INSO
18628
1st. Edition
2014

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۸۶۲۸
چاپ اول
۱۳۹۳

تعیین مقاومت برشی مستقیم ناپیوستگی‌های سنگ به صورت برجا- روش آزمون

Determination of In Situ Direct Shear Strength of Rock Discontinuities- Test Method

ICS: 93.020

به‌نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوز های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و موسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که موسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین‌ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]،کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول تضمین کیفیت فرآورده‌ها و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای فرآورده‌های تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای فرآورده‌های کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. هم‌چنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و موسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان‌ها و موسسات را بر اساس ضوابط نظام تایید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تایید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گران‌بها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«تعیین مقاومت برشی مستقیم ناپیوستگی‌های سنگ به صورت برجا- روش آزمون»

رییس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
منوچهریان، سید محمد امین (دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک سنگ)	شرکت ارجان پی
دبیر:	
کولیوند، فرشاد (دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک سنگ)	شرکت زمین حفاران کاسیت
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اعظمی، محمدعلی (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک سنگ)	معدن مس سونگون اهر
امیری دهنو، مجید (کارشناسی شیمی محض)	سازمان ملی استاندارد ایران
جوادی، حامد (کارشناسی مهندسی نفت)	شرکت زمین‌حفاران کاسیت
شرفی، عنایت اله (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	سازمان ملی استاندارد ایران
صداقت، اصغر (کارشناسی ارشد مهندسی نفت)	شرکت پتروسرویس
طهماسبی، فرید (کارشناسی مهندسی عمران)	آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان لرستان
فرجون، محمد (کارشناسی مهندسی عمران)	شرکت ساختمانی ارسا
کاووسی، بهزاد (کارشناسی مهندسی عمران)	شرکت نیمرخ
مظفری، مهدی (کارشناسی ارشد مکانیک سنگ)	شرکت پتروخمسه آسیا

ناظمی، حمید
(کارشناسی مهندسی عمران)
شرکت ساختمانی پرلیت

ندری، کیانوش
(کارشناسی مهندسی عمران)
شرکت زمین حفاران کاسیت

نقی‌پور، رسول
(کارشناسی ارشد مکانیک سنگ)
شرکت سنگسرای آذربایجان

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
آشنایی با سازمان استاندارد		ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد		ج
پیش‌گفتار		د
مقدمه		و
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۲
۳	اصطلاحات و تعاریف	۲
۴	اصول آزمون	۵
۵	وسایل	۵
۶	آماده‌سازی آزمونه‌ها	۸
۷	واسنجی/ اعتبارسنجی	۹
۸	روش انجام آزمون	۹
۹	محاسبات	۱۳
۱۰	گزارش آزمون- ورق‌داده(ها) یا فرم(های) آزمون	۱۴
۱۱	دقت و اریبی	۱۵

پیش‌گفتار

استاندارد «تعیین مقاومت برشی مستقیم ناپیوستگی‌های سنگ به صورت برجا- روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت زمین حفاران کاسیت تهیه و تدوین شده و در پانصد و سی و هفتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۰۸/۲۷ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارایه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ASTM D4554: 2012, Standard Test Method for In Situ Determination of Direct Shear Strength of Rock Discontinuities

تعیین مقاومت برشی مستقیم ناپیوستگی‌های سنگ به صورت برجا- روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ارایه روشی برای تعیین مقاومت برشی مستقیم حداکثر و باقیمانده ناپیوستگی‌های برجای توده‌سنگ در شرایط زهکشی شده، به صورت تابعی از تنش عمودی اعمال شده بر صفحه برش است. به طور معمول ممکن است این صفحه برش‌خورده، با مصالح باطله یا مصالح شبیه خاک پرشده یا پرنشده باشد.

- نتایج این آزمون می‌تواند در تحلیل مسایل مهندسی سنگ مانند مطالعات شیروانی‌ها[1]، بازکننده‌های زیرزمینی و پی سدها[2] به کار برده شود. در استفاده از نتایج این آزمون، چنان‌چه شرایط فشار آب منفذی[3] و امکان شکست پیشرونده[4] با شرایط آزمون متفاوت باشد، باید این موارد مورد ارزیابی قرار گیرند.

- آزمون‌ها در سنگ بکر عاری از هر گونه صفحه ضعیف، به طور معمول با استفاده از آزمون سه‌محوره آزمایشگاهی کامل می‌شود. هرچند اگر سنگ ضعیف باشد و اگر محفظه یا قالب بلوک آزمونه به اندازه کافی محکم باشد، ممکن است سنگ بکر به صورت برجا تحت آزمون برش مستقیم قرار گیرد.

یادآوری ۱- کیفیت نتایج به‌دست آمده در این استاندارد به صلاحیت شخص انجام‌دهنده آزمون، مناسب بودن تجهیزات و امکانات مورد استفاده بستگی دارد. به طور معمول نمایندگی‌هایی که معیارهای استاندارد بند ۲-۵ را در نظر می‌گیرند، قادر هستند با شایستگی و به طور علمی، آزمون/ نمونه‌برداری/ بازرسی و غیره را انجام دهند. به کاربران این استاندارد هشدار داده می‌شود که صرف انطباق با روش استاندارد بند ۲-۵، اطمینانی برای به‌دست آوردن نتایج قابل قبول وجود ندارد. نتایج قابل اطمینان به عوامل زیادی بستگی دارد؛ استاندارد بند ۲-۵ روشی برای ارزیابی برخی از این عوامل را فراهم می‌کند.

یادآوری ۲- ویژگی‌های برشی اندازه‌گیری شده، تحت تاثیر فاکتور مقیاس[5] قرار دارند. شدت تاثیر این فاکتورها باید بررسی شود و به صورت منفرد برای مسایل خاص به کار برده شوند.

یادآوری ۳- کلیه مقادیر مشاهده شده و محاسبه شده باید مطابق با راهنماهای ارقام معنی‌دار و گرده شده، ارایه شده در استاندارد بند ۲-۶، باشند.

یادآوری ۴- به خاطر اثرات مقیاس، هیچ روش ساده برای به‌دست آوردن مقاومت برشی برجای ناپیوستگی‌های توده‌سنگ، از روی نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی بر روی آزمونه‌های کوچک وجود ندارد؛ نتایج آزمون‌های برجا بر روی آزمونه‌های بزرگ، قابل قبول‌ترین نتایج هستند.

---

1 - Slopes
2 - Dam Foundation
3 - Pore Water Pressure
4 - Progressive Failure
5 - Scale Factors

هشدار- این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش استاندارد را بیان نمی‌کند. بنابراین وظیفه کاربر این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت نموده و قبل از استفاده، محدودیت‌های اجرایی آنرا مشخص کند.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزیی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۷۵۱۸، خاک - تعیین دانه بندی خاک‌ها - روش آزمون

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۸۳، خاک- تعیین درصد رطوبت- روش آزمون

۲-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۷۳۱، خاک- روش تعیین حد روانی، حد خمیری و نشانه خمیری- روش‌های آزمون

2-4 ASTM D653 Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids

2-5 ASTM D3740 Practice for Minimum Requirements for Agencies Engaged in Testing and/or Inspection of Soil and Rock as Used in Engineering Design and Construction

2-6 ASTM D6026 Practice for Using Significant Digits in Geotechnical Data

2-7 ASTM D6913 Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارایه شده در استاندارد بند ۲-۴، اصطلاحات زیر نیز به‌کار می‌رود.

