

## بخش چهارم

### آزمایش حد انقباض (Shrinkage Limit)

هدف از انجام این آزمایش، تعیین درصد رطوبتی است که کمتر از آن حد، خاک با کاهش درصد رطوبت تغییر حجم ندهد.

#### ۱. مقدمه

خاکی که با تغییرات درصد رطوبت، تغییرات حجمی قابل ملاحظه‌ای داشته باشد، مشکلات فراوانی در کارهای عمرانی به وجود می‌آورد، به‌خصوص در مواردی چون پی ساختمان‌ها و یا لایه‌های زیرین جاده‌ها. اختلاف میان تغییرات حجمی در فواصل گوناگون می‌تواند باعث ایجاد فرورفتگی و دست‌انداز در جاده و یا ایجاد ترک در نازک‌کاری گردد. برای تخمین میزان مشکلات احتمالی ناشی از تغییرات حجمی خاک می‌توان از حدود روانی و خمیری استفاده نمود ولی برای به دست آوردن کمیت مقدار تغییر درصد رطوبت، پیش از ایجاد هر گونه اغییرات حجمی و کمیت مقدار تغییرات حجمی ناشی از تغییرات درصد رطوبت باید آزمایش حد انقباض بر روی نمونه انجام شود.

#### WWW.PARS-GEO-AZMA.COM ۲. تئوری آزمایش

وقتی یک خاک رسی اشباع به تدریج خشک می‌گردد، رطوبت خودش را از دست می‌دهد و حجم آن کاهش می‌یابد. در حین خشک شدن، شرایطی فراهم می‌شود که با خشک شدن بیش‌تر خاک، رطوبت نیز کم شده، ولی تغییری در حجم خاک ایجاد نمی‌شود و لذا حجم نمونه‌ی مرطوب در رطوبت حد انقباض، مساوی حجم آن در حالت

خشک است.

درصد رطوبت خاک که در آن درصد رطوبت، کاهش حجم متوقف می‌شود، به عنوان حد انقباض تعریف

می‌شود.

این آزمایش بر روی حجم مشخصی از خاک کلاً اشباع با درصد رطوبتی بیش‌تر از حد روانی خاک، انجام

می‌شود.

در درصد رطوبت‌های کم‌تر از حد انقباض، دیگر کاهش رطوبت با کاهش حجم خاک همراه نیست بلکه آب

بین دانه‌ها و آب خمرها و فضاهای خالی با هوا جایگزین می‌شود.

### ۳. وسایل آزمایش

۱. ظرف چینی جهت تبخیر آب یا معطوط کردن آب و خاک

۲. ظرف چینی یا فلزی ته‌گود (ظرف انقباض)

۳. کاردک

۴. خط‌کش بالبه‌ی تیغه فلزی

۵. ظرف شیشه‌ای برای اندازه‌گیری حجم

۶. صفحه‌ی شیشه‌ای با سه شاخک

۷. ترازو با دقت  $0.01g$

۸. جیوه

## WWW.PARS-GEO-AZMA.COM

### ۴. روش انجام آزمایش

۱. خاک را در ظرف تبخیر بریزید و با آب مقطر معطوط کنید. مقدار آب اضافه شده باید به اندازه‌ی باشد که

درصد رطوبت خاک از حد روانی آن بیش‌تر باشد، البته نه آنقدر زیاد که خاک حالت مسایع به خود بگیرد. درصد

رطوبت باید طوری باشد که اگر خاک تر را در ظرف چینی به هم بزنید، دیگر هیچ‌گونه جاب‌هوایی ایجاد نشود.

روش مطلوب، استفاده از کمترین حجم آب ممکن است؛ این امر برای خاک‌های با خلصیت خمیری زیاد اهمیت خلصی دارد و ملمع ترک خوردن آنها در حین خشک شدن می‌شود.

مقدار آبی که در یک خاک ترد لازم است تا حالت نرمی و ناپایداری ایجاد نماید، باید مساوی یا کمی بیش‌تر از حد روانی خاک باشد و مقدار آبی که لازم است تا در یک خاک پلاستیک حالت نرمی و ناپایداری ایجاد نماید، باید از حد روانی تا میزان ده درصد بیش‌تر باشد.

۲. سطح داخلی ظرف انقباض را بایک لایه‌ی نازک از گریس یا روغن سیلیکون یا اسپری پو در تفلون چرب کنید. این امر به منظور جلوگیری از چسبیدن خاک به جدار هی ظرف انجام می‌شود. پس از روغن‌کلی، وزن ظرف خالی را اندازه گرفته، یادداشت کنید ( $M_T$ ).

۳. ظرف انقباض را داخل یک ظرف بزرگ‌تر قرار دهید تا جیوه‌ی اضافی (سرریز) داخل آن بریزد. ظرف انقباض را از جیوه پر کنید به طوری که لبریز شود، سپس صفحه‌ی شیشه‌ای را با فشار روی ظرف انقباض قرار دهید تا جیوه‌ی اضافی خارج شود. مراقب باشید که بین صفحه و سطح جیوه، جاب هوای محبوس وجود نداشته باشد و اگر جاب هوایی وجود داشت، این مرحله را مجدداً تکرار کنید. حجم جیوه‌ای که ظرف انقباض را پر کرده است، را تعیین کنید. برای این کار از دوروش می‌توان استفاده کرد:

روش اول، استفاده از استوانه‌ی مدرج است و روش دیگر، اندازه‌گیری جرم جیوه و تقسیم آن بر جرم حجمی جیوه ( $13/53 \text{ g/cm}^3$ ) می‌باشد. این حجم را به عنوان حجم ظرف و یا حجم اولیه‌ی خاک مرطوب یادداشت کنید (V). توجه داشته باشید که جیوه ماده‌ی خطرناکی است که استنشاق طولانی مدت آن و یا تماس آن با پوست، آئسل نه‌مطلوبی برای سلامتی ایجاد می‌کند.

