

آزمایش تعیین مقاومت فشاری سه محوری

(Triaxial)

مقدمه:

آزمایش سه محوری متداول ترین روشی است که امروزه در آزمایشگاه های مکانیک خاک مورد استفاده قرار میگیرد.

در این آزمایش مقاومت برشی خاک بر حسب تنش کل (مجموع تنش موثر و فشار منفذی) بیان می شود. لذا مقاومت خاک به فشار آب منفذی درون خلل و فرج خاک در هنگام بارگذاری بستگی خواهد داشت. اگر آب در حین بارگذاری بتواند از منافذ خاک خارج ویا در آنها وارد شود فشار منفذی حاصل ودر نتیجه مقاومت به دست آمده با حالت بدون زهکشی متفاوت خواهد بود. در این روش زهکشی در سرتاسر سطح سطح خارجی نمونه غیر مجاز است. از این رو مقاومت اندازه گیری شده بر حسب تنش کل در مسایل مربوط به محلی که در آن زهکشی رخ می دهد کاربرد ندارد. به علاوه در جایی که وضعیت کرنش در زمین با نتیجه به دست آمده از آزمایش سه محوری به مقدار قابل توجهی متفاوت باشد تنش های به دست آمده از آزمایش سه محوری را نمی توان به کار برد.

معمولا سه نوع آزمایش سه محوری استاندارد انجام می شود:

الف) آزمایش تحکیم یافته - زهکشی شده (CD): در این آزمایش ابتدا نمونه خاک اشباع با متراکم ساختن سیال درون محفظه تحت فشار محدود کننده همه جانبه قرار داده می شود. با اعمال فشار محدود کننده فشار آب منفذی نمونه افزایش می یابد این در صورتی است که از زهکشی جلوگیری به عمل آید. این افزایش فشار آب منفذی را می توان به صورت یک پارامتر بی بعد بیان کرد. اگر اتصال زهکشی را باز کنیم با گذشت زمان فشار آب منفذی کاهش یافته ودر انتها صفر می شود. نمونه تغییر حجم خواهد داد که می توان نمودار تغییر حجم را با تغییر زمان رسم کرد. سپس تنش انحرافی به آرامی به نمونه وارد می شود. با توجه به صفر بودن فشار آب منفذی تنش کل و تنش مؤثر با هم برابر می شوند. و این دو تنش در زمان گسیختگی نیز با هم برابرند. همانطور که اشاره شد میزان تغییر شکل به نحوی کنترل میشود که هیچگاه فشار حفره ای قابل ملاحظه ای در نمونه وجود نداشته باشد بنابراین همیشه تنش وارده به صورت تنش مؤثر باقی می ماند وپوش گسیختگی مستقیما بر حسب تنش مؤثر بیان می گردد.

ب) آزمایش تحکیم یافته - زهکشی نشده (CU): این آزمایش متداولترین نوع آزمایش سه محوری است. در این آزمایش ابتدا نمونه خاک اشباع با اعمال فشار همه جانبه سیال درون محفظه تحکیم می شود که این به زهکشی نمونه منجر می شود. پس از استهلاک فشار آب منفذی ناشی از اعمال فشار محدود کننده تنش انحرافی روی نمونه افزایش داده می شود تا گسیختگی برشی روی می دهد. در طول این مرحله از آزمایش مسیر زهکشی از نمونه بسته نگه داشته می شود. به دلیل امکان پذیر نبودن زهکشی فشار آب منفذی افزایش می یابد.

ج) آزمایش تحکیم نیافته - زهکشی نشده (UU): در این آزمایش اجازه زهکشی نمونه خاک در ضمن اعمال فشار محفظه ای داده می شود. گسیختگی نمونه خاک مورد آزمایش با اعمال تنش انحرافی و جلوگیری از زهکشی صورت می گیرد. از آنجا که در هیچ مرحله از آزمایش اجازه زهکشی داده نمی شود. آزمایش را می توان به سرعت انجام داد. به دلیل اعمال فشار محدود کننده محفظه ای فشار آب منفذی در داخل نمونه خاک افزایش می یابد. افزایش بیش از حد فشار آب منفذی به دلیل اعمال تنش انحرافی صورت می گیرد.

شرح دستگاه و لوازم مورد نیاز:

الف) دستگاه بار گذاری:

دستگاه بار گذاری محوری متشکل از یک جک دنده ای است که با نیروی برق به حرکت در می آید. این دستگاه به گونه ای است که سرعت بار گذاری آن قابل کنترل می باشد و به راحتی می توان سرعت های مورد نیاز را روی دستگاه تنظیم کرد. همچنین باید سعی شود لرزش های دستگاه در هنگام کار به حداقل ممکن برسد.

