Namatek
True Education

Triaxial Compression Test of Soil

www.namatek.com

معرفی ۴ روش آزمایش سه محوری خاک

فهرست مطالب

۱. آزمایش سه محوری خاک چیست؟
۲. روش انجام آزمایش سه محوری خاک
۳. نکات مربوط به آزمایش سه محوری خاک
۴. انواع آزمایش سه محوری خاک

www.namatek.com

از متداول ترین روش های تست مکانیک خاک که مهندسان عمران با آن سر و کار دارند می توان آزمایش سه محوری خاک را نام برد .این آزمایش توسط دستگاهی دقیق و پرکاربرد انجام می شود که ویژگی های بسیار مهمی از خاک را برای مهندسان مشخص می کند.

در ادامه این مقاله سعی داریم به بررسی کامل این روش آزمایش خاک بپردازیم پس با ما همراه باشید.

#۱ آزمایش سه محوری خاک چیست؟

آزمایش سه محوری خاک (Triaxial Compression Test of Soil) یکی از متداول ترین و دقیق ترین آزمایش های مکانیک خاک است که برای اندازه گیری پارامترهای مکانیکی خاک و مصالح شکل پذیر (مانند سنگ، شن و ماسه) مانند موارد زیر به کار می رود:

- مقاومت برشی
- سختی برشی
- زاویه اصطکاک داخلی (φ)
- ضریب چسبندگی خاک (C)

دستگاه آزمایش سه محوری خاک را می توان یکی از پرکاربردترین دستگاه های مورد استفاده مهندسین عمران و ژئوتکنیک در مطالعات آزمایشگاهی دانست.

این دستگاه با ایجاد شرایط شبیه سازی شده تنش در اعماق زمین بر روی انواع نمونه ها، قادر به تعیین مقاومت برشی، سختی برشی و دیگر پارامترهای مکانیکی و دینامیکی مصالح است. پارامترهای به دست آمده از این آزمایش را می توان در نرم افزار هایی مانند Slide که به منظور تحلیل پایداری شیب استفاده می شوند، به کار بر تا پیش بینی رفتار مصالح را در مسائل واقعی میسر کرد.

این روش که بر اساس استاندارد ASTM D4767-88 & D2850-87 انجام می شود، نسبت به سایر روش ها نظیر آزمایش برش مستقیم، پیچیدگی بیشتری دارد؛ اما نتایج قابل قبول تری ارائه می دهد.

#۲ روش انجام آزمایش سه محوری خاک

مراحل انجام آزمایش سه محوری خاک به شرح زیر است:

- گام اول:

در آزمایش سه محوری، نمونه خاک (Rock Sample) بین دو صفحه فلزی موازی قرار می گیرد. سپس با استفاده از نیروی پیستونی(Fv) ،

