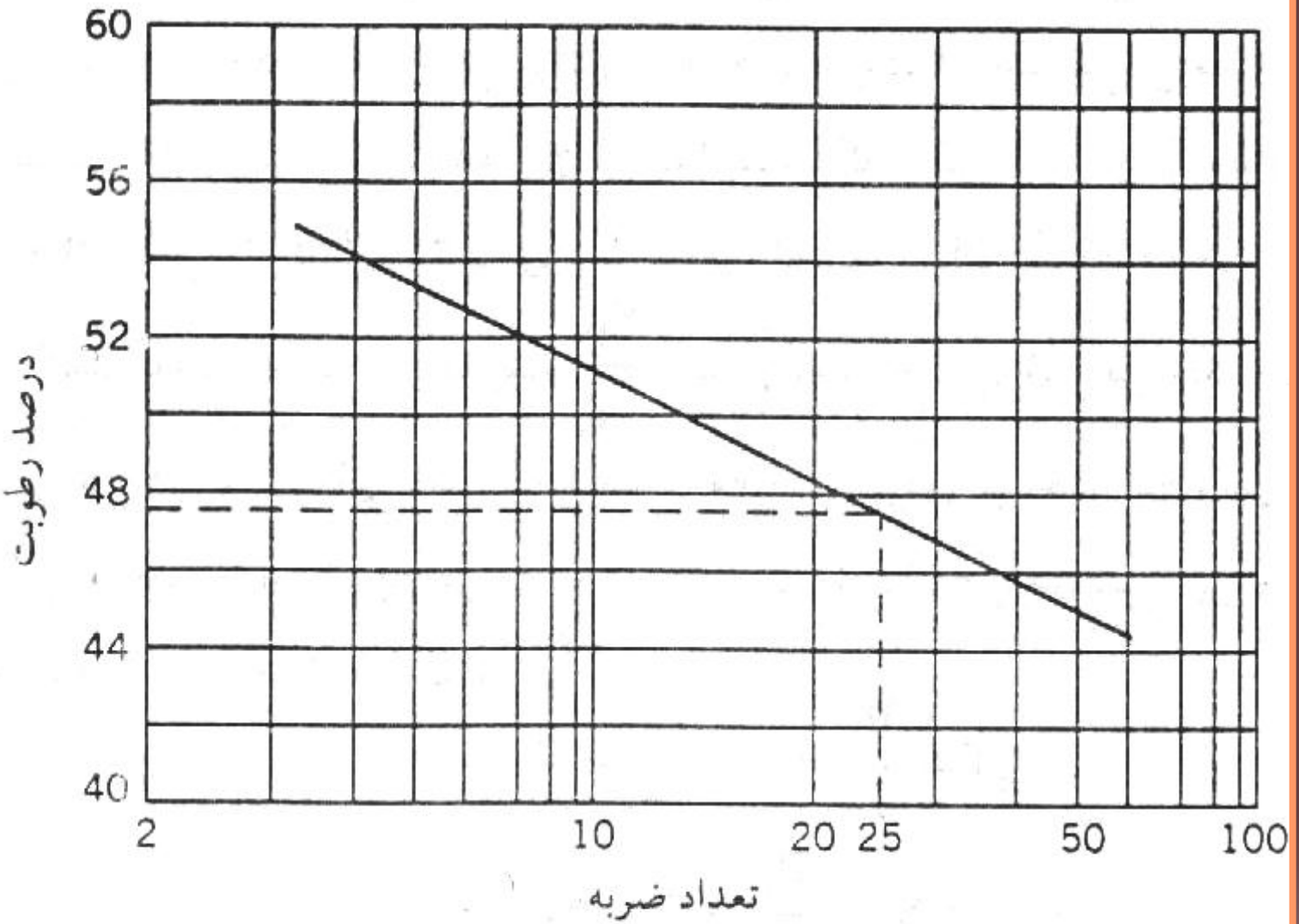
تعریف حد روانی:

درصد رطوبتی است که شیار خاک در دستگاه کاساگراند با 25 ضربه حدود 13 میلی متر بسته شود. در شکل 2-3 منحني روانی ترسیم گردیده و معادله آن عبارت است از:

$$w_1 - w_2 = I_f \log \frac{N_2}{N_1}$$

$$I_f = \frac{w_1 - w_2}{\log N_2 / N_1}$$

در این رابطه: I_f شیب خط روانی است که برای سهولت کار همیشه مثبت در نظر گرفته می شود و آن را شاخص روانی می گویند. W_1و W_2 درصد رطوبت نمونه خاک ، N_1 و N_2 تعداد ضربه)



شکل ۲ـ۳ منحنی روانی خاک

1-2-2 منحنی روانی

شیب خط روانی یا I_f در حقیقت نشان دهنده میزان کاهش مقاومت برشی خاک بر اثر افزایش مقدار آب خواهد بود.

- فرمول تجربی برای منحنی If عبارت است از:

$$I_f = 0/36w_n - 3$$

2-2-2 حد خمیری
و روش تعیین آن:

تعریف :

حد خمیری را آتربرگ مقدار درصد رطوبتی تعیین کرد که در آن خمیر خاک در هنگام لوله شدن زیر کف دست شروع به ترک برداشتن می کند.

شاخص پلاستیك $$PI = w_L - w_P$$

W_p و W_L به ترتیب درصد رطوبت خاک در حد پلاستیک و حد روانی

شاخص سختي $$IT = \frac{P_I}{I_f} = \log \frac{S_P}{S_L}$$

$$\log S_p = \frac{P_I}{I_f} + \log 27$$

S_p مقاومت برشی در حد خمیری و S_L مقاومت برشی در حد روانی

3-2-2 شاخص مایع

- شاخص مایع مبین میزان تراکم و سفتی نسبی یک خاک چسبنده می باشد.

$$LI = \frac{w_n - w_P}{w_L - w_P} = \frac{w_n - w_P}{PI}$$

در خاکهای چسبنده غیرتحکیم $LI > 1$

در خاکهای چسبنده فوق تحکیم $LI < 1$

4-2-2 شاخص غلظت CI

- این شاخص نشان دهنده میزان سفتی یا شلی خمیر خاک است و عبارت است از:

$$CI = \frac{w_L - w_n}{PI}$$

$$\text{حساسیت خاک} = st = \frac{\text{مقاومت فشاري خاك در حالت طبيعي}}{\text{مقاومت فشاري خاك در حالت به هم خورده}}$$

در رسها	S_t =4 تا 16
در رسهای حساس	S_t = 4 تا 8
در رسهای خیلی حساس	S_t =8 تا 16

5-2-2 عدد اکتیویته

- این عدد در مورد خاکهای پلاستیک و برای نشان دادن استعداد آنها به تغییر حجم برحسب تغییر درصد رطوبت به کار می رود.

$$A = \frac{PI}{\%\langle 0/002mm} = \frac{PI}{\text{درصدذرات ریزتراز 0/002 میلي متر}}$$

3-2 اهمیت بررسی حدود آتربرگ:

- حد روانی بستگی به:

- ترکیبات معدنی خاک
- بار الکتریکی موجود در سطح ذرات خاک و شدت آنها
- ضخامت لایه آب در اطراف ذرات خاک
- نسبت مساحت سطح ذرات به حجم
- شکل ذرات

ويژگيهاي خاكهاي رسي:

- حد روانی نشان دهنده تراکم پذیری خاک
- اگر سختی خمیر خاک در حد خمیری خیلی زیاد باشد خاک دارای درصد زیادی ذرات رس کلوئیدی است.
- برعکس سستی خاک و فقدان چسبندگی ذرات نشان می دهد که خاک رسی غیر ارگانیک با پلاستیسیته پایین می باشد.
- خاکهای رس غیرارگانیک در حد خمیری: نسبتاً سست‌اند و حالت اسفنجی دارند.
- شاخص سختی بین صفر تا 3 تغییر می کند. اگر این شاخص کمتر از 1 باشد نشان دهنده این است که خمیر خاک در حد خمیری به سهولت خرد می شود.

ويژگيهاي خاكهاي رسي:

- در خاکهای پلاستیکی: شاخص روانی LI نشان دهنده سستی خاک است.
- LI خاکهای رس تحکیم یافته به طور نرمال در حدود 1 ، LI خاکهای رسی فوق تحکیم یافته نزدیک صفر.
- LI خاکهای فوق العاده حساس از 1 بیشتر LI رسهای شدیداً فوق تحکیم یافته یا شدیداً تبخیر شده ، منفی است.
- هر چه A بیشتر باشد خاک مواد رسی اکتیوتری را دارد. خاکهایی که در آنها 75/0 >A باشد نسبتاً غیراکتیو ، 5/1 تا 75/0=A اکتیو و 5/1 <A شدیداً اکتیو

فصل سوم:

ساختمان و تراکم خاک
SOIL STRUCTURE AND SOIL COMPACTION

حسن اسدی‌نیا عضو هیأت علمی گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور

هدف كلي

آشنايي با:

- انواع ساختمان خاکها
- انواع آزمایشات تراکم خاک
- نحوه تعیین تراکم خاک
- نحوه تعیین چگالی خاک در محل
- نحوه تعیین پارامترهای مؤثر در تراکم خاک یعنی درصد رطوبت اپتیمم و حداکثر چگالی خشک خاک

هدفهاي رفتاري

امید است دانشجویان با ملاحظه این فصل به مفهوم موارد زیر برسند:

- آشنایی با ساختمان دانه مجردی — ساختمان لانه زنبوری — آزمایش استاندارد پراکتور — چگالی خشک حداکثر — ساختمان منعقده — ساختمان پراکنده — آزمایش اصلاح شده پراکتور — درصد رطوبت اپتیمم — منحنی صفر درصد هوا
- عوامل مؤثر در تراکم خاک
- انواع ساختمان خاک
- آزمایش تعیین تراکم خاک و پارامترهای مورد نیاز در تراکم
- نحوه تعیین چگالی خاک در صحرا

کلیات :

- تعریف ساختمان خاك:
  - ساختمان خاک ترتیب قرارگیری ذرات خاک را در یک توده خاک بیان می کنند.
- مهمترین عوامل مؤثر در رفتار خاک:
  - ساختمان خاک
  - نوع خاک
  - شرایط بارگذاری
  - اعمال نیرو و جهت نیرو

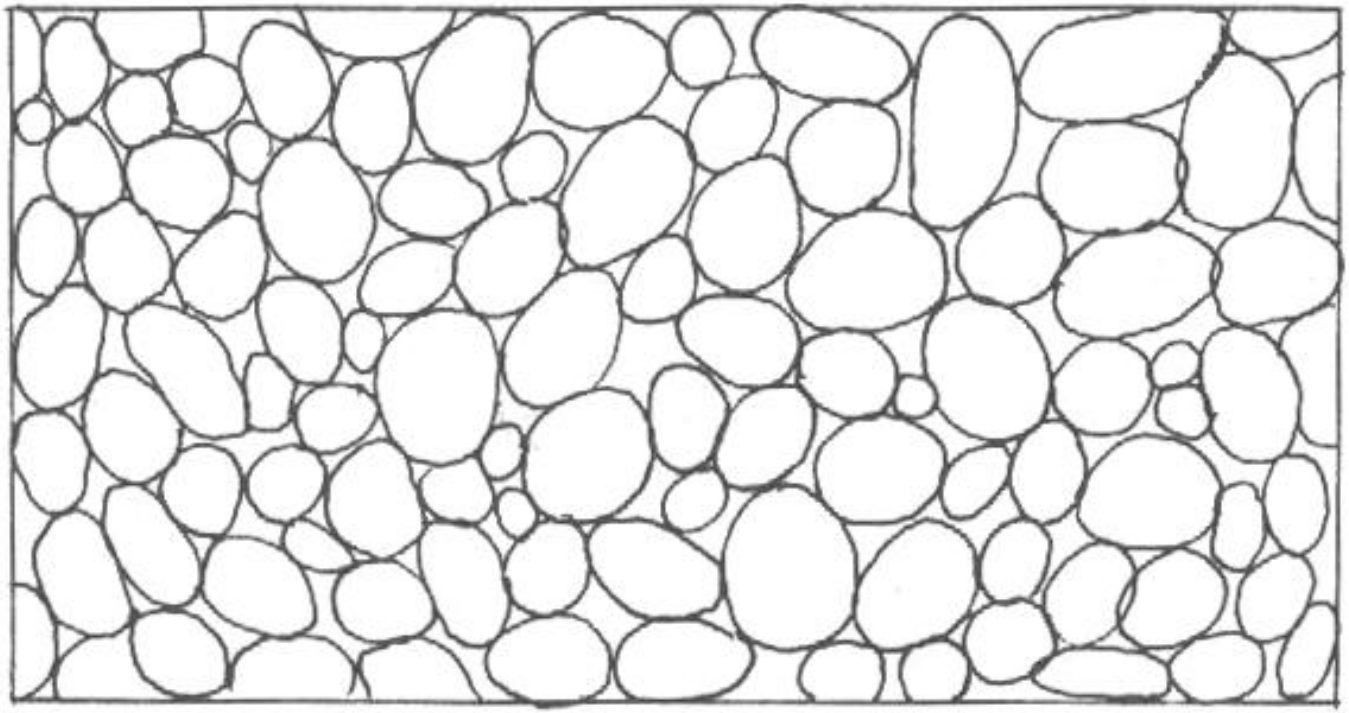
عوامل مؤثر بر تراکم خاک:

- ساختمان خاک:
  - ساختمان خاك بیان کننده ترتیب و حالت قرار گرفتن ذرات خاک است.

- ویژگیهای زیر تحت تأثیر ساختمان خاک قرار می‌گیرند:
  - نفوذپذیری – تراکم پذیری – مقاومت برشی ، فشاری – حدود آتربرگ

طبقه بندی خاکها
از نظر ساختمان

1- ساختمان دانه ای غیرچسبنده:



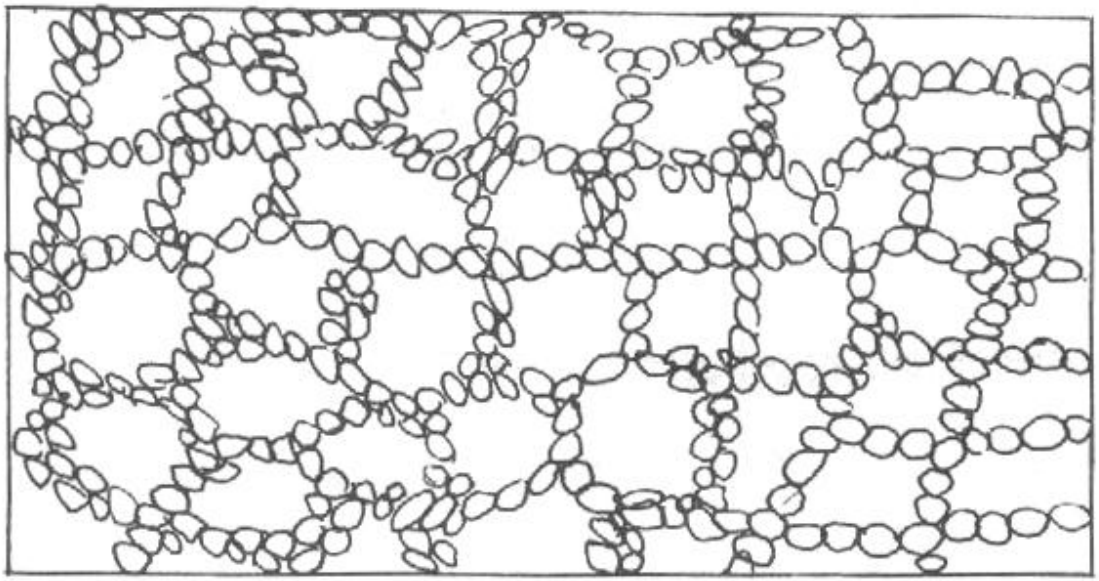
شکل ۳ـ۱ ساختمان خاکهای دانه‌ای

حسن اسدی‌نیا عضو هیأت علمی گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور

طبقه بندی خاکها
از نظر ساختمان

2- خصوصیات ساختمان لانه زنبوري:

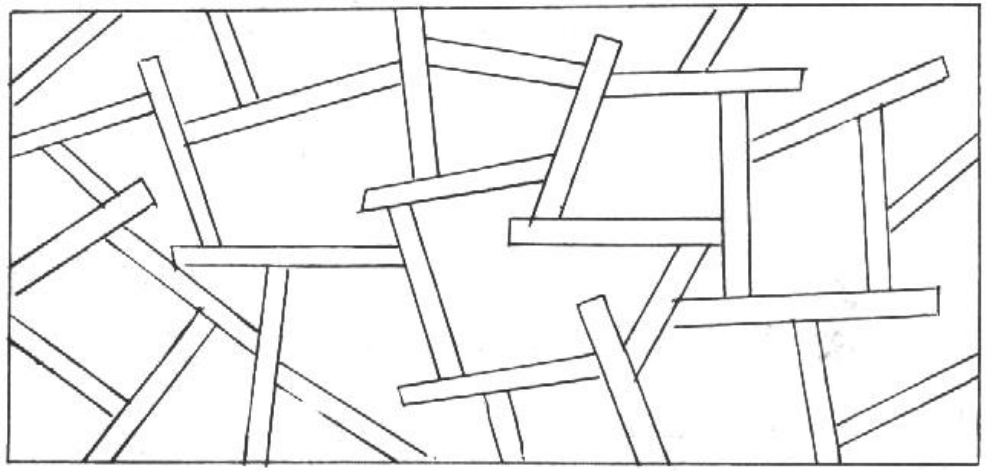
- ذرات به صورت قوسی شکل روی ذرات دیگر قرار می‌گیرند.
- عامل اصلی در ته نشست این ذرات نیروی وزن جاذبه مولکولی است.



شکل ۳ـ۲ ساختمان لانه زنبوری خاکها

3- خصوصیات ساختمان فلکوله:

- در ساختمان فلکوله ذرات خاک در ردیف خاکهای رسی قرار دارند.
- نیروی جاذبه بین ذرات بر نیروی دافعه بین آنها غلبه دارد.



شکل ۳ـ۳ ساختمان فلکوله

خواص خاص خاکهای
دارای ساختمان فلکوله:

- از نظر وزنی بسیار سبک
- از نظر مقاومت بسیار تراکم پذیرند
- نسبتاً پایدار
- نسبت به ارتعاش و لرزه غیرحساس

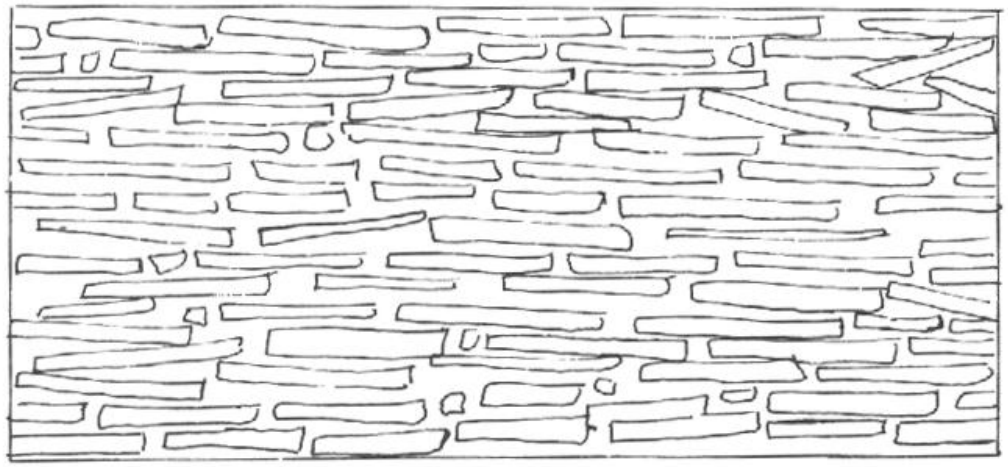
ویژگی بسیار مهم این نوع خاکها :

- حساسیت شدید آنها به خمیری شدن مجدد و تغییر حالت طبیعی

طبقه بندی خاکها
از نظر ساختمان

4- خصوصیات ساختمان پراکنده:

- ذرات رسی تشکیل دهنده خاک به شدت یکدیگر را دفع نمایند.
- این نوع ساختمان در خاکهایی که بر اثر پدیده ای مخلوط و دست خورد شوند ، دیده می شود.

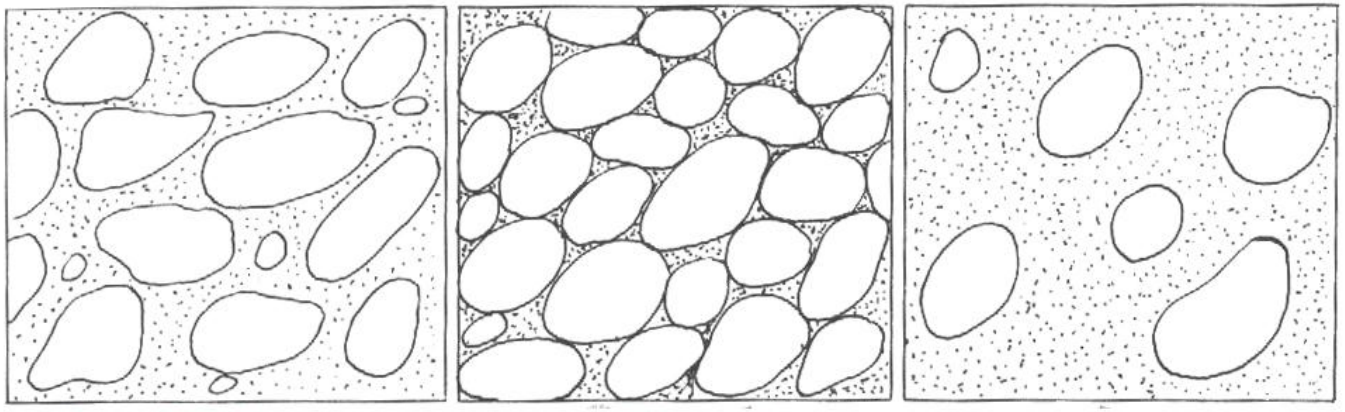


شکل ۳ـ۴ ساختمان پراکنده

طبقه بندی خاکها
از نظر ساختمان

5- خصوصیات ساختمان اسکلتي:

- در ساختمان اسکلتی ذرات غیرچسبنده و چسبنده ریزدانه به صورت مخلوط بوده
- اسکلت اصلی خاک را ذرات درشت دانه تشکیل داده
- در این نوع خاکها ، ساختمانهای شناور ، نیمه شناور و اتکاء مستقیم را می توان تشخیص داد.



شکل ۳-۵ ساختمان اسکلتی

آرایش ذرات خاک:

نکته:

- تأثیر در خواص فیزیکی و مکانیکی خاک دارند.
- آرایش ذرات خاک می تواند منجر به تشکیل خاکهای ایزوتوپ و انیزوتروپ شود.
- علاوه بر نفوذپذیری ، تراکم پذیری خاک تابع نحوه آرایش ذرات خاک است.

نفوذپذیری خاکها در جهت لایه بندی بیشتر از جهت عمود بر لایه بندی است.

5-3 عمل تراکم خاک

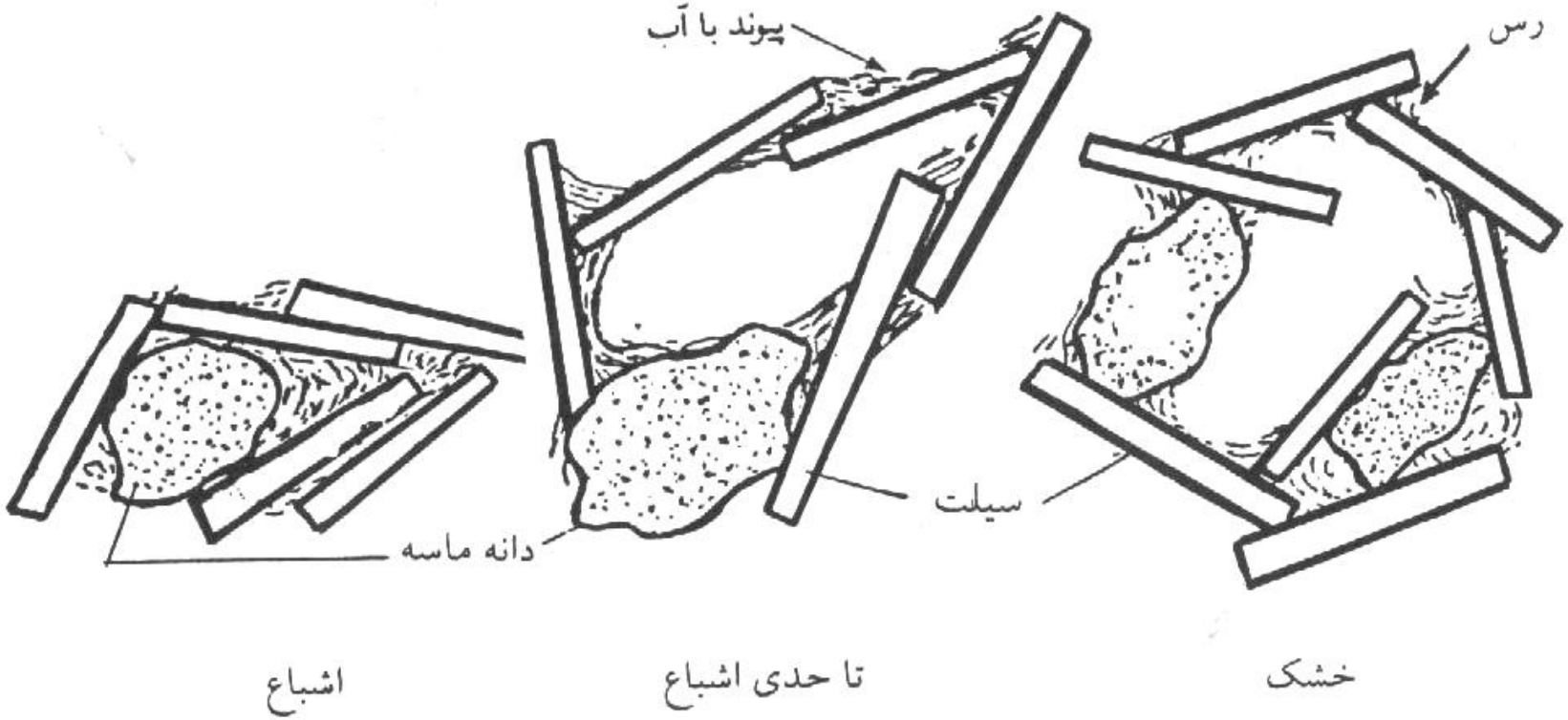
کلیات:

تعریف:

کاهش تخلل و خروج هواي درون خاك را تحت اثر بارگذاری تراکم گویند.

