آب در خا ك

نفوذ پذيري عبارت است از اجازه دادن يك جامد به نفوذ سيال در آن

. خاكها به طور كلي نفوذپذيرند و آب مي تواند از منافذ به هم پيوسته بين دانه‌هاي جامد جريان پيدا كند در ساخت ساختمان و خصوصا" پلها مواجه با مواضعي مي‌شويم كه آب زيرزميني در نزديكي سطح زمين مي باشد كه با روشهاي مختلف در رفع آن مي كوشيم (بازدن چاه، پمپاژ آب در سطح كار و...)

نفوذپذيري خاك عمدتا" به ابعاد دانه‌ها بستگي دارد

با ويسكوزيته نيز ارتباطي ضعيف دارد

فشار آبي كه در درون منافذ خاك وجود دارد را فشار حفره‌أي مي ناميم

اين فشار در رابطه با فشار جو اندازه گيري مي شود و سطحي كه در آن فشار برابر فشار جو (يعني صفر) است سطح سفره آب زيرزميني ناميده مي شود

خاكي كه زير اين سطح قرار دارد معمولا" اشباع فرض مي شود

آبي كه بالاتر از سطح سفره آب قرار دارد ممكن است در اثر كشش موئينگي فشار منفي داشته باشد

حرکت آب در خاك‌هاي كاملا" اشباع تابع قانون دارسی است

$$Q=k.i.A$$

$$V = Q/A = k.i$$

Q حجم آب جریان یافته(دبی)

A سطح مقطع خاك

i گرادیان هیدرولیکي

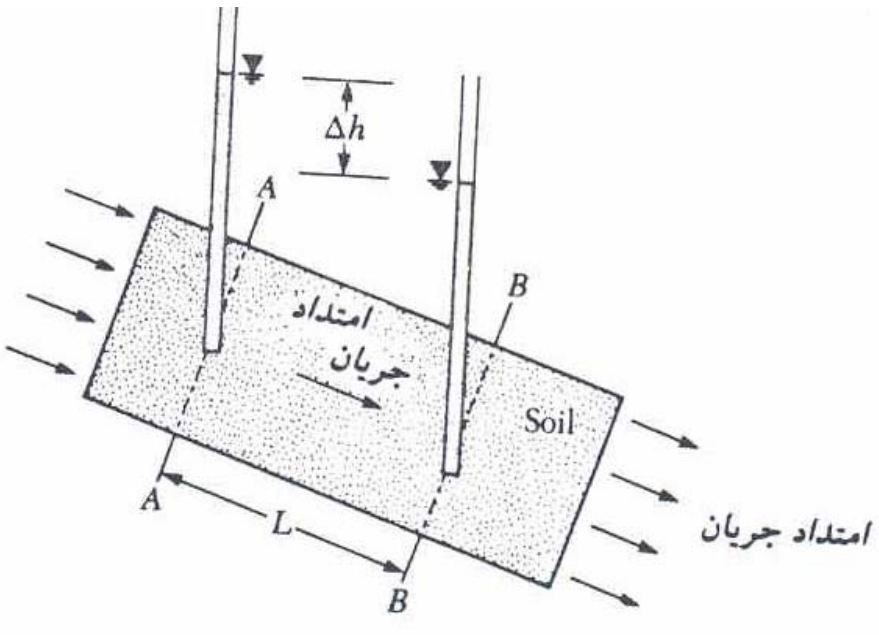
$$i=\Delta h/A$$

v سرعت جریان آب

k ضریب نفوذپزیری

تعریف گرادیان هیدرولیکی :

گرادیان هیدرولیکي شیبي است که مشخص مي کند که به عنوان مثال در شکل زیر در هر نقطه از خاك در صورت گذاشتن فشار سنج آب در آن ناحیه تا چه سطحي بالا مي آید



در حالت جريان آب زيرزميني تحت اثر گراديان هيدروليكي قضيه برنولي در مورد آب حفره أي قابل اعمال است:

$$h = v^2/2g + u/\gamma_w + z$$

V سرعت جريان آب **z ارتفاع از یک سطح مبنای اختیاری** **h افت بار آبی یا اختلاف فشار کل**

u فشار آب حفره ای **v سرعت جريان آب**

به علت سرعت كم جريان آب در زيرزمين معمولا" از جمله اول عبارت فوق يعني $v^2/2g$ صرف نظر می گردد

$$\mathbf{h = u/\gamma_w + z}$$

ضريب نفوذپذيري K :

اين ضريب تابع اندازه متوسط حفره‌ها است و اين موضوع بستگي به دانه‌بندي و شكل دانه ها و ساختمان خاك دارد. هر قدر دانه ها كوچكتر باشند حفره‌ها كوچكتر است و ضريب نفوذپذيري كمتر است

ضريب نفوذپذيري معمولا" تابع انديس خلأ خاك است

در خاكهاي لايه‌اي، نفوذپذيري به موازات لايه ها به مراتب بيشتر از نفوذپذيري در حالت جريان عمود بر لايه ها است

چون سرعت جريان آب تابع دما است K ضريب نفوذپذيري نيز به دما بستگي دارد

مثلا" اگر ضريب نفوذپذيري در ۲۰ درجه سانتيگراد ۱۰۰ باشد در ۲۰ درجه ۷۷ و يا در صفر درجه ۵۶ خواهد بود ضريب نفوذپذيري K از فرمول زير تعيين مي‌گردد:

$$k=k\cdot\gamma_w/\eta$$

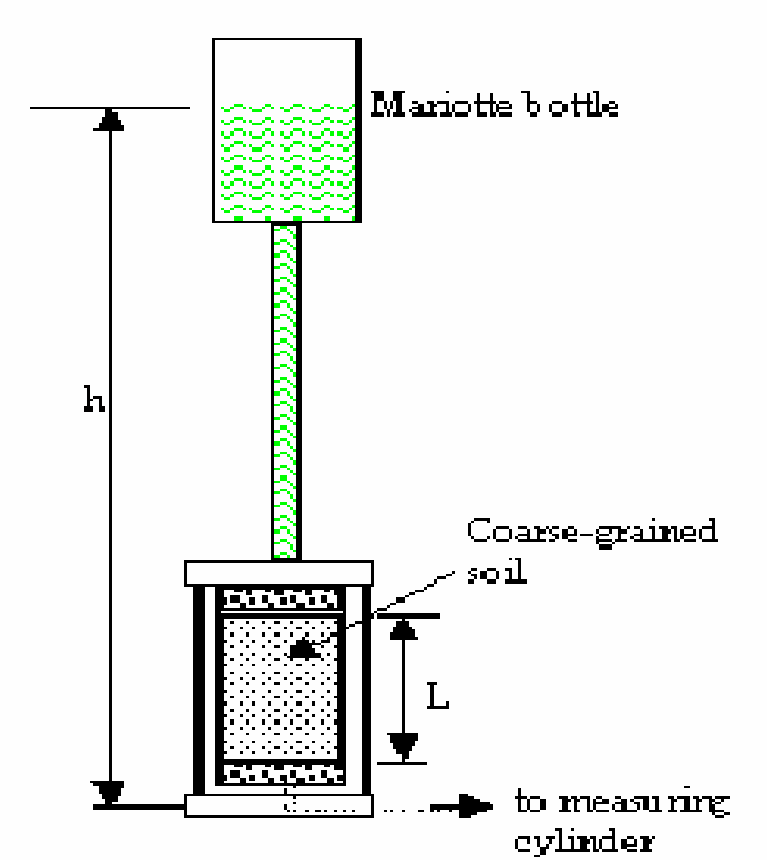
كه در آن γ_w وزن مخصوص آب، η ويسكوزيته (گران روي) آب و K (به مترمربع) ضريبي است كه بستگي به ساختمان خاك دارد.

آزمایش نفوذ پذیري خاك

نفوذپذیری خاکهای درشت دانه را می توان با استفاده از یک آزمایش ساده خاک با تراکم مناسب درداخل استوانه ای به سطح مقطع A

قرار داده می شود که در زیر آن یک استوانه تراوا قرار دارد. این خاک تحت فشار یکنواختی قرار می گیرد و حجم آب رد شده از خاک اندازه گیری می شود. این آزمایش در دو حالت انجام می شود:

آزمايش نفوذ پذيري خاك

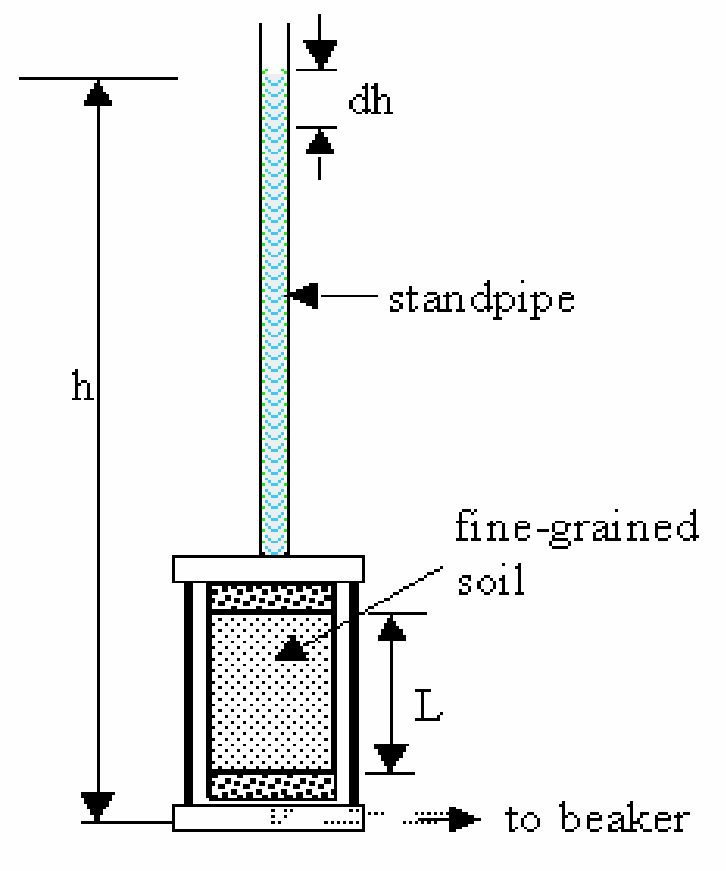


۱- در حالتی که گرادیان هیدرولیکی در طول آزمایش ثابت است.

$$v/t=Q=k.i.A=k.(h/l).A$$

$$k=Ql/hA$$

آزمايش نفوذ پذيري خاك



۲- در حالتی که گرادیان هیدرولیکی در طول آزمایش متغیر می باشد.

