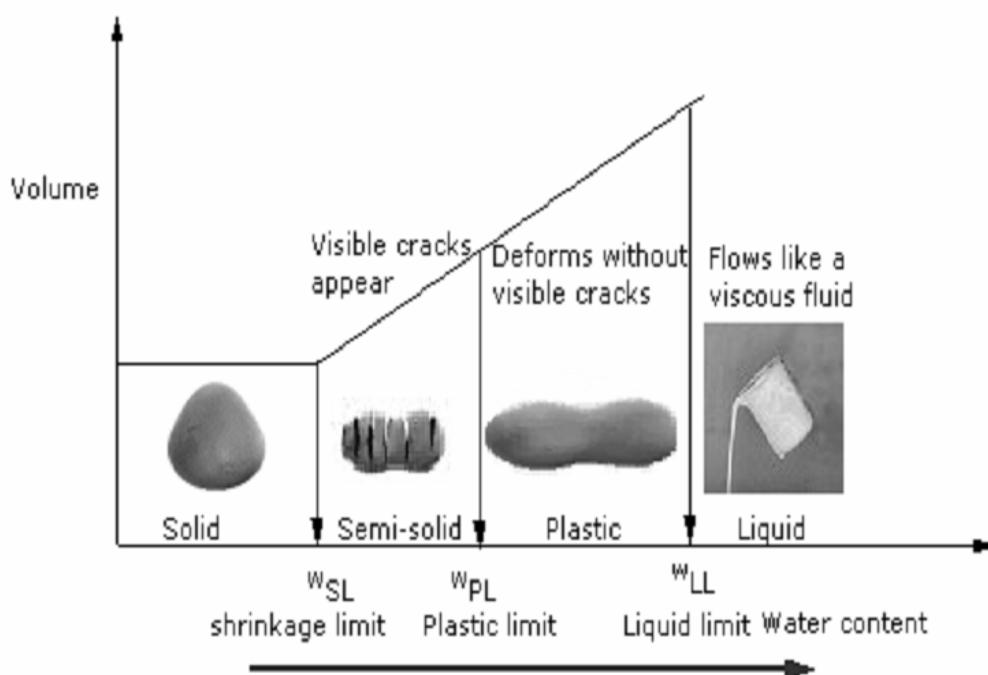


آزمایش حد روانی و حد خمیری (Liquid and Plastic limits)

مقدمه:

در زمان وجود کانی های رسی در خاک ریزدانه ، خاک را میتوان با افزودن مقداری رطوبت بدون خرد شدن شکل داد. این ماهیت چسبندگی در اثر احاطه شدن ذرات رس با آب جذب شده ایجاد می شود. در اوایل قرن بیستم یک دانشمند سوئدی به نام اتربرگ روشی را برای توصیف سفتی خاک ریزدانه با میزان رطوبت متفاوت ابداع کرد. خاک در میزان رطوبت بسیار پایین بیشتر شبیه جسم جامد عمل می کند. در میزان رطوبت بسیار بالا ، خاک و آب شبیه یک سیال جاری می شوند. بنابراین بر اساس یک مبنای اختیاری ، بسته به میزان رطوبت ، رفتار خاک را می توان به 4 حالت تقسیم کرد: جامد، نیمه جامد، خمیری و روان. میزان رطوبتی که در آن خاک از حالت جامد به حالت نیمه جامد تبدیل می شود ، حد جمع شدگی نام دارد. میزان رطوبتی که در آن خاک از حالت نیمه جامد به حالت خمیری تبدیل می شود ، حد خمیری و از حالت خمیری به حالت روانی ، حد روانی نامیده می شود. این پارامتر را حدود **Atterberg** نیز می نامند. حد روانی، خمیری و دامنه خمیری از پارامترهای لازم در طبقه بندی خاک های ریزدانه محسوب میشود.