۳-۱ ناپیوستگی‌ها[1]

هر سطح متقاطع که بعضی ویژگی‌های توده‌سنگ در آن پیوسته نیست، را ناپیوستگی گویند. ناپیوستگی‌ها شامل درزه‌ها[1]، سطوح تورق (شیستوزیته)[2]، گسل‌ها[3]، صفحات لایه‌بندی[4]، رخ (کلیواژ)[5]، و مناطق ضعیف همراه با هر گونه مواد پرکننده هستند.

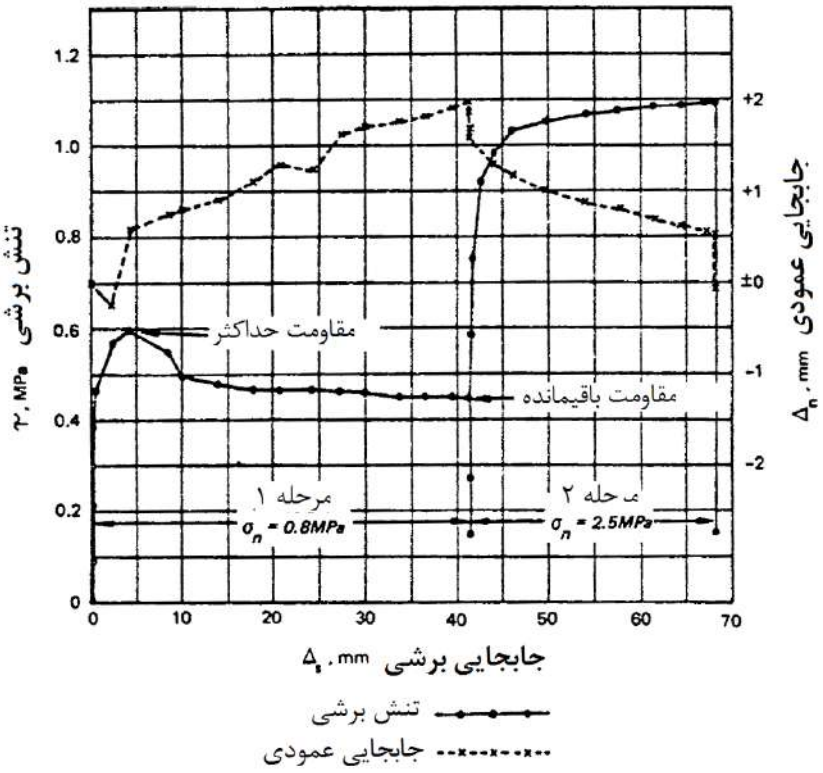
1 - Discontinuities

۲-۳ مقاومت برشی حداکثر[6]

حداکثر تنش برشی در منحنی کامل تنش برشی- جابجایی است که به ازای یک مقدار تنش عمودی ثابت به‌دست می‌آید.

۳-۳ مقاومت برشی باقیمانده[7]

تنش برشی است که در آن تنش، با افزایش جابجایی برشی و ثابت ماندن تنش عمودی، جابجایی برشی کاهش یا افزایش نمی‌یابد، همان گونه که در شکل ۱ نشان داده شده است. ممکن است مقاومت باقیمانده واقعی زمانی به‌دست آید، که جابجایی برشی نسبت به آن چه که ممکن است در آزمون به‌دست آید، بسیار بزرگ‌تر باشد. توصیه می‌شود مقدار آزمون به صورت تقریبی در نظر گرفته شود و در ارتباط با منحنی کامل تنش برشی- جابجایی مورد بررسی قرار گیرد.



شکل ۱- نمودارهای تنش برشی- جابجایی

---

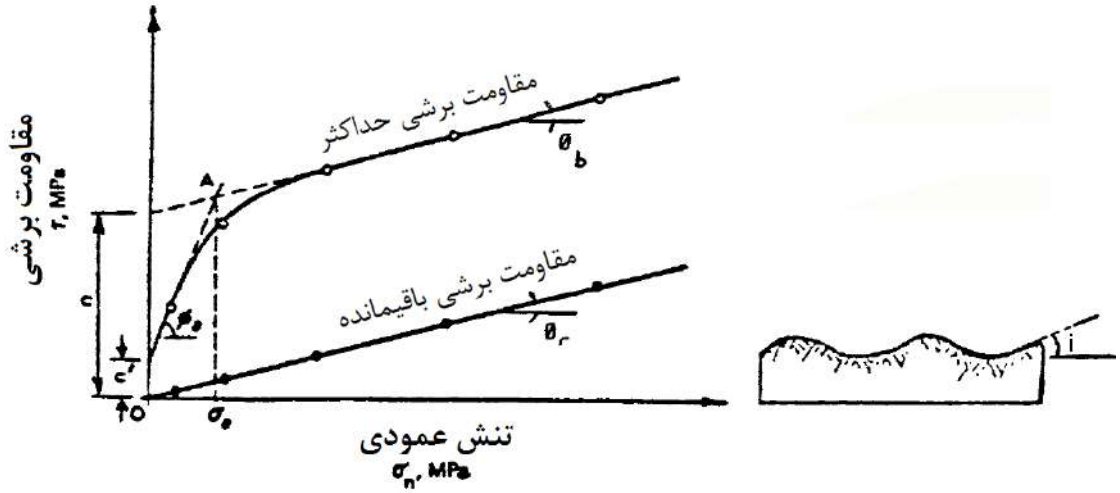
1 - Joints
2 - Schistosity
3 - Faults
4 -Bedding Planes
5 -Cleavage
6 - Peak Shear Strength
7 - Residual Shear Strength

۳-۴ پارامترهای مقاومت برشی

۳-۴-۱ چسبندگی ظاهری[1] (c)، نقطه تقاطع محور تنش برشی در نمودار تنش برشی- تنش عمودی، به صورتی که در شکل ۲ نشان داده شده است.

۳-۴-۲ زاویه اصطکاک[2] (φ)، زاویه مماس بر منحنی شکست در تنش عمودی، که برای طراحی است، به گونه‌ای که در شکل ۲ نشان داده شده است.

۳-۴-۳ بحث، مقادیر مختلف c و φ، برای مثال c_0، c_r، φ_a و φ_b از شکل ۲، مربوط به مراحل مختلف آزمون هستند.



راهنما

φ_r زاویه اصطکاک باقیمانده

φ_a زاویه اصطکاک ظاهری زیر تنش σ_a؛ نقطه A یک شکست در منحنی مقاومت برشی حداکثر، ناشی از برش خوردن ناهمواری‌ها و زبری‌های اصلی در سطح برش سنگ است. φ_a بین نقاط O و A تاحدودی متغیر است، اندازه‌گیری در سطح تنش مد نظر است. شایان ذکر است که:

$$\varphi_a = \varphi_u + i$$

که در آن:

φ_u زاویه اصطکاک به‌دست آمده برای سطوح صاف سنگ روی سنگ

i زاویه شیب سطوح زبری‌های سطح سنگ

φ_b زاویه اصطکاک ظاهری بالای سطح تنش σ_a (نقطه A)؛ شایان ذکر است که به طور معمول مقدار φ_a برابر با φ_r یا کمی بزرگ‌تر از φ_r بوده و در سطح تنش تاحدودی متغیر است.

c_0 چسبندگی متقاطع با منحنی مقاومت برشی حداکثر؛ این مقدار ممکن است صفر باشد.

c چسبندگی ظاهری در سطح تنش متناظر با φ_b

c_r چسبندگی متقاطع با منحنی مقاومت برشی باقیمانده؛ که به طور معمول ناچیز است.

