شرکت آزمون ساز مبنا

طراحی و ساخت لوازم آزمایشگاهی

مکانیک خاک و مقاومت مصالح

دستگاه مقاومت سه محوری سنگ

مدل: RO 125

پاییز ۹۵

فهرست

۱-مقدمه ۳

۲-هدف آزمایش ۷

۳-مشخصات فنی دستگاه و ملحقات آن ۷

۴-نمونه مورد آزمایش ۸

۵-مراحل انجام آزمایش ۱۰

۶-محاسبات ۱۱

۷-فاکتورهای موثر بر مقاومت تراکمی تک محوری: ۱۳

۸-خطاهای آزمایش:..... ۱۷

۹-روش کار با نمایشگر ۱۸

۱۰- نرم افزار ۲۶

دستگاه مقاومت تک محوری سنگ

مدل RO

استاندارد:

ASTM D2938 , ISRM

۱- مقدمه

این آزمایش به عنوان آزمایش پایه در اکثر پروژه های مهندسی انجام گرفته و به ندرت اتفاق می افتد که در پروژه ای مقاومت فشاری تک محوری مورد نیاز نباشد .این آزمایش اساسا برای طبقه بندی و تعیین مشخصات سنگ بکر مورد استفاده قرار می گیرد. اگر چه این آزمایش عمدتاً به عنوان شاخصی برای مقایسه سنگ ها شناخته می شود. لیکن کاربردهای وسیع دیگری نیز در حل مسائل عملی مکانیک سنگ پیدا کرده است که برخی از این کاربردها به شرح زیر است :

۱. براورد یا پیش بینی زمان وقوع خرابی در اثر فشار یا برش در اطراف فضاهای زیرزمینی
۲. ارزیابی مقاومت پایه های سنگی در معادن زیرزمینی
۳. تخمین مقاومت فشاری سه محوری با استفاده از معیارهای خرابی مثل هوک و براون
۴. تعیین مدول های اساسی سنگ جهت پیش بینی میزان تغییر شکل یا نشست در نقاط مختلف آن
۵. تعیین ظرفیت مجاز باربری و ماومت برشی جانبی پی های عمیق
۶. تعیین نوع و مشخصات دستگاه حفاری

۷. تعیین مشخصات عملیات آتشکاری

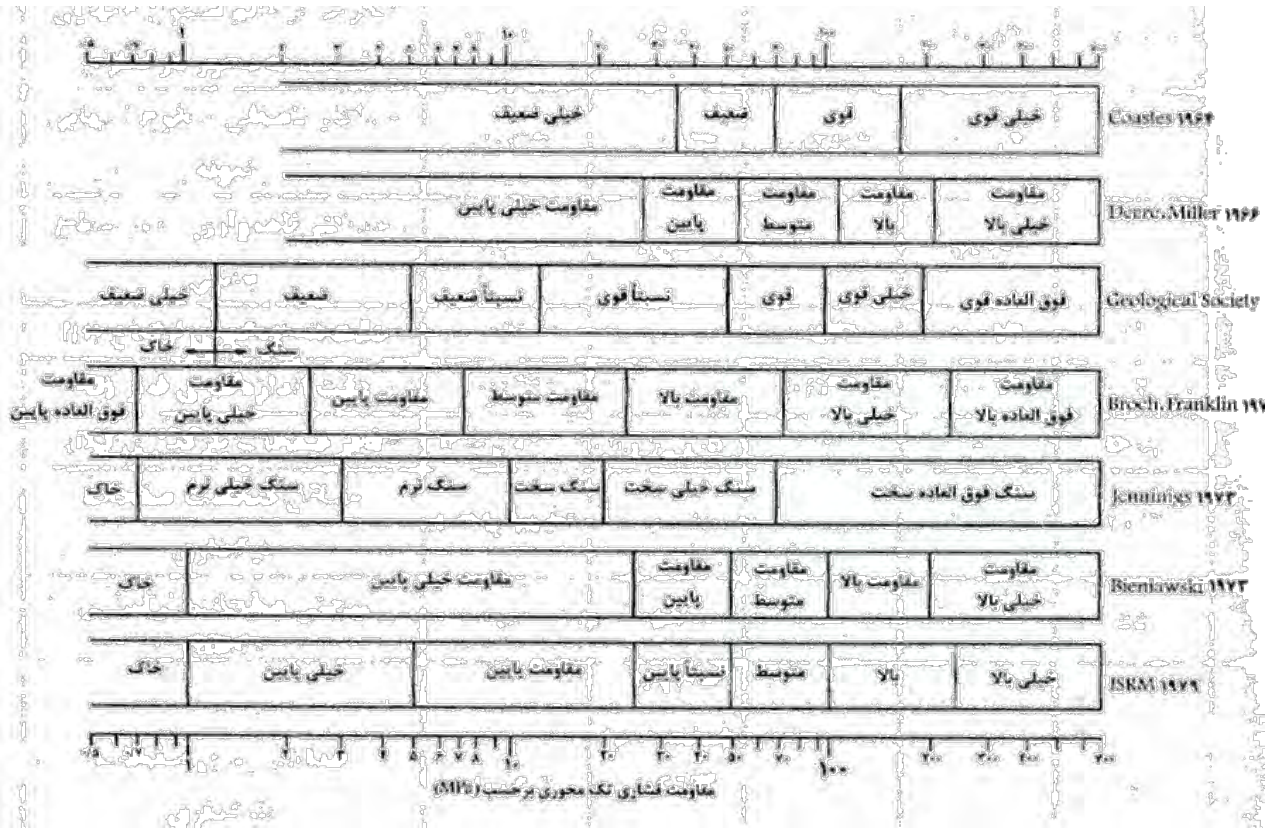
مقاومت ماده سنگ یا سنگ بکر به عنوان یک پارامتر لصلی در اکثر سیستم های طبقه بندی توده سنگ مورد توجه قرار گرفته است. مقاومت ماده سنگ حد بالای مقاومت توده سنگ است.

