

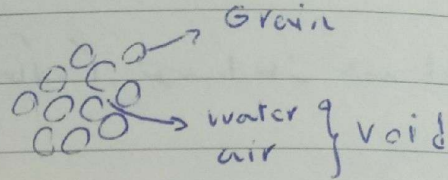
Subject:

هیدرولیک آبهای زیرزمینی

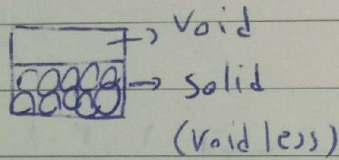
Physical state of a soil sample

3 Phase { Solid (mineral)
Liquid (water)
Gas (air)

Natural soil sample



اگر فرضی خاک فشرده شود از دو فاز مرز بین شده تشکیل می شود



$$1 \text{ Solid} + e \text{ Void} \\ \text{Total Volume} = e + 1$$

حالات اشغال شدن Void = ۱ یا فقط با air پر شود (Dry soil)

به ندرت در طبیعت یافت می شود.
(لایه های بسیار نازک از سطح برخی خاک ها)

۲) فقط با water پر شود. (Fully saturated) به ندرت یافت می شود.
چون بالاخره بخشی از منافذ با هوا پر خواهد شد.

اقتی که بارندگی تازه رخ می دهد، برای زود غیر اشباع به پایین رانده می شود.
پس پس از مدتی از بارندگی تحت گرایی هوا، هوا از پایین به بالا رانده می شود.
پس آب پس وین با گذر بیشتر زمان از بارندگی، انقباض می یابد.

(Partially saturated) هم با آب و هم با هوا پر میشود.
 $V_T = V_{air} + V_w + V_s$
 در این حالت =
 حجم کل = هوا + آب + جامد

Void = Pore = Void space = Pore space =
 interstices

خلل و فرج = بخشی از حجم خاک که توسط گاز جامد اشغال نشده،
 توسط سیالات پر می شود.

اولین home work = تفاوت بین Void و Pore را شرح
 بنویسید.

در شکل ۱، ۲، ۳ کتاب Fund and Types of Void ها شرح داده
 شده است.

Porous media (دارای تخلخل یا بین دانه ها)

به شرط محیط متخلخل
 ۱) فضای غیرجامد و خالی بهم متصل در مانده
 ۲) باز شدگی در حدی باشد که اجازه عبور سیال
 ۳) باز شدگی در حدی باشد که آب
 تحت نیروی کشش
 سطحی قرار گیرد
 بطوریکه آب بطور آزاد و تحت فشار قرار بگیرد.

تائید دارس می تواند حاکم باشد.

و نفوذپذیری احتمالی به خاطر درزهاست
 خود بدنه سنگ نفوذپذیر (تخلخل پلان)
 fractured
 crystalline or hard rock
 carbonate soft rock
 evaporate انحلال پذیری

(دارای تخلخل های یکنه، دو، سه لایه و ...)

Subject:

fractured Porous media (تلفیق از محیط متخلخل و شکافت)
(دانه و شکاف) حالت پرفری مایه سنگها

$$PM\{S, V\} = S(s_1, s_2, s_3, \dots) \cup V(v_1, v_2, v_3, \dots)$$

$s \in S$
 $v \in V$

V = Void Portion

S = Solid ✓

تعریف ریاضی عبارت

fractured Porous
media

V = Void element

S = Solid ✓

از کتاب: Text book

Representative Volume element (RVE)

or Reference Volume (RV)

is the smallest element for which gradual or smooth changes in average values of hydrological parameters and variable are observed.

کوچکترین حجم از محیط مورد بررسی که نماینده ی محیط است و تغییرات در ثابت محیط را بیان می کند.
محیط هر چه همگن تر، این حجم کوچک شده کم تر

Subject: International unit system (SI)

3 fundamental dimensions : $\begin{cases} \text{mass} & M & \text{kg} \\ \text{Length} & L & \text{meter} \\ \text{Time} & T & \text{second} \end{cases}$

homework $\Rightarrow$ dimension & Unit تفاوت و ابعاد

تمام دیگیں واحدوں سے ان میں واحدوں پر مشتمل آ رہے ہیں۔

Foot - Pound - second (FPS)	{	Length	Foot
		Force	Pound
		Time	Second

ملائیک سیالاک شاخه‌ای از ملکاتیک کاربردی است که در ارتباط با رفتار
سیالاک (سیالاک سالک و دیانیک) است. در بحث و ترمین این علم
برخی ویژگی‌های سیالاک در مبحث سکون و بخش در مبحث دیانیک
ترار می‌گیرد. چگالی، وزن مخصوص و ویسکوزیته

هم‌ترین صعب‌تفلیک جامدات و سیالات در واقع تنگی‌های برشی و میانه
تأثیرپذیر از تنگی‌های برشی.

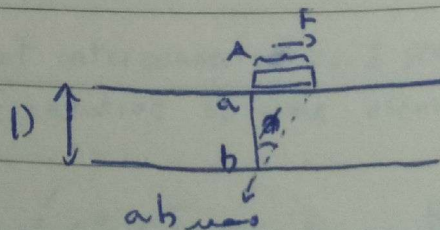
Shear stress

نیروی که بر سطح جسم وارد می شود.

to calculate $\bar{T} = \frac{F}{A}$

$F = \frac{A \cdot U}{D}$

سرعت
سطح مقطع
نیروی برشی
گزارش
ضخامت (متر)



* قاتلہ، شہید

Subject :

Date : / /

$$\tau = \frac{\mu \cdot \frac{AU}{D}}{A} = \mu \cdot \frac{U}{D}$$

$\frac{U}{D}$ = Angular Velocity of line ab

$$\tau = \mu \cdot \frac{du}{dy} \Rightarrow \frac{du}{dy} = \text{Rate of angular deformation}$$

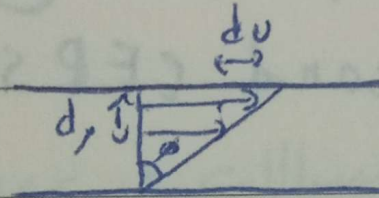
$$y = D$$

عمق مایع

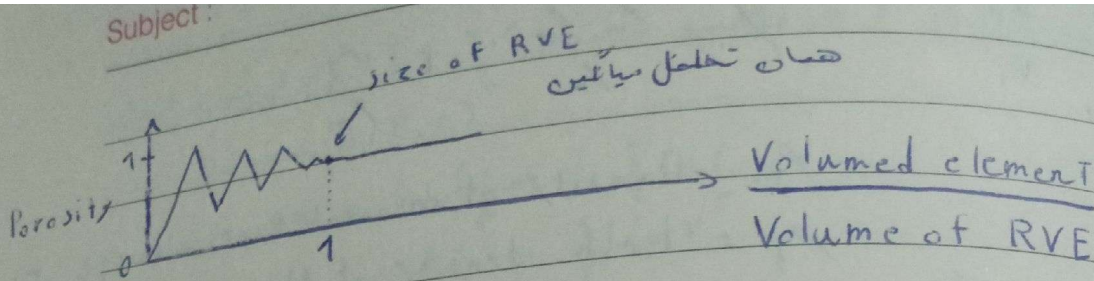
چون دمای مایع

برای این رابطه قانون نیوتن گویند

Newton's law of viscosity



Subject:



Continuum model and scaling

به محیط کلاسیک میگویند
پیوسته
(محیط مفروضه شده در ماکروسکیل)

Watershed
catchment
Basin

تفاوت این
سه واژه

Tributary
stream
River

تفاوت این
سه واژه

home work

در مطالعاتی ویژگی های حوضه های آبریز می توان محیط را پیوسته یا ناپیوسته
در نظر گرفت.

ابری حوضه

Mega watershed → بیش تر این آبشار سطحی مطرح است

Porosity

$$\phi = \frac{\text{Volume of interconnected void space}}{\text{Representative volume element}}$$

تخلخل موثر

Rv

اگر بخواهیم Rv محیط را که آرایشی کوپیک دارد پیدا کنیم

Rv

$$\phi = \frac{V_p}{V_T} = \frac{V_T - V_s}{V_T} = \frac{V_p}{V_p + V_s}$$

تخلخل کل

$$\phi = \frac{V_p}{V_t} \quad V_p \rightarrow RV$$

$$\phi = \frac{\rho_m - \rho_d}{\rho_m} = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_m}$$

ρ_m = Density of mineral Particles (gr/cm^3)

ρ_d = bulk density of the materials (gr/cm^3)

وزن خشک نمونه بر حجم کل آن

$$\rho_d = \frac{W_{dry}}{V_T}$$

تخلخل وابسته به

مقدار تخلخل به آرایشی ذرات بستگی دارد. آرایشی ذرات در ساختار کوپیک
مؤثر از اندازه ذرات نیست اما در سایر ساختارها وابستگی دارد.

Surface Porosity

$$\phi = \frac{\text{Surface area of voids on section}}{\text{Total surface area of section}}$$

$$\phi = \frac{n}{N} = \frac{\text{تعداد برآمده های سرزده به فضای خالی}}{\text{تعداد کل پرتاب ها}}$$

عوامل مؤثر بر تخلخل: $\left\{ \begin{array}{l} \text{شکل ذرات} \\ \text{توزیع اندازه ذرات} \\ \text{ساختار} \\ \text{سیسماشنی} \\ \text{تراکم} \end{array} \right.$

تخلخل در بازه های زمانی کوتاه مدت $\Rightarrow$ Stability of Porosity

ثابت است مگر در ریس های توقف پذیر

تخلخل کمیتی فردی است چرا که با توجه به فرمول و تعریف تاثیر
جهت در RV خفشی شده است.

ریس های اندازه گیری تخلخل

1. Direct method on sample

- Volume methods

2. Indirect method in situation

- Geo Physical methods

Subject:

تعدادی کره به شعاع ۲ در مکعبی به ابعاد ۲.۲ با آبی لایه قرار دارد.

$$(2.2)^3 = \text{حجم کل}$$

$$\text{حجم جامد} = 1.0^3 \times \frac{4}{3} \pi r^3$$

① تفاضل RVE

$$\frac{(2.2)^3 - 1.0^3 \left(\frac{4}{3} \pi r^3 \right)}{(2.2)^3} = 0.476 \quad \text{جواب ①}$$

$$\frac{2.2^3 - \frac{4}{3} \pi r^3}{2.2^3} = \text{جواب ②} \quad \leftarrow \quad \begin{matrix} (2.2)^3 \leftarrow \text{حجم RV} \\ \frac{4}{3} \pi r^3 \leftarrow \text{Solid} \end{matrix}$$

مثال: ظرفی با حجم مشخصی 44 cm^3 از شن پر شده است. وقتی شن در استوانه‌ای صدجی که بخشی از آن با آب پر شده است ریخته می‌شود مشاهده می‌شود که 25.7 cm^3 حجم آب خارج شده است. تفاضل را مطالب کنید.

$$\frac{44 - 25.7}{44} = \text{تفاضل}$$

3 homework صائلی اور ۲، فصل دوم حل شود

h_nassery @sha.ac.ir

موضوع ۱۶، ۷، ۱۴، ۲

هیدرولیک آبهای زیرزمینی

Specific Surface

سطح ویژه

$$S_b = \frac{A_s}{V_t}$$

Dimension = L^{-1}
Unit = cm^{-1}

 S_b = Specific surface area Per unit bulk

 A_s = Total interstitial surface area of $\frac{\text{Volume of Pore}}{\text{Soil}}$
 V_t = bulk Volume of soil

$$S_m = \frac{A_s}{M_s}$$

Dimension = $L^2 M^{-1}$
Unit = cm^2/gr

 S_m = Specific surface area Per unit mass

 M_s = Mass of solid Particles

مثال = سطح ویژه صیقل متخلخل که از ذرات یکسان با شعاع R تشکیل شده
و با آرایش کروی یک تراکم یافته را مشخص کنید.

$$S_b = \frac{A}{V} = \frac{4\pi R^2}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3}{R} cm^{-1}$$

از این رابطه استنباط می شود سطح ویژه با شعاع (اندازه) ذرات رابطه عکس
دارد.

