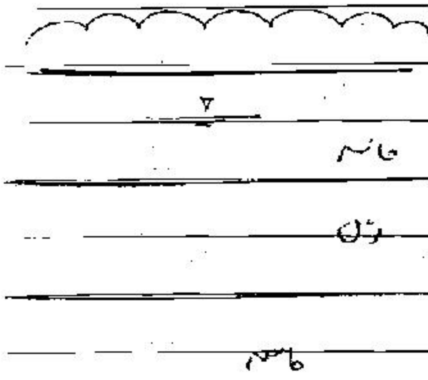
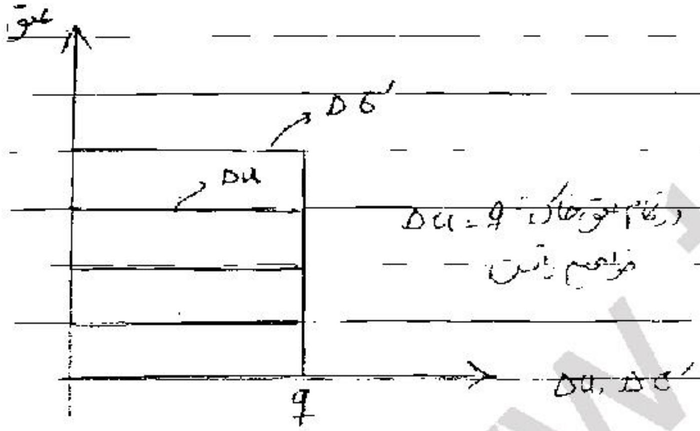
۳- چیزی که به عنوان تحکیم از آن یاد می‌کنیم سومی است. در خاک‌های ریزدانه چون نفوذپذیری کم است، تحکیم طی زمان و با کندی صورت می‌گیرد.



رس کاملاً اشباع است بین دو لایه ماسه
قرار دارد تحت بارگسترده یکنواخت q قرار می‌گیرد
در لحظه $t=0$

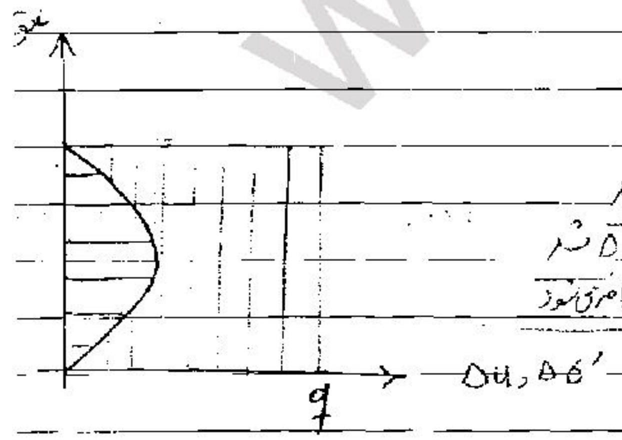
$\Delta u = q$
$\Delta\sigma' = 0$
$\Delta\sigma = q$



در تمام نقاط خاک $\Delta u = q$
خواهیم داشت

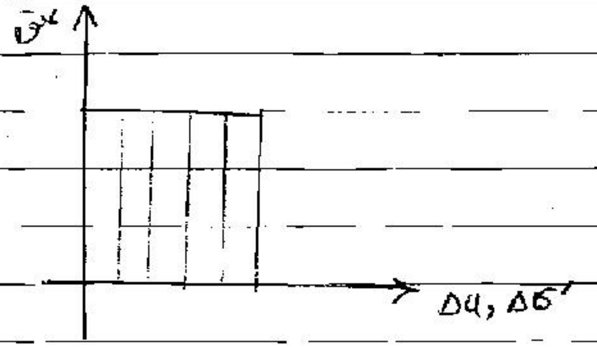
در لحظه $t = t_1$

$\Delta\sigma = q$
$\Delta u < q$
$\Delta\sigma' < q$
$\Delta u + \Delta\sigma' = q$



* بعد از زمان Δu کاهش می‌یابد
در مرزها $\Delta u = 0$ شد و $\Delta\sigma' = q$ شد
هر چه از Δu کم شود به $\Delta\sigma'$ اضافه می‌شود

* در نهایت کار : $t = \infty$



$\Delta u = 0$
$\Delta \sigma' = q$
$\Delta \sigma = q$

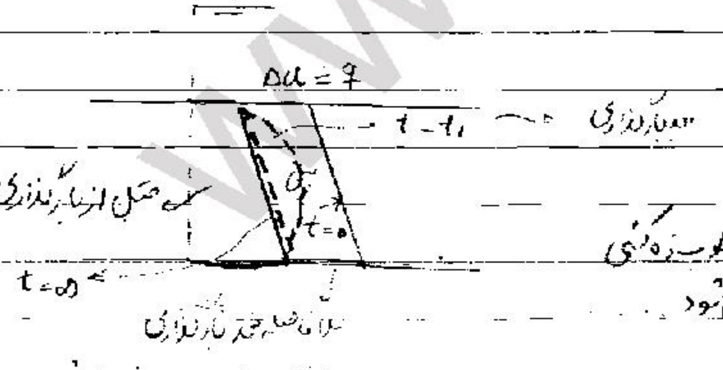
با اعمال بارگذاری یک فشار آب حفره‌ای اضافی در نمونه ایجاد می‌شود در طی زمان فشار آب حفره‌ای اضافی صفر می‌شود فشار آب هنوز می‌توان داشت.

به این روند تحکیم گفته می‌شود :

۲ نکته :

۱- در پایان عمل تحکیم فشار آب حفره‌ای داریم ولی فشار آب حفره‌ای اضافی صفر است

۲- پس از پایان تحکیم همه آب خارج نمی‌شود چون خاک اشباع است.


$\Delta u = q$
$t = t_1$ → حین بارگذاری
$t = 0$
$t = \infty$
بعد از بارگذاری
بلافاصله بعد از بارگذاری
فشار آب حفره‌ای اضافی بعد از

* در بالا و پایین چون ماسه داریم لایه خوب زهکشی می‌شود پس Δu سریعتر صفر می‌شود.

94

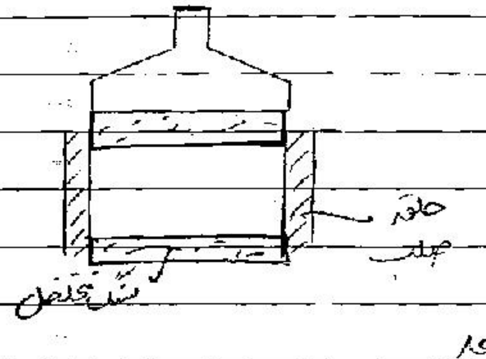
Year ۸٤ Month ۹ Date ۱۹

بنام خدا

ج ۲۰

آزمایش تحکیم : oedometer test اودومتر

در این آزمایش به رفتار خاک‌ها حین عمل تحکیم پی می‌بریم :



نمونه استوانه‌ای شکل داخل دستگاه قرار می‌گیرد بالا و پایین
نمونه دو سنگ متخلخل با منفذهای بسیار زیاد قرار می‌گیرد تا آبی
که حین عمل تحکیم خارج می‌شود را زهکشی کند
نمونه داخل یک حلقه صلب قرار می‌گیرد یعنی حین آزمایش
که فشار به نمونه اعمال می‌شود حلقه صلب هیچ تغییر شکلی نمی‌دهد

* حلقه صلب اجازه تغییر شکل افقی نمی‌دهد نمونه تحت اثر بارهای وارده و خروج آب فقط در جهت قائم تغییر شکل می‌دهد

① تحکیم یک بعدی داریم « اثرات حلقه صلب »

② * از طرفی به خاطر این عدم تغییر شکل نسبتهای تنش های مؤثر افقی و قائم از رابطه تبعیت می‌کند

$$\boxed{K_0 = \frac{\sigma'_h}{\sigma'_v}}$$

③ * از طرفی بلافاصله بعد از بارگذاری بار خاک در ابتدا به آب حفره‌ای منتقل می‌شود و باعث افزایش آن می‌شود

$$\Delta u = \Delta q$$

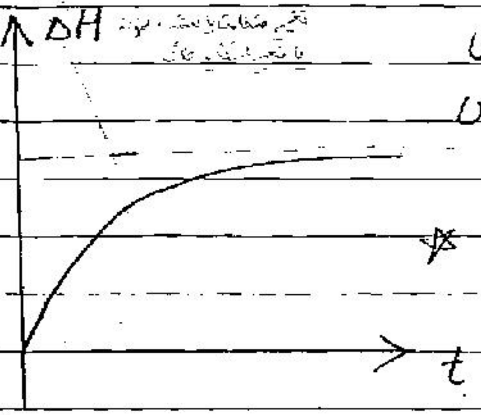
ابعاد نمونه قطر ۲٫۵ اینچ
ارتفاع ۱ اینچ

برخلاف آزمایش ۳ محوری که ارتفاع از قطر بیشتر بود در اینجا قطر نمونه بیشتر است

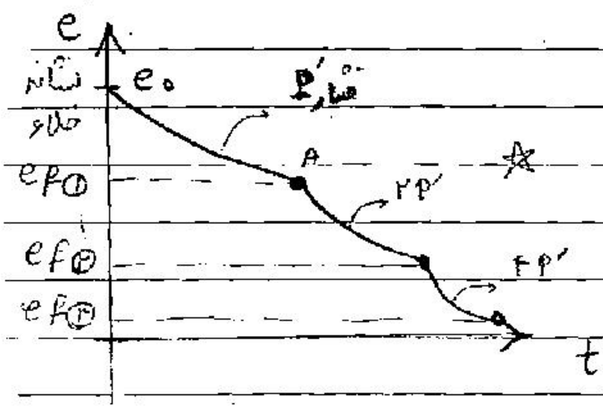
نمونه را داخل دستگاه قرار می‌دهند معمولاً به مدت ۲۴ ساعت تحت بارگذاری قرار می‌دهیم صبر می‌کنیم تا تحت بارگذاری تحکیم حاصل شود

* از کجا بفهمیم ؟ ضخامت نمونه را اندازه می‌گیریم وقتی تغییر مکان‌ها ثابت شدند یعنی تحکیم حاصل شده است
باید تغییر مکان صفر شود تا تحکیم حاصل شود

Subject:
Year. Month. Date.



بار P را اعمال می کنیم بلافاصله فشار P به فشار آب حفره ای تبدیل می شود در طی زمان فشار آب حفره ای کم می شود و بار P به تنش موثر تبدیل می شود و تحکیم حاصل می شود



حین تحکیم در اثر تراکم e کاهش می یابد تا به حد ثابتی برسد در نقطه A دیگر فشار آب حفره ای نداریم تنش موثر داریم

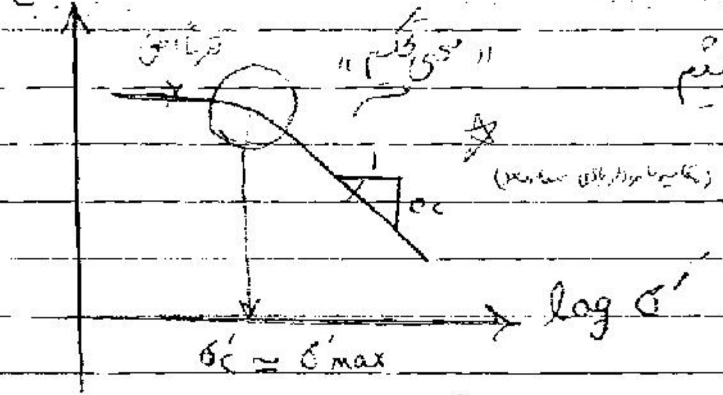
بار را دو برابر می کنیم بعد از این که تحکیم تحت بار P انجام شد دوباره صبر می کنیم تا تحت 2P تراکم انجام شود یک ef خواهیم داشت دوباره دو برابر می کنیم ef③ خواهیم داشت
در پایان هر مرحله فشار به تنش موثر تبدیل می شود
نتایج را به صورت یک جدول بیان می کنیم

$0 = \sigma'$	e_0
P'	e_f①
2P'	e_f②
4P'	e_f③
8P'	e_f④

اعداد این جدول به صورت عدد e در پایان تحکیم در هر یک از مراحل بارگذاری مشخص می شود

این اعداد شرایط حین تحکیم را نشان نمی دهند اعدادی هستند که در پایان تحکیم هر مرحله ثبت شدند.

رسم تغییرات لگاریتمی منحنی این دو را می کشیم



$\sigma'_c \simeq \sigma'_{max}$

[illegible]

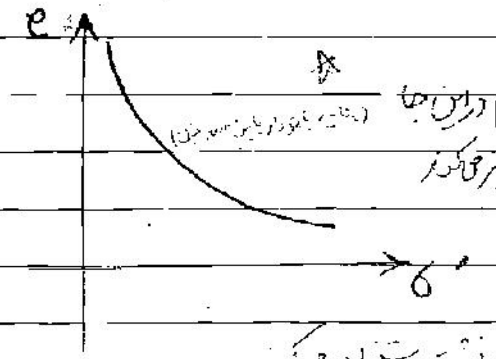
* علت عوض شدن شیب منحنی 8

تا قبل از این نقطه شیب هم کم است یعنی با افزایش تنش موثر نمونه کم تراکم می شود
اما از این نقطه به بعد با افزایش تنش موثر نمونه بیشتر تحکیم می یابد :
این حول و حوش تنشی را به ما می دهد که به آن تنش پیش تحکیمی می گویند

- اگر تنش های کمتر از این σ' اعمال کنیم تغییر در مقدار تحکیم کمتر است
- اما در تنش های بیشتر مقدار تحکیم بیشتر خواهد بود

این تغییر شیب ناشی از فشار پیش تحکیمی است

در سیستم لگاریتمی $e - \log \sigma'$ یک خط مستقیم خواهیم داشت اما اگر $e - \sigma'$ رسم کنیم منحنی هیچگاه یک خط مستقیم نخواهد داشت انحنا خواهد داشت



شیب منحنی در این جا به پیوسته تغییر می کند
در محورهای نیمه لگاریتمی فقط ۲ شیب داریم
از این شیب ها برای تعیین نشست استفاده می کنیم

وقتی Δσ اعمال می کنیم خاک را فقط فشرده می کنیم فرجی خواهد جمع شود هیچ عکس العمل دیگری از خاک انتظار نیست
آب باید بیرون می رود مثلا آب حفره ای زیاد می شود
Δσ که اعمال می شود بستگی به رفتار خاک دارد یعنی خاک های خواهند منقبض شوند مثلا آب حفره ای کم می شود
یعنی خاک به ترشحی می افتد دفاع رفتار خاک همین وقتی است که u تغییر می کند

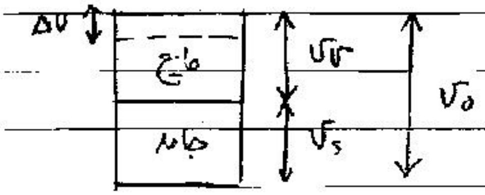
* ضریب تغییر حجم (mv) 8

- میزان تغییر حجم واحد حجم به ازای تنش موثر واحد :

$$m_v = \frac{\frac{\Delta V}{V_0}}{\Delta \sigma'}$$

تنش موثر

چون Δσ' را داریم سعی می کنیم $\frac{\Delta V}{V_0}$ را برحسب e بنویسیم



ΔV : کاهش حجم ناشی از کاهش حجم فرج است.