نمونه ای از طبقه بندی سنگ ها بر اساس مقاومت فشاری تک محوری که توسط آتی ول و فارمر ۱۹۷۶ ارائه شده است که در جدول ۱ نشان داده شده است. در این طبقه بندی با طبقه بندی رایج زمین شناسی مطابقت ندارد. دلیل آنهم واضح است، چرا که عوامل تععین کننده مقاومت سنگ با عواملی که در طبقه بندی زمین شناسی سنگ ها مورد نظر هستند، تفاوت دارد. بنابراین اگرچه ممکن است مقاومت سنگ بستگی به ترکیب کانی شناسی (به خصوص مقدار کوارتز و کانی رسی) داشته باشد ، اما عواملی چون چگالی، ابعاد دانه ها، نحوه توزیع ریز ترک ها و ناهمسانگردی مهمترین تاثیر را بروی مقاومت دارند.

جدول(۱) طبقه بندی سنگها بر اساس مقاومت فشاری تک محوری(Attewell & Farmer (1967

طبقه بندی مقاومتی	دامنه مقاومت (MPa)	نوع تقریبی سنگ
خیلی ضعیف	۲۰-۱۰	سنگ‌های رسوبی هوازده با تراکم ضعیف
ضعیف	۴۰-۲۰	سنگ‌های رسوبی با سیمان شدگی ضعیف، شیست ها
متوسط	۸۰-۴۰	سنگ‌های رسوبی مقاوم، برخی سنگ‌های آذرین درشت دانه
مقاوم	۱۶۰-۸۰	سنگ‌های آذرین، برخی سنگ‌های دگرگونی و ماسه سنگ ریزدانه
خیلی مقاوم	۳۲۰-۱۶۰	کوارتزیت، سنگ‌های آذرین متراکم و دانه ریز

در شکل ۱ طبقه بندی های ارائه شده در این زمینه مورد مقایسه قرار گرفته است. طبقه بندی پیشنهادی توسط دیر و میلر ۱۹۹۶ در سطحی وسیع به عنوان روشی واقع گرایانه و مناسب برای استفاده محدود در مکانیک سنگ شناخته شده است



شکل ۱: طبقه بندی های مقاومتی مختلف برای سنگ بکر

برخی دیگر از روش های استاندارد که کمتر مورد توجه هستند در جدول ۲ با روش های مرسوم مقایسه شده اند. قابل ذکر است چنان چه نوع استاندارد توسط کارفرما مشخص نشده باشد. پیشنهاد می گردد که از یکی از روش های ASTM یا ISRM که در کشور ما شناخته شده است استفاده گردد.

