

آزمایش تحکیم

(Consolidation)

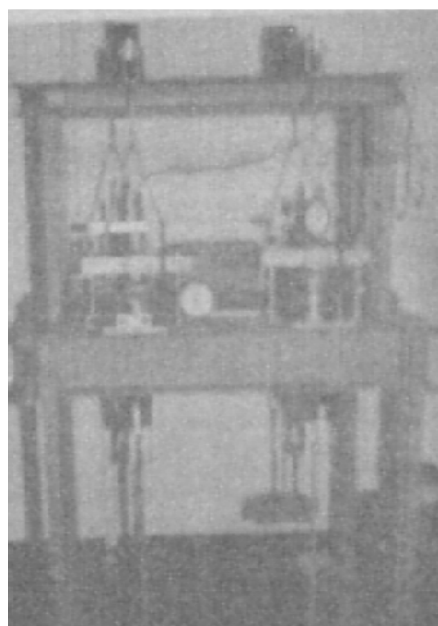
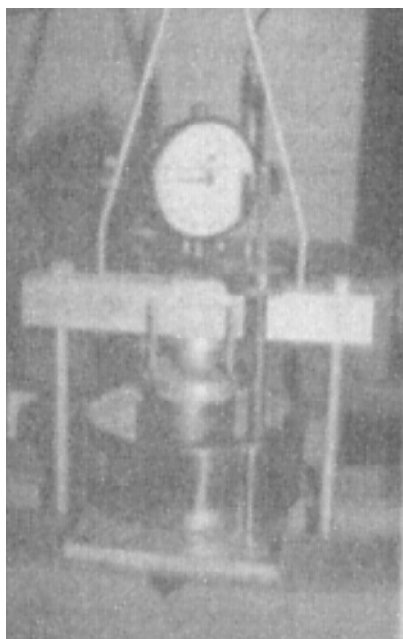
مقدمه :

تحکیم روند نشست وابسته به زمان رسهای اشباع در هنگام تحمل بار اضافی است. اساس کار ما در این آزمایش بر پایه « تحکیم یک بعدی » میباشد.

زمانی که خاک اشباع تحت تاثیر افزایش تنش قرار می گیرد، فضا را آب منفذی ناگهان افزایش می یابد. در خاکهای ماسه ای با نفوذپذیری بالا، زهکشی ناشی از افزایش فشار آب منفذی کاملاً آبی است، زهکشی آب منفذی با کاهش حجم توده خاک همراه است که خود به نشست منجر میشود. به دلیل زهکشی سریع آب منفذی در خاکهای ماسه ای، نشست آبی و تحکیمی همزمان رخ می دهد.

زمانیکه لایه رس تراکم پذیر اشباع تحت تاثیر افزایش تنش قرار میگیرد، نشست آبی بلافاصله انجام میگیرد. از آنجا که ضریب نفوذپذیری رس بسیار کمتر از ماسه است، افزایش فشار منفذی ناشی از بارگذاری به صورت تدریجی در طی زمان طولانی مستهلک میشود. بنابراین تغییر حجم مربوطه خاک رس (یعنی تحکیم) تا مدت زمان طولانی پس از نشست آبی ادامه می یابد. نشست ناشی از تحکیم در خاک رس چندین برابر بزرگتر از نشست آبی است.

این آزمایش برای اولین بار توسط ترزاقی مطرح شد. در شکل زیر میتوان یک دستگاه تحکیم سنج را بصورت عادی و در حین انجام آزمایش، را میتوانید مشاهده کنید :



وسایل آزمایش :

۱. دستگاه تحکیم. (اودومتر هم گفته میشود).

۲. وسیله آماده سازی نمونه.

۳. ترازو با دقت 0.01 گرم.