مدت زمانی که ارتفاع سطح آب در لوله فوقانی به سطح مقطع a از ارتفاع h_1 به h_2 می رسد t_1 باشد

آزمایش نفوذ پذیری خاک

در هر لحظه t ارتفاع سطح آب در لوله برابرh وسرعت تغییرات آن$-dh/dt$ می باشدو در لحظه t خواهیم داشت:

$$dQ/dt = - adh/dt = k(h/l)A$$

$$-adh/h = (k/l)Adt$$

درصورتیکه انتگرال تساوی فوق را برای مقادیر معین h_1 و h_2 در مدت معین t محاسبه نماییم:

$$-a\int dh/h = (kA/l)\int dt \rightarrow k = (al/At)\ln(h_1/h_2)$$

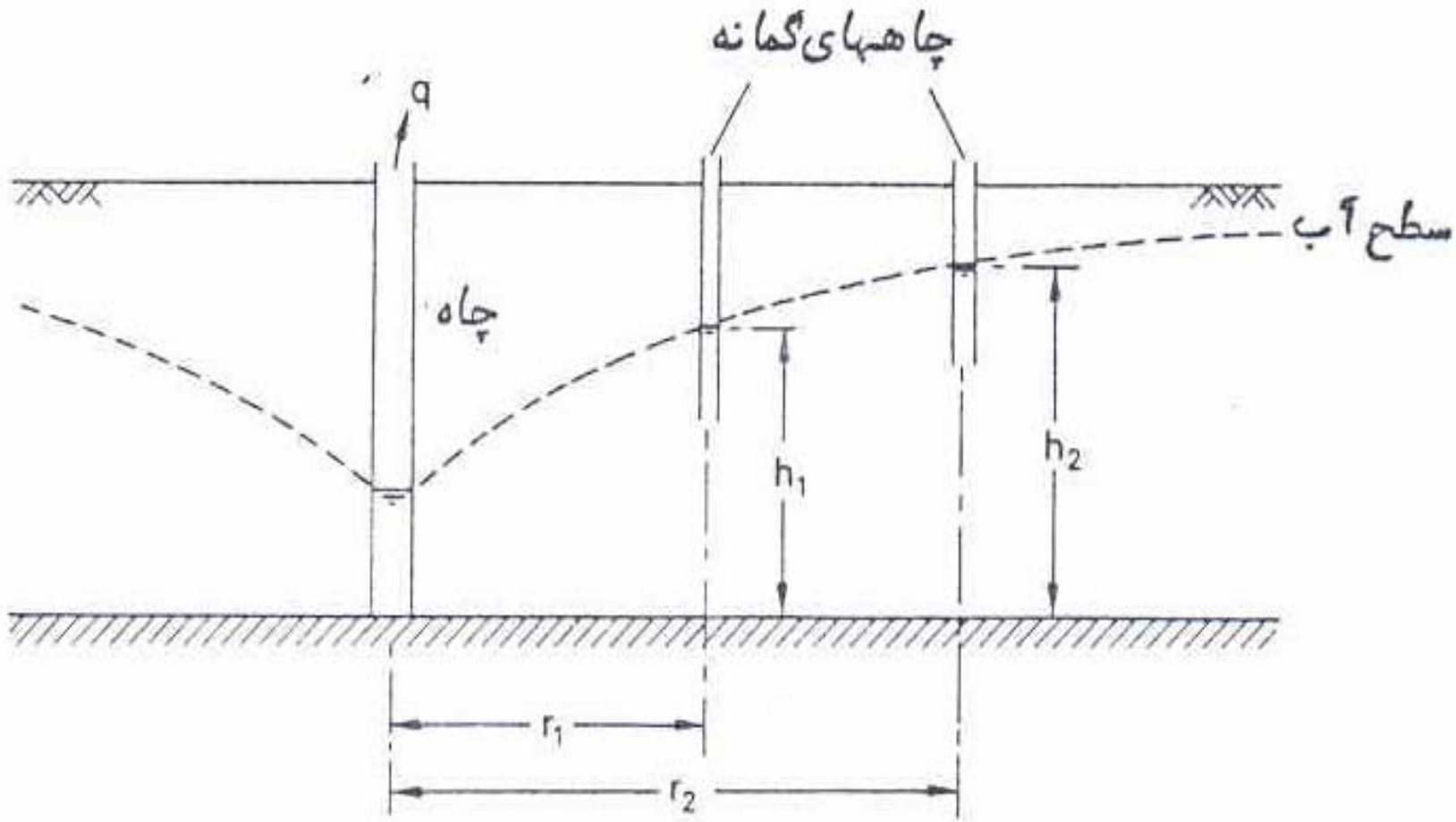
تعيين ضريب نفوذ پذيري در روي زمين

بعضا" نمونه‌هائي كه در آزمايشگاه مورد آزمايش قرار مي گيرند به علت دست خوردگي نتايج نزديك به واقعيت ارائه نمي نمايند لذا معمولا" براي پروژه‌هاي بزرگ نفوذپذيري خاك را در محل تعيين مي نمايند.

يكي از روش هاي در محل، انجام *آزمايش پمپاژ چاه* مي باشد كه در حالت خاكهاي درشت دانه بهتر جواب مي‌دهد.
معمولا" چاهي كه در آن پمپاژ صورت مي گيرد بايد تا كف لايه حفاري گردد تعدادي چاه نظاره در اطراف چاه مركز حفر مي گردد تا در حين پمپاژ در چاه اصلي سطح آب در آنها مورد بررسي قرار گيرد.

در اين شرايط تراوش آب مقدار ثابتي دارد و جهت جريان آب به طرف چاه مركزي است در هر امتداد شعاع حداقل بايد دو چاه نظاره يا لوله فشار سنج (پيزومتر) پيش بيني گردد.

آزمایش پمپاژ چاه



در اين حالت فرض را بر اين مي گيريم كه شيب آبي(گراديان هيدروليكي) در هر فاصله از چاه مركزي و در هر عمقي مقدار ثابتي دارد و برابر گراديان هيدروليكي سطح سفره آب مي باشد

$$i=dh/dr$$

در اين رابطه h ارتفاع سطح سفره آب در فاصله r از چاه اصلي است اين فرضيه كه به فرضيه دوپوئي شهرت دارد به جز در نقاط مجاور چاه مركزي در باقي نقاط دقت لازم را دارد

$$q=k\cdot(dh/dr)\cdot 2\pi rh \qquad k=[2,3qLog(R/r)]/\pi(H^2-h^2)$$

q دبي پمپاژ مي باشد

در فرمول اخير R شعاع تاثير چاه است بعد از شعاع تاثير ارتفاع آب ثابت مي ماند كه همان H مي باشد

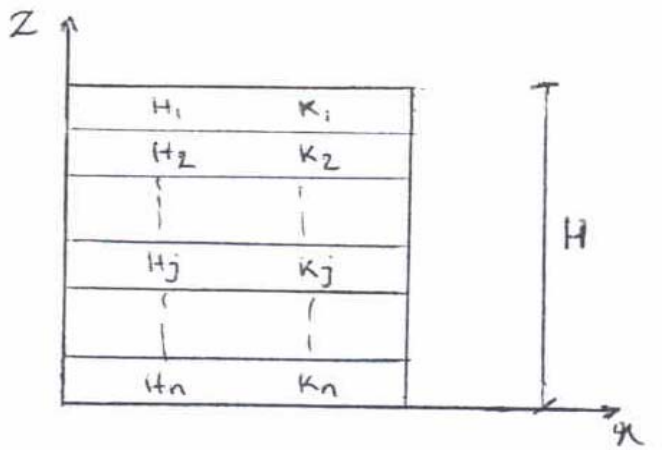
از فرمول فوق مي‌توان براي محاسبه ميزان آبدهي چاه نيز استفاده نمود

در مورد چاههاي آرتزين (تحت فشار) ارتفاع آب H ثابت است چون تنها يك لايه آبده وجود دارد

چاههاي آرتزين (تحت فشار)

هرگاه لايه‌أي بسيار نفوذپذير مايل زير يك لايه كم تراوا و يا نفوذناپذير قرار گرفته باشد ممكن است شرايط آرتزين (لايه تحت فشار) پيش آيد در اين لايه فشار آب تابع سطح آب زيرزمين بالاتر لايه نفوذپذير بالاتر كه در بالاي لايه ناتراوا قرار گرفته است نمي‌باشد

محاسبه K_x و k_z براي خاكهاي داراي لايه هاي مختلف



محاسبه K_x

$$Q=Q_1+Q_2+\ldots+Q_j+\ldots+Q_n$$

در صورت جريان در جهت افقي فرمول فوق را خواهيم داشت مطابق فرضيه دوپوئي اختلاف فشار در دو سه لايه‌هاي مختلف يكسان فرض مي‌گردد

$$Q=k_xiH=k_1iH_1+k_2iH_2+\ldots+k_niH_n$$

$$K_x=\Sigma k_iH_i/H$$

محاسبه k_z

از معادله تعادل زير استفاده مي كنيم

$$Q=Q_1=Q_2=\ldots=Q_n$$

$$K_z i=k_1 i_1=k_2 i_2=\ldots=k_n i_n$$

اما اختلاف فشار (پيزمتريك) كل برابر مجموع اختلاف فشارها در هر لايه مي باشد

$$iH=i_1H_1+i_2H_2+\ldots+i_nH_n$$

$$iH/k_z i=i_1H_1/k_1 i_1+i_2H_2/k_2 i_2+\ldots+i_nH_n/k_n i_n$$

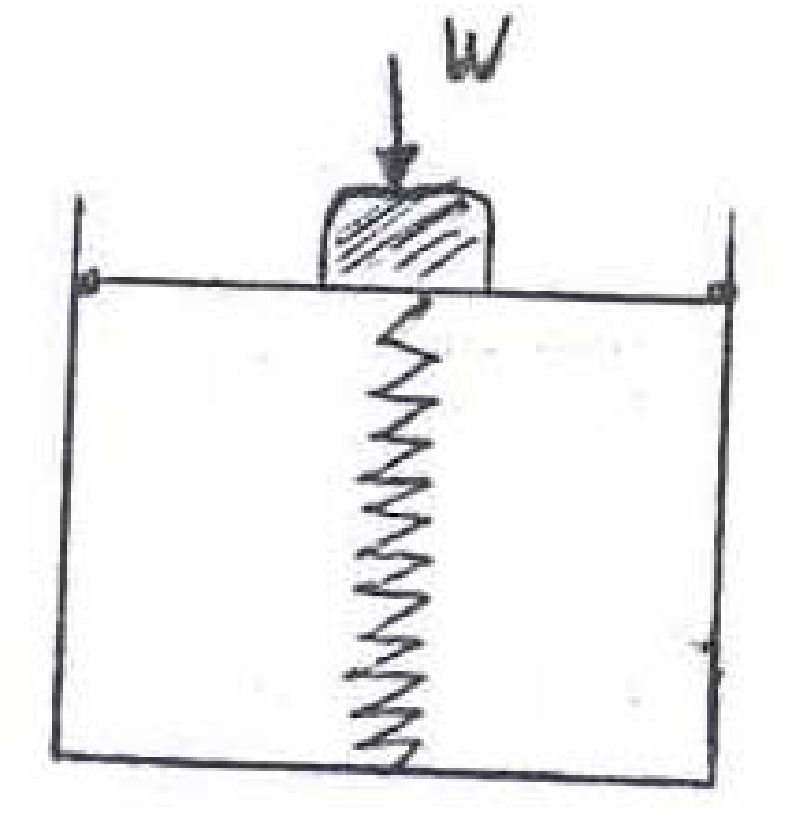
$$K_z=H/\Sigma H_i/k_i$$

ولي بطور كلي چون ما داراي يك لايه با خواص نفوذپذيري بيشتر و يك لايه با نفوذپذيري كمتر مي باشيم