جدول ۲. مقایسه استانداردهای مختلف فشاری تک محوری

استاندارد / پارامتر	ISRM	ASTM D2938	ASTM C170	BS812	BSS BDS 11484	SSS GOST 21153/2
شکل نمونه	استوانه ای	استوانه ای	مکعبی، منشوری، استوانه ای	استوانه ای	استوانه ای	استوانه ای
حداقل قطر نمونه (D)	54mm	47mm	50.8	1in	50mm	42-2mm
نسبت ارتفاع به قطر(H/D)	2.5-3	2-2.5	<1	<1	1-2	1-2
انحراف از قائم سطوح انتهایی نسبت به محور بارگذاری	0.001rad	0.25°	-	0.005in	1/100	0.1mm
حداکثر ناصافی سطوح انتهایی نمونه	0.02mm	0.025mm	0.25mm	0.001in	-	0.03mm
حداکثر ناهمواری مجاز سطح جانبی	0.3mm	0.5mm	-	0.01in	-	0.5mm
دقت اندازه گیری ارتفاع (H)	1mm	-	0.5mm	0.001in	2%	0.5mm
دقت اندازه گیری قطر (D)	0.1mm	-	0.5mm	0.001in	2%	0.5mm
قطر صفحات بارگذاری (D_P)	$D \le D_P \le D+2$	$D \le D_P \le 2D$	-	-	$D < D_P$	$D = D_P = 3.5mm$
حداقل ضخامت صفحات بارگذاری	D/3 یا ۱۵mm	-	-	-	20mm	$0.3D_P$
سختی صفحات بارگذاری (HRC)	58	58	-	-	55	55-60
حداکثر زبری صفحات بارگذاری	0.005mm	0.013-0.025mm	-	-	-	
نرخ بارگذاری	0.5-1 Mpa/s	-	690kPa/s	5ton/min	0.5-1.5MPa/s	1-5MPa/s
زمان شکستن نمونه	5-10 min	5-15min	-	-	-	-
حداقل تعداد نمونه	5	10	10	3-4	4	6

۲- هدف آزمایش

آزمایش مقاومت فشاری تک محوری یا نامحصور مرسوم ترین آزمون آزمایشگاهی برای مطالعات مکانیکی سنگ بکر می باشد. که با وجود ظاهری ساده انجام آن بسیار مشکل است

۳- مشخصات فنی دستگاه و ملحقات آن

الف) دستگاه بارگذاری برای اعمال بار محوری به نمونه و اندازه گیری آن: این وسیله باید دارای ظرفیت کافی بوده و قادر باشد بار را با سرعت مورد نظر اعمال نماید. این دستگاه باید در فواصل زمانی مناسب کالیبره شده وبا مشخصات ذکر شده در ASTM E۴ یا BS ۱۶۱۰ رتبه A یا DIN ۵۱ ۲۲۰ کلاس ۱ و DIN ۵۱ ۳۰۰ تطابق داشته باشد.

ب) صفحات بارگذاری: دستگاه باید مجهز به دو صفحه بارگذاری فولادی با سختی راکول حداقل HRC ۵۸ باشد. یکی از صفحات دارای نشیمنگاه کروی بوده و دیگری صفحه ای صلب و ثابت است. نیشمنگاه کروی که در بالای نمونه قرار می گیرد باعث می شود که صفحات بارگذاری کاملا روی سطوح نمونه نشسته و بار به صورت محوری اعمال شود. این قسمت باید روغن کاری شود تا به راحتی قدرت حرکت و مانور داشته باشد. نمونه، صفحات بارگذاری هم مرکز باشند. مرکز انحنای سطح نشیمنگاه باید منطنق بر مرکز سطوح نمونه باشد.

قطر صفحات بارگذاری طبق پیشنهاد ISRM باید حداقل مساوی قطر نمونه و حداکثر ۲ میلیمتر بیشتر از آن باشد. ضخامت این صفحات نیز باید حداقل ۱۵ میلیمتر یا یک سوم قطر نمونه باشد. استاندارد ASTM D۲۹۳۸ قطر صفحات مساوی تا حداکثر دو برابر قطر نمونه پیشنهاد نموده است.

صفحات بارگذاری باید کاملا صاف و صیقلی باشند. طبق نظر ISRM ناصافی این سطوح نباید از ۰/۰۰۵ میلیمتر بیشتر باشد. در صورتی که ASTM این مقدار را برای صفحات نو معادل ۰/۰۱۳ میلیمتر (۰/۰۰۰۵ اینچ) و برای صفحات در حال استفاده حداکثر ۰/۰۲۵ میلیمتر (۰/۰۰۱ اینچ) تعیین نموده است. چنانچه زبری سطوح بیشتر از مقادیر فوق گردد، باید آنها را مجددا پرداخت نمود.

پوشش محافظ: این پوشش برای جلوگیری از رسیدن ذرات پرتاب شده سنگ به شخص آزمایش کننده استفاده می گردد.

۴- نمونه مورد آزمایش

الف) چنانچه از استاندارد ASTM D۲۹۳۸ استفاده شود، مشخصات نمونه مطابق با آنچه در ASTM D۴۵۴۳ عنوان شده است می باشد. در این استاندارد نسبت ارتفاع به قطر نمونه بین ۲ تا ۲/۵ و حداقل قطر نمونه ۴۷ میلیمتر تعیین شده است. این قطر در سنگهای دانه ای حداقل ۱۰ برابر اندازه بزرگترین دانه در سنگهای سست (مشابه خاک) حداقل ۶ برابر آن پیشنهاد شده است.