آزمایش تعیین حد روانی

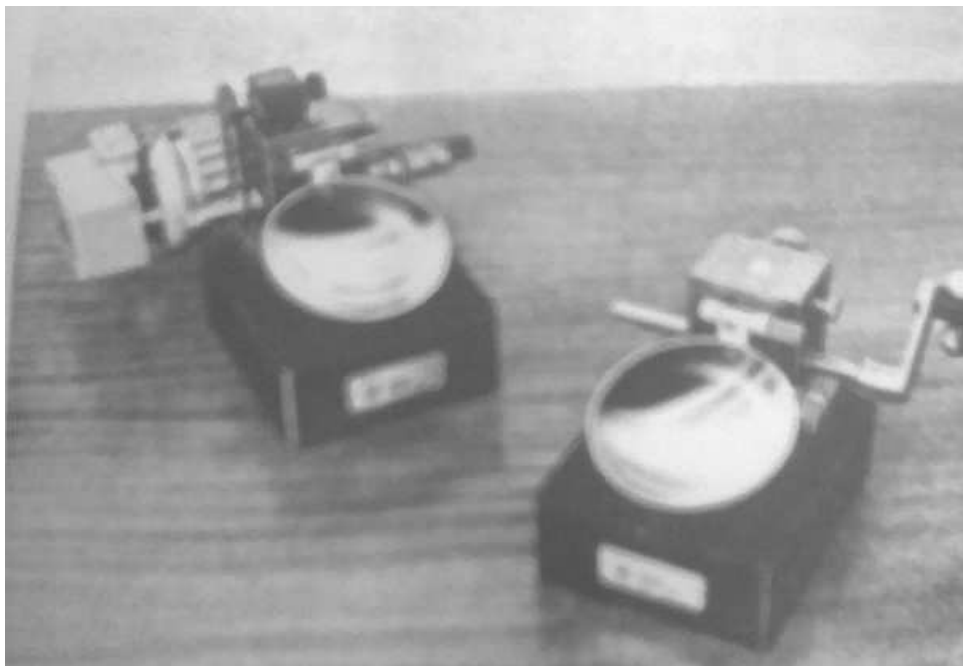
وسایل مورد نیاز:

۱. دستگاه حد روانی کاساگرانده.
۲. شیار کش.
۳. ظروف تعیین رطوبت.
۴. کاردک یا تیغه کاردی شکل.
۵. گرمخانه (اون).
۶. ترازو با دقت 0.01 گرم.
۷. الک نمره 40.
۸. سینی.

دستگاه کاساگرانده:

وسیله ای مکانیکی است با یک پیاله برنجی به قطر داخلی 54 میلیمتر و ضخامت 2 میلیمتر و وزن 200 گرم. این پیاله از قسمت عقب بوسیله سنجاقی روی دو پایه که این پایه خود بروی سکویی از جنس پلاستیک سخت قرار دارد لولا می شود. بوسیله گرداندن یک دسته پیاله روی لولا چرخیده و بالا می رود. دو مرتبه پایین می افتد و در حقیقت ضربه ای به کف آن زده می شود. همراه با این وسیله میله ای نیز برای ایجاد یک شکاف استاندارد در داخل نمونه خاک محتوی پیاله طرح شده است. میله شیاردهنده می تواند شکافی با مقطع دوزنقه ای که قاعده کوچک آن در پایین به عرض 2 میلیمتر و قاعده بزرگ آن در بالا بعرض 11 میلیمتر و ارتفاع آن 8 میلیمتر است ایجاد کند.

این دستگاه در آزمایشگاه به شکل 2-1 با شماره انداز ، 2-2 بدون شماره انداز موجود میباشد که نمونه هایی از این دستگاه را در شکل زیر مشاهده میکنید :



نمونه خاک:

نمونه ای به وزن **250** گرم رازز قسمتی از خاک که بخوبی مخلوط شده و از الک نمره 40 رد شده است انتخاب میکنیم. خاک خشک شده در گرمخانه روی حدود اتربرگ اثر گذاشته و آنها را پایین می آورد. هرگز نباید حدود اتربرگ را روی مصالح خشک شده انجام داد. برای رفع این مسئله و تعیین حدود صحیح اتربرگ بهتر است مصالح را با رطوبت طبیعی (که از الک **40** عبور می کند) آزمایش کرد.