یادآوری- در این مورد، تقاطع c_r با محور برشی، صفر است. آن صرف‌نظر می‌شود

شکل ۲- نمودارهای مقاومت برشی- تنش عمودی موثر

---

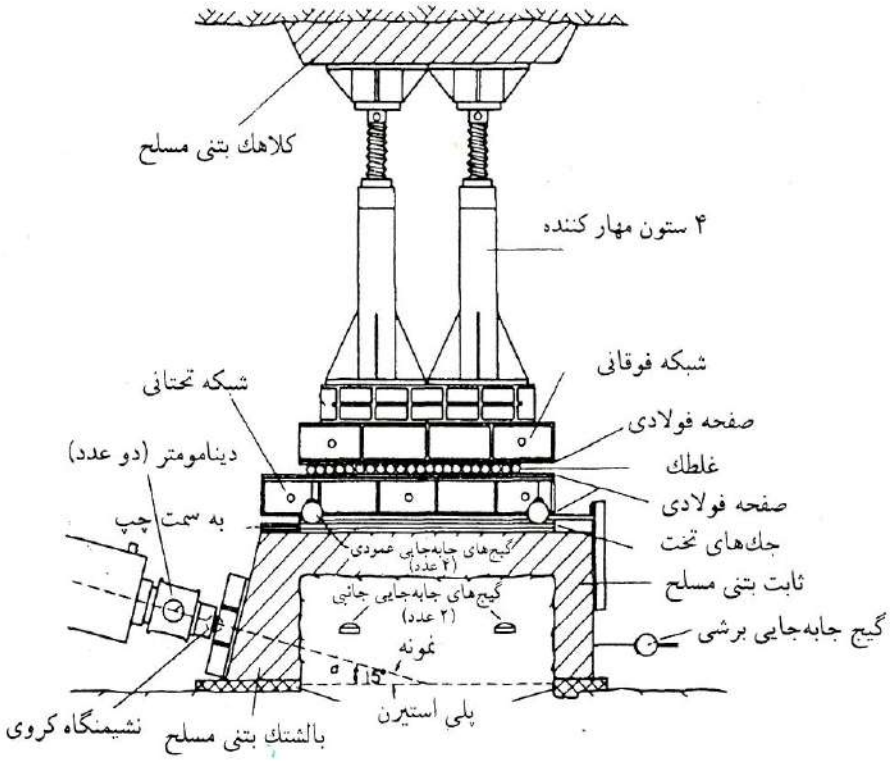
1 - Apparent Cohesion
2 - Friction Angle

۴ اصول آزمون

۴-۱ این روش آزمون بر روی بلوک‌های مستطیل شکل سنگ که در کلیه سطوح آن، به جز صفحه سطح برش عایق هستند، انجام می‌شود.

۴-۲ نباید در طی شرایط آماده‌سازی، بلوک‌ها دچار دست‌خوردگی شوند. قاعده بلوک باید منطبق بر صفحه برش خورده (سطح ناپیوستگی) باشد.

۴-۳ بار عمودی به صورت عمود بر صفحه برش اعمال شود و سپس توسط یک بار جانبی، نیروی برشی در امتداد صفحه و ناپیوستگی اعمال شود. چیدمان تجهیزات آزمون در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- چیدمان تجهیزات برای آزمون برش مستقیم برجا

۵ وسایل

۵-۱ **تجهیزات مربوط به برش دادن و قالب‌گیری بلوک آزمون**، این تجهیزات شامل اره‌های سنگ[1]، مته‌های حفاری، قلم‌چکش‌ها[2]، چهارچوب و قالب با ابعاد و استحکام مناسب، ورقه‌های پلی‌استیرن یا پرکننده‌های سست و مصالح مورد نیاز برای قالب‌گیری بتن تقویت شده، هستند.

1 - Rock Saws
2 - Hammer and Chisels

۵-۲ تجهیزات اعمال بار عمودی، این تجهیزات شامل جک‌های تخت، بازوهای هیدرولیکی یا سامانه وزنه‌ای (بار مرده) با ظرفیت کافی، برای اعمال بارهای عمودی مورد نیاز می‌باشند (شکل ۳ را ببینید).

یادآوری- اگر از سامانه بار مرده برای اعمال بار استفاده می‌شود، باید تمهیداتی برای ایجاد اطمینان از صحت تمرکز و پایداری بارگذاری، اندیشیده شود. اگر از دو یا چند بازوی هیدرولیکی برای اعمال بار استفاده می‌شود، باید برای حصول اطمینان از این که خصوصیات عملیاتی آن‌ها متناسب همدیگر است و بازوها به طور کامل موازی و دقیق قرار گرفته باشند، دقت زیادی شود.

۵-۲-۱ بهتر است هر بازوی هیدرولیکی دارای یک نشیمن‌گاه یا تکیه‌گاه کروی[1] باشد. توصیه می‌شود جابجایی بازوها و به خصوص جک‌های تخت به اندازه‌ای باشد که جابجایی عمودی قابل انتظار برای آزمونه را، به طور کامل تحت پوشش قرار داده و تامین کند. جابجایی عمودی را می‌توان بر اساس نوع و ضخامت مواد پرکننده و زبری سطوح برش[2] تخمین زد. حدود بالایی می‌تواند ضخامت مواد پرکننده باشد.

۵-۲-۲ سامانه هیدرولیکی، اگر از سامانه هیدرولیکی استفاده می‌شود، بهتر است این سامانه قادر به ثابت نگه‌داشتن بار عمودی با دقت دو درصد مقدار انتخاب شده در طول مدت آزمون باشد.

۵-۲-۳ سامانه انتقال بار[3]، برای انتقال یکنواخت بارها به بلوک آزمون، به یک سامانه انتقال بار همراه با غلطک‌ها یا وسایل مشابه با اصطکاک کم نیاز است، به طوری که اطمینان حاصل شود که در هر بار عمودی داده شده، مقاومت در برابر جابجایی برشی، کم‌تر از یک درصد حداکثر نیروی برشی اعمالی در آزمون باشد. برای نصب و محکم کردن تجهیزات به مهاری‌های سنگ[4]، به طور معمول بست‌های سیمی[5] و قلاب‌های دوطرفه[6] نیاز است.

۵-۳ تجهیزات اعمال نیروی برشی[7]، بازوهای هیدرولیکی که ظرفیت کلی مناسب با حداقل جابجایی ۱۵۰mm داشته باشند.

۵-۳-۱ پمپ‌های هیدرولیکی[8]، پمپ‌های هیدرولیکی که ظرفیت درونی معادل سامانه نیروی برشی داشته باشند.

