# نام آزمایش: تک محوری (فشاری ساده یا غیر محصور)

Unconfined Compression

## مقدمه

بررسی رفتار مکانیکی خاکها در شرایط مختلف یکی از بحثهای مهم در علم مکانیک خاک است. رفتار مکانیکی خاکها به سه بخش رفتار هیدرولیکی، مقاومت برشی و رفتار تغییر حجمی در شرایط مختلف تقسیم بندی میشود.

مقاومت بر شی ازجمله موارد مهم و ا سا سی جهت تعیین رفتار مکانیکی خاک ها می با شد. مقاومت برشی توده خاک، مقاومت داخلی واحد سطح آن خاک است که می تواند برای مقابله با گسیختگی یا لغزش در امتداد هر صفحه داخلی بروز دهد. مقاومت برشی خاکها از دو نوع مقاومت اصطکاکی ومقاومت چسبندگی ناشی میشود. برای تحلیل مسائل پایداری خاک نظیر ظرفیت باربری، پایداری شیروانی ها و فشار جانبی بر روی سازه های حایل خاک، لازم است طبیعت مقاومت برشی بخوبی شناخته شود.

بخش عمده پیش بینی طراحان از رفتار خاک در شرایط مختلف وابسته به علم و شناخت آنها نسبت به تغییر رفتار بر شی خاک است. مقاومت بر شی خاک تعیین کننده رفتار بر شی خاک در شرایط متفاوت است که با بهره گیری از معیار گسیختگی مور-کولمب بیان می شود.

## تئوری آزمایش:

### معیار گسیختگی مور – کولمب

مور (۱۹۰۰) نظریه ای برای گسیختگی مصالح ارائه داد که در آن گسیختگی نه به علت تنش قائم حداکثر و نه تنش برشی حداکثر، بلکه به علت ترکیبی بحرانی از آنها پیش بینی می شود. طبق نظریه مور، رابطه بین مقاومت برشی و تنش قائم در صفحه گسیختگی به صورت زیر نوشته می شود.

$$\tau_f = f(\sigma)$$

برای اغلب مسائل مکانیک خاک با دقت کافی می توان مقاومت برشی در روی صفحه گسیختگی را یک تابع خطی از تنش قائم در نظر گرفت (کولمب ۱۷۷۶). این رابطه به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\tau_f = c + \sigma \tan \varphi$$

که در آن: c= چسبندگی؛ $\tau$ = مقاومت برشی؛ $\phi$ = زاویه اصطکاک داخلی؛ $\sigma$ = تنش اصلی کل

طبق رابطه کولمب، مقاومت بر شی خاک به سه عامل بستگی دارد: مقدار تنش، مقدار c و مقدار φ که c و φ از خصوصیات ذاتی خاک هستند و بسته به نوع خاک تغییر می‌کنند. به لحاظ تئوری، اصطکاک داخلی برای ذرات رس صفر خواهد بود زیرا به اندازه دانه بستگی دارد. در این حالت، مقاومت برشی برابر چسبندگی است:

یعنی $\tau_f = C$

در طرف دیگر، برای شن و ماسه، ضریب چسبندگی برابر صفر است:

یعنی $\tau_f = \sigma \tan\Phi$

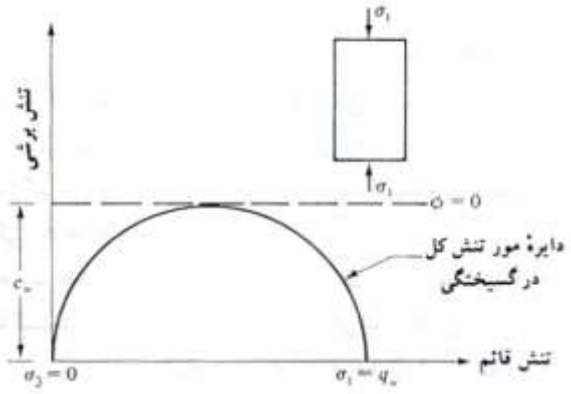
زیرا c فقط به جاذبه الکترواستاتیک بستگی دارد که فقط در خاکهای چسبنده وجود دارد.

## تعیین پارامترهای مقاومت برشی در آزمایشگاه

آگاهی از پارامترهای مقاومت برشی خاک به ما امکان ارزیابی پایداری خاک در برابر تنش‌های مختلف را می دهد. در آزمایشگاه، پارامترهای مقاومت برشی خاک با سه روش آزمایشی تعیین می گردد: آزمایش برش مستقیم، آزمایش تک محوری و آزمایش سه محوری.

آزمایش تک محوری معمولاً برای نمونه های چسبنده (رسی) غیر اصطکاکی مورد استفاده قرار میگیرد. در این آزمایش، فشار جانبی صفر است. به همین دلیل به نام تک محوری یا محدود نشده معروف است. کاربرد آن برای خاک های دانه‌ریز چسبنده-اصطکاکی به تنهایی کافی نیست زیرا با استفاده از این آزمایش مقاومت اصطکاکی نمونه قابل اندازه گیری نیست. همچنین برای خاک های ماسه ای که چسبندگی ندارند نمی توان این ازمایش را انجام داد.

