

بسمه تعالی

دانشگاه شهید با هنر کرمان

دانشکدهٔ فنی و مهندسی – بخش مهندسی معدن

ترم اول ۱۳۹۵

ژئوتکنیک

(۳)

دکترسعید کریمی نسب

QUIZ

❖ سرند زیر تقریبا چند مش است؟



Sieve Designation - Large

Sieves larger than the #4 sieve are designated by the size of the openings in the sieve



Sieve Designation - Large

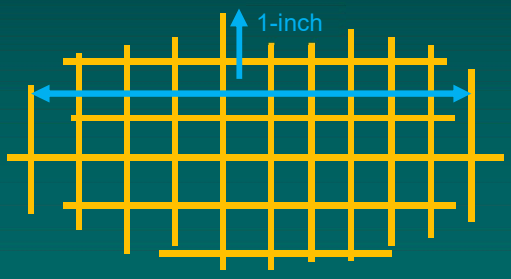
Sieves larger than the #4 sieve are designated by the size of the openings in the sieve



Review Activity 2

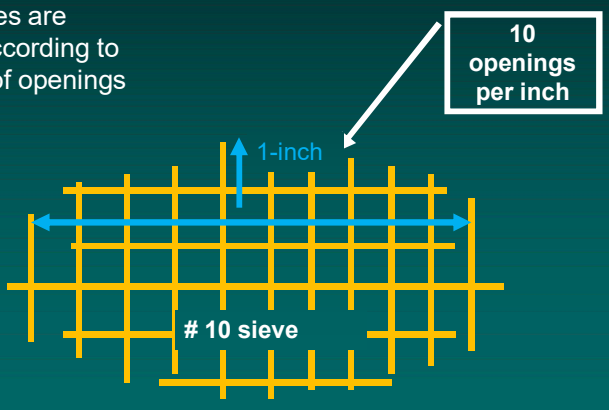
- Commonly used larger size sieves
  - 3 inch
  - 2 inch
  - 1-1/2 inch
  - 1 inch
  - 3/4 inch
  - 1/2 inch
  - 3/8 inch

Sieve Designation - Smaller



Sieve Designation - Smaller

Smaller sieves are numbered according to the number of openings per inch



Review Activity 3



- Commonly used smaller size sieves
  - # 4
  - # 10
  - # 20
  - # 40
  - # 60
  - # 140
  - # 200

Major Soil Groups

Cohesive soils ↔ **Granular soils** or **Cohesionless soils**

Clay	Silt	Sand	Gravel	Cobble	Boulder
0.002	0.075	2.36	63	200	

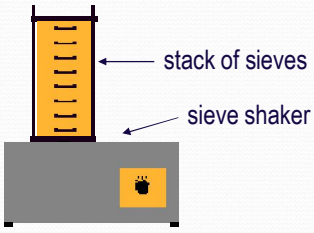
Grain size (mm)

Fine grain soils ↔ **Coarse grain soils**

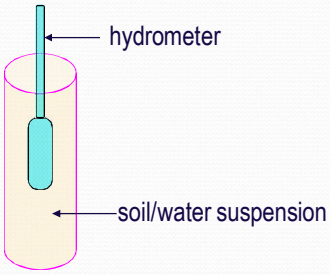
Grain Size Distribution

Determination of GSD:

- In coarse grain soils ..... By sieve analysis
- In fine grain soils ..... By hydrometer analysis



Sieve Analysis

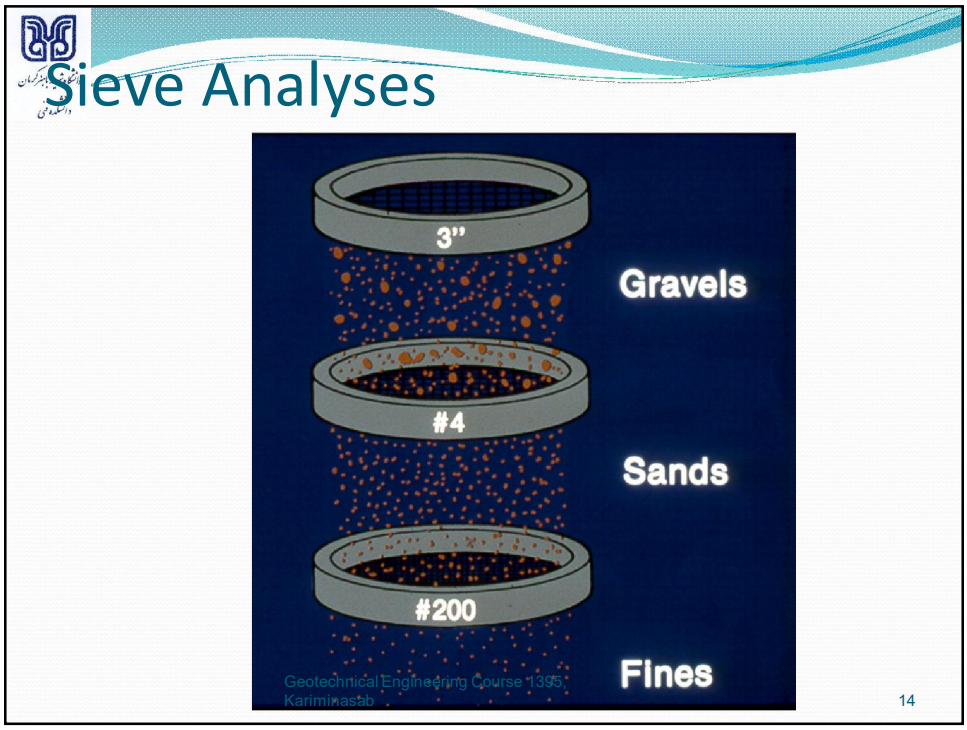


Hydrometer Analysis

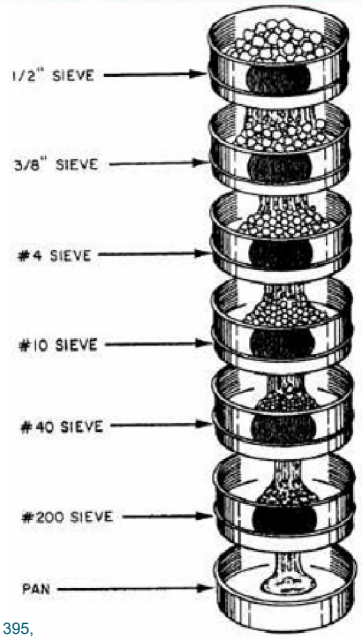
تجزیه سرندی:

- عبارتست از اینکه نمونه داخل خاک در داخل یک سری الک که از درشت به ریز بر روی هم قرار گرفته اند، قرار گرفته و الک ها را تکان می دهند.


Geotechnical Engineering Course 1395, Kariminasab
13

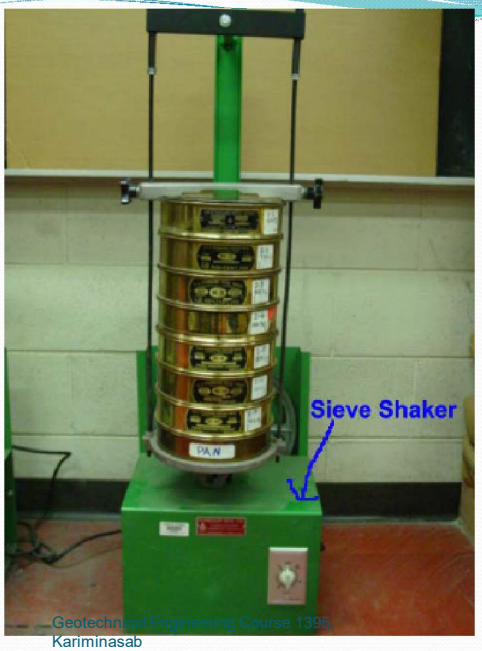

Sieve Analyses
3"
Gravels
#4
Sands
#200
Fines
Geotechnical Engineering Course 1395, Kariminasab
14


MARKET GRADE SIEVE
10
MARKET GRADE SIEVE
20
MARKET GRADE SIEVE
40
MARKET GRADE SIEVE
50
MARKET GRADE SIEVE
100
MARKET GRADE SIEVE
200