شرح آزمایش:

نمونه انتخابی را با **20%** رطوبت اولیه روی سطح شیشه یا سینی خوب مخلوط می کنیم تا آنکه خمیر نرم و یکنواختی حاصل شود. قسمتی از نمونه خمیرآماده شده را در داخل پیاله برنجی جام قرار داده و سطح آنرا هم تراز با لبه پیاله بوسیله کاردک با حداقل مالش ممکن صاف می کنیم. از پیاله حد روانی نباید جهت مخلوط کردن آب و خاک استفاده شود. مقدار خاک در داخل پیاله باید آن قدر باشد که تقریباً $\frac{3}{4}$ حجم پیاله در قسمت جلو پر شود و عمق آن در مرکز حدود **12** میلیمتر باشد. از حبس شدن حباب هوا در مخلوط جلوگیری شود. سپس شیارکش را عمود بر سطح پیاله گرفته از قسمت عقب به جلوی نمونه شکافی در آن ایجاد می کنیم تا عمق شکاف در نقطه حداکثر ضخامت به **10** میلیمتر برسد. خاک های اضافه را برمی داریم و برای اجتناب از کنده شدن خاک اطراف شیار یا سر خوردن خاک در پیاله، شیارکش را **6** مرتبه در طول خط مرکزی از جلو به عقب می کشیم تا عمق شیار بیشتر شود. بلافاصله بعد از ایجاد شکاف دسته را می گردانیم تا پیاله ضربه هایی به سکوی دستگاه بزند. سرعت گرداندن دسته باید تقریباً **2** دور

در ثانیه باشد و آنقدر ادامه می یابد تا وقتی که شیار در طولی به اندازه **13** میلیمتر بسته شود. تعداد ضربات لازم برای بسته شدن شیار را یادداشت کرده و مقداری از خاک داخل جام را که شامل قسمت بسته شده شیار است برای تعیین درصد رطوبت داخل ظرف مخصوص می ریزیم و درپوش آن را می بندیم. سپس وزن ظرف و خاک مرطوب (W_2) را تعیین می کنیم. جام را خالی کرده، جام و شیارکش را تمیز می کنیم و برای مرحله بعد آماده می کنیم. به نمونه خاک مقداری آب (**1** تا **3** میلی لیتر) اضافه می کنیم تا درصد رطوبت آن بالاتر رود و تعداد ضربات لازم برای بستن شیار کم شود. مراحل ذکر شده را برای **3** نمونه دیگر با درصد رطوبت متفاوت مجدداً تکرار می کنیم. منظور از این کار دست یافتن به مقدار رطوبت نمونه ای است که در هر آزمایش تعداد ضرباتش بین **15-25**، **20-30** و **25-35** باشد. بطوریکه حدود تغییرات در سه آزمایش حداقل **10** ضربه باشد. در صد رطوبت نمونه ها را باید تعیین کنیم. برای این کار، ظرف های تعیین درصد رطوبت را در گرمخانه قرار می دهیم تا خشک شود و به وزن ثابت برسد. (W_3)

توضیحات:

۱. بعضی خاک ها خیلی آهسته آب جذب می کنند، بنابراین ممکن است افزایش آب با سرعتی انجام گیرد که حد روانی غیر واقعی بدست آید. برای اجتناب از این کار زمان اختلاط بیشتری اختصاص داده میشود. زمان اختلاط آب و خاک **5 تا 30 دقیقه** است و برای خاک هایی که میزان خمیری بیشتری دارند به زمان بیشتری نیاز می باشد.

۲. آزمایشهایی که بیش از **35** ضربه یا کمتر از **15** ضربه لازم داشته باشند، یادداشت نخواهند شد، ولی اگر اختلاف تا **5٪** در مقدار حد روانی مجاز باشد، بسته شدن شیار با تعداد ضربات بین **15 تا 40** را می توان پذیرفت.

۳. اگر تعداد ضربات لازم برای به هم رسیدن لبه های شیار خاک زیاد باشد، باید مقدار کمی آب اضافه شود و اگر لبه های شیار خاک قبل از **10** ضربه به هم برسند، رطوبت آن بیش از حد روانی بوده، خاک باید در هوا یا روش مناسب دیگری خشک شود.

