# بسمه تعالي

# مكانيك خاك

سعيد خرقانی ۱۳۸۲-۱۳۸۳

***هدف درس:*** **آشنايي با اصول اساسي، نظريه‌ها و پديده هاي فيزيكي حاكم بر رفتارمكانيكي خاكها**

مكانيك خاك عبارت است از بررسي خواص و رفتار مهندسي خاك

**عدم شناخت كافي از خاك ممكن است ما را مواجه با مـشكلات مختلف در هنگام احداث و يا پس از احداث نمايد.**
**از مـهمـترين مـسائل و مـشكلات ايـجاد نـشـست هاي ناهمگون و يا بيش از حد مي باشد.**

***مراجع درس :*** **مرجـع اصـلي درس كتاب مـكانـيك خـاك تألـيف آقايان دكتر بهنيا و طباطبايي مي باشـد ديگر مراجع درحين ارائه موضوع هاي مربوطه معرفي خواهند شد.**

***نحوه ارائه درس :***

**١ـ مشخصات فيزيكي خاكها ، طبقه بندي خاكها،مكانيك محيط هاي پيوسته**

**٢ـ آب در خاك**

**٣ـ تئوري ارتجاعي خاك و گسترش تنش در خاك و نظريه تحكيم و نشست خاك**

**٤ـ پايداري خميري خاكها**

**٥ـ پايداري شيروانيها، ظرفيت باربري خاكها**

| | |
|---|---|
| **نحوه ارزيابي** | **امتحان ميان ترم و حل مسائل** **٤٠%** |
| | **امتحان پايان ترم** **٦٠%** |

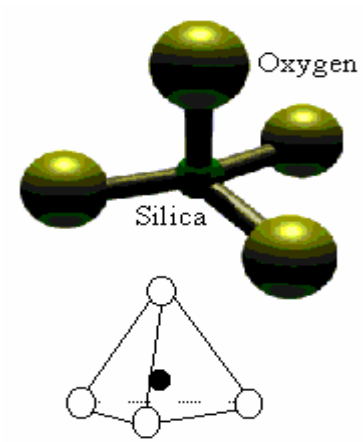
## تعاريف كلي :

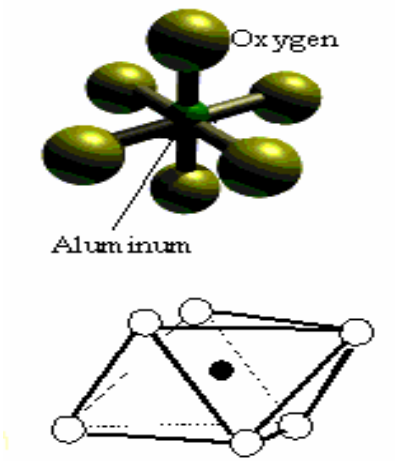
ـ تمام مواد موجود در پوسـته زمـين را مي توان به دو گروه سنگ و خاك تقسيم كرد.
ـ در مهندسي عمران به هر تـوده متشـكل از ذرات كانيـهاي ناپيوسـته خاك اطلاق مي گردد. اين ذرات از متلاشي شدن سنگها پديد مي آيند و فضاي خالي بين آنها را آب و يا هوا پر مي كنند.
ـ اگر مواد حاصـل از متلاشي شدن در محل اصلي خود باقي بمانند، خاك بر جاي مانده يا رسوبي را تشكيل مي دهند و در صورتيكه مواد به محل ديگر تغيير مكان داده شوند و در آنـجا ته نشين گردند خاك انتقال يافته را تشكيل مي دهند.

روند تخریبی تشکیل خاک از سنگ ممکن است فیزیکی ویا شیمیایی باشد تغییر فیزیکی به صورت فرسایش حاصل از عمل باد، آب ویخچالها میباشد اندازه دانه ها از قلوه سنگ تا کرد سنگ متغیر است؛ ساختمان خاک می تواند شل، متراکم ویا متراکم باشد.