1/2" SIEVE
3/8" SIEVE
#4 SIEVE
#10 SIEVE
#40 SIEVE
#200 SIEVE
PAN

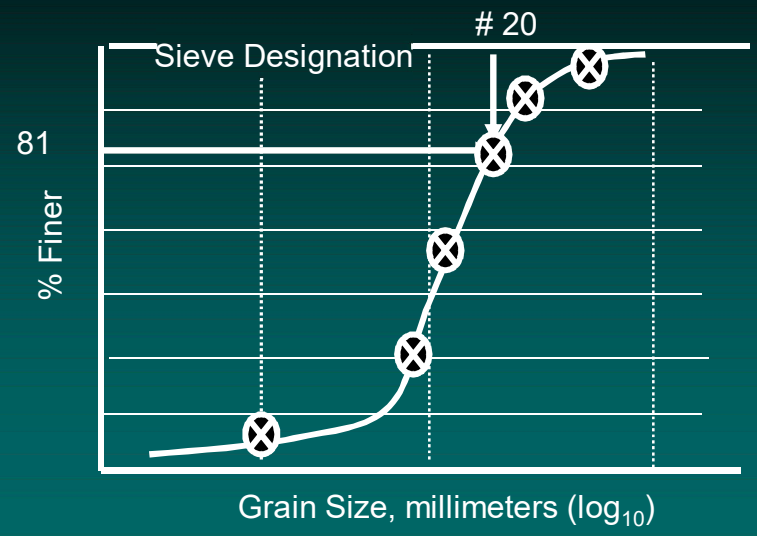

Set of Sieves
Soil Specimen
PAN
Balance


PAN


Sieve Shaker
PAN



Grain-size Distribution



D10

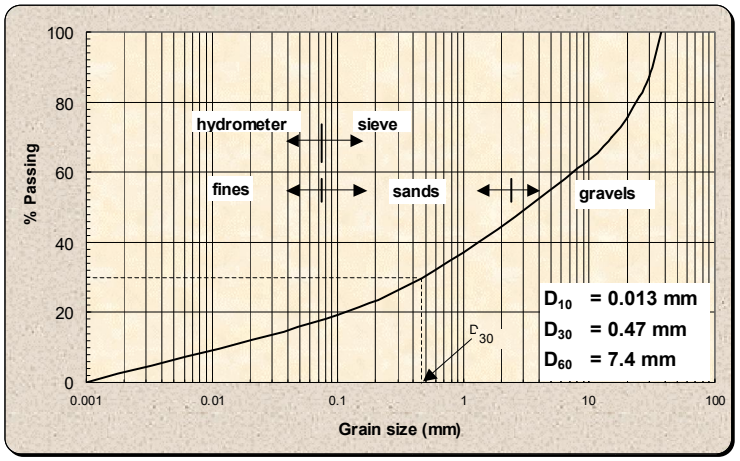
قطر مربوط به درصد عبوری ۱۰درصد

D30

قطر مربوط به درصد عبوری ۳۰ درصد

D60

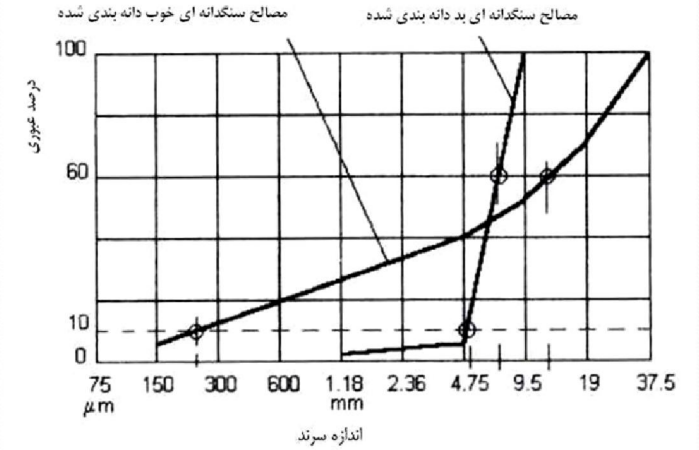
قطر مربوط به درصد عبوری ۶۰ درصد



Grain Size Distribution Curve

- can find % of gravels, sands, fines
  - define D_{10}, D_{30}, D_{60}.. as above.

مصالح سنگدانه‌ای خوب دانه‌بندی شده و بد دانه‌بندی شده، ضریب یکنواختی



مثال :

مصالح خوب دانه بندی شده: $C_u = 12/0.22 = 54$

مصالح بد دانه بندی شده: $C_u = 8/5 = 1.6$

Coefficient of Uniformity

- Cu **برای مصالح سنگدانه‌ای بد دانه‌بندی شده، دارای حداقل مقدار نزدیک به یک می‌باشد. مقادیر بیشتر** Cu **نشان دهنده تخلخل کمتر و درنتیجه نفوذپذیری کمتر می‌باشد.**

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

مصالح سنگدانه‌ای خوب و بد دانه‌بندی شده

- **مصالح سنگدانه‌ای خوب دانه‌بندی شده [Well-Graded Aggregates] مورد استفاده در کارهای ساختمانی بتنی، تخلخل پایین داشته و درنتیجه محتوای سیمان مورد نیاز را به حداقل می‌رسانند.**

مصالح سنگدانه‌ای خوب و بد دانه‌بندی شده

- **بنابراین، نفوذپذیری آنها نسبتاً پایین است و معمولاً برای استفاده در کارهای زهکشی مناسب نیستند. *مصالح سنگدانه‌ای بد دانه‌بندی شده* [Single-Size Aggregates] و یا *با دانه‌بندی یکنواخت* [Open-Graded Aggregates]، تخلخل بالایی داشته و استفاده از آنها در مسائل زهکشی، ارجحیت دارد.**

مصالح سنگدانه‌ای خوب و بد دانه‌بندی شده

- این مصالح سنگدانه‌ای بطور ایده‌ال از سرندی با ابعاد مشخص عبور کرده و برروی سرند با اندازه کوچکتر بعدی باقی می‌مانند.
- منحنی دانه‌بندی آنها بایستی بصورت یک خط مستقیم تقریباً عمودی بدست آید، اما در عمل ذرات ریزتری نیز همراه آنها وجود دارد که نسبت این ذرات ریز با توجه به خصوصیتشان محدود می‌شود.
- مصالح سنگدانه‌ای بد دانه‌بندی شده توسط ***اندازه اسمی*** [Nominal Size] آنها تعیین می‌شوند.

مصالح سنگدانه‌ای خوب و بد دانه‌بندی شده

- اندازه اسمی، اندازه سرندی است که تمام و یا تقریباً تمامی ذرات، یعنی ۹۵ تا ۱۰۰ درصد دانه‌ها، از آن عبورمی‌کنند. به‌منظور تسهیل نامگذاری مصالح سنگدانه‌ای بد دانه‌بندی شده، اندازه سرند عبور دهنده تمام ذرات به عدد صحیح بعدی گرد می‌شود.
- بعنوان مثال، سنگدانه‌هایی که تمام آنها از سرندهای ۹/۵ و ۱۹ میلیمتری عبور کند به ترتیب بعنوان سنگدانه‌های بد دانه‌بندی شده با اندازه ۱۰ و ۲۰ میلیمتر نامیده می‌شوند.

Geotechnical Engineering Course 1395, Kamminasab

اندازه ذرات

- درصورتی‌که نفوذپذیری تحت تاثیر اندازه واقعی خلل و فرج ماده قرار داشته باشد، این اندازه نیز از اندازه ذرات کوچکتر که منجر به پر کردن فضاهای خالی موجود بین ذرات بزرگتر می‌شوند، تاثیر می پذیرد.

اندازه ذرات

- بسیاری از نویسندگان، D_{10} و یا D_{15} را بعنوان اندازه موثر ذرات (موثر، به‌دلیل اینکه آنها کنترل کننده نفوذپذیری می‌باشند)، درنظرمی‌گیرند.
- با درنظرگرفتن مفهوم کلی مورد نظر، تفاوت بسیار کمی بین دو اندازه مذکور وجود دارد.
- در مصالح سنگدانه‌ای بد دانه‌بندی شده با دانه‌بندی یکنواخت، اندازه فضاهای خالی موجود و میزان نفوذپذیری مستقیماً به اندازه اسمی مصالح دانه‌ای بستگی دارد.

ضریب دانه بندی

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

- **شیب نسبتاً تند منحنی دانه‌بندی مربوط به سنگدانه‌های بد دانه‌بندی شده، کاملاً مشخص است.**

- **مقدار این شیب توسط *ضریب یکنواختی*** [Coefficient of Uniformity] **ماده، Cu، که عبارتست از نسبت اندازه سرند ۶۰ درصد عبوری ذرات به اندازه سرند ۱۰ درصد عبوری ذرات، تعیین می‌شود:**

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

Uniformity Coefficient C_u (measure of the particle size range)

$C_u = D_{60}/D_{10}$

$C_u < 5$: Very Uniform

$C_u = 5$: Medium Uniform

$C_u > 5$: Non-uniform

Coefficient of Gradation or Curvature C_g [C_c]

(measure of the shape of the particle size curve)

