



**Namatek**  
True Education

# Atterberg Limits Test

[www.namatek.com](http://www.namatek.com)

آزمایش حدود اتربرگ

## فهرست مطالب

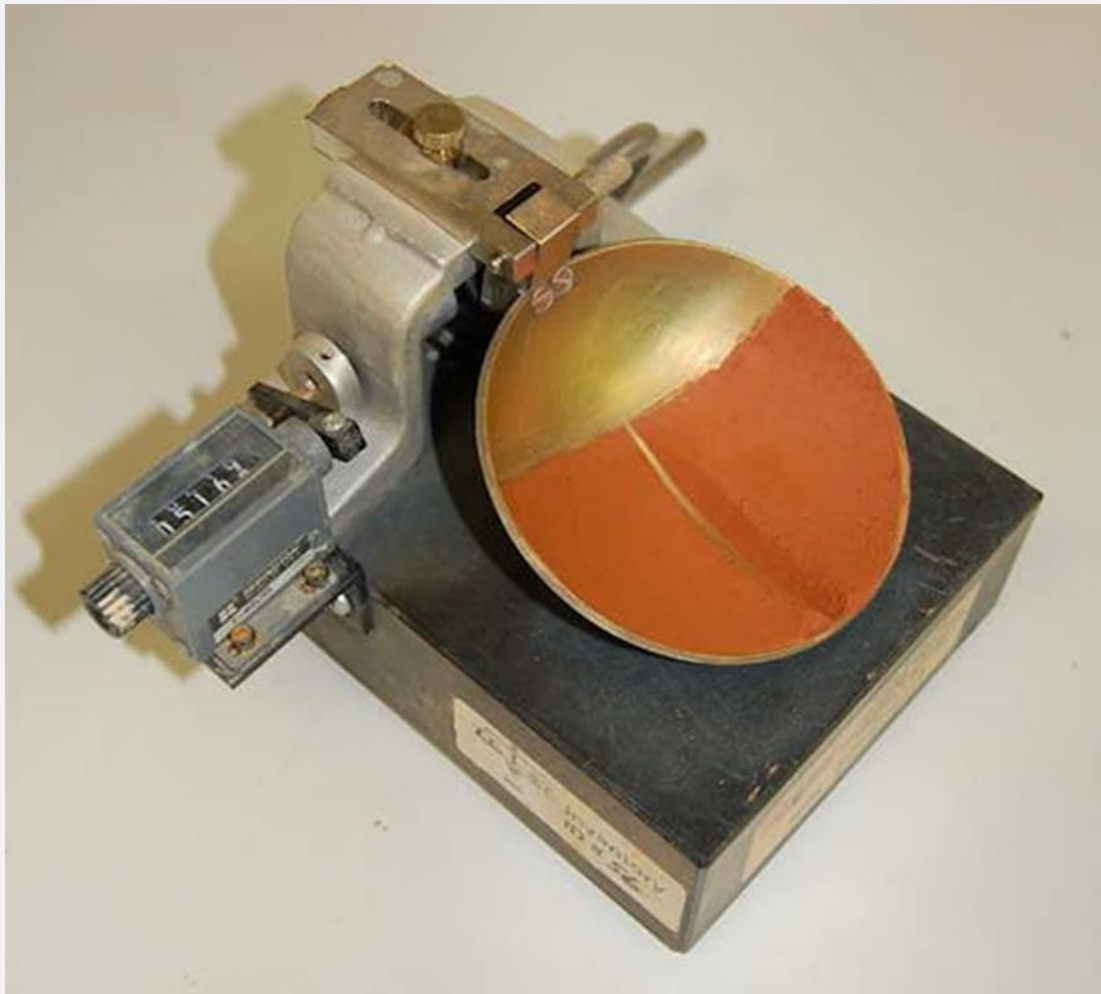
۱. آزمایش حدود اتربرگ چیست؟ (Atterberg Limits Test)
۲. حدود تعیین رطوبت خاک ریزدانه در آزمایش حدود اتربرگ
۳. نحوه انجام آزمایش حدود اتربرگ

اگر شما هم با سازه های بنا شده روی زمین در ارتباط باشید می دانید که آزمایش حدود اتربرگ یکی از مهم ترین آزمایش های مکانیک خاک است. هر مهندس عمران برای حفظ ایمنی و بهینه سازی ساختمان ها باید نحوه صحیح انجام آزمایش حدود اتربرگ را، به طور کامل و صحیح یاد بگیرد.

در این مقاله با ما همراه باشید تا صفر تا صد این آزمایش مهم را توضیح دهیم.

## #۱ آزمایش حدود اتربرگ چیست؟ (Atterberg Limits Test)

آزمایش حدود اتربرگ، توسط یک شیمیدان سوئدی، به نام آلبرت اتربرگ، به وجود آمد. این آزمایش محدودیت قوام خاک های ریزدانه را نشان می دهد. ما برای به دست آوردن استحکام خاک های ریزدانه از آزمایش حدود اتربرگ (Atterberg Limits) استفاده می کنیم.