کاربردتراکم:

در عملیات ساختمانی مانند: سدسازی ، زیرسازی راه ، احداث خاکریزها ، تراشه ها



شکل ۳ـ۶ تراکم خاکهای چسبنده

روشهاي تراكم خاكهاي غيرچسبنده (درشت دانه)

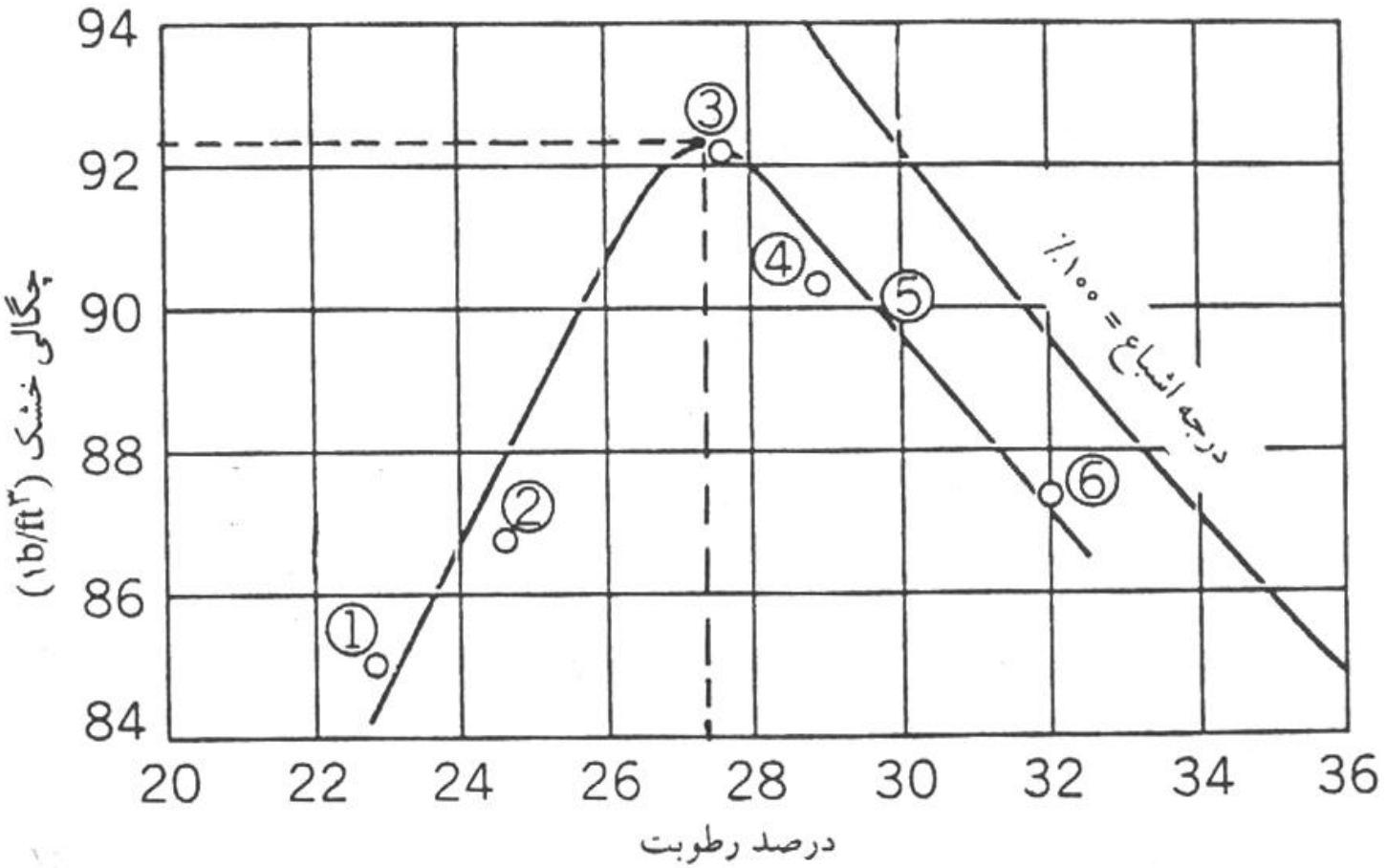
نوع خاك	روش ايجاد تراكم
ماسه خشك	ارتعاش
ماسه مرطوب	استغراق + ارتعاش (عمل ويبره فلوتاسيون در صحرا)
ماسه مستغرق	ارتعاش

وضعيت تراكم خاكهاي چسبنده (ريزدانه) رس‌ها و سيلت‌ها

- با روش ارتعاش مقدور نيست
- تراكم به وضعيت ساختمان خاك بستگي دارد
- تراكم به تغيير شرايط و وضعيت آرايش ذرات دارد
- تراكم به فشار بار استاتيكي و مقدار رطوبت بهينه خاك بستگي دارد
- كاربرد نيروهاي استاتيكي بهترين راه جهت تراكم است

روشهاي تراكم خاكهاي
چسبنده (ريز دانه)

- روش صحرايي:
  - توسط انواع غلطك ها به تناسب نوع خاك
- روش آزمايشگاهي:
  - آزمايش استاندارد پراكتور (A.A.S.H.T.O) شامل ساده و اصلاح شده



شکل ۳ـ۷ منحنی تراکم خاک

فصل چهارم:

طبقه بندي خاكها

SOIL CLASSIFIC ATION

حسن اسدی‌نیا عضو هیأت علمی گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور

هدف کلي

- آگاهی از ویژگیهای مشترک خاکها
- آشنایی با سیستم های مختلف طبقه بندی خاکها

هدفهاي رفتاري

دانشجويان عزيز ، جهت رسيدن به هدف كلي دستيابي به اهداف زير ضروري است:

- آشنايي با اصول طبقه بندی خاک
- توانایی در توصیف خاکها
- شناخت مفاهیم سیستم های طبقه بندی خاک – تجزیه مکانیکی خاک – روانگرایی- ضریب یکنواختی – ضریب دانه بندی – خواص ذاتی خاکها – شاخص گروه – تشریح خاک – چگالی نسبی خاک – انواع ساختمانهای طبیعی خاکها

2-4 طبقه بندی خاکها

- کلیات:
  - تعريف خاك از ديدگاه مهندسي ژئوتكنيك و مكانيك خاك:

    به هرگونه موادناپيوسته يا نيمه پيوسته كاني خاك گفته مي‌شود.
  - رده بندي خاكها به خصوصيات فيزيكي و مكانيكي آنها بستگي دارد.
  - شناخت خواص فيزيكي و مكانيكي خاكها ، مهندسين سازه را در طراحي و حل مسائل ژئوتكنيكي كمك مي‌نمايد.

طبقه بندي خاكها ، مهندسين را در دستيابي به زبان مشتركي جهت استفاده از نمودارها و لاگ تحقيقاتي كمك مي‌نمايد.

2-4 طبقه بندی خاکها

طبقه بندی عبارت است از اینکه تعیین کنیم یک نوع خاک معین به کدام یک از گروههای کلی تعلق دارد.

تشریح يك نمونه خاک شامل موارد زیر است:

- شرایط خاک
  - چسبندگی یا غیرچسبندگی
- رنگ
- تشریح خاک (مواردي در رابطه با ساختمان و يا طبيعي – غيرطبيعي آن)
- نام محلی خاک

انواع طبقه بندی خاکها:

طبقه بندی خاکها براساس اندازه ذرات

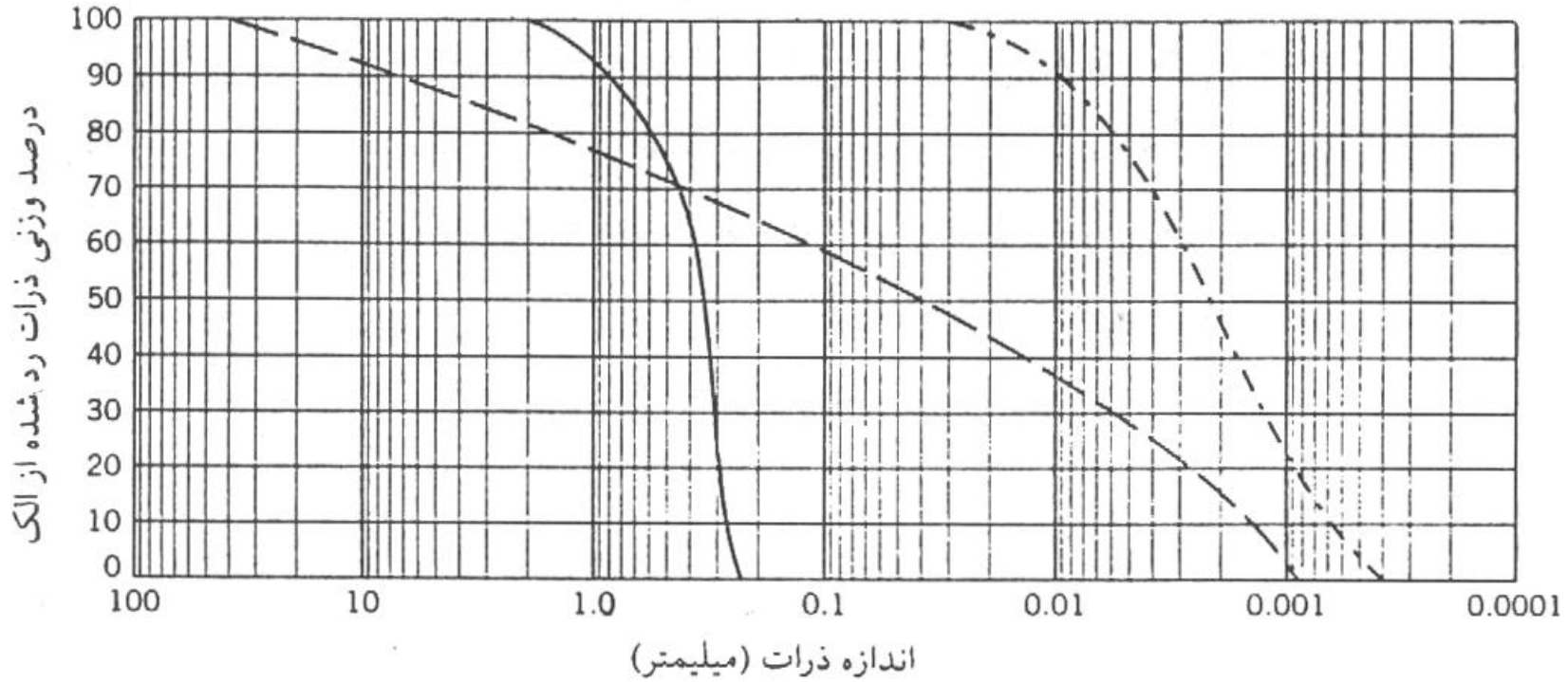
- براساس اندازه ذرات خاکها به گروههای شن و ریگ ، ماسه ، سلیت و رس طبقه بندی می شوند.
- و شکل 4-1 نمونه ای از منحنی دانه بندی خاک را نشان می دهد.

جدول ۴ـ۱ طبقه‌بندی خاک براساس اندازه ذرات در سیستم‌های مختلف طبقه‌بندی روش‌های مختلف

ASTM - سازمان آزمایش و مواد آمریکا

USCS - سیستم طبقه‌بندی متحد خاک

BSCS - سیستم طبقه‌بندی انگلیسی



۱ـ۴ منحنی دانه‌بندی خاک

1-1 اثر اندازه ذرات روي خواص فيزيكي خاك

طبقه بندی خاکها براساس اندازه ذرات

- نفوذپذیری و سرعت ته نشست خاک تابع اندازه ذرات است.
- میزان تحکیم خاکهای اشباع تحت بارهای وارده تابع اندازه ذرات است
- سرعت خروج آب که با عث تحکیم می شود تابع اندازه ذرات است
- روانگونگی خاکهای غیرچسبنده تابع اندازه ذرات است

تعریف:

- قطر ذرات یک خاک یکنواخت را که دارای نفوذپذیری مساوی با یک خاک با دانه بندی غیریکنواخت باشد اصطلاحاً اندازه مؤثر ذرات خاک می نامند.

پارامترهایی که بر حسب اندازه ذرات قابل تعریف اند:

1- تعریف یکنواختی

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

2- ضریب تقعر یا دانه‌بندي

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

D_{10} ، D_{30} ، D_{60} یعنی قطر درصدی 60 ، 30 یا 10 از دانه‌ها

استفاده از منحنی دانه بندی خاک
یا کاربرد منحني دانه‌بندي

- طرح آسفالت
- طرح بتن
- زیرسازی راه ها و فرودگاهها
- بررسی نفوذپذیری $K = Cd_{10}^2$
- ارزیابی و بررسی پدیده انجماد و تورم ناشي از وجود ذرات ریزدانه

طبقه بندی خاکها براساس
خواص ذاتي آنها

خصوصیات ذاتی خاکهای ریزدانه تابع اندازه و شکل ذرات نیست.

سیستم های طبقه بندی خاکها

- طبقه بندی گروه مهندسی ارتش امریکا
- طبقه بندی سازمان طبقه بندی خاک آمریکا
- طبقه بندی بین المللی
- طبقه بندی M.I.T
- طبقه بندی سازمان آزمایش مصالح آمریکا «ASTM»
- طبقه بندی سازمان ادارات راه آمریکا «AASHTO»
- طبقه بندی وزارت کشاورزی آمریکا «U.S.D.A»
- طبقه بندی سازمان هوایی آمریکا

مهمترین طبقه بندیهایی که

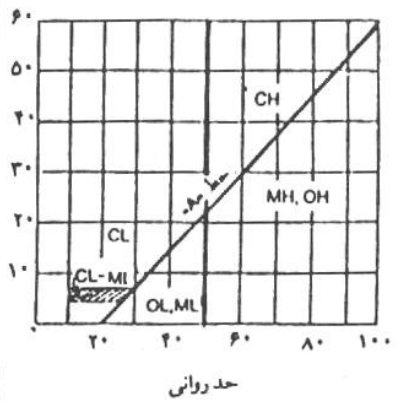
در مکانیک خاک کاربرد دارند:

الف) طبقه بندی سازمان جاده های عمومی آمریکا «AASHTO»:

این طبقه بندی خاکها را به 8 گروه تقسیم نموده و نامهایی از A-1 تا A-8 به آنها داده است و براساس درجه درشتی و ریزی ذرات ، محدوده خمیری بودن خاکها ، ثبات مواد دانه ریز چسبنده خاک ، انقباض و سایر خواص خاک بنا نهاده شده و این خواص ، درجه مناسب بودن خاک را برای استفاده به عنوان روسازی و یا زیرسازی جاده معین می سازد.

جدول ۴-۳ طبقه‌بندی خاکها براساس سیستم طبقه‌بندی یونیفاید (ASTMD_2487_69)

خاکهای درشت دانه (بیش از ۵۰٪ از ذرات خاک روی الک شماره ۲۰۰ باقی می‌ماند).	تقسیمات اصلی		علامت گروه	نامهای شاخص	معیارهای طبقه‌بندی		توضیح
	شن‌ها ۵۰ درصد یا بیشتر از ذرات درشت دانه خاک روی الک ۴ باقی می‌مانند	شن‌های تمیز (ذرات ریز دانه خاک کمتر از ۵٪ می‌باشد)	G_W	شن‌های خوب دانه‌بندی شده و مخلوطی از شن و ماسه، ذرات ریز ناچیز یا صفر می‌باشد	$C_u=D_{60}/D_{10}>4$ و $1<C_c=\frac{D_{30}^2}{D_{10}\times D_{60}}<3$		اگر ذرات ریزدانه در خاک بیشتر از ۱۲٪ باشد خاک علامت G_M یا G_c را بخود می‌گیرد و برای مقادیر بین ۵ تا ۱۲٪ حالت مرزی است. اگر مقادیر رد شده از الک شماره ۲۰۰ کمتر از ۵٪ باشد خاک G_W یا G_p یا S_W یا S_p می‌باشد. اگر مقادیر رد از الک شماره ۲۰۰ بیش از ۱۲٪ باشد خاک G_M یا G_c یا S_M یا S_c خواهدبود اگر مقادیر رد شده از الک شماره ۲۰۰ بین ۱۲-۵٪ باشد حالت مرزی است و جهت طبقه‌بندی خاک نیاز به علامت‌های دوگانه می‌باشد
			G_p	شن‌های بددانه‌بندی شده و مخلوطی از شن و ماسه، ذرات‌ریز ناچیز یا صفر می‌باشد	درصورتی که مشخصات G_W را نداشته باشد		
		شن‌های بابیش‌از ۱۲٪ذرات‌ریزدانه	G_M	شن‌های سیلت‌دار، مخلوط شن و ماسه و سیلت	حدود آتربرگ زیرخط A با PI<۴	برای ۷>PI>۴ (منطقه هاشور زده) حالت‌های مرزی است و نیاز به علامت‌های دوگانه دارد	
			G_c	شن‌های رس‌دار، مخلوط شن و ماسه و رس	حدود آتربرگ بالای خط A یا PI>۷		
	ماسه‌هابیش‌از ۵۰٪ از ذرات درشت‌دانه خاک از الک شماره ۴ عبور می‌کنند	ماسه‌های تمیز (ذرات ریزدانه خاک کمتر ۵٪ می‌باشد)	SW	ماسه‌های خوب دانه‌بندی شده و ماسه‌های شن‌دار، ذرات‌ریزدانه خیلی کم یا صفر می‌باشد	$C_u=D_{60}/D_{10}>6$ $1<C_c=D_{30}^2/D_{10}\times D_{60}<3$		
			Sp	ماسه‌های بددانه‌بندی شده و ماسه‌های شن‌دار، ذرات ریزدانه خیلی کم یا صفر می‌باشد	درصورتی که مشخصات SW را نداشته باشد		
		ماسه‌های با بیش از ۱۲٪ ذرات ریزدانه	SM	ماسه‌های سیلت‌دار، مخلوطی از ماسه و سیلت	حدود آتربرگ زیر خط A یا PI<۴	برای ۷>P_I>۴ (منطقه هاشور زده) حالت‌های مرزی است و نیاز به علامت‌های دوگانه می‌باشد	
			SC	ماسه‌های رس‌دار،مخلوطی از ماسه و رس	حدود آتربرگ بالای خط A یا PI>۷		



ادامه جدول ۴-۳

خاکهای ریزدانه (بیش از ۵۰٪ از ذرات خاک از الک شماره ۲۰۰ عبور می‌کند):	تقسیمات اصلی	علامت گروه	نامهای شاخص	معیارهای طبقه‌بندی		توضیح
	رس‌ها و سیلت‌های با حد روانی ۵۰٪ یا کمتر	ML	سیلتهای غیرآلی، ماسه‌های خیلی ریز، آرد سنگ، ماسه‌های دانه‌ریز سیلت‌دار یا رس‌دار			
		CL	رس‌های غیرآلی با پلاستیسیته کم تا متوسط، رس‌های شن‌دار و ماسه‌دار، رس‌های سیلت‌دار رس‌های لاغر			
		OL	سیلت‌های آلی و رس‌های سیلت‌دار آلی با پلاستیسیته کم			
	رس‌ها و سیلت‌های با حد روانی بیش از ۵۰٪	MH	سیلت‌های غیرالی، ماسه‌ها یا سیلت‌های ریزدانه میکایی یا دیاتمه‌ای، سیلت‌های الاستیک			
		CH	رس‌های غیرآلی با پلاستیسیته بالا، رسهای چاق			
		OH	رس‌های آلی با پلاستیسیته متوسط تا زیاد			
	خاکهای با مواد آلی زیاد	PT	کود گیاهی تورب و دیگر خاکهای به‌شدت آلی (ASTMD -۲۴۸۸ را ببینید)			

- برای تشخیص گروه های اصلی خاک از شاخصی به نام شاخص گروه استفاده می شود.

$$GI = 0/2(a) + 0/005(ac) + 0/01(bd)$$

- در این رابطه:

GI: شاخص گروه

a: درصد ذرات عبوری از الک شماره 200 مازاد بر 35%

b: درصد ذرات عبوری از الک شماره 200 مازاد بر 15%

c: درصد رطوبت خاک در حد روانی مازاد بر 40%

d: قسمتی از شاخص خمیری خاک مازاد بر عدد 10 است.

جدول ۴-۲ طبقه‌بندی اشتو برای خاک و مصالح خاکی

طبقه‌بندی کلی	مواد دانه‌ای (درصد رد شده از الک شماره ۲۰۰، ۳۵ درصد یا کمتر می‌باشد)							مواد سیلتی و رسی (درصد رد شده از الک شماره ۲۰۰ بیشتر از ۳۵ درصد می‌باشد)			
طبقه‌بندی گروهی	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7-5 A-7-6
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
درصد رد شده از الک: ۲ میلی‌متر (شماره ۱۰) ۰/۴۲۵ (شماره ۴۰) ۷۵٪ میلی‌متر (شماره ۲۰۰) ویژگیهای ذرات کمتر از ۰/۲۲۵ میلی‌متر(شماره ۴۰) حد روانی شاخص پلاستیسیته[1]	حداکثر ۵۰ حداکثر ۳۰ حداکثر ۱۵ ——— حداکثر ۶	— حداکثر ۵۰ حداکثر ۲۵	— حداقل ۵۱ حداکثر ۱۰ حداکثر ۴۰ غیرپلاستیک (NP)	— — حداکثر ۳۵ حداقل ۴۱ حداکثر ۱۰	— — حداکثر ۳۵ حداکثر ۴۰ حداکثر ۱۰	— — حداکثر ۳۵ حداقل ۴۱ حداقل ۱۱	— — حداکثر ۳۵ حداکثر ۴۰ حداقل ۱۱	— — حداقل ۳۶ حداقل ۴۱ حداکثر ۱۰	— — حداقل ۳۶ حداکثر ۴۰ حداکثر ۱۰	— — حداقل ۳۶ حداقل ۲۱ حداقل ۱۱	— — حداکثر ۳۶ حداکثر ۱۱
نوع معمول خاک	قطعات سنگی، شن و ماسه		ماسه ریز	ماسه و شن رسی یا سیلتی				خاکهای سیلتی		خاکهای رسی	
مرغوبیت خاک به‌عنوان مصالح زیر سازی راه	عالی تا خوب							متوسط تا ضعیف			

۱. شاخص پلاستیسیته زیر گروه A-7-5 مساوی یا کمتر از L.L-30 می‌باشد.
شاخص پلاستیسیته زیر گروه A-7-6 بزرگتر از L.L-30 می‌باشد.

مهمترین طبقه بندیهایی که

در مکانیک خاک کاربرد دارند:

ب) سیستم طبقه بندی یونیفاید یا متحد Unified Soil Classification System

- سیستم طبقه بندی فوق براساس:
  - اندازه دانه ها
  - مقادیر اندازه های مختلف
  - خواص دانه های بسیار ریز خاک
  - خواصي از خاک که نشان دهنده واکنش خاک بوده.

مبنای طبقه بندی یونیفاید

یا متحد شامل:

- درصد شن ، ماسه و ذرات دانه درشت
- منحنی دانه بندی
- خواص چسبندگی و قابلیت فشردگی
- به خاکها نامهای توصیفی داده و آنها را با نمادهای حرفی که نشان دهنده خواص اصلی آنهاست ، مشخص می‌نمایند.

جدول طبقه حدفاصل بین شن ، ماسه و سیلت در سیستم یونیفاید

نام اجزاء	حدود و اندازه دانه‌ها	تقسیم‌بندیهای فرعی
قلوه‌سنگ Cobble	بزرگتر از ۳ اینچ	ــــــــــ
شن Gravel	بین ۳ اینچ و الک شماره ۴	شن درشت از ۳ اینچ تا $\frac{3}{4}$ اینچ شن نرم از $\frac{3}{4}$ اینچ تا الک شماره ۴
ماسه Sand	از الک شماره ۴ تا الک ۲۰۰	ماسه درشت از الک شماره ۴ تا ۱۰ ماسه متوسط از الک شماره ۱۰ تا ۴۰ ماسه نرم از الک شماره ۴۰ تا ۲۰۰
نرمه Fines	زیر الک ۲۰۰	ــــــــــ

طبقه بندي خاكهاي ريزدانه

بر اساس حدود آتربرگ

- خاكهاي با پلاستيسيته بالا =H
- خاكهاي با پلاستيسيته پايين =L

طبقه بندي خاكهاي ريزدانه

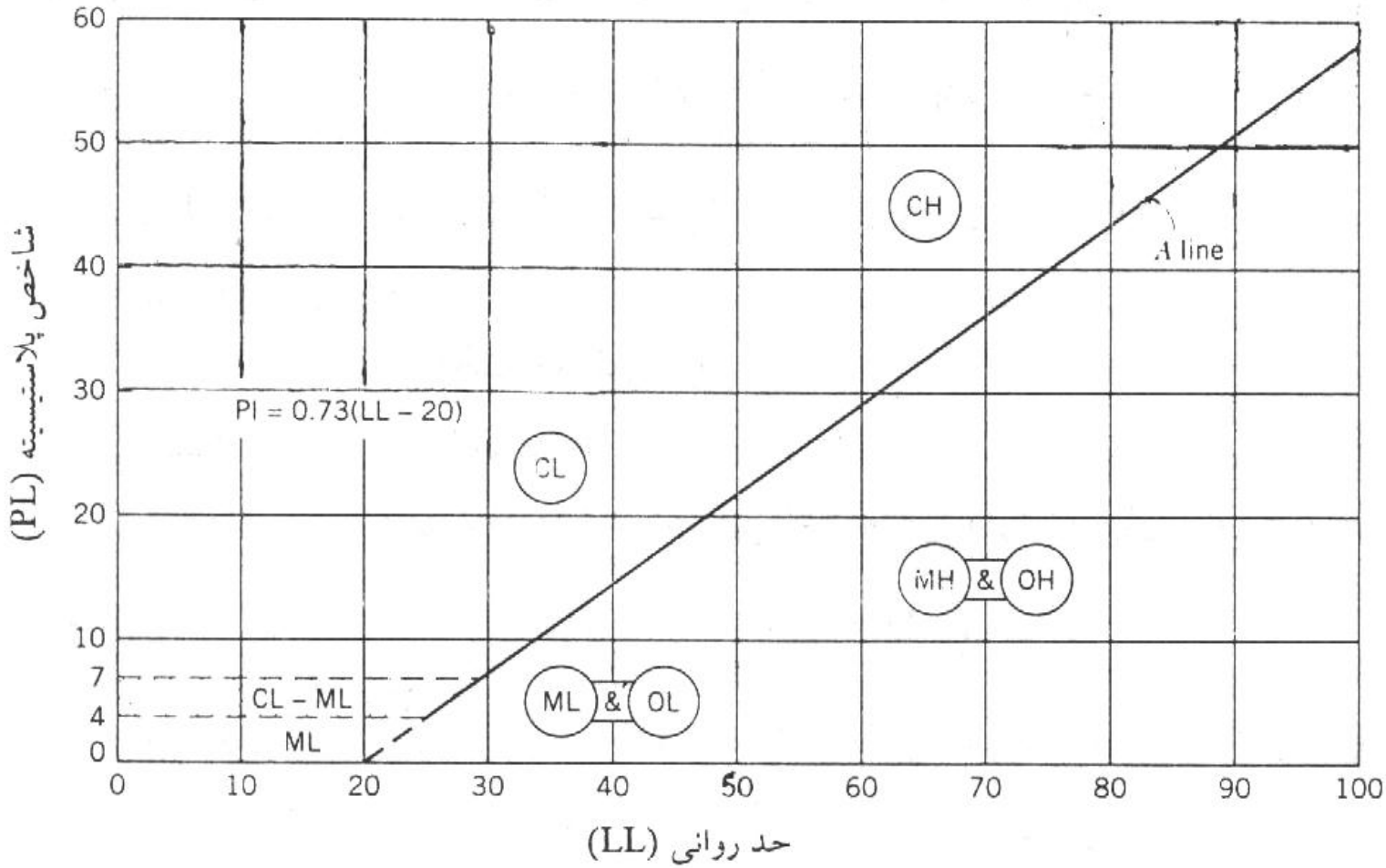
با روشهاي زير:

- آزمايش ازدياد حجم يا ارتعاش (ضربه)
- آزمايش مقاومت خشك
- آزمايش سختي
- آزمايش صاف بودن سطح خمير
- آزمايش زير دندان قرار دادن

تشریح خاکها:

الف) خاکهای چسبنده:

- شرایط خاک به وسیله استحکام آنها که بر حسب مقاومت فشاری است تشریح می گردد.
- وسیله استحکام خاک در محل با استفاده از نفوذ سنجهای جیبی امکان پذیر است.



شکل ۴-۲ نمودار پلاستیسیته

تشریح خاکها:

ب) خاکهای غیرچسبنده:

- شرایط خاک از طریق درجه تراکم ، به وسیله چگالی نسبی تعریف می شود.