$C_g = (D_{30})^2 / D_{60} \times D_{10}$

C_g from 1 to 3: well graded

Where: D_{10} = diameter of particle size at 10% passing

D_{30} = diameter of particle size at 30% passing

D_{60} = diameter of particle size at 60% passing

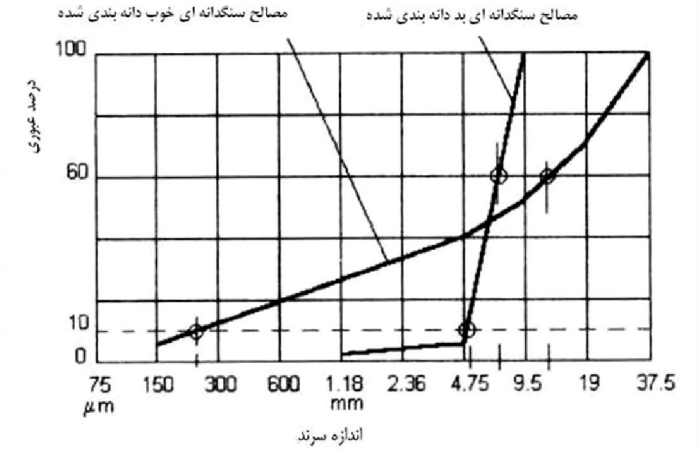
ضریب دانه بندی
ضریب انحنا

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

ضریب یکنواختی

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

مصالح سنگدانه‌ای خوب دانه‌بندی شده و بد دانه‌بندی شده، ضریب یکنواختی



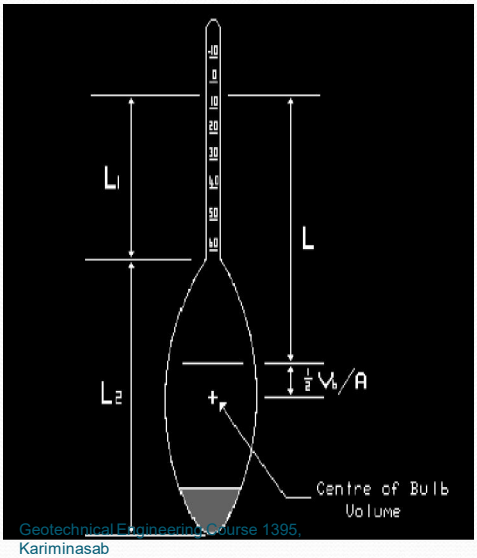
مثال :

مصالح خوب دانه بندی شده: $C_u = 12/0.22 = 54$

مصالح بد دانه بندی شده: $C_u = 8/5 = 1.6$

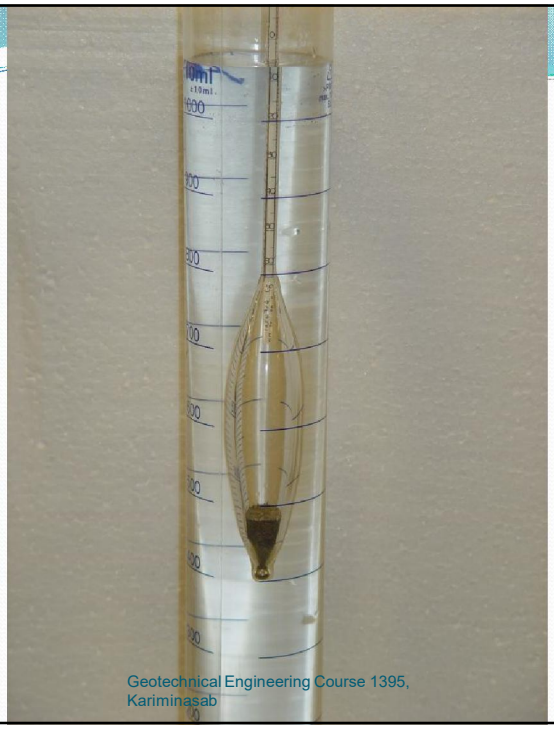


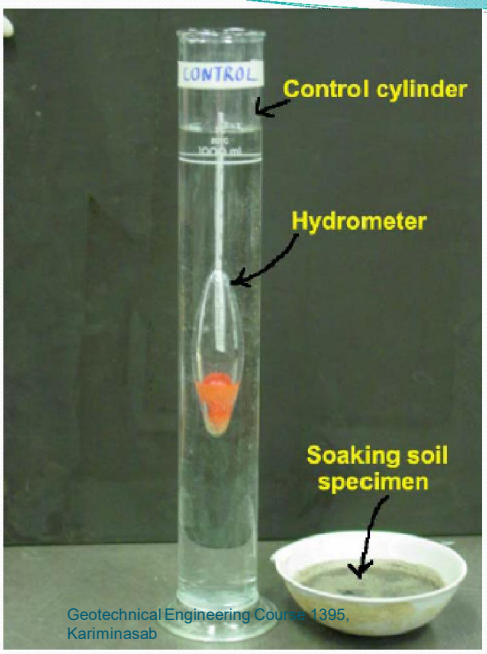
Dimensional features of ASTM 152H hydrometer for the purpose of calculating effective depth

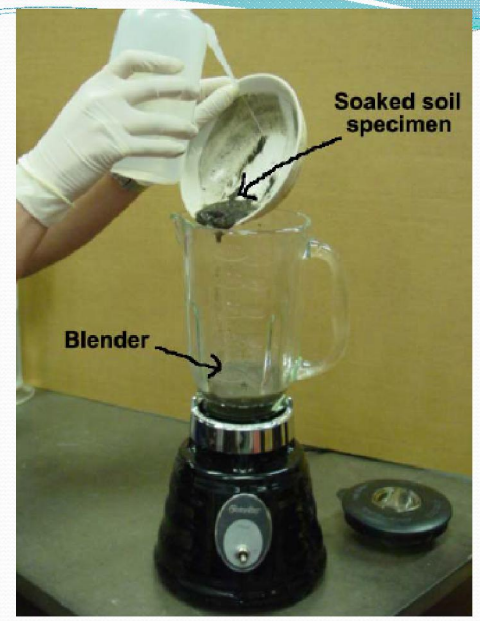


Hydrometer

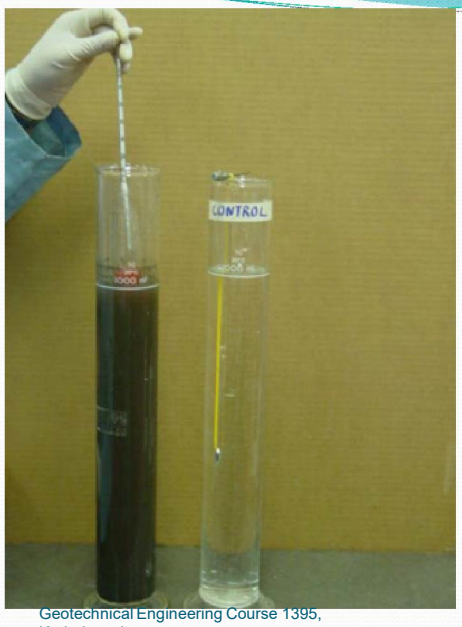





CONTROL
Control cylinder
Hydrometer
Soaking soil specimen


Soaked soil specimen
Blender


Stopper


CONTROL



- آزمایش هیدرو متری برای تعیین منحنی دانه بندی خاک با چه ابعادی معتبر است؟
- تجزیه هیدرومتری مبتنی بر چه قانونی است؟

- قانون استوکس
- این قانون برای کره هایی به قطر 0.2 mm تا 0.002mm به کار می رود.



آزمایش هیدرو متری برای تعیین منحنی دانه بندی خاک بر اساس قانون استوکس می باشد. قانون استوکس برای ذرات کروی به قطر 0.2 mm تا 0.002mm به کار می رود.

- برای ابعاد کوچکتر از آن چگونه دانه بندی صورت می پذیرد؟

- مقدار C_u ماسهٔ سواحل دریای مازندران را چقدر تخمین می زنید؟ چرا؟



سنگ کوارتزیتی را کاملاً نرم کرده و به زیر اندازه خاک رس می رسانیم، ماده حاصل چه خواصی از خاک رس را بدست می آورد؟

ذراتی که بر اساس اندازه شان به عنوان رس شناخته شده اند لزو ماً دارای کانیهای رسی نیستند.



- مقدار C_u خاک سنگدانه‌ای نزدیک به یک می‌باشد. در مورد این خاک چه می توان گفت؟



- حل مسائل شماره یک تا ۲۵ کتاب اصول مهندسی ژئوتکنیک ترجمه شاپور طاحونی

Soil Classification

57

چگالی دانه ها (توده ویژه)
Specific Gravity

- چگالی دانه ها کمیتی است بدون بعدو معمولاً عددی است بین 2.6 تا 2.9
- چگالی دانه های ماسه ای که اکثراً از کوارتز باشند در حدود 2.65 می باشد.
- چگالی خاکهای لای دار و رس دار در حدود 2.6 تا2.9

Gs=وزن قسمت جامد/وزن آب هم حجم آن = $\frac{Ws}{Vs.\gamma w}$

PHASE RELATIONS

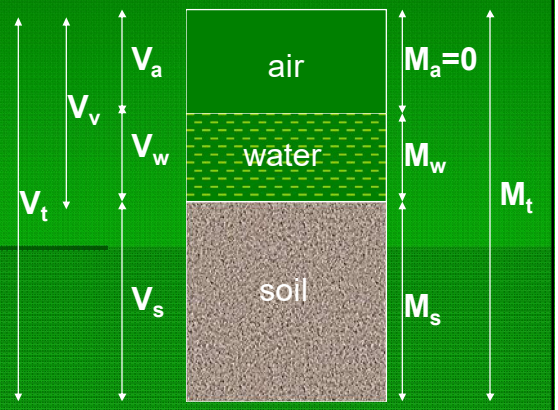
59

ترکیب خاک

Objectives

To compute the masses (or weights) and volumes of the three different phases.