۵-۳-۲ سامانه انتقال بار[9]، یک سامانه انتقال بار برای انتقال نیروی برشی به بلوک آزمون است. توصیه می‌شود نیروی برشی با توزیع یکنواخت به یکی از وجوه آزمونه اعمال شود. بهتر است خط برآیند نیروی

---

1 - Spherical Seat
2 - Roughness of the Shear Surfaces
3 - Reaction System
4 - Rock Anchors
5 - Wire Ties
6 - Turnbuckles
7 - Equipment for Applying the Shear Force
8 - Hydraulic Pump
9 - Reaction System

برشی اعمالی، با زاویه‌ای (۵±۱۵) درجه‌ای نسبت به سطح برش، از مرکز قاعده صفحه برش عبور کند. توصیه می‌شود این زاویه با دقت ۱± درجه اندازه‌گیری شود.

یادآوری- در آزمون‌ها استفاده از یک سامانه جک تخت با محور بارگذاری مایل و با زاویه‌ای بزرگ‌تر از زاویه صفحه‌برش، برای اعمال هر دو نیروی برشی و عمودی توصیه نمی‌شود. زیرا با این روش اعمال و کنترل تنش‌های برشی و عمودی به صورت مستقل و جداگانه غیرعملی است.

۵-۴ تجهیزات اندازه‌گیری نیروی اعمالی، این تجهیزات شامل یک سامانه برای اندازه‌گیری نیروی عمودی و سامانه دیگری برای اندازه‌گیری نیروی برش دهنده اعمالی، با دقتی بیش‌تر از دو درصد حداکثر نیروهای به‌دست آمده در آزمون هستند. می‌توان از سلول‌های بارگذاری[1]، بارسنج‌ها[2] یا وسایل اندازه‌گیری فشار داخل جک تخت استفاده کرد. توصیه می‌شود داده‌های مربوط به آخرین واسنجی[3] قابل کاربرد در دامنه کاری آزمون، پیوست گزارش شود. حتی‌الامکان وسایل اندازه‌گیری قبل و بعد از هر آزمون واسنجی شوند.

۵-۵ تجهیزات اندازه‌گیری جابجایی برشی، عمودی و جانبی، بهتر است جابجایی با استفاده از سنجنده‌های عقربه‌ای ریزسنج[4]، در هشت موقعیت مختلف روی بلوک آزمونه یا مصالح قالب‌گیری اندازه‌گیری شود (شکل ۴ را ببینید). بهتر است سامانه اندازه‌گیری جابجایی برشی دارای قابلیت جابجایی و اندازه‌گیری بیش از ۱۰۰mm و دقتی بیش‌تر از ۰٫۱mm باشند. توصیه می‌شود سامانه‌های اندازه‌گیری جابجایی عمودی و جانبی قابلیت جابجایی و اندازه‌گیری بیش از ۲۰mm و دقتی بیش‌تر از ۰٫۰۵mm داشته باشند. توصیه می‌شود سامانه نقاط مرجع اندازه‌گیری (تیرها[5]، مهاری‌ها[6] یا گیره‌ها[7]) برای برآورده کردن این الزامات، پس از نصب به اندازه کافی صلب باشند. بهتر است از تنظیم مجدد سنجنده‌ها (گیج‌ها) در طی آزمون خودداری شود.

یادآوری- معمولاً صافی سطح بلوک مصالح قالب‌گیری شده به اندازه‌ای کافی نیست که برای قرار دادن جابجایی‌سنج‌ها مناسب باشد. می‌توان به منظور ایجاد سطحی مناسب برای تماس جابجایی‌سنج‌ها با بلوک، از صفحات شیشه‌ای که روی سطح قالب‌گیری شده چسبانده می‌شود، استفاده کرد. بهتر است ابعاد این صفحات متناسب با جابجایی آزمونه باشد. روش دیگر استفاده از سیم انبساط‌یافته واسنجی‌شده نسبت به حرارت و سامانه قرقره همراه با جابجایی‌سنج‌های مربوطه است که می‌توان آن‌ها را در فاصله‌ای دور از آزمونه مورد استفاده قرار داد. کل سامانه باید قابل اعتماد بوده و مطابق با الزامات دقتی باشد. هنگام استفاده از تراگذارهای الکتریکی یا تجهیزات خوانش خودکار، باید توجه ویژه‌ای معطوف شود.

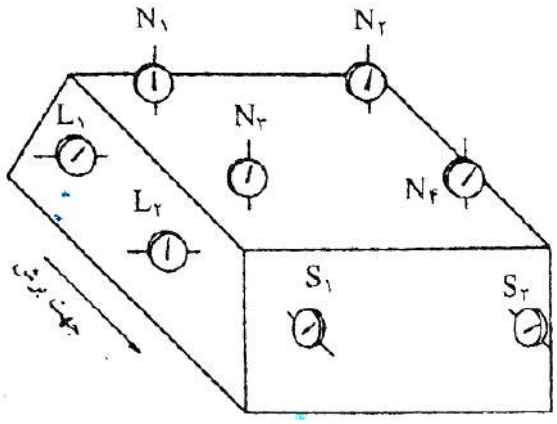
---

1 - Load Cells
2 - Dynamometers
3 - Calibration
4 - Micrometer Dial Gauges
5 - Beams
6 - Anchors
7 - Clamps

۶ آماده‌سازی آزمونه‌ها

۶-۱ طرح کلی بلوک آزمون به گونه‌ای باشد که صفحه برشی بر قاعده بلوک منطبق شود. حتی‌الامکان جهت اعمال نیروی برشی، در جهتی باشد که در ساختار تمام مقیاسی که باید با استفاده از نتایج این آزمون مورد تحلیل قرار گیرد، برش مورد انتظار است. برای اجتناب از واهلش[1]، تورم[2]، و برای جلوگیری از لغزش زود هنگام، ضروری است که بلافاصله پس از حفاری بازکننده و قبل از برش دادن لبه‌ها، یک بار عمودی بر سطح بالایی آزمونه اعمال شود. برای مثال پایه‌های پیچی[3] یا یک سامانه پیچ‌سنگ یا تیرهای متقاطع ممکن است بار تقریباً برابر با فشار روباره را فراهم کنند. بار اولیه تا لحظه شروع آزمون ثابت نگه داشته شود. بلوک‌های آزمون را با ابعاد مورد نیاز mm(۳۵۰×۷۰۰×۷۰۰) به گونه‌ای اره کنید که از اغتشاش یا سست شدن بلوک اجتناب شود (یادآوری زیر را ببینید). دور تا دور قاعده بلوک، شیاری به عمق تقریبی ۲۰mm و عرض ۸۰mm ایجاد شود تا امکان جابجایی آزاد بلوک در طی آزمون و امکان فراهم کردن درجه اشباع مورد نیاز، وجود داشته باشد. بهتر است در طی آماده‌سازی و آزمون، بلوک و به خصوص صفحه برشی تا حد امکان نزدیک به شرایط طبیعی برجای آن حفظ شود، مگر این که به گونه دیگری تعیین شده باشد.

یادآوری- برای آزمون برجا ابعاد بلوک آزمون mm(۳۵۰×۷۰۰×۷۰۰)، به‌عنوان ابعاد استاندارد پیشنهاد شده است. اگر سطح مورد آزمون نسبتاً صاف است، استفاده از بلوک‌های کوچک‌تر مجاز است؛ هنگامی که آزمون بر روی سطحی با ناهمواری زیاد انجام می‌شود به بلوک‌های با ابعاد بزرگ‌تر نیاز است. جهت سهولت کار بهتر است ابعاد و شکل بلوک آزمون طوری انتخاب شود که وجوه بلوک با درزها و ترک‌ها منطبق باشد. در این صورت آماده سازی بلوک با حداقل دست‌خوردگی و برهم‌خوردگی آن انجام می‌گیرد. لازم است پستی و بلندی‌هایی که در مرحله قاب‌گیری مشکل ساز شده‌اند و یا ضخامت قالب را محدود می‌کنند، حذف شوند.