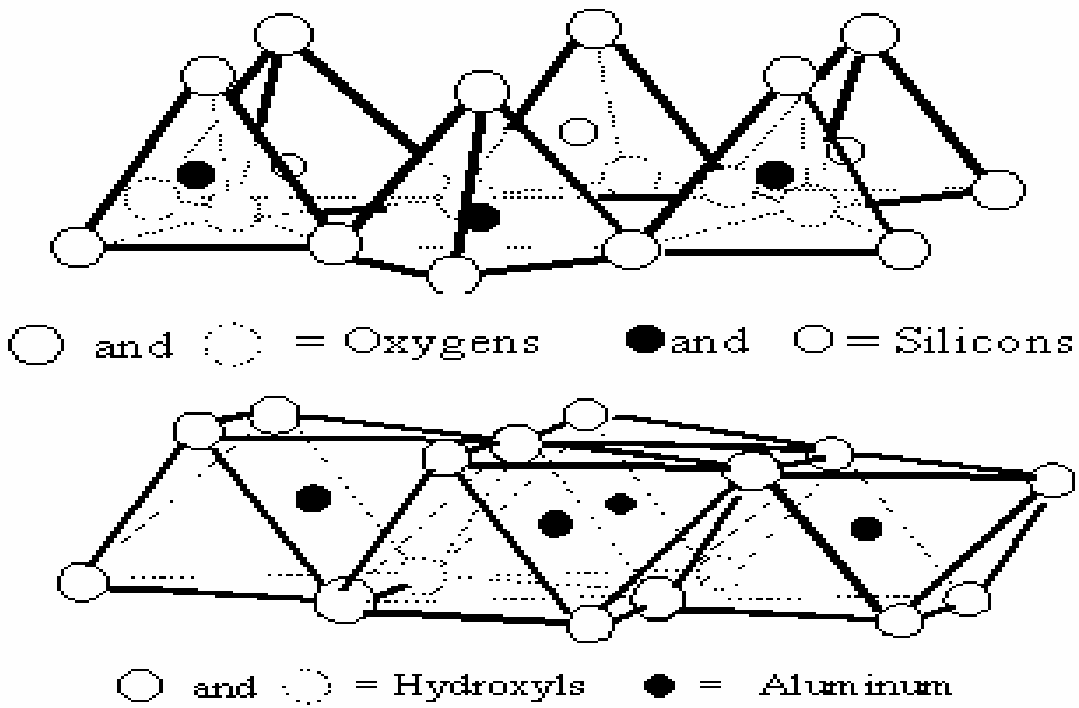
تخریب شیمیایی سنگها موجب پیدایش ذرات ریز بلوری با اندازه کلوییدی که کانی رسی نامیده می شوند است