Notation
M = mass or weight
V = volume
s = soil grains
w = water
a = air
v = voids
t = total



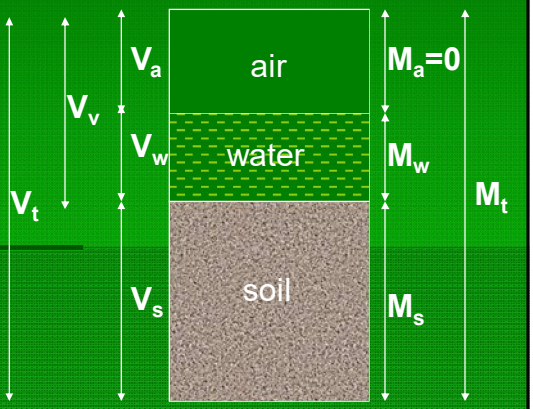
Definitions

Water content (w) is a measure of the water present in the soil.

$$w = \frac{M_W}{M_S} \text{ X } 100\%$$

Expressed as percentage.

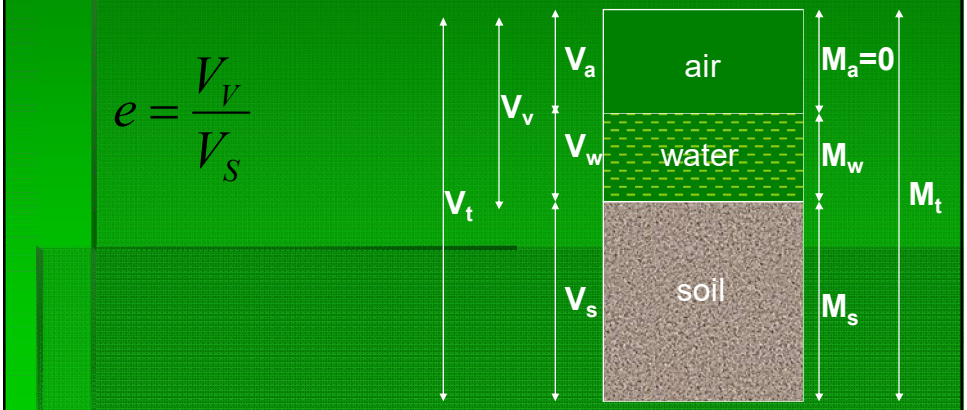
Range = 0 – 100+%.



Definitions

Void ratio (e) is a measure of the void volume.

$$e = \frac{V_V}{V_S}$$

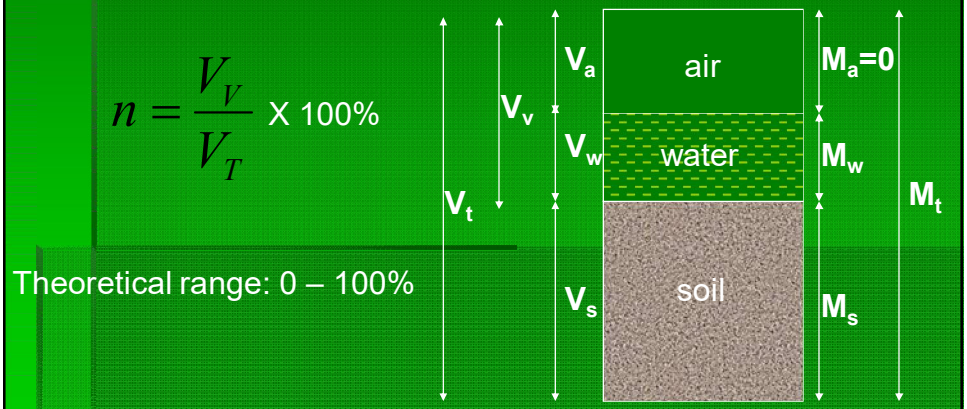


Definitions

Porosity (n) is also a measure of the void volume, expressed as a percentage.

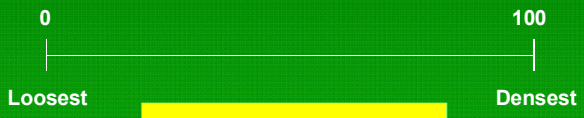
$$n = \frac{V_V}{V_T} \text{ X } 100\%$$

Theoretical range: 0 – 100%



Relative Density (D_r)

- Measure of how densely the grains are packed in a coarse grain soil in %.



$$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$$

- Also known as **density index (I_D).**

Granular Soil Consistencies

As per AS1726 - 1993

Relative Density (%)	Consistency Term
0-15	Very loose
15-35	Loose
35-65	Medium dense
65-85	Dense
85-100	Very dense



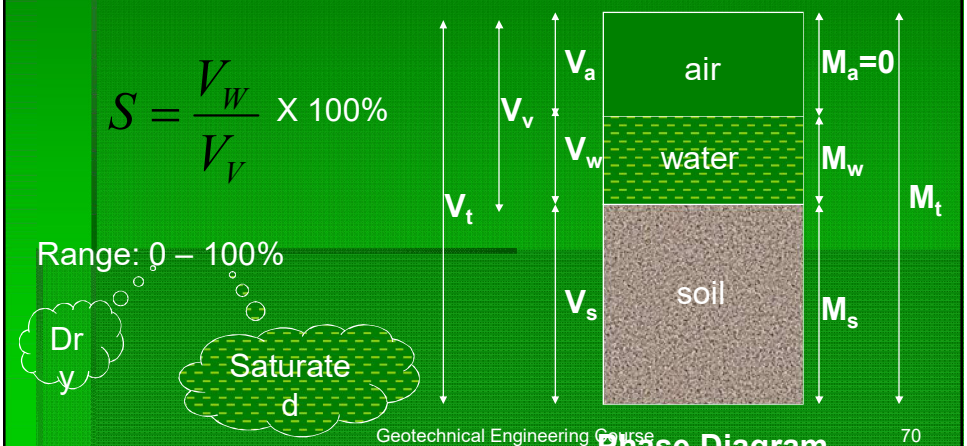
- ۱– اگر دانسیته نسبی خاکی 95 درصد باشد این نمونه خاک به لحاظ کیفی دارای کدامیک از خصوصیات زیر است؟
- الف – خاکی است سست
- ب– خاکی است خیلی سست
- ج– خاکی است خیلی متراکم
- د– خاکی است متراکم

- ج– خاکی است خیلی متراکم

Definitions

Degree of saturation (S) is the percentage of the void volume filled by water.

$$S = \frac{V_W}{V_V} \text{ X } 100\%$$



Range: 0 – 100%

Dry

Saturated

Phase Diagram

A Simple Example

In this illustration,

e = 1

n = 50%

S = 50%

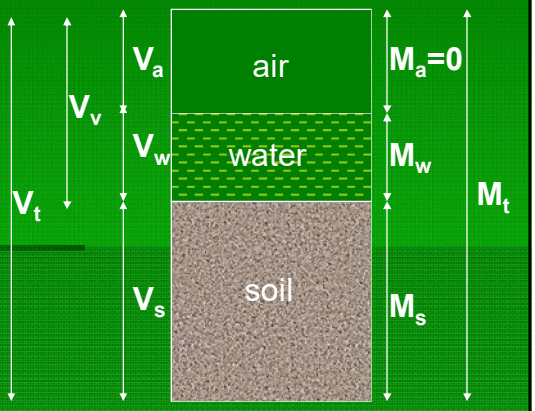


Definitions

Bulk density (ρ_m) is the density of the soil in the current state.

$$\rho_m = \frac{M_T}{V_T}$$

Units: t/m^3, g/ml, kg/m^3



Phase Diagram

Definitions

Saturated density (ρ_{sat}) is the density of the soil when the voids are filled with water.

Submerged density (ρ') is the effective density of the soil when it is submerged.

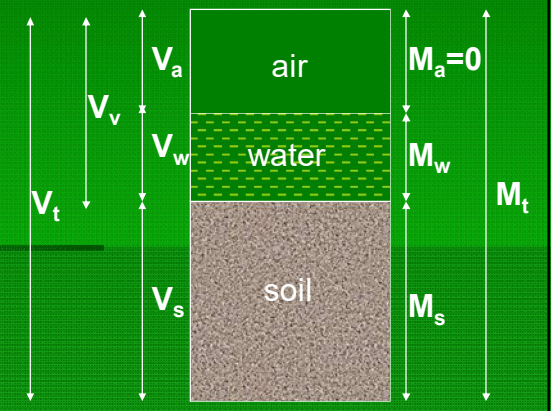
$$\rho' = \rho_{sat} - \rho_w$$

Definitions

Dry density (ρ_d) is the density of the soil in dry state.

$$\rho_d = \frac{M_S}{V_T}$$

Units: t/m^3, g/ml, kg/m^3



Phase Diagram

Definitions

Bulk, saturated, dry and submerged unit weights (γ) are defined in a similar manner.

Here, use weight (kN) instead of mass (kg).

$$\gamma = \rho g$$

γ: N/m^3, ρ: kg/m^3, g: m/s^2

Specific gravity of the soil grains (G_s) typically varies between 2.6 and 2.8.

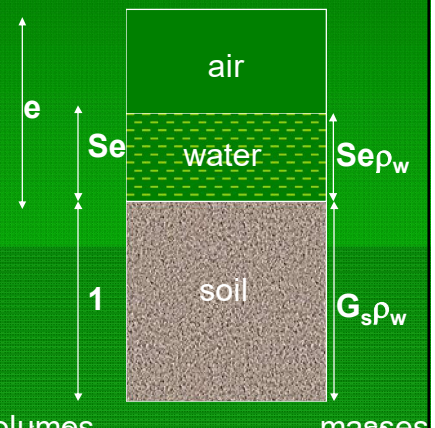
Phase Relations

Consider a fraction of the soil where $\mathbf{V_s = 1}$.