ب) دستگاه تولید اندازه گیری فشار جانبی:

با دستگاه تولید و اندازه گیری فشار محفظه ای باید بتوان فشار جانبی لازم را وارد و کنترل کرد. این وسیله شامل یک مخزن آب می باشد که به محفظه فشار سه محوری متصل شده و تا حد معینی از آب پر می شود. مخزن از قسمت بالا به دستگاه تولید فشار متصل می گردد فشار هوا توسط یک فشار سنج اندازه گیری می شود. همچنین از سیستم های هیدرولیکی می توان برای وارد آوردن فشار جانبی استفاده کرد.

پ) محفظه فشار سه محوری:

محفظه فشار سه محوری استوانه ای است شیشه ای و مقاوم و طوری ساخته شده است که نمونه در مرکز آن قرار می گیرد. و از اطراف فشار هیدرواستاتیک به آن وارد می شود.

ت) کلاهک و پایه نمونه:

برای جلوگیری از زهکشی نمونه می توان از یک کلاهک و پایه غیر قابل نفوذ استفاده کرد. برای زهکشی کردن نمونه از کلاهک و پایه ای استفاده می شود که یک سوراخ کوچک در مرکز آنها تعبیه شده است. کلاهک و پایه نمونه از ماده ای غیر قابل نفوذ و زنگ نزن ساخته شده و هر کدام از آنها دارای یک سطح تماس دایره ای با نمونه می باشند که مقطع آنها نیز دایره ای شکل است. نمونه باید به کف فلزی محفظه فشار سه محوری پیچ گردد تا از حرکت جانبی یا کج شدن نمونه جلوگیری شود. ضمناً کلاهک نیز طوری ساخته شده است که سطح تماس پیستون بار دهنده با کلاهک به صورت متحدالمرکز باشند. سطح جانبی پایه و کلاهک نمونه که جهت آب بندی به غشاء لاستیکی متصل می شود باید کاملاً صاف و بدون خراشیدگی باشد.

ث) غشاء لاستیکی:

غشاء لاستیکی برای پوشاندن نمونه به کار می رود و باید در برابر تراوش آب از جدار آن غیر قابل نفوذ باشد. غشاء لاستیکی قبل از استفاده با دقت بازرسی می شود تا اگر ترک یا سوراخ ریزی در آن مشاهده شد کنار گذاشته شود. برای اینکه غشاء حداقل فشردگی را در نمونه ایجاد کند قطر انبساط یافته آن باید بین 75٪ تا 90٪ قطر نمونه باشد. ضخامت جدار غشاء نباید بیش از 1٪ قطر نمونه باشد. همانطوری که گفته شد غشاء لاستیکی توسط حلقه های لاستیکی به پایه و کلاهک نمونه محکم می شود. قطر داخلی حلقه های لاستیکی در حالتی که تحت تنش نیست کمتر از 75٪ قطر کلاهک و پایه می باشد.

ج) سنگ متخلخل:

سنگ های متخلخل با مقطع دایره ای و با قطر برابر نمونه که در بالا و پایین نمونه قرار داده می شوند جهت زهکشی نمونه به کار می روند.

چ) وسیله انبساط دهنده غشاء لاستیکی:

نمونه استوانه ای خاک با استفاده از وسیله انبساط دهنده غشاء در داخل یک غشاء لاستیکی نازک که در حدود 5 سانتی متر بلند تر از خود نمونه است قرار داده می شود. ضمن اینکه پایه و کلاهک در دو انتهای نمونه قرار دارند غشاء لاستیکی از دو طرف به پایه و کلاهک می چسبد و با استفاده از حلقه های لاستیکی کاملاً آب بندی می شود.

ح) دستگاه اندازه گیری بار محوری:

دستگاه اندازه گیری بار محوری یک حلقه نیرو سنج می باشد که بتوان به وسیله آن بار محوری را با حساسیت لازم اندازه گیری کرد. حلقه نیرو سنج در خارج از محفظه فشار سه محوری قرار دارد. دستگاه اندازه گیری بار محوری باید بتواند بار محوری را با دقت 1٪ بار در مرحله گسیختگی اندازه گیری نماید.

خ) شاخص تغییر شکل:

شاخص تغییر شکل هما گنج اندازه گیری طول است .

د) دستگاه بیرون آورنده نمونه:

جک هیدرولیکی است که می توان بوسیله آن نمونه خاک را در همان جهتی که نمونه برداری شده است با کمترین دست خوردگی بیرون آورد. در صورتی که نمونه خاک در وضعیت عمومی بیرون آورده شود برای جلوگیری از پدید آمدن حالت خمش در نمونه (که بر اثر نیروی ثقل حاصل می شود باید مراقبت های لازم را به عمل آورد. البته در هنگام نمونه برداری جهت حرکت به داخل لوله نمونه گیر مشخص می گردد. در نتیجه هنگام خارج کردن نمونه هیچ گونه اشتباهی رخ نخواهد داد.