یادآوری- سنجنده‌های S1 و S2 برای جابجایی برشی، L1 وL2 برای جابجایی جانبی، N1 تا N4 برای جابجایی عمودی

شکل ۴- چیدمان سنجنده‌های جابجایی

1 - Relaxation
2 - Swelling
3 - Screw props

۶-۱-۱ لایه‌ای به ضخامت حداقل ۲۰mm از مصالح ضعیف مانند فوم پلی‌استیرن، در اطراف قاعده بلوک آزمون ریخته شود و سپس برای جلوگیری از تخریب یا برهم خوردن زیاد در طی آزمون، سایر قسمت‌های باقیمانده آن نیز توسط بتن یا مصالحی مشابه با مقاومت و صلبیت کافی قالب‌گیری شود. طراحی چهارچوب قالب‌گیری به گونه‌ای باشد که اطمینان حاصل شود سطوح باربری قالب با دقت ±۳mm صاف باشند و با رواداری ±۲ درجه با صفحه برش، موازی باشند.

۶-۱-۲ بالشتک‌های انتقال بار، مهاری‌ها و سایر تجهیزات با دقت در جای خود قرار داده شده و چیده شوند. در صورت لزوم این تجهیزات زمانی استفاده شوند که از سنگ‌های سالم اطراف به عنوان تکیه‌گاهی برای سامانه‌های بارگذاری برشی و عمودی استفاده شود. باید زمان لازم برای گیرش بتن و رسیدن آن به مقاومت مناسب در نظر گرفته شود.

۷ واسنجی/ اعتبارسنجی[1]

۷-۱ تجهیزات مورد استفاده برای اندازه‌گیری نیروهای عمودی و برشی باید حداقل به صورت سالانه واسنجی شده و قبل و بعد از آزمون مورد اعتبارسنجی قرار گیرند.

۷-۲ تجهیزات مورد استفاده برای اندازه‌گیری جابجایی باید حداقل به صورت سالانه اعتبارسنجی شوند.

۸ روش انجام آزمون

۸-۱ بلوک آزمون را به صورتی که در بند ۶ توصیف شد، آماده‌سازی کنید.

۸-۲ تحکیم آزمونه

۸-۲-۱ لازم است در مرحله تحکیم[2] آزمون، به آزمونه و به خصوص به مواد پرکننده سطح برش زمان کافی داده شود تا قبل از شروع مرحله برش، توزیع تنش برجا تحت تنش عمودی کل انجام شود. رفتار آزمون در طی مرحله تحکیم ممکن است موجب محدود شدن نرخ جابجایی برشی شود. بند ۸-۳-۳ را ببینید.

۸-۲-۲ کلیه سنجنده‌های اندازه‌گیری جابجایی از نظر استحکام، قابلیت جابجایی و آزادی حرکت، کنترل شوند و خوانش‌های اولیه بار و جابجایی ثبت شوند.

1 - Calibration/Verification
2 - Consolidation

۸-۲-۳ بار عمودی را تا رسیدن به مقدار تعیین شده برای آزمون افزایش دهید. در این حالت جابجایی عمودی بلوک آزمون ناشی از تحکیم را به صورت تابعی از زمان و بارهای اعمال شده، به گونه‌ای که در جدول ۱ و شکل ۵ نشان داده شده است، ثبت کنید.

۸-۲-۴ اگر تحکیم رخ دهد، زمانی می‌توان تحکیم را کامل در نظر گرفت که نرخ تغییر جابجایی عمودی ثبت شده در هر چهار سنجنده، کم‌تر از ۰٫۰۰۵ میلی‌متر بر دقیقه در حداقل ۱۰ دقیقه باشد. سپس ممکن است بارگذاری برشی اعمال شود.

۸-۳ آزمون برش

۸-۳-۱ هدف از مرحله برش این است که مقادیر مقاومت برشی مستقیم حداکثر و باقمانده سطح مورد آزمون تعیین شود. برای ثابت نگه داشتن تنش عمودی ممکن است نیاز باشد تصحیحاتی در بار عمودی اعمال شود، بند ۹-۵ را ببینید. بهتر است در آزمون برش بر روی هر بلوک، حداقل در پنج مقدار تنش عمودی مختلف آزمون انجام گیرد تا پنج سری مقاومت حداکثر و باقیمانده مختلف به‌دست آید. در صورتی که شرایط محل اجازه دهد، بهتر است که تعداد بلوک بیش‌تری روی هر صفحه برش مورد آزمون قرار گیرد.

۸-۳-۲ نیروی برشی را می‌توان هم به صورت نموی (مرحله‌ای) و هم به صورت پیوسته اعمال کرد.

۸-۳-۳ لازم است که قبل رسیدن به نقطه اوج مقاومت، به طور تقریبی ۱۰ مجموعه خوانش انجام شود، همان طور که در شکل‌های ۱ و ۳ نشان داده شده است. توصیه می‌شود نرخ جابجایی برشی قبل از انجام یک سری خوانش و در یک دوره زمانی ۱۰ دقیقه‌ای، کم‌تر از ۰٫۱ میلی‌متر بر دقیقه باشد. می‌توان این سرعت را در بین خوانش‌ها تا حداکثر ۰٫۵ میلی‌متر بر دقیقه نیز افزایش داد مشروط بر این که بتوان نقطه اوج منحنی تنش- جابجایی برشی را به دقت ثبت کرد. در مورد آزمون‌های زهکشی شده، به ویژه وقتی که ناپیوستگی حاوی مواد پر کننده رسی است، مدت زمان لازم برای رسیدن به مقاومت حداکثر نباید از $6t_{100}$ بیش‌تر باشد. مقدار $6t_{100}$ از روی منحنی تحکیم به‌دست می‌آید، بخش ۹-۱ و شکل ۵ را ببینید. در صورت لزوم می‌توان نرخ جابجایی یا برش را کاهش داد و اعمال مراحل بعدی افزایش نیروی برشی را به تأخیر انداخت تا این الزام تامین شود.