The other volumes can be obtained from the previous definitions.

The masses can be obtained from:

Mass = Density x Volume



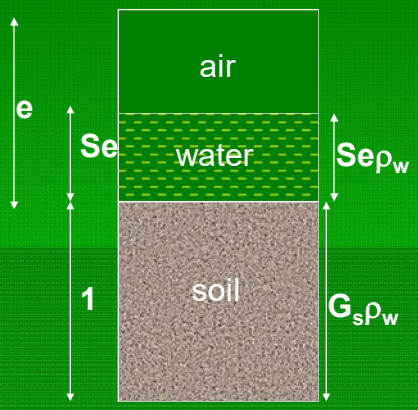
Phase Diagram

Phase Relations

From the previous definitions,

$$w = \frac{M_W}{M_S} = \frac{Se}{G_S}$$

$$n = \frac{V_V}{V_T} = \frac{e}{1+e}$$



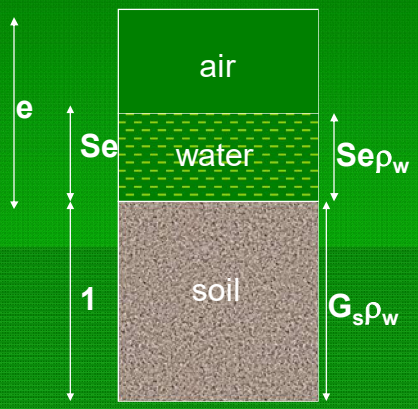
Phase Diagram

Phase Relations

$$\rho_m = \frac{M_T}{V_T} = \frac{G_S + Se}{1+e}\rho_W$$

$$\rho_{sat} = \frac{M_T}{V_T} = \frac{G_S + e}{1+e}\rho_W$$

$$\rho_d = \frac{M_S}{V_T} = \frac{G_S}{1+e}\rho_W$$



Phase Diagram

۱– درجهٔ اشباع خاک مرطوبی با $\gamma=19.2KN/m^3$ و $Gs=2.69$ و $\omega=9.8\%$ و $e=0.509$ برابر است با:

الف– 100%

ب– 51.79%

ج– 48.21

د– کمتر از 40%

۱– درجهٔ اشباع خاک مرطوبی با $\gamma=19.2KN/m^3$ و $Gs=2.69$ و $\omega=9.8\%$ و $e=0.509$ برابر است با:

$$S=\frac{\omega G_s}{e}=\frac{0.098\times 2.69}{0.509}\times 100=51.79\%$$

الف– 100%

◄ب– 51.79%

ج– 48.21

د– کمتر از 40%



Quiz

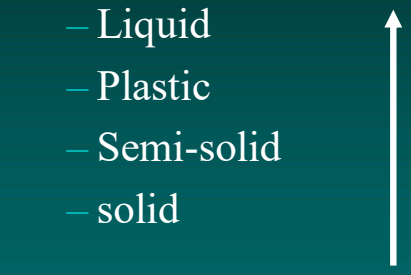
- در مورد مقدار Water Content یک نمونه خاک کدامیک از حالات زیر صحیح نمی باشد؟
- الف– مقدار Water Content می تواند از ۱۰۰٪ بیشتر شود.
- ب– هرگز مقدار Water Content نمی تواند از ۱۰۰٪ بیشتر شود.
- ج– مقدار Water Content بین صفر تا ۱۰۰ درصد می تواند تغییر نماید.

پارامترهای مهم در سیستم کلاسه بندی خاکها

- Particle Size
- Water Holding and Plasticity
- Organic Content

Water Holding and Plasticity

- Consistency States of Finer Particles
  - Liquid
  - Plastic
  - Semi-solid
  - solid



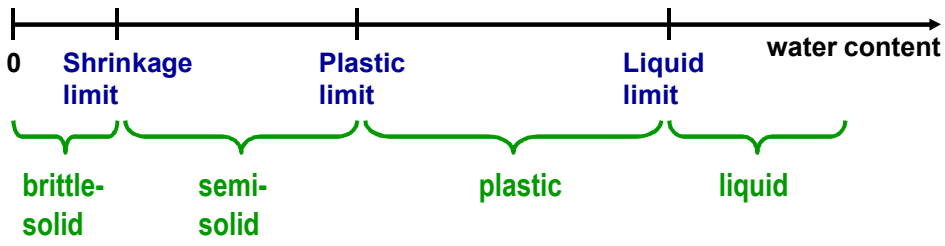
Increasing Water Contents

سختی یا قوام خاک

Consistency of Soil

Atterberg Limits

- Border line **water contents**, separating the different **states** of a fine grained soil



Atterberg Limits

Liquid Limit (w_L or LL):

Clay flows like liquid when w > LL

Plastic Limit (w_P or PL):

Lowest water content where the clay is still plastic

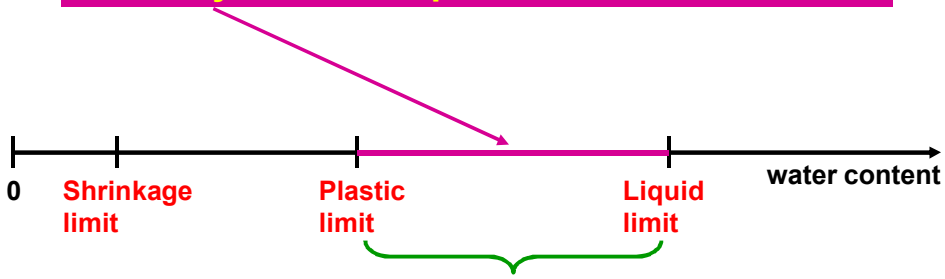
Shrinkage Limit (w_S or SL):

At w<SL, no volume reduction on drying

Plasticity Index (PI)

- Range of water content over which the soil remains plastic

Plasticity Index = Liquid Limit – Plastic Limit



•Liquid Limit test

Tests to Define Boundaries

- Tests are only performed on the fraction of a sample that is finer than the # 40 sieve.



Liquid Limit Definition

- The water content at which a soil changes from a plastic consistency to a liquid consistency
- Defined by Laboratory Test concept developed by Atterberg in 1911.

Liquid Limit Definition

- The water content at which a groove cut in a soil paste will close upon 25 repeated drops of a brass cup with a rubber base



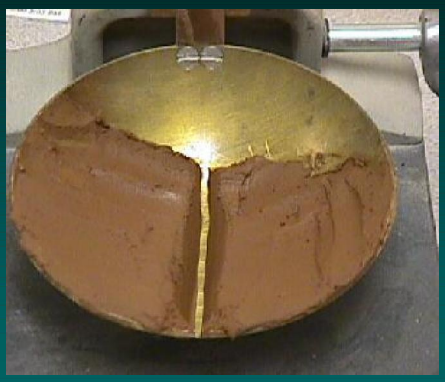
LL Test Procedure

- Prepare paste of soil finer than # 40 sieve
- Place Soil in Cup



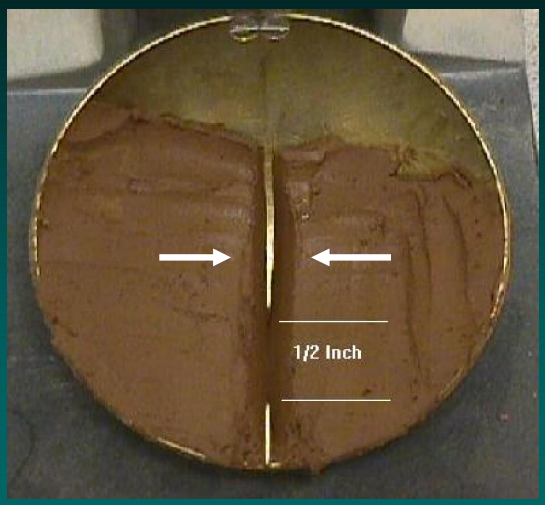
LL Test Procedure

- Cut groove in soil paste with standard grooving tool



LL Test Procedure

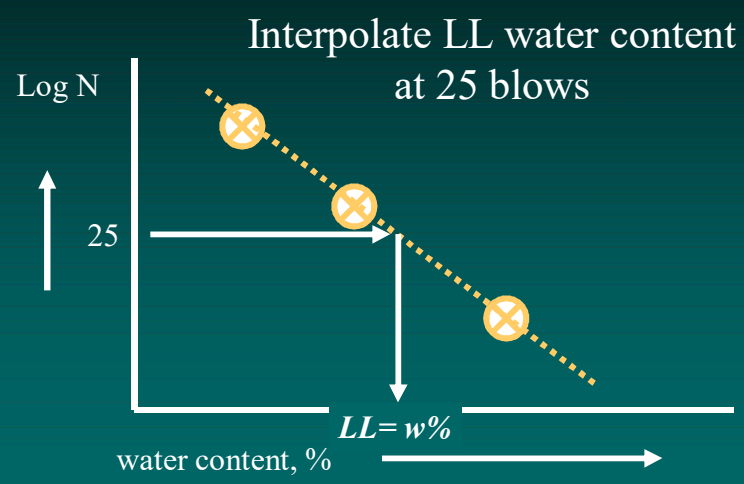
- Rotate cam and count number of blows of cup required to close groove by 1/2”