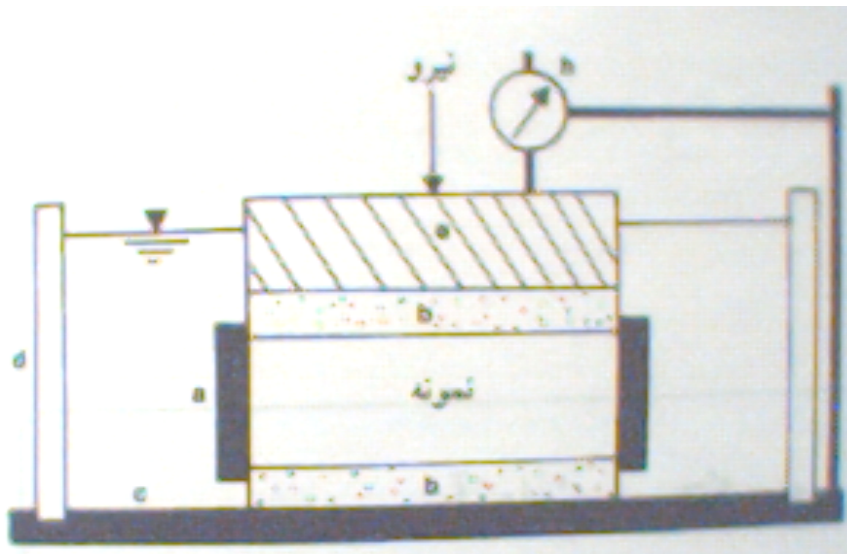
۴. ساعت (کرونومتر).

۵. ظرف تعیین رطوبت.

۶. گرمچال (اون).

دستگاه تحکیم دارای یک تحکیم سنج و وسیله اعمال نیرو میباشد. شکل دستگاه تحکیم را بصورت

شماتیک در زیر مشاهده کنید :



با توجه به نامگذاریهای انجام شده در شکل بالا :

a : حلقه برنجی.

b : سنگ متخلخل.

c : صفحه پایه.

d : حلقه پلاستیکی.

e : کلاهک بارگذاری.

f : حلقه فلزی.

g : لوله.

h : گیج (عقربه مدرج).

روش انجام آزمایش :

- نمونه خاک را برای آزمایش آماده میکنیم. نمونه مزبور را از نمونه طبیعی دست نخورده ای که به کمک لوله جدار نازک شلبی از محل به دست آمده است ، انتخاب و جدا میکنیم. قطر لوله نمونه گیر باید در حدود **6.35** میلیمتر تا **12.7** میلیمتر از قطر نمونه لازم برای انجام آزمایش بیشتر باشد. (البته با توجه به اینکه انجام این کار در آزمایشگاه مقدور نمیشود ما از نمونه بازسازی شده استفاده خواهیم کرد.)
- برای آماده سازی نمونه به میزان **40%** عبوری از الک شماره **40** و **60%** عبوری از الک شماره **100** خاک را با هم مخلوط می کنیم.
- مقداری از خاک را برای آزمایش رطوبت و تعیین چگالی جامد ذرات (G_s) جدا میکنیم.
- وزن حلقه تحکیم را تعیین میکنیم و با W_1 نامگذاری مینماییم.
- نمونه خاک را داخل حلقه تحکیم سنج قرار داده و با استفاده از اره سیمی (خط کش فلزی) خاک اضافی را از بالا و پایین حلقه جدا می کنیم و ابعاد نمونه را اندازه میگیریم.
- حال وزن حلقه تحکیم سنج و نمونه خاک را اندازه میگیریم. (W_2)
- سنگ متخلخل پایینی که روی صفحه پایه تحکیم سنج قرار گرفته است را از آب اشباع میکنیم.
- نمونه خاک را که داخل حلقه قرار دارد روی سنگ متخلخل مزبور قرار می دهیم. سپس سنگ متخلخل بالایی را روی نمونه داخل حلقه می گذاریم. حلقه فلزی را نیز به صفحه پایه تحکیم وصل می کنیم.
- اکنون داخل تحکیم سنج را از آب پر میکنیم تا نمونه خاک در آب غوطه ور شده و اشباع باقی بماند در حالتی که از تحکیم سنج نوع با حلقه ثابت استفاده میکنیم، حلقه بیرونی که روی صفحه پایه وصل شده است و لوله متصل به صفحه پایه باید کاملاً از آب پر شده و در طول آزمایش پر از آب باقی بماند.
- تحکیم سنج را روی دستگاه اعمال بار قرار میدهیم.
- گیج (عقربه مدرج) تعیین تغییر شکل قائم را برای اندازه گیری مقدار نشست خاک روی تحکیم سنج قرار میدهیم. در ابتدای کار عقربه را روی صفر تنظیم میکنیم. گیج باید به نحوی کالیبره شود که هر درجه آن برابر **0.00254** میلیمتر نشست باشد.