پس عوامل موثر بر اندازه ذرات، بر سطح ویژه مؤثرند.
(نحوه تراکم، شکل ذرات و درجه فشردگی ذرات)
هم مؤثرند.

$$S_b = 1.0 \times 10^6 m^2/m^3$$

Sand

$$S_b_{montmorillonite} = 1.0 \times 10^9 m^2/m^3$$

$$S_m_{sand} = 1 m^2/gr$$

$$S_m_{montmorillonite} = 100 m^2/gr$$

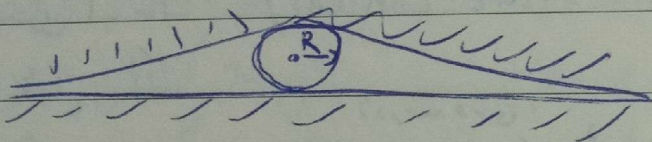
$$S_m_{kaolinite} = 10^{-2} m^2/gr$$

$$S_m_{vermiculite} = 100 m^2/gr$$

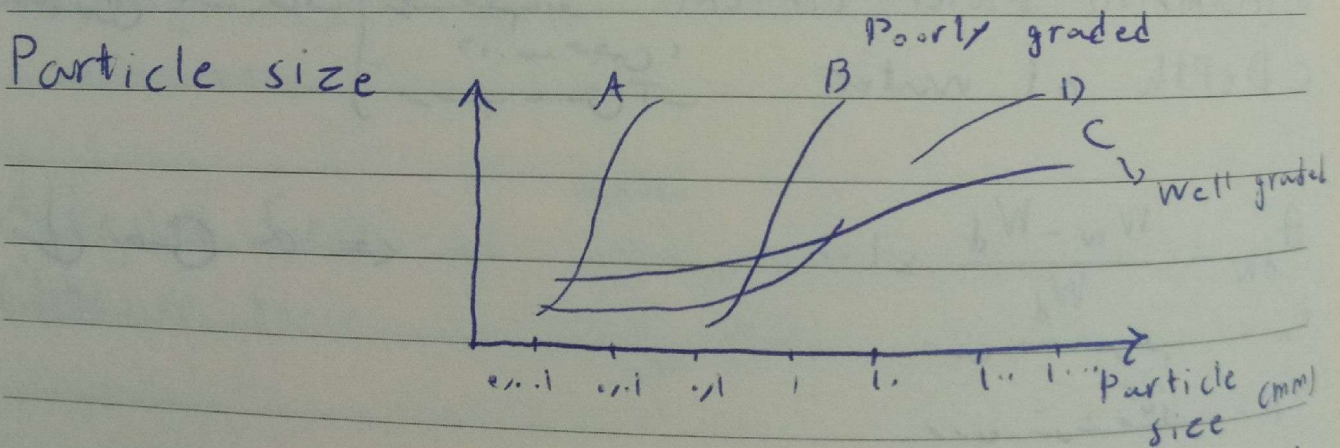
هر جایی تبادل آب با خاک مطرح باشد، سطح ویژه قابل بررسی است.
(هر چه سطح ویژه بیشتر، صفت شالی و سطح شالی و در نتیجه فرسایش
بلی تبادل مواد بین آب و خاک بیشتر می شود.)

هر چه از بالادست به سمت پایین دره کوه ها حرکت کنیم به علت
رین دانسته شدن رسوبات، سطح شالی آب زیر زمینی بالادست بیشتر
رشد و غلظت اصطلاح بالاتر می رود.

اندازه خلل و فرج
Pore size
قطر بزرگترین گره ای که بتواند در آن منفذ قرار گیرد.



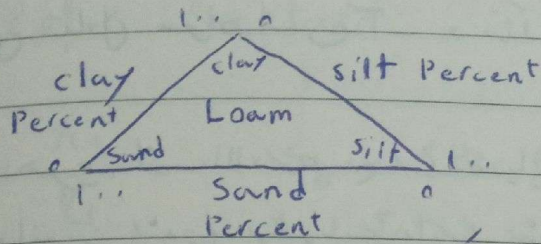
این مؤلفه می تواند متأثر از
تمام پارامترهای بافتی سنگ ها و خاک ها باشد.



A بیش تر شبیه به Loess (رس های بادبستی) است.
B بیش تر شبیه به Dune sand (ماسه های بادبستی) است.
C Alluvial (رسوبات آبرفتی) است.
D به نام Well graded شناخته می شود. دانه بندی بسیار ریز و بسیار
درشت در کنار هم دیده
می شوند.

Soil texture $\Rightarrow$

بافت خاک ، از نظر مکانیک خاک تنها
دانه بندی و اندازه های ذرات مطرح است



انواع Loam

بین سه گوشه قرار
می گیرند

(م ۴۲ ، شکل ۳ ، کتاب - Todd , may)

Fluids in Porous media

Soil moisture Parameters

مؤلفه های رطوبت خاک

کمیت نسبی آب در خاک بررسی می شود

1. Water content (or moisture content) ✓ محتوای آب خاک

2. Water saturation

اشباع خاک

a. water content by weight (درصد وزنی) رصیب وزنی خاک

b. Volumetric water content (درصد حجمی) رصیب حجمی خاک

c. Depth of water (درصد عمق) رصیب عمق آب

$$\theta_{dw} = \frac{W_w - W_d}{W_d} \times 100$$

برای بخشی a $\Leftarrow$

W_w = وزن خاک مرطوب

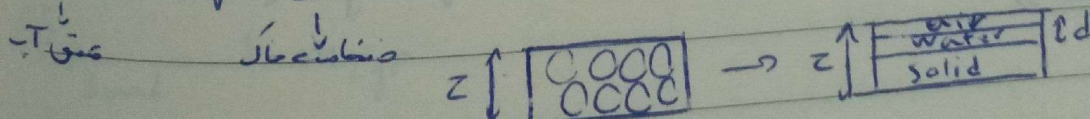
W_d = وزن خشک خاک

$$\theta_v = \frac{W_w - W_d}{V_T} \times 100$$

برای بخشی b $\Leftarrow$

$\theta_v \leq \phi \rightarrow \theta_v = \phi$ Fully saturated

$$d = \theta_v \cdot z$$

برای بخشی c $\Leftarrow$ 

اگر ضخامت خاک ۱۵ m و محتوای رطوبتی آن به باشد آنگاه مقدار آب
خاک رصیب عمق آب چند خواهد بود؟ ۳ متر

Subject :

Section 6.2 → Porosity and water content soil

ص ۱۲ - ۱۲۳

انہاں چاہیے کہ ۶ سے زیادہ حل کرے، ۲۲۵

Water saturation

$$S_u = \frac{\text{Volume of water}}{\text{Volume of Voids}} = \frac{V_w}{V_p} \quad 0 \leq S_u \leq 1$$

$$\theta_v = \phi \times S_u \Rightarrow \theta_v = \phi \times S_u$$

 $S_u > \theta_v$

Capillarity

موئینلی

نیرون رانسی (driving force) سے ناشی از کشش سطحی
 کشش سطحی ہوا و درمرز دو گاز مختلف عمل میں آئے۔ ناشی از
 نیرون interfacial ہوتے (نیرون بین کہ واس بر سطح عمل میں آئے)۔
 درمرز دو گاز مختلف

Adhesive force

مختلف

→

نیرون جذبہ بین مولکول درمرز

Cohesive force

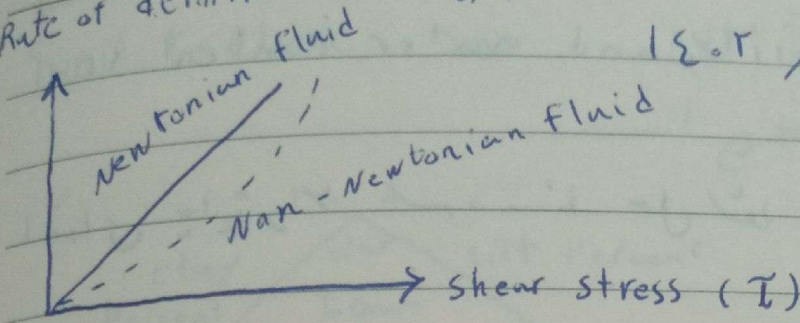
→

نیرون جذبہ بین مولکول دریک گاز

Subject :

Date : / /

Rate of deformation (du/dy)



آبرسانی مورخ ۱۶/۷/۱۴۰۲

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

آب سیال نیوتونی است و برقی ترکیبات آلی غیر نیوتونی اند.

homework ۲

ویژگی سیال نیوتونی و غیر نیوتونی را شرح داده و از هر کدام مثال بزنید.

۱) چسبندگی طبق تجربه آزمایشگاهی مقدار ثابتی نیست

۲) برای سیال نیوتونی اگر دما ثابت باشد چسبندگی ثابتی می ماند اگر دما افزایش یابد چسبندگی کاهش می یابد و برعکس.

۳) برای سیال غیر نیوتونی چسبندگی هم تابعی از دما و هم تابعی از نرخ تنش برشی است.

شرایط سیال ایده آل (= بدون اصطکاک) ۱) NO - Viscosity

۲) incompressible تراکم ناپذیر

۳) No surface tension بدون کشش سطحی

۴) it always formed a continuum همیشه یک محیط باشد (بدون ناخالصی و تغییر ترکیب در طی مسیر حرکت)

homework ۳

سیال ایده آل بدون ویسکوزیته روی چه بخش از نمودار فوق قرار می گیرد؟

Properties of fluid

Density

Relative density $\Rightarrow$ or specific gravity = $\frac{\text{density of substance}}{\text{density of Pure water (in 4°C)}}$

Viscosity $\Rightarrow$

Surface tension

Compressibility

Vapour Pressure

اثر گرما بر گرایی = با افزایش دما لاصی می یابد. در گازها با افزایش دما گرایی زیاد می شود.

اثر فشار بر گرایی = از حدی که بیش تر شود. گرایی زیاد می شود.

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \Rightarrow \mu = \frac{\tau}{\frac{du}{dy}} \Rightarrow \frac{N/m^2}{m/s/m} = N \cdot s / m^2$$

$$1.019 \times 10^{-3} N \cdot s / m^2$$

dynamic viscosity

$$\text{Kinematic Viscosity } \nu = \frac{\mu}{\rho}$$

$\frac{m^2/s}{\rho \rightarrow \text{Density}}$

homework = تفاوت بین فشار و تنش

تفاوت بین فشار و تنش کل : فشار بر فضا تک تک گازهای اتمسفر بر بدنه و فشار کل مجموع این فشارهاست.

در سطح آزاد یک مایع که در تماس با اتمسفر باشد مولکول هر آب می تواند فشار از تبخیر سطح مایع را ترک کرده و وارد اتمسفر شوند. این خاصیتی ایجاد می کنند که فشار بخار نام دارد.

اگر فضای بالای مایع بسته باشد به تدریج سطح مولکول های تارک سطح مایع برابر سطح مولکول های می شود که به سطح می گردند. زمانی که این دو نرخ یکسان شود گفته می شود

فشار از بخار اشباع شده و فشار ایجاد شده را بخار اشباع یا saturated vapour pressure

نام دارد که با افزایش دما و دما تغییر می کند.

در حالت فشار بخار اشباع، فشار خونی در کل برابر است.

Bailing

در فضای بالای مایع سر بسته، فشار کلی به نام فشار کل وجود دارد. هرگاه فشار بخار مایع برابر با فشار کل شود مایع شروع به جوشیدن می کند.

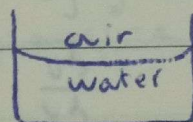
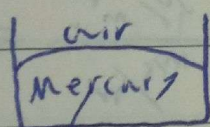
Cavitation

* خوردگی خیزگی لنگ ها توسط بخار آب در پای آب ها

* $Vacuum\ head$ = کفاب استریتر = پرس یا دستگاهی برای برزول $Vacuum\ head$ همراه $homework$

Surface tension $\Rightarrow$

نیروی interfacial در سطح مایع



$$T_s \approx 0.073 \text{ N/m}$$

بین آب و هوا

به علت کم بودن این مقدار در محالیه از آن صرف نظر می شود

Liquid

Surface tension in N/m

Water

0.073

Glycerine

0.49

Ethyl Alcohol

0.226

Mercury

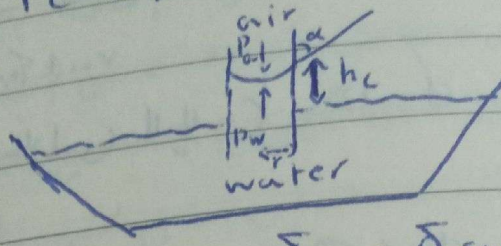
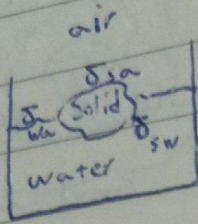
0.48

Fluid Statics

اصل پاستال = بریک مولکول از همد جوانب نیروی یکسانی وارد می شود
این اثبات آن می تواند از قانون نیوتون استفاده کرد.

Subject:

صیدولیک مورخ ۱۴۰۲، ۷، ۱۷

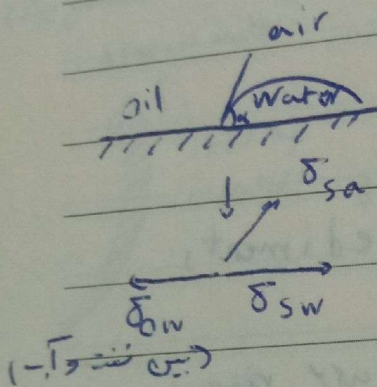


ادامه
مرفیقلی

$$\cos \alpha = \frac{\delta_{sa} - \delta_{sw}}{\delta_{wa}}$$

Young -
DuPre

α = contact angle
بین آب و سطح



$\alpha < 90^\circ$ water wet
 $\alpha > 90^\circ$ oil wet

$$\text{capillary Pressure} = P_c = P_a - P_w = \frac{2 \delta_{sw} \cos \alpha}{r}$$

$$P = \delta h = \rho_w g h \Rightarrow P_c = \delta h_c = \rho_w g h_c$$

ارتفاع مرفیقلی

$$h_c = \frac{2 \delta_{sw} \cos \alpha}{r \rho_w g}$$

مثال = ارتفاع بالا آمدگی مرفیقله آب در یک لوله مرفیقله شیشه‌ای را حساب کنید. (در دما ۱۸ درجه آب خالص و شیشه کاملاً تمیز و صیقلی)

$$\delta = 73 \text{ gr/s}^2$$

$$\rho_w = 0.999 \text{ gr/cm}^3$$

$$\alpha = 0$$

$$g = 980 \text{ cm/s}^2$$

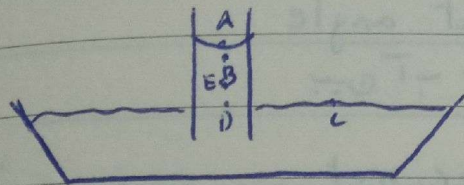
$$h_c = \frac{2 \times 73 \times \cos 0}{2 \times 0.999 \times 980} = \frac{0.10}{r}$$

$$h_c = \frac{\sigma}{\rho} \Rightarrow h_c = \frac{c}{e \cdot d_i}$$

void pressure

ص ۱۶، ۱۷ کتاب Corey معادلات لایه‌های متارگاپیلاری با شکل نشان داده شده است.