چگالي نسبي $$Dr = \frac{\gamma_n - \gamma_{\min}}{\gamma_{\max} - \gamma_{\min}} \left(\frac{\gamma_{\max}}{\gamma_n}\right) \times 10$$

- رابطه‌ی بین چگالی نسبی و نسبت پوکی خاک

$$Dr = \frac{e_{\max} - e_n}{e_{\max} - e_{\min}} \times 10$$

جدول تشریح شرایط خاکها

شرح وضعیت خاک (درجه تراکم)	Dr ٪
"Very Loose" خاک خیلی سست	۰-۱۵
"Loose" خاک سست	۱۵-۳۵
"mediume" خاک با تراکم متوسط	۳۵-۶۵
"dense" خاک متراک	۶۵-۸۵
"Very densy" خاک خیلی متراکم	۸۵-۱۰۰

واژه های توصیف ساختمان

طبیعی خاک عبارتند از:

- سطوح بریده
- شکافدار
- متورق شده
- خاکهای کربناته
- خوب دانه بندی شده
- بد دانه بندی شده
- نبود دانه ای

واژه های توصیف ساختمان

طبیعی خاک عبارتند از:

- توصیف شکل ذرات:
  - گوشه دار
  - نیمه گوشه دار
  - مدور
  - نیمه مدور

طبقه بندی خاک براساس

منشأ تشکیل آنها:

ساختمان و بعضی از خواص فیزیکی خاکها تا حدود زیادی بستگی به منشأ و روش تشکیل آنها دارد. لذا خاکها برحسب منشأ تشکیل عبارتند از:

- خاکهای درجا
- خاکهای انتقالی
- خاکهای آبرفتی
- خاکهای رسوبی دریاچه ای
- خاکهای رسوبی دریاهای آب شور
- خاکهای رسوبی بادی
- خاکهای رسوبی یخچالی

فصل پنجم:

آب در زمین ، تراکم پذیری و تحکیم

حسن اسدی‌نیا عضو هیأت علمی گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور

هدف کلي

- آشنایی با پدیده تحکیم
- چگونگی وقوع تحکیم در خاکهای درشت دانه و ریزدانه
- آشنایی به نشست خاک
- محاسبه نشست خاک تحت بارهای وارده

هدفهاي رفتاري

اميد است دانشجويان عزيز با ملاحظه اين فصل به هدفهاي رفتاري زير دستيابند:

- شناخت مفاهيم: تنش مؤثر ، تنش كل ، تحكيم ، تورم ، دگر شكلی ارتجاعی ، دگر شكلی پلاستيكی ، فشار تنش تحكيم ، ضريب تراكم پذيری نسبی ، ضريب تراكم پذيری ، شاخص فشردگی ، درجه تحكيم ، ضريب تحكيم پذيری ، فاكتور زمان ، منحنی درصد تحكيم زمان

هدفهاي رفتاري

- شناخت تحکیم و تورم
- محاسبه تنش کل و مؤثر در شرایط مختلف زیرسطحی
- پدیده نشست در خاکها
- مفهوم فشار تنش تحکیم را بیان کنند و نحوه تعیین آن بدانید
- آزمایش تحکیم و پارامترهای قابل محاسبه از نتایج آزمایش تحکیم
- تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش تحکیم

تراکم پذیری و تحکیم

کلیات:

- ويژگيهاي تحكيم و تراكم در مسائل ژئوتكنيك و مكانيك خاك
- نحوه و ميزان حركت آب در داخل زمين
- فشار آب و جريان آن در داخل خاك تابع فضاهاي خالي خاك است ، لذا با افزايش فضاهاي خالي در خاك باعث كاهش فشار منفذي آب در داخل زمين خواهد شد

تراکم پذیری و تحکیم

مزاياي اين عمل:

- پايين بردن سطح ايستايي
- تخليه آب از محل عمليات ساختماني
- زهكشي جاده و باندهاي فرودگاهي
- نشست آب در داخل سدهاي خاكي
- نشست آب بر سطوح شيبدار خاكي

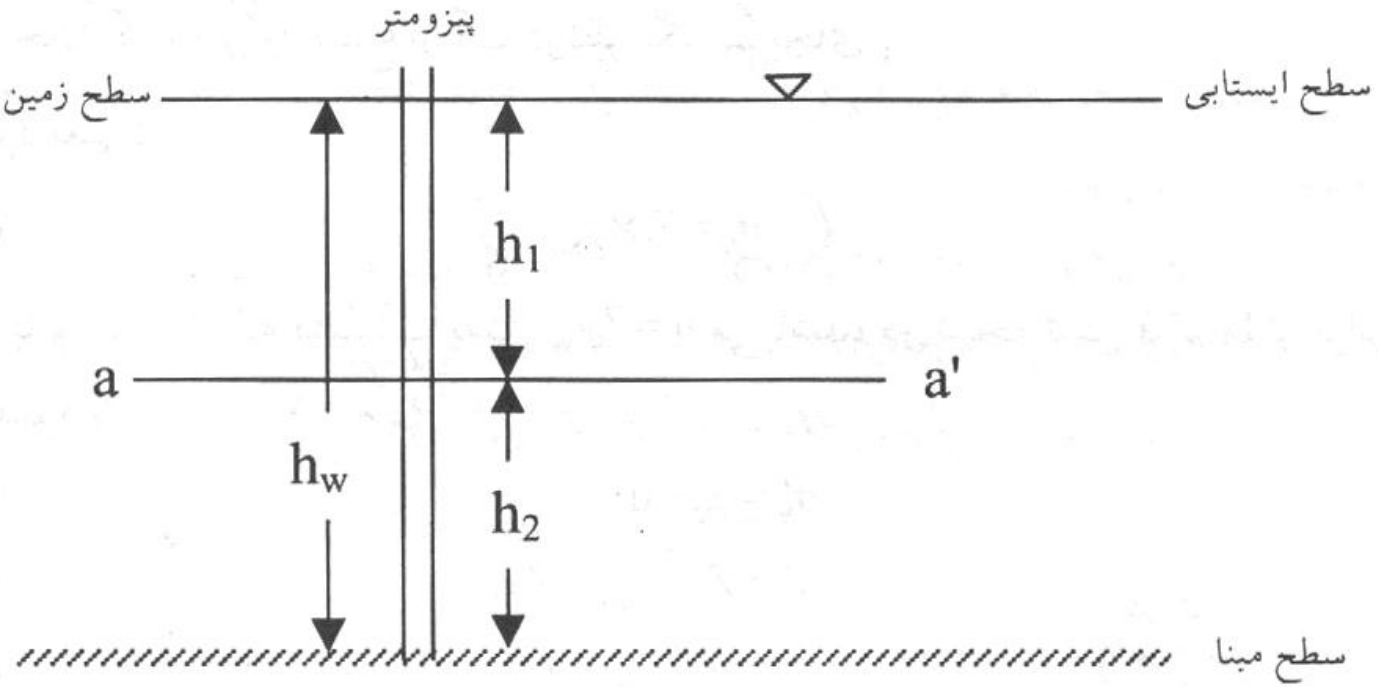
تراکم پذیری و تحکیم

یک مجموعه خاک از دانه های جامد و حفره ها تشکیل گردیده است. اجزاء جامد خاک یا سنگ و مولکولهای آب تحت تأثیر تنش ، تراکم پذیر نیستند فقط مولکولهای هوا به میزان زیادی تراکم پذیر هستند. (شکل 5-1) خاکهای اشباع در صورتی تجدید آرایش می یابند که مقداری آب از داخل خاک خارج شود.

فشار هیدرواستاتیک = $u = h_w \gamma_w = (h_1 + h_2)\gamma_w$

h_w= فشار کل

u= فشار منفذی



شکل ۵ـ۱ فشار آب ساکن در توده خاک اشباع

تنش کل $\sigma = \sigma' + u$

در نتیجه تنش مؤثر برابر است با:

تنش مؤثر $\sigma = \sigma' - u$

تنش قائم مؤثر
بر اثر وزن توده خاك

- طبق تعریف و با توجه به شکل 5-2 تنش در نقطه A برابر است.

$$\sigma_v = \gamma_t \times Z$$

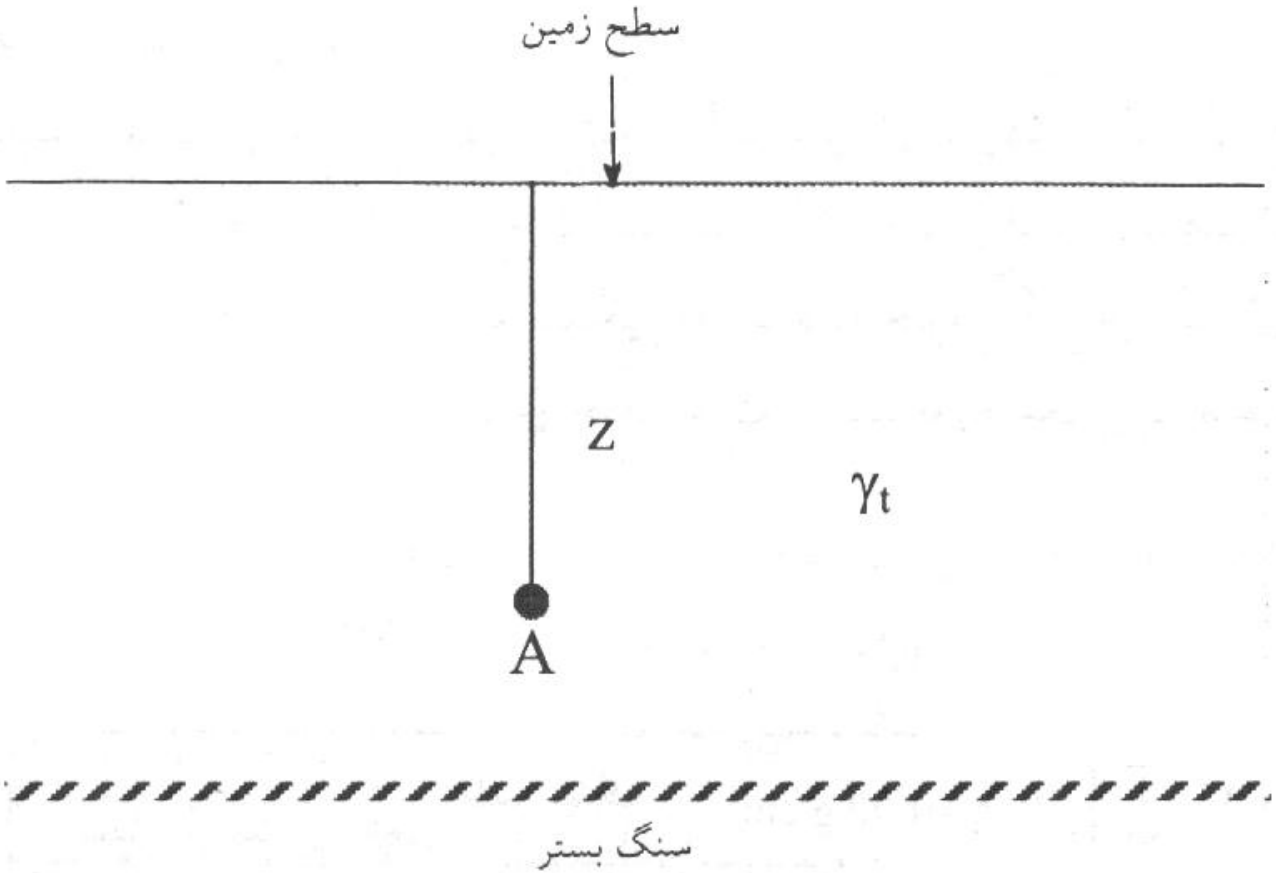
Z= ارتفاع ستون خاك

γ_t= وزن واحد حجم خاك

σ_v= تنش مؤثر قائم

اگر خاک را اشباع از آب در نظر بگیریم.

$$\sigma_v = Z \times \gamma_{sat}$$



شکل ۵ـ۲ مفهوم تنش قائم

تنش قائم مؤثر

بر اثر وزن توده خاك

- اگر فشار آب w بر تنش قائم موثر برابر است با:

$$\sigma'_v = \sigma_v - u$$

$$\sigma'_v = Z \times \gamma_{zt} - Z\gamma_w$$

$$\sigma'_v = Z(\gamma_{zt} - \gamma_w)$$

$$\sigma'_v = Z\gamma_{sub}$$

پدیده تحکیم و تورم:

- کلیات:

خروج آب از بین خلل و فرج خاک ، تحت اثر بارگذاری و نهایتاً کاهش حجم و نشست خاک را تحکیم گویند. پدیده تورم عکس پدیده تحکیم است.

جهت بررسي تأثير تنش مؤثر در تفسير تنش كل با فرض نفوذپذيري خاك ، شكل 5-4 مفهوم پديده تحكيم را توجيه و تفسير مي نماييم.

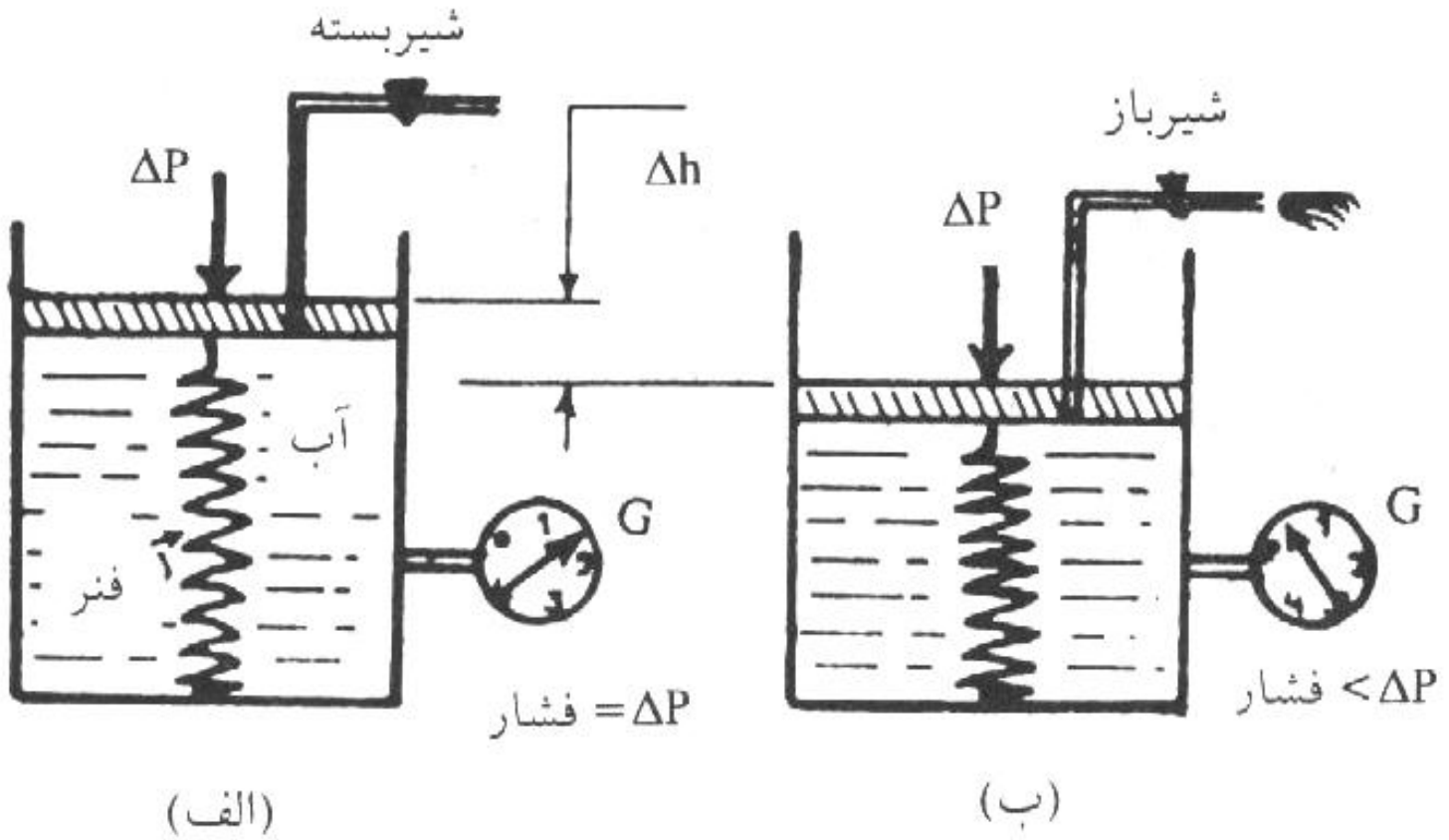
پدیده تحکیم و تورم:

اگر شیر خروجی آب بسته $\Delta\sigma = \Delta u$

بسته $\Delta\sigma' = 0$

اگر شیر خروجی آب باز باشد $\Delta u \to 0$

$$\Delta\sigma' \to \Delta\sigma$$



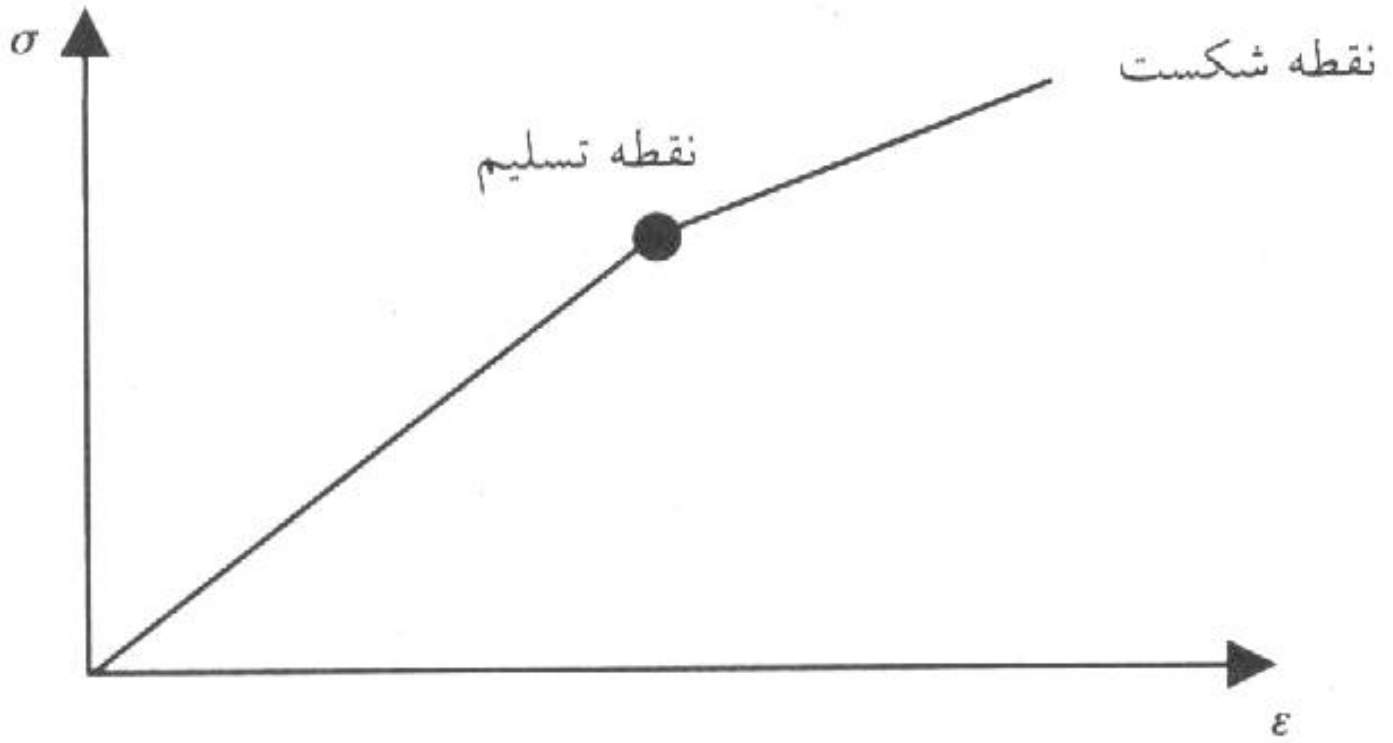
شکل ۵ـ۴ مفهوم پدیده تحکیم

نشست یا تراکم پذیری

- کلیات:

مواد وقتی که تحت تأثیر تنش قرار می گیرند تغییر شکل پیدا می کنند.

- انواع نشست:
  - تغییر شکل الاستیک (برگشتی) یا نشست الاستیک یا ارتجاعی
  - تغییر شکل پلاستیک (خمیری) یا نشست پلاستیک یا خمیری



شکل ۵-۶ نمودار هوک برای فولاد(منحنی الاستیک و پلاستیک)

نشست خاك

با فرض $V_{S=1}$ ، $e = \frac{V_V}{V_S}$ و حجم کل $V = 1 + e$

در نتیجه $\Delta V = \Delta_e$

مقدار نشست برابر است با:

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{\Delta e}{V} = \frac{\Delta v}{V}$$

$$\frac{\Delta H}{H} = \frac{\Delta e}{1+e} \Rightarrow \Delta H = \frac{\Delta e}{1+e}.H$$

انواع دگرشکلی یا نشست

الف) نشست یا دگرشکلی ارتجاعی (قابل برگشت)

در این حالت:

- خاک پس از حذف تنش به حالت اولیه بر می‌گردد.
- زمان عمل کوتاه
- بیشتر در خاکهای دانه درشت مانند شن و ماسه که پدیده تحکیم در آنها وجود ندارد اتفاق می افتد.

انواع دگرشکلی یا نشست

ب) نشست یا دگرشکلی پلاستیکی (غیرقابل برگشت)

- در این حالت خاك پس از حذف تنش به حالت اولیه بر نمی گردد.
- مدت زمان عمل نیز طولانی و تدریجی
- در خاکهای رسی اشباع در اثر خروج آب موجود در لابلای ذرات ایجاد می شود.

رابطه نشست الاستیک

برای پی های سطحی

در این رابطه:

$$S = q.B\frac{1-\mu^2}{E_s}.I_w$$

S= نشست

q= مقدار بار

B= قطر صفحه بارگذاري

μ= ضریب پواسون

E= مدول الاستیسیته

I_w= ضریبي که به شکل صفحه بارگذاري دارد.

جدول ۵-۱ مقادیر I_W

شکل پی	پی قابل انعطاف (Iw)			پی کاملاً صلب Iw
	مرکز	گوشه	متوسط	
دایره	۱۱۰۰	لبه ۰/۶۴	۰/۸۵	۰/۸۸
مربع	۱/۱۲	۰/۵۶	۰/۹۵	۰/۸۲
مستطیل نسبت طول به عرض (L/B)				
۱/۵	۰/۳۶	۰/۶۸	۱/۱۵	۱/۰۶
۲	۰/۵۳	۰/۷۷	۱/۳۰	۱/۲۰
۵	۲/۱۰	۱/۰۵	۱/۸۳	۱/۷۰
۱۰	۲/۵۴	۱/۲۷	۲/۲۵	۲/۱۰
۱۰۰	۴/۰۱	۲/۰۰	۳/۶۹	۳/۴۰

جدول ۵-۲ مقادیر ضریب پواسون μ برای خاکهای مختلف

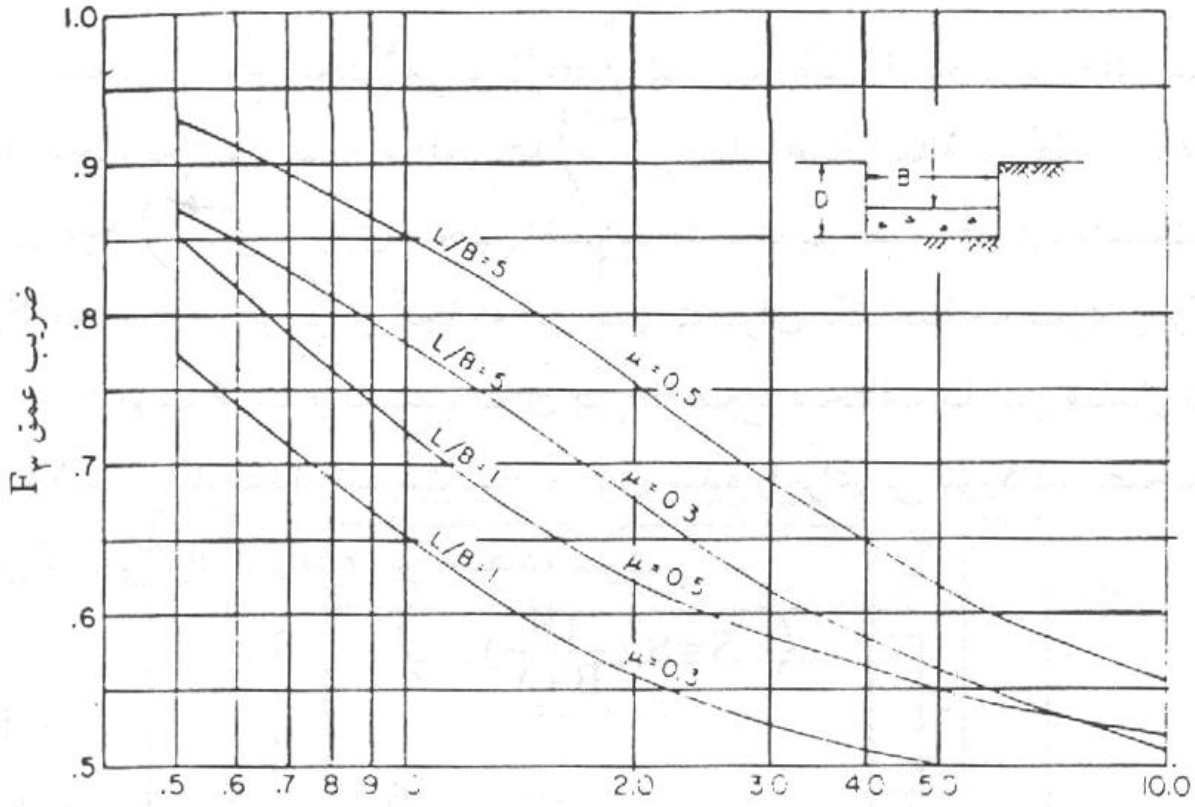
نوع خاک	μ
رس اشباع	۰/۴ – ۰/۵
رس غیراشباع	۰/۱ – ۰/۳
رس ماسه‌دار	۰/۲ – ۰/۳
سیلت	۰/۳ – ۰/۳۵
ماسه (متراکم)	۰/۲ – ۰/۴
ماسه درشت (e=۰/۴ – ۰/۷)	۰/۱۵
ماسه ریز (e=۰/۴ – ۰/۷)	۰/۲۵
سنگ	۰/۱ – ۰/۴ (بسته به نوع سنگ)
لس	۰/۱ – ۰/۳
یخ	۰/۳۶
بتن	۰/۱۵

جدول ۳-۵ مقادیر مختلف مدول الاستیسیته Es برای خاکهای مختلف

نوع خاک	Es	
	Ksi	Kg / cm^2
رس خیلی نرم	۰/۰۵-۰/۴	۳-۳۰
رس نرم ۰/۲-۰/۶	۲۰-۴۰	
رس متوسط	۰/۶-۱/۲	۴۵-۹۰
رس سخت	۱-۳	۷۰-۲۰۰
رس ماسه‌دار	۴-۶	۳۰۰-۴۲۵
رس رسوبات یخچالی	۱/۵-۲۲	۱۰۰-۱۶۰۰
لس رس‌دار	۲-۸	۱۵۰-۶۰۰
ماسه سیلتی	۱-۳	۵۰-۲۰۰
ماسه غیرمتراکم	۱/۵-۳/۵	۱۰۰-۲۵۰
ماسه متراکم	۷-۱۲	۵۰۰-۱۰۰۰
شن و ماسه متراکم	۱۴-۲۸	۸۰۰-۲۰۰۰
شن و ماسه غیرمتراکم	۷-۲۰	۵۰۰-۱۴۰۰
سنگ رس	۲۰-۲۰۰۰	۱۴۰۰-۱۴۰۰۰
سیلت	۰/۳-۳	۲۰-۲۰۰

نشست الاستیک

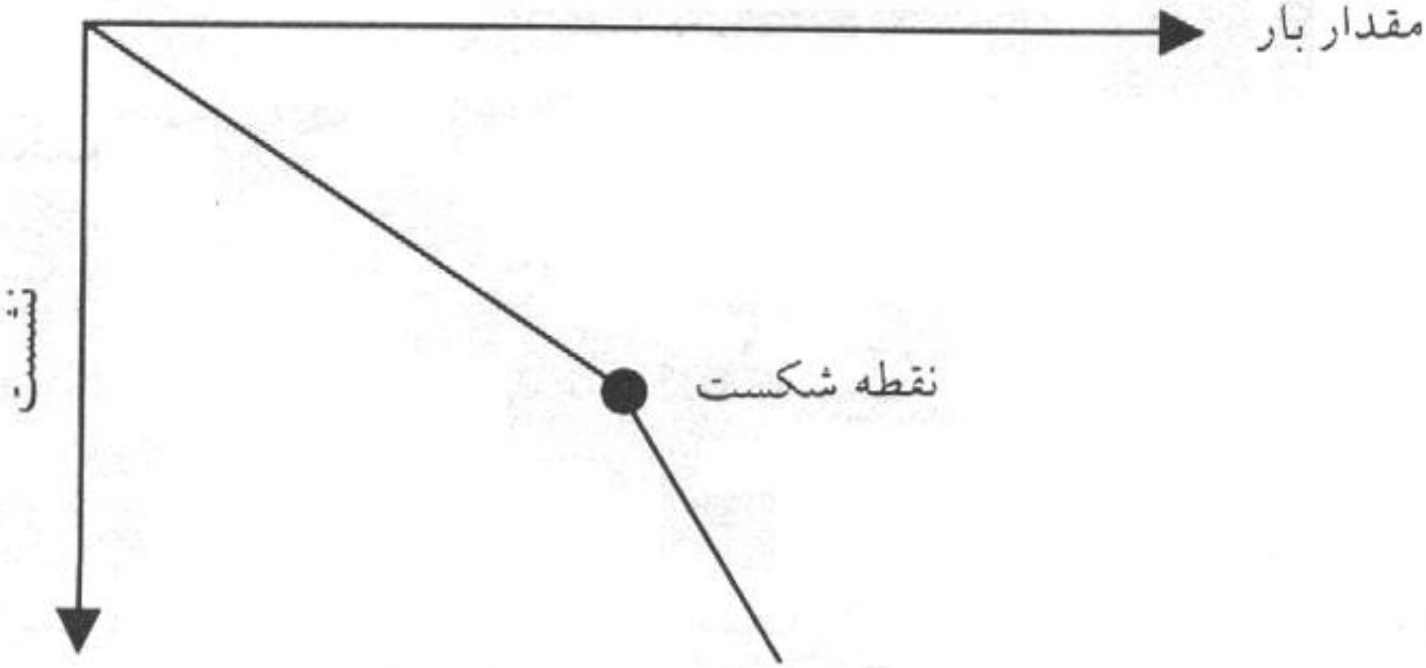
برای پی های عمقی



شکل ۵ـ۷ دیاگرام ضریب تصحیح عمق (F_3)

$$s_d = S_s.(F_3)$$

روش دیگر برای محاسبه نشست الاستیک آزمایش بارگذاری مستقیم در صحرا و استفاده از نتایج این آزمایش است. (توضیح توسط مدرس شکل 5-8)