– بار را روی نمونه اعمال میکنیم در این حالت فشار (P) روی نمونه باید $47.88 \frac{kN}{m^2}$ باشد. در

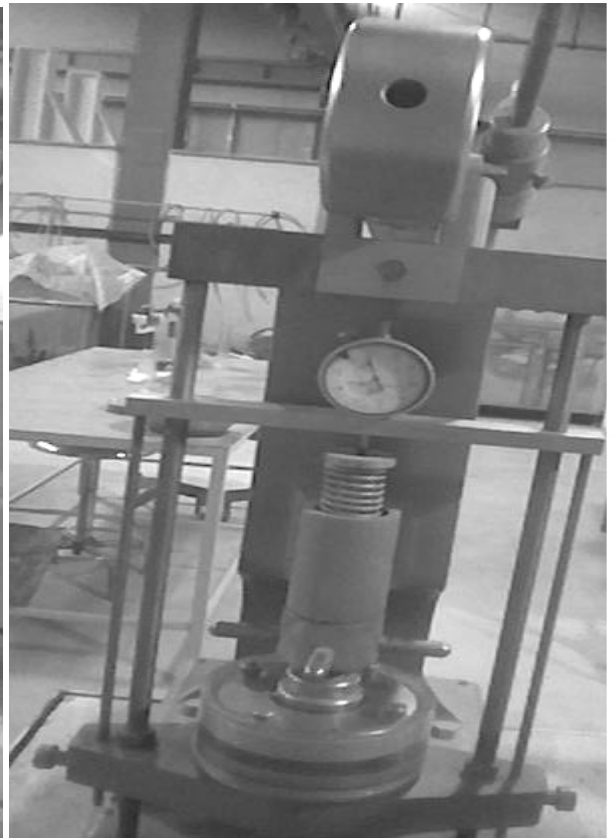
زمانهای **0,0.25,1,2.25,4,6.25,9,12.25,20.25,25,36,60,120,240,480,1440**

دقیقه گیج را قرائت کرده و اعداد خوانده شده را یادداشت می کنیم.

– در انتهای آزمایش، نمونه را از داخل حلقه بیرون آورده و درصد رطوبت آن را بدست می آوریم.

نمونه هایی از دستگاه تحکیم در حین کار را میتوانید در شکلهای زیر مشاهده نمائید.

نمونه هایی از دستگاه تحکیم در حین انجام آزمایش



محاسبات :

برای انجام محاسبات این آزمایش از فرمولهایی که در ذیل معرفی شده، استفاده میشود :

- برای بدست آوردن درصد تخلخل اولیه از این فرمول استفاده میشود :

$$1 + e_0 = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} = \frac{G_s * \gamma_w}{\gamma_d}$$

- برای هر پله بارگذاری باید مقدار درصد تخلخل را بدست آوریم که از فرمول زیر استفاده می کنیم :

$$\frac{\Delta H}{H_0} = \frac{\Delta e}{1 + e_0}$$

$$e_i = e_0 - \Delta e$$

$$M_v = \frac{\Delta e}{(1 + e_0) \cdot \Delta P}$$

$$C_v = \frac{T_{50} \cdot H_{dr}^2}{t_{50}}$$

$$d_{50} = \frac{d_0 + d_{100}}{2}$$

$$K = C_v * M_v * \gamma_w$$

توضیحات پارامترهای فوق :

ΔH : میزان تغییر طول نمونه تحت تحکیم.

e_0 : درصد تخلخل نمونه اولیه.

M_v : ضریب ترکم پذیری نمونه.

C_v : ضریب تحکیمی.

d_{50} : ارتفاع نمونه تحت تحکیم، در **50%** تحکیم.

d_0 : ارتفاع نمونه تحت تحکیم، در **0%** تحکیم.

d_{100} : ارتفاع نمونه خاک هنگامی که **100%** تحکیم شده باشد.