ص ۲۱ کتاب Corey تأثیر کشش سطحی بر چسبندگی (حتماً خوانده شود)



$$P_c = P_D = P_A$$

Height of capillary rise in sediments

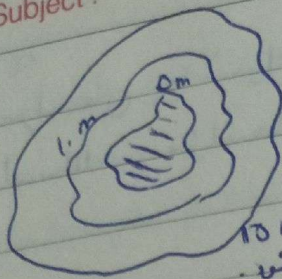
Sediment	capillary rise (cm)
Fine silt	۷۵.
coarse silt	۳.
Very Fine sand	۱.۰
Medium sand	۲.۵
Very coarse sand	۴
Fine gravel	۱.۵

مطالعات مورینگی = در بررسی مولف‌های خرویی در معالین بیلا آب
نقشه دارد. در بحث رسم نقشه‌ها هم عمق کاربرد دارد.
(Isodepth maps)

نقشه‌ها هم پتانسیل بر اساس بار هیدرولیکی رسم می‌شوند.

نکته: باتوجه به مطالب فوق، اگر ارتفاع مورینگی خیلی تر باشد (ذرات دانه‌ریزتر باشند) بانک می‌شود عمق سطح ایستابی زیادی بالا می‌آید و در نتیجه نقشه‌های معادل بالاتر کشیده شده و با بارش‌ها هم به داخل آبخوان نفوذ می‌کند و این منجر به افت کبلی آب‌ها می‌شود.

Subject :

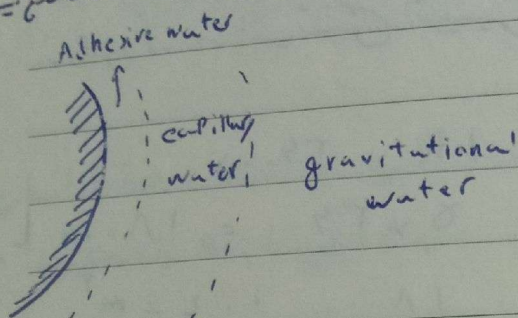


نقشه هم سطح

قیمت ها شور خورده همان قسمه
منابع از افق کیهانی به علت ریزدانه بودن
ذرات است. در این نواحی شور زار پیدایش شود.

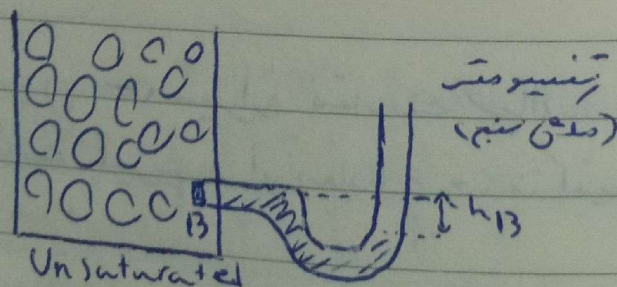
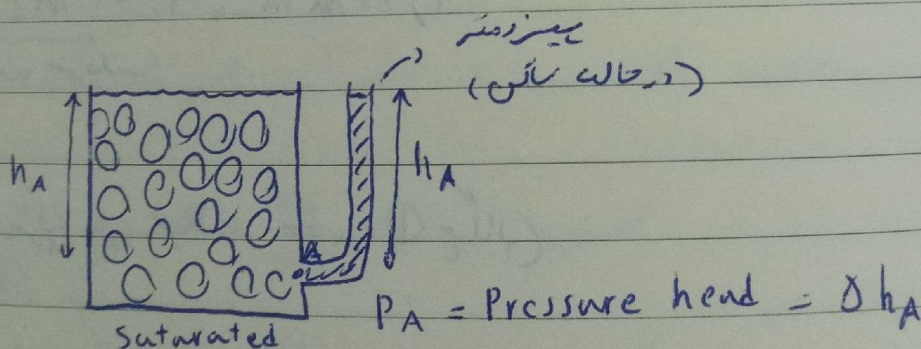
* انواع آب ها در خاک

- ① هیلوگونی ← همیشه بصورت چسبیده به خاک می ماند
- ② سولینه ← تحت نیروی کاپیلاری (فقط با تغییر یا ملش گیاه از خاک می کشد)
- ③ ثقیلی ← در جاذبه زمین



حرکت از بالا به پایین
بگیریم، خاک در نتیجه کم می شود

Soil water Potential < مثبت (در حالت اشباع)
منفی (در حالت غیر اشباع)



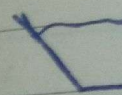
Suction head = $P_B = -\delta h_B$

Subject :

h c

سنگل نشان

روانده شود



Hei

لایه آبی

ت دانه ریزتر

نقد های

کنند این

Subject :

Date : / /

مؤلفه‌های پتانسیل (انرژی) آب خالص :

اصطلاحات مؤلفه‌ها در زون غیر اشباع

$$\psi_{\text{total}} = \psi_g + \psi_m + \psi_o + \psi_p$$

gravitational matrix osmotic pneumatic

Subject:

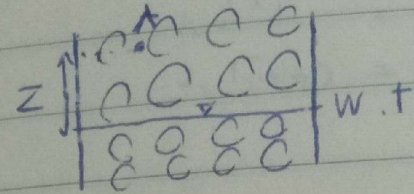
هیدرولیک (موانع های پتانسیل نوع غیر اشباع)

موانع ثقلی (γ_g)

اختلاف سطح آب نسبت به سطح مبدا

اگر طبق ضرایب در نظر بگیریم در ارتفاعات نسبت به دریا آلوده در نواحی آب زیر زمینی سطح ایستابی

$$\gamma_g = \rho g z$$



پتانسیل فشار (γ_p) یا (γ_m)

پتانسیل ناشی از جاذبه سطح ذرات خاک. هر سه نوع آب تحت تأثیر این جاذبه خواهند بود (در هر دو نوع اشباع و غیر اشباع کاربرد دارد)

$$\gamma_p = P \cdot g \Rightarrow P = \text{soil water Pressure}$$

(در زون موئینه همان فشار موئینی و در زون اشباع بار فشار خواهد بود)

پتانسیل زیئوماتیک (فشار هوای خاک) در قسمت هایی که حفرات خالی با اتمسفر در تماس نیستند. (مانند اذخل های موجود در لانه ها) (در آبخوان ها آزاد قابل صرف نظر کردن است)

پتانسیل اسمزی (Osmotic Potential)

(با تغییر خلقت املاح رابطه مستقیم دارد) (املاح کمتر پتانسیل در آبخوان های زیر زمینی قابل صرف نظر کردن است)

اسمز مطلق در تصفیه خانه ها کاربرد دارد

$$\psi = \psi_g + \psi_m$$

پتانسیل درجه اشباع

$$H = \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + Z$$

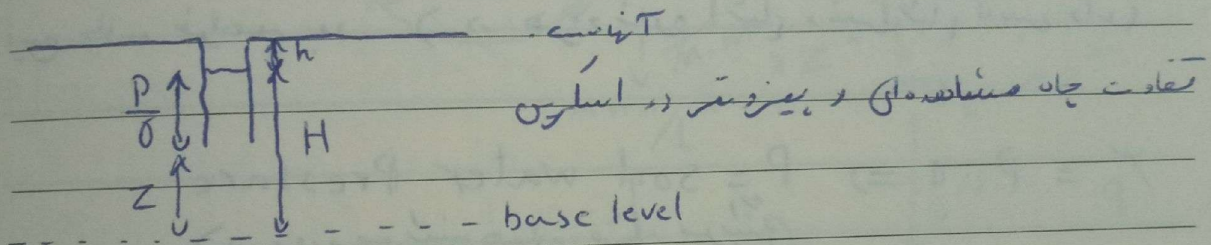
معادله برنولی

$$H = \frac{P}{\gamma} + Z \Rightarrow \begin{cases} H = \text{بار هیدرولیک کل} \\ \frac{P}{\gamma} = \text{بار فشار} \\ Z = \text{بار ارتفاعی} \end{cases}$$

$\downarrow$ $\downarrow$ $\downarrow$
 پتانسیل ψ_g ψ_m ψ

$$\psi = \psi_m + \psi_g$$

پیزومتر برای ما بار هیدرولیک کل را معلوم می‌کند. بنابراین H بار پیزومتري هم گفته می‌شود.



Unit of soil water Potential

1. Energy Per Unit mass $\text{Joul/kg} = \frac{N \cdot m}{kg}$

2. Energy Per Unit Volume $\frac{\text{Joul}}{m^3} = \frac{N \cdot m}{m^3} = \frac{N}{m^2}$

3. Energy Per Unit weight $\frac{\text{Joul}}{N} = \frac{N \cdot m}{N} = m$
 واحد مورد استفاده

Water Retention curve (منحنی نگهداشت خاک)

or water characteristic curve

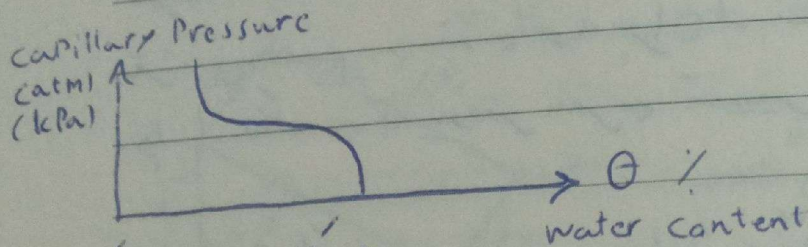
ایضاً ششغنی به نام ادلار بولینوم در ۱۹۷۷
 تعریف: منحنی میزان رطوبه خاک در فشارهای مورینتی مختلف را بیان می‌کند.

Subject:

هر منحنی نگه‌داشته خاک برای خاک‌های منحصراً فرد، منحصر به فرد خواهد بود.

* منحنی دیس - ایستل مورد استفاده

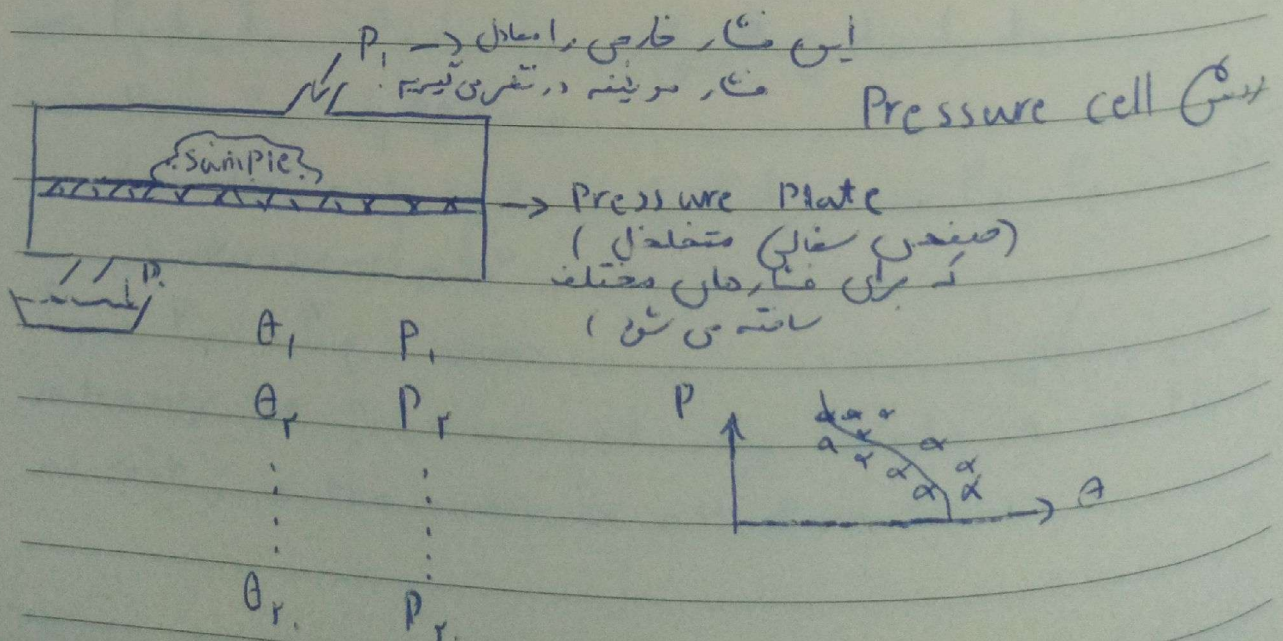
منحنی نگه‌داشته خاک



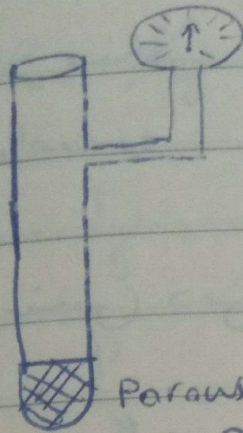
در حالت کلی به این شکل است
ولی میزان شیب و انحنای برای خاک‌ها فرق
ی‌کنند.