بنیان بیشتر کانی های رسی از سیلیس چهار وجهی وآلومین هشت وجهی تشکیل شده است



از به هم پیوستن واحدهای بنیانی، ساختمانهای صفحه ای پدید می آید



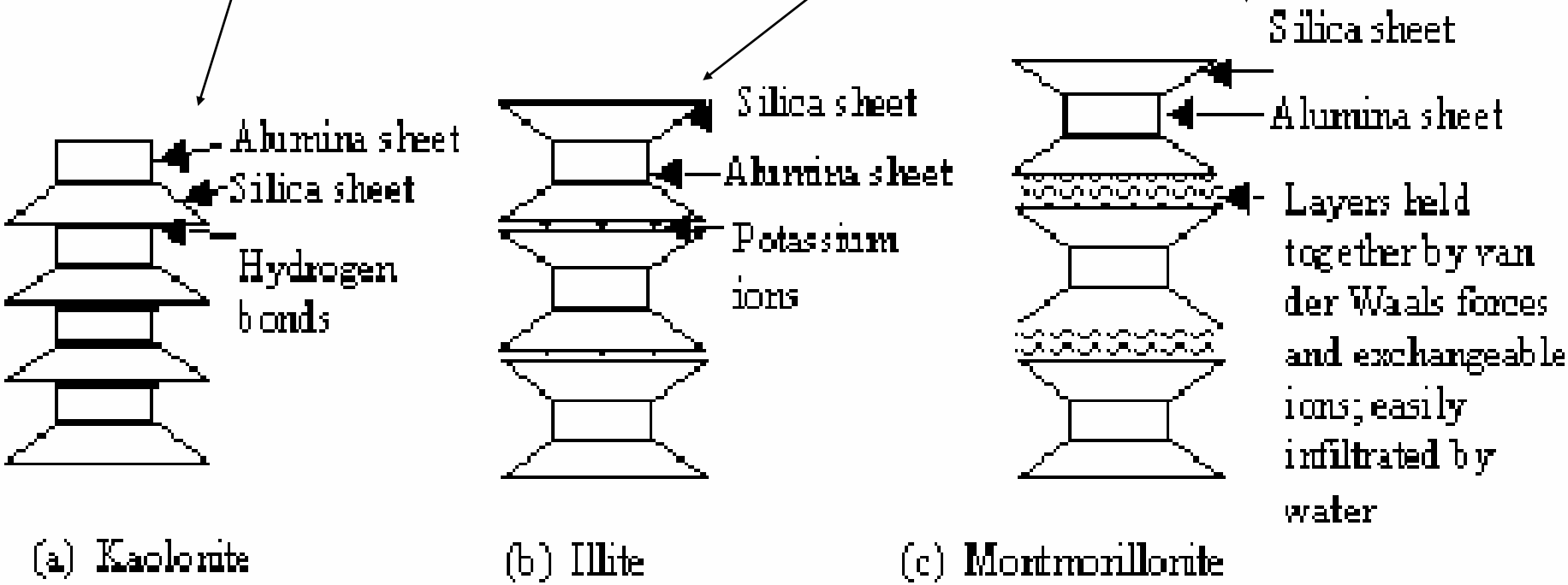

از به هم پیوستن ساختمانهای بنیانی صفحه ای با درجات مختلف پیوند، کانی های مختلف رسی بوجود می آیند

**رس ها به سه گروه اصلی کایولینیت ها، ایلیت ها و مونموریونایت ها تقسیم می شوند**

**کایولینیت**
**پیوند هیدروژن**

**ایلیت**
**پیوند پتاسیم**

**مونتموریلونایت**
**پیوند آب**



## رده بندي و طبقه بندي خاكها :

طبـق تعـريف دانه هايي از خـاك كه با چـشـم ديده ميشوند خاكهاي درشت دانه و آنهايي كه زير اين حد قرار دارند ريزدانه نام دارند.

دو سيستم جهت رده بندي خاكها وجود دارد :

1) Unified Soil Classification System

2) American Association of State Highway officials (AASHO)

# رده بندي و طبقه بندي خاكها :

**در هر دو سيستم خاك از پنج گروه اصلي تشكيل يافته است.**

**شن ، ماسه ، سيلت ، رس و مواد آلي**

**Gravel Sand Silt Clay Organic**

***اندازه دانه ها :***

**ميليمتر ٠,٠٧٥ >= رس ولاي**
**ميليمتر ٤,٧٥ >= ماسه >= ٠,٠٧٥ ميليمتر**
**ميليمتر ٧٥ >= شن >= ٤,٧٥ ميليمتر**

SOIL TYPES

| | | |
|---|---|---|
| Types: | COARSE-GRAINED SOILS | FINE-GRAINED SOILS |
| Description: | BOULDERS, GRAVEL, SAND | SILT, CLAY |
| | | |
| Feel: | Hard, Gritty and bulky | Slight Grittiness, Smooth |
| Size (mm): | >75; 75 to 4; 4 to 0.38 | 0.075 to 0.002; <0.002mm |
| Characterisation: | Particle size | Particle size and mineralogy |

## دانه بندي :

منظور از دانه بندي يك خاك تعيين درصد وزني دانه هاي با حدود و اندازههاي مختلف است كه خاك مورد نظر را تشكيل مي دهند.
دانه بندي خاكهاي درشت دانه با روش الك كردن معين مي شود خاك را از تعدادي الك عبور مي دهند و خاك مانده بر روي الك توزين مي گردد و سپس درصد وزني خاك رد شده از الك محاسبه مي گردد.