شکل ۵ـ۸ منحنی نشست ـ مقدار بار

با تفسير منحني شكل 5-8 مي‌توان:

- نشست خاك را تحت بارهاي مختلف مورد نظر محاسبه كرد.
- سپس از روي منحني تغييرات نشست بر حسب فشار ، نشست زمين S_1 معين مي‌شود.
- با توجه به صفحه‌ايي كه روي آن بارگذاري شده ، لذا تصحيح نشست الزامي است.

$$S = S_1\left(\frac{2B}{B+1}\right)^2$$

S= نشست پي به عرض B

S_1= نشست صفحه بارگذاري در صحرا

B= عرض پي

نشست پلاستيك

(دگر شكلي پلاستيك) يا تحكيم

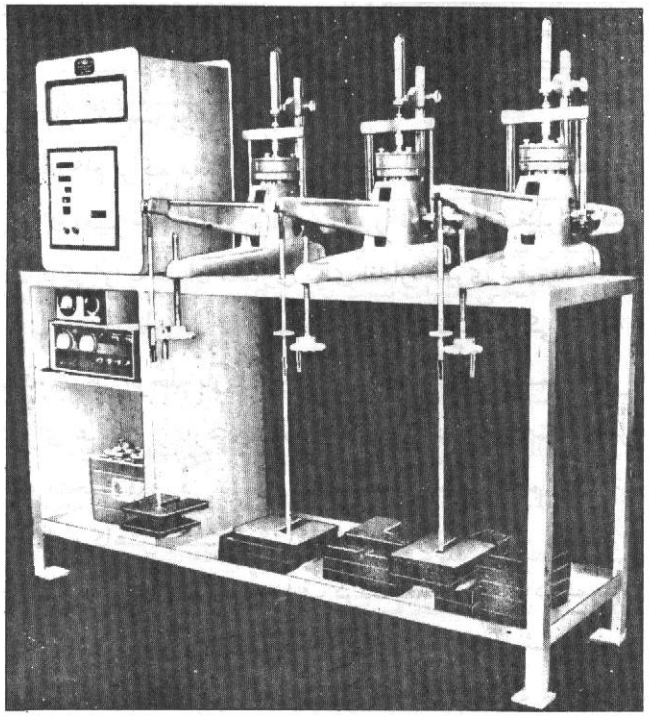
كليات:

تعريف: نشست پلاستيك عبارتست از تغيير شكل لايه خاك تحت اثر نيروهاي وارده همراه با خروج آب از حفرات خاك. در اين حالت:

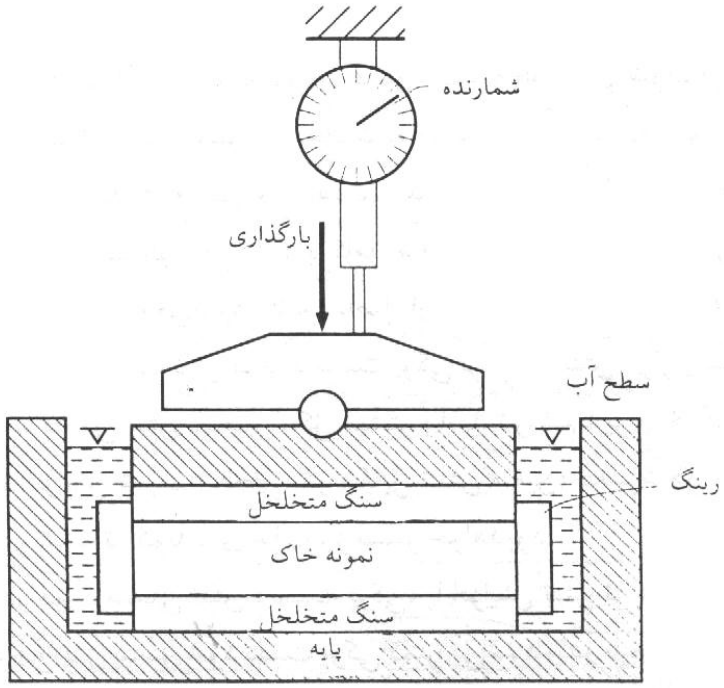
- نشست پلاستيك با حذف بار به حالت اول بر نمي‌گردد.
- خاص خاكهاي ريزدانه رسي است.
- براي تعيين مقدار آن از آزمايش تحكيم استفاده مي‌شود.

آزمایش تحکیم

آزمایش تحکیم را می‌توان بوسیله دستگاه اودوتر(شکل 5-9) انجام داد ، (شرح آزمایش روي شکل توسط مدرس)



شکل ۵-۹ دستگاه تحکیم



منحنی فشار – نسبت پوکی

(e-p)

از آنجایی که در هنگام تراکم مقدار خلل و خروج خاک یعنی نسبت پوکی آن کاهش می یابد لذا می توان تغییر حجم یک توده خاک را ناشی از تغییرات نسبت پوکی آن دانست و نسبت پوکی را به عنوان معیاری برای اندازه گیری تغییر شکل لایه خاک یا نشست به کاربرد.

منحنی فشار – نسبت پوکی

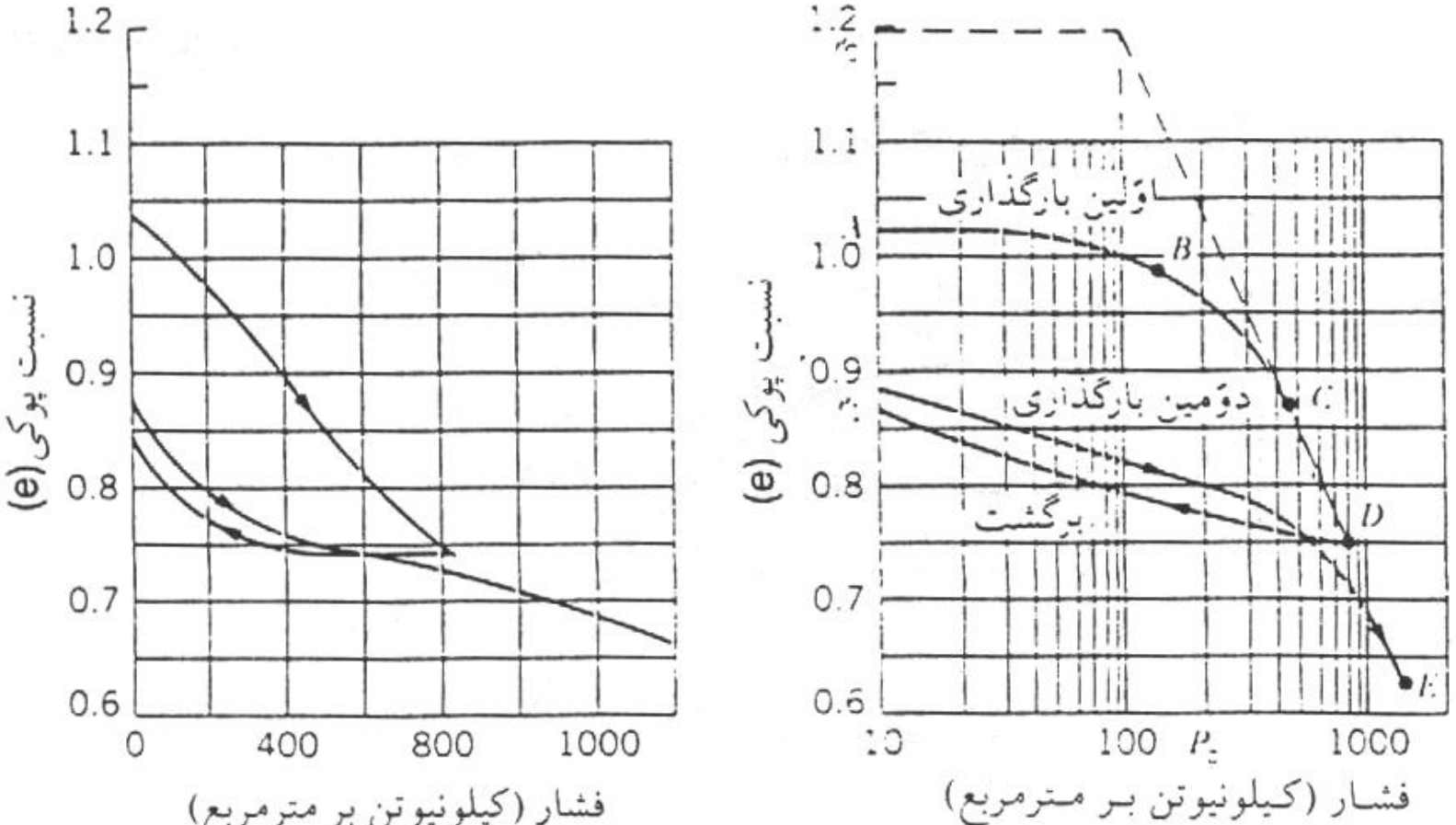
(e-p)

- روش کار و نتایج:

1. منحنی تغییرات نسبت پوکی نمونه خاک را پس از تکمیل تحکیم تحت هر مرحله بارگذاری ترسیم نمود.
2. برای رسم منحنی e-p ، پس از تغییر مقدار e برای هر یک از بارهای اعمال شده ، منحنی تغییرات e را برحسب p رسم می کنیم.(شکل 5-10)

منحنی فشار – نسبت پوکی

(e-p)



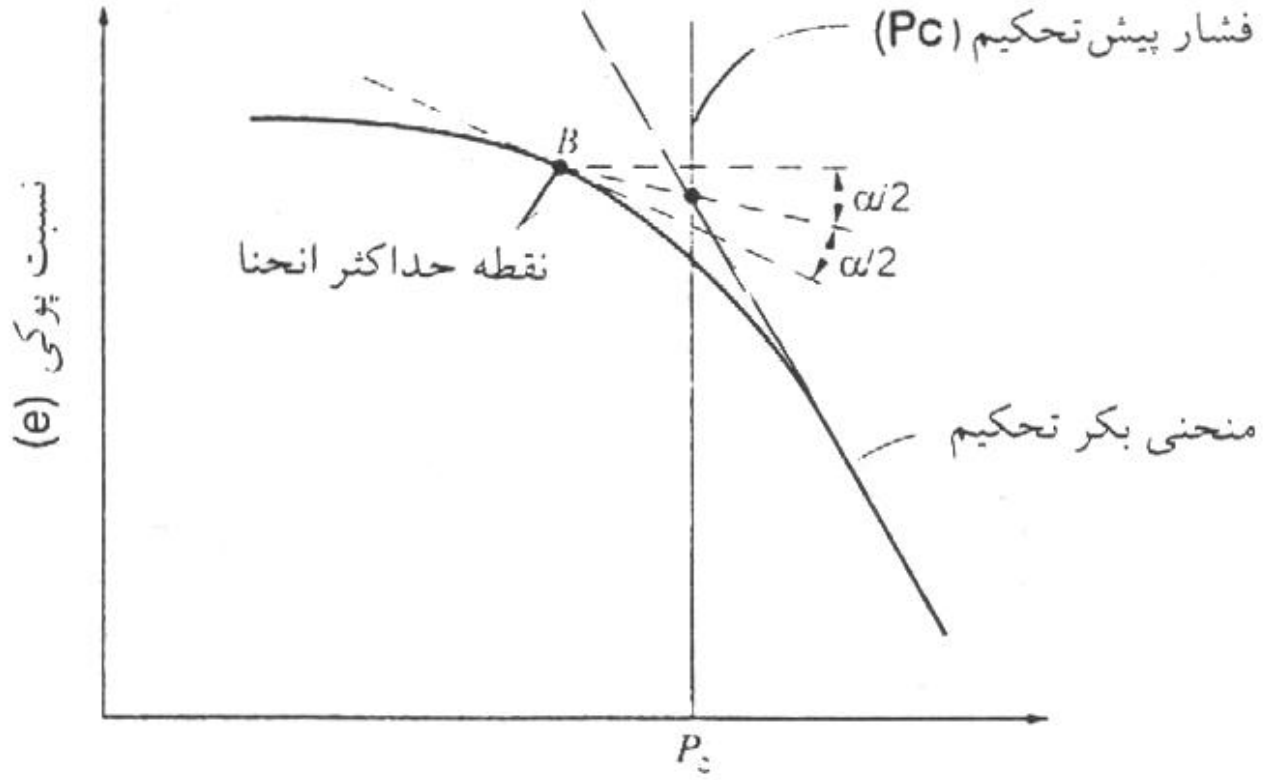
شکل ۵-۱۰ منحنی تغییرات نسبت پوکی برحسب a : فشار، b : لگاریتم فشار

منحنی فشار – نسبت پوکی

(e-p)

4. با كاهش فشار مقدار تورم در نمونه پيش مي‌آيد مانند منحني تورم
5. با حذف بار و بارگذاري مجدد منحني به نام منحني فشردگي حاصل مي‌شود.
6. طبق نظر ترزاقي e-logP را منحني تحكيم بكر گويند.
7. حداكثر فشاري را كه خاك قبل از شروع آزمايش تحمل نموده به نام فشار پيش تحكيم (P_p) مي‌نامند.

تعیین فشار پیش تحکیم



شکل ۵ـ۱۱ روش تعیین فشار پیش‌تحکیم

روش کار و نتایج:

- در جایی که منحنی تحکیم خمیدگی دارد یک مماس بر منحنی رسم می کنیم (خط AB).
- از نقطه تماس خطی افقی می کشیم (خط CD).
- نیمساز زاویه بین دو خط AB و CD را رسم می کنیم.
- قسمت مستقیم الخط منحنی e-log P را به طرف عقب ادامه می دهیم تا نیمساز را در نقطه M قطع کند. طول نقطه M مشخص کننده فشار پیش تحکیم P_p است.

ضریب تراکم پذیری

نسبی (حجمی) M_v

ضریب تراکم پذیری براساس تغییرات در نسبت پوکی

$$m_v = \frac{1}{1+e_\circ} \times \left(\frac{e_\circ - e_1}{\sigma'_1 - \sigma'_\circ}\right)$$

رابطه تغییر شکل نمونه خاك

$$m_v = \frac{d\varepsilon}{d\sigma'}$$

ضریب تراکم پذیری براساس تغییر حجم

$$m_v = \frac{1}{H}\left(\frac{H_\circ - H_1}{\sigma'_1 - \sigma'_\circ}\right)$$

در این رابطه:

ε: تغییر شکل نمونه

H_o: طول اولیه نمونه

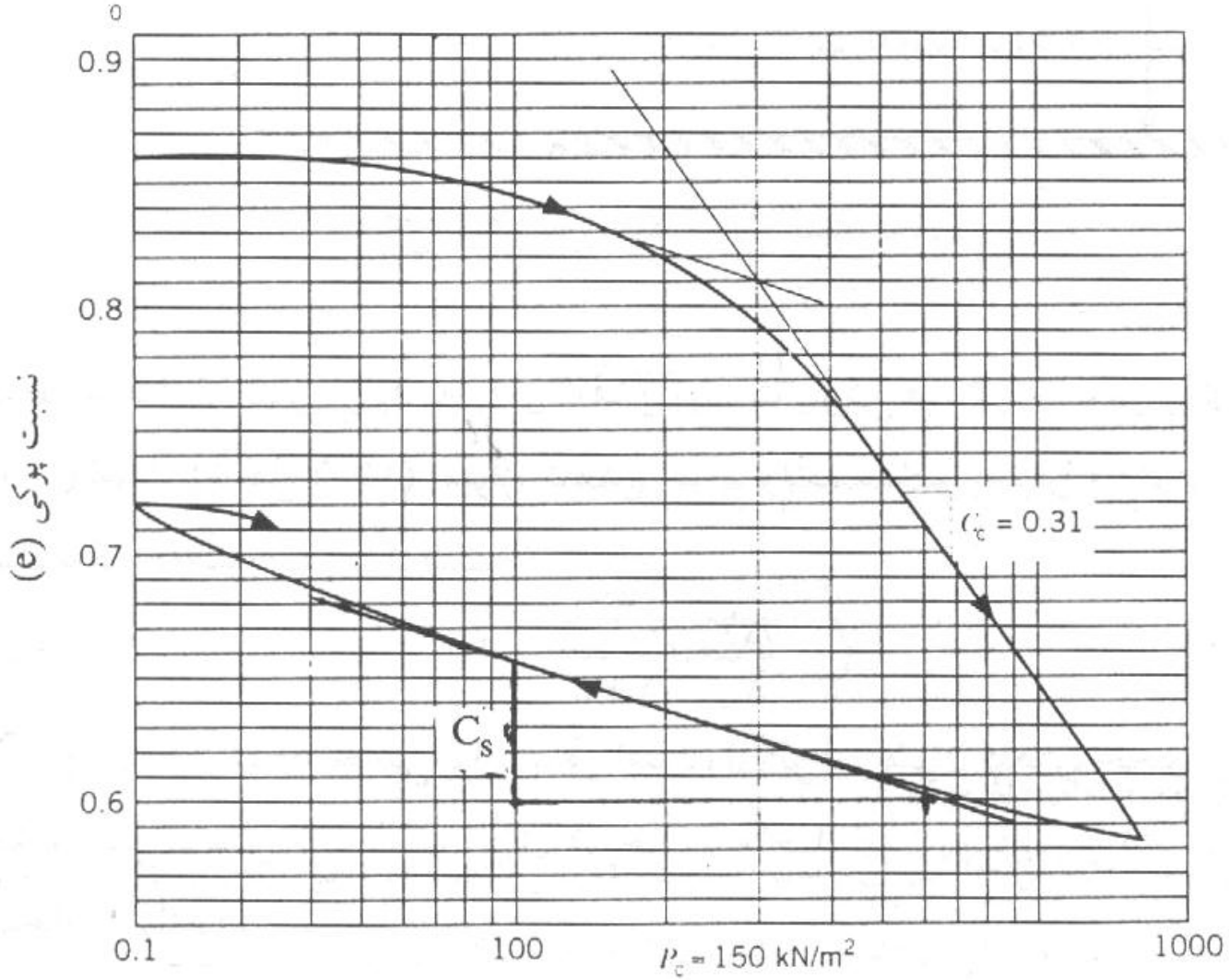
H_1: طول نمونه بعد از وارد نمودن تنش σ_1

ضریب تراکم پذیری:

رابطه نسبت پوکي پس از تحکیم اولیه $a_v = m_v(1+e_\circ)$

شاخص فشردگی (شاخص تراکم=C_c) $C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 / P_1}$

مقدار شاخص تورم $C_s = \frac{e_1 - e_2}{\log \sigma_2 / \sigma_1}$



شکل محاسبه C_c و C_s

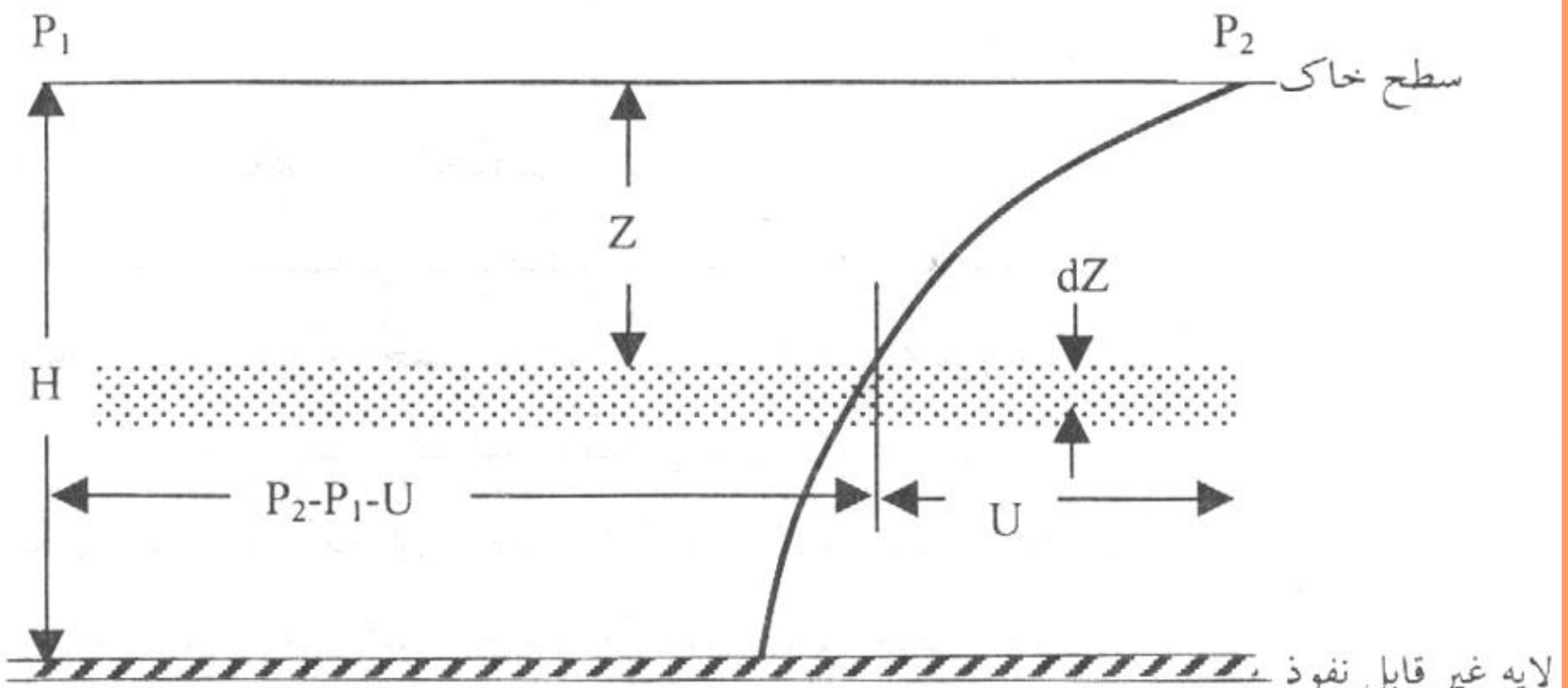
نشست حاصل از تحکیم

روش کار و نتایج:

- برای محاسبه نشست بر اثر تحکیم باید مقدار افزایش تنش ناشی از بارگذاری در عمق مورد نظر و همچنین شاخص تراکم مشخص گردد.

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0}$$

$$S_c = \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} dz$$



شکل ۵ـ۱۴ مفهوم درجه تحکیم

نشست حاصل از تحکیم

$$C_v = \frac{k}{m_v . \gamma_w}$$

ضریب تحکیم پذیری

کاربرد ضریب تحکیم پذیري اهمیت خاصي در پروژه‌هاي عمراني دارد و از روشهاي مختلف قابل محاسبه است.

نشست حاصل از تحکیم

درجه تحکیم

$$u_z = \frac{e_\circ - e}{e_\circ - e_1}$$

u_z: درجه تحکیم در یک لحظه زمانی معین در عمق Z

e_0: نسبت پوکی قبل از شروع تحکیم

e_1: نسبت پوکی در خاتمه تحکیم

e: نسبت پوکی در زمان موردنظر در حین تحکیم

نشست حاصل از تحکیم

رابطة درجه تحکیم بر عمق Z

$$U_z = \frac{P_2 - P - u}{P_2 - P_1}$$

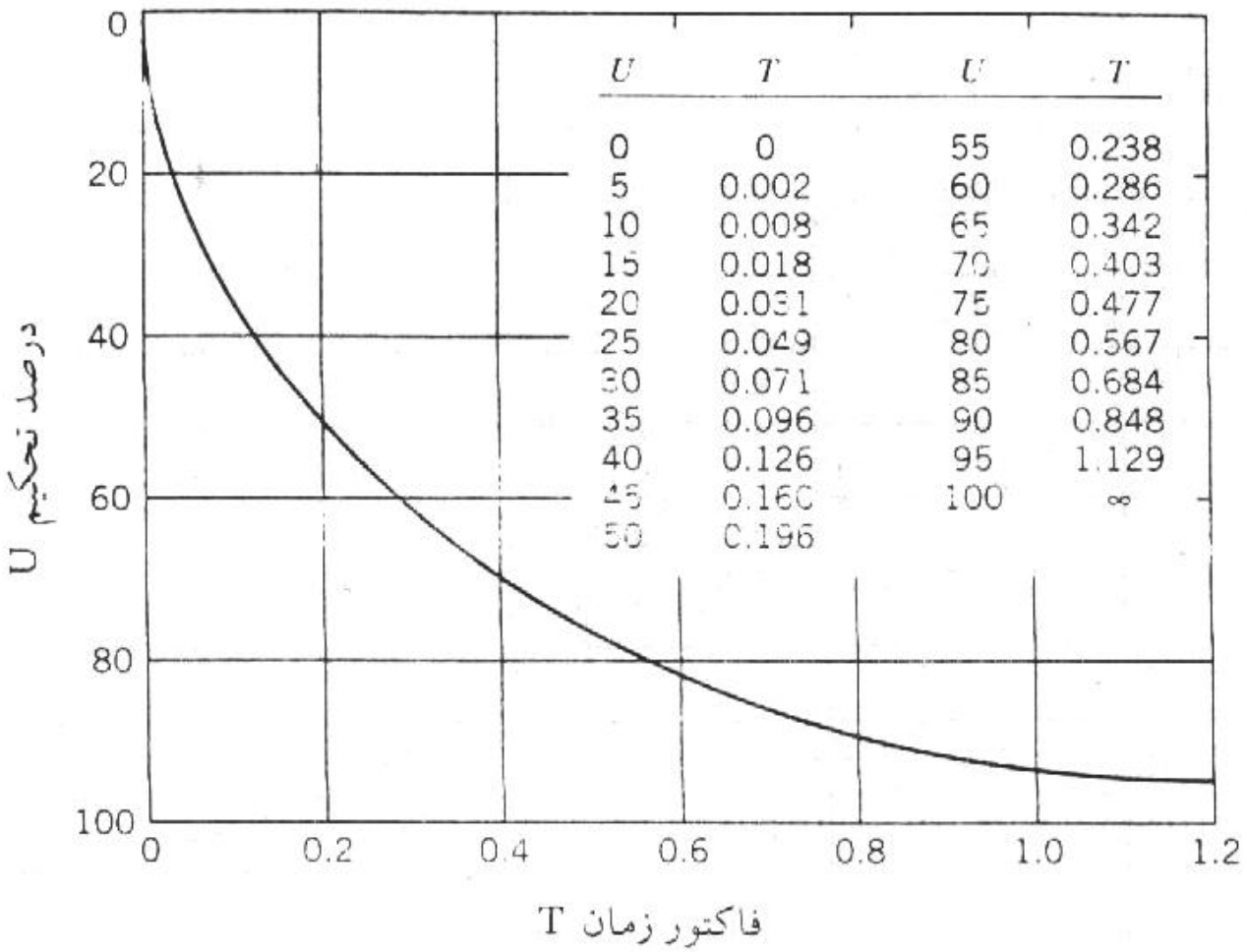
درصد تحکیم براساس زمان

$$U\ \% = f(T)$$

طبق نظريه ترزاقي در اين رابطه

$$T \approx C_v \frac{t}{H^2}$$

مي‌باشد



U	T	U	T
0	0	55	0.238
5	0.002	60	0.286
10	0.008	65	0.342
15	0.018	70	0.403
20	0.031	75	0.477
25	0.049	80	0.567
30	0.071	85	0.684
35	0.096	90	0.848
40	0.126	95	1.129
45	0.160	100	∞
50	0.196		

شکل ۵ـ۱۵ متوسط درصد تحکیم برحسب فاکتور زمان

نشست حاصل از تحکیم

- ضریب تحکیم در حالتهای مختلف زهکشی:

الف) جایی که نمونه از هر دو طرف زهکشی می شود:

$$C_v = \frac{0/96H^2}{t50}$$

ب) جای که نمونه فقط از یک طرف زهکشی می شود:

$$C_v = \frac{0/96H^2}{t50}$$

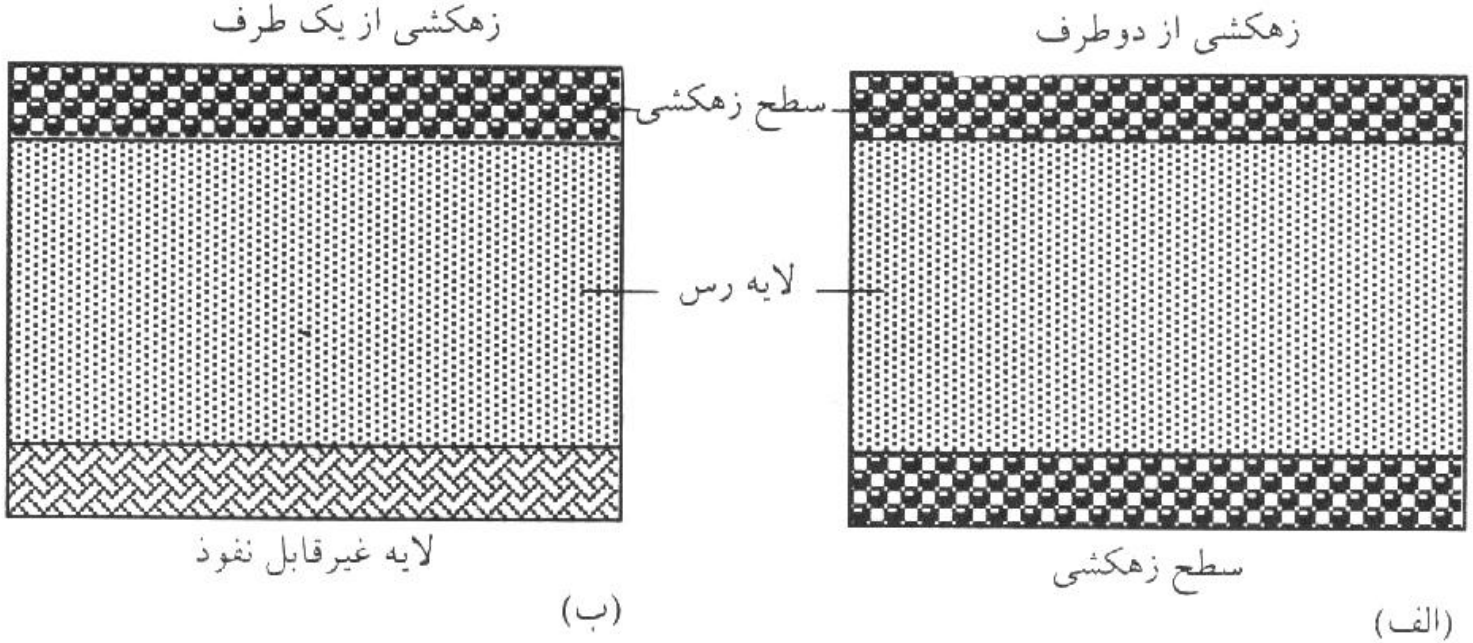
نشست حاصل از تحکیم

ضریب تحکیم در سیستم جذر زمان می توان از رابطه:

$$T = \frac{C_v t}{H^2}$$

با توجه به اینکه T_{90} در شکل 5-15 مقداری در حدود 848/0 است

ضریب تحکیم براي حالتهاي مختلف زهکشي نمونه به صورت زیر است:



شکل ۵ـ۱۸ زهکشی نمونه خاک a- از دو طرف b- از یکطرف

$$C_v = \frac{0/848H^2}{4t_{90}}$$

الف: جایی که نمونه از دو طرف زهکشی می شود

$$C_v = \frac{0/848H^2}{t_{90}}$$

ب: جایی که نمونه از یک طرف زهکشی می شود

فصل ششم:

مقاومت خاك

حسن اسدی‌نیا عضو هیأت علمی گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور

هدف کلي

- آشنایی با مفهوم تنش ، انواع تنش ها و روابط مربوطه
- آشنایی با انواع مقاومت ها
- روش های اندازه گیری مقاومت خاک

هدفهاي رفتاري

جهت دستيابي دانشجويان عزيز به اهداف فوق ، با ملاحظه اين فصل بايد قادر به انجام موارد زير باشيد:

- آشنايی با مفاهيم: تنش ، تنش برشی ، تنش قائم ، تغيير شكل ، تغيير شكل نسبی ، مقاومت برشی ، سطوح اصلی ، سطوح برشی ، دوايـر موهر ، منحنی يوشی گسيختگی ، چسبندگی ، زاويه اصطكاک داخلی
- رابطه تنش – تغيير شكل در خاک
- دايره موهر
- مقاومت خاكها

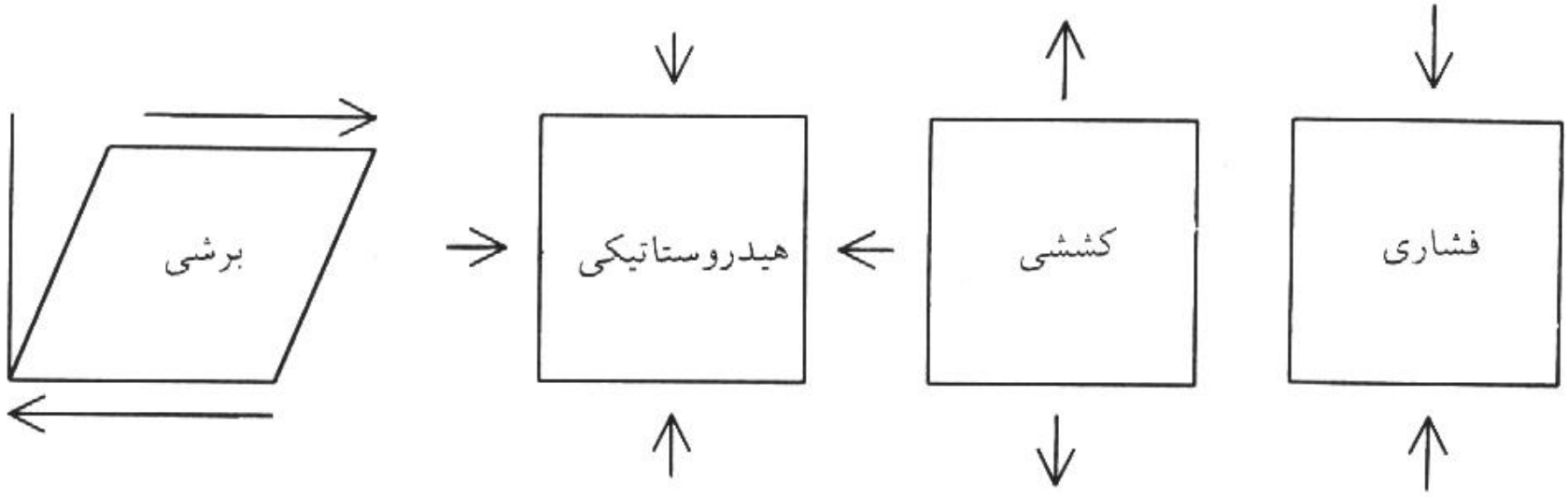
کلیات

- مشخصه يك نيرو عبارتست از:
  - نقطه اثر
  - مقدار
  - جهت
  - امتداد
- تعريف تنش:
  - مقدار نيروي وارد بر واحد سطح هر جسم را گويند.

کلیات

- نیروهایی که بر یک جسم اثر می کنند عبارتند از:

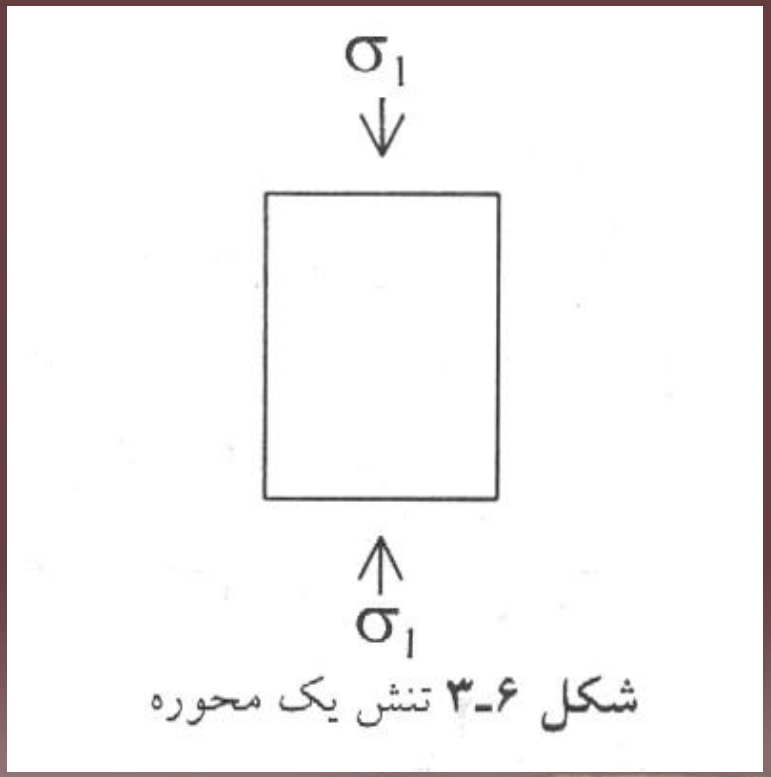
  - نیروهای کششی
  - نیروهای فشاری
  - نیروهای برشی
  - نیروهای هیدرواستاتیکی



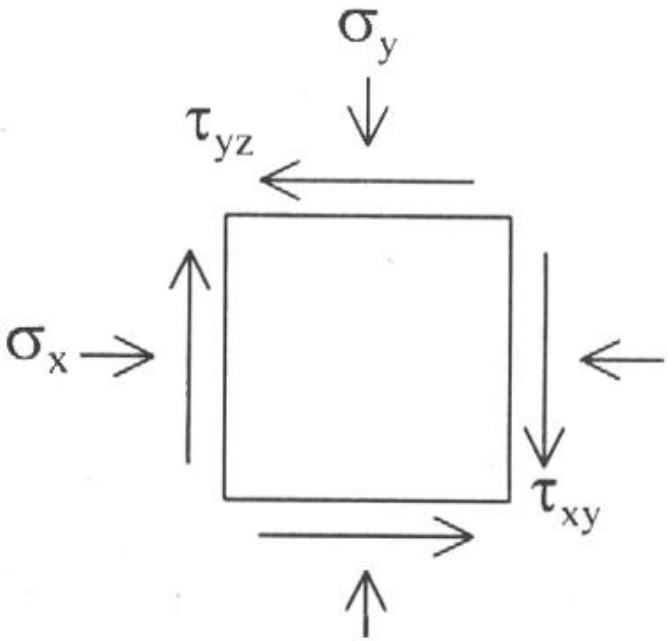
شکل ۶ـ۱ انواع نیروهایی که بر یک جسم اثر می‌کند

انواع تنش

1- تنش یک محوري:



شکل ۶ـ۳ تنش یک محوره



شکل ۶ـ۲ تنشهای عمودی و برشی

انواع تنش

1- تنش یک محوري:

رابطه تنش عمودی تک محوری

$$\sigma_\theta = \frac{1}{2}\sigma_1 = \frac{1}{2}\sigma_1 \cos 2\theta$$

رابطه تنش برشی تک محوری

$$\tau_\theta = \frac{1}{2}\sigma_1 \sin 2\theta$$

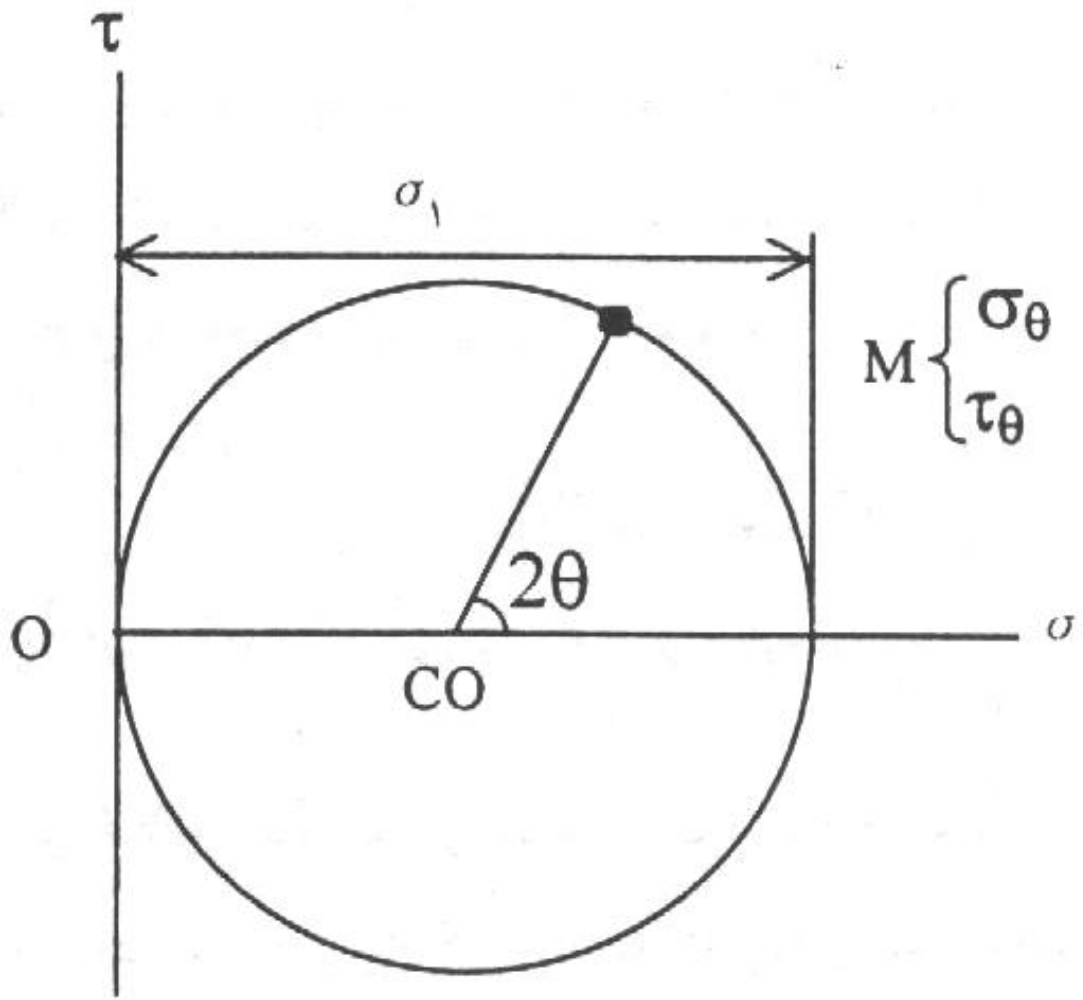
معادله دایره ای با متغیرهای $\theta\sigma$ و $\theta\tau$ و مرکز $C\left(\frac{\sigma}{2}, 0\right)$ به نام دایره موهر

انواع تنش

1- تنش یک محوري:

$$(\sigma\theta - \frac{1}{2}\sigma_1)^2 + \tau_\theta^2 = (\frac{1}{2}\sigma_1)^2$$

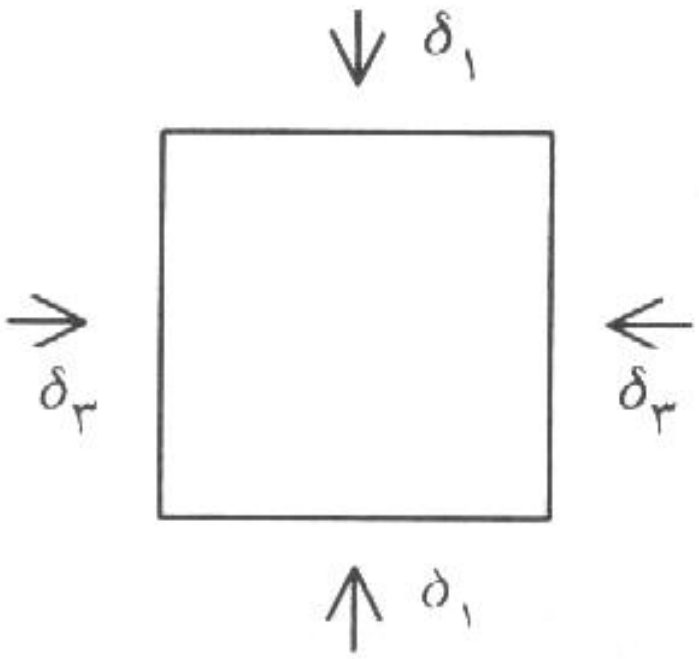
در صورتیکه این دایره در دستگاه محور مختصات عمود بر هم رسم شود مي‌توان توسط آن تنش‌ها را در هر نقطه از جسم توسط دایره موهر (Mohr) نمایش داد.



شکل ۶ـ۴ دایره موهر برای تنش یک محوره

انواع تنش

2- تنش دو محوري:



۵ـ۶ تنش دو محوری

انواع تنش

2- تنش دو محوري:

تنش عمودی دو محوری

$$\sigma_\theta = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) + \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)\cos 2\theta$$

تنش برشی دو محوری

$$\tau_\theta = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)\sin 2\theta$$

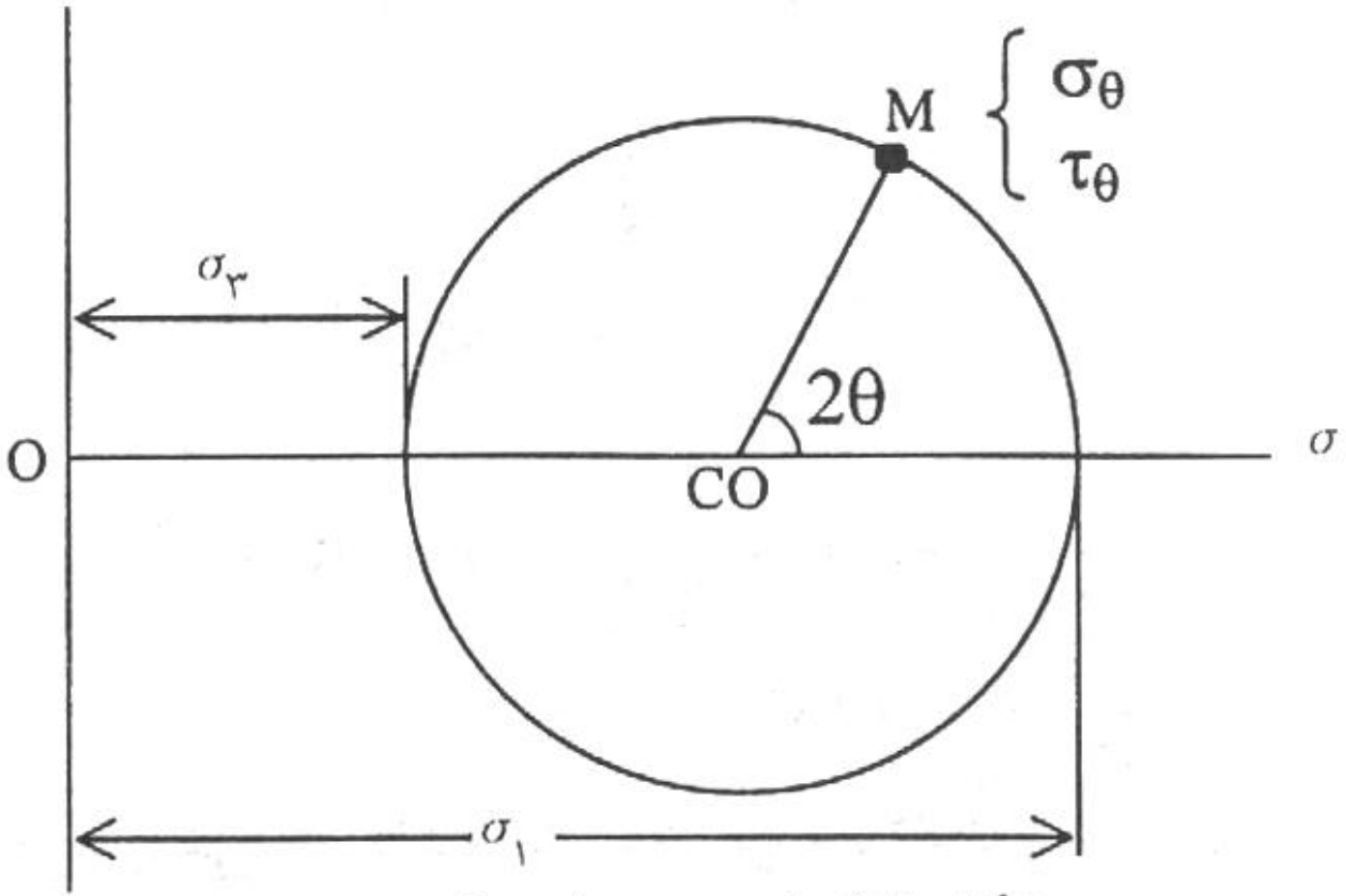
معادله پارامتری یک دایره

$$(\sigma_\theta - \sigma_{av})^2 + \tau_\theta^2 = \tau_{\max}^2$$

مختصات دایره عبارت خواهد بود از:

شعاع $\tau_{\max} = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$

مرکز $C(\sigma_{av}, \circ)$

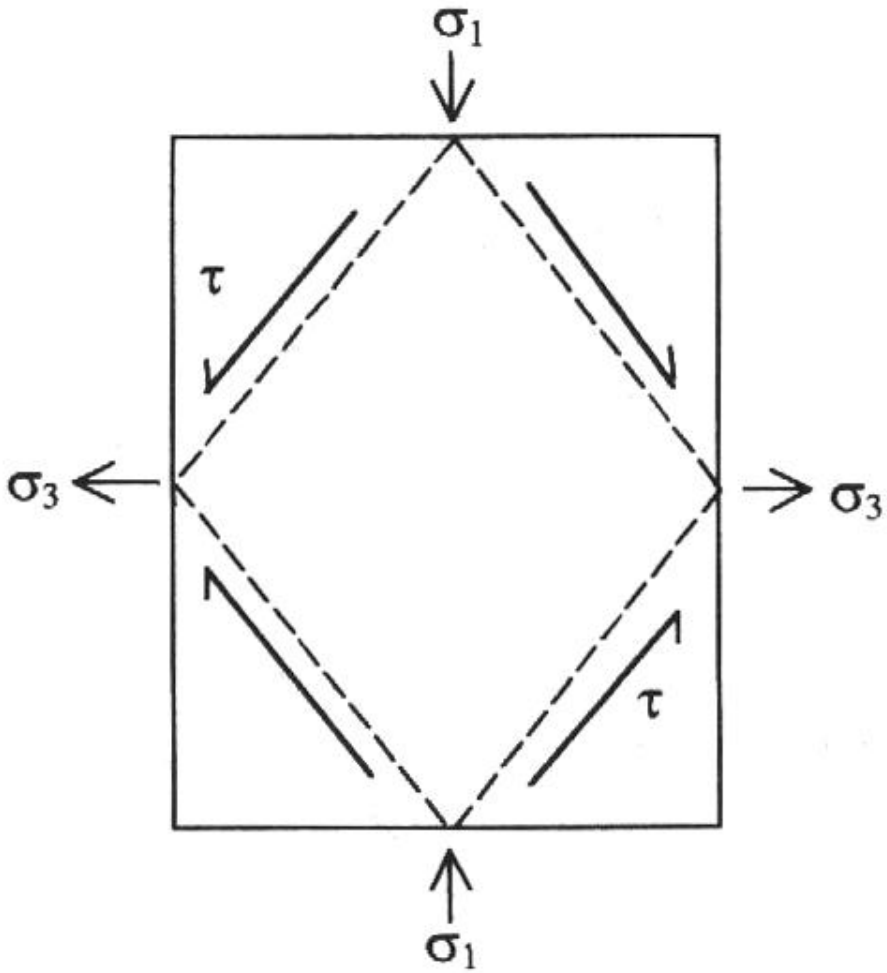


شکل ۶ـ۶ دایره موهر برای تنش دو محوری

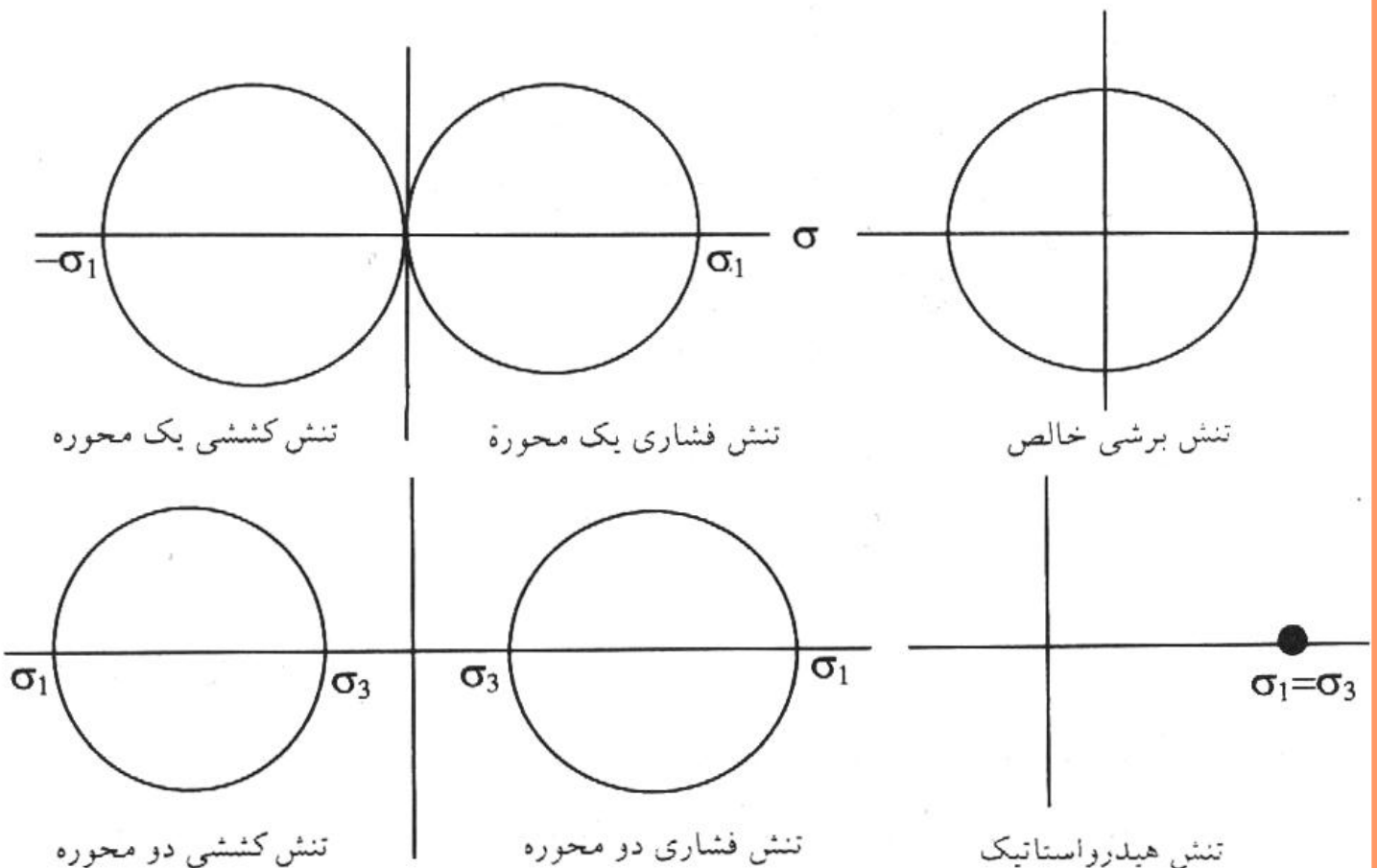
سطوح اصلی و برشی خالص
در یک جسم

در میان سطوح اجسامی که تحت تأثیر تنشهای عمودی و برشی قرار می گیرند. شرایط زیر برقرار است:

- دو سطح عمود بر هم وجود دارد که در آنها تنش برشی (τ) صفر است.
- فقط تنشهای عمودی بزرگتر و کوچکتر (σ_1 و σ_3) وجود دارند.
- این صفحات به نام سطوح اصلی و تنشهای عمودی وارد بر این سطح را تنشهای اصلی گویند.
- در میان سطوح یك جسم دو سطح عمود بر یکدیگر وجود دارد که در آنها تنش عمودي (σ) صفر است. این صفحات را سطوح برشي خاص و تنش‌هاي برشي وارد بر این صفحات را به نام تنش‌هاي برشي خاص گویند.