روش‌های تعیین منحنی نگه‌داشته خاک

- Pressure cell
- Tensiometer method
- Hanging column
- Long
- Vacuum Pressure
- Centrifuge method

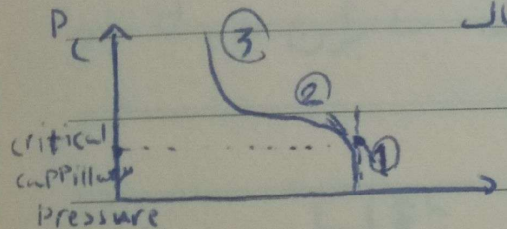


روش تنسیومتر



ابتدا یک شیشه بزرگ تنسیومتر را داخل ظرف آب می‌گذاریم. سپس که آبها شده محیط متخلخل آبها ظرف ، در ظرف را می‌بندیم. سپس آن را داخل خاک قرار می‌دهیم. بسته به جهت جریان از تنسیومتر به خاک یا از خاک به تنسیومتر مقعر تغییر می‌کند.

اجزای تشکیل دهنده منحنی نگهداشت خاک

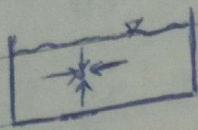


در بخش 1 با افزایش فشار موئینگی چندان آبی خارج نمی‌شود و در طبقه خاک تغییر نمی‌کند. آن حداقل مقداری که لازم است تا آب از داخل خاک خارج شود را فشار موئینگی بحرانی گویند. (critical capillary pressure)

Subject :

آبرسانی مویخ ۲۳، ۷، ۱۴.۲.۵۱

ادامین اصل یاسطال

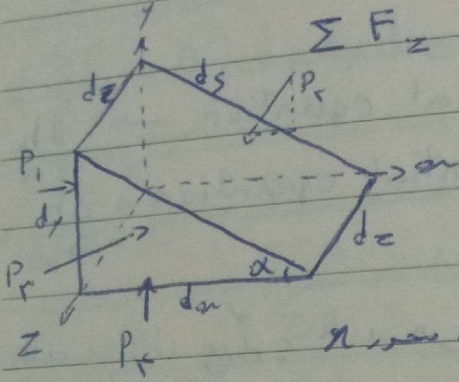


$$F = m \cdot a$$

$$\sum F_x = m \cdot a_x = 0$$

$$\sum F_y = m \cdot a_y = 0$$

$$\sum F_z = m \cdot a_z = 0$$



$$\Rightarrow \text{نیروی وارد بر سطح } dy dz = P_1 dy dz$$

$$\Rightarrow \text{نیروی وارد بر سطح } dz ds = P_2 dz ds$$

$$\Rightarrow \text{نیروی وارد بر سطح } ds = P_3 ds \sin \alpha$$

$$\sum F_x = P_1 dy dz - P_2 dz ds \sin \alpha = 0 \Rightarrow dy dz (P_1 - P_2) = 0$$

$$dy = ds \sin \alpha$$

$$\boxed{P_1 = P_2}$$

$$\sum F_y = \underbrace{P_2 dz ds}_{\text{Surface force}} - \underbrace{P_1 dz ds \cos \alpha}_{\text{Surface force}} - \underbrace{\frac{1}{2} \rho g dy dz}_{\text{body force}} = 0$$

$$ds = dy / \sin \alpha$$

$$\Rightarrow P_2 dy dz - P_1 dy dz \cos \alpha - \frac{1}{2} \rho g dy dz = 0$$

$$\Rightarrow P_2 - P_1 - \frac{1}{2} \rho g dy = 0$$

$$P_2 - P_1 = \frac{1}{2} \rho g dy = \frac{1}{2} \delta dy \Rightarrow P_2 - P_1 = 0 \Rightarrow \boxed{P_1 = P_2}$$

شیرانی آب به نرسد

$$P_1 = P_2 = P_3 \Rightarrow$$

قانون یاسطال

The intensity of Pressure at any Points in a fluid at rest, is the same in all directions.

Diagram illustrating a fluid element in a 3D coordinate system (x, y, z). The element is a rectangular prism with dimensions dx , dy , and dz . The pressure at the center is p . The pressure on the faces perpendicular to the x-axis is $p - \frac{dp}{dx} \times \frac{dx}{2}$ on the left and $p + \frac{dp}{dx} \times \frac{dx}{2}$ on the right. The pressure on the faces perpendicular to the y-axis is $p - \frac{dp}{dy} \times \frac{dy}{2}$ on the front and $p + \frac{dp}{dy} \times \frac{dy}{2}$ on the back. The pressure on the faces perpendicular to the z-axis is $p - \frac{dp}{dz} \times \frac{dz}{2}$ on the top and $p + \frac{dp}{dz} \times \frac{dz}{2}$ on the bottom.

$\Rightarrow \begin{cases} h(n) \rightarrow \text{ordinary differential equation} \rightarrow \frac{dh}{dn} \\ h(n, t) \rightarrow \text{Partial differential equation} \rightarrow \frac{\partial h}{\partial n} \\ h(n, t, z) \rightarrow \end{cases}$

علامت رُند می گوییم h در هر سطح تعریف می شود و در مغز به سمت مدیتره
با بیان می کنیم.

* معادلس لاپلاس با علامت دند منفرجه مي شود

$$F = P \cdot A \Rightarrow \left(P + \frac{\partial P}{\partial r} \frac{dr}{r} \right) dr dz$$

$$F = \left(P - \frac{\partial P}{\partial n} \frac{dn}{r} \right) dy dz$$

چون کابل مکان من باشد بنابراین آیند نیز درجه ۹۰ باشد
در حالت دیگر $\sum F_x = 0$

$$\left(P + \frac{\partial P}{\partial n} \frac{dn}{r} \right) dy dz - \left(P - \frac{\partial P}{\partial n} \frac{dn}{r} \right) dy dz = \rho g dy dz$$

$$\Rightarrow \left(r \frac{\partial P}{\partial n} \frac{dn}{r} \right) dy dz = 0 \Rightarrow \frac{\partial P}{\partial n} dn dy dz = 0 \Rightarrow \frac{\partial P}{\partial n} = 0$$

ہمیں یہاں سے z میں ٹرائیم پلویم:

برای محور عمودی $\leftarrow (y)$

$$\sum F_y = 0$$

$$\left(P + \frac{\partial P}{\partial y} \frac{dy}{2} \right) d_n dz - \left(P - \frac{\partial P}{\partial y} \frac{dy}{2} \right) d_n dz - \gamma d_n dy dz = 0$$

$$\frac{\partial P}{\partial y} \frac{dy}{2} d_n dz - \gamma d_n dy dz = 0$$

$$\left(\frac{\partial P}{\partial y} - \gamma \right) d_n dy dz = 0 \Rightarrow \frac{\partial P}{\partial y} = \gamma$$

پایه فرضی این که در سیال ساکن در جهات مختلف فشار یکسان می باشد می توانیم تغییرات را در جهتی مشخص (مثلاً y) در نظر بگیریم در نتیجه:

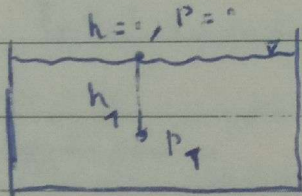
$$\frac{dP}{dy} = \frac{\partial P}{\partial y} \Rightarrow \frac{dP}{dy} = \gamma \Rightarrow dP = \gamma dy$$

تغییرات فشار در جهت محور y

$$\int dP = \int \gamma \cdot dy \Rightarrow \int dP = \gamma \int dy$$

باید برای انتگرال حدود تعیین کرد. در واقع بخشی از آبخوان را مدنظر داریم که آن آبخوان

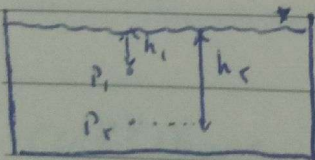
فشار در نقاط مختلف را بررسی کنیم.



$$\int_0^{P_1} dP = \gamma \int_0^{h_1} dy \Rightarrow P_1 = \gamma h_1$$

$$P(y) = \gamma h_1$$

$y = h$

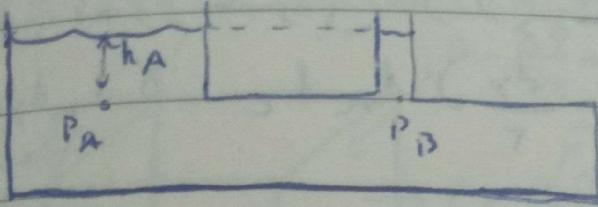


$$\int_{P_1}^{P_2} dP = \gamma \int_{h_1}^{h_2} dy \Rightarrow P_2 - P_1 = \gamma (h_2 - h_1)$$

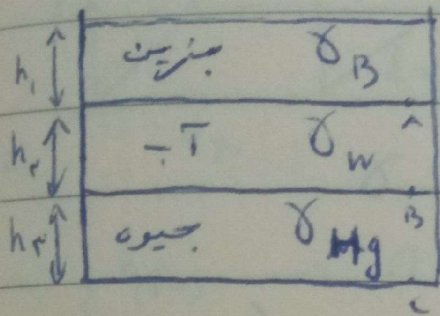
بنابراین نتیجه می گیریم در مایعات ساکن تغییرات فشار در جهت عمودی با عمق h ها (در امتداد افق) برابر با صفر است اما در جهت عمودی h ها برابر با γh یا همان $\rho g h$ خواهد بود.

Subject :

Date : / /



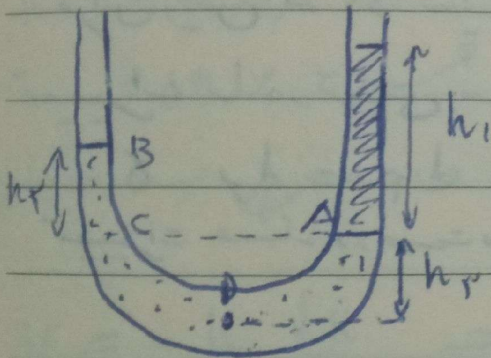
$$P_A = \rho h_A, \quad P_A = P_B \\ \Rightarrow P_B = \rho h_A$$



$$P_A = \rho_B h_1$$

$$P_B = \rho_B h_1 + \rho_w h_r$$

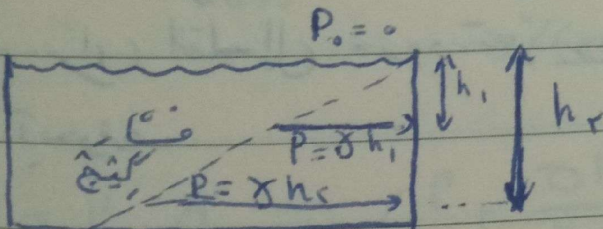
$$P_C = \rho_B h_1 + \rho_w h_r + \rho_{Hg} h_r$$



$$P_A = P_C$$

$$\rho_w h_1 = \rho_{Hg} h_r$$

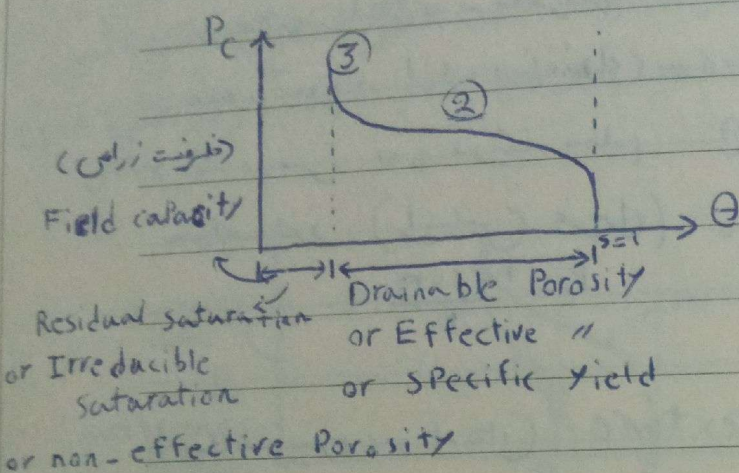
$$P_D = \rho_{Hg} h_r + \rho_w h_1$$



داده منحنی تخلیحات خاک

منحنی

منحنی دوم = با تغییر کمی در فشار کاپیلاری حجم قابل توجهی بطوریت از خاک جدا می شود. این بطوریت معادل آب ثقلی موجود در تخلخل مویخ خاک خواهد بود.

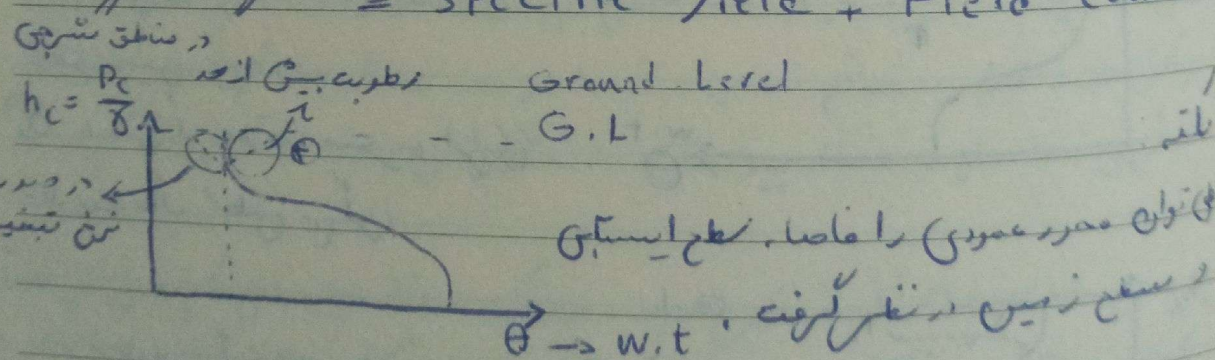


منحنی سوم منحنی = با افزایش فشار، بطوریت چندان خارج نمی شود. به این بطوریت اشباع یا قیمنده گویند.