اندیس صفر برای مشخصات خاک قبل از شروع تحکیم
〃 یک 〃 〃 〃 در پایان تحکیم

$$* \quad e_0 = \frac{V_v}{V_s} \qquad * \; e_1 = \frac{V_v - \Delta V}{V_s}$$

نسبت خلل و فرج در خاتمه تحکیم

$$* \quad e_0 - e_1 = \frac{V_v - V_v + \Delta V}{V_s} = \frac{\Delta V}{V_s} = \Delta e \qquad ①$$

$$* \quad 1 + e_0 = \frac{V_v}{V_s} + \frac{V_s}{V_s} = \frac{V_0}{V_s} \rightarrow V_s = \frac{V_0}{1+e_0} \qquad ②$$

$$\xRightarrow{②,①} \quad \boxed{\Delta e = \frac{\Delta V}{V_0}(1+e_0)}$$

تغییر ضخامت یا نشست توده یا تغییر ارتفاع خاک

$$\boxed{\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\Delta e}{1+e_0}} \xRightarrow{A = cte \text{ سطح مقطع }} \boxed{\frac{\Delta H}{H_0} = \frac{\Delta e}{1+e_0}}$$

ارتفاع اولیه

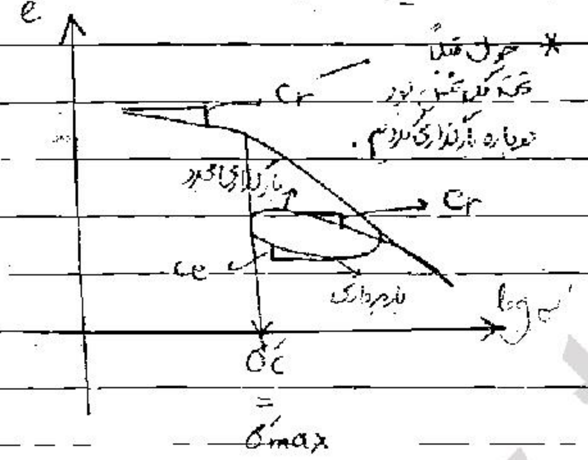
$$m_v = \frac{1}{1+e_0} \cdot \frac{\Delta e}{\Delta \sigma'} = \boxed{\frac{1}{1+e_0} \cdot \frac{e_1 - e_0}{\sigma'_1 - \sigma'_0}}$$

$\boxed{m_v}$ شیب منحنی $e-\sigma'$ ضرب در $\frac{1}{1+e_0}$

Compression Index   * شاخص تراکم 8 شیب بخش مستقیم منحنی تحکیم

$$C_c = \frac{e_0 - e_1}{\log\sigma_1' - \log\sigma_0'} = \frac{e_0 - e_1}{\log\frac{\sigma_1'}{\sigma_0'}}$$

ممکن است حین آزمایش تحکیم یک بار باربرداری یا بارگذاری مجدد انجام دهیم در این صورت



$C_e \simeq C_r$

C_r بارگذاری مجدد

C_e ضریب انبساط

C_r یعنی قبلاً تحت یک باری تحکیم پیدا کرده بود (کنون) دوباره بارگذاشتیم.

بار را که برمی‌داریم یک مقدار تورم در نمونه داریم که باعث می‌شود e افزایش یابد.

وقتی روی خاکی بارگذاری می‌کنیم تغییرات تنش مؤثر داریم

σ_0' زیادی بوده تا به σ_1' برسد.

σ' ز: $\sigma_0' \rightarrow \sigma_1'$

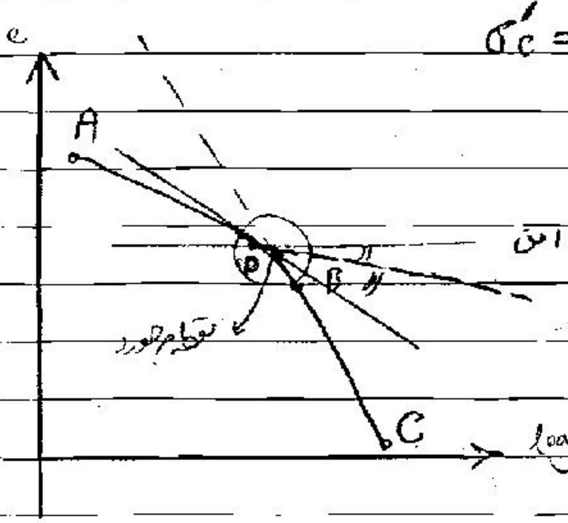
C_c از آزمایش بدست می‌آید از روی رابطه * e_0 ، e_1 بدست می‌آید از روی آن ΔH را بدست می‌آوریم.

رابطه Peck and Terzaghi: $C_c = ۰/۰۰۹\,(LL - 10)$

حالت دست نخورده

$C_r = (\frac{1}{10} - \frac{1}{5})C_c$ C_r هم ۱ C_c کوچکتر است.

* فشار پیش تحکیمی : $\sigma'_c = \sigma'_{max}$



مراحل : روش کاساگرانده

۱- امتداد بخش مستقیم BC

۲- بر روی AB نقطه ای که بیشترین انحنا را دارد مشخص می کنیم «نقطه D»

۳- از D خطی مماس بر منحنی رسم می شود

۴- نیمساز زاویه ای که خط مماس و خط افق می سازند رسم شود

۵- نقطه تلاقی BC و نیمساز . σ'_c را بدست می دهد

وقتی نمونه را از خاک بیرون می آوریم به آزمایشگاه می بریم و آن را آماده می کنیم سپس آن را در دستگاه می گذاریم

در اینجا نمونه نسبت به خاک درجا فرق پیدا می کند

- از جمله تفاوت ها تفاوت در نتایج آزمایش تحکیم است منحنی هایی که از آزمایش بدست می آیند با شرایط درجا فرق دارد

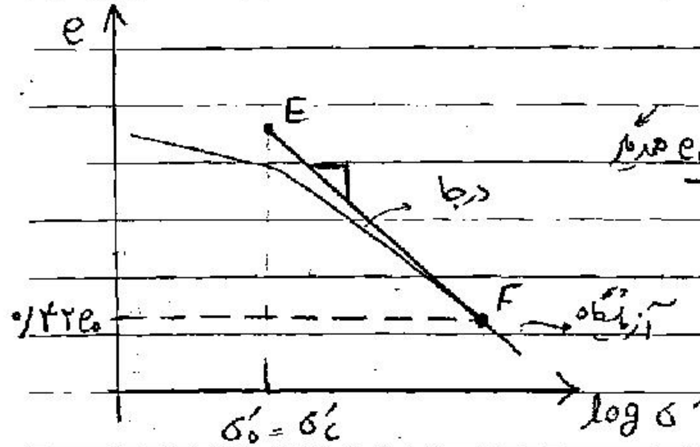
* منحنی $(e - \log \sigma')$ درجا :

چون حین آماده سازی نمونه / نمونه گیری → دست خوردگی ایجاد می شود که باعث می شود منحنی تحکیم آزمایشگاه و درجا یکسان نباشد

الف) $OCR = 1$:

$\sigma'_0 = \sigma'_c$

www.ttnar.ir



* روش Schmertmann

تجربه دیده که منحنی درجا و آزمایشگاهی یکدیگر را در $e_0(0/42)$ حدوداً را قطع می‌کنند.

مراحل :

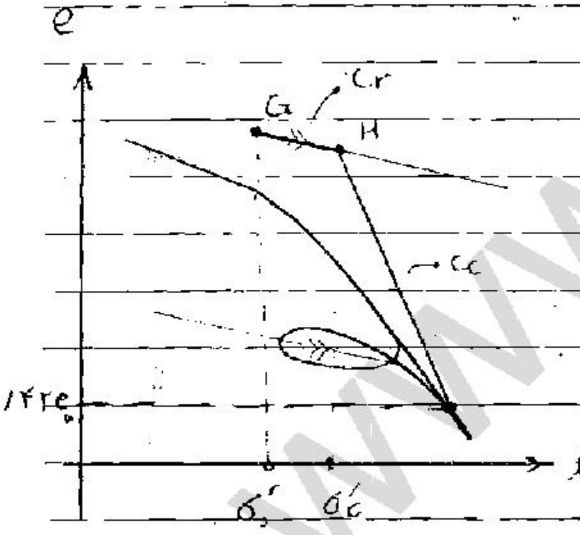
۱- پیدا کردن F

۲- پیدا کردن نقطه E به مختصات $(e_0 , \log \sigma'_0)$ E

(از صفر تا σ'_0 خاک درجا نشست نمی‌کند قبل از آن (σ'_0) تغییرات e نداریم

زیرا هیچ تنشی تحکیم صورت نمی‌گیرد

چون در بخش دوم منحنی است خط مستقیم می‌کشیم



ب) OCR > 1

تنش پیش تحکیمی از تنش مؤثر فعلی بزرگتر است

نیاز به یک باربرداری و بارگذاری مجدد داریم

مراحل :

۱- نقطه Cc به مختصات $C_c(\log \sigma'_0 , e_0)$

۲- GH را به موازی منحنی باربرداری و بارگذاری می‌کشیم

۳- از روی H، σ'_c بدست می‌آید

۴- نقطه F با اندازه $0/42e_0$ را پیدا می‌کنیم.

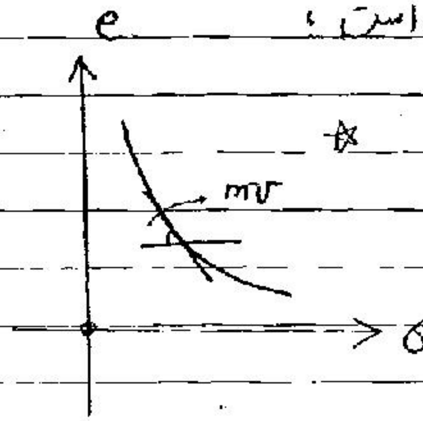
به نام خدا

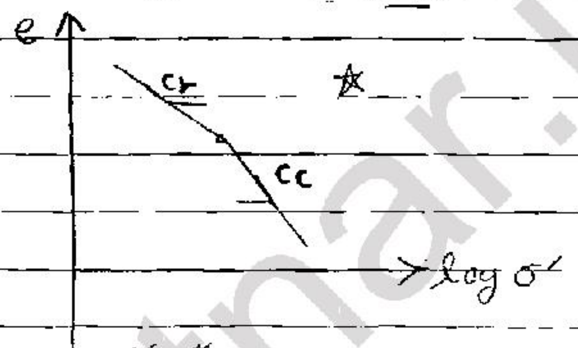
ج ۲۱

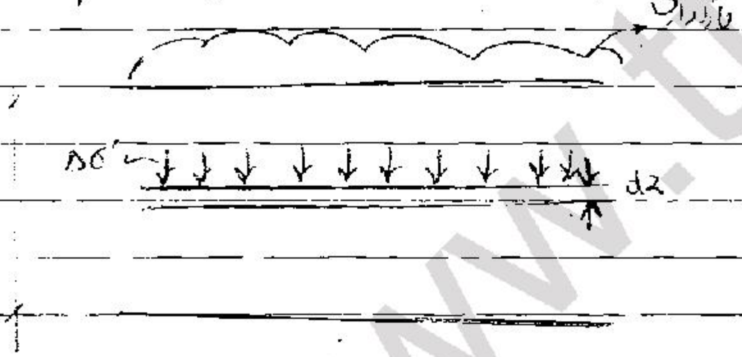
نشست های حاصل از تحکیم :

تحکیم پروسه‌ای است که در یک زمان اتفاق می‌افتد بلافاصله بعد بارگذاری شروع می‌شود و تا مدتها بعد ادامه می‌یابد طی تحکیم تنش مؤثر افزایش می‌یابد و به مقدار ماکزیمم خودش می‌رسد و فشار آب اضافی صفر می‌شود

در پایان عمل تحکیم یک نشست داریم که عمل تحکیم به طور کامل انجام شده است :







فرض کنیم یک بارگذاری روی خاک داریم
به ضخامت H
یک جزء را در نظر می‌گیریم به ضخامت dz
با افزایش بار این جزء هم که جزء لایه‌ها
با افزایش تنش Δσ' روبرو خواهد بود
و نشست dsc را دارند

$$dz \xrightarrow{\text{نشست}} ds_c$$

✓ برای کل لایه H یک نشست کلی داریم به اندازه Sc نشستی که برای کل لایه داریم مجموع نشست های ریز

☆ $\frac{\Delta e}{\Delta H} = \frac{1+e_0}{H_0}$ $\qquad \sigma'_0 + \Delta\sigma' = \sigma'_1$ لایه جزئی با ضخامت

پایان عمل تحکیم

ضخامت اولیه $H_0 = dz$

$$\Delta H = ds_c \Longrightarrow ds_c = \frac{e_0 - e_1}{1+e_0}\, dz$$

با انتگرال گیری
می‌توان رابطه کلی را نوشت

www.tmar.ir

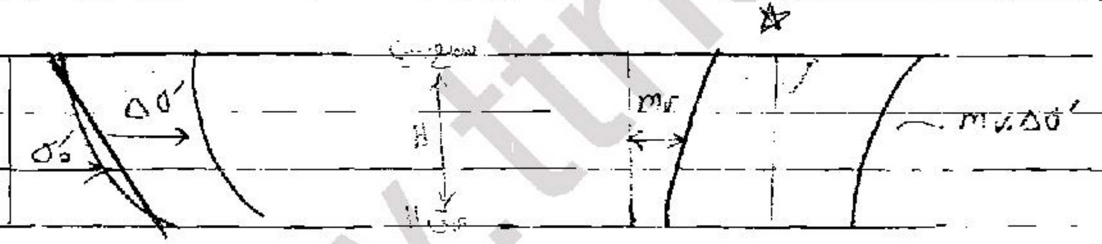
ولی ما می‌خواهیم تغییرات تنش مؤثر را در این رابطه داشته باشیم پس صورت و مخرج را در $\sigma'_1 - \sigma'_0$ ضرب می‌کنیم

$$dS_c = \left(\frac{e_0 - e_1}{\sigma'_1 - \sigma'_0}\right)\left(\frac{\sigma'_1 - \sigma'_0}{1+e_0}\right) dz \quad ①$$

و می‌دانیم : $$m_v = \frac{e_0 - e_1}{\sigma'_1 - \sigma'_0} \cdot \frac{1}{1+e_0} \quad ②$$

$$\xrightarrow{②,①} \quad dS_c = m_v \cdot \Delta\sigma' \cdot dz$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{S_c = \int_0^H m_v \, \Delta\sigma' \, dz}$$



با داشتن mv و Δσ' در عمق‌های مختلف
می‌توان رسم کرد که نشست می‌شود سطح زیر
منحنی mv.Δσ' ؛ برای به دست آوردن سطح
زیر منحنی می‌توان آن را به مستطیل‌هایی تقسیم کرد و
مساحت مستطیل‌ها را به دست آورد.

اگر بارگذاری گسترده یکنواخت بود q = Δσ' در
هر عمقی ثابت بود اما در غیر اینصورت باید از روابط
بوسینسک استفاده کرد و Δσ' تعیین می‌شد.