H_{dr} : بزرگترین مسیر زهکشی متوسط در زمان تحکیم.

K : ضریب نفوذ پذیری.

همچنین در این آزمایش باید دو فاکتور مهم CC (ضریب فشردگی) و CS (شیب خط بار برداری) را باید از نمودار P-e بدست آوریم.

برای بدست آوردن ضریب C_v همانطور که در فرمول بالا مشاهده میکنید از روش « لگاریتم زمان » استفاده می کنیم که در ذیل توضیح کامل استفاده از این روش بیان شده است.

روش لگاریتم زمان :

در نمودار زیر تغییر شکل نمونه در مقابل لگاریتم زمان برای یک بارگذاری معین در آزمون آزمایشگاهی نشان داده شده است. برای تعیین C_v باید به شکل زیر عمل کرد :

۱. بخش های مستقیم الخط تحکیم اولیه و ثانویه را امتداد دهید تا یکدیگر را در نقطه ای مانند A قطع کنند. مختصات عرض نقطه A نشانگر d_{100} است، یعنی تغییر شکل در پایان تحکیم اولیه 100٪.

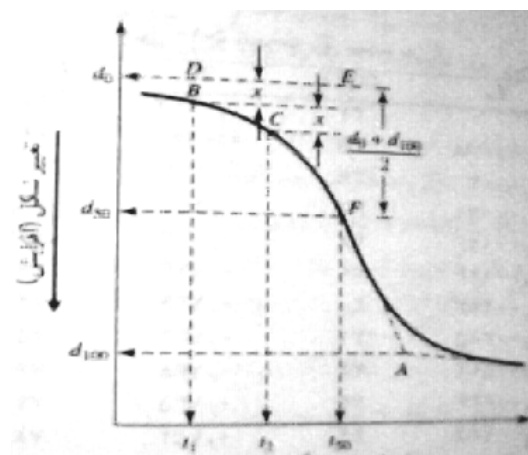
۲. بخش خمیده اولیه نمودار تغییر شکل نمونه در مقابل $\log t$ با یک سهمی با مقیاس طبیعی تخمین زده شده است. زمان t_1 و t_2 را طوری روی بخش خمیده انتخاب میکنیم که $t_2 = 4.t_1$.

فرض کنید که تغییر شکل نمونه در بازه زمانی $t_2 - t_1$ برابر X باشد.

۳. خط افقی DE را طوری رسم می کنیم که فاصله عمودی BD برابر با X باشد. تغییر شکل متناظر با خط افقی DE، d_0 است (یعنی تغییر شکل در تحکیم 0٪).

۴. عرض نقطه I روی منحنی تحکیم نشانگر تغییر شکل در تحکیم اولیه 50٪ و طول آن نشانگر زمان متناظر t_{50} است.

۵. برای درجه متوسط تحکیم 50٪ ، $T_v = 0.197$ را میتوان از جدول بدست آورد. بنابراین از رابطه ای که در بالا گفته شد می توان مقدار C_v را بدست آورد.



اعداد و نمودارهای آزمایش :

×× طول بازوی اعمال نیرو برابر با 10 می باشد. ××

	0.50 Kg	1.00 Kg	2.00 Kg	4.00 Kg	8.00 Kg	4.00 Kg	1.00 Kg
	$\frac{Kg}{Cm^2}$	$\frac{Kg}{Cm^2}$	$\frac{Kg}{Cm^2}$	$\frac{Kg}{Cm^2}$	$\frac{Kg}{Cm^2}$	$\frac{Kg}{Cm^2}$	$\frac{Kg}{Cm^2}$
0.25	0.01	0.19	0.38	0.67	0.93	1.03	0.97
0.5	0.01	0.22	0.40	0.70	0.94	1.02	0.97
1	0.01	0.23	0.41	0.74	0.95	1.02	0.97
2	0.02	0.24	0.42	0.74	0.97	1.02	0.97
4	0.03	0.25	0.44	0.76	0.98	1.02	0.97
8	0.05	0.28	0.46	0.77	1.00	1.01	0.96
15	0.08	0.31	0.50	0.79	1.02	1.01	0.96
30	0.11	0.36	0.59	0.81	1.04	1.00	0.96