خاک های ریزدانه می توانند به ۳ حالت موجود باشند:

- خیس
- مرطوب
- خشک

استحکام خاک به معنای میزان مقاومت خاک در مقابل تغییر شکل و ترک خوردگی است. بعضی از خصوصیات خاک تحت تاثیر آب، تغییر زیادی پیدا می کنند. یکی از این خصوصیات استحکام خاک است.

زمانی که آب به خاک ریزدانه برخورد می کند، خاک به ۴ شکل ممکن است تغییر حالت دهد:

- حالت مایع
- حالت پلاستیک
- حالت نیمه جامد
- حالت جامد

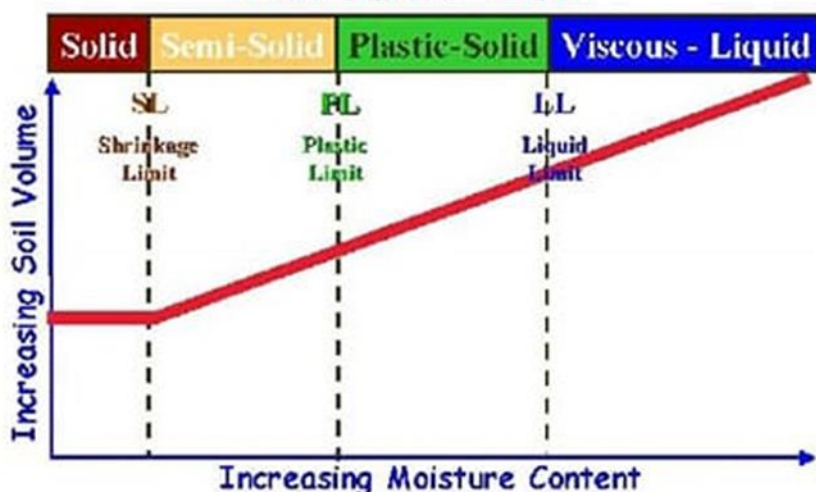
در هر کدام از این حالات، رفتار خاک متفاوت است. ما در آزمایش اتربرگ قصد داریم این رفتار را شناسایی کنیم تا میزان استحکام خاک های ریزدانه را به دست آوریم.

## #۲ حدود تعیین رطوبت خاک ریزدانه در آزمایش حدود اتربرگ

در آزمایش حدود اتربرگ، برای توضیح حد روانی، حد خمیری و حد انقباض خاک، نیاز به آشنایی با حالت های مختلف خاک هم هست. تصور کنید خاک ریزدانه را در مقدار زیادی آب بریزید. در این صورت، چون مقدار رطوبت از مقدار خاک بیشتر است، این حالت را حالت خاک مایع می نامیم. مقاومت برشی خاک در حالت مایع برابر با صفر است. از این مرحله به بعد و با کاهش میزان آب موجود در خاک، حدود رطوبت خاک ایجاد می شوند.

# Atterberg Limits

## "states" of Consistency of Cohesive Soil



- حد روانی: زمانی که میزان آب خاک را در حالت مایع کم کنیم، خاک دارای مقاومت برشی می شود. همین میزان تغییر درصد رطوبت خاک باعث می شود خاک تغییر حالت دهد و از حالت مایع به حالت پلاستیکی تبدیل شود. همین تغییر درصد رطوبتی که باعث این تغییر حالت می شود را حد روانی خاک می گویند.
- حد خمیری: اگر باز هم میزان رطوبت موجود در خاک را کم کنیم، خاک به حالت نیمه جامد تبدیل می شود، خاصیت پلاستیکی خود را از دست می دهد و حالت شکننده به خود می گیرد. به تغییر درصد رطوبتی که باعث می شود خاک از حالت پلاستیکی به حالت نیمه جامد تبدیل شود، حد خمیری خاک گفته می شود.



- حد انقباض: رطوبت خاک تا جایی کم می شود که حجم خاک خیلی بیشتر از حجم رطوبت موجود در آن باشد که در این حالت، خاک به حالت جامد تبدیل می شود. تغییر درصد رطوبتی که باعث می شود، خاک از حالت نیمه جامد به حالت جامد تبدیل شود را حد انقباض می گویند.

## #۳ نحوه انجام آزمایش حدود اتربرگ

در آزمایش حدود اتربرگ ما به دنبال به دست آوردن حدود روانی، خمیری و انقباض خاک های ریزدانه هستیم. برای انجام آزمایش حدود اتربرگ به وسایل زیر نیاز داریم:

- خاک الک شده با الک نمره ۴۰

- آب

- صفحه غیرجاذب رطوبت (شیشه ای)

- کاردک

- دستگاه کاساگراندا

- شیارزن

- ظروف تعیین درصد رطوبت

- آون خشک کن



این آزمایش از سه مرحله تشکیل شده است که به ترتیب، مرحله اول برای به دست آوردن حد روانی خاک، مرحله دوم برای به دست آوردن حد خمیری خاک و مرحله سوم برای به دست آوردن حد انقباض خاک است.