مي توانيم از دو فرمول زير جهت محاسبه ضريب تراوائي افقي و يا قائم استفاده نمائيم

$$K_x = k_i . H_i / H \qquad K_z = k_i . H / H_i$$

اصل تنش مؤثر

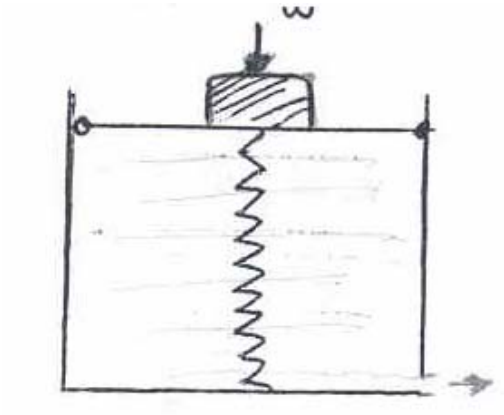


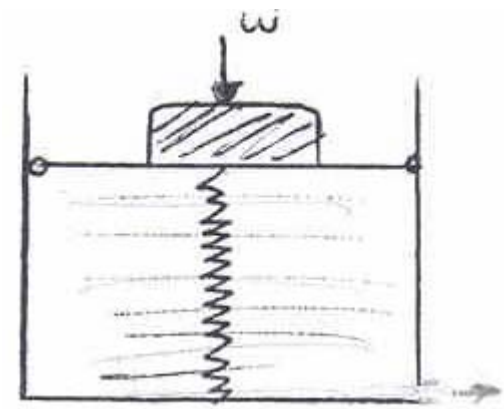
$$\sigma=\sigma'+u$$

نیروی وارده توسط وزنه توسط فنر و آب به طور همزمان پذیرفته مي شود

$$W=f+u$$

اصل تنش مؤثر





آب به تدريج خارج شده و فشار وارده بر آب كم شده و به فنر منتقل مي شود

$W=f\uparrow+u\downarrow$

تحكيم خاك تحت اثر بار وارده بر اثر يك ساختمان دقيقا"به همين گونه مي باشد

در ابتدا بار وارده در خاك توسط بخش جامد و يا مايع هر دو پذيرفته مي شود و پس از تحكيم بار وارده به اسكلت جامد منتقل شده و آب از لابه لاي دانه‌هاي جامد خارج مي‌گردد

بايد درنظر داشت كه افت آب زيرزميني هميشه عامل افزايش تنش موثر مي باشد

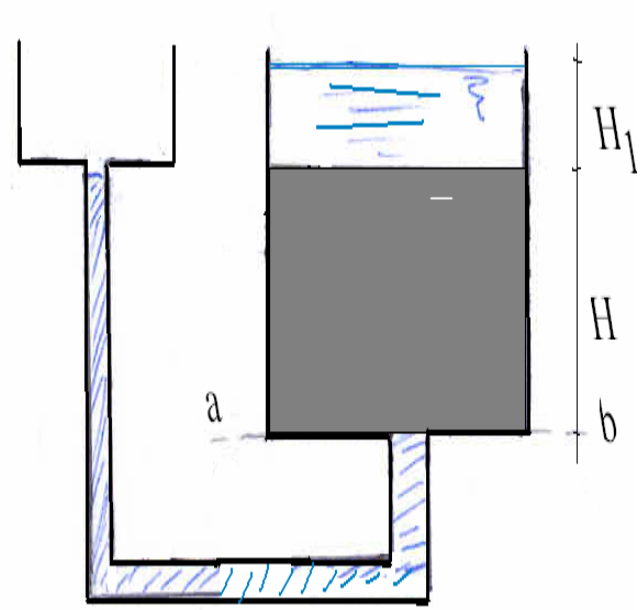
مثال : يك لايه ماسه به ضخامت ٥ متر بر روي يك لايه به ضخامت ٦ متر قرار دارد و سفره آب بر سطح آزاد خاك منطبق است نفوذپذيري رس بسيار كم است. وزن مخصوص ماسه و رس اشباع به ترتيب ١٩ و ٢٠كيلو نيوتن بر متر مكعب است يك لايه خاكريز به ضخامت ٤ متر و به وزن مخصوص ٢٠كيلونيوتن بر متر مكعب به وسعت زيادي بر روي سطح خاك قرار داده شده است. مطلوب است تعيين تنش موثر قائم در مركز لايه رس در حالت زير:

الف – بلافاصله پس از ايجاد خاكريز (در صورتي كه خاكريز بسيار سريع اجرا شده باشد)

ب – مدت مديدي پس از اجرا

مثال:

نمونه خاك به ارتفاع H در نظر داريم كه در زير ارتفاع H1 آب قرار دارد فشار را در سطح ab محاسبه مي كنيم:



فشار كل $\sigma = H_1\gamma_w + H\gamma_{sat}$

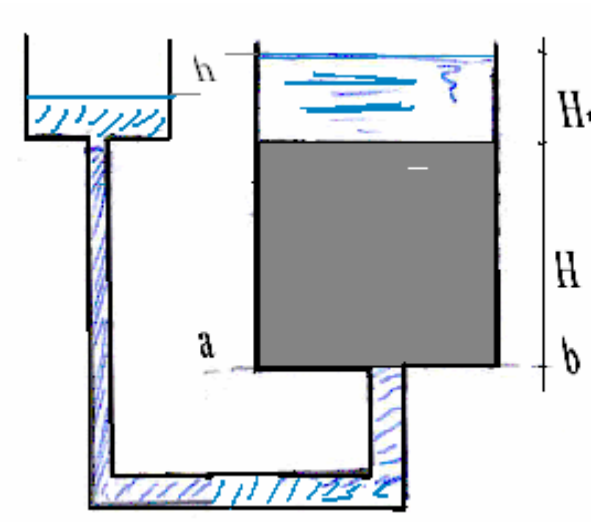
فشار حفره اي $u = (H + H_1)\gamma_w$

$$\sigma' = \sigma - u = H\gamma_{sat} - H\gamma_w = H\gamma'$$

γ' را وزن مخصوص شناوري مي نامند

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

در مثال فوق آب جريان نداشته است ولي در صورتيكه آب داراي جريان باشد به عبارت ديگر آب در خاك تراوش نمايد معادله زير را خواهيم داشت:



$$U = (H + H_1 - h)\gamma_w$$

فشار تراوش نام دارد $\mathbf{h\gamma_w}$

اگر تراوش در میان نباشد فشار موثر از فرمول $\sigma' = \gamma' z$

و اگر تراوش وجود داشته باشد از فرمول $\sigma' = \gamma' z + i z \gamma_w$

$(i = \frac{h}{H})$

محاسبه مي گردد

البته بايد در نظر داشت كه جهت تراوش نيز داراي اهميت مي‌باشد

علامت عبارت $iz\gamma_w$
مثبت است اگر ارتفاع h پائين‌تر از ارتفاع H باشد

و در صورتي كه بالاتر باشد علامت اين عبارت منفي خواهد بود
در اين حالت امكان صفر شدن فشار موثر وجود دارد

$$\sigma' = 0 = z\gamma' - iz\gamma_w \Rightarrow i = \frac{\gamma'}{\gamma_w}$$

اين گراديان هيدروليكي را گراديان هيدروليكي بحراني مي‌نامند

زهكشي

توضيح داديم كه در اثر افزايش تنش در سطح خاك عمل تحكيم رخ مي‌دهد و يا به عبارت ديگر آب از خاك خارج مي‌گردد اين عمل يعني خروج آب از خاك را مي توان با روشهاي مختلف براي خاكهاي مختلف انجام داد كه به آن زهكشي اطلاق مي‌گردد

زهكشي به طور كلي به مفهوم آبكشي مي‌باشد و هدف از آن بيرون راندن آب از خاك است كه اين موضوع مي‌تواند يا در اثر افزايش بار وارده بر خاك صورت پذيرد و يا بر اثر افت سطح ايستايي

در خاك‌هاي دانه درشت مانند شن و ماسه تخليه آب با جايگزيني هوا همراه مي‌باشد ولي در خاكهاي ريز دانه اين تخليه با كاهش حجم خاك مترادف بوده به عبارت ديگر خاك نشست مي‌نمايد

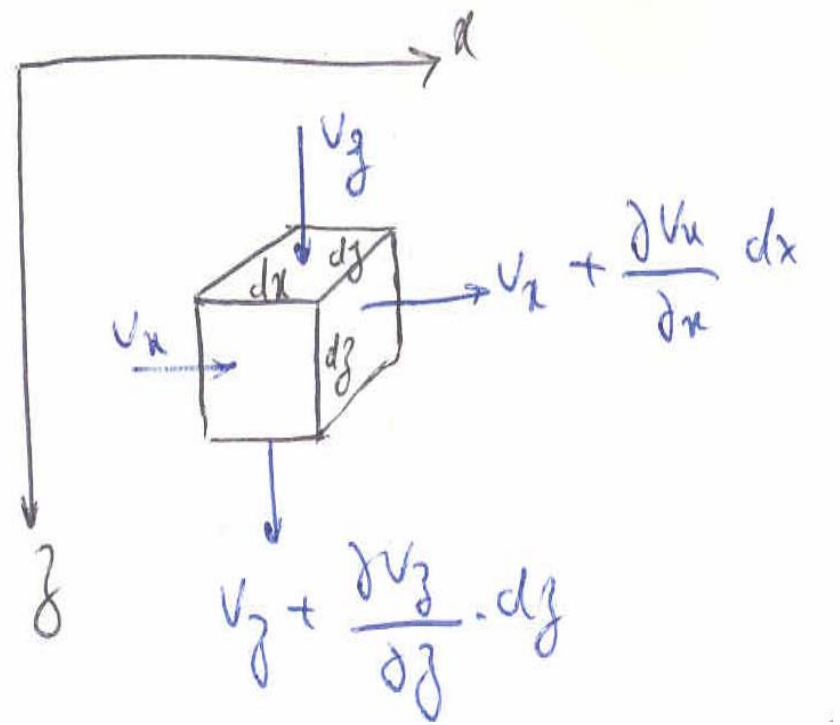
يخبندان در خاك

معمولا" عمل يخ زدن آب در خاك در بخش آب نفوذي كه در اثر خاصيت لوله‌هاي موئين در خاك تشكيل مي‌گردد، صورت مي پذيرد