الك يك اينچي الكي است كه اندازه ضلع چشمه هايش يك اينچ است. الك نمره چهار به مفهوم اين است كه يك اينچ را به چهار قسمت مساوي تقسيم كنيم

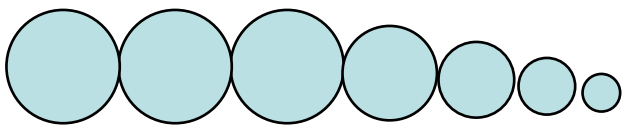
دانه بندي خـاكهاي ريز دانه را مي توان با اسـتفـاده از روش ته نشيني تعيـين كـرد اين روش مبـتني بر قـانون استوكس است كه مربوط به سرعت سقوط ذرات كروي شكل معلق در مايـعات مـي باشد ذرات بـزرگتر سـرعت سقوط بيشتري دارند و ذرات كوچكتر با سرعت كمتري ته نشين مي گردند.

توزيع اندازه دانه هاي يك خـاك به صورت منحني بر محـورهاي مخـتلف اسـت نيـمه لگـاريتـمي نشان داده مي شـود. عـرض نقاط واقع بر اين منحني درصد وزني دانه هاي كوچكتر از اندازه أي است كه بر روي محور طولها داده شده است.

يك خـاك دانـه‌اي (درشـت دانـه) اگر هيـچ يك از اندازه هاي دانه هاي آن بيش از حد نباشد و هيچ يك از اندازه هاي دانه هاي مـياني را كـسر نداشـته باشـد خاك خوب دانه بندي شـده ناميـده مي شـود در غير اينصورت خاك بد دانه بندي شده ناميده مي شود.

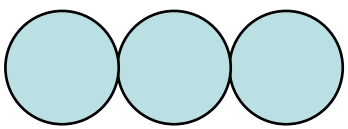
خاك خوب دانه بندي شده

$1 \leq Cc \leq 3$

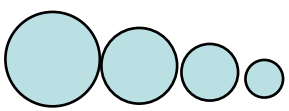


خاك بد دانه بندي شده

- خاك يكنواخت



- خاك منقطع



# رده بندي خاكها به روش Unified

نام خاك با سمبلي كه از دو حرف لاتين تشكيل مي شود بيان مي گردد. پس از جدا كردن دانه هاي به قـطر بيش از ۳ اينچ خـاكها به سه دسـته تقسيم مي گردند.

دانه درشت ← كمتر از ۵۰% دانه هاي از الك نمره ۲۰۰ عبور مي كند
دانه ريز ← ۵۰% يا بيشتر از الك نمره ۲۰۰ عبور مي كند
آلي ← شامل درصد بالايي از لايه هاي مواد آلي

# روش Unified

## خاكهاي درشت دانه

(با G يا S شروع مي شوند)

شن (G) خاكي است كه از الك ۳ اينچي مي گذرد ولي از الك نمره ٤ رد نمي شود اگر باقي مانده روي الك نمره ٤ بيشتر يا مساوي ۵۰% وزني خاك باشد حرف اول نام خاك G خواهد بود.

ماسه ( S ) خاكي است كه از الك ٤ مي گذرد ولي از الك نمره ۲۰۰ عبور نمي كند اگر رد شده از الك نمره ۲۰۰ كمتر از ۵۰% وزني خاك باشد حرف اول نام خاك S خواهد بود.

حروف دوم نام خـاك توسط نوع مواد عبور يافته از الك نمره ۲۰۰ تعـيين مي شـود. اگر كمتر از ۵% كل نمونه از الك نمره ۲۰۰ عبور كند خاك به دو نوع :

خوب دانه بندي شده (W : Well Graded)

بد دانه بندي شده (P : Poorly Graded)

لذا نام خاك GW يا SP ، GP يا SW خواهد بود.

اگر بيش از ۱۲% از الـك نمـره ۲۰۰ رد شوند حـرف دوم سمبل نوع خاك از سوي دامنه خميري خاك

(P I = LL – PL) تعيين مي شود.