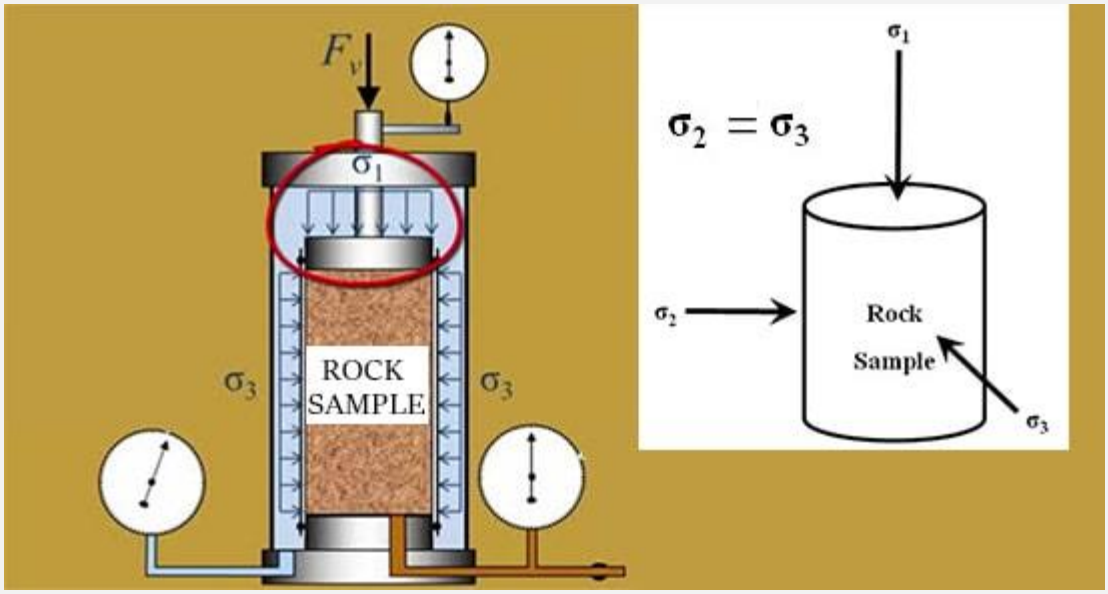
تنش فشاری محوری در راستای عمود بر صفحات اعمال می گردد و پس از آن فشار جانبی σ3 از طریق سیال در برگیرنده که عموما آب است، به نمونه اعمال می شود.

- گام دوم:

در این آزمایش، تنش فشاری اعمالی باعث شکل گیری تنش برشی و توسعه آن در نمونه می شود. این تنش فشاری تا جایی ادامه پیدا می کند که نمونه در آستانه شکست قرار بگیرد. میزان تنش اعمالی و فشار سیال در برگیرنده تا هنگام ایجاد شکست و شکل گیری ناحیه لغزش یا خطوط برش (Shear Bands) افزایش خواهد داشت.

- گام سوم:

در مرحله آخر ارتفاع نمونه کاهش می یابد و برآمدگی هایی در کناره ها ایجاد می شود. همچنین میزان تنش فشاری صفحات کاهش می یابد؛ اما میزان فشار جانبی سیال همچنان افزایش خواهد داشت. در این جا مجدد شاهد افزایش ارتفاع نمونه خواهیم بود.



جهت دستیابی به اطلاعات دقیق در مورد تنش و کرنش های ایجاد شده در نمونه، لازم است که چرخه بارگذاری دفعات بیشتری تکرار گردد.

#۳ نکات مربوط به آزمایش سه محوری خاک

- نمونه در آزمایش سه محوری باید داخل قالبی از جنس لاتکس (latex)ریخته شود و صفحات فلزی دایره ای شکل در دو انتهای استوانه قرار گیرند. تنش فشاری از طریق صفحه بالایی بر روی نمونه و در راستای استوانه اعمال می شود. میزان جا به جایی با میزان نیروی مورد نیاز برای به حرکت در آوردن صفحه اندازه گیری می شود. همچنین میزان فشار سیال اعمالی را می توان در حین آزمایش با دستگاه فشار منفذی بیشاپ (Bishop’s Pore Pressure Apparatus) اندازه گیری کرد.

- میزان تغییرات حجم نمونه خاک در طول آزمایش از طریق کنترل و اندازه گیری میزان ورودی و خروجی سیال به محفظه نیز قابل اندازه گیری است. این قابلیت در صورت اشباع بودن خاک کاربرد دارد.
- غشای لاستیکی برای قرارگیری نمونه، باید بدون آسیب و سوراخ باشد.
- قطر نمونه مورد آزمایش بر اساس بزرگ ترین قطر دانه موجود انتخاب می شود.
- زمان به پایان رسیدن آزمایش سه محوری در دو صورت مشخص می شود:

۱. هنگامی که نیروی اعمالی روند کاهشی داشته باشد.
۲. هنگامی که نمونه ۲۰ درصد کرنش را تجربه کند.