فواصل و حفره‌هاي موجود فيمابين دانه‌هاي خاك تشكيل لوله‌هايي را مي‌دهدكه آب با توجه به خواص لوله‌هاي موئين از آنها به سمت بالاي سفره آب زيرزميني نفوذ مي‌نمايد همانطور كه در تئوري لوله‌هاي موئين آشنائي داريم ارتفاع نفوذ ارتباط معكوس با شعاع لوله دارد به عبارت ديگر هر چه شعاع لوله موئين كمتر باشد ارتفاع نفوذ افزايش خواهد يافت

بررسي جريان آب زيرزميني
(شناخت شبكه هاي جريان)

جريان‌هاي يك بعدي را بررسي كرديم و ديديم كه در اين گونه جريان‌ها تارهاي مايع خطي و موازي مي باشند ولي در عمل اين گونه نيست و ما شاهد جريانها دو بعدي و سه بعدي مي باشيم. اين مسئله ما را به تعميم دادن قانون دارسي ناچار مي سازد



در صورتي كه ما خاك را از نظر تراوائي هموژن فرض نمائيم (در هر جهت) جزء كوچكي از خاك اشباع شده به ابعاد dxوdyوdz در جهت محورهاي x;y;z مي باشد با فرض اينكه مولفه هاي سرعت جريان آب v_x و v_y و v_z مقدار تغيير اين سرعتها $\partial v_x/\partial x$ و $\partial v_z/\partial z$ باشند و حجم آبي كه در واحد زمان وارد اين جزء مي شوند

(فرض كلي بر اين است كه جريان آب تنها در صفحه xz صورت مي گيرد)

دبي ورودي $= V_x dzdy + v_z dxdy$

$$\text{دبي خروجي} = (V_x + \frac{\partial V_x}{\partial x} dx)dzdy + (V_z + \frac{\partial V_z}{\partial z} dz)dxdy$$

اما با فرض اشباع بدون خاك و اينكه آب غيرقابل تراكم مي باشد تفاوت بين حجم آب وارده شده (دبي ورودي) و حجم آب خارج شده (دبي خروجي) بايد صفر باشد يعني اينكه :

صفر = دبی ورودی – دبی خروجی

معادله پیوستگی

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0$$

اگر جزء حجم، تغییر حجم دهد رابطه قبلی به صورت زیر در مي آید:

$$\left(\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_z}{\partial z}\right) dV = \frac{dV}{dt}$$

که در آن dv⁄dt همان میزان تغییر حجم جزء خاك در واحد زمان است

حال اگر فرض نمائيم كه تابعي به صورت Ø (x , z) كه با آن تابع پتانسيل مي گوئيم موجود باشد

به صورتيكه :

$$\frac{\partial \phi}{\partial x} = V_x = -k_x \frac{\partial h}{\partial x}$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial z} = V_z = -k_z \frac{\partial h}{\partial z}$$

در صورتیکه در معادله $\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0$

پیوستگي مقادیرVx , Vz را از معادلات فوق جاي گذاري نمائیم معادله زیر که به معادله لاپلاس مشهور است حاصل مي گردد:

(در صورتیکه $K_x = K_z$ فرض گردد)

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0$$

انتگرال‌گيري از رابطه فوق ما را به نتيجه زير مي رساند :

$$\phi(x,z) = -kh(x,z) + c$$

كه C مقدار ثابت انتگرال گيري مي باشد

پس اگر تابع $\phi(x,z)$ مقدرا ثابتي مثلا" برابر $\emptyset_1$ داشته باشد نتيجه مي‌شود كه $\emptyset$ معرف منحني است كه در آن مقدار h_1 ثابت است. لذا اگر به تابع مقادير ثابتي مانند $\emptyset_1$ و$\emptyset_2$ و ... داده مي شود منحني‌هائي كه در هر يك پتانسيل ثابت است، بدست مي آيد به منحني هائي كه بدين گونه بدست مي آيند منحنی های هم پتانسيل گفته مي شوند.

حال اگر تابع دومي به صورت $\varphi(x,z)$ که تابع جریان نام دارد در نظر بگیریم خواهیم داشت :

$$-\frac{\partial \varphi}{\partial x} = V_z = -k\frac{\partial h}{\partial z}$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial z} = V_x = -k\frac{\partial h}{\partial x}$$

دیفرانسیل کامل تابع $\varphi(x,z)$ به صورت زیر نوشته مي شود :

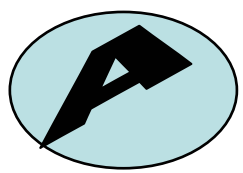
$$d\varphi = \frac{\partial \varphi}{\partial x} dx + \frac{\partial \varphi}{\partial z} dz$$

از روابط قبلي حاصل مي شود :

$$d\varphi = -V_z dx + V_x dz$$

حال اگر تابع φ مقدار ثابت φ_1 را اختیار کند لزوماً $d\varphi=0$ خواهد شد وخواهیم داشت:

$$\left(\frac{dz}{dx} = \frac{V_z}{V_x}\right)$$



لذا مماس در هر نقطه بر منحني $\varphi(x,y)=\varphi_1$
مشخص كننده سرعت جريان در آن نقطه است اين منحني را منحني جريان مي ناميم اگر به تابع $\varphi(x,z)$ مقادير ثابت ديگري مانند φ_1,φ_2 و ... داده شود. گروه منحني ديگري حاصل مي شود كه هر يك از اجزاء تشكيل دهنده آن معرف يك خط جريان مي باشد اين منحني ها را <u>خطوط جريان</u> مي ناميم

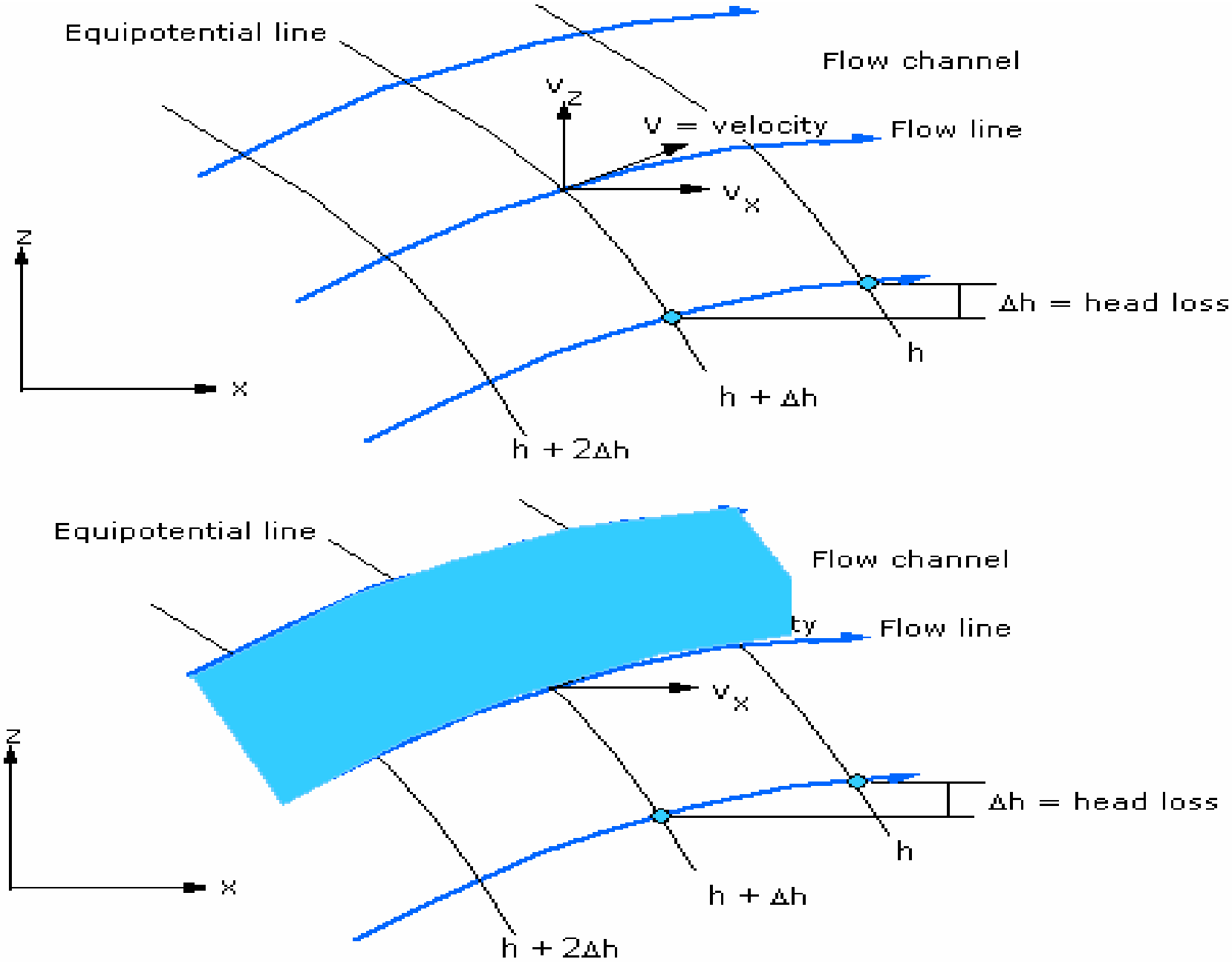
<u>مقدار جريان در محدوده دو خط جريان ثابت است</u>