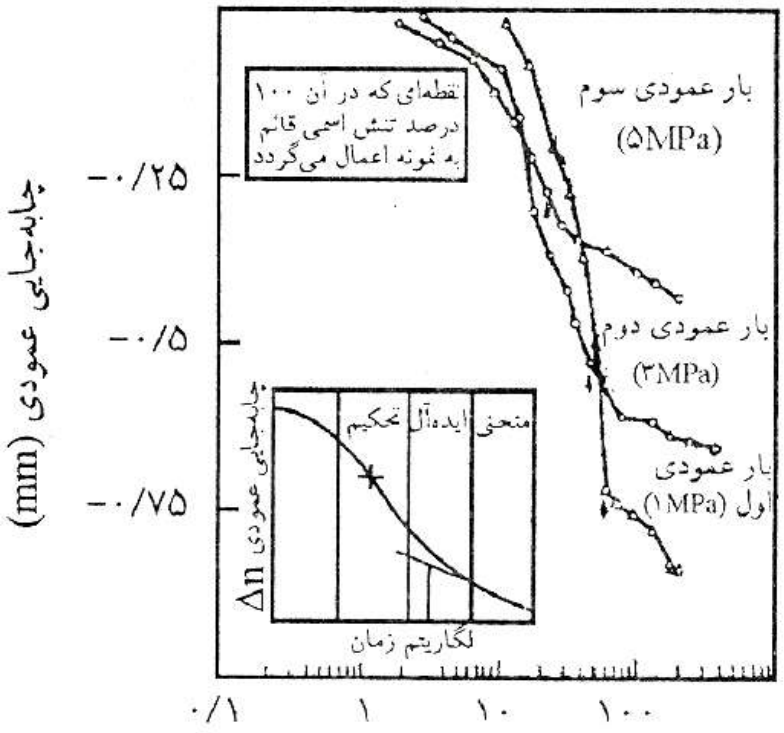
یادآوری- این الـزام که زمان کل برای رسیدن به نقطه اوج نباید از $6t_{100}$ تجاوز نماید، به اصول نظری تحکیم خاک مربوط می‌شود. این نظریه فرض می‌کند که در این حالت ۹۰ درصد فشار آب منفذی خاک از بین خواهد رفت. این الزام در مورد برش سنگ زمانی مهم است که ناپیوستگی دارای پرشدگی رسی باشد. در سایر موارد به دلیل این که ممکن است بخش اعظمی از نشست، مربوط به خزش سنگ یا سایر مکانیزم‌های غیرمرتبط با فشار آب منفذی باشد، تعین t_{100} مشکل خواهد بود. مشروط بر این که از سرعت‌های برش تعیین شده در این متن پیروی شود، ممکن است پارامترهای مقاومت برشی تحت شرایط تنش موثر (شرایط زهکشی شده) با اندازه‌گیری‌های انجام شده مطابقت داده شوند.

۸-۳-۴ بعد از رسیدن به مقاومت اوج و به منظور ترسیم دقیق منحنی تنش- جابجایی برشی پس از نقطه اوج، خوانش‌هایی در نموهای جابجایی برشی ۰٫۵mm تا ۵mm انجام شود (شکل ۱ را ببینید). بهتر است نرخ جابجایی برشی در یک دوره زمانی ۱۰ دقیقه‌ای قبل از انجام خوانش‌ها، بین ۰٫۰۲ میلی‌متر بر دقیقه تا ۰٫۲ میلی‌متر بر دقیقه باشد. این نرخ در فاصله انجام خوانش‌ها نباید از یک میلی‌متر بر دقیقه تجاوز کند.

۸-۳-۵ زمانی می‌توان مقدار مقاومت برشی باقیمانده را تعیین کرد که جابجایی برشی در آزمونه، تحت تنش برشی ثابت ادامه پیدا کند و حداقل در چهار سری خوانش متوالی مشخص شود که طی ۱۰mm جابجایی برشی، تغییرات تنش برشی بیش‌تر از پنج درصد نیست.

یادآوری- بهتر است یک کنترل مستقل در مورد زاویه اصطکاک باقیمانده، با انجام آزمون برش آزمایشگاهی روی دو سطوح آماده شده مسطح معرف سنگ، انجام شود. توصیه می‌شود این سطوح توسط اره برش داده شده و سپس با استفاده از سیلیکون کاربید نمره ۸۰ یا ریزتر (بسته به ابعاد دانه‌های سنگ) پرداخت شوند.

۸-۳-۶ پس از تعیین مقاومت باقیمانده و داشتن آن، می‌توان تنش عمودی را افزایش یا کاهش داد و آزمون را تا رسیدن به مقاومت باقیمانده دیگر، تکرار کرد. لازم است که نمونه تحت هر تنش عمودی جدید، تا زمان برآورده کردن الزامات ذکر شده در بخش۸-۲-۴، دوباره تحکیم یافته و مرحله برش مطابق با بخش‌های ۸-۳-۳ تا ۸-۳-۵ انجام شود.



شکل ۵- منحنی تحکیم برای آزمون برش سه مرحله‌ای، ترسیم استفاده شده برای تخمین t_{100}

SPA
کروه مهندسی سانا پی

جدول ۱- برگه پیش‌نویس داده‌ها برای آزمون برش برجا

مشتری: | پروژه: | محل پروژه: | کد محل: | شماره بلوک:

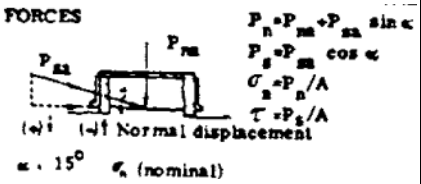
توصیف بلوک آزمون:

شرایط عمومی آزمونه، ویژگی‌های شاخص و شرایط رطوبتی:

توصیف کلی ویژگی‌های شاخص سطح برش: | نوع:

پرشدگی و هوازدگی: | ابعاد سطح: | زبری: | شیب:

فاصله‌داری: | ساخت اولیه: | جهت شیب:



τ (MPa)	P_{na} (kN)	σ_n (MPa)	P_{na} (kN)	سطح تصحیح شده (m^2)	جابجایی برشی (Δ_s) میانگین (mm)	خوانش‌ها	نیروی برشی (Ps) نیرو (kN)	خوانش	جابجایی عمودی (Δ_n) میانگین (mm)	خوانش‌ها				نیروی عمودی (P_n) نیرو (kN)	خوانش	زمان (دقیقه)
	۰		۱۹۶	۰٫۴۹	–	۰	۰			۰٫۰۷	۰٫۱۳	۰٫۰۷	۰٫۱	۱۹۶		۱۰
	۱۴۲		۱۹۶		۰٫۰۵	۰٫۰۵	۱۳۷			۰٫۰۹	۰٫۱۴	۰٫۰۸۵	۰٫۱۳	۲۳۳		۳۵
	۲۸۴		۱۹۶		۰٫۴۵	۰٫۳۵	۲۷۵			۰٫۲۹	۰٫۲۸۵	۰٫۰۶۵	۰٫۰۵	۲۷۰		۴۸
	۴۲۶		۱۹۶		۱٫۲۲	۱٫۱۰	۴۱۲			۰٫۴۹۵	۰٫۴۳۵	۰٫۰۱	-۰٫۲	۳۰۸		۶۴
	۵۶۸		۱۹۶		۲٫۴۲	۲٫۳۰	۵۴۹			۰٫۷۲	۰٫۶	-۰٫۲۰۵	-۰٫۷۱	۳۴۳		۸۷
	۷۱۰		۱۹۶		۳٫۷۰	۳٫۵۰	۶۸۶			۰٫۸۵	۰٫۶۸	-۱٫۴۴۵	-۱٫۱۶۵	۳۸۰		۱۰۹
	۸۵۳		۱۹۶		۴٫۸۸	۴٫۶۰	۸۲۴			۰٫۹۷	۰٫۷۱	-۱٫۶۱۵	-۱٫۶۷۵	۴۱۷		۱۳۱
	۹۹۵		۱۹۶		۵٫۸۰	۵٫۵۰	۹۶۱			۱٫۰۵	۰٫۷۲	-۱٫۷۴۵	-۱٫۹۶۵	۴۵۵		۱۵۴
	۱۱۳۷		۱۹۶		۶٫۸۵	۶٫۵۰	۱۰۹۸			۱٫۱۰۵	۰٫۷۲	-۲٫۸۸	-۲٫۲۴۵	۴۹۰		۱۷۲
	۱۲۷۹		۱۹۶		۷٫۸۰	۷٫۴۰	۱۲۳۵			۱٫۱۸۵	۰٫۶۹۵	-۱٫۰۵۵	-۲٫۴۸۰	۵۲۷		۱۸۹
	۱۴۲۱		۱۹۶		۸٫۹۵	۸٫۴۵	۱۳۷۳			۱٫۱۶۵	۰٫۶۴۰	-۱٫۲۰۵	-۲٫۷۵۰	۵۰۴		۲۰۶
	۱۵۶۳		۱۹۶		۱۰٫۵۰	۱۰٫۰۰	۱۵۱۰			۱٫۱	۰٫۴۶۵	-۱٫۵۰۵	-۳٫۰۷۵	۶۰۱		۲۳۴
	۱۷۰۵		۱۹۶		۱۱٫۹۲	۱۱٫۴۰	۱۶۴۷			۰٫۹۱	۰٫۲۸۰	-۱٫۸۳	-۳٫۷۵۰	۶۳۷		۲۵۲
	۱۸۴۷		۱۹۶		۱۳٫۴۰	۱۲٫۸۰	۱۷۸۴			۰٫۷۲	۰٫۰۵	-۲٫۱۸۵	-۳٫۸۷۵	۶۷۴		۲۶۴
	۱۹۸۹		۱۹۶		۱۴٫۹۸	۱۴٫۴۰	۱۹۲۲			۰٫۳۶	-۰٫۲۹	-۲٫۶۶۵	-۴٫۰۰۵	۷۱۱		۲۷۶
	۲۱۳۲		۱۹۶		۱۷٫۰۲	۱۶٫۴۵	۲۰۵۹			-۰٫۰۲	-۰٫۸۹	-۳٫۱۲۵	-۴٫۵۸۵	۷۴۸		۲۸۹
	۲۲۷۴		۱۹۶		۱۸٫۷۸	۱۹٫۵۵	۲۱۹۶			-۰٫۲۹	-۱٫۲۵	-۳٫۳۷۵	-۴٫۹۷۵	۷۸۴	گسیختگی	۲۹۲