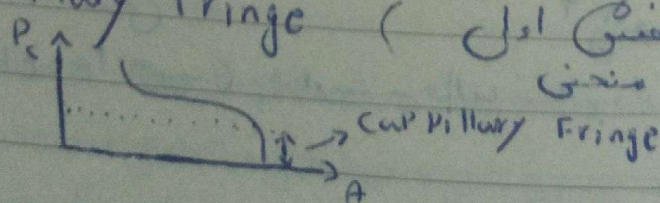
مجموع Drainable Porosity و Residual saturation، تخلخل کلی می دانیم.

$$\text{Total Porosity} = \text{Drainable Porosity} + \text{Residual saturation}$$

$$= \text{Specific Yield} + \text{Field capacity}$$



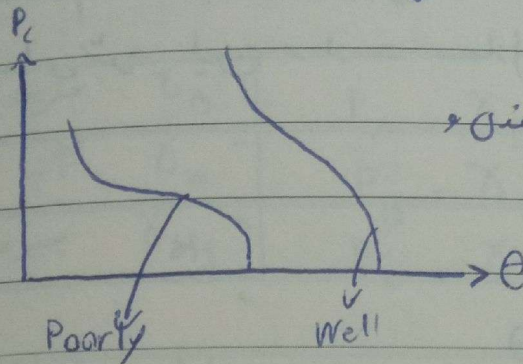
Capillary Fringe (نوع مویخ یا منحنی اول)



بالا آمدن از سطح ایستابی بطوریت خاک چندان کلاسی پیدا نمی کند.

هر چه ذرات دانه ریز باشند، ارتفاع موئینه بیش تر خواهد بود

در دو حالت Poorly graded و well graded



در حالت Well، به خاطر تنوع دانه ریز و

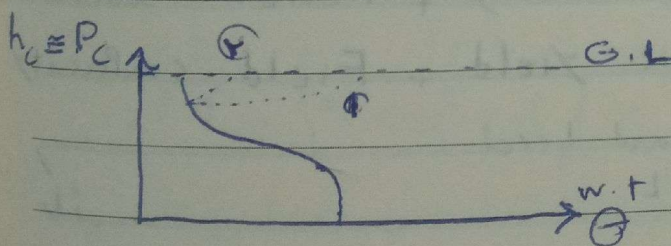
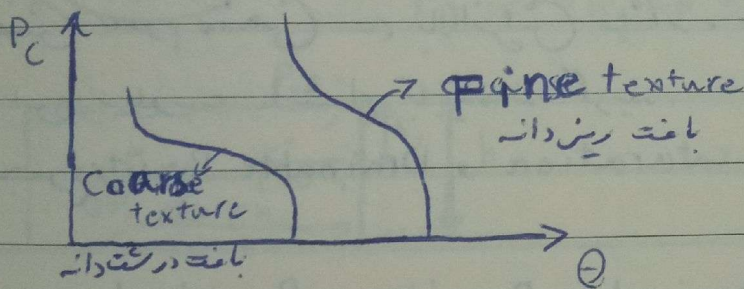
در نتیجه تنوع در اندازه منافذی بین

ذرات، مرتز نوع موئینه معلوم

نخواهد بود. (پاساس غرضی)

$$P_c = \frac{2\sigma \cos \alpha}{r}$$

اختلاف بین نمودارهای Coarse texture و Fine texture

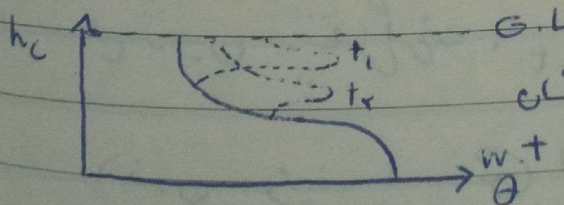


① با فرضی که بافت اشباع شده

سطح زمین می شود.

② با فرضی که موقتاً منسوب انزائی

مطوبت خاک سطحی می گردد



G.L

در زمان t_1 جبهه سطحی به حالت نشان

داده شده در می آید.

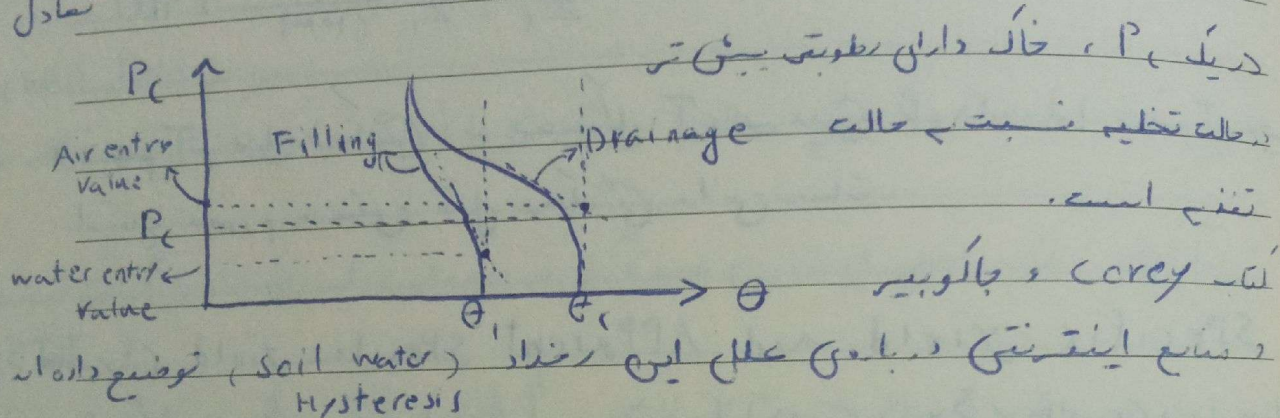
در زمان t_2 جبهه سطحی به حالت نشان داده شده در می آید.

Peat = خاک برگ (خاک با مواد آلی فراوان)

home work = منحنی تخلیاتی Peat, clay, silt و sand را با هم مقایسه کنید.

Hysteresis => پس مانند رطوبتی

یک خاک در P_c مشخص می تواند در سه رطوبت های متفاوتی دالت باشد. این بستگی دارد به این که در حال تخلیه یا در حال تغذیه باشد (در شرایط عدم تعادل)



پیش تر

اصلی ترین علت Hysteresis => بالا رفتن فشار هوا در زون اشباع با تخلیه این دو نمودار با قطع و وصل شدن به هم تبديل می شوند.

جایگزین می شود، کم کم یک گاز پیوسته را تشکیل می دهند و اگلن عبور هوا را فراهم می کنند.

Air entry value => نقطه ای که هوا به خاطر پمپاژ آب در فضاها خالی

Water entry value => برعکس مورد قبل در هنگام تغذیه، آب ها

جایگزین هوا شوند و گاز پیوسته را تشکیل می دهند.

پدیده ی Hysteresis! از نظر هیدرولوژیکی در آبخوان های کم عمق تر هنگام تخلیه و تغذیه اهمیت بیشتری پیدا می کند.

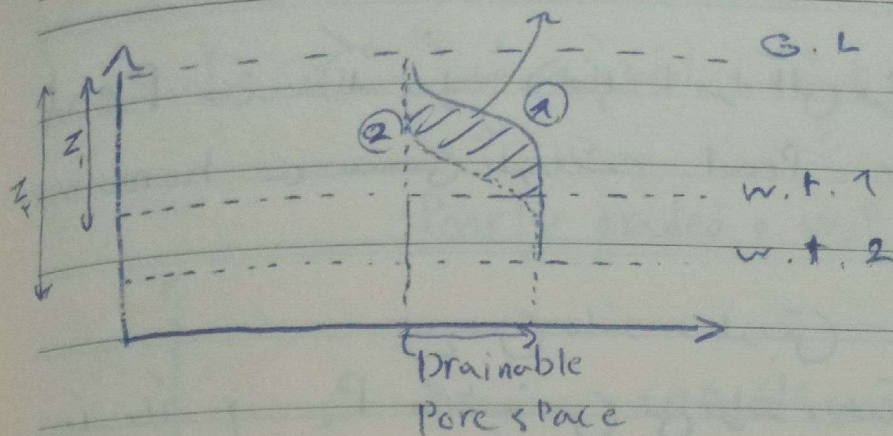
Drainage Pore space

چنانچه سطح ایستابی آهسته پایین برود به نحوی که تعادل جدید در پیرامین رطوبتی خاک ایجاد شود، بخشش از فضای خاک از حالت اشباع خارج می شود که با منحنی تخلیه دالت و توان آن را محاسبه کرد.

Subject :

Drainable Pore space

Date : / /



$$\text{Drainable Pore space} = \frac{\text{drainable water (mm)}}{z_r - z_1 \text{ (mm)}} \times 100$$

* حجم آب قابل زهکشی به حجم کل آب در زیر زمین نام دارد اما حجم آب بر حسب ارتفاع مفروض فضایی قابل زهکشی را می‌رساند.

Specific yield and APParent specific yield (S_y and S_{ya})

S_y با محاسبات و اندازه‌گیری می‌شود اما دومی (S_{ya}) ظاهری و برابر با واقعیت است. می‌تواند کج‌گشت یا محاسبی S_y باشد.

$$\textcircled{1} S_y = \frac{V_w}{V_t}$$

حجم آب / حجم کل

$$\textcircled{3} S_y = \text{Effective Porosity}$$

$$\textcircled{2} S_y = \phi - S_r$$

تخلخل مطلق / اشباع باقی‌مانده

هیدرولیک آبهای زیرزمینی مورخ ۳، ۷، ۱۴۰۲

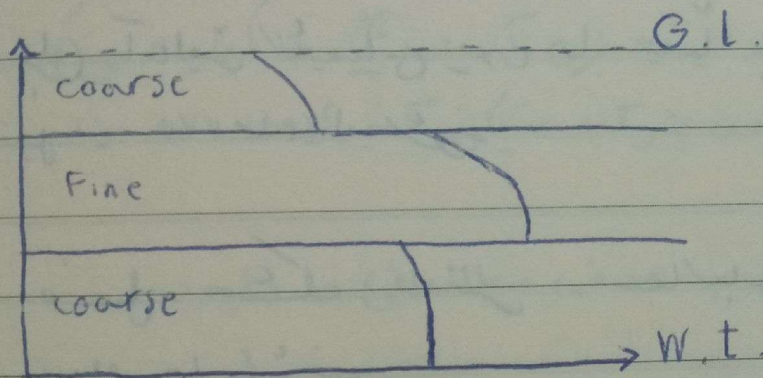
دلیل تفاوت آبدهی ویژه محاسباتی با آبدهی ویژه معمولی

Air entrapped

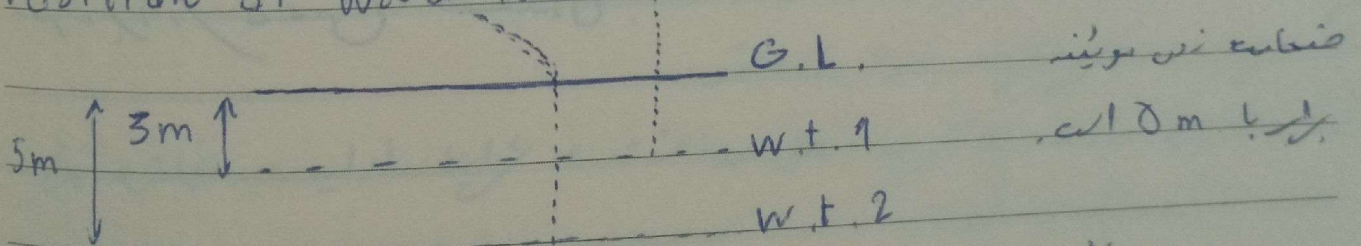
①

نمای که از $S_r = \phi - S_v$ افتاد من لیم با این فرض است که
کل تخلخل ما از آب پر شده ولی در واقعیت این طور نیست و برخی
بخش کوتاه تر است و به بلور اختلاف در حقیقت محاسباتی می آید

Stratification of material above the water table ②



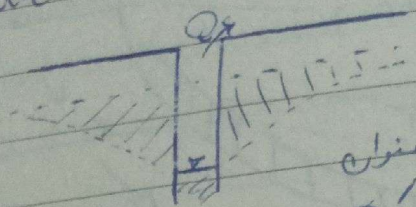
Position of water table ③



در فیل $S_r = \frac{V_w}{V_t}$ حجم آب بر دانه نشاء تقسیم بر حجم آب بر دانه نشاء
خواهد بود (V_t همان حجم بر دانه نشاء آبخوان است، قضای پس $W.T. 1$ ،
نوع $(W.T. 2)$

افت
محاسبه مغربا $2x \Rightarrow 8 - 3 = 2m$
با محاسبه آبخوان زمینی نشاء

Rate of change of water table elevation



در این مورد باید آب را با نرخ آهسته
در نظر بگیریم که وارد چاه شده و پس
حجم کل آب موجود در مخروط افت را به عنوان
 V_p و V_w را به عنوان حجم آبخوان زخمی شده در نظر می گیریم.
آلترانچ تند این که صورت گیرد در V_w خطا ایجاد می کند.