در صورتيكه تابع $\phi(x,z)$ نيز مقدار ثابت ϕ_1 را اختيار نمايد لزوما" $d\phi=0$ خواهد شد و خواهيم داشت:

$$\left(\frac{dz}{dx}=-\frac{V_x}{V_z}\right)$$

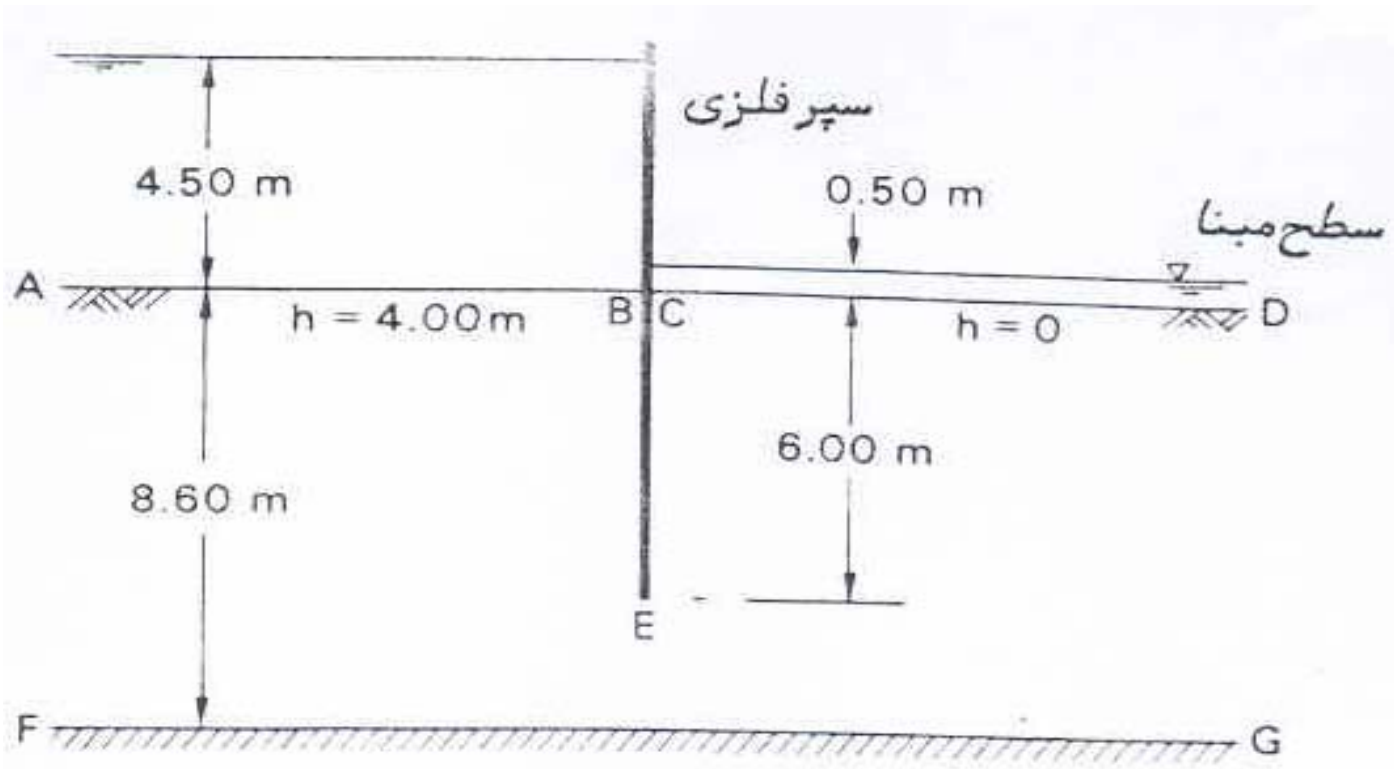
B

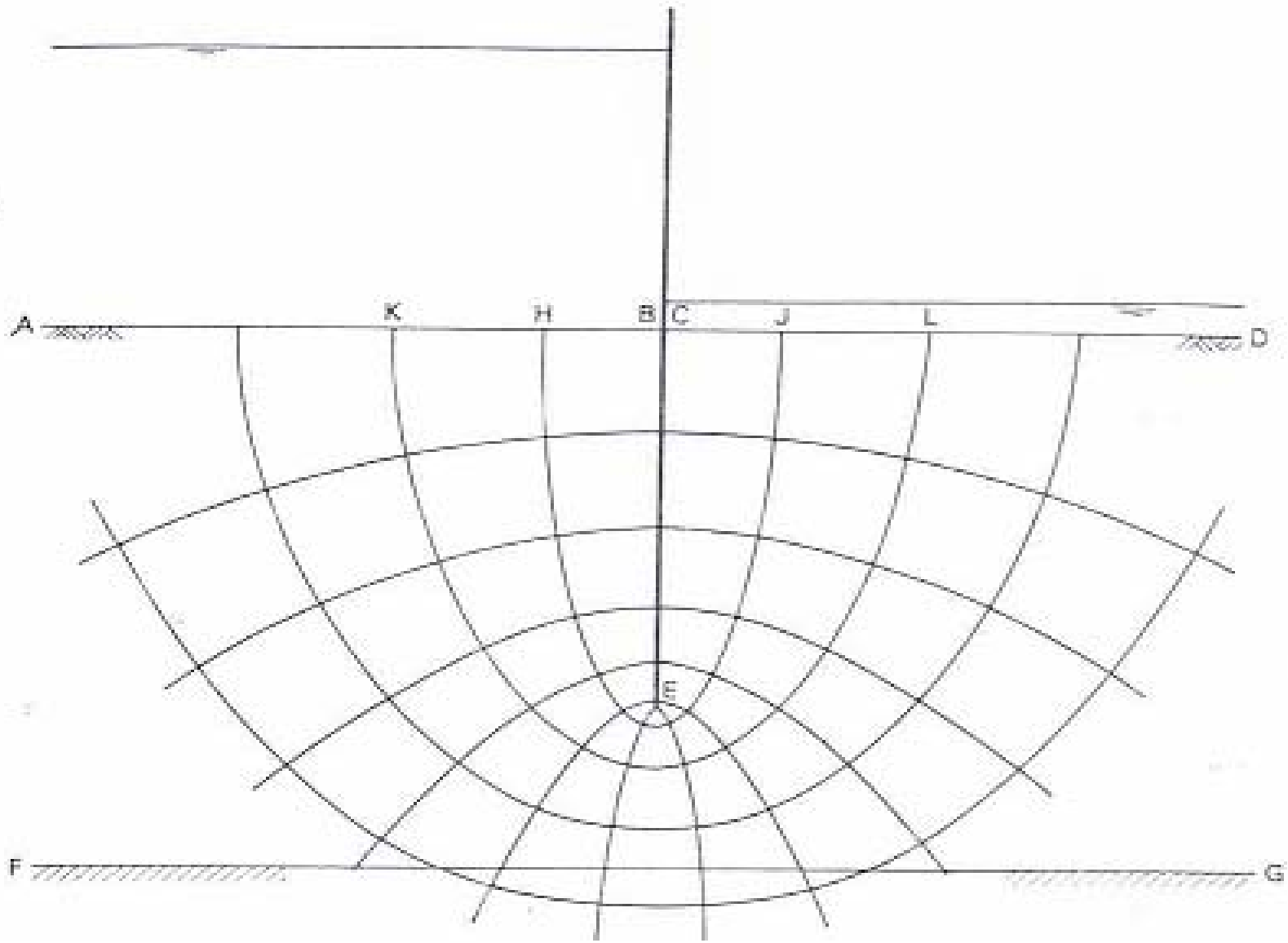
از مقايسه روابط A و B نتيجه مي شود كه خطوط جريان بر خطوط پتانسيل عمودند

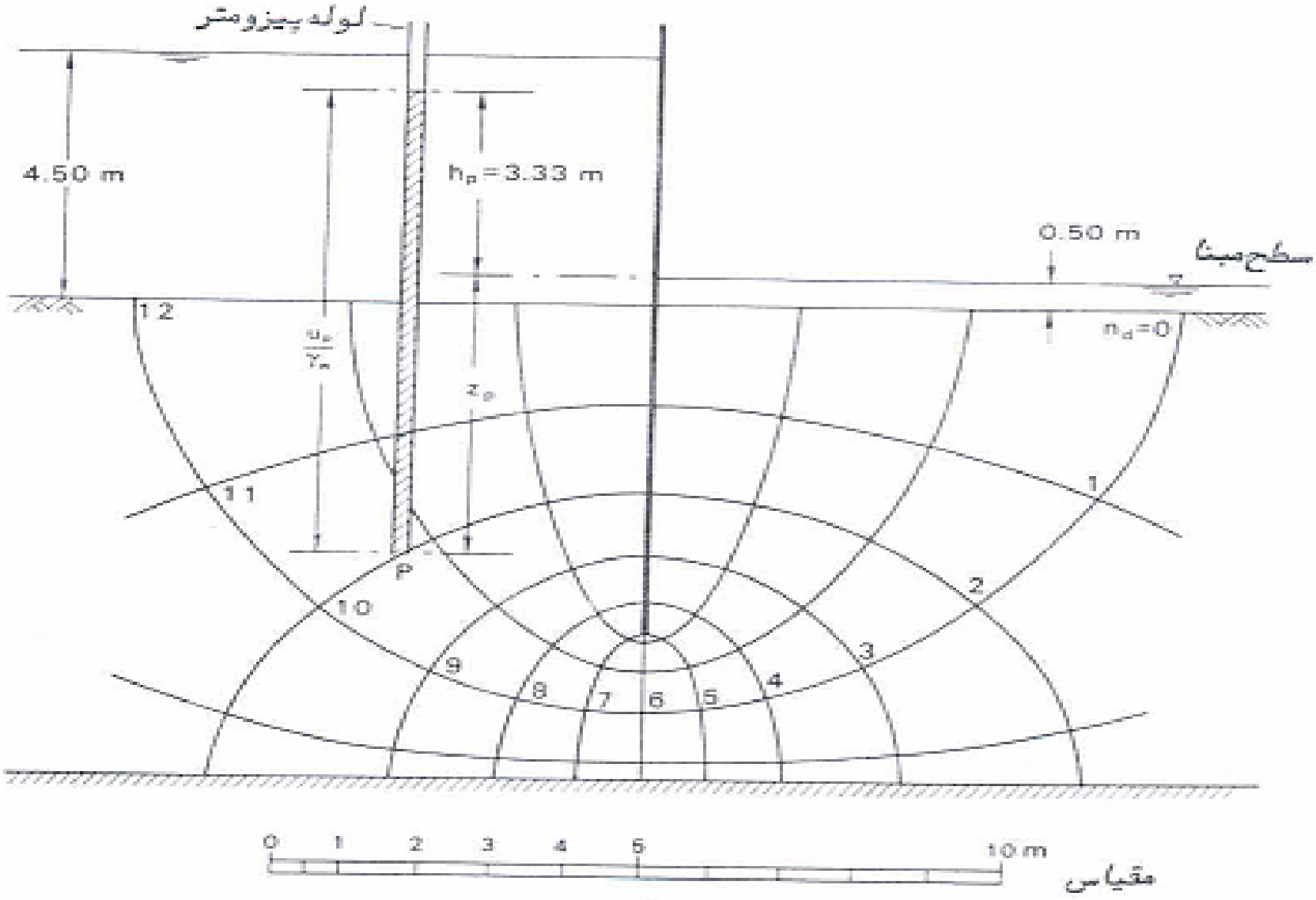

Equipotential line
Flow channel
v_z
V = velocity
Flow line
v_x
z
x
Δh = head loss
h
h + Δh
h + 2Δh
Equipotential line
Flow channel
ty
Flow line
v_x
z
x
Δh = head loss
h
h + Δh
h + 2Δh