ذ) وسایل اندازه گیری نمونه

ر) زمان سنج

ز) ترازو

روش انجام آزمایش:

نمونه آماده شده را (که در غشاء پلاستیکی پوشیده شده و در دو انتهای آن پایه کلاهدک قرار دارد) داخل محفظه سه محوری ثابت می کنیم. پیستون بارگذاری را چند بار با کلاهدک نمونه تماس می دهیم تا مطمئن شویم که اتکاء پیستون روی کلاهدک و همچنین هم محوری پیستون و کلاهدک به طور صحیح برقرار شده است. پس از این کنترل پیستون را در بالای کلاهدک نمونه قفل می کنیم. (در طی اعمال فشار به حالت قفل باقی می ماند) سپس محفظه را در محل خود در دستگاه بار گذاری قرار می دهیم. (دقت می کنیم که دستگاه بار گذاری و دستگاه اندازه گیری بار محوری و محفظه سه محوری کاملاً هم محور قرار داشته باشند در غیر این صورت در طول آزمایش نیروی جانبی بر پیستون وارد می شود). دستگاه تولید و اندازه گیری فشار جانبی را وصل می کنیم سپس محفظه را تا سطحی که از

پیش تعیین شده است کاملاً از آب پر می کنیم. دستگاه تولید و اندازه گیری فشار جانبی را برای فشار مطلوب تنظیم کرده و آن فشار را بر آب داخل محفظه وارد می کنیم.

در صورتی که دستگاه اندازه گیری بار محوری در خارج از محفظه سه محوری قرار گرفته باشد فشار جانبی باعث وارد شدن نیرو بر پیستون شده و آن را به طرف بالا می راند و در نتیجه بر دستگاه بار گذاری محوری تاثیر میگذارد. در این حالت پیستون را کمی بالاتر کلاهک نمونه قرار می دهیم. لازم به ذکر است که قبل از اینکه پیستون با کلاهک نمونه تماس پیدا کند اصطکاک اولیه و فشار وارده بر پیستون (ناشی از اعمال فشار جانبی) را اندازه گرفته و یادداشت می کنیم. این فشار ها را با دستگاه اندازه گیری فشار محوری اندازه گیری می کنیم. سپس فشار های محوری وارد بر نمونه را نسبت به این دو فشار تصحیح می کنیم. همچنین می توان بار محوری را روی این اصطکاک و فشار صفر کرد.

سپس عملیات زیر را انجام می دهیم:

۱. مقدار کرنش را برای قرائت های متوالی تغییر شکل نمونه محاسبه می کنیم و مقادیر را در ستون مربوطه یادداشت می کنیم. (لازم به ذکر است که قبل از هر کاری طول اولیه نمونه را به دست می آوریم)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

۲. مساحت نمونه را اصلاح می کنیم و در ستون مربوطه یادداشت می کنیم.

$$V = A_0 L_0 \quad \text{قبل از بارگذاری}$$

$$A' = \frac{A_0 L_0}{L_0 \left[1 - \frac{\Delta L}{L_0} \right]} \quad \text{بعد از بارگذاری}$$

۳. برای محاسبه تنش انحرافی باید ابتدا مقادیر خوانده شده از روی گیج متصل به رینگ را در ثابت رینگ ضرب کنیم تا مقدار نیروی وارد شده به نمونه به دست آید آنگاه به صورت زیر عمل می کنیم:

ثابت رینگ \times عدد خوانده شده از روی گیج = P

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{P}{A'}$$

۴. نمودار تنش کرنش هر نمونه را رسم می کنیم و مقدار تنش انحرافی را هم در کنار آن یادداشت می کنیم و

برای هر سه نمونه خاک نمودار رسم شده را رسم می کنیم و روی این نمودار ها یک تنش شکست (σ_1) به (σ_3) های متناظر داریم.

۵. بر حسب تنش قائم و تنش برشی نموداری رسم می نماییم که محور افقی آن بر حسب تنش قائم و محور قائم آن بر حسب تنش برشی باشد. آنگاه سه دایره با قطر های بدست آمده از تنش های انحرافی و هر دایره را از (σ_3) نظیر قطر خودش رسم می کنیم. آنگاه مماس بر این دوایر را رسم می کنیم و مقادیر c و φ را تعیین می کنیم.

$$\text{مقدار } (\varphi) \text{ را از رابطه روبرو بدست می آوریم: } \sin \varphi = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3}$$

تذکر: (لازم به ذکر است که مقدار c برای خاک های غیر چسبنده برابر صفر است و در آزمایش UU قطر

بزرگترین دانه باید 0.1 قطر نمونه باشد)

