شرکت آزمون ساز مبنا

طراحی و ساخت لوازم آزمایشگاهی

مکانیک خاک و مقاومت مصالح

دستگاه برش مستقیم سنگ

مدل: RO 125

بهار ۹۴

فهرست

۱-مقدمه ۳

۲-هدف ۵

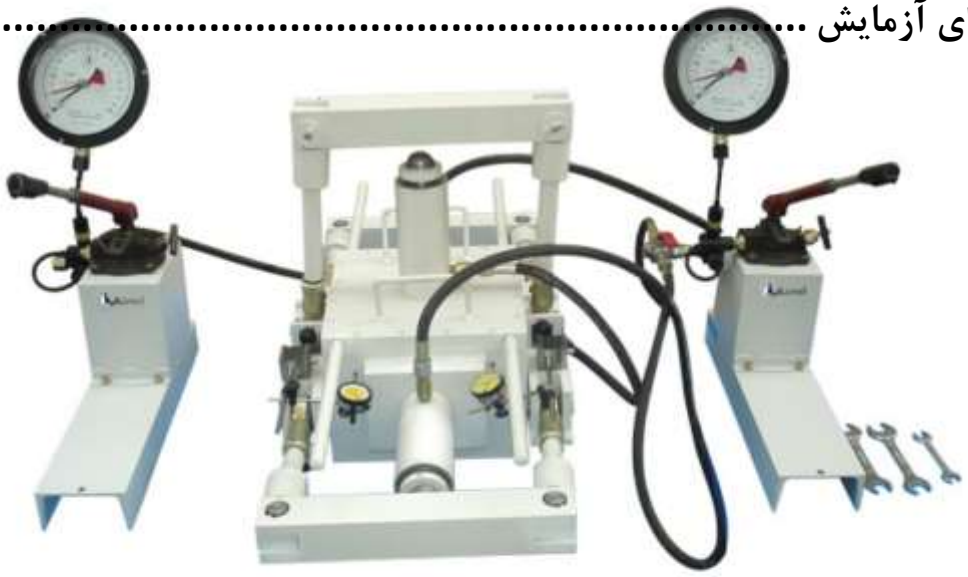
۳-مشخصات فنی دستگاه و ملحقات آن ۶

۴-نمونه آزمایش ۸

۵-روش آزمایش ۹

۶-محاسبات ۱۰

۷-خطاهای آزمایش ۱۲



دستگاه برش مستقیم سنگ

مدل RO 125

استاندارد:

ASTM D5607, ISRM

۱- مقدمه

در مقاومت برشی ماده سنگ ها، سطوح درزه ها و ناپیوستگی ها در تحلیل پایداری شیروانی های سنگی و سایر سازه هایی که درسنگ طراحی و اجرا می شوند اهمیت زیادی دارد. تعیین مقاومت برشی در طرح شیروانی های سنگی از قسمت های پر اهمیت و حساس بوده و تغییر کوچکی در مقاومت برشی می تواند ناپایداری شیروانی را به دنبال داشته باشد.

فرض کنید نمونه هایی از یک توده سنگ لایه ای یا درز دار انتخاب کرده و بخواهیم مقاومت برشی سطح ناپیوستگی را تعیین نماییم، این سطح هنوز دارای چسبندگی است وبه عبارت دیگر برای جداکردن دو نیمه از یکدیگر یا به اعمال مقادیری تنش کششی می باشد. با این فرض که سطح لایه کاملا صاف و عاری از هرگونه زبری باشد و تنشی معادل σ به طور عمودی بر آن وارد شود، تنش برشی τ برای ایجاد تغییر مکان u مورد نیاز می باشد. بدین ترتیب منحنی تنش برشی- تغییر مکان برشی به دست خواهد آمد. نمونه پس از یک تغییر شکل تقریبا خطی به مقاومت برشی نهایی رسیده و پس از گسیخته شدن، به مقدار تنش ثابتی، به جابه جایی خود ادامه می دهد. این تنش، مقاوت برشی ماندگار نامیده می شود.

www.AzmoonTest.com
sales@azmoontest.com
Tel: 021-61907

چنانچه مقادیر مقاومت برشی نهایی به دست آمده در آزمایشهای مختلف نسبت به تنش عمودی ترسیم شود، یک منحنی تقریبا خطی به دست می آید که شیب آن نشانگر زاویه اصطکاک حداکثر ϕ وعرض از مبدا آن، نشانگر چسبندگی سطح برش c می باشد. به این ترتیب مقاومت برشی نهایی را می توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$\tau = c + \sigma \tan\phi$$

چنانچه مقاومت برشی ماندگار بر حسب تنش عمودی ترسیم شود، رابطه ای خطی به صورت زیر به دست خواهد آمد:

$$\tau_r = \sigma \tan\phi_r$$

معمولا زاویه اصطکاک ماندگار φ_r از زاویه اصطکاک حداکثر ϕ کمتر است.