شبکه جریان

براي حل يك مسئله عملی تراوش با توجه به اينكه خطوط جريان و پتانسيل بر يكديگر عمود مي باشند و با توجه به شرايط حدي به تعيين و ترسيم اين خطوط مي پردازيم




A
K
H
B
C
J
L
D
E
F
G


لوله پیزومتر
4.50 m
h_p=3.33 m
0.50 m
سطح مبنا
n_d=0
z_p
P
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
0 1 2 3 4 5 10 m
مقیاس

به عنوان مثال به طوريكه در شكل ملاحظه مي نمائيم خطوط جريان و پتانسيل جهت يك سپر فلزي كه به صورت يك آب بند در خاك كوبيده شده است؛ اختلاف ارتفاع آب در دو طرف سپر h مي باشد

ابتدا مي بايد شرايط حدي را تعيين نمائيم چون كليه نقاط قرار گرفته بر خط AB داراي فشار ثابتي مي باشند اين خط يكي از خطوط پتانسيل مي باشد. CD نيز شرايط خط AB را دارد فلذا خط CD نيز يكي از خطوط پتانسيل است. جهت جريان آب از نقطه B به طرف پائين ودر طول نماي بالا دست سپر BE بايد باشد لذا خط BEC يكي از خطوط جريان مي باشد بر سطح بستر يا لايه ناتراوا نيز جهت جريان بطور طبيعي FG مي‌باشد لذا خط FG يكي ديگر از خطوط جريان است

در این روش ترسیم شبکه جریان شکل کلي آن با توجه به شرایط حدي (مانند مثال فوق) صورت مي پذیرد.

شرط اساسي که در ترسیم شبکه جریان باید رعایت شود آن است که تمام تقاطع هاي بین خطوط جریان و خطوط پتانسیل تحت زاویه قائمه باید باشند.

علاوه بر این اگر شبکه جریان طوري ترسیم شود که اختلاف دبي $\Delta\varphi$ بین دو خط جریان و اختلاف پتانسیل $\Delta\phi$ بین دو خط پتانسیل مقدار ثابتي داشته باشند مسئله ساده تر مي گردد براي تسهیل بیشتر بهتر است که رابطه $\Delta\varphi=\Delta\phi$ نیز برقرار باشد به عبارت دیگر حاصل تقاطع خطوط جریان و خطوط هم پتانسیل مربعهاي منحني الاضلاعي در شبکه جریان خواهند بود.

در این صورت جهت هر مربع منحني الاضلاع رابطه بعد برقرار است:

در صورتیکه براي كل شبكه ثابتهاي زير را فرض بگيريم:

h = اختلاف پتانسيل بين اولين و آخرين خط هم پتانسيل

N_p = تعداد افت‌هاي هم پتانسيل كه هر يك معرف افت ارتفاعي برابر با Δh است.

N_f = تعداد مسيرهاي جريان كه در آن يك جريان Δq مي گذرد

$$\Delta h = \frac{h}{N_p} \qquad q = N_f \Delta q$$

$$q = kh\frac{N_f}{N_p}$$

تعداد لوله های جریان

تعداد اُفتهای هم پتانسیل

این فرمول در شرايطي قابل استفاده مي باشد كه شبكه جريان از مربع هاي منحني الاضلاع تشكيل شود در غير اينصورت فرمول به صورت زير تصحيح مي گردد:

$$q = kh\frac{N_f}{N_p}\frac{a}{b}$$

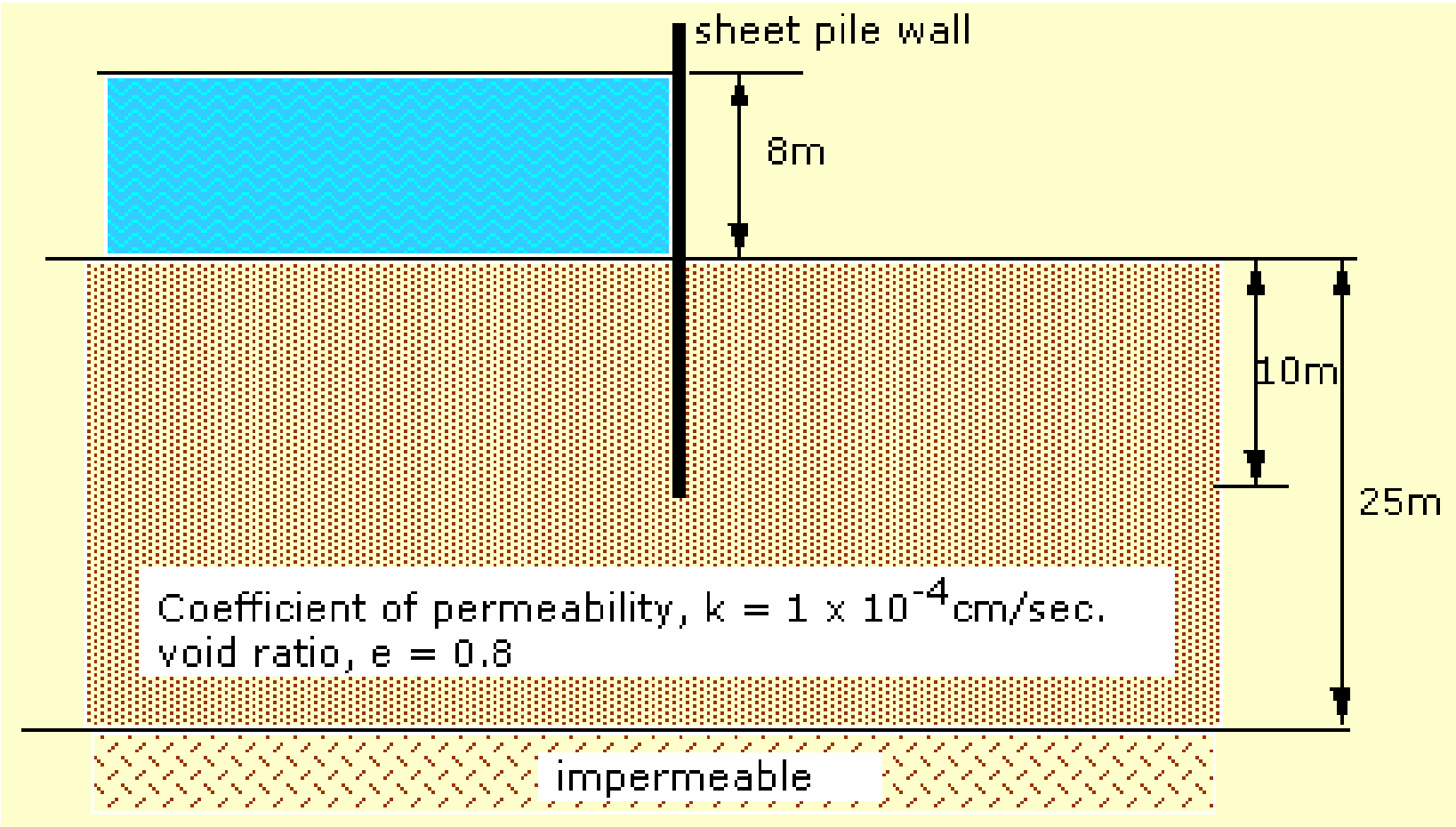
كه در آن نسبت $\frac{a}{b}$ همان نسبت اضلاع مستطيل‌هاي منحني الاضلاع می باشد. البته باید گفت که به طور کلي شكل قطعات واقع بين آخرين خط جريان و حد پائين مربع نيست ولي بايد نسبت طول به عرض اين قطعات بايد ثابت بماند

البته باید گفت که به طور کلي شکل قطعات واقع بین آخرین خط جریان و حد پائین مربع نیست ولي نسبت طول به عرض این قطعات باید ثابت بماند

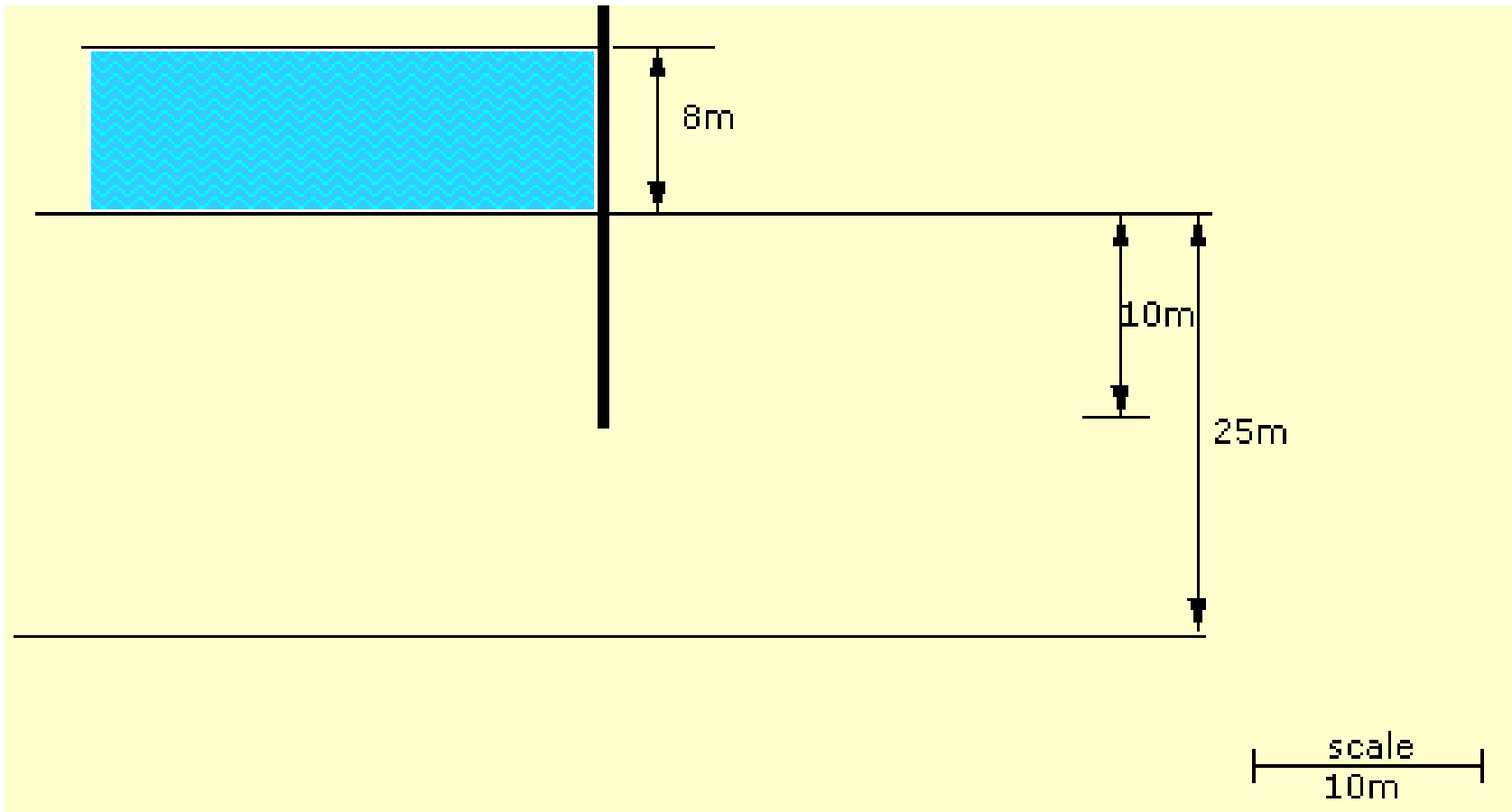
به عنوان مثال درشکل قبلی تعداد افت هاي هم پتانسیل ۹ مي باشد (Np=۹) و تعداد لوله جریان ٥ است (Nf=٥) لذا در صورتي که h=1000cm باشد خواهیم داشت(k=0,1cm/s)