شکل ۶ـ۷ صفحات اصلی و برشی خالص در یک جسم



شکل ۶ـ۸ نمایش انواع مختلف تنش با دایره موهر

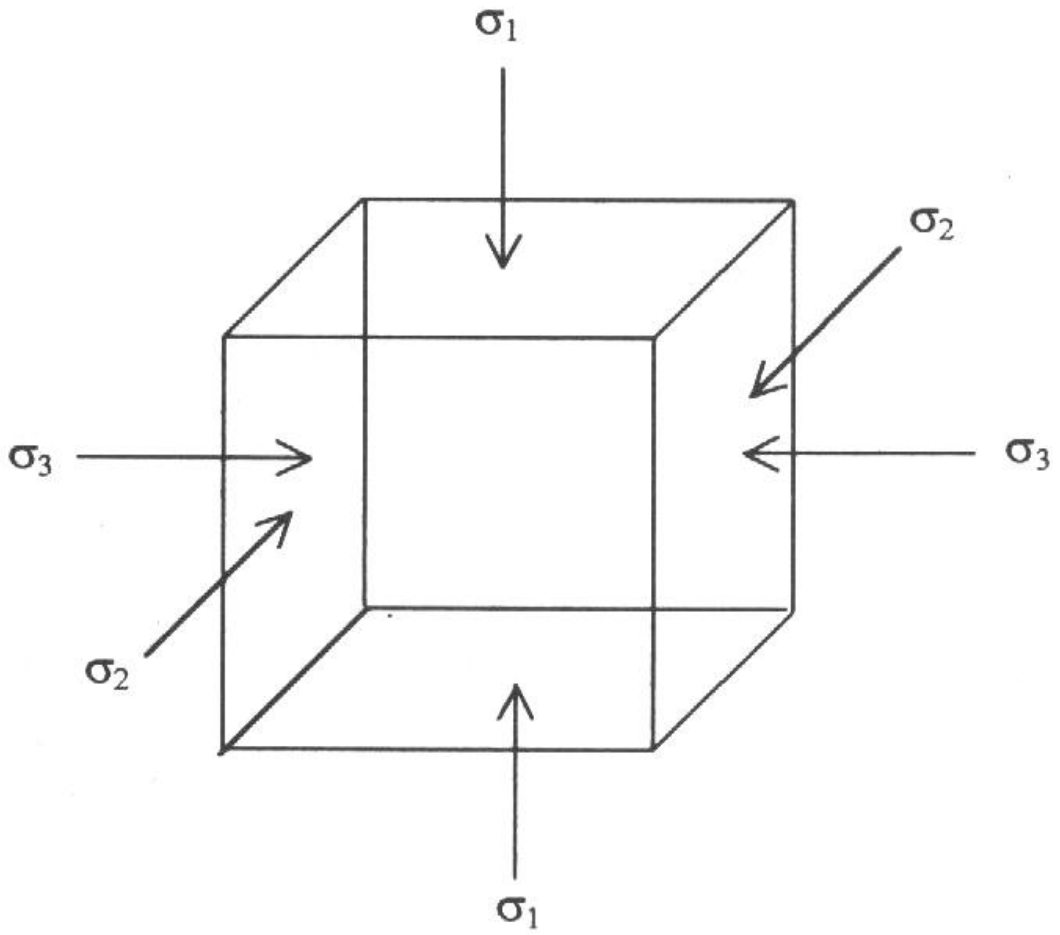
انواع تنش

3- تنش سه محوري:

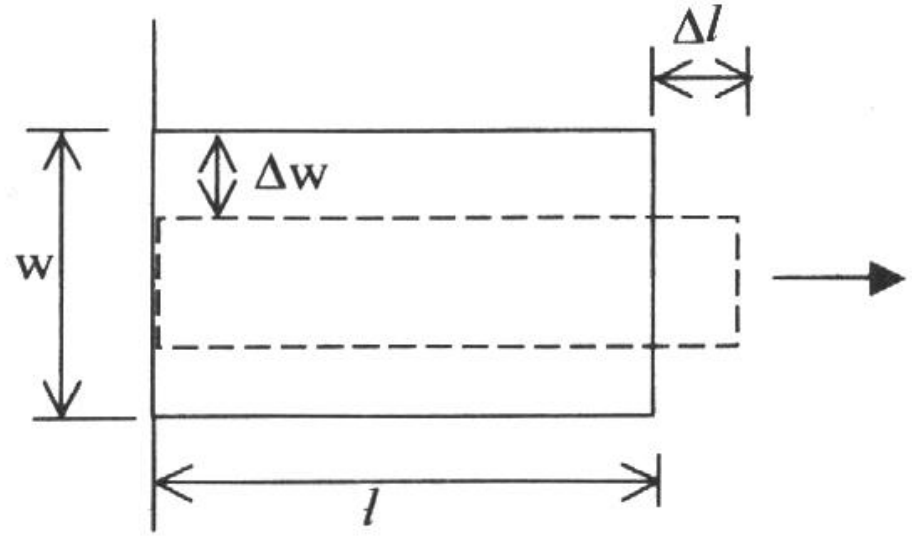
اگر جسم در 3 امتداد عمود بر هم تحت تأثیر نیروهای فشاری قرار گیرد (P_1 و P_2 و P_3)، تنشها در مقاطع عمود بر امتداد نیروهای فوق به طور یکنواخت توزیع می شوند و برابر است با:

$$\sigma_3 = \frac{P_3}{A_3} , \sigma_2 = \frac{P_2}{A_2} , \sigma_1 = \frac{P_1}{A_1}$$

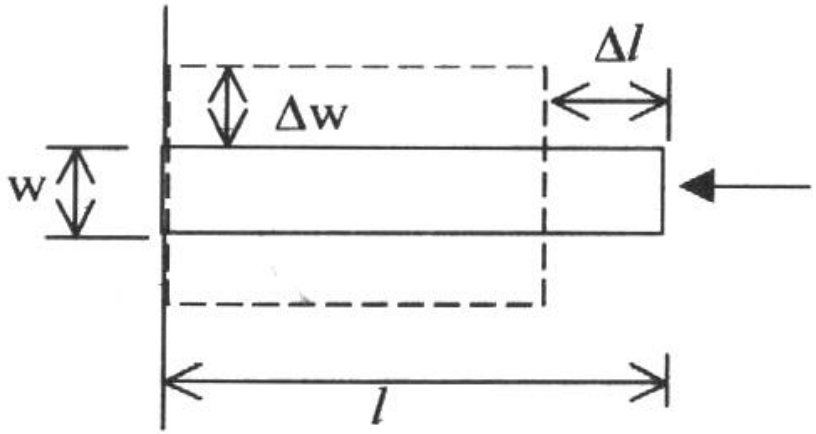
تنشهای σ_1 و σ_2 و σ_3 تنشهی اصلی هستند و رابطه زیر بین آنها وجود دارد. $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$



شکل ۶ـ۹ تنش سه محوره



تنش کششی



تنش فشاری

شکل ۶ـ۱۰ تغییر شکل نسبی در جسم تحت تنش

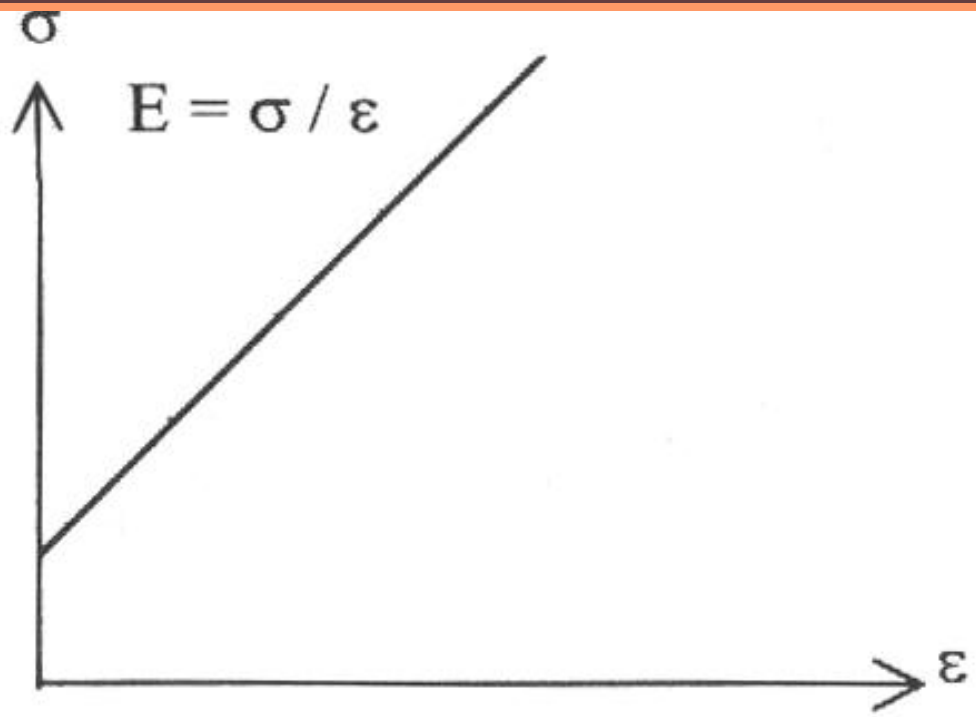
رابطه بین تنش – تغییر شکل نسبی یا کرنش:

تنش – تغییر شکل نسبی طولی

با تقسیم نیرو بر مساحت سطح مقطع جسم ، تنش و با تقسیم ازدیاد طول بر طول اولیه جسم کرنش ایجاد شده محاسبه می شود. می توان منحنی تنش- کرنش را برای هر سه جسم رسم نمود.

منحنی کامل تنش – کرنش دارای 3 مرحله است:

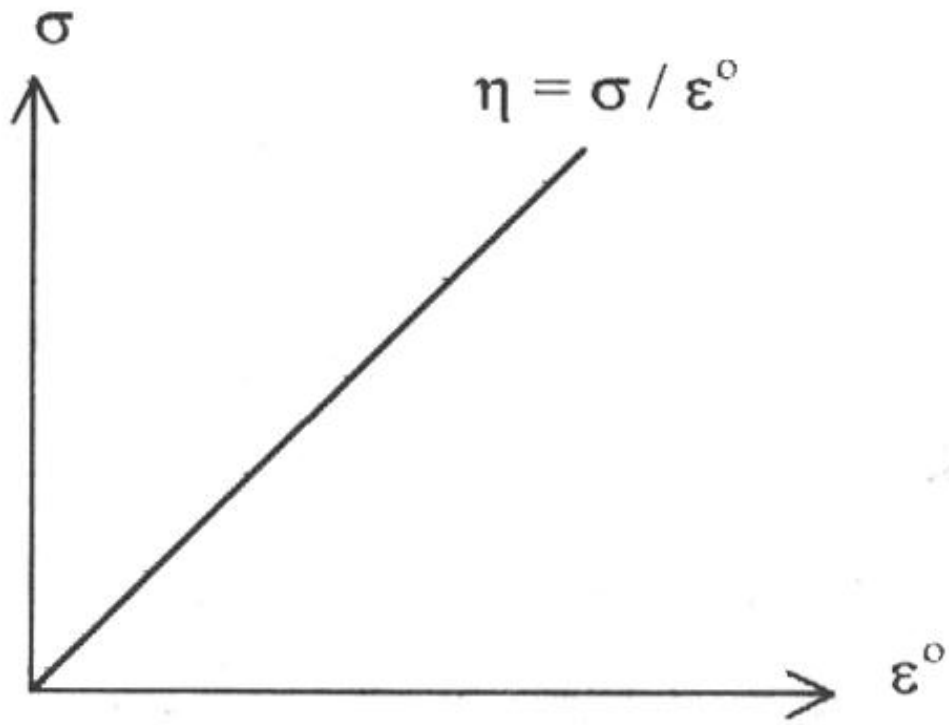
الف) مرحله الاستیک یا کشسانی



شکل ۶ـ۱۱ نمودار تنش ـ کرنش در جسم کشسان

منحنی کامل تنش – کرنش دارای 3 مرحله است:

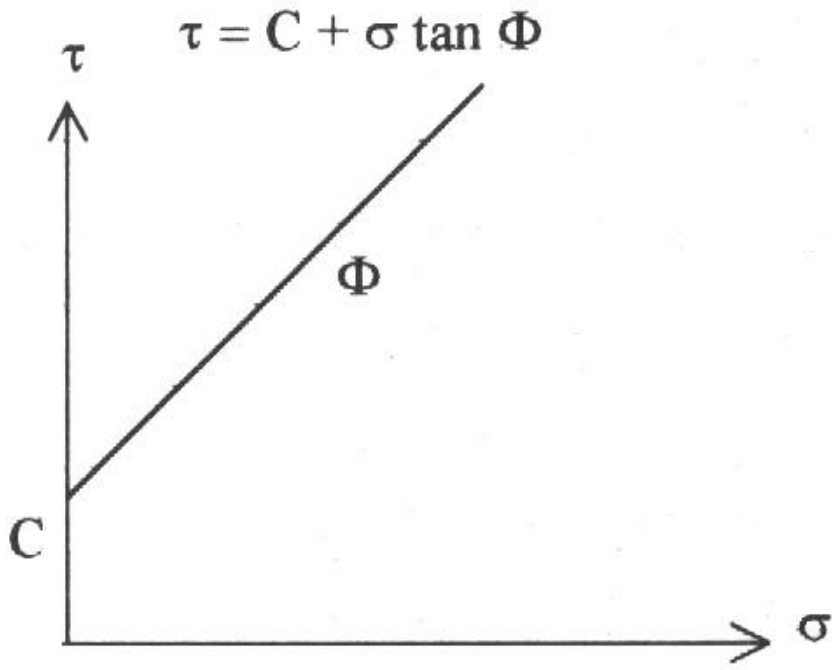
ب) مرحله گرانروی یا ویسکوز



شکل ۶ـ۱۲ نمودار تنش کرنش در حالت ویسکوز

منحنی کامل تنش – کرنش دارای 3 مرحله است:

ج) مرحله پلاستیک



شکل ۶-۱۳ منحنی تنش ـ کرنش برای اجسام پلاستیک

رابطه بین تنش – کرنش بر شی
براساس قانون هوک

$$\tau = G\gamma \qquad (1)$$

G مدول برشی ، E مدول یانگ و μ ضریب پواسان

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} \qquad (2)$$

$$\mu = \frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_\mu} = \frac{\Delta h / h_o}{\Delta l / l_o} = \frac{\Delta w / w_o}{\Delta L / L} = \frac{\text{تغییر شکل عرضی}}{\text{تغییر شکل طولی}} \qquad (3)$$

مقاومت خاك

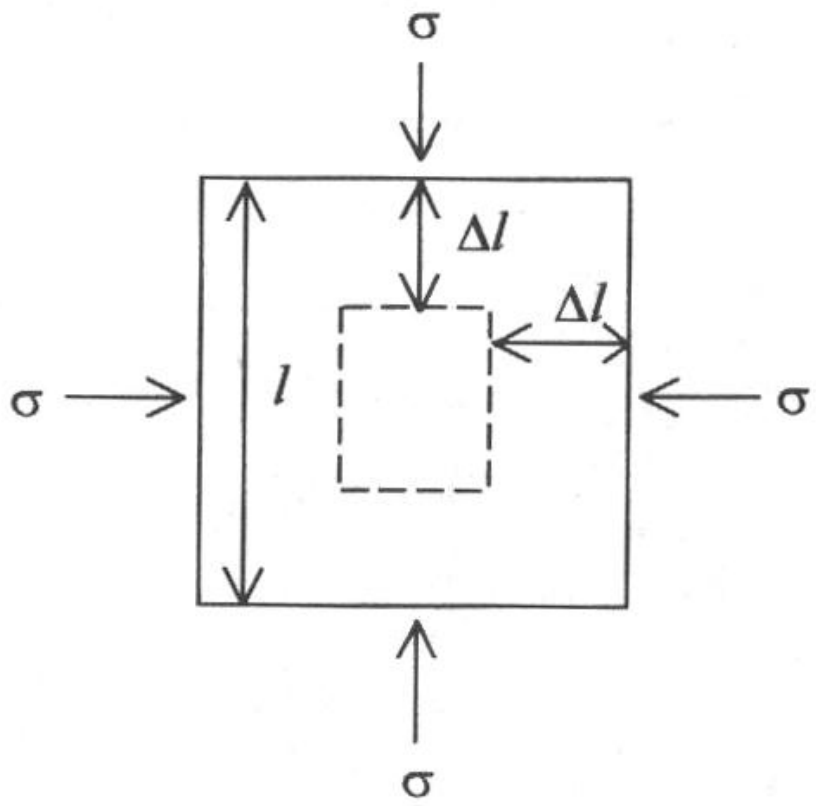
كليات:

- مقاومت خاك به دو پارامتر اساسي بستگي دارد: مقاومت چسبندگي (C) و زاويه اصطكاك داخلي (φ) ، هدف از اندازه‌گيري مقاومت خاك ، تعيين دو پارامتر فوق است.

تعريف:

- مقاومت خاک از جمله خواصی است که موجب تعادل آن می شود و نیرویی را که باعث عدم تعادل یا عدم پایداری آن شود نیروی برشی می نامند.

در شكل 6-14 مفهوم مقاومت يك آجر را در مقابل اعمال نيروهاي فشاري و برشي توجيه نموده پس آنرا در سطح شيبدار فرض كرده و روابط زير را به اثبات رسانده است.



شكل ۶ـ۱۴ مفهوم مقاومت جسم در مقابل اعمال نيرو

مقاومت خاکهای
چسبنده و غیرچسبنده

1- براي مقاومت خاکهای غیرچسبنده روابط زیر برقرار است:

$$\tau_f = \sigma_n \tan\varphi$$

$$\tau_f = (\sigma_n - P_P)\tan\varphi$$

در این رابطه P_p فشار آب بین منفذی است.

مقاومت خاکهای
چسبنده و غیرچسبنده

2- براي مقاومت برشی خاکهای چسبنده روابط زیر برقرار است:

$$\tau_f = C + \sigma_n \tan\varphi$$

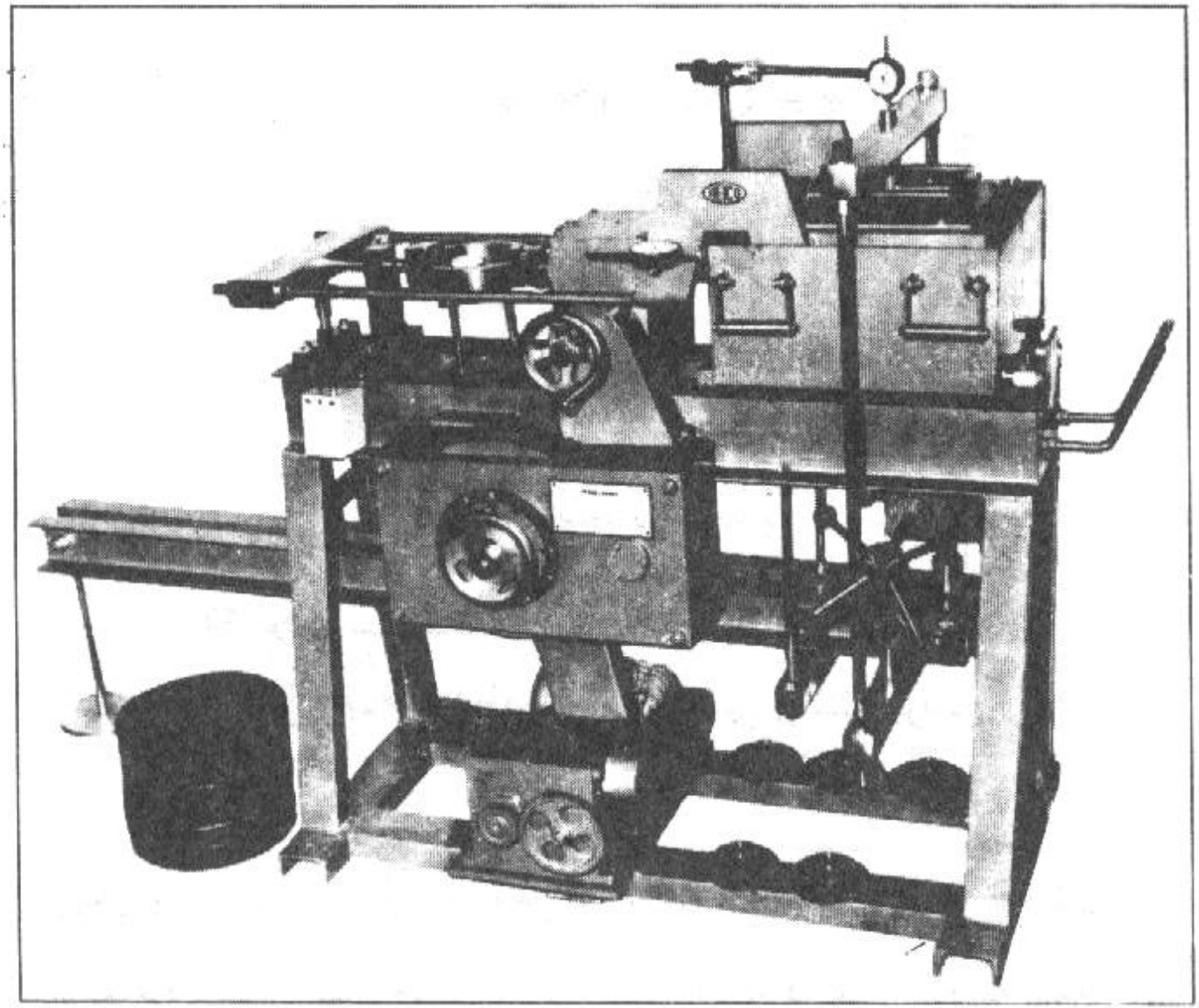
در حالتي كه در خاك آب وجود داشته باشد.

$$\tau_f = C + (\sigma_n - P_P)\tan\varphi$$

8-6 اندازه گیری مقاومت خاک در آزمایشگاه

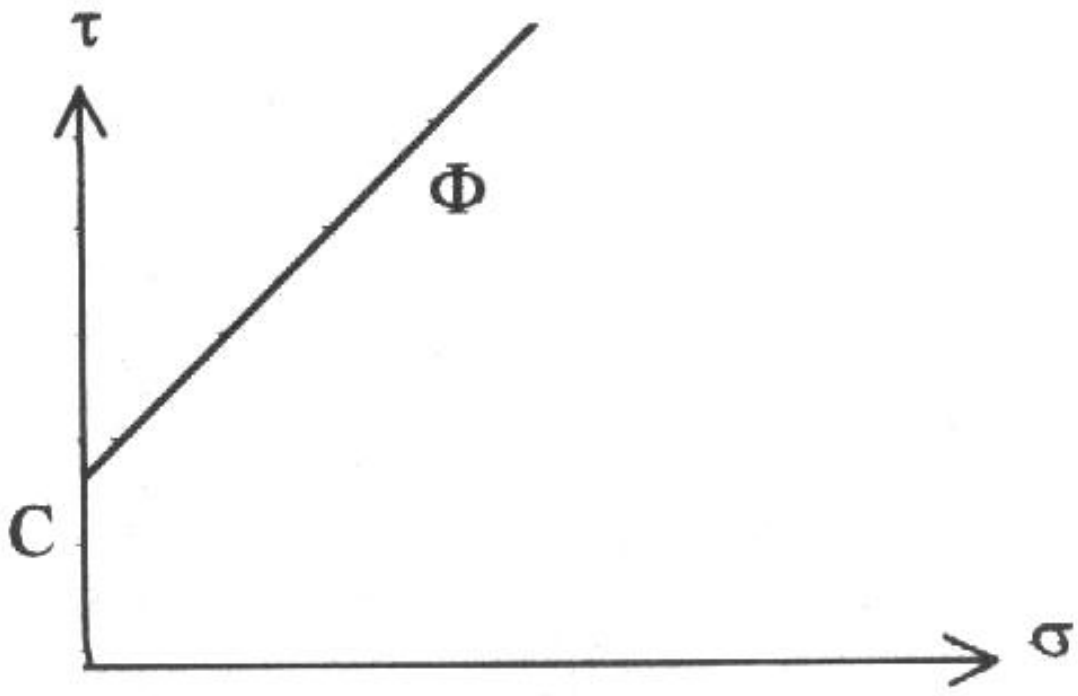
برای تعیین مقاومت خاک در آزمایشگاه می توان از روشهای زیر استفاده نمود:

- روش برش مستقیم
- روش سه محوری
- روش برش پره ای
- روش تک محوری

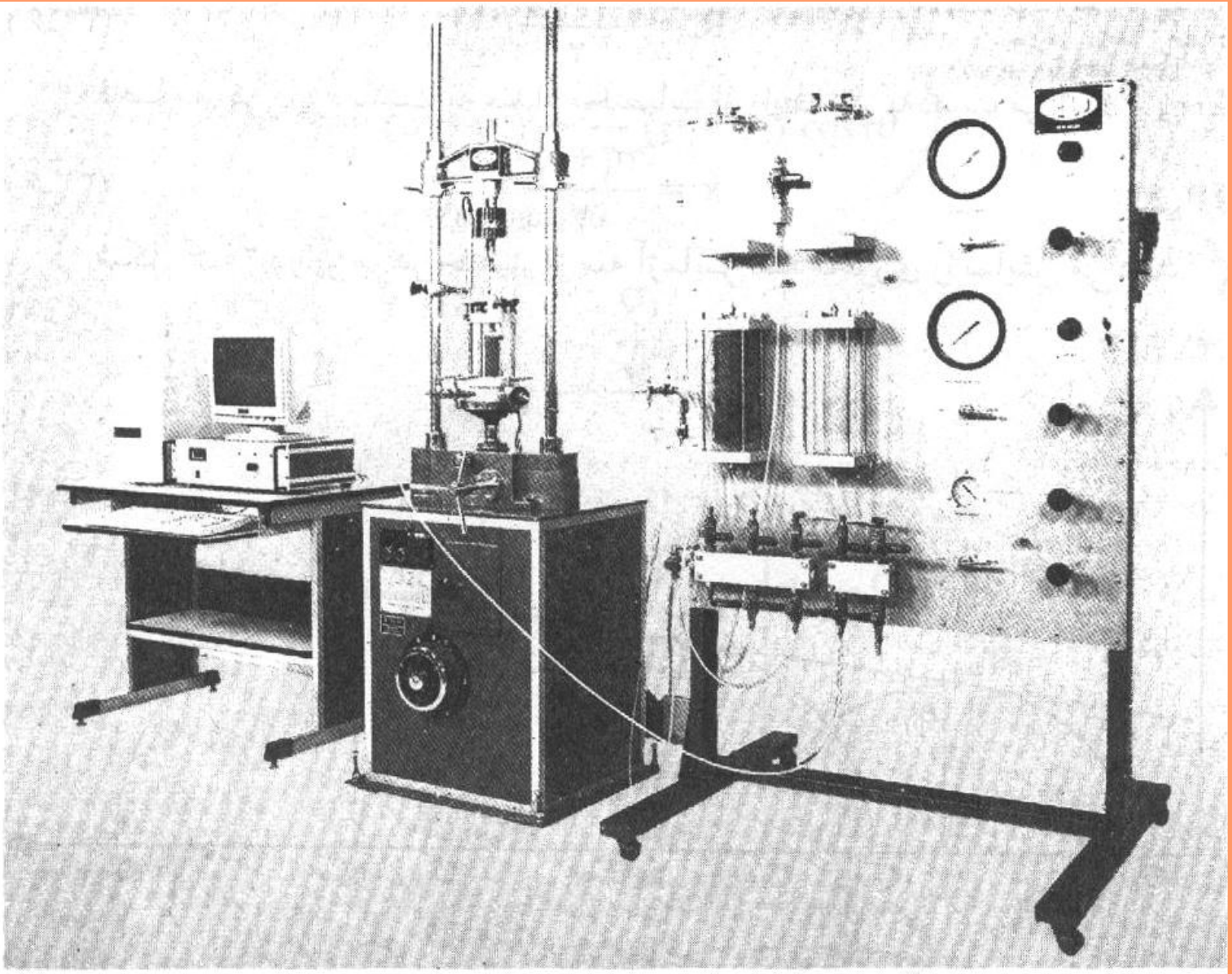


شکل ۶ـ۱۵ دستگاه برش مستقیم

شکل 6-16 چگونگی استفاده از نتایج آزمایش برش مستقیم را به منظور محاسبه مقاومت برش خاك نشان مي‌دهد.