در صورتی که سطح برش حاوی آب تحت فشار باشد، به خاطر تاثیر فشار آب، تنش موثر عمودی و در تنیجه مقاومت برشی کاهش می یابد. در این حالت مقاومت برشی از رابطه زیر تعیین می گردد:

$$\tau = c + (\sigma-u) \tan\phi$$

u فشار آب در سطح درزه، c چسبندگی و ϕ زاویه اصطکاک

تاثیر آب بر چسبندگی درز بستگی به طبیعت مواد پر کننده آن دارد. خاک های ماسه ای یا شنی در اثر نفوذ آب تغییر چندانی نمی کنند اما بسیاری از رس‌ها وکانی‌های تبخیری دچارتغییرات زیادی می گردند. بنابراین آزمایش برش باید حدالامکان روی نمونه هایی باشرایط طبیعی انجام گیرد.

www.AzmoonTest.com
sales@azmoontest.com
Tel: 021-61907

مطالب ذکر شده در مورد درزه هایی که به طور مصنوعی روی سنگها ایجاد می شوند صادق می باشند اما سطح ناپیوستگی های طبیعی دارای زبری و ناصافی های زیادی است که باعث تغییر رفتار سنگ می گردد. تاثیر زبری درز را می توان با استفاده از مدلی که توسط پاتون ارایه شده است مورد بررسی و تحلیل قرار داد. چنانچه سطح صاف، تمیز و خشک یک ناپیوستگی با زاویه اصطکاک ϕ را در نظر بگیریم، با در نظر گرفتن شرایط تعادل حدی برای سیستم می توان نوشت:

$$S/N = \tan \phi$$

اگر سطح ناپیوستگی دارای زاویه شیب i نسبت به امتداد نیروی برشی S باشد، لغزش زمانی اتفاق می افتد که نیروهای عمودی Nو برشی S' وارد بر سطح برش در رابطه زیر صدق کنند:

$$S'/N' = \tan \phi$$

اگر S وN را به مولفه های موازی صفحه برش و عمود بر آن تجزیه کنیم خواهیم داشت:

$$S' = S \cos i - N \sin i$$

در نهایت:

$$S/N = \tan(\phi + i)$$

۲- هدف

با این آزمایش، مقاومت برشی مستقیم حداکثر و ماندگار به صورت تابعی از تنش قائم اعمالی بر صفحه برش تعیین می شود. از نتایج این آزمایش می توان در تحلیل تعادل حدی شیروانی های سنگی یا تحلیل پایداری پی

www.AzmoonTest.com
sales@azmoontest.com
Tel: 021-61907

سدها، تونل‌ها مخازن و مغارها استفاده نمود. مقاومت برشی مستقیم را در صورتی می توان در آزمایشگاه تعیین نمود که زبری سطحدرز نسبت به ابعاد نمونه کم باشد و بتوان از آن نمونه دست نخورده تهیه کرده و به آزمایشگاه انتقال داد. به عبارت دیگر مقاومت حداکثر به دست آمده از آزمایشگاه را فقط در صورتی می توان به کل ناپیوستگی تعمیم داد که از نظر زبری و نوع ناهمواری ها مشابه حالت صحرایی باشد. در غیر این صورت لازم است که روی نتایج آزمایشگاهی محاسبات مناسبی صورت گرفته و سپس وارد تحلیلهای پایداری گردد. در به کارگیری نتایج آزمایش برای طراحی مهندسی، چنانچه شرایط فشار آب منفذی و نحوه پیشرفت گسیختگی با شرایط آزمایشگاهی متفاوت باشد، لازم است که این موارد نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. به طور کلی در این آزمایش فشار منفذی اندازه کیری نمی شود و بنابراین تنش های حاصل، تنش کل می باشد.