راه حل کلی این است که توابع را به دست آوریم و انتگرال بگیریم. اگر عمق H کم باشد و از تغییرات mv و Δσ'
صرف‌نظر کنیم داریم

$$* \quad \boxed{S_c = m_v \cdot \Delta\sigma' \cdot H}$$

(mv و Δσ' مقادیر در وسط لایه H)

در این حالت مقادیر mv و Δσ' را برای ضخامت H کوچک برای وسط لایه محاسبه می‌کنیم ولی برای H های
بزرگ آن را به چند زیر لایه تقسیم می‌کنیم.

Subject:
Year. Month. Date.

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

$$\Rightarrow S_c = \int_0^H \frac{e_0-e_1}{1+e_0}\,dz \Rightarrow \boxed{S_c = \frac{e_0-e_1}{1+e_0}\,H} \qquad ①$$

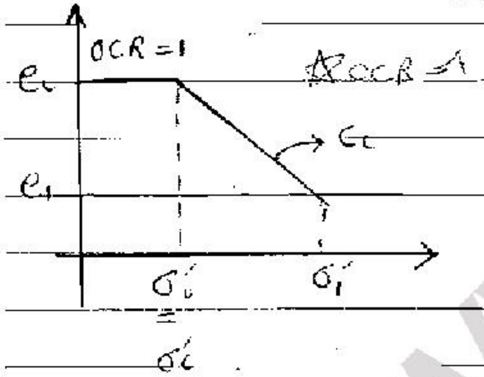
در صورتی از انتگرال خارج می‌شود که از z مستقل باشد

می‌دانیم : $C_c = \dfrac{e_0-e_1}{\log \dfrac{\sigma_1'}{\sigma_0'}}$

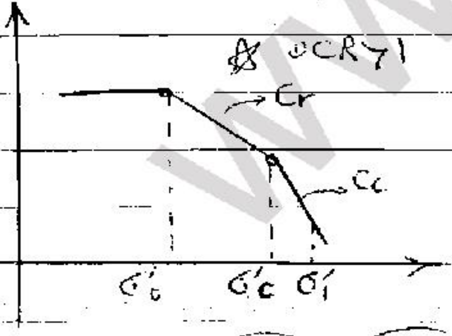
جایگذاری در ①

$$\boxed{\delta_c = \frac{H}{1+e_0} \cdot C_c \log \frac{\sigma_1'}{\sigma_0'}}$$

اگر ضخامت H زیاد باشد باید لایه بندی کرد اما اگر ضخامت H کم باشد می‌توان میانگین را برای e_0 و e_1 حساب کرد



* این روابط برای حالتی بود که خاک عادی تحکیم یافته بود و از C_c استفاده کردیم چون مسیر σ_0' تا σ_1' را که روی یک شیب هستیم طی می‌کنیم ؛



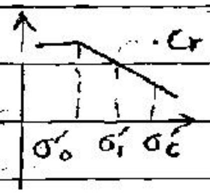
* اگر خاک پیش تحکیم یافته باشد OCR > 1
در این حالت σ_0' و σ_1' روی یک خط
نیستند یعنی در این مسیر می‌خواهیم حرکت کنیم دو تا شیب داریم
و از این فرمول نمی‌شود استفاده کرد از یک فرمول مشابه
استفاده می‌کنیم ؛

کل نشست
$$\boxed{S_c = \frac{H}{1+e_0}\left[C_r \log \frac{\sigma_c'}{\sigma_0'} + C_c \log \frac{\sigma_1'}{\sigma_c'}\right]}$$

از σ_0' تا σ_c' شیب نمودار برابر C_r است
از σ_c' تا σ_1' 〃 〃 〃 C_c است

مثال: اگر $\sigma'_0 = ۳۰$ و $\sigma'_c = ۵۰$ و $\sigma'_1 = ۷۵$ باشد از کدام فرمول می‌بریم

* مهم — از فرمول C_c نمی‌بریم و C_r ؛ فرمول آخری



اگر $\sigma'_0 = ۲۰$ و $\sigma'_c = ۵۰$ و $\sigma'_1 = ۴۵$ باشد از کدام فرمول می‌بریم

در این حالت در گروه C_r هستیم پس فرمول می‌شود * $S_c = \frac{H}{1+e_0} C_r \log \frac{\sigma'_1}{\sigma'_0}$

مثال: یک لایه رس داریم به ضخامت ۲^m که کاملاً اشباع است در وسط لایه $\sigma'_0 = ۵۰ \ (\frac{kN}{m^۲})$ و $\Delta\sigma' = ۴۰$ ، $e_0 = ۱/۴$ ، $\sigma'_c = ۷۵ \ (\frac{kN}{m^۲})$ ، $C_r = ۰/۰۵$ ، $C_c = ۰/۲۵$ ، S_c را بیابید؟

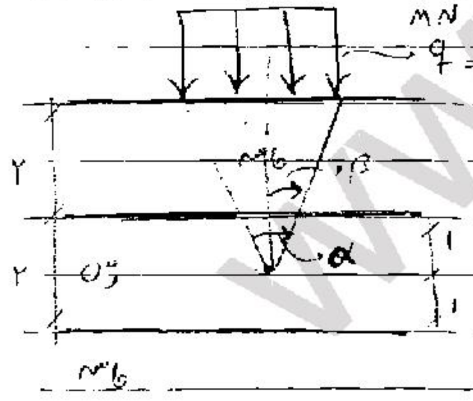
$$* \quad \sigma'_0 = ۵۰ \Rightarrow \sigma'_1 = ۴۰ + ۵۰ = ۹۰ \ \frac{kN}{m^۲}$$

⇒ از فرمول آخر

$$\Rightarrow S_c = \frac{H}{1+e_0}\left[C_r \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} + C_c \log \frac{\sigma'_1}{\sigma'_c}\right]$$

$$= \frac{۲}{۱+۱/۴}\left[۰/۰۵ \log \frac{۷۵}{۵۰} + ۰/۲۵ \log \frac{۹۰}{۷۵}\right] = ۲۴ \ mm$$

مثال: یک پی ۴×۴ روی یک لایه رس مطابق شکل قرار گرفته است $m_v = ۰/۵ \ \frac{m^۲}{MN}$ لایه رس



S_c ، m_v ، $\Delta\sigma'$ ، H را داریم

$$\Rightarrow S_c = m_v \Delta\sigma' H$$

$\Delta\sigma'$ را از روابط بوسینسک می‌بریم ؛

و مقدار $\Delta\sigma'$ را وسط لایه رس در نظر می‌گیریم

تا نشست کل را داشته باشیم

$$\alpha = ۱/۱۷۶ \ rad \quad , \quad \beta = ۰/۵۸۸ \ rad$$

$$\Delta\sigma' = \frac{q}{\pi}\left[\alpha + \sin\alpha \cos(\alpha + ۲\beta)\right] \Rightarrow \Delta\sigma' = ۰/۰۳ \ \frac{MN}{m^۲}$$

$$\Rightarrow S_c = m_v \Delta\sigma' H = ۰/۵(۰/۰۳)\overbrace{(۲)}^{\text{ضخامت لایه رس}} = ۳۰^{mm}$$

* در صورت کلی داریم : زیر مرکز پی تا [illegible]

مثال 8 نتایج یک آزمایش تحکیم به صورت زیر است . $H_{لایه} = ۴^{m}$, $G_s = ۲٫۶۶$, $w = \%۳۱٫۷$ در انتهای آزمایش

مهم ★

الف - منحنی $e - \sigma'$ را رسم کرده m_v را بیابید و با توجه به تغییرات تنش $\sigma'_0 = ۲۲۰$, $\sigma'_1 = ۳۶۰$

ب - منحنی $e - \log \sigma'$ را رسم کرده ، σ'_c و C_c را بیابید

ج - نشست تحکیمی را از دو راه بیابید (از m_v و C_c) $\sigma'_0 = ۲۲۰$, $\sigma'_1 = ۳۶۰$

فشار $(\frac{kN}{m^2})$	۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰	۸۰۰	۰
ضخامت نمونه	۱۹٫۶	۱۹٫۲۵	۱۸٫۹۸	۱۸٫۶۱	۱۸٫۱۴	۱۷٫۶۸	۱۷٫۲۴	۱۷٫۹۲

مطابق جدول بار را در هر بار ۲ برابر کرده و در پایان عمل تحکیم ضخامت را در هر مرحله اندازه گرفتیم در انتهای نمونه بار را صفر کردیم و بار برداری کردیم اما به ضخامت اولیه نرسیدیم نمونه تورم می‌کند اما تورم ناشی از بار برداری هیچ زمان بیشتر از تحکیم نیست ضخامت نمونه به حالت اول نرسید برای همین C_c از C_r بزرگتر است .

الف - $e - \sigma'$ در هر گام باید نسبت خلأ e را بیابیم

خاک کاملاً اشباع $S_r = 1$: $\boxed{G_s \cdot w = S_r \cdot e}$

$$۲٫۶۶ \times ۳۱٫۷۷ \times ۱۰^{-۲} = ۱ \times e$$

$$\Rightarrow e = ۰٫۸۴۲$$ * در پایان عمل تحکیم

در تمام مراحل $\frac{\Delta e}{\Delta H} = \frac{1+e_0}{H_0} \Rightarrow \frac{\Delta e}{\Delta H} = \frac{1+e_1+\Delta e}{H_0}$

در هر مرحله با توجه به جدول تغییرات ضخامت معلوم است :

مثلاً در مرحله اول $\Rightarrow \Delta H = ۱۹٫۶ - ۱۷٫۹۲ = ۱٫۶۸$

$$\frac{\Delta e}{۱٫۶۸} = \frac{۱ + ۰٫۸۴۲ + \Delta e}{۱۹٫۶}$$

$$\Rightarrow \Delta e = ۰٫۱۷۲ \rightarrow e_0 = ۰٫۱۷۲ + ۰٫۸۴۲$$

$$\Rightarrow \boxed{e_0 = ۱٫۰۱۴}$$ در شروع آزمایش

* m_v در حالت کلی متفاوت است اما در منحنی ج فقط بین ۲۲۰ , ۳۶۰ :

$$\sigma'_0 = ۲۲۰ \Rightarrow (\text{از منحنی}) \rightarrow e = ۰٫۸۵۸$$

$$\sigma'_f = ۳۶۰ \Rightarrow // \rightarrow e = ۰٫۸۲۵$$

$$\Rightarrow m_v = \frac{\Delta e}{\Delta \sigma'} \cdot \frac{1}{1+e_0} \Rightarrow m_v = ۱٫۲۷ \times ۱۰^{-۴} \frac{m^2}{kN}$$

Subject: 100
Year. Month. Date.

ب) Cc در محدوده مورد نظر مقدارش ثابت است؛
باید محدوده ای را که خط است انتخاب کنیم این جا می شود
بین ۲۰۰ و ۸۰۰

$$\Rightarrow C_c = \frac{\overset{e_{800}}{۰/۸۶۴} - \overset{e_{200}}{۰/۷۷۲}}{\log ۸۰۰ - \log ۲۰۰} = ۰/۱۵۳$$

$$\Rightarrow \sigma'_c = ۴۳ \frac{kN}{m^2}$$ ← از روش کاساگرانده

ج) راه ① ⇒ $S_c = m_v \Delta\sigma' H$

$$= ۱٫۲۷ \times ۱۰^{-۴} (۴۶۰ - ۳۲۰)(\overset{m}{۴})$$

$$= ۷۱ \text{ mm}$$

راه ② ⇒ $S_c = \frac{H}{1+e_0} C_c \log \frac{\sigma'_1}{\sigma'_0}$

$$= \frac{۴}{۱ + ۰/۸۵۲} \times ۰/۱۵۳ \times \log \frac{۴۶۰}{۳۲۰}$$

$$= ۷۰ \text{ mm}$$

www.ttrar.ir

www.ttnar.ir

Subject:
Year. ۸٤ Month. ۹ Date. ۲۹

« بنام خدا »

تحکیم یک پروسه زمان بر است و به تدریج انجام می شود :

* سؤال هایی که پیش می آید :

گفتیم پروسه تحکیم مدت ها طول می کشد چقدر طول می کشد تا پروسه تحکیم از ابتدا تا انتها حاصل شود ؟

ما نشست نهایی را حساب کردیم فرض کنیم این نشست نهایی طی ۶ سال اتفاق می افتد این سوال ممکن است مطرح شود بعد از ۳ سال این نشست چقدر است ؟

ارتباط زمان در پروسه تحکیم چطوری با هم است

ابتدا با استفاده از تئوری یک بعدی تحکیم ترزاقی معادله دیفرانسیل حاکم بر پروسه تحکیم را استخراج کرده بعد حل این معادله دیفرانسیل را می نویسیم :

در طی زمان فشار آب حفره ای اضافی تغییر می کند اگر این تغییرات را به صورت تابعی از زمان بنویسیم می توانیم اثر زمان را روی تحکیم ببینیم .

* فرضیات :

۱- خاک همگن و همسان است

۲- خاک کاملاً اشباع است

۳- بخش جامد و مایع خاک تراکم ناپذیرند

۴- k ، m_v «ضریب تغییر حجم» در حین تحکیم ثابت هستند

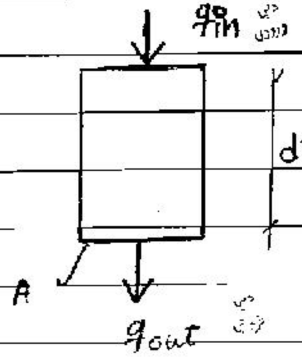
www.ttoar.ir

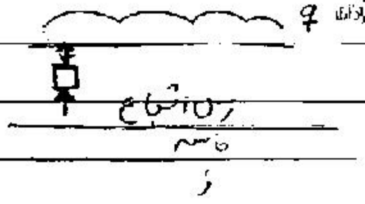
۵_ قانون دارسی حاکم است

۶_ خاک فقط در جهت قائم نشست می‌کند

۷_ تغییرات نشانه خلاء به تنش موثر ثابت است
σ' e

$$* \ a_v = \frac{\partial e}{\partial \sigma'_v} = cte$$





یک لایه [illegible] خاک [illegible] در نظر می‌گیریم
زمین اشباع تحت [illegible] قرار
فشار آب حفره‌ای [illegible] ایجاد می‌شود
برای اینکه این فشار آب [illegible] شود
باید آب خارج شود
معمولاً در قسمت بالا آب به سطح زمین [illegible] و [illegible] عمق ماسه می‌روند

وقتی آب خارج می‌شود دبی ورودی یک دبی خروجی [illegible] ال [illegible] علت تحکیم کاهش حجم است و دوباره علت خروج آب و تغییر شکل پروسه تحکیم.