انجام دهنده آزمون: | تاریخ:

کنترل کننده: | تاریخ:

ملاحظات:

تاریخ واسنجی:

یادآوری- حتـی‌الامکان در هر مـرحله تغـییر تنـش عمودی، بار عمودی نسـبت به مـرحله قبل افزایـش داده شود. توصیه می‌شود در مواقع محدود بودن جابجایی برشی و بـرای افزایش آن بین مراحل بارگذاری عمودی، از روش معکوس کردن جهت برش یا برگرداندن بلوک آزمون به حـالت اولیه، به هیچ وجه استفاده نشود زیرا موجب ایجاد آشـفتگی در صفحه برش شده و ممکن است نتایج حاصله گمراه کننده باشند. توصـیه می‌شود که در این مواقع با وجود هزینـه زیاد، از بلوک دیگری استفاده شود.

۸-۳-۷ پس از انجام آزمون، بلوک سنگی را وارونه کرده و از سطح برش عکس رنگی تهیه کنید (بخش ۹ را ببینید). مساحت، زبری[1]، شیب[2] و جهت شیب[3] صفحه برش را اندازه‌گیری و ثبت کنید. نمونه‌هایی از سنگ، ماده پرکننده و خرده‌های ناشی از برش، برای انجام آزمون‌های شاخص در آزمایشگاه، تهیه شود.

۹ محاسبات

۹-۱ منحنی تحکیم (به صورتی که در شکل ۵ نشان داده شده است) را در طی مرحله تحکیم ترسیم کنید. زمان t_{100}، یعنی زمان لازم برای تکمیل تحکیم اولیه، مطابق با شکل ۵، با رسم مماس‌هایی بر شاخه‌های منحنی به‌دست می‌آید. زمان رسیدن به مقاومت اوج از شروع مرحله بارگذاری برشی باید بیش‌تر از $6t_{100}$ باشد. در این صورت فشار آب منفذی فرصت زهکشی پیدا می‌کند (یادآوری بخش ۸-۳-۳ را ببینید).

۹-۲ میانگین خوانش‌ها به عنوان مقادیر متوسط جابجایی عمودی (Δ_n) و متوسط جابجایی برشی (Δ_s) در نظر گـرفته می‌شود. جابجایی‌های جانبی برای ارزیابی رفتار نمونه در طول آزمون خوانش می‌شوند. ولی چنان‌چه مقدار آن‌ها قابل ملاحظه است، باید در محاسبات مربوط به تصحیح مساحت صفحه برشی مورد استفاده قرار گیرند.

۹-۳ تنش‌های برشی و عمودی با استفاده از معادلات ۱ و ۲ محاسبه می‌شوند:

$$\tau = \frac{P_s}{A} = \frac{P_{sa}(\cos\alpha)}{A} \qquad (۱)$$

$$\sigma_n = \frac{P_n}{A} = \frac{P_{na} + P_{sa}(\sin\alpha)}{A} \qquad (۲)$$

$\frac{\Delta_s . P_n}{700}$ هم‌چنین می‌توان به منظور تصحیح اثرات کاهش سطح، نیروی عمودی را در طول آزمون به میزان کاهش داد.

1 - Roughness
2 - Dip
3 - Dip Direction

که در آن‌ها:

P_s نیروی برشی کل، برحسب kN؛

P_n نیروی عمودی کل، برحسب kN؛

P_{sa} نیروی برشی اعمال، برحسب kN؛

P_{na} نیروی عمودی اعمال شده، برحسب kN؛

α زاویه شیب نیروی برشی اعمالی نسبت به صفحه برش، برحسب درجه، اگر $\alpha=0$ آن‌گاه $\cos\alpha=1$ و $\sin\alpha=0$؛

A مساحت صفحه برش (که با توجه به جابجایی برشی تصحیح می‌شود)، برحسب mm؛

Δ_s متوسط جابجایی برشی، برحسب mm.

اگر مقدار α بزرگ‌تر از صفر است، باید پس از هر افزایش در نیروی برشی، نیروی عمودی اعمال شده را به میزان P_{sa} $(\sin\alpha)$ کاهش داد تا تنش قایم به طور تقریبی ثابت بماند.

۹-۴ برای هر آزمونه برش، نمودار تنش یا نیروی برشی- جابجایی برشی و نمودار جابجایی عمودی- جابجایی برشی را ترسیم کنید (شکل ۱). نمودارهای حاشیه‌ای برای نشان دادن تنش‌های عمودی اسمی و هر گونه تغییر در آن‌ها در طی برش است. مقادیر مقاومت برشی حداکثر و باقیمانده، تنش‌های عمودی و جابجایی‌های برشی و عمودی مربوط به آن‌ها، از روی این نمودارها استخراج می‌شود.

۹-۵ با استفاده از نتایج به‌دست آمده از کلیه آزمون‌های برشی با تنش‌های عمودی مختلف، می‌توان نمودارهای مقاومت برشی- تنش عمودی در حالت‌های اوج و باقیمانده را ترسیم کرد. همانگونه که در شکل ۲ نشان داده شده است، پارامترهای مقاومت برشی شامل φ_a، φ_b، φ_r و c از این نمودارها استخراج می‌شوند.