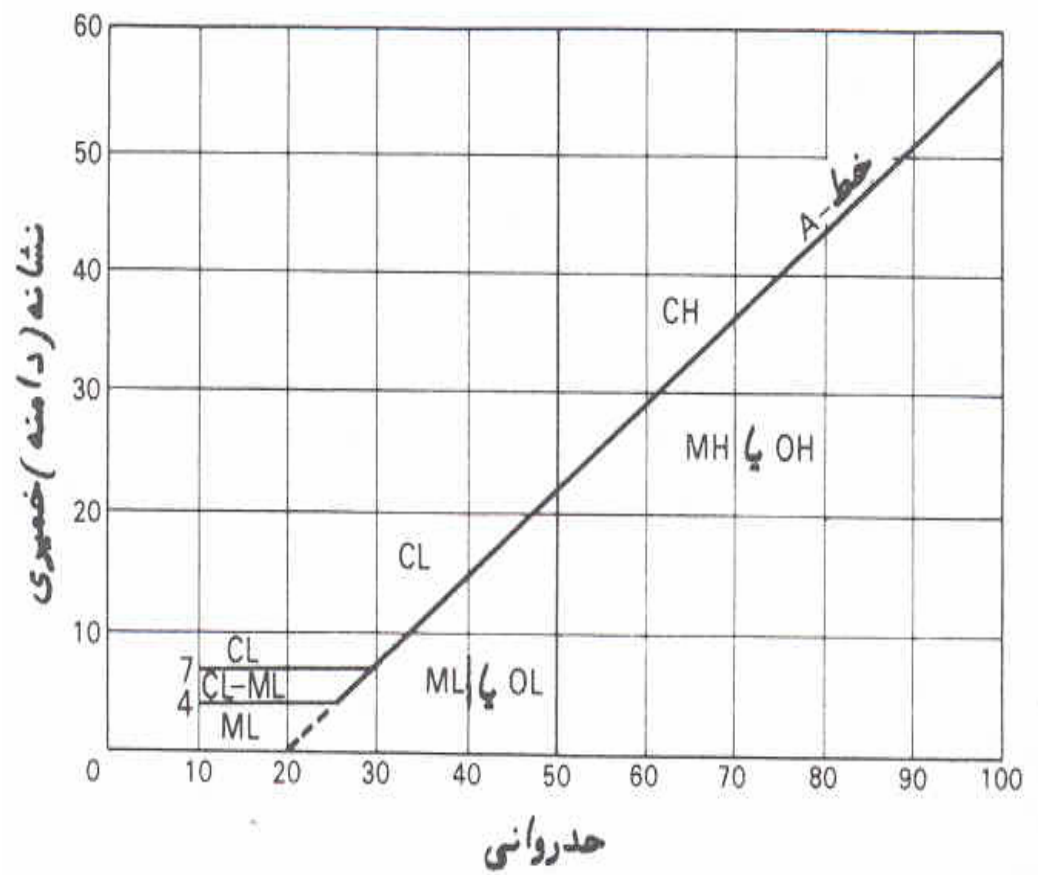
# خاکهای ریزدانه

خاکهایی که بیش از ۵۰% وزنشان از الک ۲۰۰
عبور می کند از روی حالت خمیری وقابلیت تراکم
طبقه بندی می گردند. پس از انجام آزمایشهای حدود اتربرگ
برروی قسمتی از خاک که از الک ۴۰
عبور کرده است اگر حالت خمیری از خود نشان
دهد خاک از نوع رس ودر غیر این صورت
سیلتی می باشد