همچنین جدول مربوط به درصد های تخلخل را در زیر داریم :

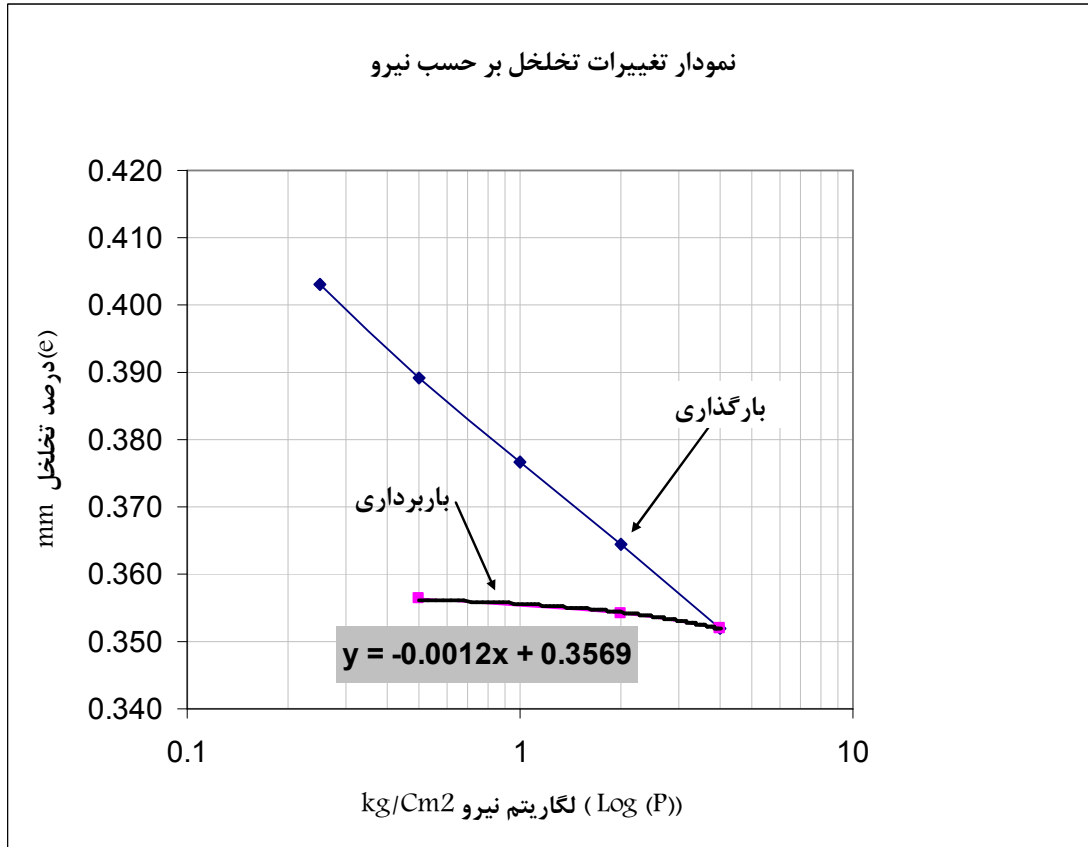
بارگذاری و بار برداری $\frac{Kg}{Cm^2}$	ΔH (mm) در انتها (30 دقیقه)	e در انتها (30 دقیقه)	Mv
0	0	0.409	-
0.25	0.11	0.403	0.0176
0.5	0.36	0.389	0.0288
1	0.59	0.376	0.0236
2	0.81	0.363	0.0162
4	1.04	0.350	0.0104
2	1	0.353	-
0.5	0.96	0.355	-

سطح مقطع نمونه	H_0 (mm)	γ_w	G_s	e_0	γ_d
$\approx 20 \text{ Cm}^2$	25	$1.0 \frac{gr}{Cm^2}$	2.55	0.409	$1.81 \frac{gr}{Cm^2}$