بنابراین در شرایط زیر ممکن است مرد برابر با واقعیت باشد:
1. مدت زمان کافی از تغذیه گذشته باشد بطوریکه میزان هوای گرفتار شده
در منافذ به حداقل رسیده باشد.

2. لایه آب در کاملاً همگن و یکدست باشد و لایه بندی نداشته باشد.
3. سطح ایستایی در عمقی بیش از ارتفاع حائشی مؤثر نباشد.
4. به آهستگی افت کند بطوریکه زمان کافی برای خروج تمام
آب ثقیل فراهم باشد.

آبدهی بیش در آبخوان های آزاد در نظر گرفته می شود اما در آبخوان های
محصوس ضریب ذخیره محسوب می شود.

آکلیف، آبخوان با ترازی و تخلخل زیاد
آکیناد، با ترازی کم و تخلخل زیاد

Seepage => حرکت در داخل محیط متخلخل

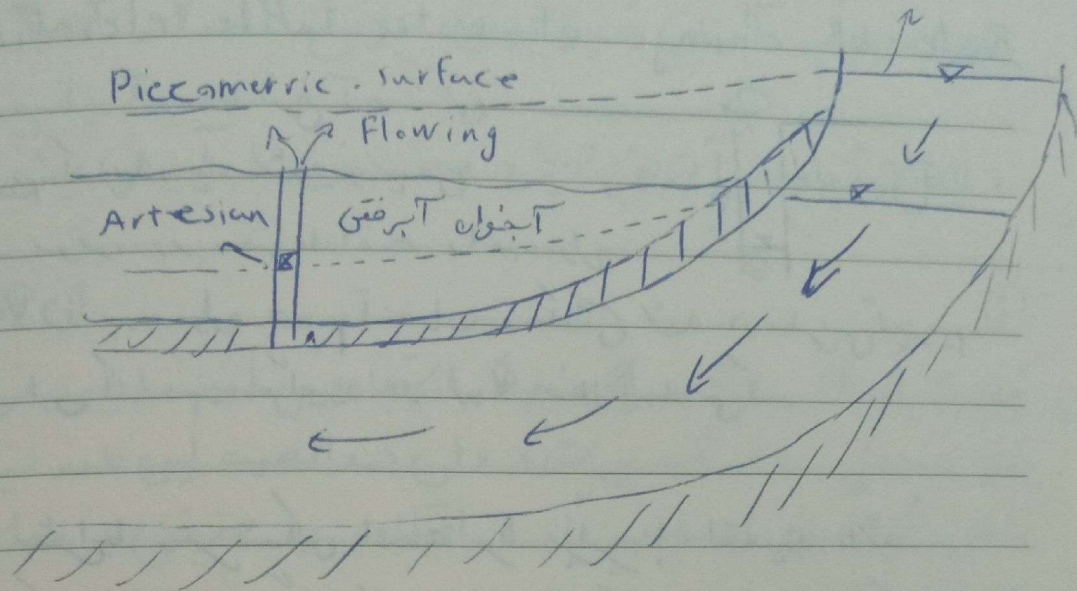
Leakage => حرکت به صورت قطری واضح

Flow => جریان واضح و جاری شده

Unconfined (or water table aquifer)

confined (Artesian, Flowing)

وقتی که سطح آب داخل چاه بالاتر از سطح پایین
لایه نفوذ پذیر باشد.



Bounded Aquifer

آبخوان محصور

Unbounded Aquifer

آبخوان غیر محصور

آبخوان محصور $\Rightarrow$ آبخوانی که از اطراف محاصره شده است
اصطلاحات Bounded و Unbounded برای چاه ها به کار می رود
اگر در شعاع تأثیر چاه عامل هیدرولیکی بر هیدرولیک چاه تأثیر نداشته باشد
Bounded و در غیر این صورت Unbounded خوانده شود.

این عامل می تواند یک لایه نفوذ ناپذیر یا رودخانه ای باشد که بر هیدرولیک آبخوان و چاه مؤثر باشد.

Storage in confined aquifer

از چگالی در محیط متخلخل

1. Aquifer compressibility (or rock compaction)
 2. Decrease in water density (or water expansion)
- از ویژگی های سیال

Subject:

۱۴۰۲ / ۷ / ۲

آزمایش مورد

Scales of Pressure measurement

مقیاس های اندازه گیری فشار

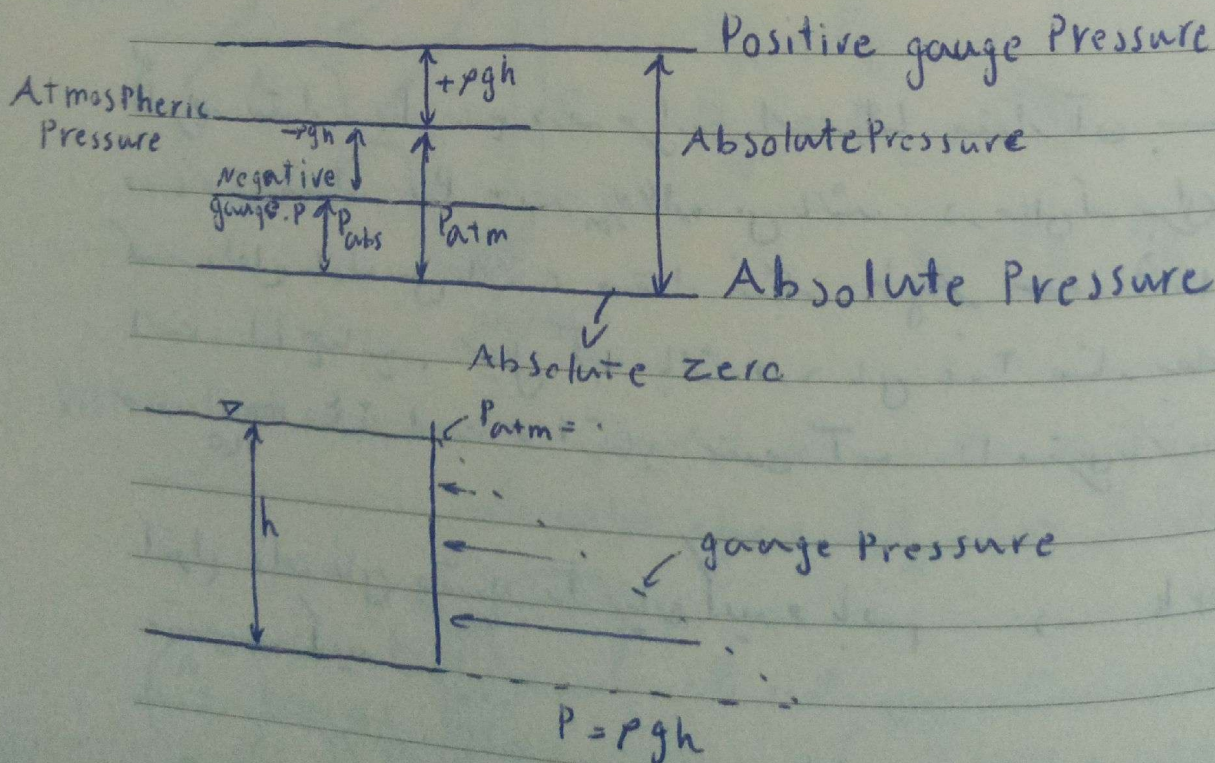
در مبنای یا مقیاس کار کردن ترانه:

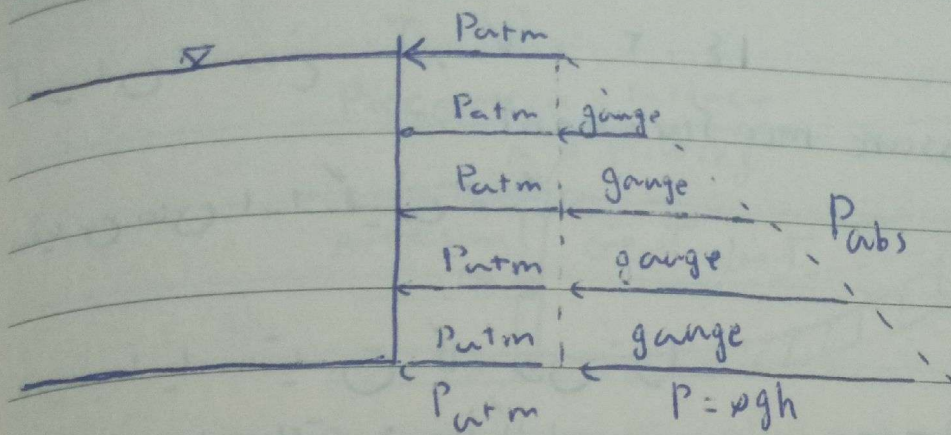
1. Absolute zero $\Rightarrow$ صفر مطلق در خلأ کامل
2. Atmospheric Pressure $\Rightarrow$ فشار اتمسفریک

صفر مطلق یا (Perfect Vacuum) $\Leftarrow$ در فضا (مقیاس بین یارسان)

1. Absolute Pressure $\Rightarrow$ فشار مطلق
2. Gauge $\Rightarrow$ فشار نسبی
(بر مبنای فشار اتمسفریک)

$$\text{Absolute Pressure} = \text{Atmospheric P} + \text{Gauge P}$$

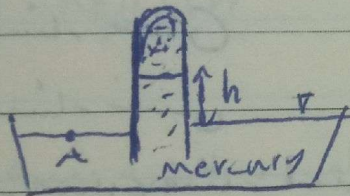




Pressure measurement (اندازه گیری فشار اتمسفر)

معمولاً در مسائل بطور قرائت صفر است اما در طبیعت مقادیری برای این مؤلفه وجود دارد :

Mercury barometer



بارومتر جیوه ای

(ایده توربینی)

ارتفاع h برابر با فشار هوا در نقطه A است.

$$P_{\text{atm}} = P_v + \rho_{\text{Hg}} g h \quad \text{یا شکل} \quad P_{\text{atm}} = P_v + \rho_{\text{Hg}} g h$$

$\downarrow$ $\downarrow$
 Vapor. P Atm. P

الگوریتم مقدار P_v تابع درجه حرارت است اما مقدار آن بسیار ناچیز است. در ۲۰ درجه مقدار P_v حدود $1.4 \times 10^{-3} \text{ mbar}$ می باشد. در حالی که برای $h = 740 \text{ mm Hg}$ که در داخل لوله می باشد، مقدار فشار $\rho g h$ حدود $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ است. اما چنانچه کیل آب باشد در دمای ۲۰ درجه فشار بخار اشباع آب (P_v) حدود $2.3 \times 10^3 \text{ Pa}$ است و ارتفاع نسبی آب ۱۰ متر می باشد.

انواع واحدهای فشار را بیان کنید و با هم مقایسه کنید.

home work

Bourdon gauge

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{gauge}$$

$$P = P_0 + P_v + \rho gh$$

U-tube manometer

در فشارهای منفی و مراقبی که نیاز است از این نوع توابع از پیچش استفاده کنیم. در واقع پیچش فقط برای فشارهای کم قابل استفاده است و برای فشارهای منفی جوابگو نخواهد بود. (کمتر از اتمسفر)

انواع U-tube manometer

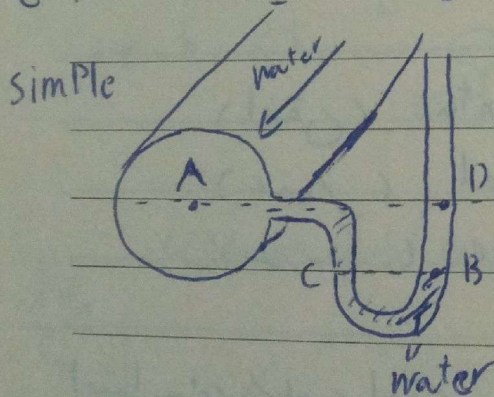
- Simple manometer

- Micro //

- Differential //

- Inverted differential //

مانومترها از نظر تعداد سیال موجود به یک سیال و دو سیال و ... رده بندی می شوند



$$P_A = P_D$$

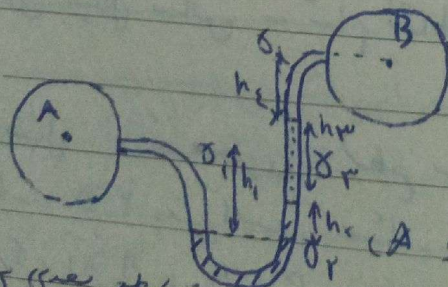
$$P_B = P_C = 0$$

$$P_A = P_D = P_B - \delta h = 0 - \delta h$$

$$\Rightarrow P_A = -\delta h$$

برای اندازه گیری اختلاف فشار دو نقطه از سیستم که در این حالت به دو سر لوله وصل خواهند شد.

Differential manometer



برای نوشتن اختلاف فشار بین A و B:

① یک سیستم واحد را انتخاب می کنیم.

② از یک نقطه شروع می کنیم. (مثلاً از A)

③ فشار را با توجه به دامن که انتخاب کردیم از یک سطح میل تا سطح بعدی می کنیم.