طبق پیشنهاد ISRM نسبت ارتفاع به قطر نمونه بین ۲/۵ تا ۳ و حداقل قطر نمونه ۵۴ میلیمتر می باشد. بر اساس این پیشنهاد قطر نمونه باید حداقل ۱۰ برابر قطر بزرگترین دانه سنگ باشد.

ب) طبق نظر ASTM سطوح انتهایی نمونه باید موازی یکدیگر بوده و ناصافی آنها بیشتر از ۰/۰۲۵ میلیمتر (۰/۰۰۱ اینچ) نباشد. ضمنا دو انتهای نمونه نباید بیشتر از ۰/۲۵درجه نسبت به محور طولی انحراف از قائم داشته باشند.

در این ضمینه ISRM پیشنهاد می کند که دو انتهای نمونه با دقت ۰/۰۲ میلیمتر صاف بوده و از امتداد عمود بر محور نمونه بیش از ۰/۰۰۱ رادیان (درحدود ۳/۵ دقیقه) یا ۰/۰۵ میلیمتر در هر ۵۰ میلیمتر انحراف نداشته باشد. در ضمن استفاده از اندود یا هر روش اندازه دیگری غید از سایش نمونه مجاز نمی باشد.

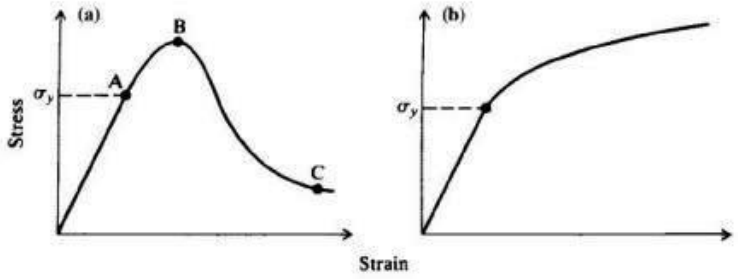
پ) جوانب نمونه طبق نظر ASTM باید صاف و یکنواخت بوده و حداکثر ناهمواری در طول نمونه از ۰/۵ میلیمتر تجاوز نکند. ISRM در این زمینه عدد ۰/۳ میلیمتر را پیشنهاد نموده است.

ت) شرایط رطوبت نمونه در لحظه آزمایش تاثیر مشخصی روی مقاومت سنگ دارد. بهتر است که آزمایش همواره در شرایط رطوبت طبیعی انجام گیرد. بنابراین باید نمونه ها را به گونه ای در انبار نگهداری نمود که تا حد امکان رطوبت خود را تا زمان آماده سازی حفظ کنند. مدت نگهداری نمونه در انبار نباید از ۳۰ روز تجاوز کند. در صورتی که نیازی به انجام آزمایش در شرایط رطوبت طبیعی نباشد، معمولا آزمایش روی نمونه های کاملا خشک و کاملا اشباع انجام می گیرد.

ث) در مورد نمونه های آزمایشی در استاندارد ASTM D۲۹۳۸، تعداد نمونه های آزمایشی بستگی به مقدار سنگ موجود دارد. حداقل ۱۰ نمونه پیشنهاد می گردد. ISRM قید نموده که تعداد نمونه های مورد آزمایش باید از مشاهدات محلی تعیین گردد، اما حداقل ۵ نمونه توصیه می شود.

ج) قبل از انجام آزمایش، قطر نمونه با دقت ۰/۱ میلیمتر با میانگین گیری از قطرهای اندازه گیری شده در پایین، وسط و بالای نمونه تعیین می شوند. این قطر برای محاسبه مساحت مقطع نمونه به کار میرود. ارتفاع نمونه نیز با دقت یک میلیمتر تعیین می گردد (ISRM).

برای اندازه گیری مقاومت تک محوره ی سنگ ها نمونه های استوانه ای را بصورت محوری تحت فشار قرار می‌گیرد. نمونه ها میتوانند تحت فشار تغییر شکل شکل پذیر داشته باشند و یا بصورت شکننده بشکنند. البته سنگ ها تنوع رفتاری از حالت شکل پذیر تا شکننده از خود نشان میدهند. در نمودار زیر این دو رفتار آورده شده است.