#۴ انواع آزمایش سه محوری خاک

قالب استوانه ای با غشای پلاستیکی حاوی نمونه، در محفظه ای حاوی سیال (معمولا آب) محصور می گردد و نیروهای لازم (تنش فشاری و فشار جانبی) به آن اعمال می شوند.

آزمایش سه محوری خاک با توجه به وضعیت شیر خروجی آب به چهار دسته زیر تقسیم بندی می شود:

- تحکیم یافته زهکشی شده (CD یا Consolidated Drained)
- سه محوری خاک واقعی (True Triaxial Test)
- تحکیم یافته زهکشی نشده (CU یا Consolidated Undrained)
- تحکیم نیافته زهکشی نشده (UU یا Unconsolidated Undrained)

در ادامه به معرفی هر یک می پردازیم.

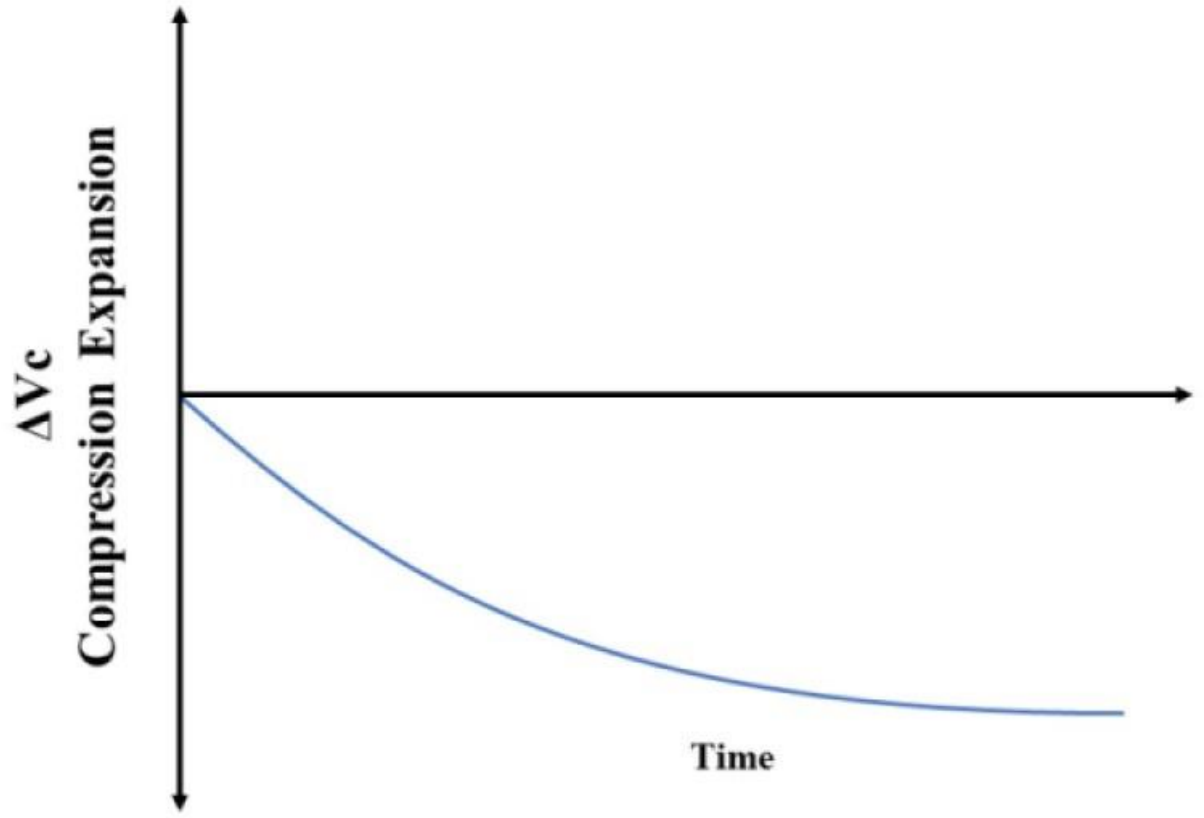
#۴-۱ آزمایش تحکیم یافته زهکشی شده

در آزمایش سه محوری خاکCD ، شیر زهکشی در کل طول آزمایش به صورت باز قرار دارد. در ابتدا با اعمال تنش همه جانبه نمونه به صورت

زهکشی شده، تحکیم می یابد و سپس با ایجاد فشار به گسیختگی می رسد.