۳- مشخصات فنی دستگاه و ملحقات آن

الف) وسائل مورد نیاز برای تهیه نمونه از سنگ شامل موارد زیر می باشد:

۱- وسائل مربوط به برش نمونه مثل مته مغزه گیری با قطر بزرگ، مته های ضربه ای، اره، پتک وچکش به همراه وسائل اندازه گیری شیب، جهت شیب، زبری و سایر مشخصات ظاهری سطح مورد آزمایش.

۲- وسایلی مثل سیم یا نوارهای فلزی برای بستن یا نگه داشتن نمونه

۳- مواردی برای حفاظت نمونه در مقابل صدمات مکانیکیو تغییر درصد رطوبت ضمن انتقال به آزمایشگاه و در طول برش. به عنوان مثال استفاده از بسته بندی های محافظ یا موم اندود کردن نمونه و یا هر گونه پوشش ضد آب.

ب) وسایل مورد نیاز برای قرار دادن نمونه در دستگاه که شامل موارد زیر است:

۱- وسیله قالب گیری نمونه که ممکن است استوانه ای یا مکعبی باشد.

www.AzmoonTest.com
sales@azmoontest.com
Tel: 021-61907

۲- سیمان، گچ، رزین یا سایر مواد قالب گیری مقاوم به همراه ظروف مناسب برای مخلوط کردن آنها.

پ) وسایل انجام آزمایش:

۱- جعبه برش نمونه و قالب داخل آن قرار می گیرند.

۲- وسیله اعمال بار قائم از نوع هیدرولیکی، پنوماتیکی یا سیستم وزنه ای به طوری که بار را به شکلی کاملا یکنواخت به صفحه آزمایش اعمال نماید. در این مدل اعمال بار به روش هیدرولیکی باشد. برآیند نیروی اعمالی باید از مرکز سطح گذشته و بر آن کاملا عمود باشد. ظرفیت جابه جایی قائم سیستم باید در بیشتر از مقدار اتساع یا تحکیمی باشد که نمونه انتظار می رود.

۳- وسیله اعمال بار برشی جک هیدرولیکی است که بار را به شکلی یکنواخت به یک نیمه از نمونه اعمال نماید. برآیند این نیروی برشی باید در صفحه برشی عمل نماید. این وسیله برای جابه جایی بیش از ۱۰ درصد طول نمونه طراحی شده است. سیستم دارای وسائل کم اصطکاک است تا اطمینان حاصل شود که مقاومت دستگاه در مقابل برش کمتر از یک درصد حداکثر نیروی برشی اعمالی است.

۴- تجهیزاتی برای اندازه گیری جا به جایی قائم، برشی و جانبی مثل میکرومتری، گیج عقربه ای، LVDT یا ترانس دیوسرها الکتریکی، وسیله اندازه گیری جابه جایی برشی باید قابلیت حرکتی بیش از ۱۰ در صد طول نمونه و دقتی بالاتر از ۰/۱ میلیمتر داشته باشد. وسایل اندازه گیری جابه جایی قائم و جانبی نیز باید قابلیت حرکتی بیش از ۲۰میلیمتر و دقتی بالاتر از ۰/۰۵ میلیمتر داشته باشند. که در این مدل از گیج های ۰/۰۱ میلیمتر استفاده شده است.

www.AzmoonTest.com
sales@azmoontest.com
Tel: 021-61907

۴- نمونه آزمایش

نمونه آزمایشی ممکن است دارای یک درز طبیعی و یا درزه مصنوعی ایجاد شده توسط اره باشد. جهت گیری نمونه نسبت به توده سنگ و نحوه قرارگیری آن در دستگاه برش باید حتی الامکان به نحوی باشد که سطوح ناپیوستگی بر صفحه برش منطبق گردد. در صورتی که سطح ناپیوستگی نسبت به صفحه برش شیبدار باشد، باید این زاویه را در محاسبات لحاظ نمود. سطح ناپیوستگی علاوه بر درز، صفحه لایه بندی و کلیواژ، می تواند سطح تماس بین سنگ و خاک یا سنگ و بتن نیز باشد.

چنانچه نمونه سنگی ضعیف باشد، می توان آزمایش برشی را روی نمونه های بکر و عاری از صفحات ضعیف نیز انجام داد. در این حالت لازم است که قالب در برگیرنده نمونه، مقاومت کافی داشته و نیرو قائم به اندازه ای باشد که مانع از ایجاد ممان پیچشی در نمونه گردد.