نمودار: سمت چپ سنگ منحنی تنش کرنش نمونه ی شکننده و سمت راست نمونه ی تغییر شکل پذیر

گرچه آزمایش مقاومت فشاری یک محوره معمول ترین آزمایش در مورد سنگ است، اما انجام صحیح آن کار ساده ای نبوده و نتایج حاصل از این آزمایش به علت تفاوت رویه گاه تا بیش از ۲۰۰ درصد هم با هم اختلاف دارند.

۵- مراحل انجام آزمایش

الف) قبل از انجام آزمایش، نشیمنگاه کروی کنترل شده و از حرکت آزادانه آن اطمینان حاصل می شود.

ب) صفحات بارگذاری و سطوح نمونه کاملا تمیز شده و نمونه روی صفحه پایینی به نحوی قرار می گیرد که محور آن با مرکز دوران نشیمنگاه کروی در یک امتداد قرار گیرد. سپس در حالی که به نمونه بار اعمال می گردد، صفحه متحرک طوری حرکت داده می شود که کاملا روی سطح نمونه بنشیند.

پ) به دلیل اینکه اکثر سنگها در بارگذاری فشاری پس از رسیدن به مقاومت نهایی به صورت انفجاری می شکنند، لازم است که برای جلوگیری از برخورد ذرات پرتابی به شخص آزمایش کننده از پوشش محافظ در اطراف نمونه استفاده گردد.

ت) بار به طور پیوسته و بدون وارد آمدن ضربه با نرخی تقریبا ثابت به نمونه اعمال می گردد. گسیختگی نمونه باید در مدت ۵ الی ۱۰ دقیقه پس از شروع بارگذاری اتفاق بافتد. همچنین می توان سرعت بارگذاری را بین ۰/۵ تا یک مگاپاسکال بر ثانیه اختیار نمود. نتایج آزمایش های انجام شده توسط محققین مختلف نشان داده است که استفاده از سرعت های فوق باعث می شود نتایج آزمایش به طور قابل قبولی مستقل از سرعت بارگذاری باشد.

ث) حداکثر بار وارد بر نمونه بر حسب نیوتن، کیلو نیوتن یا مگانیوتن با دقت یک درصد یادداشت می گردد.

۶- محاسبات

مقاومت فشاری تک محوری از تقسیم حداکثر بار وارد بر نمونه در طول آزمایش به سطح مقطع اولیه آن محاسبه می گردد. دقت گزارش مقاومت در ASTM D۲۹۳۸ معادل psi ۱۰ (۶۸/۹ کیلوپاسکال) پیشنهاد شده است.

$$\sigma_c = F / A$$

σ_c مقاومت فشاری تک محوری (Pa یا kPa یا MPa)

F حداکثر بار وارده (N یا kN یا MN)

A سطح مقطع اولیه نمونه (m^2)

چنانچه در این آزمایش به هر دلیلی از نمونه هایی با نسبت ارتفاع به قطر کمتر از ۲ استفاده گردد، بنابر استاندارد ASTM D۲۹۳۸ لازم است که مقدار مقاومت به دست آمده برای نسبت ارتفاع به قطر برابر ۲ تصحیح گردد.

$$\sigma_c = \sigma_{ca} / [\ 0.88 + (0.24\ d\ /h)\ ]$$

σ_c مقاومت فشاری تک محوری تصحیح شده برای L/D = 2

σ_{ca} مقاومت فشاری تک محوری اندازه گیری شده

d قطر نمونه

h ارتفاع نمونه

۱- **مقاومت (Strength)**: مقاومت در سنگ عبارتست از ماکزیمم متحمل باربری سنگ در برابر بارقائم وارده بر واحد سطح که به عنوان مقاومت سنگ بکر ((Uniaxial Compressive strength (UCS) تعریف می‌گردد در حقیقت ماکزیمم مقاومتی است که سنگ قبل از اینکه به مرحلهٔ شکست برسد از خود نشان می‌دهد.

فاکتورهای متعددی در مقاومت سنگ موثرند که عبارتند از: ۱) لیتولوژی یا ترکیب سنگشناسی ۲) درجه هوازدگی ۳) دانیسته ۴) درصدرطوبت ۵) تخلخل ۶) دوام‌پذیری ۷) پلاتیسیته ۸) پتانسیل تورم

به منظور اندازه‌گیری مقاومت سنگ بکر به جزء روش مستقیم اندازه‌گیری راههای دیگری نیز وجود دارد که مهمترین آنها عبارتند از:

۱- روش مستقیم (UCS)

۲- روش غیرمستقیم: این روش شامل ۱) بارنقطه‌ای ۲) آزمایش برزیلی ۳) چکش اسمیت ۴) اسکروسکوپ‌شور ۵) NCB Con Indenter