$q_{in} - q_{out} = \frac{\partial V}{\partial t}$ ① $\quad * \ V = V_w = V_v$ حجمی که توسط آب اشغال شده است
$= eV_s$ ②

$\frac{\partial q}{\partial z} = \frac{\partial V}{\partial t}$ در واقع همان حجم خالی با آب پر شده است

تا اینجا از فرض ④ استفاده کردیم
که کاهش حجم خاک فقط ناشی از خروج آب است

$$q = -K\frac{\partial h_t}{\partial z}\cdot A$$ فرض ۵ از نظر دارسی

$$V_s = \frac{V_t}{1+e_0} = \frac{dz\cdot A}{1+e_0}$$ V_t تا حجم کل نمونه

$$V_t = V_s + V_w = V_v + V_s$$

فرض ۲ «خاک کاملاً اشباع»

www.ttmar.ir

$$KA\frac{\partial^2 h_t}{\partial z^2}dz=-\frac{\partial e}{\partial t}\,\frac{dz\cdot A}{1+e_0}$$ « جایگذاری در معادله فوق »

$$\frac{\partial e}{\partial t}=\frac{\partial e}{\partial \sigma'_v}\cdot\frac{\partial \sigma'_v}{\partial t}=a_v\Big(\underbrace{\frac{\partial \sigma_v}{\partial t}-\frac{\partial u}{\partial t}}_{\frac{\partial \sigma'_v}{\partial t}}\Big) \quad ①$$

$$\frac{\partial^2 h_t}{\partial z^2}=\frac{\partial^2}{\partial z^2}\Big(h_e+\underset{\text{فشار آب هیدرواستاتیک}}{h_s}+\underset{\text{فشار آب اضافی}}{h_{ex.u}}\Big)$$

$$h_t=h_e+h_p$$
$$h_{e}+h_s+h_{ex}$$

* h_p حذف شده است ؟ فشار آب هیدرواستاتیک و فشار آب اضافی ؟

$$* \quad \frac{\partial^2}{\partial z^2}(h_{ex.u})=\frac{\partial^2 h_t}{\partial z^2}$$

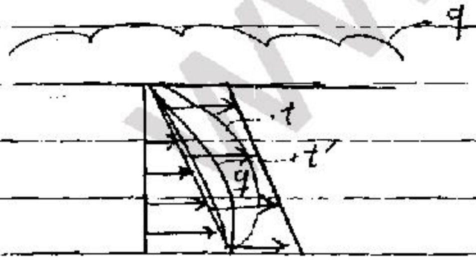
h_e نسبت به z خطی است

h_s هم نسبت به z خطی است

$$\Rightarrow \frac{\partial^2 h_t}{\partial z^2}=\frac{\partial^2}{\partial z^2}\Big(\frac{u_e}{\gamma_w}\Big)$$

$$① \Rightarrow =a_v\Big(\frac{\partial \sigma_v}{\partial t}-\frac{\partial}{\partial t}(u_s+u_e)\Big)$$

U_s فشار آب هیدرواستاتیک در طی زمان ثابت است



فشار آب حفره‌ای اضافی در طی زمان در طی تحکیم به تدریج کم می‌شود تا جایی که صفر شود ولی فشار آب هیدرواستاتیک به زمان ربطی ندارد

حال در رابطه اولیه جایگزین می‌کنیم

Subject:
Year.   Month.   Date.

معادله دیفرانسیل تحکیم

$$\left(\frac{k\,(1+e_0)}{a_v\,\gamma_w}\right)\cdot\frac{\partial^2 u_e}{\partial z^2} - \frac{\partial u_e}{\partial t}\ \ \frac{\partial \sigma_v}{\partial t}$$

تغییرات فشار آب حفره‌ای
را هم برحسب زمان و مکان
داریم

$$\left(k\,\frac{1+e_0}{a_v\cdot\gamma_w}\right) = \text{ضریب تحکیم} = C_v$$

σ_v که را هم برحسب زمان داریم
اگر $\frac{\partial \sigma_v}{\partial t} = 0$ باشد معادله می‌شود

$$C_v\,\frac{\partial^2 u_e}{\partial z^2} = \frac{\partial u_e}{\partial t}$$

نکات 8

۱- خاک اگر همگن نباشد ، آن را لایه لایه می‌کنیم در هر لایه فرض می‌کنیم همگن است و برای هر لایه

پدیده تحکیم را تکرار می‌کنیم .

۲- k ، m_v ثابت اند ؟ خاک در طی تحکیم متراکم می‌شود پس k کوچک می‌شود

$$\text{شیب} \times \frac{1}{1+e_0} = m_v$$

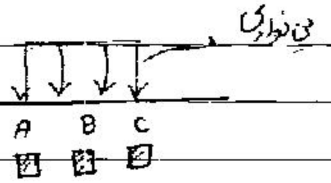
و m_v هم در طی تحکیم تغییر می‌کند

* برای این که این فرضیه دچار اشکال نشود k , m_v را میانگین آن را حساب می‌کنیم

۳- رس‌ها معمولاً ما تون داری وقتی حاکم نیست که جریان خطی کم باشد .

۴- خاک فقط در جهت قائم نشست می‌کند به عبارتی تحکیم یک بعدی است فقط در جهت قائم خروج آب داریم

همیشه تحکیم یک بعدی نیست اما اگر بارگذاری گسترده یکنواخت باشد تحکیم یک بعدی است .

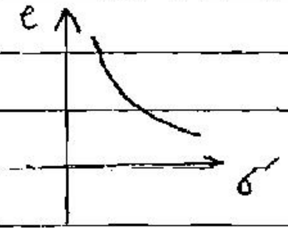


C به‌سمت راست حرکت می‌کند

A حرکت جانبی به سمت چپ است

B حرکت جانبی ندارد

در پی نواری اگر یک المان درست در زیر وسط پی بگیریم حرکت جانبی ندارم تحکیم یک بعدی است



av شیب منحنی مقابل است

$$m_v = \frac{1}{1+e_0} \cdot a_v$$

* av هم ثابت نمی‌ماند برای این که تغییرات کم شود av میانگین را انتخاب می‌کنیم :

ضریب تحکیم $C_v = \frac{K}{m_v \gamma_w}$ ؛ $m_v = \frac{a_v}{1+e_0}$

* معادله تحکیم 8

$$* \quad C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{\partial u}{\partial t} \quad ③$$

معادلاتی که در آن یک پدیده فیزیکی تحت یک گرادیان در محیط منتشر شود به معادلات دیفیوژن معروفند

در اینجا u منتشر می‌شود ؛

معادله گرادیان حرارتی $K \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \frac{\partial T}{\partial t}$

$\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0$ را در تراوش حل کرده بودیم آنجا هدها نسبت به زمان ثابت بودند.

www.ttrai.ir

Subject
Year. Month Date.

* درجه تحکیم 8 محکی برای تحکیم است ؟

* درجه تحکیم فشار آب حفره‌ای اضافی و تنش موثر تغییر می‌کند ؟
هم‌چنین نشانه خلاء و نشست هم درجه تحکیم تغییر می‌کند ؛

اندیس 0 شروع تحکیم
اندیس 1 خاتمه تحکیم
اندیس t $\infty > t > 0$ زمانی که بر اساس آن درجه تحکیم محاسبه می‌شود .

درجه تحکیم

$$* \quad U_z = \frac{e_0 - e_t}{e_0 - e_1} = \frac{\sigma'_0 - \sigma'_t}{\sigma'_1 - \sigma'_0} = \frac{u_0 - u_t}{u_0 - \underset{\text{تا صفر}}{\boxed{u_1}}} = 1 - \frac{u_t}{u_0}$$

مخرج کسر کل هر بار ثابت است
صورت متغیر است
که با زمان t تغییر [illegible]
است .

منظور از u فشار اضافی است
اما این در خاتمه تحکیم صفر است (u_1)

$$* \quad \bar{U} = \frac{\Delta H_t - \Delta H_0}{\Delta H_1 - \Delta H_0} = \frac{\Delta H_t}{\Delta H_1}$$

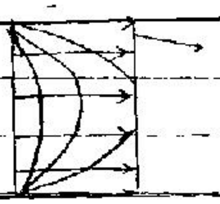
درجه تحکیم متوسط

چون در شروع تحکیم $\Delta H_0 = 0$
نشست نداریم .

ماهیت این دو درجه تحکیم فرق دارد

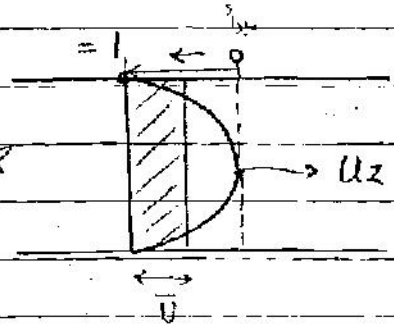
روی عمق یک z معین است در یک نقطه است اما دومی برای تحکیم متوسط یک لایه است

www.ttnar.ir



درانتها تحکیم
کامل انجام شده
است یعنی
فشار آب حفره‌ای
اضافی صفر است

اما نشت مربوط به یک لایه است و تحکیم متوسط برای کل لایه است یک مقدار متوسط به ما می‌دهد


مبدأ
0
= 1
Uz
$\overline{U}$

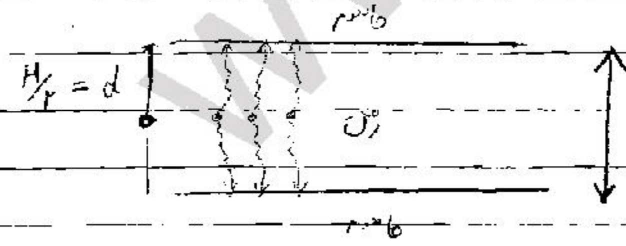
توزیع درصد تحکیم برای
کل لایه خاک

در وسط تحکیم متوسط بیشتر از Uz است
در مرزها تحکیم متوسط کمتر از Uz است

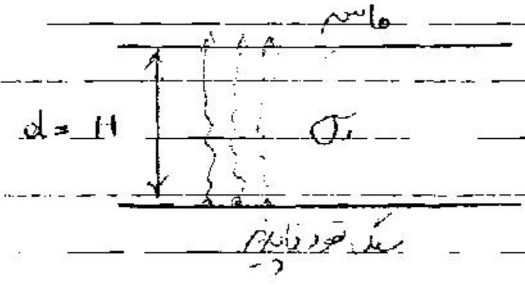
تحکیم متوسط سطح زیر منحنی Uz تقسیم بر ضخامت لایه یا به عبارتی یک مستطیل بسازیم که سطح آن مثل Uz باشد و ضخامت آن ضخامت لایه باشد.

دوباره پارامتری را معرفی می‌کنیم

$* \quad Z = \frac{z}{d}$ ① بزرگترین مسیر زهکشی d


ماسه
$H/2 = d$
رس
H
ماسه

بزرگترین مسیر زهکشی در این
حالت $\frac{H}{2}$ است


ماسه
$d = H$
رس
سنگ نفوذناپذیر

ضریب زمانی $T_v = \frac{C_v t}{d^2}$ ②

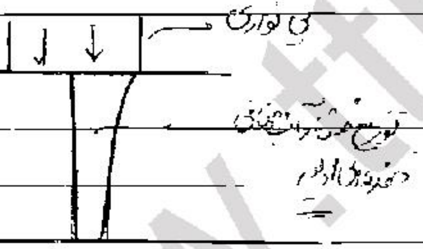
③ و ② و ① $\Longrightarrow$ $$\frac{\partial^2 u}{\partial Z^2} = \frac{\partial u}{\partial T_v}$$ Z عمق بی‌بعد است

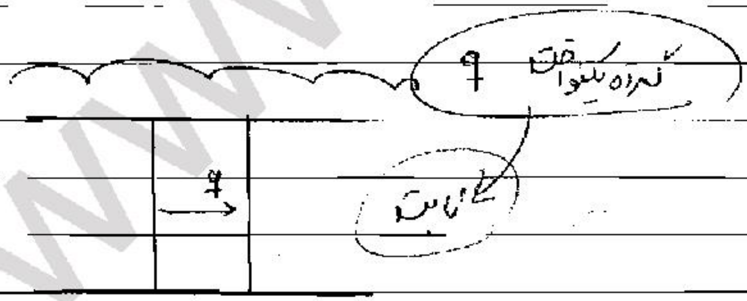
با استفاده از سری فوریه حل می‌شود.

هر معادله دیفرانسیل را بخواهیم حل کنیم باید شرایط مرزی را داشته باشیم

شرط مرزی مثلاً فشار آب حفره‌ای اضافی در محیط + روی مرزها صفر است در شکل قبل به عبارتی می‌دانیم رس تا عمق معینی است.

شرط اولیه توزیع فشار آب حفره‌ای اضافی اولیه در لایه که می‌تواند هر شکلی داشته باشد.


پی نواری
توزیع فشار آب حفره‌ای اضافی اولیه


q
گسترده یکنواخت
q
ثابت

* حل معادله 8

شرط اولیه $(t=0)$ $u_i = u_e = u_{e0}$ $(0<Z<2)$

شرط مرزی $(t>0)$ $u_e=0$, $(Z=0 , Z=2)$

- فشار آب حفره ای اضافی در زمان ۰ ثابت است (شرط اولیه)

در لایه های دو طرف $Z \longrightarrow 0 , 2$

چون $Z = 0 \rightarrow H$

- در مرزها فشار آب حفره ای صفر است (شرط مرزی)

$$\begin{cases} U_e = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2u_i}{M} (\sin Mz)\, e^{-M^2 T_v} \\ M = \frac{\pi}{2}(2m+1) \end{cases}$$

U_e تابع Z , $\overset{u_i}{U}$ اولیه , زمان است

معادله درجه تحکیم

$$U_z = 1 - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2}{M} (\sin Mz)\, e^{-M^2 T_v}$$

هرچه T_v بزرگ می شود درجه تحکیم افزایش می یابد

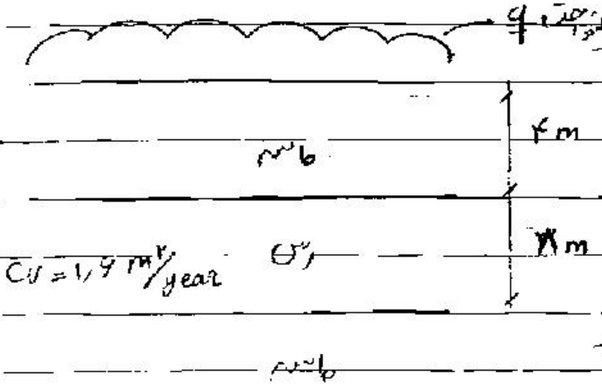
جواب معادله دیفرانسیل به شرایط مرزی و اولیه بستگی دارد ص ۲۲۹ کتاب

* اگر توزیع فشار آب اولیه ثابت نبود و یک طرف زهکش بود از منحنی استفاده می کنیم ها

Subject:
Year. Month. Date.

$$* \quad \bar{U} = \frac{\Delta H_t}{\Delta H_i} = 1 - \frac{\int_0^{2d} u\,dz}{\int_0^{2d} u_i\,dz}$$

مثال ۵


q بار گسترده
$q = 20\ \mathrm{kN/m^2}$
ماسه
4m
رس
4m
$C_v = 1.6\ \mathrm{m^2/year}$
ماسه

الف) $t = 0$ ⟩ u_e

ب) $t = 2$ سال ⟩ u_e

ج) درجه تحکیم $\bar{U}$%

ج : اگر نشست نهایی ۱۰cm باشد ، $S_c = 10\ \mathrm{cm}$

$* \quad S_c|_{t=2\,year} \rightarrow ?$

حل : الف) بارگذاری گسترده یکنواخت است ، u_e باندازه بارگذاری زیاد می‌شود :

$u_e = 20\ \mathrm{kN/m^2}$

ب) باید T_v , Z را داشته باشیم

(وسط لایه رس) $Z = \frac{z}{d} = \frac{4}{4} = 1$ نمودار Z رس (دقیق) $\Rightarrow \boxed{U_z = 0.23}$