بار محوری به سرعت به نمونه اعمال می‌شود تا نمونه گسیخته گردد. در لحظه گسیختگی، حداقل تنش اصلی کل مساوی صفر و حداکثر تنش اصلی کل مساوی $\sigma_1$ است که دایره مور نظیر آن مطابق شکل زیر می باشد.




با توجه به دایره مور در این حالت، مقدار چسبندگی برابر است با نصف حداکثر تنشی ($\sigma 1$) که باعث گسیخته شدن خاک می‌شود. به عبارتی حداکثر تنش ($\sigma 1$) برابر قطر دایره مورد و چسبندگی برابر شعاع دایره مور است. تنش حداکثر را مقاومت فشاری محصور نشده خاک ($q_u$) نیز می‌گویند.

$$c_u = \frac{\sigma 1}{2} = \frac{q_u}{2}$$

در این آزمایش چون سریع انجام می شود خاک رسی فرصت زهکشی ندارد. لذا شرایط آزمایش را می توان زهکشی نشده فرض کرد. لذا c را با Cu نشان می دهند.

## هدف از آزمایش:

هدف از این آزمایش، اندازه گیری چسبندگی خاکهای رسی است که برابر با مقاومت فشاری می‌باشد.

## وسایل آزمایش :

### وسایل آزمایش:

۱. دستگاه مقاومت فشاری
۲. ترازو
۳. چکش
۴. قالب استوانه ای
۵. جک هیدرولیکی برای بیرون آوردن نمونه از قالب
۶. الک شماره ۴
۷. آبپاش
۸. خاک خشک ریزدانه چسبنده به میزان لازم

## تهیه نمونه :

شرایط تهیه نمونه باید منطبق بر واقعیت باشد، بدین مفهوم که اگر در شرایط واقعی بار بر نمونه دست نخورده اعمال میشود (نظیر پی یک سازه ) باید حتی المقدور نمونه دست نخورده تحت آزمایش واقع شود. و در صورتی که در شرایط واقعی بار بر نمونه د ست خورده اعمال می شود (مانند خاکریز)، باید نمونه دست خورده با همان شرایط رطوبت وتراکم تهیه وآزمایش شود. این آزمایش اغلب در مورد نمونه های دست نخورده کاربرد دارد و محدود به خاکهای CL-ML,MH,ML,CH,CL می باشد.

## تهیه نمونه دست خورده:

در این مورد می توان از نمونه های د ست نخورده شکسته شده یا از خاک د ست خورده ا ستفاده کرد. درحالت اول نمونه در یک غشاء لاستیکی پیچیده شده، آنقدر ورز داده می شود تا کاملاً همگن گردد، به طوری که از محبوس شدن هوا در بین دانه‌های خاک جلوگیری شده و درصد رطوبت طبیعی نمونه حفظ شود. درحالت دوم خاک در قالب مخصوص ا ستوانه ای متراکم می شود. سپس دو انتهای نمونه کاملاً صاف می‌شود به طوری که به محور نمونه عمود باشد. بعد از آن، قالب باز شده نمونه خارج می‌شود.

## روش آزمایش:

همانند سایر آزمایشهای مقاومت برشی ، دراینجا نیز از هر دو روش کرنش کنترل شده و تنش کنترل شده میتوان استفاده کرد. روش ارائه شده زیر برای حالت کرنش کنترل شده است.

۱. نمونه را در جایگاه مخصوص خود در دستگاه آزمایش قرار می دهیم، به طوری که محور عمودی آن نزدیک مرکز بارگذاری درصفحه بارگذاری باشد. اگر راستای نمونه بر صفحه های دستگاه عمود نباشد،خیلی زود منحنی تنش – کرنش به حالت افقی خود نزدیک می شود.
۲. گیج اندازه گیری بار وتغییر مکان را روی صفر تنظیم می کنیم. سپس بارگذاری را با آهنگ کرنش ۰/۵ تا ۲ درصد در دقیقه اعمال می کنیم.
۳. قرائت های بارگذاری را در درصد کرنش های زیر اندازه گیری نمایید.

0 , 0.1 , 0.2 , 0.5 , 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 8 , 10 , 12 , 14 , 16 , 18 , 20

۴. فشار همچنان بر نمونه اعمال می شود تا آنکه ترک در نمونه ظاهر شود یا آنکه منحنی تنش – کرنش از مقدار بیشینه خود عبور کند. در واقع قرائتها تا جایی که یکی از سه حالت زیر اتفاق افتد ادامه می یابد:
   - بار در نمونه کاهش یابد.
   - بار برای ۴ قرائت یکسان شود.
   - تغییر مکان تا ۱۵ درصد (یا ۲۰ تا ۲۵ درصد) ادامه پیدا کرده باشد.