$$q = 10^{-1}.1000.\frac{5}{9} = \frac{500}{9} = 55.5\, cm^3/\sec$$

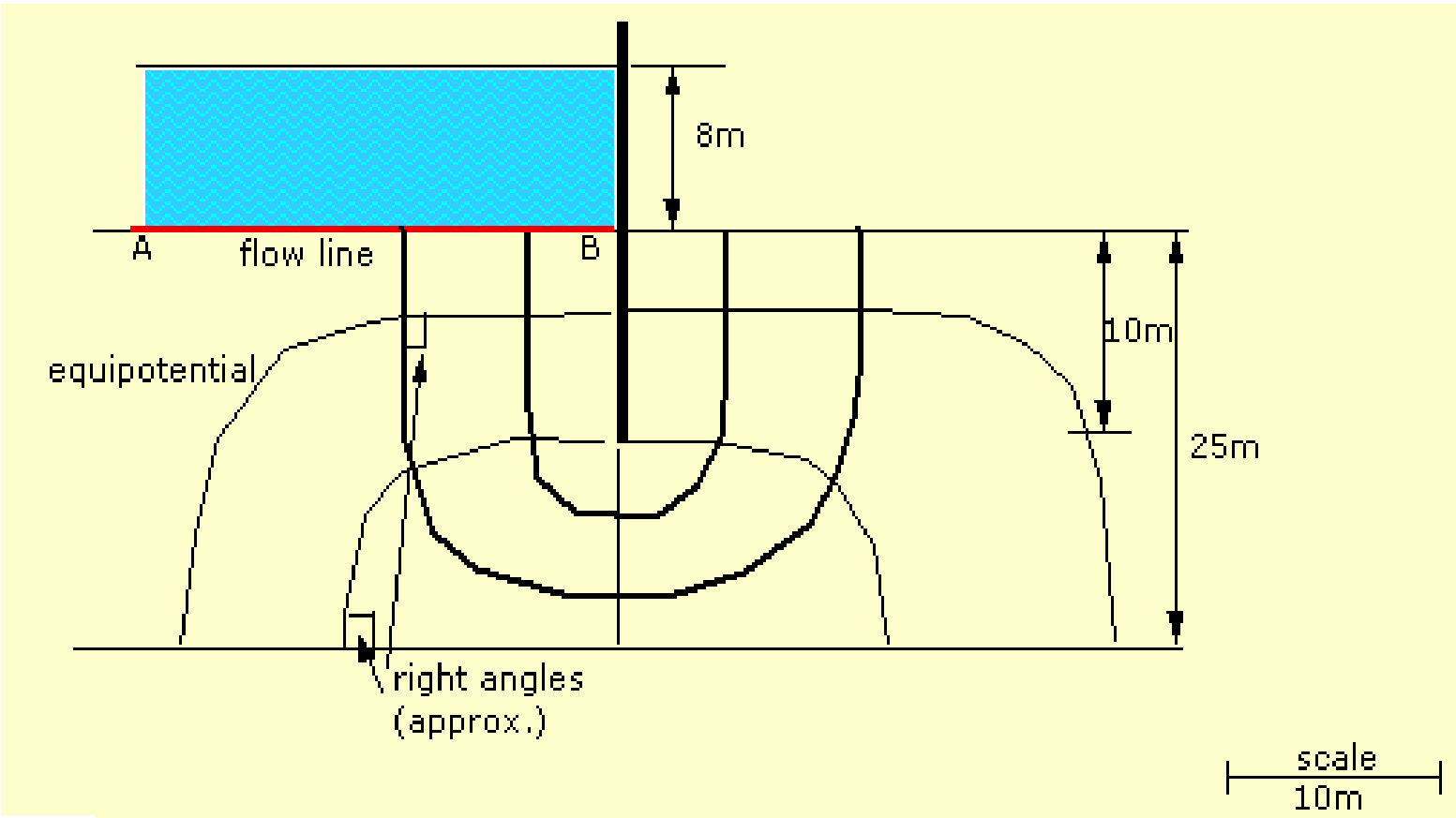
مثالی دیگر درحل یك مسئله عملی تراوش

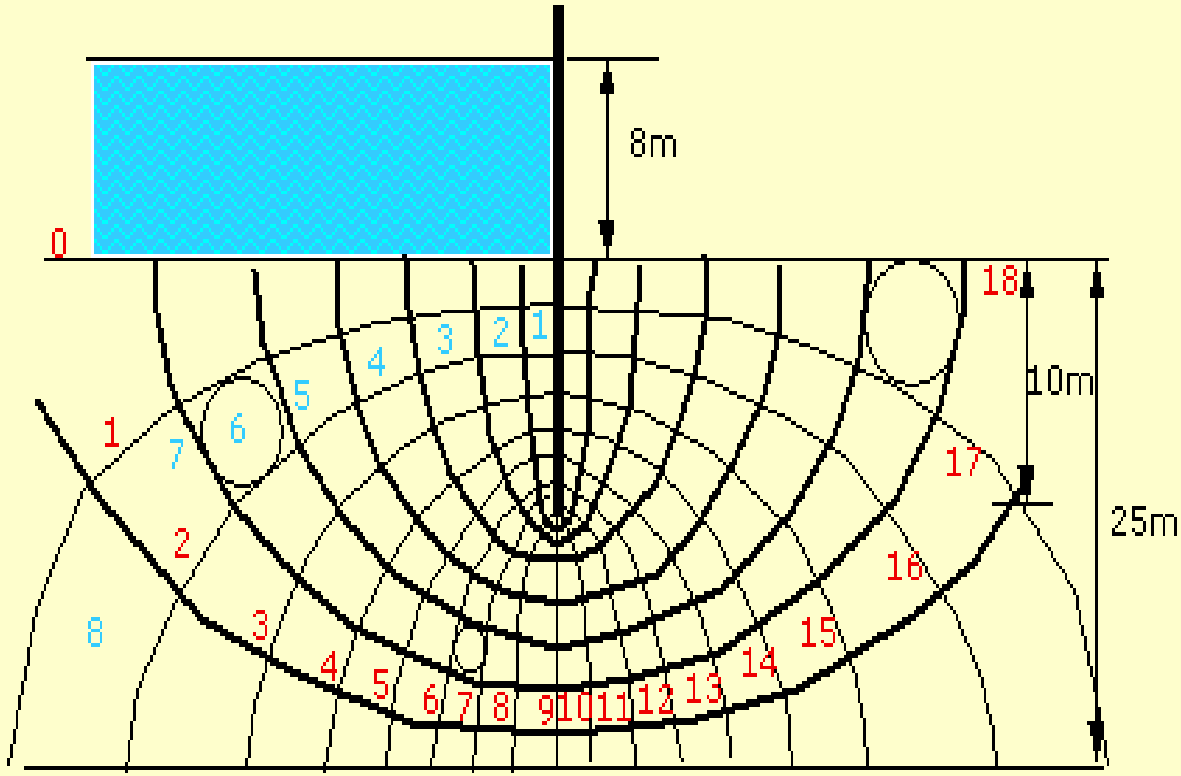


ترسیم در مقیاس معین



ترسیم شبکه جریان





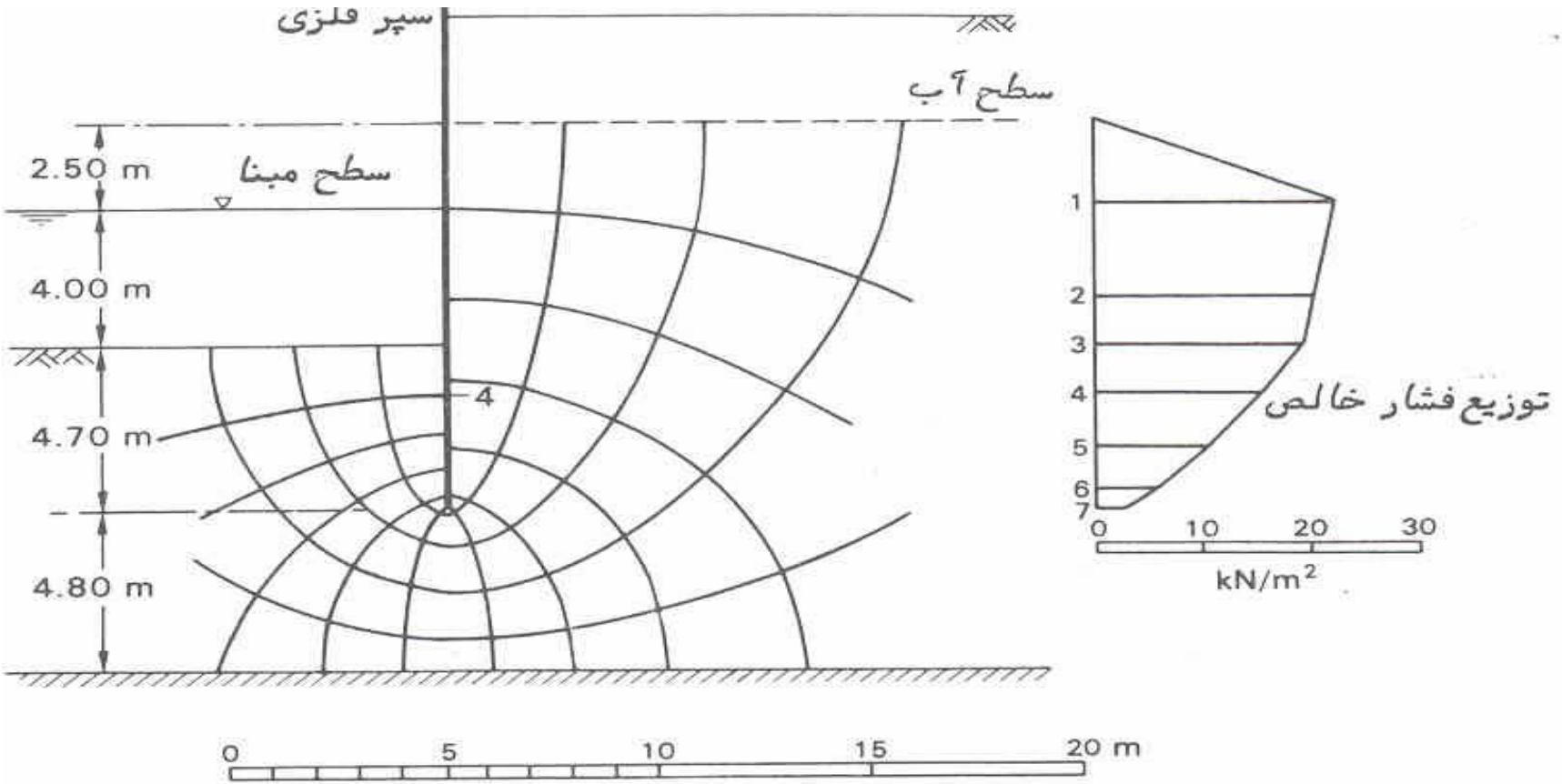
scale
10m

$N_f = 8$ $N_d = 18$

CALCULATION OF FLOW

The flow through the soil is $q = k\Delta H N_f/N_d = k\Delta h N_f = 1 \times 10^{-4} \times 4/9 \times 18 = 8 \times 10^{-4}$ cm/sec.

مثال: مقطع يك سپر در دهانه خليجي كه تحت تاثير جزر و مد است در شكل زير نشان داده شده است به هنگام جزر عمق آب مقابل ديوار چهارمتر است و آب در پشت ديوار ۲/۵ متر بالاتر از آب جزر است مطلوبست ترسيم منحني تغييرات فشار آب وارد بر ديوار

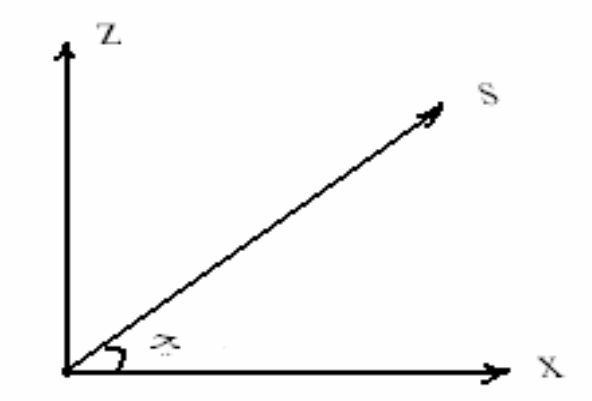


تراز	z (m)	h_b (m)	u_b/γ_w (m)	h_f (m)	u_f/γ_w (m)	$u_b - u_f$ (kN/m^2)
1	0	2·30	2·30	0	0	22·6
2	−2·70	2·10	4·80	0	2·70	20·6
3	−4·00	2·00	6·00	0	4·00	19·6
4	−5·50	1·83	7·33	0·21	5·71	15·9
5	−7·10	1·68	8·78	0·50	7·60	11·6
6	−8·30	1·51	9·81	0·84	9·14	6·6
7	−8·70	1·25	9·95	1·04	9·74	2·1

تراوش در يك خاك غير هموژن ($k_x \neq k_z$)

معمولا" ضريب تراوائي يا نفوذپذيري مقداري حداقل در جهت قائم (يعني k_z) دارد و همين ضريب در جهت افقي(k_x)معمولا" حداكثراست. در صورت مقايسه بين اين دو ضريب در يك خاك اگر بخواهيم k_s (يعني ضريب نفوذپذيري در جهت دلخواه s) را بدست آوريم داريم:

$$v_x = k_x i_x = k_x \frac{\partial h}{\partial x} \qquad v_z = k_z i_z = k_z \frac{\partial h}{\partial z}$$



در هر جهتي نظير s كه با امتداد x زاويه α بسازد ميزان ضريب نفوذپذيري با استفاده از رابطه زير تعريف مي شود:

$$v_s = k_s \frac{\partial h}{\partial s} \Rightarrow \frac{\partial h}{\partial s} = \frac{v_s}{k_s}$$

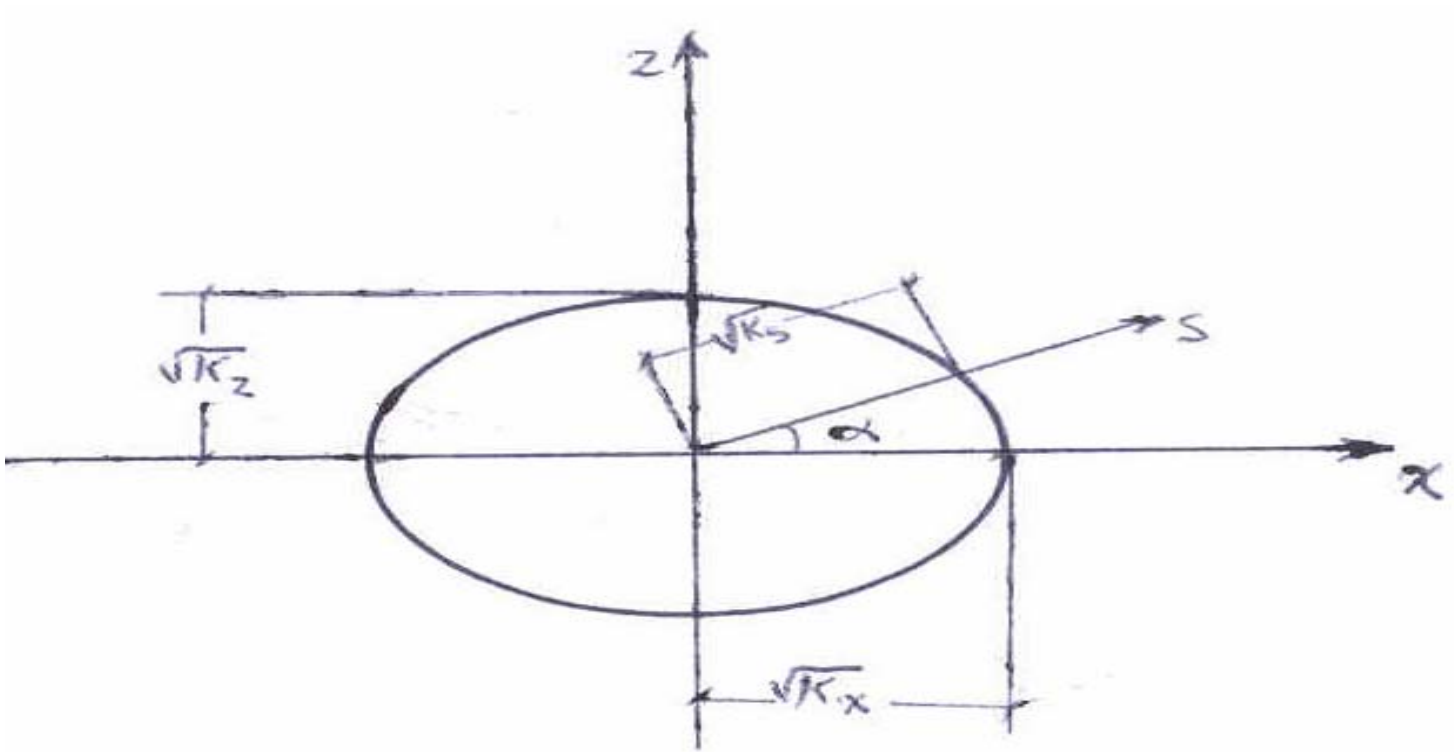
$$\frac{\partial h}{\partial s} = \frac{\partial h}{\partial x} \cdot \frac{\partial x}{\partial s} + \frac{\partial h}{\partial z} \cdot \frac{\partial z}{\partial s}$$