$T_v = \frac{C_v t}{d^2} = \frac{1.6 \times 2}{4^2} = 0.2$

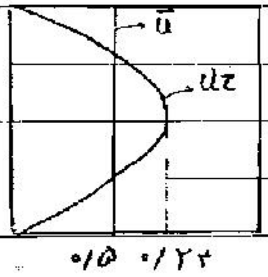
$u_e = (1 - 0.23)(20)$ ۲۳٪ از فشار اضافی اولیه محو شده است

* Z از سطح بالایی لایه رس

ج) $T_v = 0.2 \Rightarrow \bar{U} = \%50$

از منحنی ① استفاده می‌کنیم

$\Rightarrow S_c|_{t=2} = 0.5 \times 10 = 5\ \mathrm{cm}$



در وسط درجه تحکیم کمتر از متوسط است
در کرانه‌ها درجه تحکیم بیشتر از متوسط است

www.ttnar.ir

$$* \quad C_v \frac{\partial^2 u_e}{\partial z^2} = \frac{\partial u_e}{\partial t}$$ معادله تحکیم

* حل عددی به روش اختلاف محدود :

برای این کار از سری تیلور استفاده می‌کنیم

$$* \quad u(z,t+\Delta t) = u(z,t) + \Delta t \cdot \frac{\partial u(z,t)}{\partial t} + \frac{\Delta t^2}{2} \cdot \frac{\partial^2 u(z,t)}{\partial t^2} + \dots$$

با صرفنظر از جملات مرتبه دوم

$$* \quad \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{u(z,t+\Delta t) - u(z,t)}{\Delta t} \quad ①$$

$$* \quad \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{u(z+\Delta z,t) - 2u(z,t) + u(z-\Delta z,t)}{\Delta z^2} \quad ②$$

i اندیس → عمق
j اندیس → زمان

رابطه ① $$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{u_{i(j+1)} - u_{ij}}{\Delta t}$$

$z+\Delta z = i+1$
$z-\Delta z = i-1$

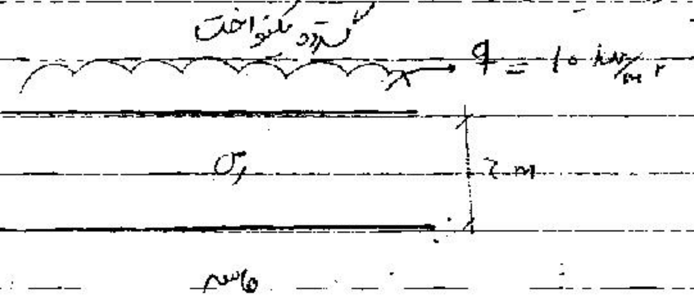
② 〃 $$\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{u_{(i+1)j} - 2u_{ij} + u_{(i-1)j}}{\Delta z^2}$$

با جایگذاری ① و ② در معادله دیفرانسیل :

$$* \quad u_{i(j+1)} = \underbrace{\boxed{\frac{C_v \Delta t}{\Delta z^2}}}_{\beta} \left(u_{(i+1)j} - 2u_{ij} + u_{(i-1)j} \right) + u_{ij}$$

(از [illegible] می‌توانیم [illegible] در زمان بعد آنها را پیدا کنیم)

با این روابط می‌توان مسئله تحکیم را برای شرایط مرزی و اولیه حل کرد.


گسترده یکنواخت
q = 10 kN/m²
σ₁
2 m
ماسه

$Cv = 1 \frac{m^2}{year}$

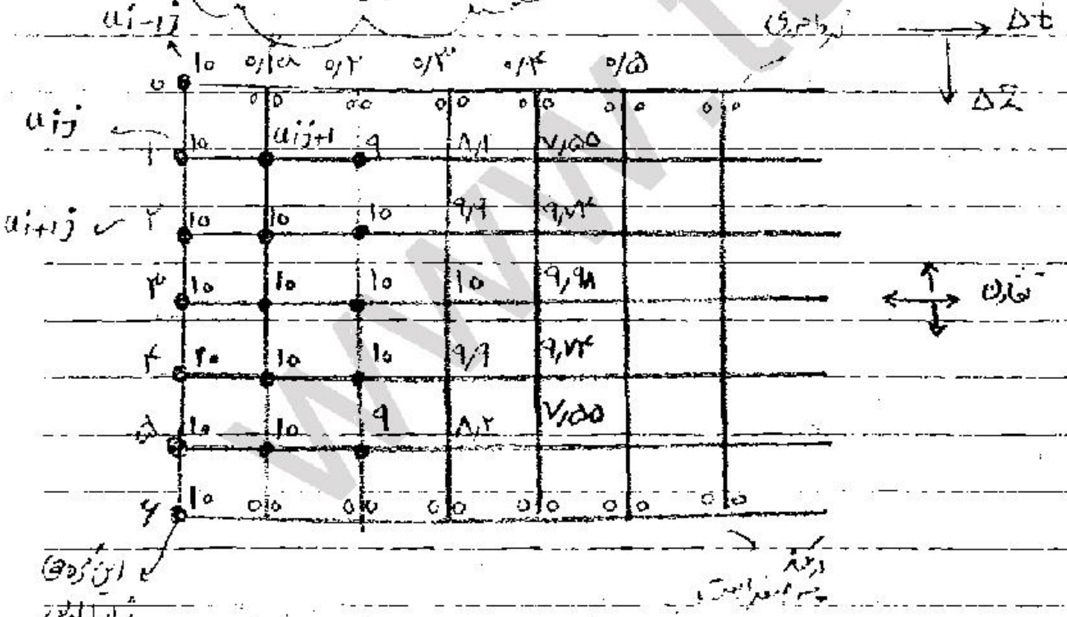
می‌خواهیم ببینیم فشار آب حفره‌ای
در زمان‌های مختلف و عمق‌های مختلف چقدر
است

$$\beta = \frac{Cv \Delta t}{\Delta z^2}$$

$$* \quad U_{i,j+1} = \beta(U_{i+1,j} - 2U_{i,j} + U_{i-1,j}) + U_{i,j}$$

باید یک Δt و ΔZ انتخاب کنیم در اینجا $\Delta t = 0/1\ year$ ، $\Delta Z = 1\ m$

$$\Rightarrow \boxed{\beta = \frac{Cv\Delta t}{\Delta z^2} = 0/1}$$


u_{i-1j}
u_{ij}
u_{i+1j}
(زهکشی)
Δt
ΔZ
تقارن
زهکش
صفر است
این گره‌ها
شرایط اولیه
را بیان می‌کند

		0/1	0/2	0/3	0/4	0/5	
0	10	0	0	0	0	0	0
1	10	u_{ij+1}	9	8/1	7/55		
2	10	10	10	9/9	9/74		
3	10	10	10	10	9/98		
4	20	10	10	9/9	9/74		
5	10	10	9	8/2	7/55		
6	10	0	0	0	0	0	0

محور افقی محور
زمان‌های ۲ سری Z
و t .

نقاط روی گره‌ها
فشار آب حفره‌ای
اضافی است

← فشار در عمق ۲ متر در فاصله
زمانی ۰/۵ سال برابر
[illegible] داری -

در لحظه ۰ = t فشار آب حفره‌ای در اعماق 10 است. (شرایط اولیه)

شرایط مرزی ← در مرزها فشار آب حفره‌ای صفر است (چون زهکشی می‌شود)

$U_{ij+1} = \beta(10 - 20 + 10) + 10$

$U_{ij+1} = 10$

www.ttmar.ir

*سؤال چرا وسط لایه در جدول تقارن داریم ؟

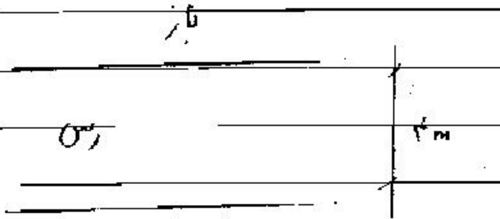
هرچه زمان بیشتری می‌گذرد فشار آب حفره‌ای در مرزها زودتر صفر می‌شود ؟

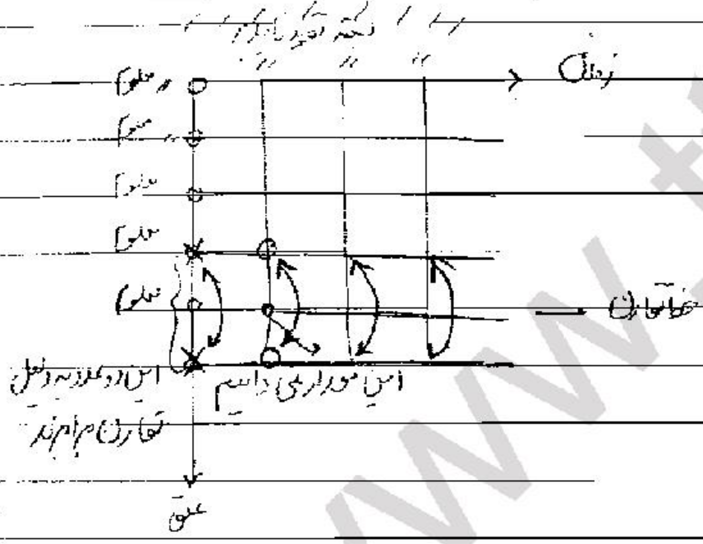
این جدول را آنقدر ادامه می‌دهیم تا اعداد صفر شوند

* مثلاً الان می‌دانیم فشار آب اضافی در عمق ۵ متری در طی ۴ سال بعد تحکیم برابر است با ۷٫۵۵ $\frac{kN}{m^2}$

نکته :

در اینجا شرایط مرزی معلوم نیست



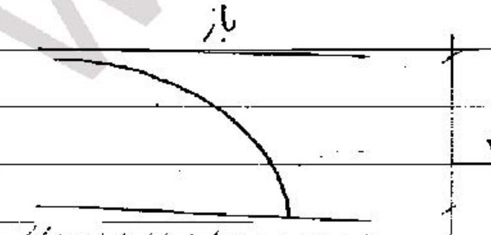

نکته تقارن
زمان
معلوم
معلوم
معلوم
معلوم
معلوم
خط تقارن
این دو مقدار به دلیل تقارن برابرند
این مورد را داریم
عمق

در اینجا از شرط [illegible] استفاده می‌کنیم

یعنی مقدارها را نظیر روی خط تقارن می‌آیند

در بالا و پایین خط تقارن اعداد با هم برابرند.

۲ مرحله :

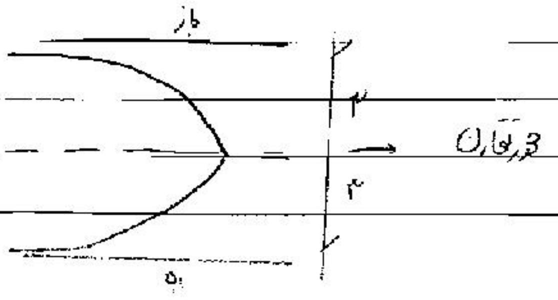


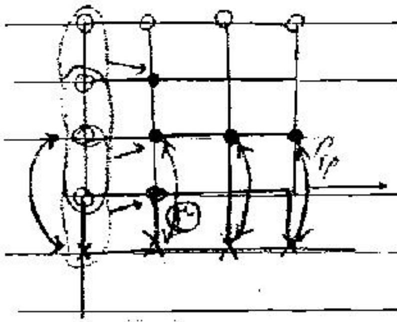
توزیع فشار آب حفره‌ای

لایه رسی فشار آب در

لایه زیرین آن است

در قسمت پایینی خط تقارن ؟


باز
۲
۲
محور تقارن
۵۰



۰ معلوم

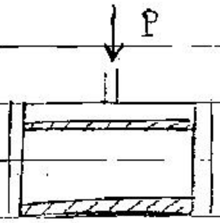
نقطه ③ را نمی توان بدست آورد

ردیف سوم ۰ = x ردیف جدید

با روش "۳" نقطه نقطه ③ بدست می آید !

* تعیین ضریب تحکیم $8\ C_v$ < جذر زمان / لگاریتم زمان

مبنای کاربری تعیین C_v تشابه منحنی } T_v و $\bar U$ است / t و قرائت اندازه گیر



" آزمایش تحکیم "

وقتی بار P را اعمال می کنیم

می توانیم قرائت اندازه گیر (عقربه ها) را برحسب t داشته باشیم

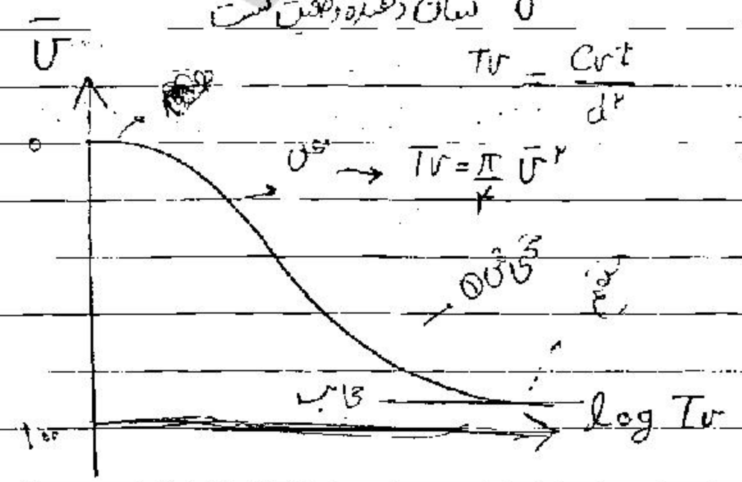
که شبیه منحنی $\bar U$ در T_v است چون وقتی بخواهیم ببینیم در زمان
t چه نشست انجام شده T_v را یافته از روی منحنی $\bar U$ بدست می آید

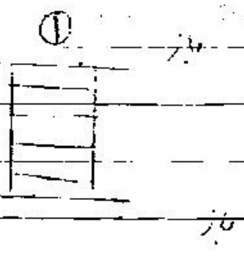
$S_c(t)$ در زمان t = $\bar U$ بدست آمده × $S_{c\,final}$

$\bar U$ نشان دهنده درصد نشست

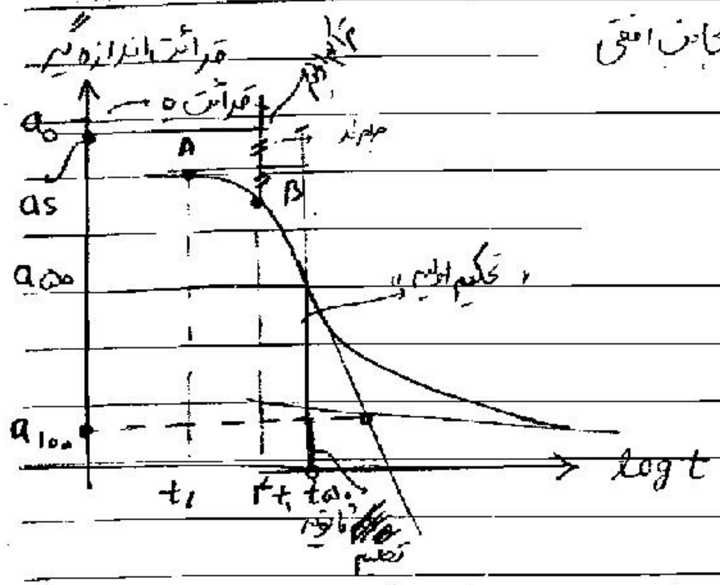
$$T_v = \frac{C_v t}{d^2}$$

$U^{60} \rightarrow T_v = \frac{\pi}{4} \bar U^2$





www.ttmar.ir



این منحنی ۳ بخش دارد 8 مستقیم، سهمی ، مجانب افقی

منحنی قرائت اندازه گیر

برای این که Cv را یابیم
باید تغییر شکل هایی را که اندازه گیر قرائت
کرده را از تغییر شکل هایی که تحکیم کرده
جدا کنیم چون تغییر حجم فقط به دلیل تحکیم
نیست مثلاً در خاک هوا داریم در حین بارگذاری
هوا خارج می شود و نشست می کند این دقیقا نشست تحکیمی نیست عامل اصلی آن اشباع نبودن کامل نمونه است !
نشست تحکیمی اولاً زمان بر است ثانیاً فشار آب حفره ای باید کاهش یابد