۷- فاکتورهای موثر بر مقاومت تراکمی تک محوری:

۱) ترکیب کانی‌شناسی

۲) اندازه دانه‌ها (بافت)

۳) متخلخل

۴) درصدرطوبت

۵) درجه حرارت

۶) هندسه یا شکل نمونه

۷) نرخ تنش

۸) جهت بارگذاری

۹) اصطکاک بین فکهای بارگذاری با نمونه

۱۰)اثر انتهایی

۱۱)تراکم بارگذاری یا باربرداری

۱۲)مدت زمان اعمال بار

به منظور تعیین مقاومت تراکمی تک محوری سنگ چنانچه نمونه‌ای استوانه‌ای شکل از سنگ را مطابق شکل زیر داشته باشیم و آنرا تحت تنش تراکمی تک محوری قرار دهیم به نحوی که اطراف نمونه بسته نباشد به این آزمایش، آزمایش تراکمی تک محوری گفته می‌شود و در چنین حالتی حداکثر تنشی را که سنگ می‌تواند تحمل کند بنام مقاومت تراکمی تک محوری آن در نظر می‌گیرند که بر اساس قرار داد ISRM آنرا با σ_c یا C_0 نمایش داده و از رابطهٔ $C_0 = \frac{P}{A}$ برحسب kg/cm^2 MPA اندازه گیری می‌شود.

به منظور محاسبهٔ مودل الاسیسته در سنگها زمانیکه سنگ را تحت تنش تراکمی یا کششی قرار می‌دهیم قبل از اینکه جسم به قابلیت متحمل باربری نهایی و یا به مرحلهٔ شکست برسد از خود مقداری تغییر شکل نشان می‌دهد بنابراین چنانچه روابط بین تنش – کرنش را روی یک مختصات نمایش دهیم وضعیت منحنی تنش – کرنش بیانگر رفتار سنگ تحت تأثیر آن مقدار از تنش اعمال شده است و مقدار اگر شکل عبارتست از نسبت تغییر شکل طولی نمونه به اندازهٔ طول مورد نظر قابل محاسبه است:

در شرایطی که منحنی تنش – کرنش خطی باشند شیب منحنی تنش – کرنش به عنوان مدول یانگ یا مدول الاسیسته نامیده می‌شود $\mathrm{E} = \frac{\sigma}{E}$

البته در مورد همهٔ سنگها منحنی تنش – کرنش همیشه خطی نسبت و بستگی به خصوصیات ذاتی که هر سنگ ممکن است داشته باشد ممکن است منحنی تنش – کرنش بصورت غیر خطی باشد و لذا مقدار مدول الاسیسته (E) همواره نمی‌تواند مقدار ثابتی باشد در سنگهایی که رفتار الاستیک از خود نشان می‌دهند در هر زمانیکه بارگذاری

متوقف و باربرداری صورت بگیرید تغییر شکل حاصله در سنگ مجدداً به حالت اولیهٔ خود باز می‌گردد که اینگونه رفتار را در سنگها را Perfectly Elastic می‌گویند اما در مقایسه با حالت الاستیک در سنگها به منظور تعیین مدول در سنگهایی که رفتار غیر خطی دارند معمولاً روی محور قائم (σ) نقطهٔ ۵۰٪ مقاومت نهایی سنگ را مشخص نموده و از آنجا به منحنی تنش – کرنش وصل می‌نمایند و از نقطهٔ تماس بک خط بر منحنی تنش – کرنش مماس می‌کنند در این صورت شیب خط مماس را به نام مدول مماسی (Tangent modulus) می‌نامند E_t نمایش داده می‌شود به عبارتی برای هر میزان از σ مربوط به نقطه P، شیب $p\varphi$ از مماس بر منحنی $\frac{d\varphi}{d\mathrm{E}}$ نام مدول مماسی نیز خوانده می‌شود و برای تعیین مدول متقاطع (Second modulus) چنانچه از نقطهٔ تماس P یک خط راست به نقطهٔ O یا مبدأ مختصات رسم نماییم شیب این خط راست به نام مدول متقاطع نامیده می‌شود و با E_s نمایش داده می‌شود.

حالتی دیگر از رفتار سنگها در مقابل بارهای وارده در تراکم تک محوری حالتی است که سنگ بعد از یک دورهٔ بارگذاری و باربرداری از خود رفتار متغییری نشان دهد به عبارت دیگر منحنی بارگذاری با منحنی باربرداری بر هم منطبق نمی‌باشند این رفتار بیشتر در سنگهایی دیده می‌شوند که بسیار متخلخل باشند منحنی رفتاری اینگونه سنگها بیانگر حالت کشان کامل و یا وارفتگی (hystersis) است.