برای این موضوع
از نمودار خاص
روبرو استفاده
می شود

c ریزدانه خمیری

M ریز دانه غیر خمیری




H>۵۰ خاصیت خمیری زیاد  L<۵۰ خاصیت خمیری کم

خاکهای ریز دانه : پنجاه درصد یا بیشتر از الک ۲۰۰ عبور کرده است

اگر حد روانی کمتر از ۵۰% باشد خاک

ML CL OL است

اگر حد روانی بیشتر از ۵۰% باشد خاک

MH CH OH است

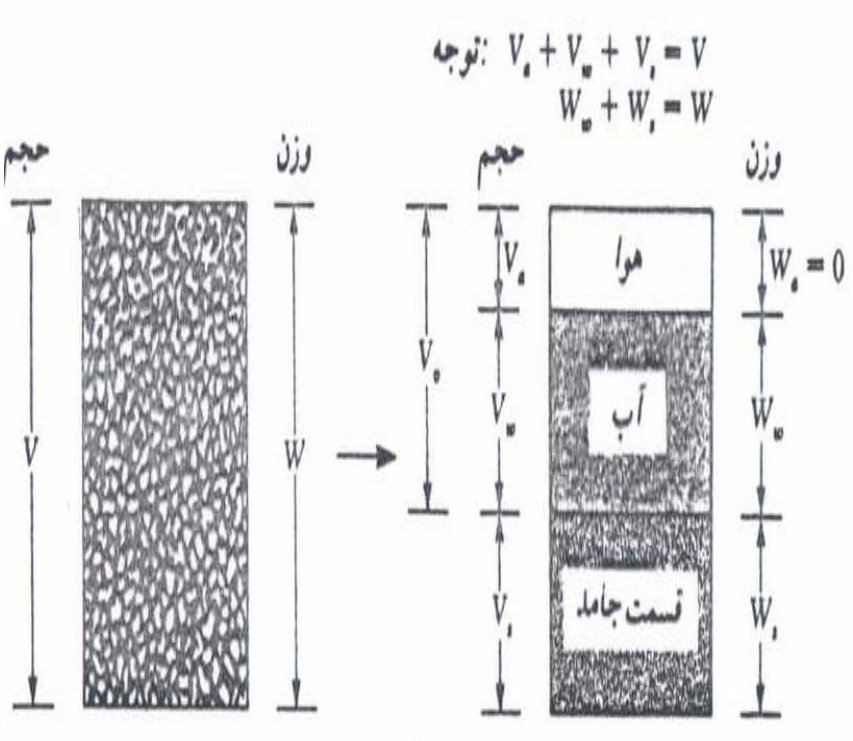
خاکهای کاملاً آلی با Pt مشخص می شوند

**مثال: عبور ۲ کیلوگرم خاک از الکهای ۲ و ۱ اینچ و الکهای شماره ۴؛ ۱۰؛ ۴۰ و ۲۰۰ نتایج زیر را داده است:**

| الک | میلیمتر | مانده(گرم) | ردشده(گرم) | درصدردشده |
|---|---|---|---|---|
| ۲ اینچ | ۵۰,۸ | ۲۰۰ | ۱۸۰۰ | %۹۰ |
| ۱ اینچ | ۲۵,۴ | ۵۰۰ | ۱۳۰۰ | %۶۵ |
| شماره۴ | ۴,۷۵ | ۲۵۰ | ۱۰۵۰ | %۵۲,۵ |
| شماره۱۰ | ۲ | ۳۰۰ | ۷۵۰ | %۳۷,۵ |
| شماره۴۰ | ۰,۴۲ | ۱۵۰ | ۶۰۰ | %۳۰ |
| شماره۲۰۰ | ۰,۰۷۵ | ۱۰۰ | ۵۰۰ | %۲۵ |

**مطلوبست رسم منحنی دانه بندی وضرایب یکنواختی و خمیدگی**

# روابط حجمی ووزنی حاکم بر خاکها




- خاکها ممکن است از دو یا سه قسمت تشکیل شده باشند.
- خاک خشک از دانه های جامد وهوا، خاک اشباع از دانه های جامد و آب تشکیل می گردد.
- خاک مرطوب نیمه اشباع سه قسمتی است.

میزان رطوبت با وزن کردن خاک وسپس خشک کردن در گرم کن با حرارت ۱۰۵درجه به مدت ۲۴ساعت وتوزین مجدد بدست می آید.

$$W=100W_w/W_s$$

نشانه خلا و یا درجه تخلخل نسبت حجم فضای خالی به حجم دانه های جامد است و تخلخل خاک و یا درجه پوکی نسبت حجم فضای خالی به حجم کل خاک است.

$$e = V_v/V_s \qquad n = V_v/V$$

$$n = e/(1+e) \qquad e = n/(1-n)$$

جرم مخصوص ظاهری $\rho$ نسبت جرم کل به حجم کل را بیان می کند $\rho = M/V$

جرم مخصوص آب عبارت است از:

$$\rho_w = 1\ t/m^3 = 1\ g/cm^3 = 1000\ kg/m^3$$

## Sol non saturé

| | $w$ | $n$ | $e$ | $\gamma$ | $\gamma_d$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $w =$ | -- | $\frac{sn}{(1-n)G}$ | $-\frac{se}{G}$ | $\frac{\gamma_s - \gamma}{\frac{G}{s}\gamma - \gamma_s}$ | $)s\gamma_w(\frac{1}{\lambda_d} - \frac{1}{\gamma_d}$ |
| $n =$ | $\frac{WG}{WG+s}$ | - | $\frac{e}{1+e}$ | $\frac{\gamma - \gamma_s}{s\gamma_w - \gamma_s}$ | $1-\frac{\gamma_d}{\gamma_s}$ |
| $e =$ | $\frac{WG}{S}$ | $\frac{n}{1-n}$ | - | $\frac{\gamma - \gamma}{\gamma - s\lambda_w}$ | $\frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1$ |
| $\gamma =$ | $\frac{\gamma_s(1+w)}{\frac{WG}{S}+1}$ | $Sn\gamma_w + (1-n)\gamma_s$ | $\frac{\gamma_s + se\gamma_w}{1+e}$ | -- | $\gamma_d(1-\frac{S}{G}) + s\gamma_d$ |
| $\gamma_d =$ | $\frac{\gamma_s}{\frac{WG}{S}+1}$ | $(1-n)\gamma_s$ | $\frac{\gamma_s}{1+e}$ | $\frac{\gamma - S\gamma_w}{1-\frac{S}{G}}$ | - |
| $S =$ | $\frac{W}{\gamma_w(\frac{1}{\gamma_d} - \frac{1}{\gamma_s})} = \frac{W}{\frac{\gamma_w}{\gamma_d} - \frac{1}{G}} = \frac{\gamma - \gamma_d}{\gamma_w(1-\frac{\gamma_d}{\gamma_s})} = \frac{WG}{e}$ | | | | |

**مثال ۱ :** رطوبت طبیعی خاکی۴۳% وچگالی مواد جامد۲،۷۰ می باشد در صورتی که خاک رس نرم اشباع باشد مطلوبست محاسبه درجه تخلخل، درجه پوکی ووزن مخصوص اشباع آن.

$$w = 0.43 = \frac{w_w}{w_s} = \frac{w_w}{1}$$

$$_s = \frac{w_s}{v_s} = 2.7 = \frac{1}{v_s} \Rightarrow v_s = \frac{1}{2.7} = 0.37 c.c$$

$$v_w = 0.43 cc$$

$$e = \frac{v_v}{v_s} \times 100 = \frac{0.43}{0.37} \times 100 = 1/16$$

$$n = \frac{0.43}{0.43 + 0.37} \times 100 = 0.63$$

$$\gamma_{sat} = \frac{1.43}{0.8} = 1/79$$

**مثال ۲ :** نمونه خاکی دارای وزن مرطوب ۱۶۷ گرم و وزن خشک ۱۱۲ گرم می باشدحجم نمونه قبل از خشک شدن ۱۰۲ سانتیمتر مکعب بوده وچگالی خاک Gs=۲،۶۵ است. مطلوبست محاسبه تخلخل و درجه پوکی ودرجه اشباع ووزن مخصوص خشک خاک.

$$w = \frac{w_w}{w_s} \times 100 = \frac{167 - 112}{112} \times 100 = \%49$$

$$\gamma_d = \frac{w_s}{v} = \frac{112}{102} = 1.09 \frac{g}{cm^3} \cdot \frac{t}{m^3}$$

$$w_s = 1 \Rightarrow \gamma_d = \frac{1}{v} = 1.09 \Rightarrow v = \frac{1}{1.09}$$

$$v_a = \frac{1}{1.09} - \frac{1}{2.65} - 0.49 = 0.05$$

$$e = \frac{v_v}{v_s} = \frac{0.05 + 0.49}{0.37} \times 100 = 1/45$$

$$n = \frac{e}{1+e} = 0.69$$

$$S_r = \frac{v_w}{v_v} = \frac{0.49}{0.61} = 0.9$$

# صحت روابط زیر را تحقیق کنید

1) $S_r . e = G_s . w$

2) $\gamma = \frac{G_s + S_r e}{1 + e} \gamma_w$

3) $\gamma_d = \frac{1}{w/S_r + 1/G_s} . \gamma_w$

4) $\gamma_d = \frac{G_s (1 - A)}{1 + w G_s} . \gamma_w$

$A = \frac{v_a}{v} \times 100$

5) $\gamma_{sat} = \gamma_d + \frac{\gamma_s - \gamma_d}{\gamma_s} . \gamma_w$