* نشست تحکیمی را از کجا بفهمیم ؟

از خاصیت سهمی بودن قسمت بالای منحنی استفاده می کنیم :

- مشخص کردن دو نقطه A(t1) ، B(4t1) در قسمت فوقانی منحنی
اختلاف قائم A,B را مشخص کرده به اندازه بالای آن رسم می کنیم خط موازی با log t رسم کرده محل برخورد با محور قائم
as می شود چون t را ۴ برابر کنیم y هم ۲ برابر می شود
شروع تحکیم نقطه as است

* از a0 تا as تراکم اولیه است نشست تحکیمی نیست :

- وقتی تحکیم اولیه تمام شد دیگر تغییر شکل زیادی ممکن است داشته باشیم که تحکیمی نیستند وقتی فشار آب اضافی صفر شد باز هم ممکن است نشست داشته باشیم که تحکیمی نیستند

محل برخورد دو بخش مستقیم می شود a100 یعنی تحکیم پایان یافته

حین تحکیم ثانویه فشار آب حفره ای اضافی تغییر نمی کند :

* عوامل ایجاد تغییر شکل بعد از تحکیم اولیه 8 (عوامل ثانویه)

- شکستن سوزنچه‌های
- خروج آب جذب سطحی
- جابجایی ذرات رس

باعث تغییر شکل می‌شوند ؛

a_{50} را بدست آورده با منحنی تطابق داده می‌شود را با منحنی که با مقیاس t را از روی خط افقی می‌یابیم

t_{50} بدست می‌آید ؛ a_{50} یعنی as , t_{50} ؛ t_{50} زمانی است که ۵۰٪ تحکیم انجام شده است

$$* \quad C_v = \frac{T_v d^2}{t}$$

$$U = 0/5 \xrightarrow{\text{منحنی}} T_v = 0/196$$

$$\boxed{C_v = \frac{0/196\, d^2}{t_{50}}}$$

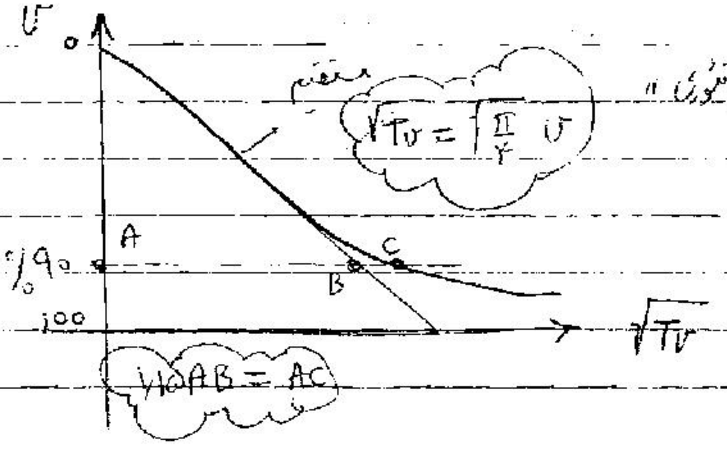
این روش را روش لگاریتم زمانی می‌گویند

این Cv فقط برای یک گام بارگذاری است

در آزمایش ما P_1 را می‌گذاشتیم صبر می‌کردیم تا تحکیم انجام شود بعد بار را ۲ برابر می‌کردیم در هر گام Cv منحنی جدید بدست می‌آید به عبارتی در هر گام بارگذاری یک Cv بدست می‌آوردیم که ممکن است با هم مختلف باشند

در عمل باید ببینیم بارگذاری در چه محدوده‌ای است متناسب با آن Cv مربوط را انتخاب می‌کنیم ؛

۲ - جذر زمان : « منحنی تئوری »

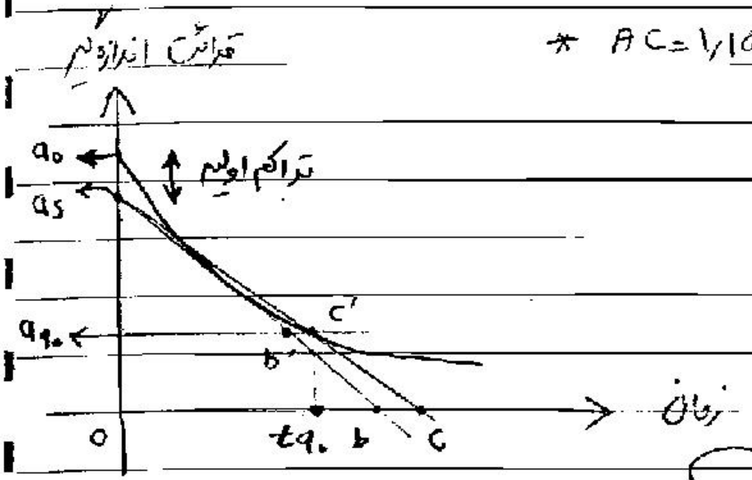


www.ttrar.ir

① خصوصیت این منحنی این است که یک بخش مستقیم دارد
$\sqrt{T_v}$ و $\bar{U}$ رابطه خطی دارند

② نزدیکی ٪۹۰ تحکیم

* $AC = 1/15\,AB$



ممتد بخش مستقیم را ادامه دادیم
محل تقاطع با محور قائم می شود a_s

خط مماس را ادامه می دهیم
و c را طوری روی محور افقی انتخاب می کنیم که داشته باشیم

$$\boxed{OC = 1/15\,Ob}$$

OB امتداد بخش مستقیم منحنی
از c به a_s وصل می کنیم «خط مستقیم» نقطه تقاطع این خط با منحنی مشخص کننده a_{90} می باشد

$$a_{90}b' = \frac{1}{1/15}(a_{90})(c')$$

با داشتن a_{90} و t_{90} را داریم

$$\bar{U} = \%90 \Rightarrow T_v = 0/848$$

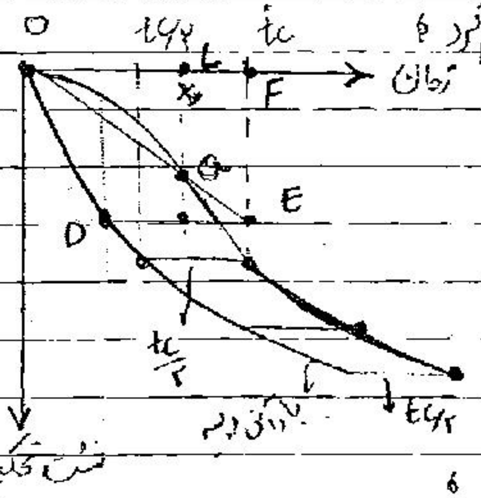
$$\boxed{C_v = \frac{0/848\,d^2}{t_{90}}}$$

این دو روش از لحاظ دقت تفاوت چندانی ندارند

در هر دو روش منحنی آزمایش را با منحنی تئوری مقایسه کردیم ؟

* تصحیح برای مدت ساختمان :

می توان برای یک مسأله دلخواه نشست تحکیمی را برحسب زمان رسم کرد :



تا به حال $S_{c\,final}$ را می توانستیم حساب کنیم

* $S_{c\,final} = \frac{H}{1+e_0} C_c \log \frac{\sigma_1'}{\sigma_0'}$ $OCR = 1$

نشست در طی زمان را هم بلدیم حساب کنیم

$T_v = \frac{C_v t}{d^2}$ از روی منحنی $\bar{U}$ را بدست می آوریم :

t	T_v	$\bar{U}$	S_c
t_1	T_{v1}	$\bar{U}_1$	$S_c(t=t_1)$
t_2			
⋮			
t_n			

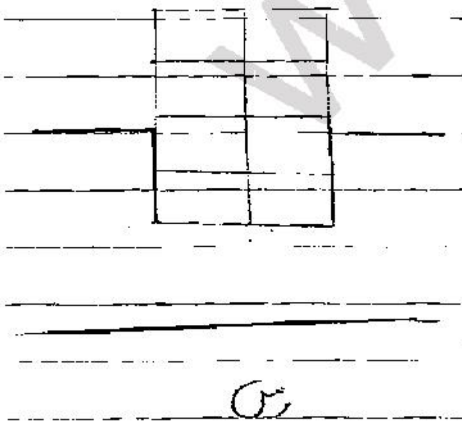
* $S_c(t=t_1) = \bar{U} \times S_{c\,final}$

$t > t_c$ $S(t) = S(t - \frac{t_c}{2})$ زمان ساختمان $= t_c$

با استفاده از این جدول منحنی را می کشیم

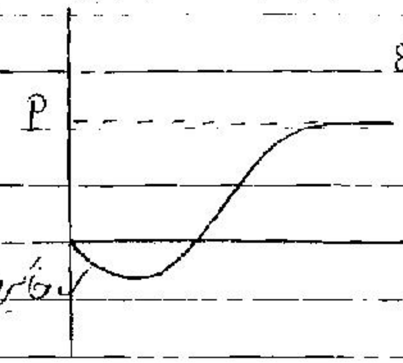
$t < t_c$ $S(t) = S(\frac{t}{2}) \cdot \frac{t}{t_c}$

این منحنی را که رسم می کنیم فرض بر این است که بار ناگهانی وارد شده است مثلاً یک ساختمان ناگهان روی خاک گذاشته شده است اما واقعیت این طور نیست

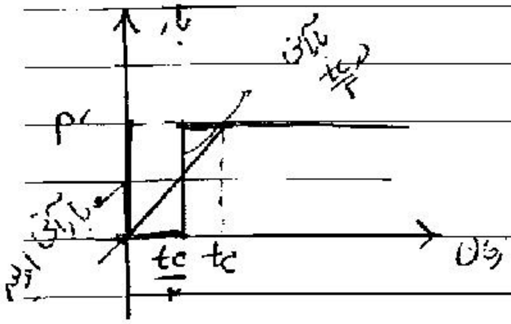


اول گود برداری می کنیم بعد می سازیم

* منحنی بار به صورت زیر است :



Subject:
Year. Month. Date.



این دو منحنی معادل اند

* $P' = P -$ بار ناشی از گود برداری

منحنی نشست در زمان آنی بود

* اما بار واقعاً بار تدریجی است

* تقریباً در زمان [illegible] بار آنی وارد می‌شود اما در زمان $\frac{tc}{2}$

اصلاح منحنی نشست

۱ـ نشست در زمان tc برابر است با [illegible] در زمان $\frac{tc}{2}$ با بار آنی از زمان ۰ منحنی اولیه

۲ـ نشست در زمان $t > tc$ اضافی [illegible] برابر tc با منحنی بار آنی دارد چون $\frac{tc}{2}$ دیرتر آغاز شده است

۳ـ نشست در زمان $t < tc$ با استفاده از [illegible] بار آنی بدست می‌آید ولی باید آن را تصحیح کرد زیرا هنوز بار P′ کاملاً وارد نشده است [illegible] بار $\frac{t}{tc}$ اعمال شده است

نکته از طریق تشابه مثلثات

۱ـ خط افقی DE رسم می‌شود

۲ـ خط OE رسم می‌شود

۳ـ نشست در زمان t برابر است با LG که می‌شود $= FE \cdot \frac{t}{tc}$

FE نشست در زمان $\frac{t}{2}$ با بار اولیه از منحنی اولیه

← * $\frac{t}{tc}$ تصحیح نشست برای زمان t

تحکیم قبل از ساختمان :

در خاک های دانه ای اگر تراکم مناسب نداشته باشند با چند روش می شود آنها را تا عمق های زیادتر متراکم کرد

تحکیم دینامیکی ، انفجار ، ویبره ای شناوری

روش دینامیکی برای ریزدانه امکان پذیر نیست چون خاک های دانه ای تحت اثر بارگذاری دینامیکی حرکت می کند

و دانه ها طوری حرکت می کردند که کمترین فاصله بین آنها پیش می آید .

اگر یک خاک ریزدانه داشتیم و می خواستیم کیفیت آن را بهبود بخشیم هم از نظر مقاومت برشی و هم از نظر

کاهش تراکم پذیری :

ریزدانه

روشی که برای آن بکار می رود تحکیم قبل از ساختمان است

یعنی قبل از این که سازه را بسازیم با روش های خاک را تحکیم کنیم و بعد سازه اصلی را روی آن بنا کنیم

دو روش وجود دارد :

۱- پایین آوردن سطح آب زیرزمینی

در این صورت تنش موثر افزایش می یابد و خاک تحکیم می یابد

۲- پیش بارگذاری خاک

به این شکل است که بار مورد نظر را در سطح زیاد خاکریز با ارتفاع معین روی آن می ریزیم و اجازه می دهیم

که این وزن خاک تحکیم پیدا کند و بعد خاک خاکریز را برمی داریم و بعد سازه اصلی را بنا می کنیم

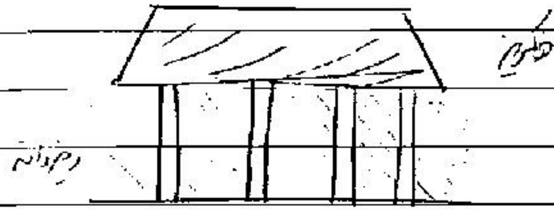
این روش برای ساختمان هایی کاربرد دارد که وسیع هستند مثل برای فرودگاه ها

(سالن)

چون طی زمان وقتی خاک تحکیم پیدا می‌کند خانه‌های ما هم نشست می‌کنند بیشتر برای این جاها فرودگاه و بندرها بکار می‌رود ؟

مشکلی که در این روش وجود دارد این است که این تحکیم زمان‌بر است که این زمان در واقع اتلاف هزینه است

به خاطر همین روش‌هایی بکار می‌برند که تحکیم را تسریع کند



معمولاً اگر خاک خوب نباشد خاکریز روی یک لایه زهکش اجرا می‌شود

چاهک‌های ماسه‌ای تعبیه می‌شود بدین صورت که چاله‌هایی حفر می‌شود و داخل آن با ماسه پر می‌شود که باعث می‌شود تحکیم با سرعت بیشتری ادامه یابد

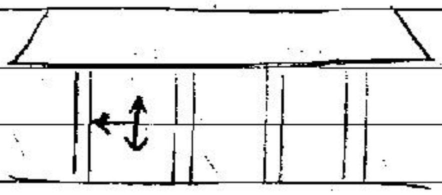
با این عمل دیگر نمی‌توان از تئوری یک بعدی ترزاقی استفاده کرد چون آب در ۳ جهت حرکت می‌کند

در جهت قائم برای رسیدن به زهکش بالایی و در جهت افقی برای رسیدن به چاهک‌های ماسه‌ای