بر این اساس سنگها به سه گروه با نسبتهای مدولی متفاوت به شرح جدول زیر تقسیم می‌گردند.

میزان نسبت مدولی	شرح نسبت مدولی	گروه
>500	بالا	H
200-500	متوسط	M
<200	پایین	L

ضمناً در این رده‌بندی سنگها بر اساس مقاومت تراکمی تک‌محوری به ۵ گروه از Aتا E تقسیم‌بندی می‌گردند که بترتیب شامل سنگهای با مقاومت متراکمی تک محوری خیلی بالا تا سنگهای با مقاومت تراکمی تک محوری خیلی پایین را بر اساس جدول زیر تشکیل می‌دهند.

گروه	شرح مقاومت	مقاومت تراکمی تک محوری	
		PSI	Kg/cm^2
A	Very high	>3200	>2250
B	High	16000-32000	1125-2250
C	Medium	8000-16000	562-1125
D	Low	4000-8000	281-562
E	Very low	<4000	<281

همانگونه که از جدول فوق ملاحظه می‌گردد تغییرات رقم متراکمی تک محوری از یک تصاعد هندسی تبعیت نموده و بر این اساس سنگهایی که دارای USC بیش از lb/in^2 ۳۲۰۰ یا ۲۲۵ MPA می‌باشند در گروه A قرار دارند سنگهای این گروه دارای بالاترین رقم مقاومت تراکمی تک محوری هستند و شامل سنگهای باز است، دیاباز و کرارتزیت می‌گردد گروه B نیز سنگهایی هستند که دارای مقاومت تراکمی تک محوری بالا برده و رقمی بین ۲۲۵ تا ۱۱۲/۵ mpa را شامل می‌شوند سنگهای این گروه شامل اکثر سنگهای آذرین می‌توان گرانیت، دیوریت آلابرو، ریولیت، تراکیت و آندزیت را نام برد و از سنگهای با مقاومت تراکمی تک محوری ۱۱۲/۵ تا ۵۶/۲mpa نیز می‌باشند شامل انواع شیلها، ماسه سنگهای متخلخل، سنگ آهک سست و انواع شیستها (میکاشیت، کلیریت شیست و تالک شیست) نهایتاً گروههای D و Eکه بترتیب شامل سنگهای با مقاومت تراکمی تک محوری پایین و خیلی پایین هستند بیشتر شامل سنگهای هوازده و متخلخل با وزن حجمی کم می‌باشد مانند تونلهای متخلخل، ماسه سنگهای خرد شده، شیلهای رسی، سنگ گچ، سنگ نمک، کلیستون و مادستون را نام برد این گروه دارای ارزش مهندسی پایینی هستند.

طبقه بندی مقاومتی	دامنه مقاومت Mpa	نوع تقریبی سنگ
خیلی ضعیف	۱۰-۲۰	سنگ های رسوبی هوازده با ترکم ضعیف
ضعیف	۲۰-۴۰	سنگ های رسوبی با سیمان شدگی ضعیف، شیست ها
متوسط	۴۰-۸۰	سنگ های رسوبی مقاوم، برخی سنگ های آذرین درشت دانه با چگالی کم
مقاوم	۸۰-۱۶۰	سنگ های آذرین، برخی سنگ های دگرگونی و ماسه سنگ های ریز دانه
خیلی مقاوم	۱۶۰-۳۲۰	کوارتزیت، سنگ های آذرین متراکم و دانه ریز

جدول: **[3] Attewell & Farmer (1967)**

۸- خطاهای آزمایش:

- خطاهای مربوط به اندازه‌گیری طولها و قطرها توسط کولیس.
- خطای احتمالی در رابطه با صاف نبودن سر و ته نمونه.
- استوانه در طول خود دارای انحنا باشد.
- بارگذاری بطور متناوب افزایش یابد به عبارت دیگر افزایش بار بر روی نمونه مورد به طور تدریجی و یکنواخت صورت نگیرد.
- صفحات بارگذاری از جنس فولاد با سختی راکول۵۸ که در دو انتهای نمونه قرار می گیرد که اندازه های انها باید برابر یا حداقل دو میلیمتر بیشتر باشد.
- نمونه به خوبی آماده نشده باشد .
- دستگاه به درستی تنظیم نشده باشد .

- نمونه های نامناسب.
- ابزار آزمایش بدرستی کالیبره نشده باشدو یا قسمتهایی از ابزار آزمایش فرسوده باشد.

