

## آزمایش تراکم خاک (پرکتور) Proctor compaction test

### مقدمه

در بسیاری از سازه های خاکی، مثل سدها، دیوارهای حائل، بزرگ راه ها، فرودگاه ها و ... متراکم کردن خاک، امری ضروری برای بهبود مقاومت خاک است. تراکم فرآیندی است که طی آن حجم خلل و فرج خاک (به خصوص خلل و فرج درشت) کاهش می یابد و خاک فشرده و سفت میشود. متراکم کردن خاک از دیدگاه مهندسی به چند دلیل مطلوب است:

الف) کاهش نشست ها در آینده، ب) افزایش مقاومت برشی، ج) کاهش نفوذپذیری، د) بهبود خواص مکانیکی خاک  
ه) کاهش قابلیت تورم خاک.

اما از دیدگاه کشاورزی و در رابطه با رشد گیاه تراکم خاک یکی از عوامل تخریب خاک و کاهش باروری محسوب می شود و نامطلوب است. میزان تراکم یک خاک معمولاً بر اساس اندازه گیری وزن مخصوص خشک مشخص می شود. وزن مخصوص خشک تابع نوع خاک، میزان رطوبت و نیروی متراکم کننده می باشد.

### اساس آزمایش

آب در خاک مخصوصاً در خاکهای ریزدانه، نقش مهمی را بازی می کند؛ وقتی آب به خاک خشک اضافه می شود، لایه ای نازک (فیلم) از آب اطراف ذرات خاک را احاطه می کند. در اثر اضافه کردن بیشتر آب، این لایه های نازک ضخیم تر شده، اجازه می دهند تا ذرات خاک راحت تر روی یکدیگر بغلتند. در صورت وجود تنش برشی (اصطکاک) بین ذرات خاک این لایه نقشی شبیه روغن کاری در ماشین های مکانیکی را در مکانیزم لغزش بین دانه ها خواهد داشت. به همین خاطر، اضافه کردن مقدار کمی آب به خاک خشک به عمل متراکم کردن خاک کمک می کند. این مرحله اغلب روغنکاری نامیده می شود.

در عملیات تراکم خاک، تخلخل خاک کاهش می یابد. زمانی که خاک خشک است، ذرات به شدت به هم چسبیده اند، و به سختی جابجا می شوند. با افزایش رطوبت تا یک حد معین، ذرات خاک نسبت به یکدیگر حرکت می کرده و منافذ پر شده از هوا را اشغال می کنند. پس از رسیدن رطوبت خاک به مقداری معین، به دلیل اینکه آب قابلیت تراکم ندارد، مانع از تراکم بیشتر خاک می شود و فضاهایی که می تواند توسط ذرات خاک پر شود، توسط خود آب اشغال می شود.

### هدف آزمایش

به دست آوردن مقداری از رطوبت که در آن حداکثر وزن مخصوص خاک (خشک) پس از به کار بردن میزان معینی انرژی کوبشی بدست می آید.

## وسایل آزمایش:

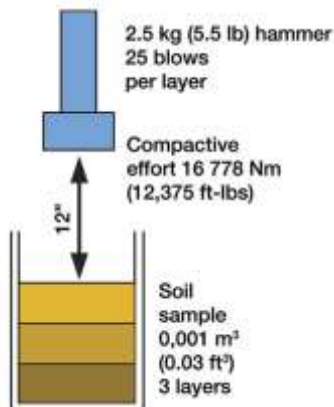


۱. قالب تراکم
۲. الک شماره ۴
۳. چکش استاندارد د پروکتور به جرم ۲,۵ کیلوگرم
۴. ترازو
۵. سینی پهن
۶. گرمکن
۷. ظرف تعیین درصد رطوبت
۸. چکش و قلمو و ماله در صورت لزوم