در آزمایش سه محوری تحکیم یافته زهکشی شده، میزان کرنش ایجاد شده قابل کنترل است و تغییر شکل محوری ثابتی را شاهد خواهیم بود. مدت زمان انجام آزمایش برای خاک ها بسته به میزان نفوذپذیری آن ها متغیر است. برای خاک های ریزدانه مانند رس به دلیل کم بودن اصطکاک داخلی خاک برای ایجاد زهکشی و تعدیل کرنش در سطوح مختلف، زمان بیشتر و برای خاک های درشت دانه مانند ماسه که اصطکاک داخلی بیشتری دارند، زمان کمتری لازم است.

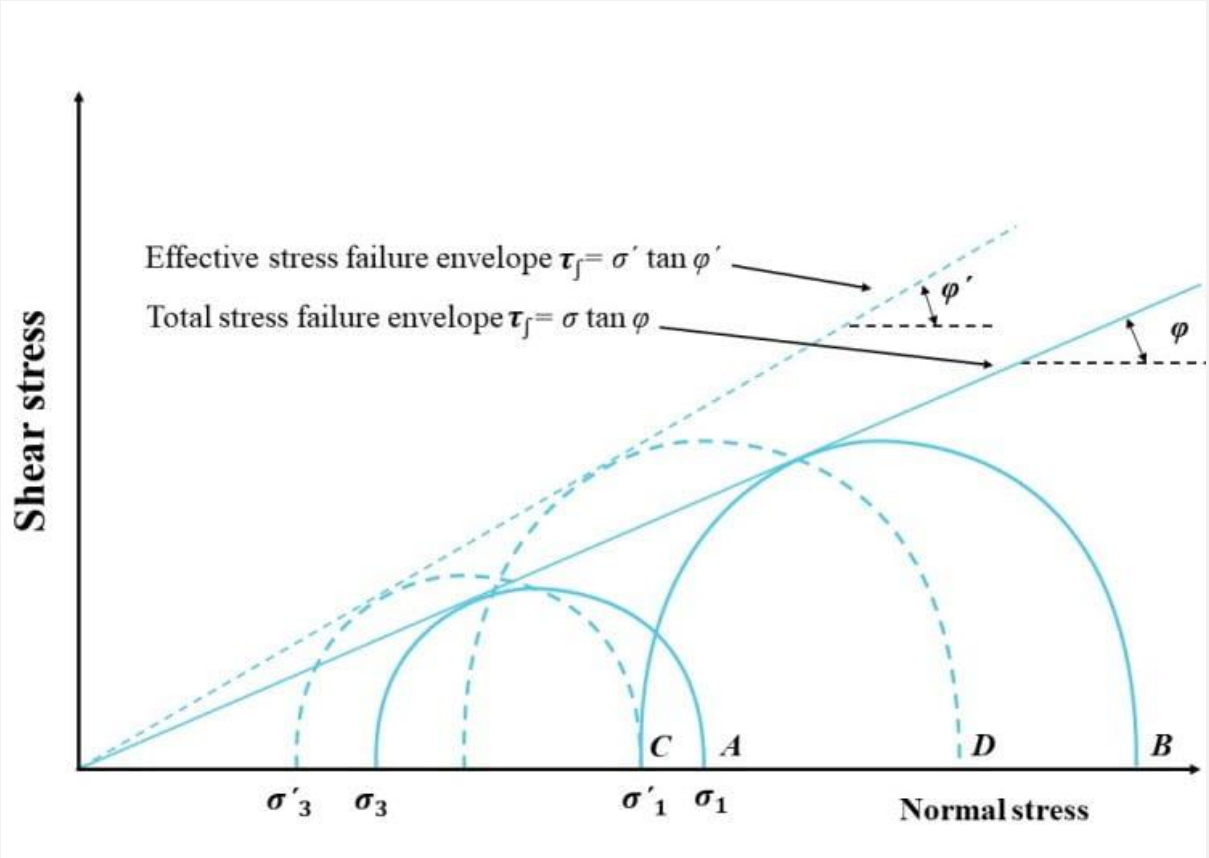
در شکل زیر نتایج مربوط به آزمایش CD نشان داده شده اند. در این نمودار تغییرات حجم نمونه (Compression Expansion) نسبت به زمان (Time) نشان داده شده است. با گذشت زمان، میزان آب نمونه و در نتیجه حجم آن کاهش می یابد.