LL Test Procedure

- Perform on 3 to 4 specimens that bracket 25 blows to close groove
- Obtain water content for each test
- Plot water content versus number of blows on semi-log paper

LL Test Results

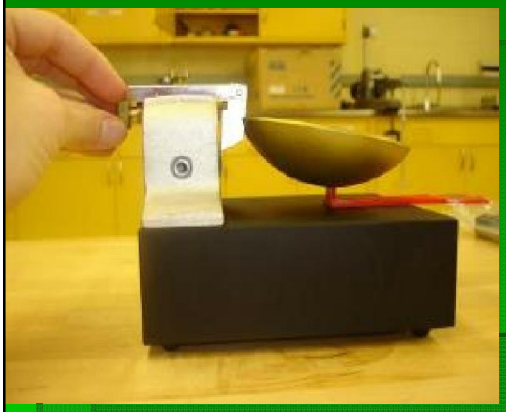


equipment outlined for the Liquid Limit test



equipment outlined for the Liquid Limit test





Adjust the drop height of the liquid limit device to 1cm using the block end of the grooving tool. Measure from the block to where the bowl hits the block

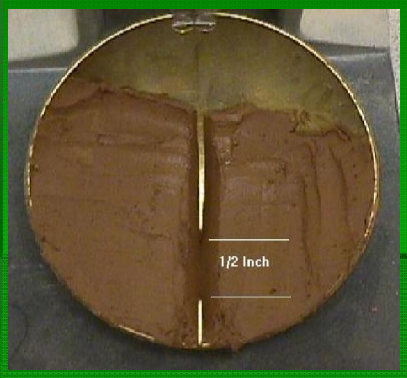
the wet soil sample in the liquid limit device as shown below



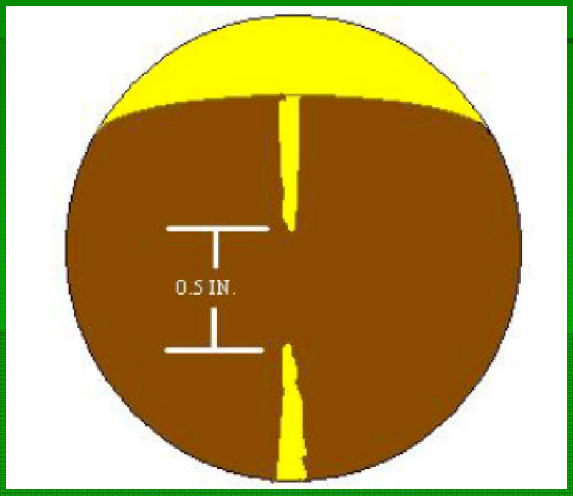


Use the grooving tool to cut a groove through the sample as shown below

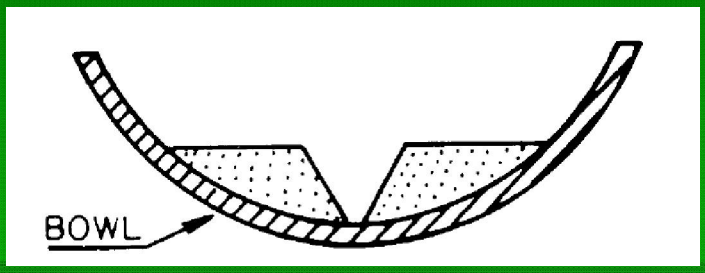




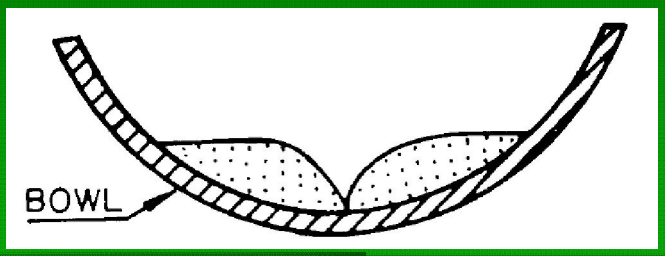
At this point, turn the crank at a rate of 2 turn per second until the groove closes 1/2 inch, as shown below and keep track of the blow count.



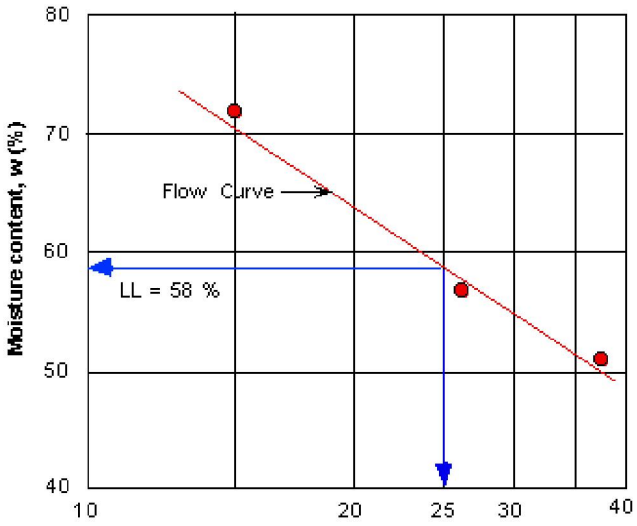
DIVIDED SOIL CAKE BEFORE TEST

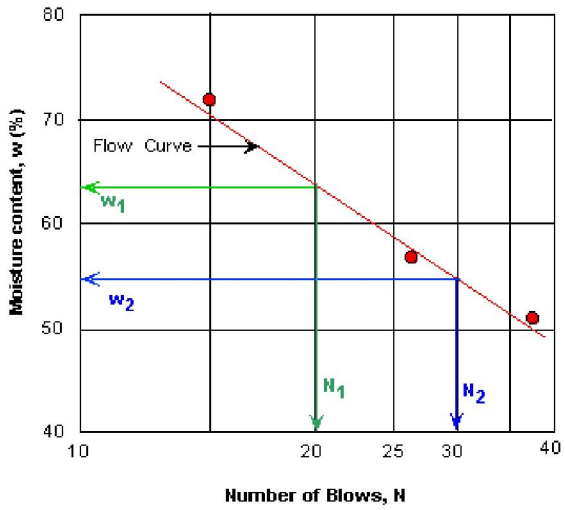


SOIL CAKE AFTER TEST



Liquid Limit from the flow curve

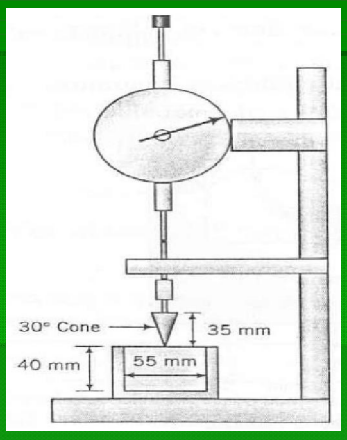




Flow Index = $(w_1 - w_2)/\log(N_2/N_1)$ = (63 -55)/log(30/20) = 45.4

Determine the liquid limit by means of the One Point Method.