اگر شروع به طرف پایین باشد منفی و اگر بالا باشد مثبت در نظر می گیریم.

$$P_A = -\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 h_3 + \gamma_4 h_4 + P_B$$

$$P_A - P_B = -\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 h_3 + \gamma_4 h_4$$

گاهی برای ارتقای حساسیت مانومتر در فشار کم از سیالات با چگالی کمتر مانند نفت به جای آب استفاده می‌کنیم بنابراین معبر من ششیم مانومتر را برعکس کنیم یعنی Inverted differential manometer (در کتاب استریتر عکس این مانومتر هست)

Micro Manometer

برای نیازی تغییر فشارهای کم (شکل داخل کتاب استریتر)

Mechanical gauges $\Rightarrow$ شکل داخل کتاب استریتر

- ① Dead Weight gauge دارای دقت خوب، برای کالیبره کردن لیج‌های دیگر
- ② Diaphragm gauge

Forces on Plane area $\left\{ \begin{array}{l} \text{Horizontal (افقی)} \\ \text{Vertical (عمودی)} \\ \text{incline (مورب)} \end{array} \right.$

ابتدا برای سطح افقی مانند منبعی که دارای آب است، نیرو وارد بر کف منبع را مشخص می‌کنیم.

$$F = \int P \cdot dA = P \int_0^A dA$$

برای سیال ساکن به تمام نقاط یک سطح افقی فشار یکسان وارد می‌شود.

$$\Rightarrow F = P \cdot A$$

مثال: در یک مخزن با سطح مقطع به طول ۴ و عرض ۲ متر، ارتفاع آب ۲.۵ متر است. فشار وارد بر کف مخزن؟

$$A = 4 \times 2 = 8 \text{ m}^2$$

$$P = \gamma h = 9.81 \times 2.5 = 24.525$$

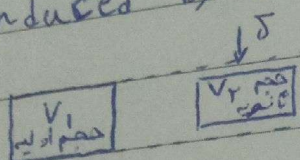
$$F = P \times A = 9.81 \times 2.5 \times 8 = 196.2 \text{ kN}$$

Subject :

هیدرولیک آبهای زیرزمینی مویخ ۱، ۲، ۸، ۱

compressibility

تعریف: Change of Volume (Strain) Per unit Volume induced by an applied stress.



$$\text{compressibility} = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \frac{m^2}{N}$$

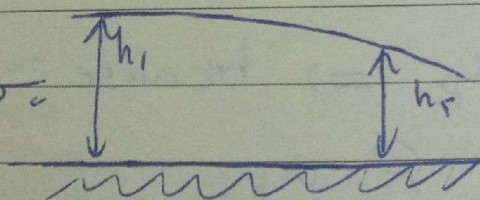
compressibility of water $\Rightarrow$ در آبخوان همان محبوس در نظر گرفته می شود و قابل انقباض نیست.

$$\beta = \frac{\text{تغییر حجم آب}}{\text{حجم اولیه آب}} = - \frac{dV}{V_w} \frac{1}{dp}$$

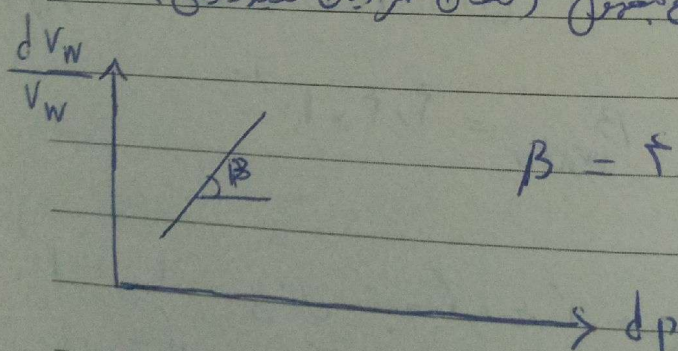
الرد برت در در تغییرات تابع مجهول کلاسیک داشته علامت - می گذاریم مانند فرمول داریسی:

$$Q = -KI \frac{h_r - h_1}{L}$$

چون $h_r < h_1 \Rightarrow$ می گذاریم



تابع مجهول (همان گرایان هیدرولیکی)



$$\beta = 4.4 \times 10^{-10} \frac{m^2}{N}$$

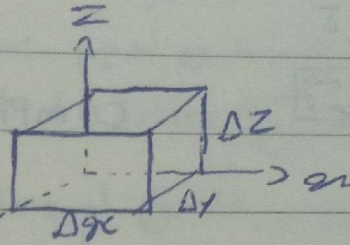
وقتی آب دریا، فشار دلی می شود، چگالی آن از جایی می یابیم $\beta = \frac{d\rho}{\rho dp}$ تغییرات چگالی

Compressibility of Porous media

هم در فضای کلی و هم برای فضای خالی در نظری لیبرم

a) Compressibility of Pore Volume (α_p)

$$\alpha_p = \frac{\frac{dV_p}{V_p}}{dp}$$



$$\text{Volume of Pore} = V_p = \Delta x \Delta y \Delta z \cdot \phi$$

$$dV_p = \Delta x \Delta y d(\Delta z \cdot \phi) \Rightarrow \frac{dV_p}{V_p} = \frac{\Delta x \Delta y d(\Delta z \cdot \phi)}{\Delta x \Delta y \Delta z \cdot \phi}$$

علامت d در اینجا به معنی تفاضل است و در اینجا به معنی تغییرات است.

$$\alpha_p = \frac{\frac{dV_p}{V_p}}{dp} \Rightarrow \alpha_p = \frac{1}{\phi \Delta z} \cdot \frac{d(\phi \Delta z)}{dp}$$

$$\alpha_p = \frac{\frac{dV_p}{V_p}}{dp} \quad \alpha_b = \frac{\frac{dV_t}{V_t}}{dp}$$

$$\alpha_b > \alpha_p \Rightarrow \text{because } dV_b = dV_t, V_t > V_p$$

$$\Rightarrow \alpha_b = \phi \cdot \alpha_p$$

The range of Volume of compressibility (m^2/v)

α_p	clay	10^{-6} - 10^{-8}
	sand	10^{-7} - 10^{-9}
	Gravel	10^{-8} - 10^{-10}

$$\alpha_{\text{water}} = 4.4 \times 10^{-10}$$

از این اعداد می توان نتیجه گرفت که هرچه ضریب متغیر دانه ریزتر باشد باید تراکم پذیری آن را در محاسبات در نظر گرفت.

Stress in Aquifer

در یک لایه آبدار مخصوص عمیق یک نیرو عمود بر دانه سطح آبدار وارد می شود که این نیرو نتیجه دو عامل است:

1. Weight Per unit area of geological material.
2. " " " " " water above the top of the aquifer.

خواصه Total stress = σ_T

در مقابل دو نیروی ذکر شده نیروهایی از طرف لایه آب در طرف بالا وارد می شود تا تنش در آبخوان صاف نگذرد.

این نیروها عبارتند از :
a. Fluid Pressure of water (or Pore water Pressure) = P → فشار میان
پایه و سقف است. معادله ی برنولی.

b. Effective stress (or Inter granular stress) = σ_z

ہمارے منشاء صوٹس (تنی صوٹس) میں ذرات کہ ہر جہ سے تر بائیں، ذرات الہام نزدیک ہر جہ کمتر بائیں، حاصلہ میں لیریں۔

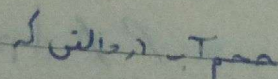
$$\delta_+ = P + \delta_- \Rightarrow \underbrace{d\delta_+}_{\delta_+ = \text{constant}} = dP + d\delta_- \Rightarrow$$

تشی کل ثابت: بنابر این من توان آمدن را گرفتم

$$dP = -d\sigma_z$$

Specific storage

طبق تعریف برابر است با مقدار حجم آب برداشته شده بر واحد سطح و عمق
که فشار به اندازه‌ی ۱ واحد افست داشته باشد.



گیتا Control Volume

حالی

حالی
 $\phi = \text{حجم معان} = (\Delta n \Delta x \Delta z)$

$$-T_P = M = \rho \cdot V = \rho (\Delta x \Delta y \Delta z) \cdot \phi$$

وقتی از لایه آب در معبر آب عبور شود فشار نامی و باید این تغییرات را در جهت Z (عمود) عمل می کنند از طرف دیگر هم نیز تغییر می کنند بنابراین هم هم هم هم آب تغییر می کنند یعنی در رابطه با ΔZ تغییر می کنند و هم ρ تغییر می کنند.

$$dm = [\rho d(\phi \Delta Z)] \Delta x \Delta y + [\phi \Delta Z d\rho] \Delta x \Delta y$$

$$dm = \Delta x \Delta y \left[\underbrace{\rho d(\phi \Delta Z)}_{dm_1} + \underbrace{\phi \Delta Z d\rho}_{dm_r} \right]$$

$dm =$ تغییرات جرم $d\rho =$ تغییرات چگالی
change in density

$d(\phi \Delta Z) =$ change in Pore Volume

$$\Rightarrow dm_1 = \rho d(\phi \Delta Z), \alpha_p = \frac{1}{\phi \Delta Z} \frac{d(\phi \Delta Z)}{d\rho}$$

$$\Rightarrow dm_1 = \rho \cdot \alpha_p \cdot \phi \Delta Z \cdot d\rho$$

$$dm_r = \phi \Delta Z d\rho, \beta = \frac{d\rho}{\rho}$$

$$\Rightarrow dm_r = \phi \Delta Z \cdot \beta \cdot \rho \cdot d\rho$$

The Total mass : $\frac{dm}{\Delta x \Delta y \Delta z} = \frac{(dm_1 + dm_r) \Delta x \Delta y}{\Delta x \Delta y \Delta z}$

Per unit volume

$$\frac{(\rho \alpha_p \phi \Delta Z d\rho) \Delta x \Delta y}{\Delta x \Delta y \Delta z} + \frac{(\phi \Delta Z \beta \rho d\rho) \Delta x \Delta y}{\Delta x \Delta y \Delta z}$$

$$\frac{dm}{\Delta x \Delta y \Delta z} = \rho \alpha_p \phi d\rho + \phi \beta \rho d\rho$$

$$\frac{dm}{\Delta x \Delta y \Delta z} = \rho \phi d\rho (\alpha_p + \beta)$$

$$\textcircled{1} \frac{dV_w}{\Delta x \Delta y \Delta z} = \rho d\rho (\alpha_p + \beta)$$

$$\frac{1}{d\rho} \frac{dV_w}{\Delta x \Delta y \Delta z} = \phi (\alpha_p + \beta)$$

$$P = \rho g h \Rightarrow d\rho = \rho g dh + d\rho g h$$

Subject :

ماتوجه این که تغییرات فشار در سیال تراکم پذیری کم است پس :
(به خاطر تراکم پذیری کم آب) پس :

$$d_p \propto \rho g d_h$$

$$\textcircled{1}, \textcircled{2} \Rightarrow \frac{1}{\rho g d_h} \frac{d v_w}{\Delta x \Delta y \Delta z} = \phi (\alpha_p + \beta) \quad \textcircled{3}$$

$$\left\{ \frac{1}{d_h} \frac{d v_w}{\Delta x \Delta y \Delta z} = \rho g \phi (\alpha_p + \beta) \right\} \Rightarrow$$

دستبرد می ویرد است

همان تعریف
سیال چسبناک

Specific storage

درستی مار سیال

$$\Rightarrow \left\{ S_s = \rho g \phi (\alpha_p + \beta) \right\} \Rightarrow \text{Dimension} = \frac{1}{L}$$

درستی مار محیط

هیدرولیک آبهای زیرزمینی ص ۷، ۸، ۲، ۴، ۵، ۶

التر β نسبت به α_p ناچیز باشد
 و بتوان از آن صرف نظر کرد.

$$S_s = \rho g \phi (\alpha_p + \beta)$$

$$\frac{1}{c_h} \cdot \frac{dv_w}{\Delta n \Delta z} = \rho g \phi (\alpha_p + \beta)$$

هرگاه میزان برداشت به میزان تغذیه برابر باشد سیستم ثابت خواهد بود و ضریب ذخیره معنای نخواهد داشت. بنابراین چون c_h صفر خواهد بود، c_v هم صفر خواهد بود پس S_s صفر خواهد شد.

$S = S_s \cdot b \Rightarrow$ S بیانگر واحد (بخشی واحد) آبخوان
 و b تعداد این واحدها را بیان می کند.
 در واقع S ضریب برای بخشی واحد آبخوان
 و S برای کل آبخوان است.
 storage coeff
 (or storativity)

For confined aquifer : $S = S_s \cdot b$

// Unconfined // : $S = S_y + h \cdot S_s$

$S_y =$ آبش دیر

$h =$ ضخامت آبخیز محسوس
 (زده آبخیز)
 $h \Rightarrow$ ضخامت زده اشباع
 و متغیر (از استیگرال خارج نمی شود)

$S_s =$ ضریب ذخیره

$b =$ ضخامت زده آبخیز
 و ثابت (کل آبخیز)
 (از استیگرال خارج می شود)

تأثیر بر خروج آب

انقباض آب ، انقباض محیط ، جریان شش آب

آبی که در جریان شش تأثیر می شود تأثیر می شود دارد پس کل
 می توان به آبخیز آزاد گفت
 $S = S_y$

آبخوارهای آزاد افت بیشتری در چاه نسل من دهند. این به خاطر این است که آب سطحی راضعتر وارد چاه نمی شود و موسم آب سطحی انتقال میدهد و انبساط آب بیشتری تر می باشد. اما در آبخوار آزاد بهر حال افت کمتری در چاه مشاهده خواهیم بود.

Basic equations of Groundwater flow

اختلاف پتانسیل در طبیعت می تواند منجر به حرکت بشود. در بحث هیدرولوژی می توان اختلاف (گرادیان) هیدرولیکی باعث حرکت آب می شود.