آماده سازی نمونه

الف) ابتدا صفحه برشی انتخاب شده و سپس شیب، جهت شیب و سلیر مشخصات زمین شناسی مورد نیاز یادداشت می گردد.نمونه های بلوکی یا مغزه ای حاوی صفحه برشی را باید با استفاده از روشهایی که برای به حداقل رساندن دست خوردگی به کار می روند تهیه نمود. باید از روش هایی استفاده کرد که مقدار رطوبت طبیعی نمونه تغییری نکند. صفحه برش باید ترجیحا مربعی با مساحت حداقل ۲۵۰۰ میلیمتر مربع باشد. پیوستگی نمونه ها بابستن سیم یا نوار به دور آنها حفظ می شود. این سیم یا نوار بلافاصله قبل از آزمایش باز می شود.

ب) نمونه‌های که بلافاصله برای آزمایش قالب گیری نمی شوند باید در پوشش ضد آب قرار گیرند، برچسب خورده و بسته بندی شوند تا از صدمه دیدن آنها جلوگیری شود. نمونه های شکننده را می توان در پوشش پلی ارتان بسته بندی نمود.

www.AzmoonTest.com
sales@azmoontest.com
Tel: 021-61907

پ) کلیه بسته بندی های محافظ به غیر از سیم های فولادی برداشته شده و نمونه داخل یکی از قسمتهای قالب طوری قرار داده می شوند که صفحه برش در موقعیت و جهت صحیح حفظ شود. ماده قالب گیری ریخته شده و پس از گیرشریال قسمتهای دیگر نمونه به طریقه مشابه قالب گیری میشوند. از هر طرف صفحه برش حداقل ۵میلیمتر نباید قالب گیری شود.

ت) به نمونه قالب گیری شده فرصت داده می شود تا کلملا خشک شده واستحکام لازم برای آزمایش را به دست آورد.

۵- روش آزمایش

الف) هدف از این مرحله به دست آوردن مقاومت برشی حداکثر و ماندگار صفحه برش می باشد.

ب) سیم های فلزی که دو نمونه را به یکدیگر متصل نموده اند قطع می شوند.

پ) نیروی برشی به تدریج افزایش داده می شود. این نیرو را می توان به صورت پله ای اعمال نمود، اما بهتر است آنرا به طور پیوسته و به طریقی که سرعت جا به جایی برشی قابل کنترل باشد اعمال کرد.

ت) قبل از رسیدن به مقاومت نهایی تقریبا باید ۱۰ سری قرائت انجام شود. سرعت جابه جایی در شروع آزمایش باید کمتر از ۰/۱میلیمتر در دقیقه باشد. این سرعت در بین مجموعه قرائت ها ممکن است به حداکثر ۰/۵ میلیمتر در دقیقه نیز افزایش یابد، مشروط بر اینکه مقاومت نهایی به طور دقیق ثبت گردد. در مورد آزمایش زهکشی شده به خصوص هنگامی که ناپیوستگی با مواد رسی پر شده است،زمان کل رسیدن به مقاومت نهایی باید بیشتر از $t_{۱۰۰}$ باشد که $t_{۱۰۰}$ از منحنی تحکیم به دست می آید.

www.AzmoonTest.com
sales@azmoontest.com
Tel: 021-61907

ث) به منظور توصیف بهتر منحنی تنش برشی- جابه جایی برشی می توان بعد از عبور از نقطه اوج، به جای فواصل ۰/۵میلیمتری، در هر ۵میلیمتر قرائت نمود. سرعت جابه جایی در این حالت بسته به شرایط آزمایشگاه ممکن است از ۰/۰۲ تا حداکثر یک میلیمتر در دقیقه تغییر کند.

ج) مقدار مقاومت ماندگار را هنگامی می توان تعیین نمود که نمونه تحت اثر تنش عمودی ثابت در معرض برش قرار گرفته و حداقل برای چهار مجموعه قرائت متوالی در جابه جایی برشی یک سانتیمتری، تنش برشی بیش از ۵ درصد تغییر نکند.

چ) برای بدست آوردن پوش مقاومت ماندگار می توان تنش قائم را افزایش یا کاهش داد و آزمایش برشی را تکرار نمود. نمونه باید تحت هر تنش قائم جدید تحکیم یافته و برشی مطابق آنچه در بندهای بالا گفته شد انجام گیرد. تنش عمودی را بهتر است در صورت امکان افزایش داد، چرا که کاهش نیروی عمودی تا حدودی ساختار صفحه برش را بر هم می زند.