به همین دلیل از تئوری ۳ بعدی استفاده می‌شود ؟

* اگر خاک‌ها طوری باشند که بخشی از تحکیم را تحکیم ثانویه شامل شود تحکیم ثانویه آن زیاد باشد اجرای چاهک‌های زهکش ماسه‌ای زیاد مؤثر نیست ؟

— چون در تحکیم ثانویه نشست با کاهش فشار آب همراه نیست و جریان تراوش به آن صورت وجود ندارد



باید معادله تحکیم ۳ بعدی را در مختصات استوانه‌ای بنویسیم که محور چاه محور تقارن آن است ؟

$$* \quad \frac{\partial u}{\partial t} = \overbrace{C_h \left(\frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} \right)} + \underbrace{C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}}$$

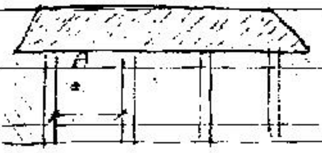
معادله دیفرانسیل تحکیم
در مختصات استوانه‌ای

$$* \quad \boxed{\frac{C_h}{C_v} \simeq \frac{K_h}{K_v}}$$

ضریب نفوذپذیری
در جهت افقی و قائم

ضریب تحکیم افقی C_h
〃 〃 قائم C_v

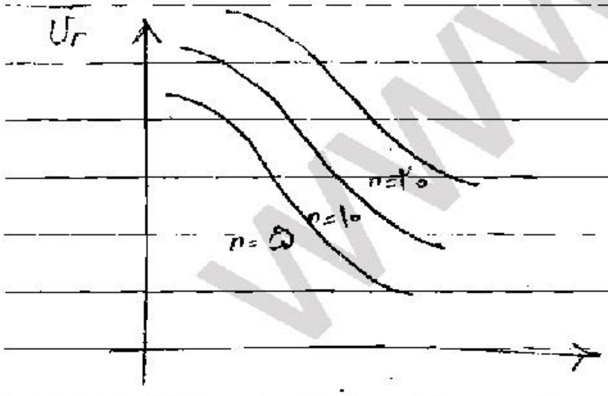
* اگر فاصله چاه‌های زهکش افقی از ضخامت لایه بیشتر باشد آیا اجرای چاه زهکش مؤثر هست یا نه ؟



* چونکه در این جا مؤثر است آبی که در A هست
تمایل دارد به سمت چاه برود

* معمولاً ضریب تحکیم افقی از ضریب تحکیم قائم بیشتر است چون
نفوذپذیری افقی بیشتر از نفوذپذیری قائم است اگر حرکت آب در جهت افقی هم را بسته‌ایم کار مورد نظر را انجام داده‌ایم
ما سعی می‌کنیم زمان تحکیم را کوتاه کنیم و فشار آب حفره‌ای سریع‌تر تغییر کند و کاهش می‌یابد.

حل معادله دیفرانسیل



$$\boxed{n = \frac{R}{r_d}}$$

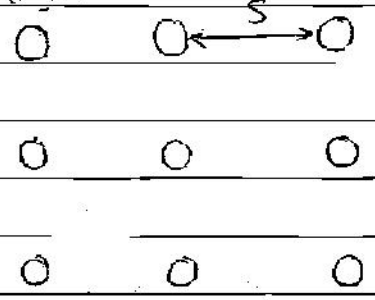
$$\boxed{T_r = \frac{C_h \cdot t}{4R^2}}$$

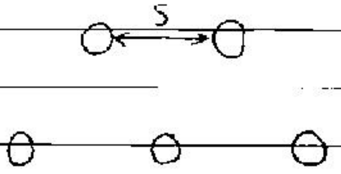
$$\boxed{R = f(s)}$$

T_r - فاکتور زمانی تحکیم شعاعی
$\bar{U}_r$ - تحکیم متوسط شعاعی
r_d - شعاع چاه زهکش
R شعاع زهکشی شعاعی
S فاصله محور تا محور چاه‌ها

www.tnar.ir

۳ تابعی از S است چون نحوه چیدمان چاه ها در پلان فرق دارد (شکل ممکن است مربعی یا مثلثی)
(بهینه‌تر) (ممکن)

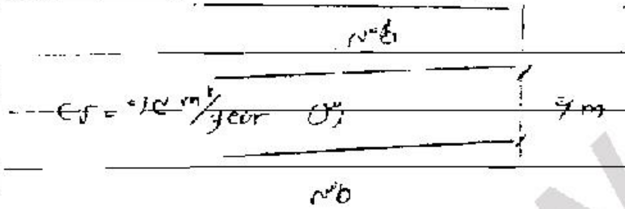




با توجه به هر شکل قرارگیری ۳ متفاوت است
با وجود این که S یکسان است

$$\boxed{\text{تحکیم متوسط}\quad \bar{U} = 1-(1-\bar{U}_v)(1-\bar{U}_r)}$$

مثال ۴ : لایه رسی زیر باری در خاک احداث می‌شود
اگر نشست بخواهیم تحکیم ناشی از این بارگذاری
۴۰% پایان یابد از چه زمانی ۴۰% نشست
خواهیم داشت ؟

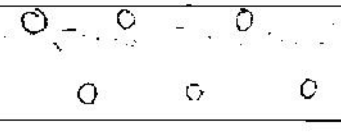


$* \quad U_v = \frac{40}{60} = 0.67 \longrightarrow$ از منحنی T_v را می‌خوانیم :

$T_v = 0.36$

$C_v = \frac{T_v d^2}{t} \Rightarrow \boxed{t = 10.8\ months}$

ب) اگر چاه های ماسه‌ای با آرایش $S = 3^m$, $r_d = 0.3m$ مرکز به مرکز بعد از ۵ ماه نشست تحکیم چه حدود
آرایش زیگزاگی چاه ها به صورت مثلثی است ؟



$R = 0.525S$ $\qquad C_h = 1.5\ m^2/months$

$R = 0.525S \rightarrow R = 1.575\ m$

$$\begin{cases} n = \frac{R}{r_d} = \frac{1.575}{0.3} = 5.25 \\ T_r = C_h \frac{t}{4R^2} = 0.227 \end{cases} \Rightarrow \text{منحنی} \ \boxed{U_r = 0.85}$$

www.ttnar.ir

$$T_r = \frac{C_v t}{d^۲} = \frac{۰/۳ \times ۱/۵}{۳^۲} = ۰/۰۵ \Rightarrow \boxed{\overset{۲۳}{U_r} = ۰/۲۵} \qquad d = H/۲ = ۶/۲ = ۳$$

$$U = ۱-(۱-۰/۲۵)(۱-۰/۸۵) = ۰/۸۸۷۵$$

$$\Rightarrow S_c = ۰/۸۸۷۵ \times ۶۰ = ۵۳,۲۶ \text{ cm}$$

درحالت فنی بعداز ۱۱ ماه $\overset{cm}{۴۰}$ نشست داشتیم :

www.ttnar.ir

Subject:
Year. Month. Date

* پایداری شیروانی ها : فصل پنجم

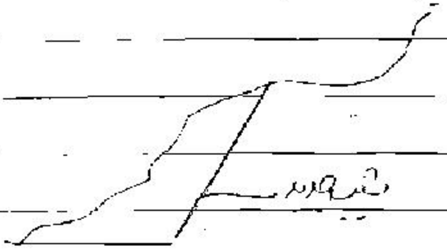
دعلوم هنا
از گرگ خواند
orange

* شیروانی ها به اشکال مختلف وجود دارند ؟

1 — شیروانی های طبیعی : مثلاً یکجاده را از جائی عبور می دهیم مسیر جاده (شیب) شیبی وجود دارد یا سدی را ساختیم دریاچه ای در دامن شیروانی ها قبلاً خشک بودند الان شیروانی ها دیگر خشک نیستند باید این پایداری شیروانی را بررسی کرد

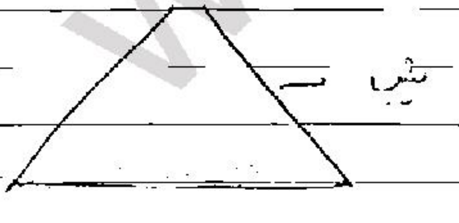
2 — شیروانی های ناشی از خاکبرداری :

مثلاً یک شیب طبیعی وجود دارد ما آن را بر می داریم مثلاً برای جاده سازی



3 — شیروانی های ناشی از خاکریزی :

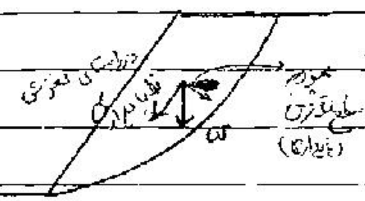
مثلاً سدهای خاکی را با خاکریزی می سازیم شیب ایجاد شده باید از نظر پایداری مورد بررسی قرار بگیرد.



* مکانیزم ناپایداری در شیروانی ها ناشی از چیست ؟

— وزن و نیروهای اینرسی

www.ttnar.ir



مؤلفه وزن در ۲ جهت عمل می کند

یک مؤلفه در راستای سطح لغزش است که خرابی می کند

یک مؤلفه عمود بر سطح لغزش وجود دارد که به پایداری کمک می کند

$\tau = \sigma_n \, tg \, \varphi + C$ مقاومت برشی در راستای سطح لغزش

این مؤلفه مقاومت برشی را در راستای سطح لغزش افزایش می دهد

پس وزن خاک دو عملکرد دارد 8

- یک مؤلفه در جهت ناپایداری

- یک " " پایداری

با تغییر این شیب این مؤلفه ها توازنشان و عملکردشان تغییر می کنند

* کار ما این است که یک شیب طرح کنیم، پیدا کنیم تا پایداری لازم را برای شرایط داشته باشیم

ضریب اطمینان در اینجا تعریف می شود

مؤلفه در راستای سطح لغزش یک تنش برشی ایجاد می کند τ موجود

از طرفی خود خاک یک مقاومت برشی دارد τ مقاومت برشی

هر چه F_s بزرگتر باشد شیب ما پایدارتر است

$$F_s = \frac{\tau_{\text{مقاومت برشی}}}{\tau_{\text{موجود}}}$$

ممکن است F_s را بر اساس نیروی مقاوم و نیروی محرک نمایش شود

مؤلفه وزن = نیروی محرک

$$F_s = \frac{\text{نیروی مقاوم}}{\text{نیروی محرک}}$$

می‌توان از نیروها حول یک نقطه دلخواه لنگر گرفت و نسبت لنگرها را بگیریم

$$F_s = \frac{\text{لنگر مقاوم}}{\text{لنگر محرک}}$$

کار ما این است که در مورد یک شیروانی یک سطح لغزش فرضی در نظر بگیریم و هر یک از این حالات را حساب کرده

ضریب [illegible] [illegible] کنیم

— در شیروانی [illegible] است 8

۱ـ فرض یک سطح لغزش

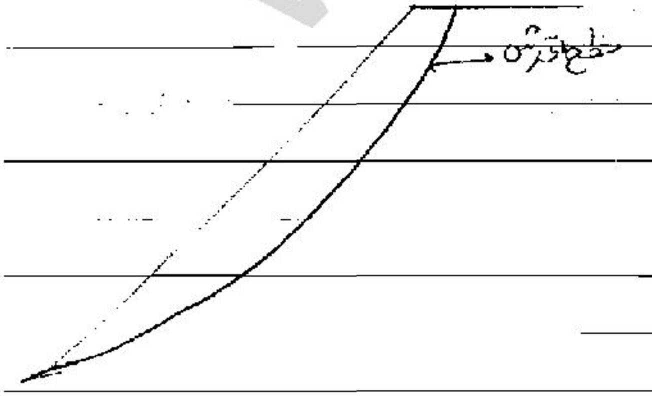
۲ـ روش بدست آوردن [illegible] نیرو

۳ـ بدست آوردن یک ضریب اطمینان

باید یک ضریب اطمینان جزئی Fs داشته باشیم چون در [illegible] های خاک ناشناختگی‌هایی وجود دارد

پس ضریب حقیقی را می‌دهیم گاهی اوقات ضریب اطمینان یک را [illegible] مثلا

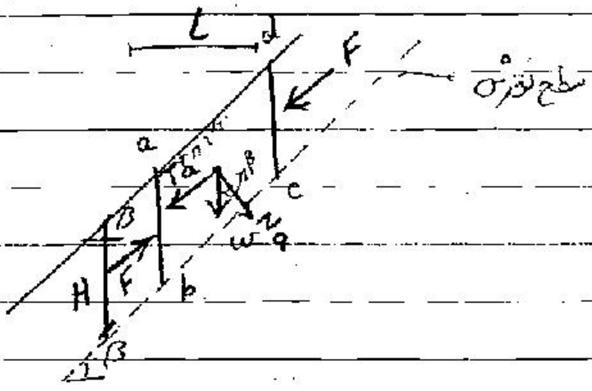
I * پایداری شیروانی‌ها با محدود 8



در این روش سطح لغزش را [illegible] رسم کرده با
سطح خاک موازی است (شیب [illegible])

خاک ، اشباع نیست

www.ttmar.ir



β : زاویه شیب با افق

یک بلوک dcab جدا می‌کنیم

L طول L

H ارتفاع ab

* تعادل قطعه abcd را بررسی می‌کنیم ؛

* یکی از فرضیات ما در اینجا این است که F در دو طرف بلوک برابر است هم راستا و مقدار یکسان دارند

$$* \quad W = \gamma L H \begin{cases} \rightarrow W\cos\beta = \gamma L H \cos\beta = N_a \\ \rightarrow W\sin\beta = \gamma L H \sin\beta = T_a \end{cases}$$

$$\text{bc تنش قائم در} \quad \sigma = \frac{N_a}{L/\cos\beta} = \gamma H \cos^2\beta$$

$$\text{bc تنش برشی موجود در} \quad \tau = \frac{T_a}{L/\cos\beta} = \gamma H \cos\beta \sin\beta$$

$$\tau_{\text{مقاوم}} = C + tg\alpha\,\sigma = C + \gamma H \cos^2\beta \cdot \tan\varphi$$

$$* \ \text{ضریب اطمینان} \quad F_S = \frac{\tau_{\text{مقاوم}}}{\tau_{\text{موجود}}} = \frac{C + \gamma H \cos^2\beta \tan\varphi}{\gamma H \cos\beta \sin\beta}$$

$$= \frac{C}{\gamma H \cos\beta \sin\beta} + \frac{\gamma H \cos^2\beta \tan\varphi}{\gamma H \cos\beta \sin\beta}$$

$$= \frac{C}{\gamma H \cos\beta \sin\beta} + \frac{\tan\varphi}{\tan\beta}$$

www.ttmar.ir

Subject:
Year. Month. Date.

نکات :

۱ - اگر چسبندگی صفر باشد و خاک دانه‌ای باشد

$$* \quad F_s = \frac{\tan\varphi}{\tan\beta}$$

اگر بخواهیم ضریب اطمینان را ① بگیریم باید $\beta = \varphi$

۲ - ضریب اطمینان به H بستگی دارد هرچه سطح لغزش را در عمق بیشتری بگیریم ضریب اطمینان کمتر می‌شود :

$H \longrightarrow$ افزایش می‌یابد $\longrightarrow F_s \longrightarrow$ کاهش می‌یابد

* H بحرانی وقتی است که $F_s = 1$ باشد

$$* \quad H_{critical} \Rightarrow F_s = 1$$

$$F_s = 1 \;,\; H_{cr} = H \Rightarrow \boxed{H_{cr} = \frac{c}{\gamma \cos^2\beta\,(\tan\beta - \tan\varphi)}}$$

اصطک

اگر خاک چسبنده باشد در اعماق زیاد لغزش بیشتر است :

ما در بررسی پایداری به دنبال بحرانی‌ترین سطح لغزش هستیم

ممکن است Hcr را یک عددی بدست آوریم اما شرایط به گونه‌ای باشد که خاک ما تقریباً شکل یک سنگ مقاوم داشته باشیم.