دستگاه نفوذ مخروط فلزی (Fall Cone) برای تعیین حدود اتربرگ

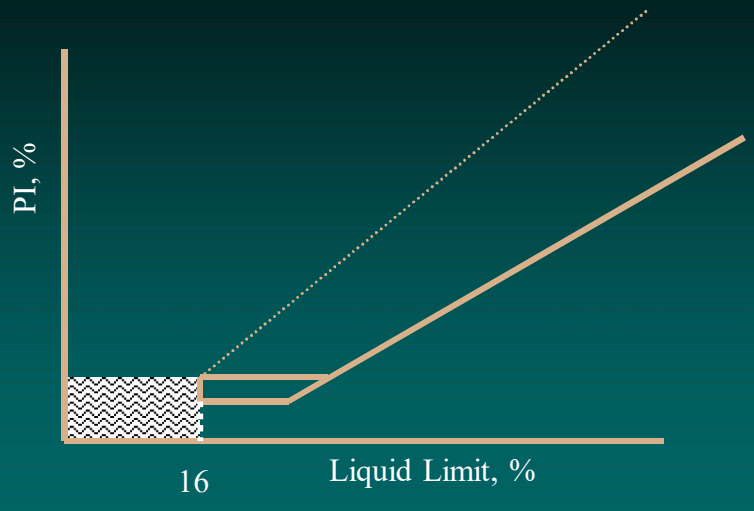


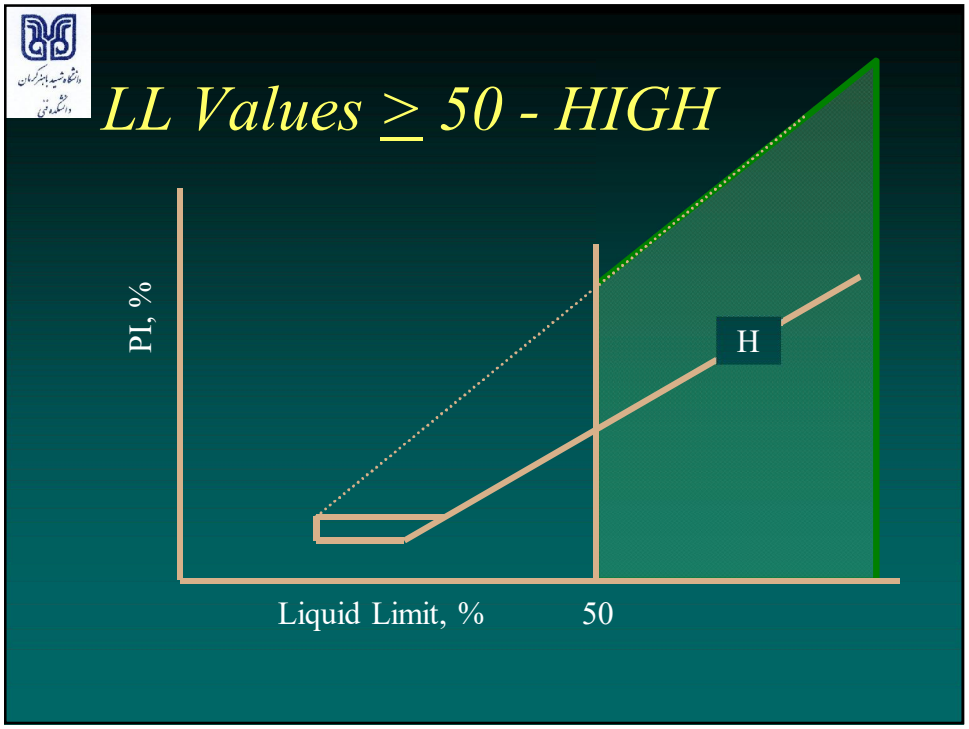
حد خمیری

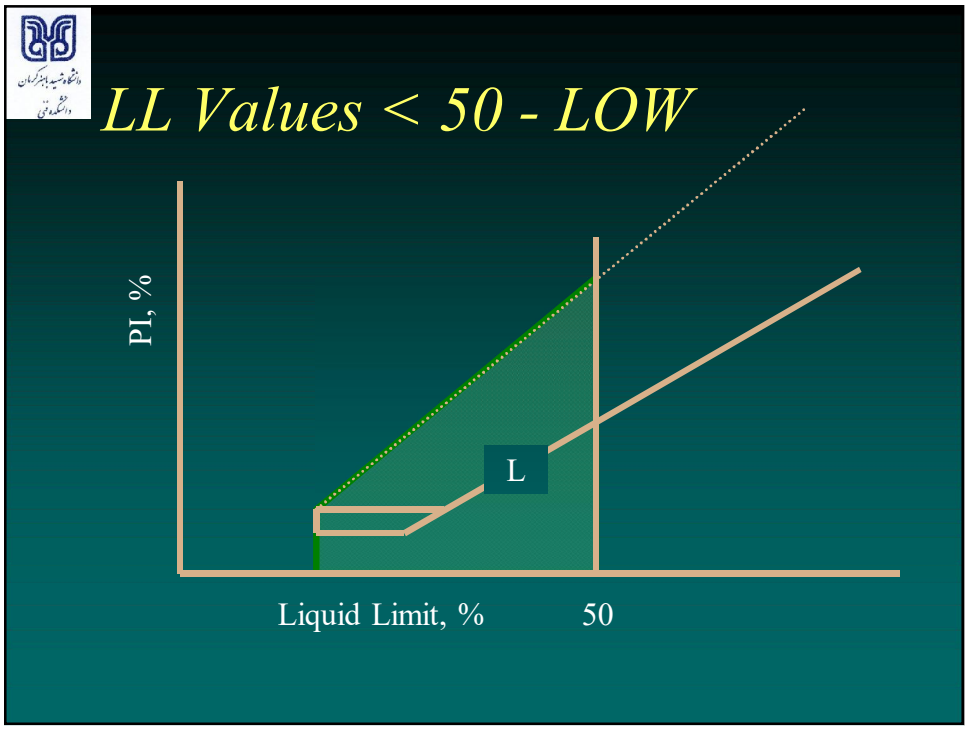
حد خمیری – حد روانی = ایندکس خمیری (شاخص خمیری)

$$PI = LL - PL$$

LL Values < 16 % not realistic




LL Values ≥ 50 - HIGH
PI, %
H
Liquid Limit, %
50


LL Values < 50 - LOW
PI, %
L
Liquid Limit, %
50

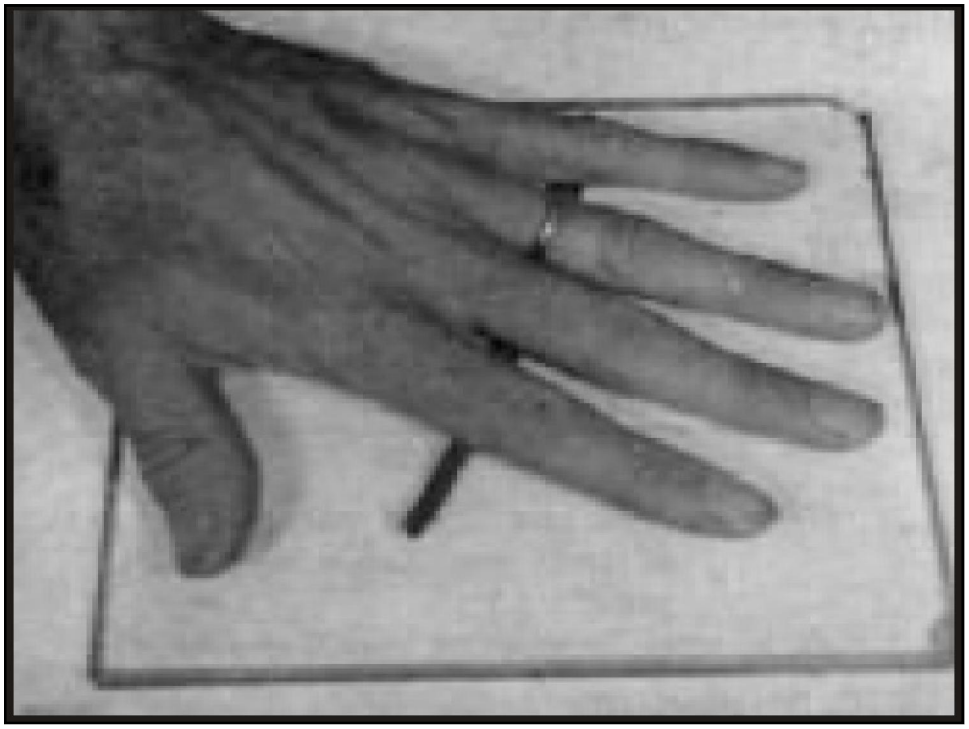
Plastic Limit Definition

- The water content at which a soil changes from a plastic consistency to a semi-solid consistency
- Defined by Laboratory Test concept developed by Atterberg in 1911.

Plastic Limit Definition

- The water content at which a 1/8”thread of soil can be rolled out but it begins to crack and cannot then be re-rolled





فتیله ۳ میلیمتری در حالت حد خمیری



Plastic Limit w% procedure

- Using paste from LL test, begin drying
- May add dry soil or spread on plate and air-dry
- Occasionally evaluate 1/8” thread

Plastic Limit w% procedure

- When point is reached where thread is cracking and cannot be re-rolled to 1/8” diameter, collect at least 6 grams and measure water content. Defined plastic limit

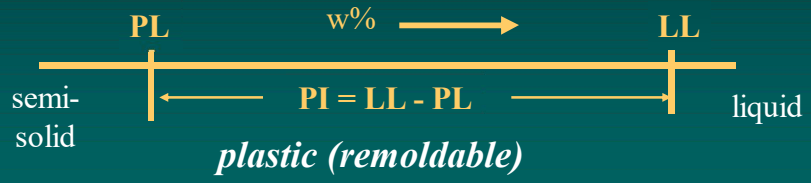
Definition of Plasticity Index

- Plasticity Index is the numerical difference between the Liquid Limit w% and the Plastic Limit w%



Definition of Plasticity Index

- It represents the range in water contents over which a soil behaves in a plastic manner

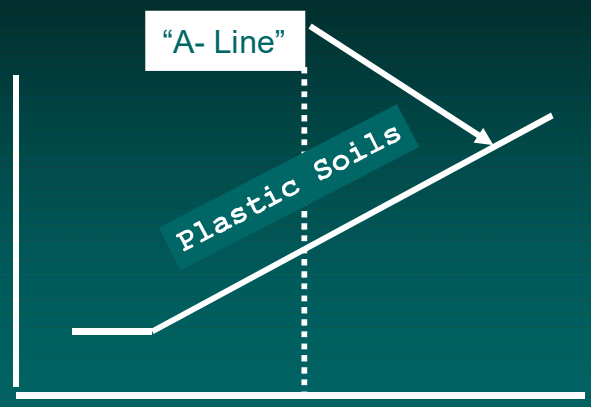


Definition of Nonplastic

- If the soil has a PI of zero, or either of the Atterberg tests cannot be performed, the soil is said to be non-plastic