۵. نمونه گسیخته شده را در اتاق مرطوب برده، زاویه ترک را با افق اندازه می گیریم (باید توجه دا شت که این زاویه بلافا صله پس از ایجاد ترک خوانده شود). نمونه گسیخته شده را به دقت بررسی می نماییم. این مشاهده در تهیه اطلاعات و ارائه بهتر نتایج به ماکمک میکند. نمونه را وزن کرده، بعد از خشک کردن کامل آن در گرمخانه، درصد رطوبت آن را به دست می‌آوریم.

## محاسبات:

محاسبات را بر اساس کرنش و تنش های محوری انجام می دهیم و مقدار تنش حداکثر ( $q_u$ ) از روی منحنی های تنش – کرنش به دست می آید.

کرنش محوری از رابطه زیر به دست می آید:

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

$\Delta L$: تغییر طول نمونه خوانده شده از کرنش سنج

$L_0$: طول اولیه نمونه

تنش لحظه ای را می توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

P: بار روی نمونه در لحظه قرائت $\Delta L$

A: سطح مقطع نمونه در لحظه قرائت P

تعیین مقدار دقیق سطح مقطع در هر لحظه مهم است. سطح مقطع در هر لحظه را می توان با ثابت در نظر گرفتن حجم نمونه به دست آورد. در لحظه شروع آزمایش حجم نمونه عبارت است از:

$$V_T = A_0 * L_0$$

بعد از تغییر طول نمونه ،حجم نمونه عبارت است از: $V_T = A(L_0 - \Delta L)$

با تساوی این دو رابطه مساحت سطح مقطع واقعی در هر لحظه عبارت است از :

$$A = \frac{A_0}{1-\varepsilon}$$

درصورتی که مقاومت اوجی وجود نداشته باشد ، مقاومت درکرنش حدود۱۵٪ تا ۲۰٪ به عنوان مقاومت اوج فرض می شود.

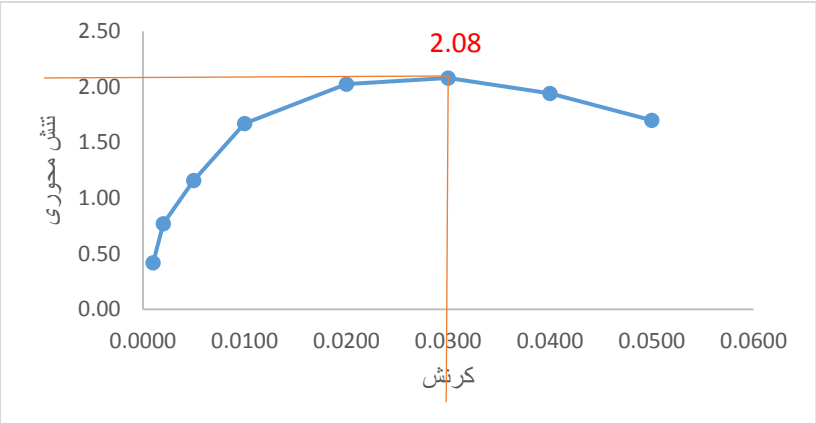
آزمایش را چند مرتبه تکرار می کنیم و میانگین آنها را در نظر می گیریم.

## مثال:

ابعاد نمونه: قطر ۳۸ میلیمتر و طول ۷۶ میلیمتر می باشد.

نتایج بدست آمده در آزمایشگاه:

| مراحل | تغییر شکل mm | نیرو(kg) | ε | A(cm²) | σ(kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 0.08 | 4.75 | 0.001 | 11.34 | 0.42 |
| **2** | 0.15 | 8.76 | 0.002 | 11.36 | 0.77 |
| **3** | 0.38 | 13.21 | 0.005 | 11.39 | 1.16 |
| **4** | 0.76 | 19.13 | 0.01 | 11.45 | 1.67 |
| **5** | 1.52 | 23.43 | 0.02 | 11.57 | 2.03 |
| **6** | 2.28 | 24.31 | 0.03 | 11.69 | 2.08 |
| **7** | 3.04 | 22.92 | 0.04 | 11.81 | 1.94 |
| **8** | 3.80 | 20.29 | 0.05 | 11.93 | 1.70 |




σ1= qu =2.08 kg/cm2

cu=2.08/2 = 1.04 kg/cm2

## تکلیف:

نتایج آزمایش فشار تک محوری به شرح زیر است:

ابعاد نمونه: قطر ۳۸ میلیمتر و طول ۷۶ میلیمتر می باشد.

نمودار تنس-کرنش را رسم کنید. مقاومت فشاری ($q_u$) و چسبندگی c خاک را تعیین کنید.

| مراحل | تغییر شکل mm | نیرو(kg) | ε | A(cm²) | σ(kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 0.08 | 2.75 | | | |
| **2** | 0.15 | 5.76 | | | |
| **3** | 0.38 | 10.21 | | | |
| **4** | 0.76 | 14.13 | | | |
| **5** | 1.52 | 20.43 | | | |
| **6** | 2.28 | 24.31 | | | |
| **7** | 3.04 | 26.92 | | | |
| **8** | 3.8 | 27.29 | | | |
| **9** | 4.56 | 23.65 | | | |
| **10** | 5.32 | 21.87 | | | |

Copy protected with Online-PDF-No-Copy.com