۳ - اگر شرایطی را در نظر بگیریم که سطح آب بر روی سطح لغزش و موازی سطح زمین، جهت تراوش در جهت شیب باشد :

$$* \quad \boxed{F_s = \frac{c}{\gamma_{sat} H \cos\beta \sin\beta} + \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} \times \frac{\tan\varphi}{\tan\beta}}$$

(اشتباه رابطه در کتاب [illegible]

(ص 237)

www.ttnar.ir

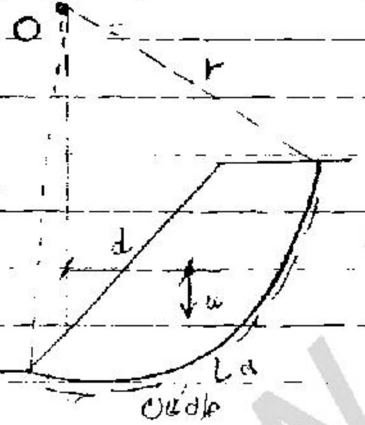
* در هر دو حالت وجود آب ضریب اطمینان را کم می کند ؟ ← (اطمینان بابت شیروانی کاهش می یابد)

$$\gamma_{sat} = ۲۰ \qquad \gamma_w = ۱۰ \Rightarrow \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} \overset{\text{حدود}}{\simeq} ۱/۲$$

• حالت خیلی بحرانی خواهد بود اگر $c = 0$ باشد ؟

$$c = 0 \Rightarrow \boxed{F_s = \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} \cdot \frac{\tan\varphi}{\tan\beta}}$$

نسبت به ضریب اطمینان قبلی حدود ۱/۲ می شود این نشان دهنده اهمیت اشباع نبودن شیروانی ها است



که چرا شیروانی خشک پایدار است ؟

* II سطح لغزش کمانی از دایره باشد 8

فرض کنیم خاک در شرایط UU است

پس C_u داریم اما $\varphi_u = 0$ است ؟

$$* \quad \tau = c_u$$

نیروی مقاوم $F = c_u (L_a \times \overset{\text{واحد طول}}{1})$

گشتاور مقاوم $M = c_u (L_a \times r)$ نسبت به O

ضریب اطمینان $\boxed{F_s = \frac{\text{گشتاور مقاوم}}{\text{گشتاور محرک}} = \frac{c_u L_a r}{W . d}}$

اگر $\varphi \neq 0$ بود آن وقت σ_n که پایدار در τ دخیل کنیم از طرفی هر نقطه روی سطح لغزش σ_n که متفاوت است پس رابطه کمی پیچیده تر می شود

www.ttnar.ir

* ضریب اطمینان برای یک سطح گسیختگی فرضی کافی نیست باید تعداد زیادی سطح گسیختگی فرضی بگیرید

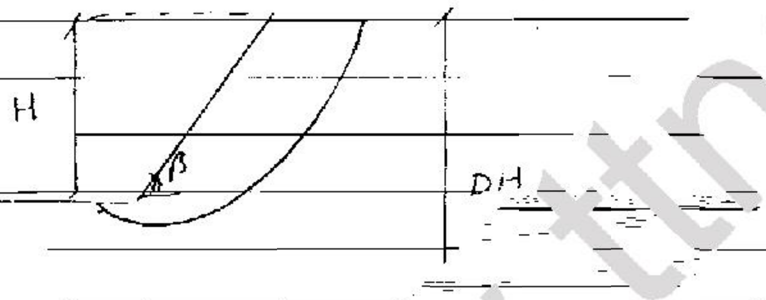
در هر کدام از این ها Fs متفاوت است باید Fs را که کمترین مقدار را دارا انتخاب کرده و مقدار بحرانی را بنامیم

$$N_s = \frac{C_u}{F \gamma H}$$

گراف تایلور

β ⟶ شیب شیروانی

برای H ها [illegible] مختلفی داریم



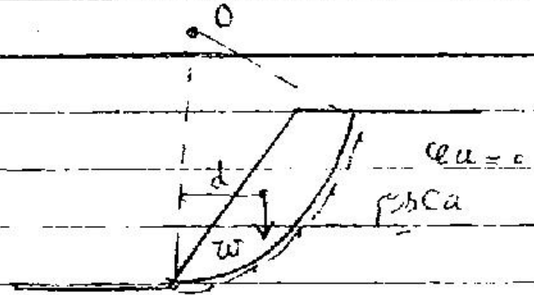
F بدست آمده از چارت تیلور بحرانی ترین F است

www.ttnar.ir

به نام خدا

ج ۲۵

پایداری شیروانی :



این روش برای بررسی پایداری کوتاه مدت شیروانی‌های اشباع مورد استفاده قرار می‌گیرد

$$F_s = \frac{\text{لنگر مقاوم}}{\text{لنگر محرک}} = \frac{C_u \cdot L r}{W d}$$

$$\tau = C_u \Rightarrow \text{نیروی مقاوم} = C_u(\overset{\text{طول کمان}}{l} \times 1)$$

اگر $\varphi_u \neq 0$ بود نیروی مقاومت برشی به این صورت نبود باید به شکل کلی بیان می‌شد :

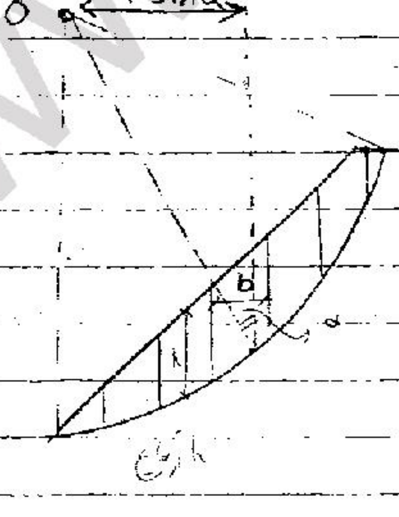
$\varphi \neq 0$ ؛ $\tau = c + \sigma_n \tan\varphi$

* راه دیگر این است که شیروانی را به قطعاتی تقسیم کنیم و نیروی مقاوم برشی هر base را حساب کنیم :

این روش انجام کار روش‌های مختلف پایداری شیروانی است که به روش قطعات معروف است :

* Slice Method

روش قطعات

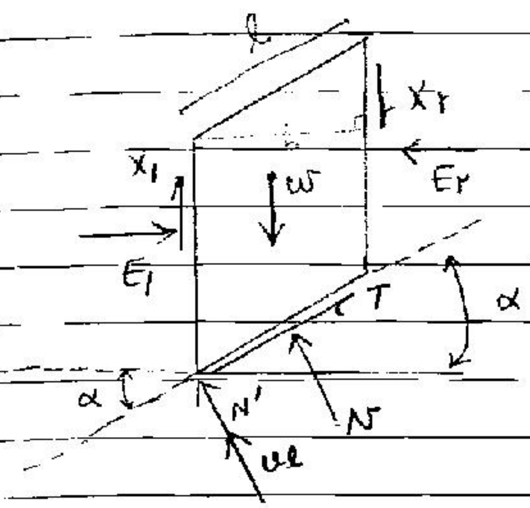


شیروانی را به قطعاتی تقسیم کردیم

عرض هر قطعه را به طور یکسان در نظر می‌گیریم برابر با b

www.ttnar.ir

یک قطعه را بیرون آورده
نیروها را بررسی می‌کنیم



N را به دو نیروی N' و ul (فشار آب)
تقسیم کردیم

N' = وزن مؤثر (از σ' ناشی می‌شود)
ul = فشار آب

$N = N' + ul$

$$* \quad F_s = \frac{\tau_f}{\tau_m} \quad \frac{\text{مقاومت برشی خاک}}{\text{تنش برشی موجود}}$$

N از σ_n ناشی می‌شود :

هر قطعه $W = \gamma b h$

$$N \begin{cases} \rightarrow ul \\ \rightarrow \sigma_n' l = N' \end{cases}$$

$T = \tau_m l$

* در طول قطعه برش باید تعادل لنگرها برقرار باشد :

تعادل کلی لنگرها :

$$* \quad \underbrace{\sum Tr}_{\text{لنگر مقاوم}} = \underbrace{\sum wr \sin\alpha}_{\text{لنگر محرک}}$$

$$* \quad T = \tau_m l = \frac{\tau_f}{F} l$$

$$* \quad \sum \frac{\tau_F}{F} l = \sum w \sin\alpha \Rightarrow F = \frac{\sum \tau_F l}{\sum w \sin\alpha}$$

$$* \quad F = \frac{\sum (c' + \sigma' \mathrm{tg}\varphi') l}{\sum w \sin\alpha} = \frac{c' l_a + \mathrm{tg}\varphi' \sum N'}{\sum w \sin\alpha}$$

* در اینجا N' معلوم نیست :

پس باید یکسری فرض‌ها در نظر بگیریم تا بتوان معادلات را نوشته و مجهولات را یافت :

اولین فرضیات را Fellenius بکار برد :

۱- برآیند نیروی بین قطعات یعنی X_1, X_2 و E_1, E_2 موازی سطح لغزش قطعه است ، موازی T .

برآیند نیروها در جهت عمود بر سطح لغزش قطعه نوشته می‌شود :

$$* \quad N' + ul = w \cos\alpha$$

$$\Rightarrow N' = w\cos\alpha - ul \Rightarrow \text{جایگذاری در } F_s$$

$$F = \frac{c' l_a + \mathrm{tg}\varphi' \sum (w\cos\alpha - ul)}{\sum w \sin\alpha}$$ در فضای تنش موثر

$$F = \frac{c_u l_a + \mathrm{tg}\varphi_u (\sum w \cos\alpha)}{\sum w \sin\alpha}$$ در فضای تنش کل

* جزو دیگری به نام (Bishop) روش دیگری را بیان کرد با یک فرض :

فرض کرد : // روش بیشاپ اصلاح شده // Modified Bishop

۲- $x_1 = x_2$ از لحاظ مقدار مطلق برابرند

$$* \quad T = \frac{\tau_f}{F} l = \frac{1}{F}\left[c' + \sigma' \, tg\varphi'\right] l$$

$$* \quad T = \frac{1}{F}\left(c'l + N' tg\varphi'\right)$$

تعادل در راستای قائم

$$\begin{cases} W = [N \cos\alpha] + (T \sin\alpha) \\ W = [N' \cos\alpha + ul\cos\alpha] + \left(\frac{c'l}{F} \cdot \sin\alpha + \frac{N'}{F} tg\varphi' \sin\alpha\right) \end{cases}$$

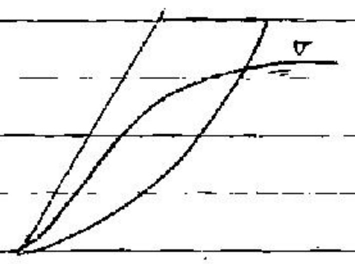
$$N' = \frac{\left(W - \frac{c'l\sin\alpha}{F} - ul\cos\alpha\right)}{\left(\cos\alpha + \frac{tg\varphi' \sin\alpha}{F}\right)} \quad ; \quad l = b\sec\alpha$$

N' را در F جایگذاری می‌کنیم

$$\boxed{F = \frac{1}{\Sigma W \sin\alpha} \Sigma \left\{c'b + (W - ub) tg\varphi'\right\} \frac{\sec\alpha}{1 + \frac{tg\alpha \, tg\varphi'}{F}}}$$

این معادله با سعی و خطا حل می‌شود یک F می‌گذاریم در طرف دوم برابری می‌کنیم آیا همان F است یا خیر؟

برای هر قطعه r_u متفاوت داریم ؛ ضریب فشار آب حفره‌ای $\boxed{r_u = \frac{u}{\gamma h}}$



γh – فشار کل

h – ارتفاع قطعه

u – فشار آب در زیر قطعه در ته قطعه

* اگر خاک اشباع نباشد $r_u = 0$

$u = \gamma_w h = 10h$
$\gamma h \approx 20h \rightarrow r_u = 1/2$
γ_{sat} حدوداً ۲۰ است

* اگر خاک کاملاً اشباع باشد و فشار آب حفره‌ای هیدرواستاتیک باشد $r_u = 1/2$

* اگر $r_u = 1$ باشد یعنی $u = \gamma h$ یعنی فشار آب حفره‌ای با تنش کل برابر است؛ تنش موثر صفر است؛

رابطه را بر حسب r_u می‌نویسیم؛

$$\boxed{F = \frac{1}{\sum W \sin\alpha} \sum \left[\left\{ c'b + W(1-r_u)\operatorname{tg}\varphi' \right\} \frac{\sec\alpha}{1+\frac{\operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\varphi'}{F}} \right]}$$

* این F ای که بدست می‌آید برای یک سطح لغزش است باید چندین سطح لغزش را امتحان کرد

* تعداد زیادی روش تحلیل وجود دارد با هم تفاوت‌هایی دارند؛

– از جمله این تفاوت‌ها فرضیاتی است که می‌کنیم؛

– دیگر تعریف ضریب اطمینان است که می‌تواند لنگرها یا نیروها باشد؛

– دیگر در شکلی است که برای سطح گسیختگی فرض می‌کنند برای مثال یک شکل دایره‌ای در نظر گرفتیم؛

– معادلاتی که هر روش به خدمت می‌گیرد؛ در اینجا از تعادل کلی لنگرها و تعادل در راستای قائم را نوشتیم

تعادل نیرو عمودی برای هر قطعه بود تعادل لنگر برای کل سطح گسیختگی

در هر شکل می‌توان معادلات تعادلی را بکار برد

بعضی روش‌ها هم مجهولات را به دست می‌آورند چون معادلات بیشتری به کار می‌گیرند

www.ttrar.ir

شکل روبرو $\gamma = 20\ kN/m^3$

$C' = 10\ kN/m^2$

$\varphi' = 29°$

مرحله ①: تمامی h را بدست آوردیم:

$$\omega = \gamma b h = 20(1.5)(h) = 30h\ kN/m$$

مرحله ②

$h\sin\alpha$ و $h\cos\alpha$ را بدست آورده به صورت ترسیمی

مرحله ③ محاسبه فشار آب حفره‌ای

$$u = \gamma_w . Z_w$$

فاصله وسط کمان هر قطعه تا سطح آب

مرحله ④

$$L_a = 14.25\ m$$

مرحله ⑤

$$F = \frac{c' l_a + tg\varphi' \sum (\omega\cos\alpha - ul)}{\sum \omega\sin\alpha}$$

$$\sum \omega\cos\alpha = \sum 30h\cos\alpha = 30(17.5) = 525\ kN/m$$

$$\sum \omega\sin\alpha = \sum 30h\sin\alpha = 30(8.45) = 254\ kN/m$$

$$\sum(\omega\cos\alpha - ul) = 525 - 132 = 393$$

$$F = 1.42$$

قطعه ۷ $u=0$ زیرا چون که سطح آب زیر نقطه است.