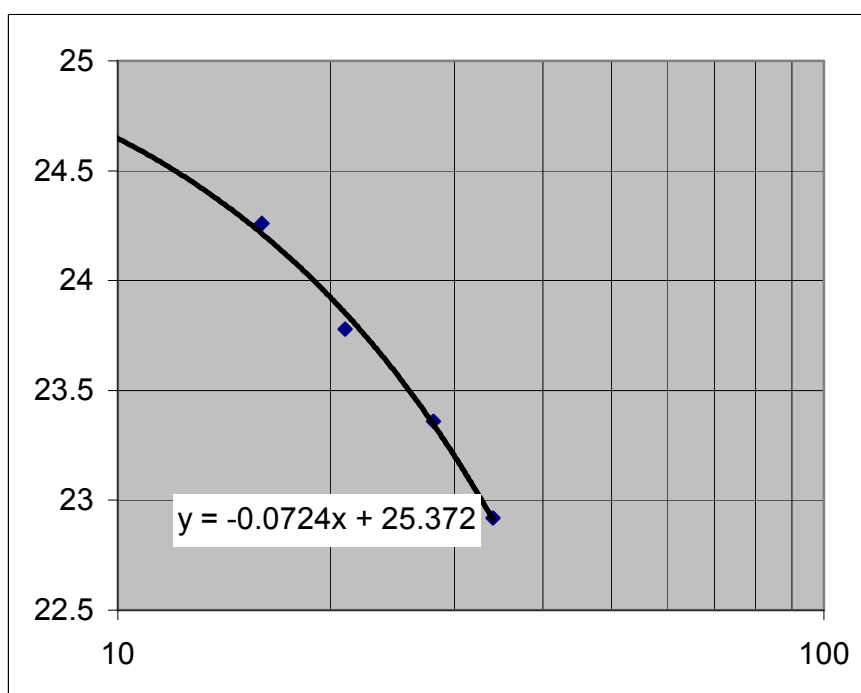
(توجه: براساس استاندارد **ASTM** در آزمایش حد روانی همیشه باید از سمت خشک به سمت مرطوب حرکت کرد و برعکس آن مجاز نیست.)

محاسبات :

با توجه به نتایج تعداد زیادی آزمایش، حد روانی درصد رطوبتی است که در آن لبه شکاف استاندارد حاصله بر اثر 25 ضربه بطول معادل 13 میلیمتر بسته شود. میزان رطوبت خاک بر حسب درصد و تعداد ضربه های متناظر روی یک کاغذ نمودار نیمه لگاریتمی ترسیم میشود. رابطه میان میزان رطوبت و لگاریتم تعداد ضربات تقریباً به صورت یک خط مستقیم است. به این خط منحنی جریان گفته میشود. میزان رطوبت متناظر با 25 ضربه یعنی همان حد روانی خاک ، از منحنی جریان تعیین می شود. شیب خط جریان را نشانه جریان می نامند.

$$\omega\% = \frac{W_2 - W_1}{W_3 - W_1} * 100$$

شماره ظرف	وزن ظرف و خاک مرطوب $W_1(g)$	وزن ظرف و خاک خشک $W_3(g)$	درصد رطوبت $\omega(\%)$	تعداد ضربات N
25	33.12	49.13	22.92	34
26	32.83	54.02	23.36	28
27	33.38	54.95	23.78	21
28	33.57	50.80	24.26	16



در آزمایش فوق با استفاده از نمودار بالا ، درصد رطوبت خاک به ازای 25 ضربه، 23.5٪ بدست آمد که همان حد روانی

$$LL=23.5\%$$

است:

آزمایش تعیین حد خمیری

مقدمه:

تعیین درصد رطوبتی است که در آن خاک به حالت خمیر شکل پذیر باشد و کمتر از این حد خاک ترک برمی دارد.

وسایل مورد نیاز:

۱. سطح شیشه ای یا سطح صاف دیگر.
۲. کاردک .
۳. ظروف تعیین درصد رطوبت.
۴. گرمخانه (اون).
۵. ترازو با دقت 0.01 گرم.

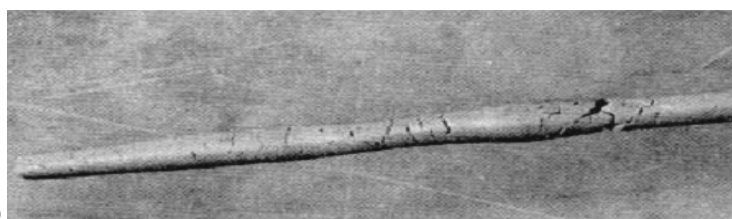
نمونه خاک:

اگر فقط منظور تعیین حد خمیری خاک باشد مقداری خاک به وزن تقریبا 20 گرم از مصالح راکه از الک شماره 40 عبور کرده، بهمان طریقی که در آزمایش حد روانی شرح داده شده تهیه می کنیم. اگر هر دو آزمایش حدروانی و خمیری مورد نیاز است نمونه ای به وزن تقریبا 8 گرم از قسمت مرطوب و کاملا مخلوط شده خاک را انتخاب می کنیم. اگر نمونه قبل از اتمام آزمایش حد روانی برداشته شده باشد ، تا تمام شدن آزمایش حد روانی آن را به کناری گذاشته و اجازه می دهیم تا در هوا خشک شود. اگر نمونه در حین آزمایش حد روانی برداشته شده و خشک تر از آن است که بتواند زیر انگشتان بصورت میله ای به قطر 3.2 میلیمتر درآید ، آب بیشتر اضافه نموده و دوباره بخوبی مخلوط می کنیم.

شرح آزمایش:

نمونه آزمایش (8 گرم) را با فشردن بین انگشتان دست بصورت یک توده بیضی یا کره ای شکل درمی آوریم. این توده خاکی را بین انگشتان و صفحه شیشه ای که بروی یک سطح افقی و صاف قرار دارد با فشار کمی می غلطانیم تا به قطر یکسان در سراسر طول درآید، میزان غلطاندن بین 80 تا 90 مالش در دقیقه خواهد بود که هر مالش یک حرکت کامل به جلو و عقب دست می باشد. وقتی فتیله به قطر 3.2 میلیمتر در آمد آن را به 6 تا 8 قطعه تقسیم می کنیم . قطعات را هم بین انگشتان دو دست فشرده و به توده ای یکنواخت و به شکل تقریبا بیضی در می آوریم و دوباره روی سطح شیشه

می غلطانیم . این عمل را آنقدر ادامه می دهیم تا وقتی که خاک تحت فشار لازم برای غلطاندن آن خردشده و دیگر نتواند به شکل فتیله درآید. حالت خرد شدن خاک ممکن است زمانی پیش آید که قطر فتیله بیش از 3.2 میلیمتر شود. هیچ گاه آزمایش کننده نباید سعی کند فتیله خمیری دقیقاً با قطر 3.2 میلیمتر ترک بخورد. بدین ترتیب که آنقدر عمل غلطاندن را ادامه می دهیم تا فتیله 3.2 میلیمتری ایجاد شود. در این صورت یا میزان غلطیدن یا فشار دست یا هر دو کم می شود و عمل غلطاندن آنقدر ادامه می یابد تا فتیله خاک ترک بردارد . تکه های خردشده را پس از ترک خوردن جمع کرده و در قوطی تعیین درصد رطوبت می گذاریم . قوطی و خاک را با دقت 0.01 گرم وزن کرده و در اون قرار میدهیم . پس از خشک شدن نمونه مجدداً قوطی محتوی نمونه را وزن کرده و کاهش وزن در نتیجه خشک شدن را به عنوان وزن آب یادداشت می کنیم . در جهت اطمینان به رسیدن حد خمیری ، دو قوطی نمونه انتخاب و سپس میانگین درصد رطوبت حاصل از آنها را به عنوان حد خمیری در نظر می گیریم.



فتیله 3 میلیمتری در حد پلاستیک

محاسبات :

همان طور که گفته شد ، حد خمیری همان درصد رطوبت است که در آن فتیله خاک در قطر 3.2 میلیمتری شروع به ترک خوردن می کند. رطوبت حد خمیری به آسانی قابل اندازه گیری است و هر کسی با کمی تجربه می تواند مقدار آن را با 1 یا 2 درصد تقریب معین نماید.

$$\omega\% = \frac{W_2 - W_1}{W_3 - W_1} * 100$$

درصد رطوبت %ω	وزن ظرف + خاک خشک (W ₃ gr)	وزن ظرف + خاک مرطوب (W ₂ gr)	وزن ظرف (w ₁ gr)	شماره ظرف
20.27	36.86	37.61	33.16	21
18.61	38.75	39.85	32.84	29
PL=19.4 ، LL=23.5 ، PI=(LL - PL) =4.1				

از میانگین درصد رطوبت 2 نمونه مقدار حد خمیری PL=19.4 بدست می آید. دامنه خمیری اختلاف عددی بین حد خمیری و حد روانی خاک است و مشخص کننده درصد رطوبتی است که در آن خاک به حالت خمیری میماند. از آنجایی که PI کمتر از 7 است پس خاک غیر خمیری است و برای کارهای راهسازی مناسب است.