#۲-۴ آزمایش تحکیم یافته زهکشی نشده

در آزمایش سه محوری خاکCU ، به نمونه اجازه زهکشی داده نمی شود و به دلیل این که شیر زهکشی تا انتهای آزمایش بسته است، نمونه کاملا اشباع خواهد بود. در این نوع از آزمایش سه محوری خاک با استفاده از اندازه گیری میزان فشارهای حفره ای، امکان تخمین مقاومت نیز وجود دارد. همچنین سرعت برش با توجه به نرخ تحکیم نمونه تحت شرایط اشباع محاسبه می گردد. مقادیر فشار بین ۱۰۰-۱ پوند بر اینچ مربع یا بیشتر هستند.

نمودار زیر آزمایش سه محوری تحکیم یافته زهکشی نشده برای ماسه و رس را نشان می دهد که محور افقی آن تنش قائم (Normal Stress) و محور قائم آن تنش برشی (Shear Stress) هستند.



آزمایش های C، B، A و D انجام شده اند و نمودار پوش (envelope curve یا پوش دسته منحنی‌ها، یک منحنی است که در هر نقطه با یکی از منحنی‌های دسته به طور مماس تماس پیدا می‌کند) برای تنش کل و تنش موثر ترسیم شده است. همان طور که در شکل مشاهده می کنید، مقدار تنش برشی در این حالت بر اساس معیار شکست موهر کلمب (Mohr-Coulomb)از فرمول زیر به دست می آید:

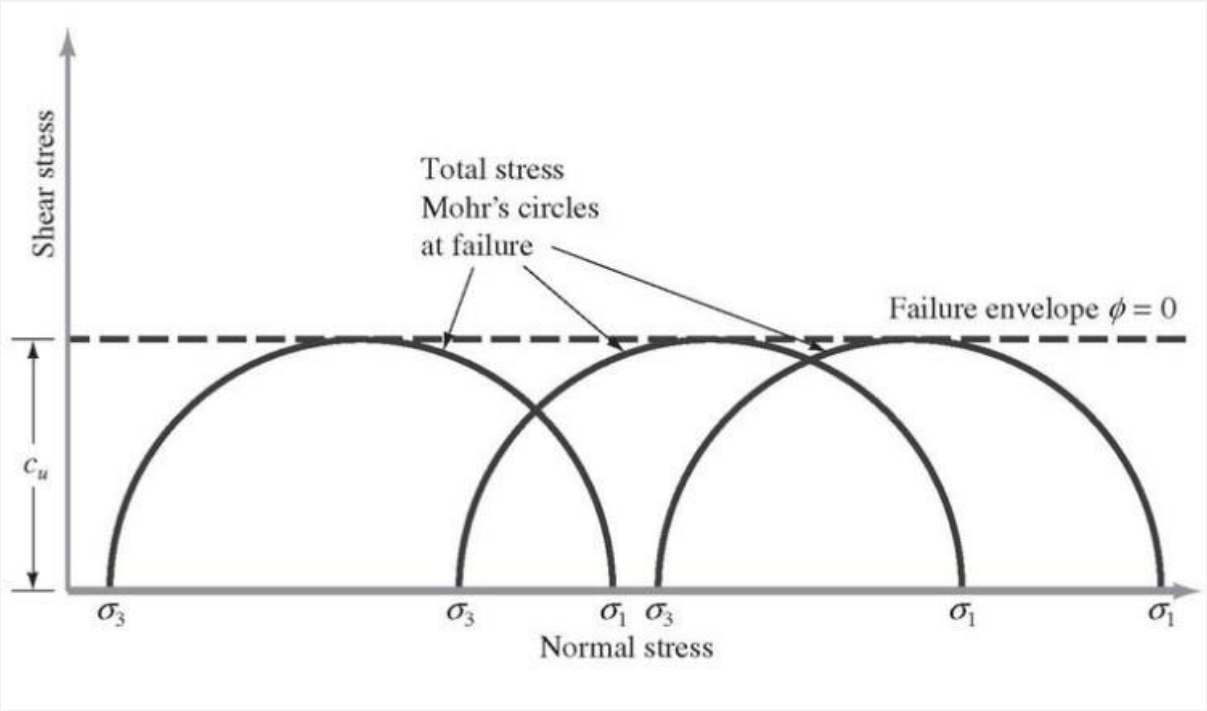
$$\tau = \sigma * \tan(\varphi)$$

که در آن σ تنش موثر طبیعی، φزاویه اصطکاک داخلی و τ مقاومت برشی است. خط پر، پوش گسیختگی تنش کل یا تنش تحمل شده توسط ذرات جامد خاک و آب حفره ای (Total Stress Failure Envelope) و خط چین، نمودار پوش تنش موثر یا تنش تحمل شده توسط ذرات جامد خاک (Effective Stress Failure Envelope) را نشان می دهند.

#۳-۴ آزمایش تحکیم نیافته زهکشی نشده

در آزمایش سه محوری خاک UU، بارگذاری با سرعت بالایی انجام می شود که در این حالت نمونه نمی تواند تحکیم پیدا کند. در این آزمایش شیر زهکشی تا انتهای زهکشی بسته است. لازم به ذکر است که در آزمایش UU، نمونه در شرایط کرنش کنترل شده (با نرخ ثابت)، تحت فشار قرار خواهد گرفت. آزمایش سه محوری خاک UU برای خاک های درشت دانه کاملا اشباع، قابل استفاده نیست.

نمودار زیر مربوط به آزمایش سه محوری تحکیم نیافته زهکشی نشده است که در آن دوایر موهر برای تنش کل در لحظه گسیختگی (Total Stress Mohr's Circles at Failure) نشان داده شده اند. پوش گسیختگی φ=0 (Failure Envelope) نیز در این شکل نشان داده شده است که محور افقی آن، تنش قائم (Normal Stress) و محور قائم آن، تنش برشی (Shear Stress) است. در این نمودار Cx نشان دهنده ضریب چسبندگی خاک می باشد.



#۴-۴ آزمایش سه محوری واقعی

آزمایش سه محوری واقعی جهت کنترل جداگانه تنش های اعمالی در هر سه جهت عمود برهم (XYZ) انجام می شود. کنترل تنش امکان بررسی مسیرهای تنش را در تمام جهات فراهم می کند. دستگاه لازم برای انجام این نوع از آزمایش سه محوری خاک به صورت مکعبی شکل است و شش صفحه مجزا برای اعمال فشار در تمام جهات وجود دارند که ترانسفورماتور تفاضلی متغیر خطی (Linear Variable Differential Transformer یا LVDT) بر روی هر یک از آن ها، امکان قرائت میزان جا به جایی هر صفحه را فراهم می کند.

دستگاه مخصوص آزمایش سه محوری واقعی نسبت به دستگاه آزمایش سه محوری معمولی (دستگاه متقارن) پیچیده تر است و به همین دلیل کمتر کاربرد دارد.