۹-۶ زبری می‌تواند بر اساس ضریب زبری درز[1] (JRC) مورد ارزیابی قرار گیرد. اگر نتوان ضریب زبری درز را به صورت مستقیم اندازه‌گیری کرد، می‌توان از نمودار ارایه شده توسط بارتون (که در شکل ۶ نشان داده شده است) برای تعیین JRC استفاده کرد.

۱۰ گزارش آزمون- ورق‌داده(ها) یا فرم(های) آزمون

۱۰-۱ حداقل اطلاعات زیر را در گزارش ثبت کنید:

1 - Joint Roughness Coefficient (JRC)

۱۰-۲ نمودار شماتیک یا عکس از تجهیزات آزمون همراه با توضیح کاملی در مورد آن، هم‌چنین تشریح روش‌های استفاده شده برای آماده‌سازی آزمونه و انجام آزمون را یادداشت کنید. هر مغایرت با تکنیک‌های توصیف شده را یادداشت کنید.

۱۰-۳ برای هر آزمونه، توصیف کامل زمین‌شناسی سنگ بکر، صفحه برش، پرکننده‌ها و ذرات ناشی از خردشدن زبری‌ها یادداشت شود. بهتر است این قسمت با داده‌های آزمون‌های شاخص مربوطه مانند حدود اتربرگ[1] توصیف شده در استاندارد بند ۲-۳، آزمون درصد رطوبت توصیف شده در استاندارد بند ۲-۱ و توضیح دانه‌بندی ذرات مصالح پرکننده توصیف شده در استاندارد بندهای ۲-۱ و ۲-۷، همراه باشد.

۱۰-۴ عکس‌هایی از هر صفحه برش همراه با نمودارهای نشان‌دهنده موقعیت، ابعاد، مساحت، زبری، شیب و جهت شیب آن‌ها تهیه شود. این نمودارها باید نشان‌دهنده جهات برش خوردن و هر گونه ویژگی خاص مربوط به بلوک باشند.

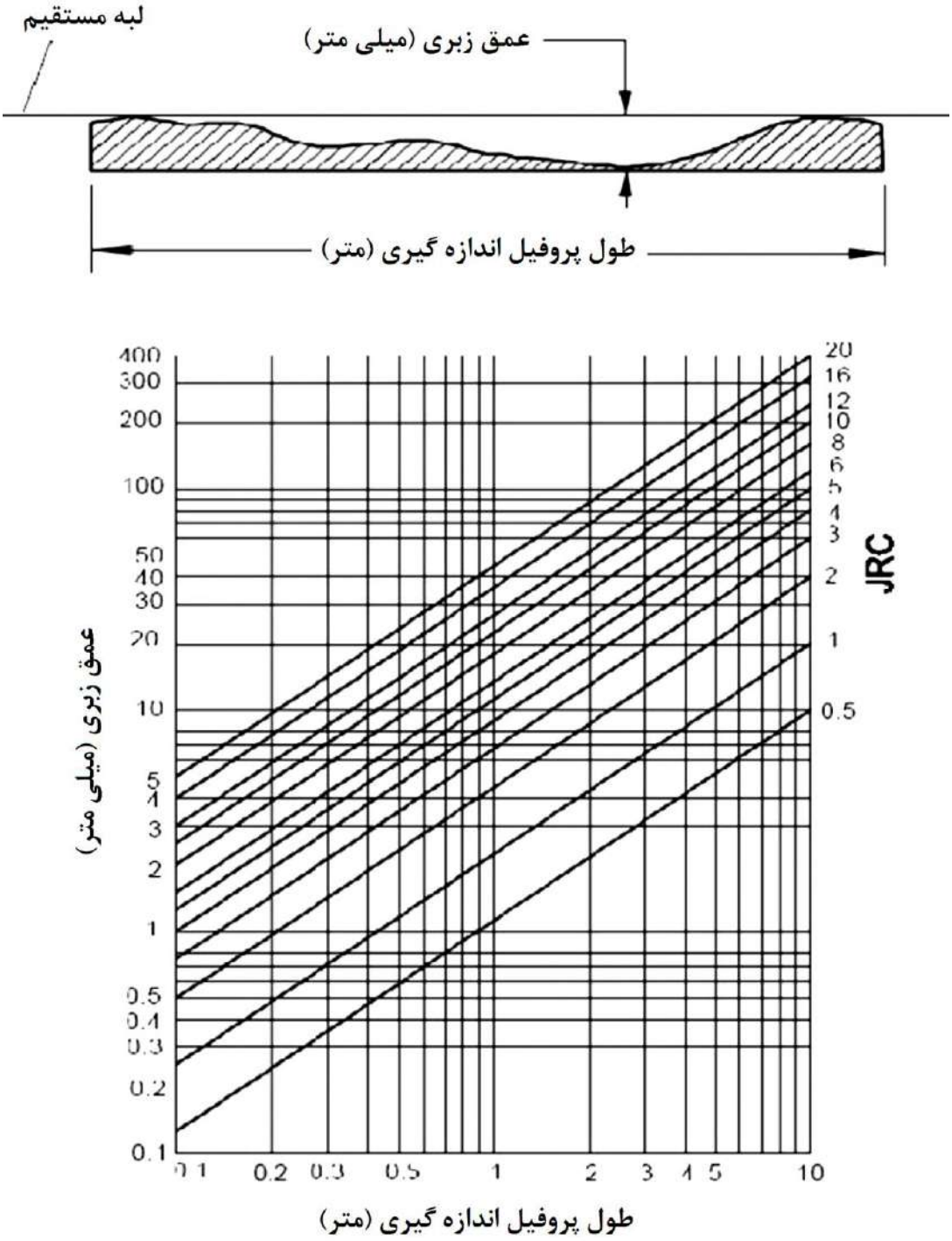
۱۰-۵ لازم است برای هر بلوک آزمون، مجموعه‌ای از جداول داده‌ها، منحنی تحکیم و منحنی‌های تنش برشی و جابجایی عمودی نسبت به جابجایی برشی تهیه و گزارش شود (شکل‌های ۱ و ۵ و جدول ۱). مقادیر مقاومت‌های برشی حداکثر و باقیمانده استخراج شده از منحنی‌ها و متناظر با مقادیر تنش عمودی، باید همراه با مقادیر تنش عمودی، جابجایی برشی و جابجایی عمودی مربوطه، به صورت جدول گزارش شوند.

۱۱ دقت[2] و اریبی[3]

۱۱-۱ دقت، به علت ماهیت مصالح سنگی آزموده شده توسط این روش آزمون، در این زمان فراهم کردن چندین آزمونه که ویژگی‌های یکنواختی داشته باشند، یا امکان‌پذیر نیست یا بسیار پر هزینه است. بنابراین، از آن جایی که نمی‌توان آزمونه‌های با عملکرد مشابه را مورد آزمون قرار داد، نمی‌توان اختلاف بین آزمون‌ها را تعیین کرد، زیرا تغییرات مشاهده شده در نتایج فقط به علت تغییرات آزمونه، اپراتور یا تغییرات آزمون آزمایشگاهی است.

1 - Atterberg Limits
2 - Precision
3 - Bias

۲-۱۱ اریبی، هیچ مقدار مرجع پذیرفته شده‌ای برای این آزمون وجود ندارد؛ بنابراین نمی‌توان اریبی را تعیین کرد.



شکل ۶- نمودار نشاندهنده تغییرات ضریب JRC به صورت تابعی از طول پروفیل و عمق زبری