## اصول آزمایش

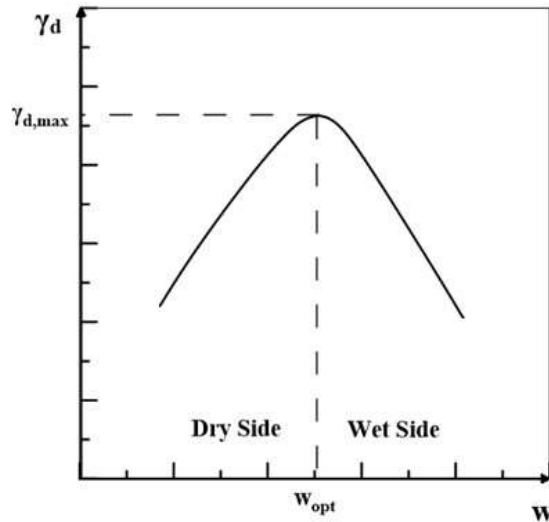
در این آزمایش نمونه خاک عبور داده شده از الک نمره ۴ در یک قالب استوانه ای که حجم و ارتفاع معینی دارد (۱۱۷ میلیمتر ارتفاع و ۹۵۶ سانتیمتر مکعب حجم) در سه لایه مساوی کوبیده می شود. برای کوبیدن خاک از سقوط آزاد چکشی به وزن ۲,۴۹ کیلوگرم (۵ پوند) و از ارتفاع سقوط ثابت ۳۰ سانتیمتر استفاده می شود و هر لایه با ۲۵ ضربه کوبیده می شود. مقدار انرژی وارد شده در واحد حجم خاک برابر است با تعداد ضربه \* تعداد لایه \* وزن چکش \* ارتفاع سقوط، تقسیم بر حجم قالب.

$$\text{انرژی وارد به واحد حجم خاک} = \frac{\text{ارتفاع سقوط چکش} * \text{وزن چکش} * \text{تعداد ضربه} * \text{تعداد لایه خاک}}{\text{حجم کل قالب}}$$



## روش آزمایش

۱. نمونه خاک مورد نظر از الک شماره ۴ عبور داده شود.
  ۲. قالب خالی و صفحه زیر آن را بدون سر قالب وزن کنید. **W1**
  ۳. حدود ۲ کیلوگرم خاک را در سینی پهن کنید و کمی آب اضافه کرده تا کاملاً همگن شود و رطوبت در همه جای نمونه یکسان شود. حدود ۴٪ رطوبت داشته باشد. (اگر خاک خشک باشد حدود ۸۰ تا ۱۰۰ میلی لیتر آب اضافه کنید)
  ۴. خاک باید در سه لایه در قالب جای داده شود برای همین، به اندازه ای که بتوان یک سوم از قالب را پر کرد، از خاک مرطوب شده درون قالب خاک ریخته می شود. سر قالب را گذاشته و بوسیله ی چکش ۲,۵ کیلوگرمی با ۲۵ ضربه یکنواخت آن را بکوبید. ارتفاع سقوط چکش ۴۵ سانتی متر باید باشد.
  ۵. برای لایه ۲ و ۳ نیز همین روند صورت میگیرد.
  ۶. بعد از پر شدن سر قالب را برداشته و خاک اضافی برداشته می شود و به وسیله ی کاردک سطح نمونه صاف می شود و هنگامی که قسمتی از سطح خالی باشد با ریختن خاک روی سطح و گذاشتن کاردک روی آن و ضربه زدن با چکش پلاستیکی سطح کاملاً متراکم و صاف میشود.
  ۷. خاک های اضافی روی صفحه قالب بوسیله قلم مو باید تمیز شود و سپس قالب و نمونه داخل آن با هم وزن شود.
- W2**
۸. صفحه زیر قالب را باز کرده و با بر عکس کردن قالب و ضربه زدن با چکش، خاک درون آن کاملاً خارج می شود. سپس از قسمت بالایی، میانی و زیری خاک درون قالب نمونه ای برای تعیین رطوبت خاک تهیه کنید و بعد از توزین وزن خاک مرطوب به مدت ۲۴ ساعت در داخل گرمخانه قرار دهید.
  ۹. خاک خارج شده از قالب را با دست خورد کرده و دوباره با بقیه خاک مورد آزمایش مخلوط کرده و دوباره مقداری آب به اندازه ۲ درصد وزن اولیه به آن اضافه و کاملاً مخلوط کنید. مجدداً مراحل بالا را انجام دهید و وزن قالب پر از خاک را یادداشت کنید و یک نمونه جهت تعیین رطوبت از میانه، بخش بالایی و پایینی تهیه کنید.
  ۱۰. اضافه کردن آب و تکرار آزمایش را تا زمانی که وزن قالب و خاک از مرحله قبل کمتر شود ادامه دهید. حداقل ۶ بار در رطوبت های مختلف انجام شود.
  ۱۱. با استفاده از حجم قالب، وزن مخصوص ظاهری خشک خاک را در هر مرحله حساب کنید.
  ۱۲. نمودار متشکل از درصد رطوبت در برابر وزن مخصوص ظاهری خشک را ترسیم نمایید. رطوبت متناظر با بیشترین وزن مخصوص بیانگر رطوبت بهینه تراکم است.