## #۱-۳ تعیین حد روانی یا LL خاک (Liquid Limit)

مراحل این قسمت از آزمایش حدود اتربرگ را به ترتیب برای شما عنوان می کنیم:

۱. در ابتدا آب را با خاک ریزدانه مخلوط می کنیم تا به حالت خاک خمیری تبدیل شود.
۲. خاک خمیری را توسط کاردک در  $\frac{4}{3}$  ظرف دستگاه کاساگراندا مسطح می کنیم.
۳. توسط شیارزن، دو قسمت خاک خمیری را از هم جدا می کنیم.





۴. دستگیره دستگاه کاساگراندا را می چرخانیم؛ به طوری که هر ثانیه باید ۲ بار کاسه دستگاه به زمین زده شود. این کار را تا زمانی انجام می دهیم که خمیر خاک که با شیارزن از هم جدا کردیم، دوباره به هم بچسبد. به اندازه ۱۳ میلی متر که به هم چسبیدند، چرخاندن را متوقف می کنیم و تعداد ضربات دستگاه را یادداشت می کنیم.
۵. توسط کاردک، آن قسمت به هم چسبیده را بر می داریم و در ظرف تعیین درصد رطوبت قرار می دهیم.
۶. نمونه را وزن می کنیم.

۷. نمونه را در آون قرار می دهیم تا خشک شود.
۸. یک بار دیگر مراحل بالا را تکرار می کنیم تا یک نمونه دیگر به دست آوریم.
۹. هر ۲ نمونه را بعد از خشک شدن وزن می کنیم و طبق آزمایش تعیین درصد رطوبت خاک، رطوبت میانگین هر دو نمونه را به دست می آوریم.

## #۲-۳ تعیین حد خمیری یا PL خاک (Plastic Limit)

برای به دست آوردن حد خمیری خاک در آزمایش حدود اتربرگ به ترتیب زیر عمل می کنیم:

۱. خاک خمیری را روی سطح شیشه ای به اندازه ای می کشیم که درصد رطوبت زیادی را از دست دهد.
۲. توسط کاردک نمونه را به شکل فتیله در می آوریم. این کار را تا زمانی ادامه می دهیم که قطر نمونه فتیله ای ما به  $\frac{2}{3}$  میلی متر برسد.



۳. اگر نمونه در قطر  $\frac{2}{3}$  میلی متر شروع به ترک خوردگی کرد، یعنی به حد خمیری خود رسیده است.

۴. نمونه را در ظرف مخصوص قرار می دهیم و آن را وزن می کنیم.

۵. مجدداً مراحل را تکرار می کنیم تا یک نمونه دیگر به دست آوریم.

۶. سپس نمونه را در آون خشک کن گذاشته و آن را وزن می کنیم.

۷. طبق آزمایش تعیین درصد رطوبت خاک، میزان رطوبت آن را به دست می آوریم.

## #۳-۳ تعیین حد انقباض یا SL خاک (Shrinkage Limit)

در آزمایش حدود اتربرگ برای به دست آوردن حد انقباض خاک به شکل زیر عمل می کنیم:



۱. خاک ریزدانه را با آب مخلوط می کنیم.
۲. با کاردک آن را با هم مخلوط می کنیم تا به شکل خمیر خاک یک دست شود.

۳. ظرف نمونه گیری را وزن می کنیم و سپس مقداری از خاک خمیری شکل را درون ظرف می ریزیم.
۴. با کوبیدن ظرف روی زمین خاک خمیری را در درون ظرف پخش می کنیم.
۵. سپس خاک را به همراه ظرف نمونه گیری وزن می کنیم و وزن آن را یادداشت می کنیم.
۶. به مدت ۲۴ ساعت اجازه می دهیم در دمای محیط خاک رطوبت خود را از دست بدهد.
۷. سپس جیوه را در ظرف نمونه گیری دیگر می ریزیم، به طوری که با لبه ظرف تراز شود.
۸. خاک خشک شده را درون ظرف جیوه می گذاریم و با یک شیشه مسطح آن را به داخل جیوه فشار می دهیم؛ به طوری که جیوه از ظرف نمونه گیری بیرون ریخته شود.
۹. جیوه بیرون ریخته شده از ظرف را اندازه گیری می کنیم.

#### کلام آخر

از لحاظ تئوریک تمامی مراحل آزمایش حدود اتبرگ، در این مقاله گفته شد. برای درک بهتر نسبت به این آزمایش، باید به صورت عملی در آزمایشگاه، این آزمایش را چندین بار انجام دهید. امیدواریم این آموزش مورد قبول شما واقع شده باشد.