۴. مقدار یک سوم از حجم ظرف انقباض را با خاک مرطوب پر کنید، بدین ترتیب که خاک را در وسط ظرف قرار داده و با ظرف روی یک سطح محکم که به وسیله‌ی چند لایه کاغذ خشک کن یا چیزی مشابه آن پوشیده شده، چندین ضربه بزنید تا خاک تر داخل ظرف از وسط به کناره‌ی ظرف جریان یابد. مجدداً به همان اندازه‌ی دفعه‌ی اول از خاک مرطوب به داخل ظرف اضافه کرده، آهسته آهسته ضربه بزنید تا خاک مرطوب، خوب پهن و متراکم گردد و

جاب‌های هوای داخل خاک در سطح آن ظاهر شده، از آن خراج شوند؛ باز هم از نمونه‌ی خاک به داخل ظرف بریزید و این عمل را آنقدر ادامه دهید تا ظرف کاملاً پر و لبریز شود. سپس با خط‌کش لبه تیز، خاک اضافی را بردارید و اگر در اطراف ظرف نیز مقداری خاک چسبیده، کاملاً آن را تمیز کنید. بعد از این مرحله سریعاً ظرف محتوی خاک مرطوب را وزن کرده، جرم ظرف و خاک مرطوب داخل آن را یادداشت کنید ( $M_w$ ).

۵. سپس ظرف محتوی نمونه را برای مدت یک روز در فضای آزمایشگاه نگاه دارید تا خشک شود. خشک شدن تازملی است که رنگ سطح خاک از تیره به روشن تغییر کند. پس از آن ظرف محتوی خاک را در گرمخانه‌ی  $50^\circ\text{C}$   $\pm 110$  قرار دهید تا خشک شود. اگر نمونه‌ی خاک شما ترک بخورد یا به تکه‌های کوچک‌تر تبدیل شود به مرحله‌ی اول برگشته، نمونه‌ی دیگری با درصد رطوبت بیش‌تر تهیه کنید. وزن ظرف و خاک خشک را تعیین کرده، یادداشت کنید ( $M_D$ ) [ASTM].

می‌دانیم اگر نمونه هنگام خشک شدن ترک بخورد، آزمایش باید دوباره انجام شود ولی با وجود این، برای کل دانشجویی می‌توان وزن و حجم بزرگ‌ترین قطعه را تعیین کرد و با برقراری یک تناسب، حجم خاک خشک را به دست آورد. در این وضعیت محاسبه‌ی وزن کل نمونه به سادگی امکان دارد، فقط مشکل اساسی تعیین حجم کل نمونه است که به طور تقریبی از تناسب زیر به دست می‌آید:

$$\text{وزن کل نمونه‌ی خشک شده} = \frac{V_f}{V} \times \text{وزن قطعه‌ی بزرگ‌تر}$$

۶. حجم نمونه‌ی خاک را با بیرون آوردن آن از ظرف انقباض و غوطه‌ور کردن آن در ظرف پر از جیوه تعیین کنید ( $V_0$ ).

۶-۱. ظرف پر از جیوه را درون یک ظرف دیگر (مسطح) قرار دهید برای این که جیوه سرریز شده داخل آن بریزد. ظرف را از جیوه پر (لبریز) کنید، صفحه‌ی شیشه‌ای شاخکدار را با فشار روی سطح جیوه قرار دهید تا جیوه اضافی خراج شود. باید وقت شود که بین صفحه و سطح جیوه، جاب‌ها وجود نداشته باشد، در غیر این صورت باید ظرف را خالی کرده و مجدداً این مراحل را تکرار کنید؛ با وقت جیوه‌هایی که به بیرون ظرف چسبیده است را پاک

کنید.

۶-۲. ظرف تبخیر را در ظرفی قرار دهید که جیوهی اضافی داخل آن بریزد. ظرف پر از جیوه را درون ظرف

تبخیر قرار دهید و نمونه‌ی خاک را روی سطح جیوه قرار دهید (نمونه‌ی شما بر روی سطح جیوه، شناور خواهد ماند). با

صفحه‌ی شیشه‌ای شاخکدار، روی نمونه فشار دهید تا نمونه در جیوه غوطه‌ور شود و صفحه را روی لبه‌ی ظرف جیوه

فشار دهید تا جیوهی اضافی بیرون بریزد. باز هم باید وقت شود که هوایی بین صفحه و جیوه بقی نماند که در این

صورت باید از مرحله‌ی ۱ تا ۶ دوباره تکرار شود. حجم جیوهی جابه‌جا شده داخل ظرف تبخیر را اندازه بگیرید؛ این

کل را می‌توانید مستقیماً با اندازه‌گیری حجم به وسیله‌ی استوانه‌ی مدرج انجام دهید و یا با اندازه‌گیری وزن جیوهی

جابه‌جا شده و تقسیم کردن آن بر جرم جیوه. این حجم را که حجم نمونه‌ی خاک پس از خشک شدن است،

یادداشت کنید (V).