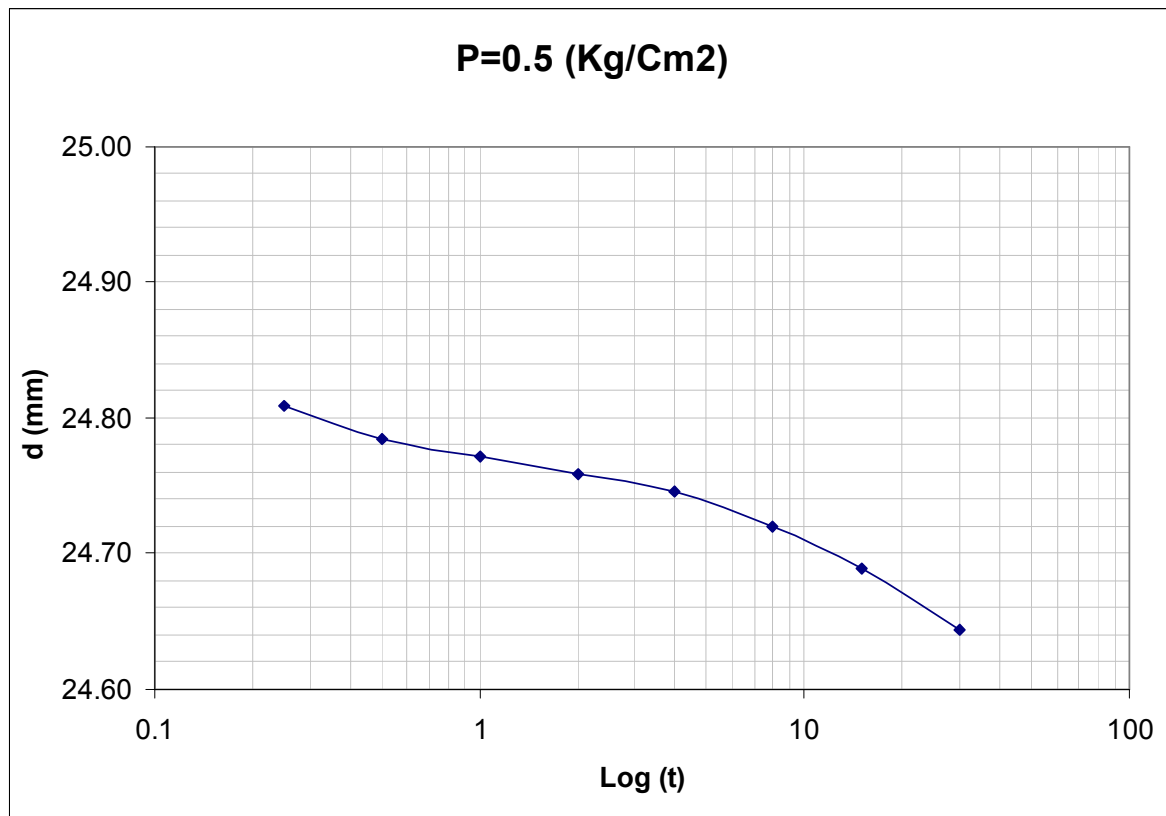
$$1 + e_0 = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} = \frac{G_s * \gamma_w}{\gamma_d} \Rightarrow e_0 = \frac{2.55 * 1}{1.81} - 1 = 0.409$$

نمودارهای مربوط به این آزمایش را میتوانید در صفحه بعد مشاهده کنید :

نمودار تغییرات تخلخل بر حسب نیرو



نمودار مربوط به روش لگاریتم زمان را برای مقدار $P=0.5 \frac{Kg}{Cm^2}$ در زیر رسم کرده ایم :



با توجه به نمودار های فوق :

➤ ضریب C_s برابر است با **0.12** .٪. نشانه تورم از نظر مقدار بسیار کوچکتر از نشانه فشردگی است.

➤ ضریب C_c با توجه به نمودار بارگذاری برابر است با:.....

➤ ضریب تحکیم:

$$d_{50} = \frac{d_0 + d_{100}}{2} = \frac{\dots + \dots}{2} =$$

$$C_v = \frac{T_{v_{50}} * (H_{dr})^2}{t_{50}} = \frac{0.197 * (\frac{2.5}{2})^2}{\dots} = \dots \frac{Cm^2}{Min}$$

$$K = C_v * M_v * \gamma_w = 0.0176 * 1 * \dots =$$