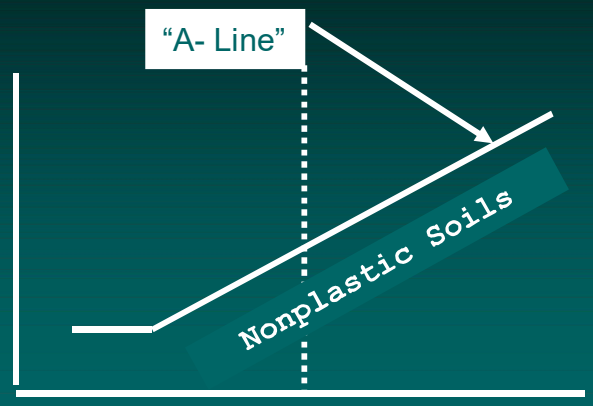
Definition of Plasticity

Plastic soils plot above the A-Line on a Chart



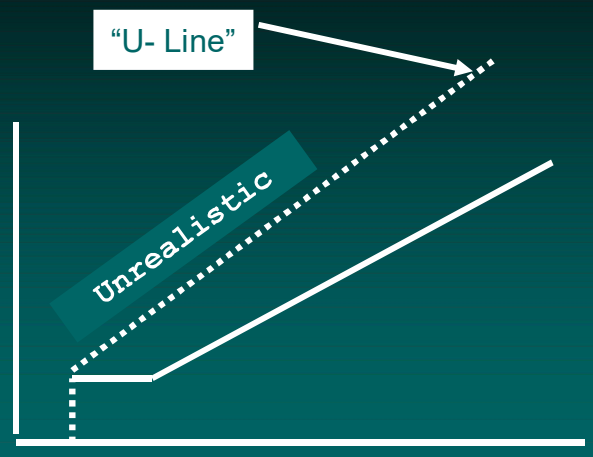
Definition of Plasticity

Non-plastic or slightly plastic soils plot below the A-Line on a Chart

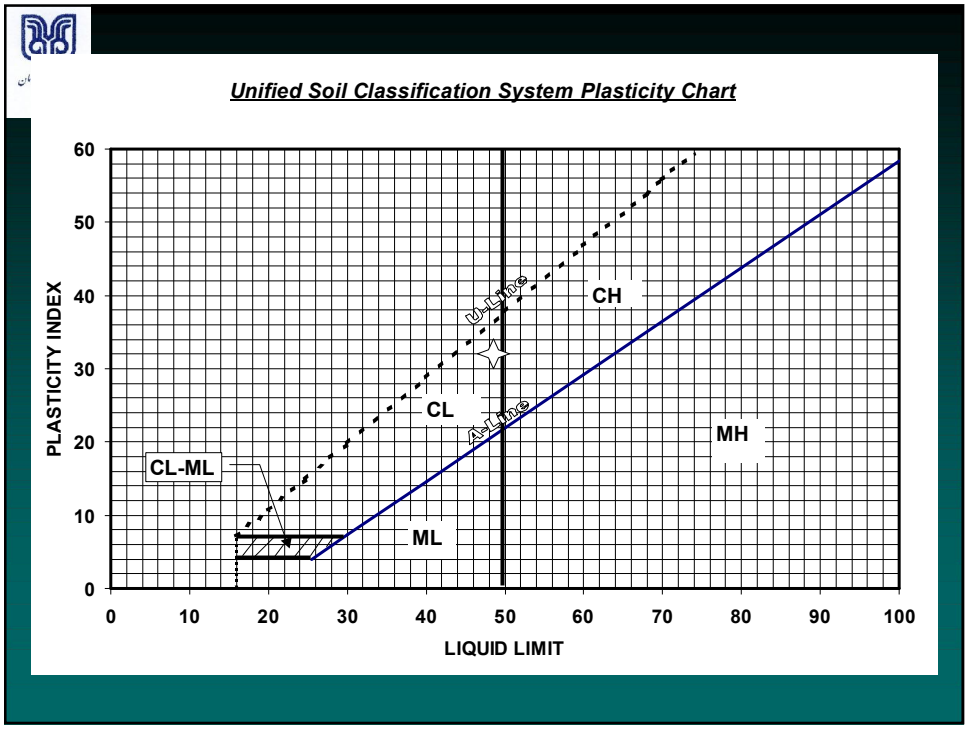


U-Line Significance

Correct tests never plot above U-line and LL values are never < 16



16



Example Plot of LL, PI

LL	PI
42	18
18	5
102	54

Plastic or Not ??

Parameters Used in Classification System

- Particle Size
- Water Holding and Plasticity
- Organic Content

Criterion for Organic Designation

- A liquid limit test is performed on:
  - One sample that is only air-dried
  - On another that is oven-dried prior to testing
  - The liquid limit values are compared by computing the ratio of the 2 values

Organic Definition

- If the ratio of the oven-dried soil's LL to the air-dry soil's LL values is < 0.75, the soil is organic by definition.
- If the air-dry LL is 50 or more, it is a HIGH liquid limit
- If the air-dry LL is less than 50, the soil has a LOW LL value

Additional Evaluations of Organic Soils

- Ignition test. ASTM D2974
- Soil sample heated in muffle furnace set at either 440° or 750° Centigrade and weight loss measured.
- Peat Classification D4427

شاخص روانی(LI)

- ω درصد رطوبت
- PI شاخص خمیری
- PL حد خمیری
- LL حد روانی

$$LI = \frac{\omega - PL}{LL - PL} = \frac{\omega - PL}{PI}$$

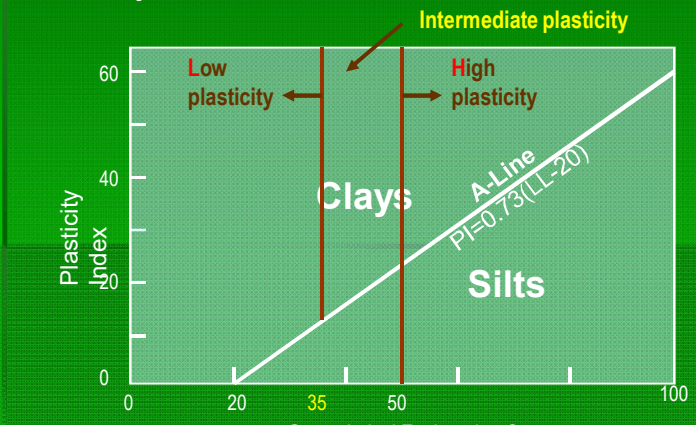
خط A

- کاساگراند بر مبنای آزمایشات آزمایشگاهی رابطه بین شاخص خمیری و حد روانی را برای حالات متنوعی از خاکهای طبیعی مورد مطالعه قرارداد و رابطه تجربی زیر که معروف به خط A می باشد را ارائه داد.

PI=0.73(LL-20)

Classifying Fines

- Purely based on LL and PI

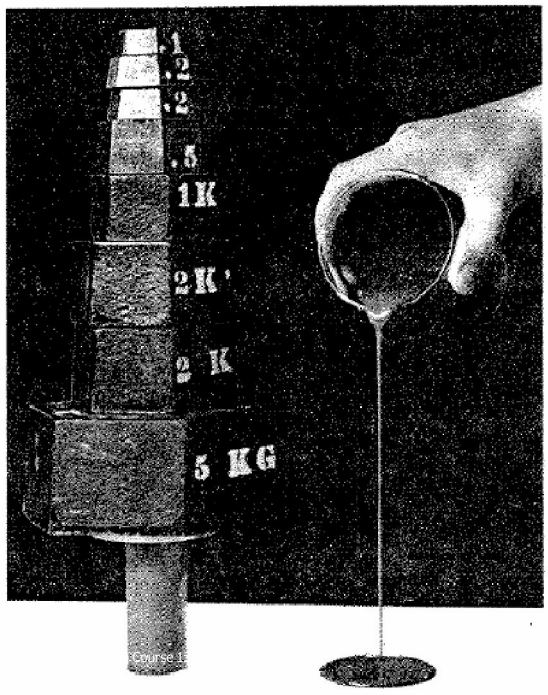


- خاکی با اندیس خمیری ۲۰ موجود است، مقدار حد روانی آن چقدر باشد که در راستای خط A قرار گیرد؟

- خط U چیست وچه کاربردی دارد.
- چگونه به کمک خطوط A و U می توان حدود اتربرگ را بدست آورد؟

- اگر مقدار void ratio خاکی کاهش یابد مقدار massو volume ذرات خاک چه تغییری می کنند؟

- نمونه خاک رسی را در دو حالت مختلف در شکل ملاحظه می کنید به لحاظ رفتاری تشریح کنید.



$$LI = \frac{w - PL}{PI}$$

Sensitive Clays
LI > 1.25

۴– علامت سئوال در ردیفهای جدول مربوط به دانه بندی به روش سرندی زیر را با اعداد مناسب (حداکثر تا دو رقم اعشار) تکمیل نمائید.

شماره الک ¤	جرم خاک مانده بر روی الک (g) ¤	درصد مانده روی الک ¤	درصد عبوری از الک ¤
4¤	0?¤	0?¤	100¤
6¤	0?¤	0?¤	100¤
10¤	0?¤	0?¤	100¤
20¤	9.1?¤	1.82¤	98.18?¤
40¤	249.4¤	49.88¤	48.3¤
60¤	179.8¤	35.96¤	12.34¤
100¤	22.7¤	4.54¤	7.80¤
200¤	15.5¤	3.10¤	4.70¤
زدبر الک ¤	23.5¤	4.7?¤	0¤
جمع ¤	500¤	100%¤	¤

- **نمودار** Stress-Strain **یک نمونه خاک که در حالت حد مایع است را ترسیم کنید.**
- **مقدار** LI **این خاک در چه حدودی است؟**