ح) بعد از اتمام آزمایش، لازم است که سطح برش به طور کامل توصیف گردد. همچنین مساحت صفحه برش اندازه گیری شده و در صورت نیاز عکس آن گرفته شود. نمونه هایی از سنگ، مواد پر کننده و خرده های حاصل از برش برای انجام آزمایشهای شاخص برداشته شوند.

۶- محاسبات

الف) تعیین مساحت صفحه برش: ابعاد صفحه برش توسط کولیس یا میکرومتر با دقت۰/۰۲۵میلیمتر اندازه گیری شده و مساحت آن از طریق روابط هندسی محاسبه می گردد. چنانچه نمونه استوانه ای شکل بهه صورت مورب در جعبه برش قرار گیرد، مساحت صفحه برش از رابطه زیر تعیین می گردد:

www.AzmoonTest.com
sales@azmoontest.com
Tel: 021-61907

$A = \pi D_2/4\cos \phi$

A مساحت صفحه برش

D قطر مغزه

ϕ زاویه بین صفحه برش و سطح عرضی نمونه

اگر شکل صفحه برش غیر هندسی و نامنظم باشد، خط محیطی این سطح روی کاغذ رسم شده و مساحت با کمک پلانیمتر تعیین می گردد.

ب) منحنی تحکیم نمونه تحت بارهای قائم مورد نظر رسم می گردد. زمان t_{100} یعنی پایان تحکیم اولیه با رسم مماس بر منحنی تحکیم تعیین میگردد. فاصله زمانی شروع بارگذاری تا مقاومت حداکثر باید بیشتر از $6t_{100}$ باشد تا فرصت کافی برای محو شدن فشار منفذی به نمونه داده شود.

پ) از قرائتهای جا به جایی میانگین گیری می شود تا مقادیر متوسط جا به جایی برشی Δ_s و قائم Δ_n به دست آید. ضمن آزمایش، جابه جایی های جانبی نیز به منظور ارزیابی رفتار نمونه یادداشت می شود. البته، در صورتی که این جابه جایی ها قابل توجه باشند، باید در محاسبه سطح تماس تصحیح شده منظور گردد.

ت) تنش قائم و برشی از روابط زیر محاسبه می گردند:

$\sigma_n = F_n /A$

$\tau = F_s /A$

σ_n تنش قائم (kpa)

www.AzmoonTest.com
sales@azmoontest.com
Tel: 021-61907

τ تنش برشی (kpa)

F_n نیروی قائم کل (kN)

F_s نیروی برشی کل (kN)

A مساحت صفحه برش (m^2)

سطح اولیه براساس مقدار میانگین جابه جایی برشی تصحیح می گردد.

ث) برای هر نمونه آزمایش، نمودارهای تنشی برشی – جابه‌جایی برشی و جابه‌جایی قائم–جابه‌جایی برشی ترسیم می شوند.

ج) منحنی مقاومت برشی حداکثر – تنش قائم و مقاومت برشی ماندگار – تنش قائم مربوطبه تمامی آزمایش ها ترسیم شده و پارامترهای مقاومت برشی از آنها استخراج می گردد.

۷- خطاهای آزمایش

- نمونه به خوبی آماده نشده باشد .
- دستگاه به درستی تنظیم نشده باشد .
- سرعت بار گذاری مناسب نوع آزمایش رعایت نشده باشد.
- وجود درگیری بین قطعات بالا و پایین جعبه برش دستگاه
- نمونه های نامناسب (نمونه بایستی برای هر سه مرحله آزمایش یکسان باشد).

www.AzmoonTest.com
sales@azmoontest.com
Tel: 021-61907

- ابزار آزمایش بدرستی کالیبره نشده باشدو یا قسمتهایی از ابزار آزمایش فرسوده باشد.
- عدم تعیین جهت نمونه گیری و عدم قرارگیری صحیح نمونه روی هم.
- متوقف کردن زودهنگام آزمایش به طوری که باید حداقل ۱۰درصد جابجایی طول نمونه انجـام شـود و یا کاهش محسوس در مقدار گیج اندازه گیری تنش روی دهد.

www.AzmoonTest.com
sales@azmoontest.com
Tel: 021-61907