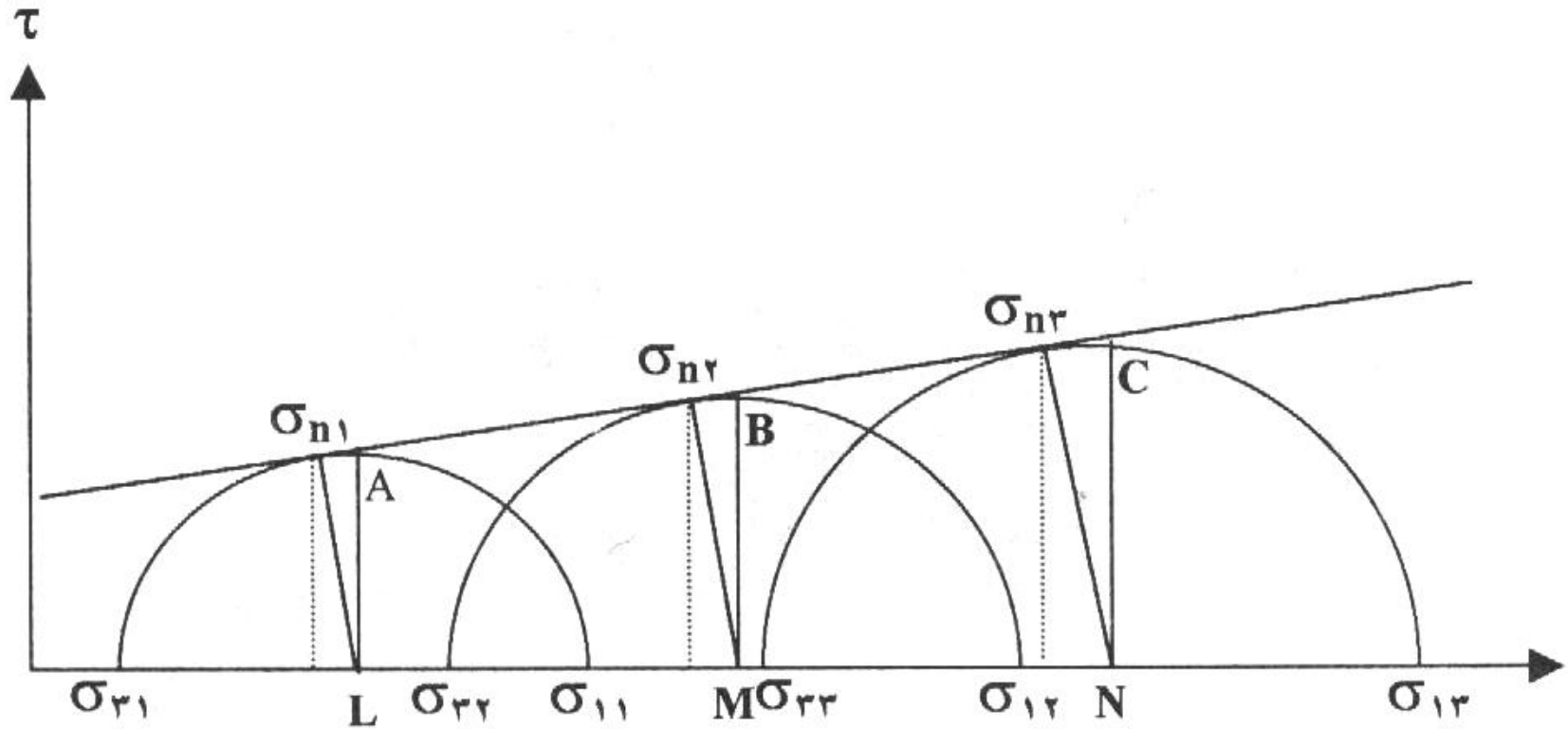


شکل ۶ـ۱۶ رابطه مقاومت برشی و تنش برشی



شکل ۶ـ۱۹ دستگاه آزمایش تراکم سه محوری

شکل 6-20 دوایر موهر حاصل از سه آزمایش سه محوری را نمایش می دهد.

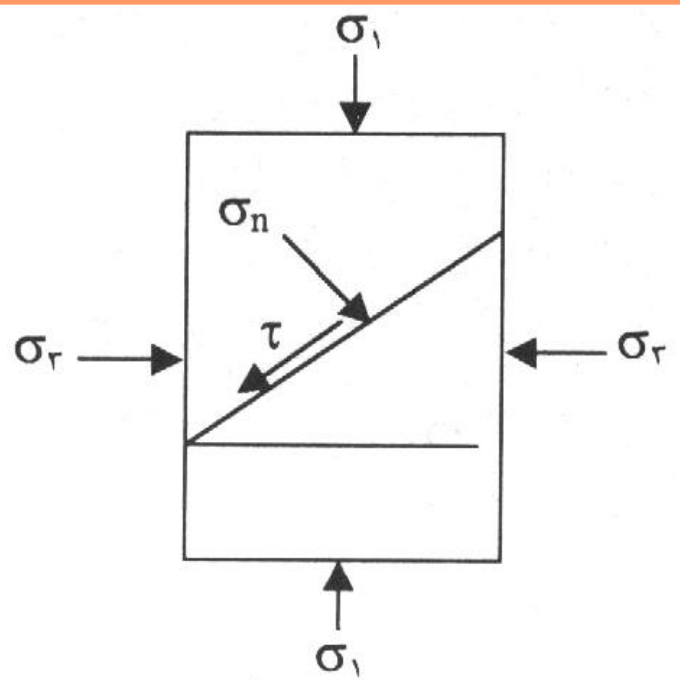


شکل ۶ـ۲۰ دوایر موهر برای سه نمونه خاک

با توجه به شکل 6-21 ، از نظر محاسباتی مقدار τ و σ_n را می توان از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$\sigma_n = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) + \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)\cos 2\theta$$

$$\tau = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)\sin 2\theta$$



شکل ۶ـ۲۱ مفهوم مؤلفه‌های تنش روی سطح شکست در داخل نمونه خاک

انواع آزمایش سه محوری:

- آزمایش بدون تحکیم – بدون زه کشی
- آزمایش با تحکیم بدون زهکشی
- آزمایش با تحکیم – با زهکشی

آزمایش برش پره ای

- این آزمایش بیشتر برای خاکهای حساس و نرم مانند رس به کار می رود ، به طوری که اگر خاک ماسه ای و سیلتی باشد آزمایش جواب نمی دهد.

آزمایش برش پره ای

- پره هایی که برای این منظور استفاده می شوند دو نوع هستند:
  - یکي براي آزمایش در آزمایشگاه
  - و دیگري آزمایشهای صحرایی

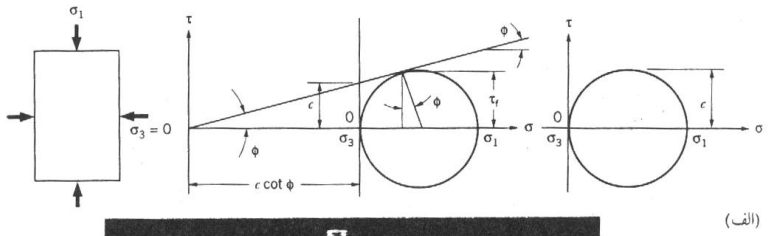
$$\tau = \pi \tau_f \left(\frac{d^2 h}{2} + \frac{d^3}{6} \right)$$

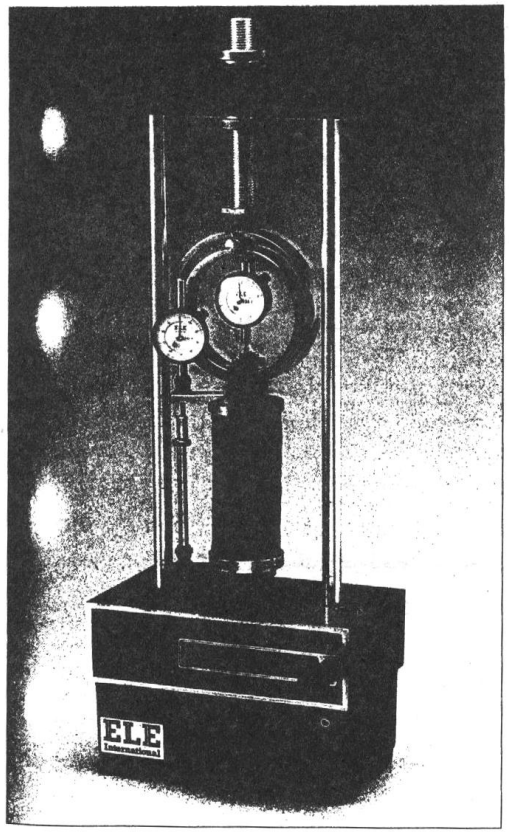
h ارتفاع پره و d قطر پره

- رابطه مقاومت برشی خاک با استفاده از محاسبه گشتاورهاي برشي

$$\tau_f = \frac{\tau}{\pi d^2 (h + d)}$$

آزمايش تك محوري





شکل ۶ـ۲۳ دستگاه تراکم تک محوری

یکـــی از ســـاده تـــرین و متـداولترین آزمایشـها بـرای تعیـین مقاومـت خاکهـای چسبنده در آزمایشگاه برای نمونـه هـای دسـت نخـورده خاکهای رسی می باشد. این آزمـایش حـالتی خـاص از آزمـایش تـراکم سـه محـوری اســت کــه در آن $\sigma_3=0$ = σ_2 می‌باشد

(شکل6-23 الف)

روابط پوش گسيختگي در حالت رس‌هاي اشباع وقتي زاويه اصطكاك $\varphi_u=0$ باشد در نتيجه:

$$\sigma_1 = 2\cot an(45 + \frac{\varphi}{2})$$

بصورت

$$\sigma_1 = 2cu$$

در خواهد آمد و شعاع دايره موهر

$$c_u = \frac{\sigma_1}{2}$$

است.

$$\sigma = \frac{\sigma_1}{2} = \frac{q_u}{2}$$

$$\tau_f = \frac{\sigma_1}{2} = \frac{q_u}{2} = cu$$

که q_u مقاومت تراکمی تک محوری در شکست است.

فصل هفتم:

کارهاي آزمايشگاهي

حسن اسدی‌نیا عضو هیأت علمی گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور

در اين فصل آزمايشات معمول و ضروري مكانيك خاك مورد بررسي اجمالي قرار گرفته ، به هدف آشنايي دانشجويان رشته زمين شناسي محض به نوع كارهاي آزمايشگاهي

مهمترين آزمايشات
مكانيك خاك عبارتند از:

- آزمايش تعيين درصد رطوبت
- آزمايش تعيين وزن مخصوص
- آزمايش آناليز دانه‌بندي به روشهاي خشك و تر
- آزمايشات حدود آتربرگ (حدرواني – حد خميري – حد انقباض)

مهمترين آزمايشات
مكانيك خاك عبارتند از:

- آزمايش تراكم به روشهاي پراكتور ساده و اصلاح شده
- آزمايش تعيين چگالي خاك در محل به روشهاي بالن لاستيكي ، مخروط ماسه و نمونه‌گيري دست نخورده
- آزمايش تحكيم به روشهاي: بدون تحكيم — بدون زهكشي ، با تحكيم بدون زهكشي و با تحكيم با زهكشي

مهمترين آزمايشات
مكانيك خاك عبارتند از:

- آزمايش برش مستقيم يا جعبه برشي
- آزمايش تراكم سه محوري
- آزمايش تراكم تك محوري

نکته:

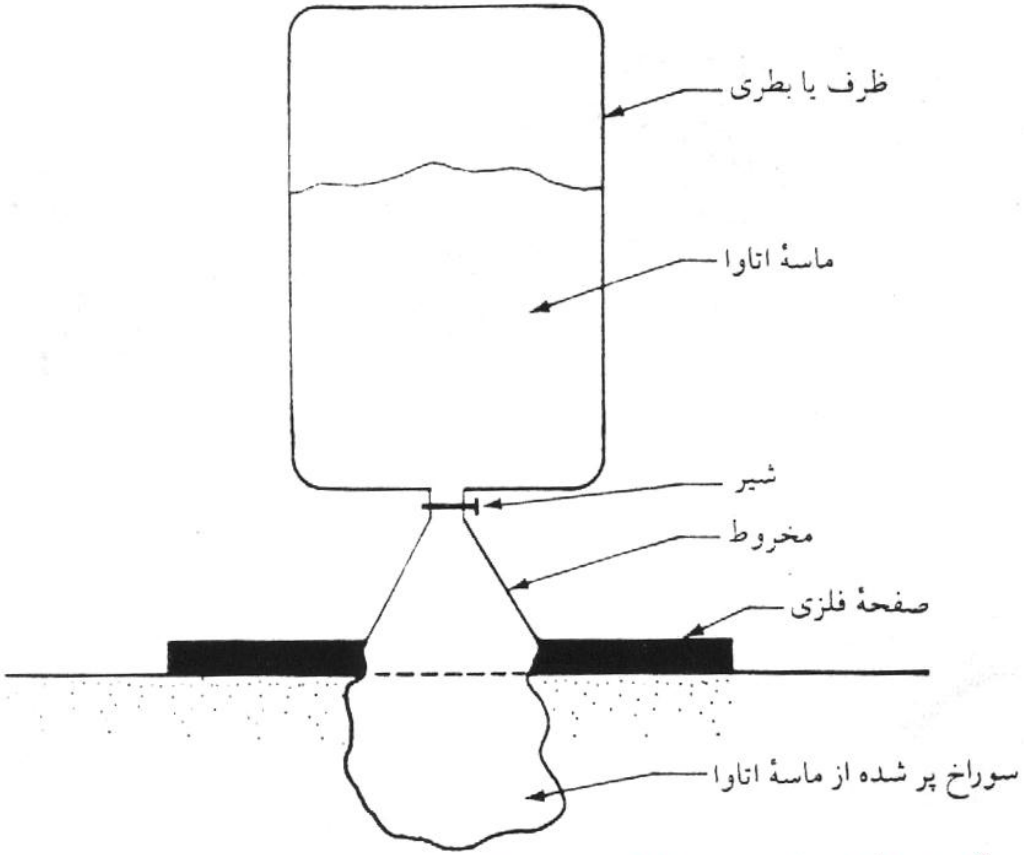
کلیه آزمایشات شامل:

- وسایل و دستگاههاي مورد نیاز خاص خود
- روشهاي استاندارد خاص
- جداول و نمودارهاي مورد استفاده
- محاسبه و نتیجه گیري
- کاربرد هر آزمایش بسته به نوع کاربري پروژه و شرایط عملیات نیز مي‌تواند متفاوت باشد.

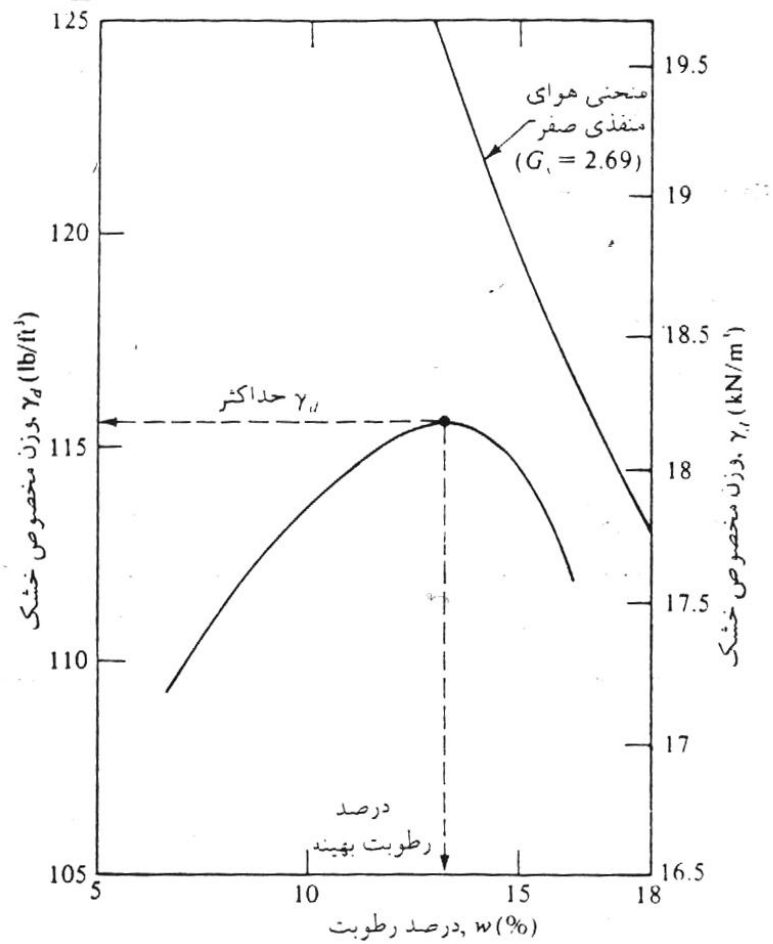
توجه:

در لـوح فشـرده واحـدعملي درس مكانيـك خاك مفصلاً موارد فوق تشريح خواهند شد

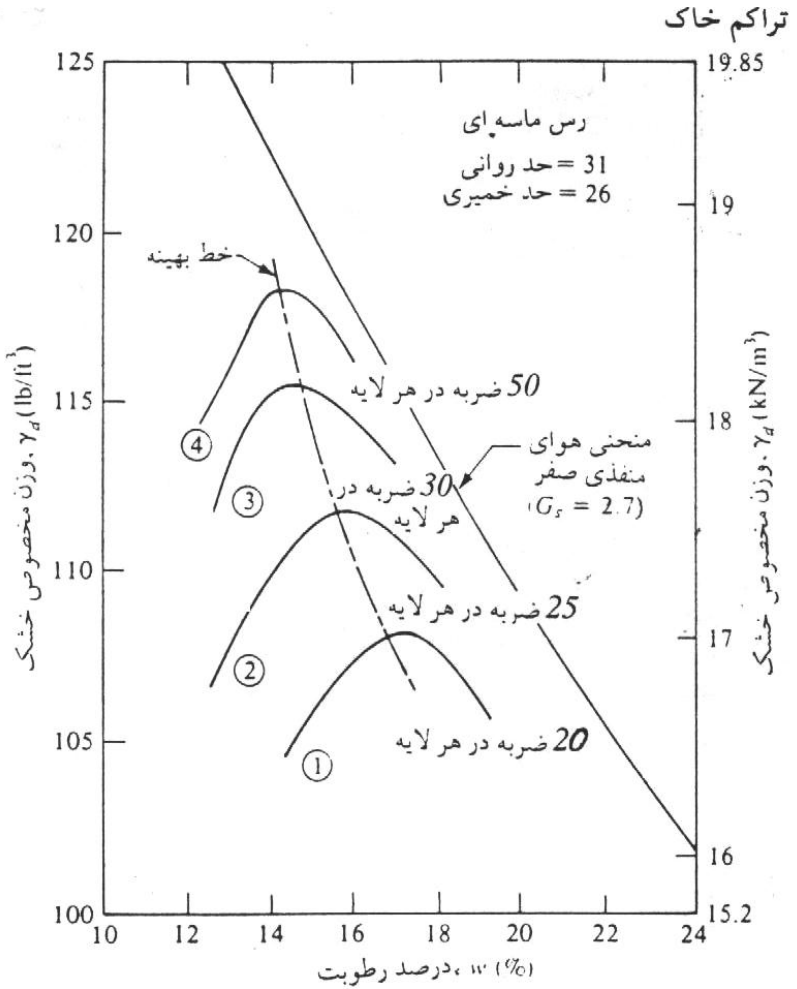
.



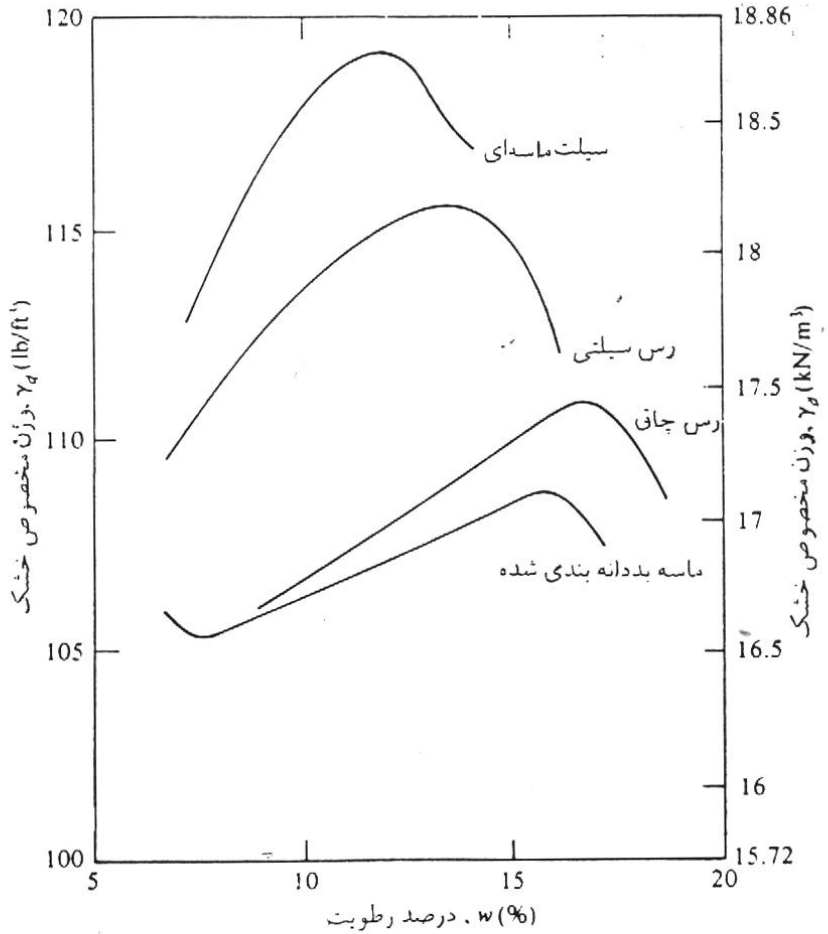
تعیین وزن مخصوص خاک در محل با روش مخروط ماسه



نتایج آزمایش استاندارد تراکم پراکتور برای رس سیلتی

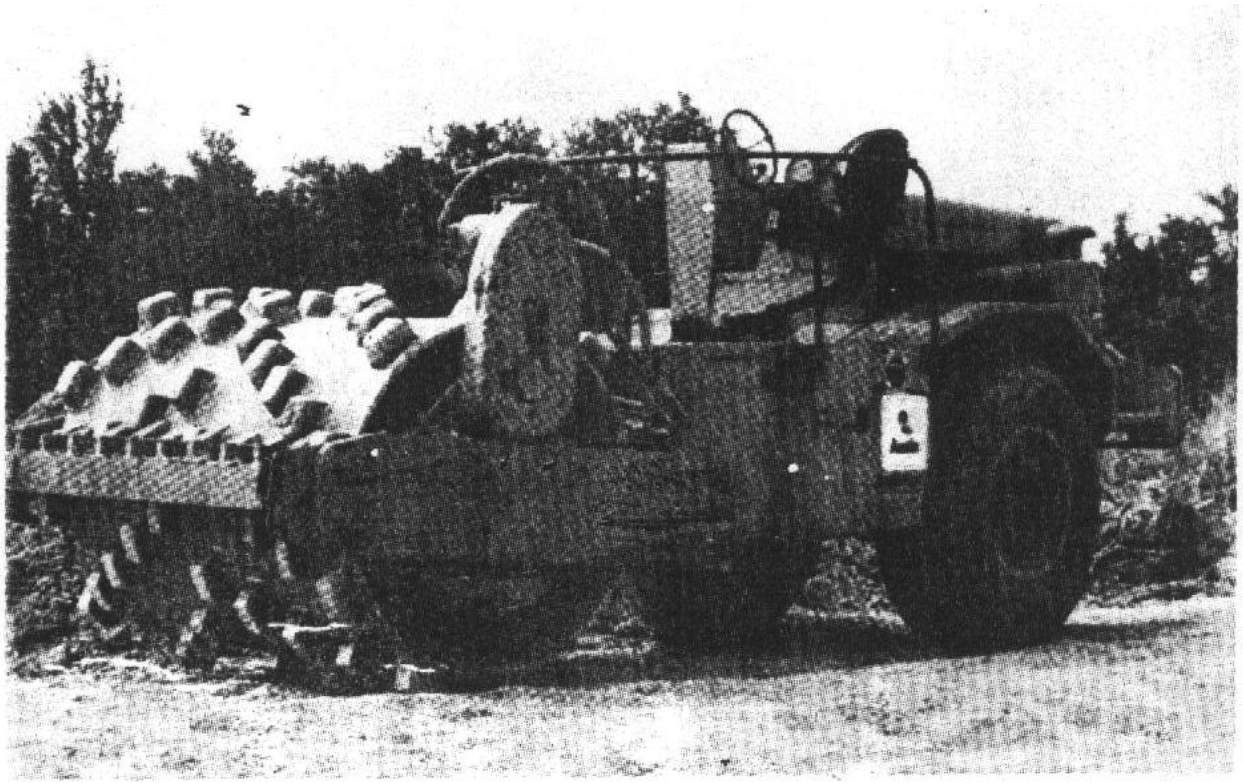


تاثیر انرژی تراکم بر روی تراکم رس ماسه‌دار



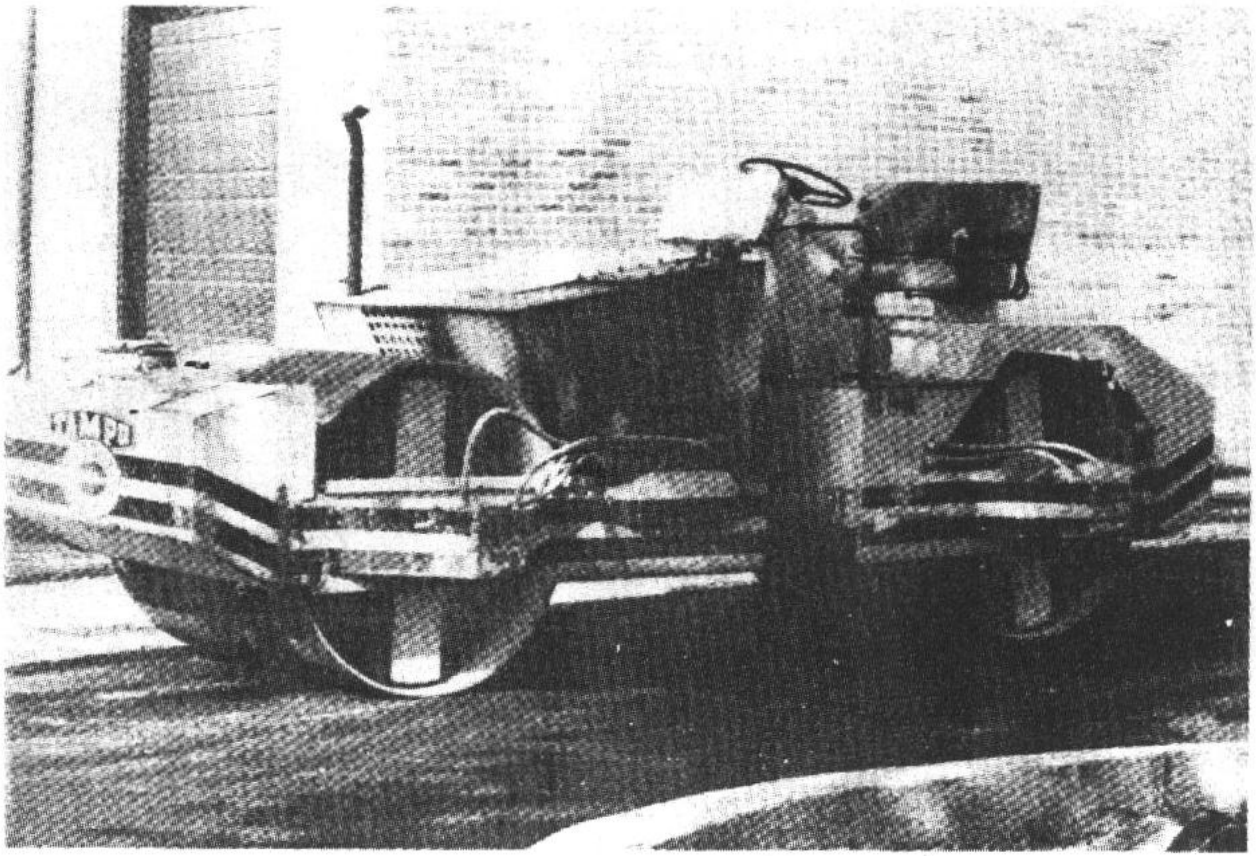
منحنیهای تراکم برای چهار خاک مختلف

ابزار تراکم



غلتک پاچه بزی

تراکم سنج هسته‌ای



غلتک صاف (استوانه‌ای)