محاسبات:

$$\gamma_d = \frac{Wd}{V_m}$$

$$Wd = \frac{W_2 - W_1}{1 + \frac{wc}{100}}$$

$\gamma_d$  وزن مخصوص ظاهری خشک خاک

$Wd$  وزن خاک خشک متراکم شده در قالب (بدون وزن قالب)

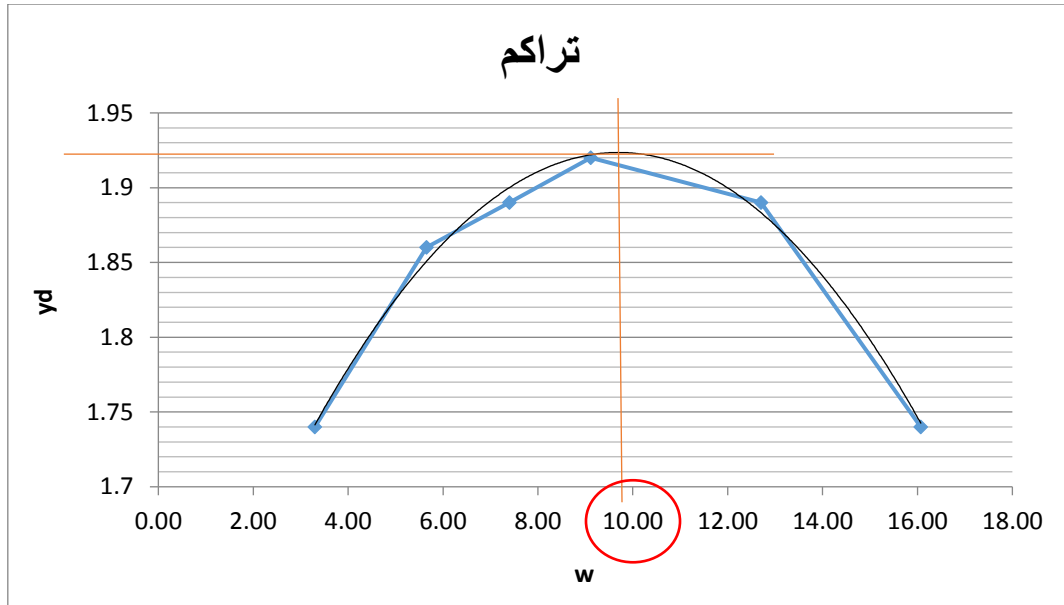
$V_m$  حجم قالب

$wc$  درصد وزنی آب موجود در خاک متراکم شده

مثال

در آزمایش پروکتور نتایج زیر حاصل شد. رطوبت بهینه برای دستیابی به حداکثر تراکم را بدست آوردید. حجم قالب ۹۵۶ سانتی متر مکعب.

شماره آزمایش	وزن خاک مرطوب	WC	وزن خاک خشک	$\gamma_d$
1	1718.33	3.30	1663.44	1.74
2	1878.63	5.65	1778.16	1.86
3	1940.55	7.40	1806.84	1.89
4	2002.74	9.11	1835.52	1.92
5	2036.31	12.70	1806.84	1.89
6	1930.75	16.07	1663.44	1.74



تکلیف

رطوبت بهینه تراکم را بدست آورید.

شماره آزمایش	وزن قالب گرم	وزن قالب + وزن خاک مرطوب گرم	درصد رطوبت	وزن خاک مرطوب	وزن خاک خشک	وزن مخصوص ظاهری خشک
1	4275	5931.27	5			
2	4275	6081.84	8			
3	4275	6209.944	10			
	4275	6320.075	12			
4	4275	6389.29	14			
5	4275	6425.14	19			