بطور کلی معادلات حرکت حاصل دو اصل است:

1. Law of conservation of energy (equation of motion)
2. // // // // mass (continuity equation)

انطباق این دو قانون با قانونی سوم که خارج از دهنده آت با این سه نوع انواع قوانین حاکم بر طبیعت را یافته. مانند قانون دارسی.

معادلات بقای انرژی

1 Bernoulli's equation

البریکالی ایستال در نظر گرفته شود (یعنی فاقد چسبندگی و تراکم پذیری) قانون بقای انرژی به دست می آید.

البریکالی تراکم پذیر و فاقد چسبندگی تعریف شد معادلات اولر به دست می آید.

Euler equation

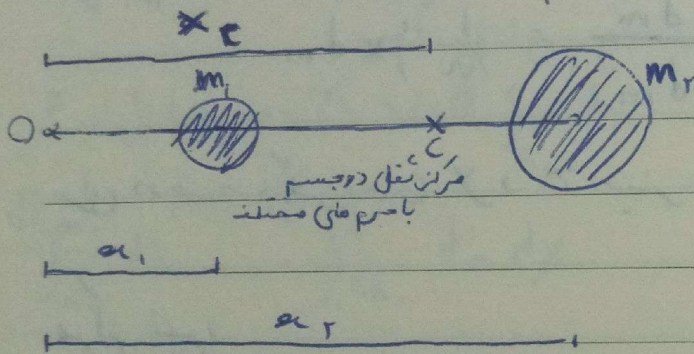
البریکالی هردو ویژگی را داشته باشد آنکه معادلات ناویر-استوکس به دست می آید.

Navier - stock equation

Center of mass

ادامین نیروهای وارد بر سطح

مرکز جرم یک جسم نقطه تعادل آن جسم است و گوییم تمام وزن جسم در آن نقطه متمرکز شده است. از نظر ریاضی نقطه‌ای از جسم است که مجموع گشتاور ناشی از اجزای جسم حول آن نقطه برابر به باشد. به عبارت دیگر نقطه‌ای است که مجموع مساحت‌ها (گشتاورها) در جهت عقربه‌های ساعت حول محور جسم با مجموع آن‌ها در خلاف جهت عقربه‌ها حول همان محور یا نقطه برابر است.



$$X_c = \frac{m_1 a_1 + m_2 a_2}{m_1 + m_2}$$

$$M = m_1 + m_2$$

$$X_c = \frac{m_1 a_1 + m_2 a_2}{M} \Rightarrow \underbrace{M \cdot X_c}_{\text{ممان یا گشتاور}}$$

Moment = Total mass x center of mass

اگر تعداد ذرات بی‌نهایت در امتداد یک خط باشند آن‌گاه

$$X_c = \frac{\sum_{i=1}^n m_i x_i}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad M = \sum_{i=1}^n m_i$$

$$\Rightarrow X_c = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n m_i x_i$$

$$\Rightarrow M \cdot X_c = \sum_{i=1}^n m_i x_i$$

Subject:

Date:

مرکز ثقل در سه بُعد:

$$X_c = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n m_i x_i, \quad Y_c = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n m_i y_i$$

$$Z_c = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n m_i z_i$$

Rigid body $\Rightarrow$ مثل گریزی نیست

هر کدام از این جسم ها را به n تا بخشی تقسیم می کنیم که حرکت را برابر Δm بزرگ دارند

$$X_c = \frac{\sum \Delta m_i x_i}{\sum \Delta m_i}, \quad Y_c = \frac{\sum \Delta m_i y_i}{\sum \Delta m_i}, \quad Z_c = \frac{\sum \Delta m_i z_i}{\sum \Delta m_i}$$

اگر جسم ها به صفر نزدیک شوند آن ها:

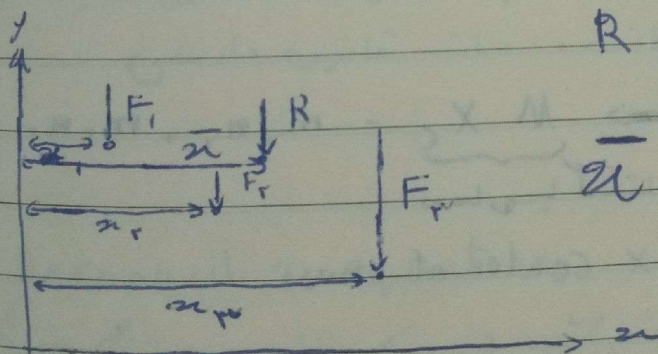
$$X_c = \lim_{\Delta m_i \rightarrow 0} \frac{\sum \Delta m_i x_i}{\sum \Delta m_i} = \frac{\int x dm}{\int dm} = \frac{1}{M} \int x dm$$

برای دو جهت دیگر یعنی Y و Z نیز همین فرمول را بازنویسی می کنیم

Central force

مرکز نیرو

$$R = F_1 + F_2 + F_3$$



$$\bar{x} = \frac{F_1 x_1 + F_2 x_2 + F_3 x_3}{R}$$

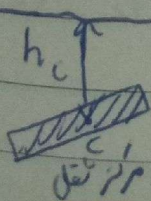
فاصله مرکز ثقل

$$\Rightarrow R \bar{x} = F_1 x_1 + F_2 x_2 + F_3 x_3 \quad \text{Moment of force}$$

Forces on inclined surface

خواصیم ثابت کنیم که کل نیروی وارد بر یک صفحه برابر است با فشاری که بر مرکز ثقل وارد می شود. صاف است آن سطح.

surface



$$F = P_c \cdot A = \rho \cdot h_c \cdot A$$

اما برعکس این قضیه این است که هر چه توزیع پهناتر باشد، نتیجه مرکز ثقل و مرکز ثقل به هم نزدیکتر می‌شود.

برای پیدا کردن مرکز ثقل از رابطه میان انتگرال می‌گیریم. این صدها بار یعنی را به بعضی شکل کوچک‌تر تقسیم می‌کنیم و نیز میان آن را ضمیمه می‌کنیم.

معمولاً تمام آن‌ها برابر است: مرکز ثقل در مرکز ثقل قرار می‌گیرد. ضریب فاصله مرکز ثقل از محور مختصات.

$$F \cdot X_{C.P.} = \int X \, dF$$

$$Y_{C.P.} \cdot F = \int Y \, dF = \left(\int Y \, \delta h \, dA \right) = \int Y \cdot \delta Y \sin \theta \, dA = \underbrace{\delta \sin \theta \int Y^2 \, dA}_{I_n}$$

I_n = The second moment of area A about the axis ox .

$$Y_{C.P.} \cdot F = \delta \sin \theta \int Y^2 \, dA \Rightarrow Y_{C.P.} = \frac{\delta \sin \theta \int Y^2 \, dA}{F}$$

$$\frac{\delta \sin \theta}{\delta h_c A} \cdot I_n = \frac{\delta \sin \theta}{\delta Y_c \sin \theta} \cdot I_n$$

در این معادله محور مختصات خارج از مرکز ثقل جسم است. برای راحت‌تر بردن معادله محور مختصات را به مرکز ثقل منتقل می‌کنیم. در این حالت با استفاده از قضیه موازی:

$$Y_{C.P.} = \frac{I_n}{Y_c \cdot A} \Rightarrow Y_{C.P.} = \frac{I_G + Y_c^2 \cdot A}{Y_c \cdot A}$$

$$I_n = I_G + Y_c^2 \cdot A$$

$$Y_{C.P.} = \frac{I_G}{Y_c \cdot A} + \frac{Y_c^2 \cdot A}{Y_c \cdot A} \Rightarrow Y_{C.P.} = \frac{I_G}{Y_c \cdot A} + Y_c$$

Subject :

Date : / /

$$\Rightarrow y_{c.p} - y_c = \frac{I_G}{y_c \cdot A}$$

$y_{c.p}$ = center of Pressure

y_c = centroid مرکز ثقل

I_G = The second moment of area of A, about an axis, through the centroid Parallel to the line OX.

در طبقه بندی های مختلف جریان ها انواع معادلات را بکار خواهیم گرفت

$$V_D = \text{Darcy Velocity} = \frac{Q}{A_T} = \frac{Q}{A_S + A_P}$$

$$V_S = \text{Seepage velocity} = \frac{Q}{A_{\text{Pore}}} = \frac{Q}{A_T \cdot \phi} = \frac{q}{\phi}$$

$$q = \frac{Q \rightarrow \text{Discharge}}{A}$$

flux

$$\text{Also} \Rightarrow V_D = k \frac{dh}{dL}$$

$V_A = \text{Actual velocity (or true velocity)}$

$$V_A > V_S > V_D \Rightarrow \text{زیرا از مسیر سریع و مستقیم عبور می کنند}$$

$$\Sigma F = ma \Rightarrow \text{بر اساس قانون دوم نیوتون به معادله}$$

$$= m \cdot \frac{dv}{dt}$$

سرعت واقعی می رسم

Forces on Fluid in Porous media

در یک محیط متخلخل نیروهای وارد بر یک RVE عبارتند از: $W = mg$

① Gravity force

{Driving و body هم}

Body force یا نیروی ثقل

* تقسیم بندی نیروها

{ body force → ثقلی
surface force → نیروی سطحی
Driving force → نیروی محرکه
Resistance force → نیروی مانع

② Forces due to Pressure of liquid (surface force)
 $P = \rho gh$

③ Forces due to covering layer

نیروی ناشی از لایه پوششی

④ Capillary and additional between water and grain layer (بین مولکولی) (بین ذرات آب و بین ذرات آب و جامد)

در زدن الشاع مانع حرارت (Resistance) و در زدن غیر الشاع (driving) خواص برد.

⑤ Resistance force due to friction or Fluid shear

در جریان آرام و مضطرب (ظرف) بیشتر اصطکاک ناشی از برخورد ذرات با فاز جامد است.

$$\tau = (\underbrace{\eta}_{\text{اصطکاک داخلی بین ذرات}} + \underbrace{\mu}_{\text{اصطکاک بین ذرات و فاز جامد}}) \frac{du}{dy}$$

جریان آرام

$$\tau = \underbrace{\mu}_{\text{جریان آرام}} \frac{du}{dy}$$

⑥ Inertia force (or body force)

$$\text{Inertia force} = m \cdot a$$

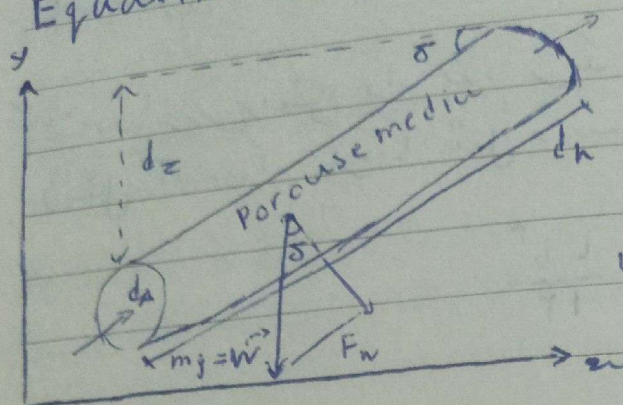
$$a = \underbrace{V \cdot \frac{dv}{dx}}_{\text{convective acceleration}} + \underbrace{\frac{dv}{dt}}_{\text{local acceleration Temporal}} \Rightarrow \text{non uniform and unsteady flow}$$

$$\text{Steady flow} \Rightarrow \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow a = V \cdot \frac{dv}{dx}$$

$$\text{Uniform flow} \Rightarrow \frac{dv}{dx} = 0 \Rightarrow a = \frac{dv}{dt}$$

$$\text{Uniform and steady flow} \Rightarrow \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} = 0 \Rightarrow a = 0$$

Equation of ground water flow



- فرضیات ساده
- ① One dimension
 - ② Uniform
 - ③ Steady
 - ④ Homogeneous and isotropic

$$\text{Steady} = \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow \sum F = 0$$

$$\text{Uniform} = \frac{dv}{dx} = 0$$

$$\text{حجم آب} = dA \cdot dL \cdot \phi$$

$$\text{وزن آب} = dA \cdot dL \cdot \phi \rho g$$

این از نیروی وزن حرکت، نیروی وزن است اما چون فقط یک بعد برای ما در نظر گرفته شده پس در نتیجه موازن افقی وزن را در نظر می گیریم.

$$\text{①} \quad F_w = dA \cdot dL \cdot \phi \rho g \sin \theta$$

$\sin \theta = \frac{dz}{dL}$

$$\Rightarrow F_w = dA \cdot dL \cdot \phi \rho g \frac{dz}{dL}$$

$$\text{②} \quad \Rightarrow F \text{ نیروی اصطکاک}$$

اختلاف نیروی نه در انتهای استوانه داریم

$$\Rightarrow P dA \phi - (P dA \phi + \frac{dP}{dL} dL dA \phi)$$

این سه نیرو را داخل رابطه کلی قرار می دهیم:

$$\sum F = 0 \Rightarrow P dA \phi - (P dA \phi + \frac{dP}{dL} dL dA \phi) - dA dL \phi \rho g \frac{dz}{dL} = 0$$

این که بر حسب حجم بدست آوریم تمام عبارات رابطه بالا را بر حجم آب تقسیم می کنیم:

$$dA \cdot dL \cdot \phi = V_w$$

$$\Rightarrow \underbrace{\frac{dP}{dL} - \frac{dz}{dL} \rho g}_{\text{driving}} = \underbrace{\frac{F}{dA dL \phi}}_{\text{Resistance}}$$