غلتک چرخ لاستیکی (با هوای فشرده)

خودآزمایی‌ها

خودآزمایی

۱. جرم مخصوص ذرات جامد یک نمونه خاک ۲/۷ و تخلخل آن ۴۰ درصد است نسبت پوکی، چگالی خشک و وزن واحد حجم خاک با درجه اشباع ۵۰ درصد چقدر است؟

الف) $e=۰/۶۵ \quad \gamma_d=۱/۸\ g/cm^3$ $\gamma=۱/۸۲\ g/cm^3$

ب) $e=۰/۶۶۷ \quad \gamma_d=۱/۶۲\ g/cm^3$ $\gamma=۱/۸۲\ g/cm^3$

ج) $e=۰/۶۶ \quad \gamma_d=۱/۹۲\ g/cm^3$ $\gamma=۱/۸۶\ g/cm^3$

د) $e=۰/۷۶ \quad \gamma_d=۱/۷۲\ g/cm^3$ $\gamma=۱/۹۲\ g/cm^3$

۲. جرم واحد حجم نمونه داده‌شده در مسئله اول در حالت اشباع کامل چقدر است؟

الف) $\gamma=۲/۰۲\ g/cm^3$

ب) $\gamma=۲/۴\ g/cm^3$

ج) $\gamma=۱/۹۳\ g/cm^3$

د) $\gamma=۱/۹۹\ g/cm^3$

۳. نمونه‌ای از خاک دست نخورده دارای حجم $۱۰۰cm^3$ و جرم ۱۹۰g می‌باشد که پس از خشک شدن در گرمکن جرم آن به ۱۶۰g کاهش می‌یابد. اگر جرم مخصوص ذرات جامد خاک ۲/۶۸ باشد درصد رطوبت، نسبت پوکی و درجه اشباع نمونه چقدر است؟

الف) $S=۷۲٪$ و $e=۰/۶۷۵$ ، $w=۱۸/۲٪$

ب) $S=۷۵٪$ و $e=۰/۶۷۵$ ، $w=۱۸/۸٪$

ج) $S=۷۷٪$ و $e=۰/۷۵$ ، $w=۱۹/۲٪$

د) $S=۸۰٪$ و $e=۰/۹$ ، $w=۳۵٪$

خودآزمایی‌ها

۴. درصد منافذ و خلل و فرج طبیعی نمونه‌ای از خاک ماسه‌ای ۳۴٪ است. برای تعیین چگالی نسبی خاک، ماسه خشک را به‌صورت سست در یک نمونه‌گیر به حجم $1000cm^3$ ریخته‌ایم و بعد آن را با ارتعاش به حداکثر چگالی رسانیده‌ایم. و جرم ماسه خشک در حالت سست در نمونه‌گیر ۱۶۱۰g و جرم ماسه در حالت متراکم در نمونه‌گیر ۱۹۸۰g می‌باشد. اگر جرم مخصوص ذرات جامد خاک ۲/۷ باشد نسبت پوکی خاک در حالت سست و متراکم چقدر است؟

الف) $e_{min}=0/4$ $e_{max}=0/72$

ب) $e_{min}=0/35$ $e_{max}=0/66$

ج) $e_{min}=0/45$ $e_{max}=0/9$

د) $e_{min}=0/25$ $e_{max}=0/98$

۵. روابط تابعی زیر را به‌دست آورید.

$$\gamma_{sat}=f(G_s, \gamma_d, \gamma_w) \quad (1)$$

$$w=f(\gamma_{sat}, e, \gamma_w) \quad (2)$$

خودآزمایی‌ها

خودآزمایی

۱. خاکی دارای حد روانی ۴۰ درصد و حد خمیری ۱۸ درصد می‌باشد. شاخص خمیری خاک چقدر است؟

الف) ۲۰ درصد
ب) ۲۲ درصد
ج) ۱۵ درصد
د) ۱۸ درصد

۲. نمونه از خاک رسی دارای درصد رطوبت طبیعی مساوی ۳۰ درصد می‌باشد. درصورتی که شاخص خمیری و حد خمیری خاک به ترتیب برابر با ۲۵ و ۱۵ درصد باشد شاخص روانی خاک چقدر است؟

الف) $I_f = ۲/۹۲$
ب) $I_f = ۳$
ج) $I_f = ۰/۲۹$
د) $I_f = ۰/۳$

۳. در مثال بالا شاخص مایع خاک چقدر است؟

الف) $LI = ۱$
ب) $LI = ۰/۱۵$
ج) $LI = ۰/۶$
د) $LI = ۱/۵$

۴. در مثال ۲ شاخص غلظت نمونه خاک چقدر است؟

الف) $CI = ۰/۴$
ب) $CI = ۰/۳۵$
ج) $CI = ۰/۲۵$
د) $CI = ۴/۲$

خودآزمایی‌ها

۵. درصورتی که درصد ذرات ریزتر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر در نمونه مثال شماره ۲، ۶۰ درصد باشد عدد اکتیویته خاک چقدر است؟

الف) ۰/۴۱ ب) ۰/۶۷

ج) ۰/۸ د) ۰/۵۶

۶. عامل موثر در رفتار مخصوص خاکهای رسی چیست؟

۷. با توجه به مفهوم سختی خاک، تغییرات حد روانی و حد خمیری خاکها بر سختی خاک را شرح دهید.

۸. نتایج زیر مربوط به تعیین حد روانی و حد خمیری یک نمونه خاک رسی است. مطلوبست رسم منحنی روانی خاک، تعیین حد روانی، حد خمیری، شاخص خمیری، شاخص جریان و شاخص سختی خاک فوق.

نتایج آزمایش تعیین حد روانی

شماره آزمایش	جرم خاک مرطوب + ظرف نمونه	جرم خاک خشک + ظرف نمونه	جرم ظرف	تعداد ضربه
۱	۴۸/۶۱	۴۱/۱۹	۱۷/۳۳	۳۴
۲	۵۵/۵۳	۴۶/۰۵	۱۷/۴۱	۲۷
۳	۵۱/۷۱	۴۲/۹۸	۱۷/۴۵	۲۲
۴	۵۰/۵۱	۴۱/۵۴	۱۷/۳۶	۱۷

نتایج آزمایش تعیین حد خمیری

شماره آزمایش	جرم خاک مرطوب + ظرف	جرم خشک نمونه + ظرف	جرم ظرف
۱	۲۹/۲۶	۲۷/۹	۲۰/۶۳
۲	۳۰/۰۳	۲۸/۵۳	۲۰/۶۶

خودآزمایی‌ها

خودآزمایی

۱. خاکی ماسه‌ای با تخلخل طبیعی ۳۴ درصد و جرم مخصوص ۲/۶۷ را در یک نمونه‌گیر استوانه‌ای به حجم ۱۰۰۰ سانتیمترمکعب ریخته و آن را متراکم می‌کنیم، اگر جرم ماسه خشک در نمونه‌گیر در سست‌ترین حالت برابر با ۱۶۱۰ گرم و در متراکم‌ترین حالت ۱۹۸۰گرم باشد. چگالی نسبی خاک چقدر است؟

الف) ٪۴۹ ب) ٪۴۷

ج) ٪۳۵ د) ٪۲۵

۲. داده‌های زیر از یک آزمایش تراکم به‌دست آمده است:

درصد رطوبت	۵	۱۰	۱۴	۲۰	۲۵
چگالی خشک (گرم‌برسانتی‌مترمکعب)	۱/۷۷	۱/۹۸	۲/۱	۲/۱۸	۲/۱۶

مطلوبست: رسم منحنی درصد رطوبت ـ چگالی خشک

خودآزمایی‌ها

۳. درصد رطوبت اپتیمم خاک فوق چقدر است؟

الف) ۱۶٪ و ۱/۸۴ (گرم بر سانتی‌مترمکعب)

ب) ۱۸٪ و ۱/۹ (گرم بر سانتی‌مترمکعب)

ج) ۱۴٪ و ۱/۸۴ (گرم بر سانتی‌مترمکعب)

د) ۱۵٪ و ۱/۹۲ (گرم بر سانتی‌مترمکعب)

۴. در مثال ۲ با فرض اینکه هیچ‌گونه تغییری در حجم نمونه صورت نگیرد مقدار درصد رطوبت موردنیاز برای اینکه خاک در حداکثر چگالی خشک خود اشباع کامل شود چقدر است؟

الف) ۸٪ ب) ۷٪

ج) ۵۰٪ د) ۷/۴٪

خودآزمایی‌ها

۵. برای تعیین چگالی خاکی در محل از روش مخروط ماسه استفاده شده‌است. برای این کار گودالی در زمین حفر شده‌است و جرم خاک حفر شده برابر با ۱۱۵۰ گرم می‌باشد. بعضی جرم دستگاه آزمایش و ماسه استاندارد قبل و بعد از آزمایش به‌ترتیب برابر با ۵۳۳۰ گرم و ۴۱۰۰ گرم می‌باشد. اگر جرم واحد حجم ماسه استفاده شده در آزمایش برابر با ۱/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب باشد چگالی خاک در محل برابر است با:

الف) $1/64 g/cm^3$ ب) $1/45 g/cm^3$

ج) $2/1 g/cm^3$ د) $1/9 g/cm^3$

۶. در یک آزمایش تراکم آزمایشگاهی روی نمونه‌ای از خاک با جرم مخصوص ۲/۶۵ حداکثر چگالی خشک و درصد رطوبت اپتیمم خاک به‌ترتیب ۱/۷۲گرم بر سانتی‌مترمکعب و ۱۹ درصد به‌دست آمده‌است درجهٔ اشباع خاک چقدر است؟

الف) ٪۹۸ ب) ٪۹۳

ج) ٪۹۰ د) ٪۲۰

۷. در نمونه بالا مقدار هوای موجود در خاک چقدر است؟

الف) ٪۳ ب) ٪۵

ج) ٪۲۰ د) ٪۱۰

خودآزمایی‌ها

۸. در یک آزمایش تراکم بر روی خاک ماسه‌ای با جرم مخصوص ۲/۷، و جرم خاک متراکم شده در قالب برابر با ۱/۹۸۲ کیلوگرم بوده‌است. اگر حجم قالب تراکم ۹۴۴×۱۰^{-۳} مترمکعب و میزان رطوبت خاک ۱۵ درصد باشد مطلوبست محاسبه:

الف) چگالی مرطوب خاک
ب) چگالی خشک خاک
ج) نسبت پوکی خاک
د) درجه اشباع خاک

۹. حداکثر چگالی خشک خاک فوق چقدر است؟

الف) ۱/۸۴ گرم بر سانتی‌مترمکعب
ب) ۱/۹۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب
ج) ۱/۷۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب
د) ۱/۷۰ گرم بر سانتی‌مترمکعب

خودآزمایی‌ها

خودآزمایی

۱. خاکی با مشخصات زیر، طبق روش طبقه‌بندی یونیفاید دارای کدام علامت است؟
(شن ۳۵٪، ماسه ۵۵٪، سیلت ۵٪، رس ۵٪، Cu=۵، Ce=۲، Wl=۴۵، Wp=۳۲)

الف) SM
ب) SC
ج) SM - SP
د) SP - SC

۲. خاک دارای ۶۵ درصد رس و سیلت، ۲۵ درصد ماسه و ۱۰ درصد شن می‌باشد. ضریب یکنواختی و ضریب انحناء، خاک به‌ترتیب Cu=۴ و Cc=۳ می‌باشد. اگر حد روانی و شاخص خمیری خاک Wl=۲۵ و PI=۶ درصد می‌باشد طبق روش یونیفاید خاک دارای چه نامی است.

الف) CL-ML
ب) CL-MH
ج) CH - ML
د) CH - MH

۳. براساس طبقه‌بندی یونیفاید خاک ماسه‌ای بددانه‌بندی شده دارای چه علامتی است؟

الف) Sp
ب) Sw
ج) Gp
د) Sc

خودآزمایی‌ها

۴. اساس طبقه‌بندی خاکهای ریزدانه در سیستم یونیفاید کدام است.

الف) اندازه ذرات خاک　　ب) ویژگیهای ذاتی خاک

ج) هر دو　　د) سنگ بستر

۵. با افزایش شیب منحنی دانه‌بندی خاک نفوذپذیری و تراکم‌پذیری خاک چه تغییری می‌کند؟

الف) زیاد می‌شود　　ب) کم می‌شود

ج) تغییر نمی‌کند　　د) ارتباطی باهم ندارند

۶. تورب خاکی است

الف) ریزدانه با مقاومت بالا　　ب) آلی با تراکم خیلی کم

ج) ریزدانه‌متناسب‌جهت‌پی‌ساختمانها　　د) آلی با نشست‌پذیری کم

۷. لس خاکی است

الف) آبرفتی‌بدون‌چسبندگی　　ب) درجا از جنس رس

ج) انتقالی‌ازجنس‌سیلت‌دارای چسبندگی　　د) بادرفتی سیلتی فاقد چسبندگی

خودآزمایی‌ها

۸. با توجه به مقدار ضریب یکنواختی، کدام خاک خوب جور شده است؟

الف) Cu=۱/۲ ب) Cu=۲/۴

ج) Cu=۳ د) Cu=۲/۸

۹. حد روانی کدام خاک کمتر است؟

الف) CH ب) OH

ج) ML د) MH

۱۰. خواص خاکهای ریزدانه بیشتر تحت‌تأثیر چه عواملی قرار دارد؟

خودآزمایی‌ها

خودآزمایی

۱. ارتفاع بالا آمدن آب در لوله فشارسنج یا نیرومتر نشان دهنده بار آبی هیدرولیکی (head) است یا ارتفاع معادل فشار $\frac{U}{\gamma w}$؟

۲. شبکه جریان برای یک ساختگاه سد، که دارای ضریب نفوذپذیری $K=10^{-5}m/sec$ می‌باشد، رسم شده است. تعداد خطوط جریان و هم پتانسیل به ترتیب برابر با ۶ و ۹ می‌باشد اگر اختلاف ارتفاع سطح آب در بالادست و پایین‌دست سد برابر با ۱۸ متر باشد مقدار کل جریان عبوری از زیر سد به طول ۵۰ متر چقدر است؟

الف) $5/6\times10^{-3}m^3/sec$

ب) $7\times10^{-2}m^3/sec$

ج) $9/5\times10^{-5}m^3/sec$

د) $4\times10^{-2}m^3/sec$

خودآزمایی‌ها

۳. نشست نهایی ناشی از تحکیم یک لایه رس حاوی تحکیم یافته برابر با ۱۵ سانتی‌متر است لایه رس به ضمانت ۹ متر می‌باشد و از بالا و پایین زهکشی می‌شود. مقدار نشست لایه رس پس از ۳ سال از شروع تحکیم چقدر است؟

الف) ۱۰/۷cm ب) ۱۰/۳cm

ج) ۵cm د) ۱۵cm

۴. زمان لازم برای اینکه لایه رس در مسئله ۳، ۷/۵ سانتی‌متر نشست کند، چقدر است؟

الف) ۲ سال ب) ۳ سال

ج) ۵۵۴ روز د) ۴۰۰ روز

۵. مقدار نشست یک ساختمان پس از ۱۵۰ روز از احداث آن ۳/۲ سانتی‌متر بوده است چنانچه این مقدار نشست در اثر تحکیم لایه رسی که در زیر ساختمان قرار گرفته است به ازای درج تحکیم ۲۵٪ اتفاق افتاده باشد، نشست نهایی ساختمان را محاسبه نمایند.

الف) ۱۲/۸cm ب) ۱۵۲cm

ج) ۲۰۲cm د) ۵۰۲cm

خودآزمایی‌ها

خودآزمایی

۱. آزمایش سه محوری بر روی نمونه رسی انجام شده‌است اگر در هنگام گسیختگی $\sigma_1 - \sigma_3 = ۳/۴$ و $\sigma_3 = ۲/۵$ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع و صفحه گسیختگی زاویه ۳۹ درجه با راستای تنش اصلی σ_1 بسازد مطلوبست محاسبه:

تنش برشی روی سطح گسیختگی و علامت آن و تنش برش حداکثر

الف) $\pm ۱۷ kg/cm^2$ و $۱/۶۶ kg/cm^2$ ب) $-۱۷ kg/cm^2$ و $-۱/۶۶ kg/cm^2$

ج) $\pm ۲۰ kg/cm^2$ و $۱۶ kg/cm^2$ د) $۲۰ kg/cm^2$ و $۱۶/۶ kg/cm^2$

۲. در خاکهای رسی تحکیم یافته به‌صورت عادی در آزمایش CD یا CU سیلت غیرآلی در شرایط زهکشی شده و ماسه در بارگذاری استاتیکی مقدار C تقریباً چقدر است؟

الف) در هر سه مورد صفر

ب) در دو مورد اول صفر و در مورد سوم بالاتر از صفر

ج) در هیچکدام صفر نیست

د) فقط در مورد سوم صفر است

۳. یک آزمایش سه محوری تحکیم یافته ـ زهکشی نشده بر روی نمونه رس اشباع انجام شده‌است. اگر تنشهای اصلی و فشار آب منفذی در لحظه گسیختگی $\sigma_1 = ۲۸۰$، $\sigma_3 = ۲۰۰$ و $u = ۶۰$ کیلونیوتن بر مترمربع باشند (با فرض اینکه رس به‌صورت عادی تحکیم یافته‌است) مقدار C و φ چقدر است؟

الف) $C = ۰$ و $\varphi = ۱۹°$ ب) $C = ۰$ و $\varphi = ۹/۶°$

ج) $C = ۱۰$ و $\varphi = ۲۹°$ د) $C = ۱۰$ و $\varphi = ۹°$

خودآزمایی‌ها

۴. در مثال بالا مقادیر C' و φ' چقدر است؟

الف) $C'=۳$ و $\varphi'=۱۵^\circ$

ب) $C'=۱۰^\circ$ و $\varphi'=۱۲^\circ$

ج) $C'=۰$ و $\varphi'=۱۲/۸^\circ$

د) $C'=۰$ و $\varphi'=۱۵^\circ$

۵. اگر تنش عمودی مؤثر در روی یکی از صفحات گسیختگی در مثال بالا برابر با $۱۰۰ kN/m^۲$ باشد مقاومت برشی در امتداد این صفحه چقدر است؟ ($kN/m^۲$)

الف) ۲۴

ب) ۳۴

ج) ۲۲/۷

د) ۲۰/۷

۶. آزمایش تحکیم نیافته ـ زهکشی نشده بر روی رس پیش تحکیم یافته و در حالت اشباع انجام می‌شود. یکی از نمونه‌ها (A) دست خورده و نمونه دیگر دست نخورده (B) است. با فرض یکسان بودن وزن مخصوص و $\sigma_۳$ برای نمونه‌ها کدام نمونه تنش برش بیشتری را تحمل می‌کنند. عدد حساسیت این رس را ۳ در نظر بگیرید.

الف) نمونه A

ب) نمونه B

ج) هر دو یکسان است

د) قابل پیش‌بینی نیست

خودآزمایی‌ها

۷. کدام یک از انواع آزمایش سه محوری برای خاکهای ریزدانه مناسب‌تر است:

الف) UC　　ب) CU

ج) CD　　د) UU

۸. در نمونه خاک غیرچسبنده در آزمایش برش مستقیم در لحظه گسیختگی تنشهای برشی و نرمال به‌ترتیب ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلونیوتن بر مترمربع است زاویه اصطکاک داخلی (φ) برای نمونه چقدر است؟

الف) ۲۸°　　ب) ۲۳°

ج) ۳۰°　　د) $۲۶/۶^\circ$

۹. زاویه اصطکاک یک خاک غیر چسبنده ۳۰° است و در لحظه شکست اختلاف تنشهای اصلی ۱۰۰ کیلوپاسکال می‌باشد تنش عمودی وارد بر صفحه شکستگی چند کیلوپاسکال است؟

الف) ۱۲۰　　ب) ۷۵

ج) ۱۲۵　　د) ۱۵۰

۱۰. کدام یک از آزمایشات سه محوری برای خاکهای درشت دانه مناسب‌تر است؟

الف) UU　　ب) CU

ج) CD　　د) UC

خودآزمایی‌ها

پاسخنامه

فصل اول

۱. ب ۲. الف ۳. ب ۴. ب

فصل دوم

۱. ب ۲. الف ۳. ج ۴. الف ۵. الف

فصل سوم

۱. الف ۲. ۳. ج ۴. د ۵. الف ۶. ب

۷. الف ۸. الف ۹. الف

فصل چهارم

۱. ج ۲. الف ۳. الف ۴. ج ۵. الف ۶. ب

۷. د ۸. ج ۹. الف

۱۰. عوامل ذاتی، عوامل بیرونی، مقاومت خاک، سفتی خاک

خودآزمایی‌ها

فصل پنجم

۱. ۲. الف ۳. ب ۴. ج ۵. الف

فصل ششم

۱. الف ۲. الف ۳. ب ۴. ج ۵. ج ۶. ب

۷. د ۸. د ۹. ب ۱۰. ج

واژه‌نامه

A	
activity number	عدد اکتیویته
air content	مقدار هوا
allunlal soils	خاکهای آبرفتی
angular	گوشه‌دار
anisofropic	غیریکنواخت
aquifer	آبخوان
atterberg limits	حدود آتربرگ
B	
blow	ضربه
borehole	گمانه
brownian morement	حرکت نوسانی
C	
calibration	کالیبره نمودن
classification	طبقه‌بندی
clay	رس، خاک رس
coarse grained soil	خاک درشت دانه
cobble	قلوه سنگ
coefficient of compressibility	ضریب تحکیم
coefficient of consolidation	ضریب تراکم‌پذیری
coefficient of curvature	ضریب خمیدگی (ضریب دانه‌بندی)
coefficient of permeability	ضریب نفوذپذیری
cohesion limit	حد چسبندگی
cohesive soil	خاک چسبنده
compaction	تراکم
compaction hammer	چکش تراکم
compaetion mold	قالب تراکم
compressibility	تراکم‌پذیری
compression index	شاخص تراکم
consolidation	تحکیم
consolidation carre	سختی تحکیم
constant head	بار ثابت
core	بشره
correction factor	ضریب تصحیح
D	
degree of saturation	درجه اشباع
degree of consolidation	درجه تحکیم
density	چگالی، درجه تراکم
depth	عمق
depth factor	ضریب عمق
direct shear	برش مستقیم
discharge	دبی، آبدهی
dispersed structure	ساختمان پراکنده
disturbed sample	دست خورده
drainage	زهکشی
dry density	چگالی خشک
dry strength	مقاومت خشک
E	
effective dimeter	قطر مؤثر
elastic	الاستیک ـ برگشت‌پذیر، کشسان

دانشگاه پیام نور

حسن اسدی‌نیا

دانشگاه پیام نور

I

insitu density	چگالی در محل
insitu soil	خاک پره
isotropic	ایزوتروپ

K

kaolinite	کائولینت

L

lacustrine soils	خاکهای رسوبی دریاچه‌ای
laminar	ورقه‌ای
laminar flow	جریان آرام
liquefaction	روانگرایی
liquid index	شاخص مایع
liquid Limit	حدروانی
loose	سست

M

marine soils	خاکهای رسوبی دریایی آب شور
mechanical analysis	تجزیه مکانیکی
Mohr circle	دایره موهر
moisture content	درصد رطوبت

N

non-cohesive soils	خاکهای غیرچسبنده
non-plastic	غیرپلاستیک
normally consolidated clay	رس تحکیم یافته سطوح نرمال
normal stress	تنش نرمال

O

observation well	چاه‌مشاهده‌ای
optimum water content	رطوبت اپتیمم
organic soils	خاکهای آبی
overconsolidation clags	رسهای‌پیش‌تحکیم یافته

elastic deformation	تغییر شکل الاستیک
entropped air	هوای محبوس
eolion soils	رسوبات بادی
equipotential lines	خطوط هم پتانسیل
excess pressure	فشار منفذی اضافی

F

factor of safety	ضریب اطمینان
falliny head	ایستایی متغیر
fine grained soil	خاک ریزدانه
fines	ریزدانه
flocculent structure	ساختمان تکدانه
flow channels	کانالهای جریان
flow curre	منحنی روانی
flow index	شاخص روانی
flow lines	خطوط جریان
flow net	شبکه جریانی

G

glacial soil	خاک یخچالی
gradation curve	منحنی دانه‌بندی
grain size distribution	دانه‌بندی
grarel	شن و ریگ
group index	شاخص گروه

H

hommer	چکش
honey comb structure	ساختمان لانه‌زنبوری
hydraulic	هیدرولیک
hydraulic conductivity	هدایت هیدرولیکی
hydraulic gradient	شیب هیدرولیکی
hydrometer	هیدرومتر
hydrometer analysis	تجزیه به روش هیدرومتری

حسن اسدی‌نیا

دانشگاه پیام نور

P

peat	تورب ـ خاک‌گیاهی
penetrometer	نفوذسنج
percentage consolidation	درصد تحکیم
percentage passing	درصدعبور کرده
percentage air voids	درصدهوای‌منافذ
permeability	نفوذپذیری
perrious layer	لایه نفوذناپذیر
piezometer	نیرومتر
piezometric level	سطح نیرومتری
plastic deformation	تغییر شکل پلاستیک
plasticity index	شاخص‌خمیری
plastic limit	حد خمیری
pooriy graded	بددانه‌بندی شده
pore water	آب منفذی
porosity	تخلخل
porous stone	سنگ متخلخل
preconsolidation pressure	فشار تنش پیش تحکیم
primany consolidation	تحکیم اولیه
principal planes	صفحات اصلی
principal stresses	تنشهای اصلی

Q

qulck sand	ماسه جوشان

R

recompaession curre	منحنی‌تراکم مجدد
relative dansity	چگالی نسبی
rubber ballon method	روش بالن لاستیکی
rupture	گسیختگی
rupture cnvelope	رویش گسیختگی
rupture point	نقطه گسیختگی

S

satety factor	ضریب اطمینان
sample	نمونه
sampler	نمونه‌گیر
sand	ماسه
sand cone	مخروط ماسه
saturated	اشباع
saturated density	چگالی اشباع
seconday eonsolidation	تحکیم ثانویه
seepage	نشست ـ تراوش
seepage velocity	سرعت تراوش
sensitirity	حساسیت
settlement	نشست
shaking test	آزمایش ضربه (ارتعاش)
shape factor	ضریب شکل
shear strength	مقاومت برشی
shear stress	تنش برشی
shear vane test	آزمایش برش پره‌ای
shrinkage Limit	حد انقباض
siere	الک
siere analysis	تجزیه خاک با الک
silt	سیلت
single grained structure	ساختمان دانه‌ای
skeleton structure	ساختمان اسکلتی
soft	نرم
soil	خاک
soil origin	منشأ خاک
soil particle arrangment	آرایش ذرات خاک
soil strength	مقاومت خاک
soil structure	ساختمان خاک
solid	جامد

حسن اسدی‌نیا

undisturbed sample	نمونه دست نخورده
uniform	یکنواخت
uniformity coefficient	ضریب یکنواختی
unit weight	وزن واحد حجم

V

vane shear test	آزمایش برش‌پره‌ای
varved clay	رس ـ سیلت‌مطبق
velocity	سرعت
vertical stress	تنشهای قائم
virgin curve	منحنی
void ratio	نسبت پوکی
volume	حجم

W

water content	درصد رطوبت
water table	سطح ایستابی
well graded	خوب‌دانه‌بندی‌شده
weight relationships	روابط وزنی

Y

yield point	نقطه تسلیم
yield Stress	تنش تسلیم

Z

zero air voids curre	منحنی‌صفر درصد هوا

specific grarity	گرانی‌ویژه، چگالی نسبی
standard penetration test	آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد
sticky Limit	حد چسبناک
stiff	سفت
strain	واتنش، کرنش
stratification	لایه‌بندی
strenyth	مقاومت
stress	مش
submerged density	چگالی غوطه‌ور
swelling	تقدم
swelling curve	منحنی تورم
swelling index	شاخص تورم

I

textune	بافت
time factor	فاکتور زمان
toughness index	شاخص سختی
transported soils	خاکهای انتقالی
triaxial test	آزمایش سه محوری

U

unconfined aquifer	آبخوان آزاد
unconfined compressin test	آزمایش یک محوری