$$\begin{cases} x = S\cos\alpha \\ z = S\sin\alpha \end{cases} \qquad \begin{cases} v_x = v_s\cos\alpha \\ v_z = v_s\sin\alpha \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{\partial h}{\partial s} = \frac{v_s}{k_s} = \frac{v_x}{k_x}\cos\alpha + \frac{v_z}{k_z}\sin\alpha$$

$$\Rightarrow \frac{1}{k_s} = \frac{\cos^2\alpha}{k_x} + \frac{\sin^2\alpha}{k_z} \Rightarrow \frac{s^2}{k_s} = \frac{x^2}{k_x} + \frac{z^2}{k_z}$$

$$\left(1 = \frac{x^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} \right)$$ با مقايسه اين معادله با معادله بيضي ملاحظه مي شود كه معادله فوق معادله يك بيضي است پس از رسم بيضي مربوطه براي هر زاويه يك k_s متناظر خواهيم داشت.



در چنين حالتي كه $k_x \neq k_z$ مي باشد معادله لاپلاسين به صورت زير نوشته مي شود:

$$k_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + k_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

ويا:

$$\frac{\partial^2 h}{\left(\frac{k_z}{k_x}\right)\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

و در صورت جايگزيني

$$x' = \sqrt{\frac{k_z}{k_x}}.x$$

معادله پيوستگي به صورت زير در مي آيد:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

که معادله پيوستگي يك خاك غير هموژن در صفحه z و x´ مي باشد، در نتيجه رابطه فوق مشخص مي نمايد که جريان در يك محيط غير هموژن تبديل به جريان در يك محيط فرضي مي گردد که معادله لاپلاس براي آن صادق است

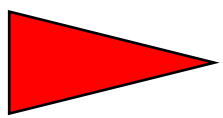
مقدار ضريب نفوذپذيري براي مقطع تبديل يافته را ضريب همساني هم ارز مي نامند و براي محاسبه آن خواهيم داشت:

$$v_x = k_x i_x = k i_{x'}$$

$$k_x \frac{\partial h}{\partial x} = k \frac{\partial h}{\partial x'}$$

$$\partial x' = \sqrt{\frac{k_z}{k_x}} \partial x$$

$$k_x = \frac{k}{\sqrt{\frac{k_z}{k_x}}}$$



$$k = \sqrt{k_x k_z}$$