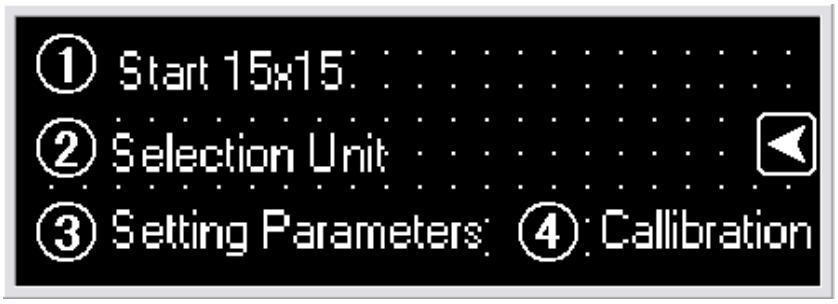
۹- روش کار با نمایشگر

دستگاه را روشن می کنیم صفحه زیر ظاهر میشود

تبصره: دستگاه در هنگام روشن شدن اجزای خود را تست کرده ودر هنگام روشن شدن پس از پیغام‌های

Over load ظاهر می‌شود

بازدن دکمه صفحه زیر ظاهر می شوید



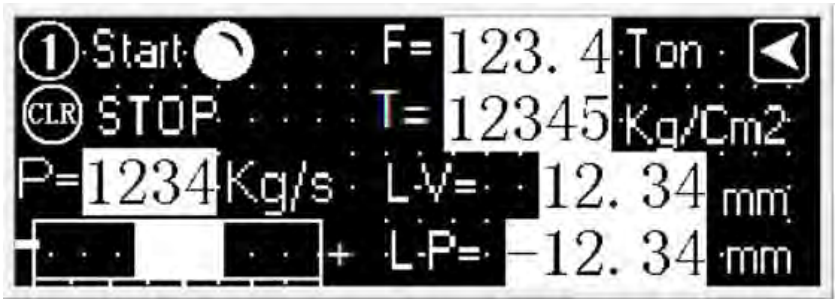
1 آزمایش نمونه به ابعاد ۱۵*۱۵

2 انتخاب واحد

3 تنظیمات عمومی

4 کالیبراسیون

بازدن دکمه 1 وارد صفحه تست نمونه cm ۱۵*۱۵ زیر می شود .



نمونه را در دستگاه قرار می دهیم ودکمه ▶ را زده ودکمه 1 را می زنیم و استارت می کنیم و آزمایش آغاز می‌شود .

با زدن دکمه 2 واحد محیط انتخاب واحد واحد می شویم

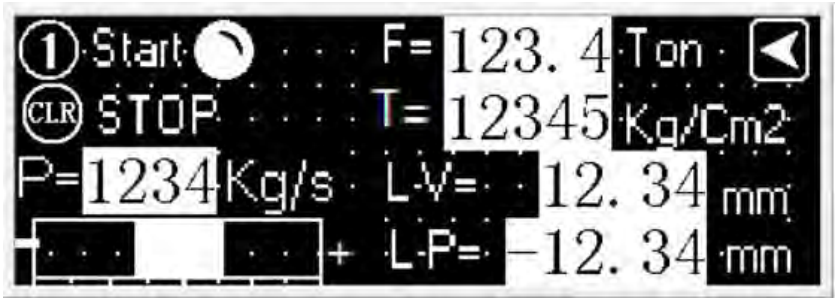
kg ❶

N ❷

LB ❸

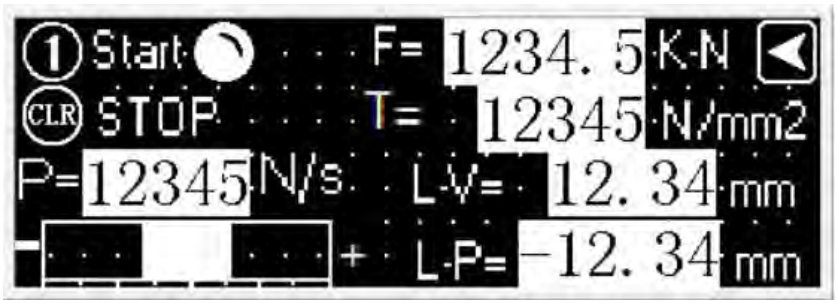
برای تعیین واحد آزمایش دکمه SET را زده و یکی از اعداد ۱-۳ را تعیین می کنیم و دکمه ENT را میزنیم بعد یکی از دکمه های ❶ یا ❷ یا ❸ را با توجه به عدد انتخاب شده می زنیم وارد صفحه میشویم.

با توجه به یکی از ابعاد دکمه مربوطه زده ودکمه ▶ را می زنیم وارد صفحه تست می شویم.

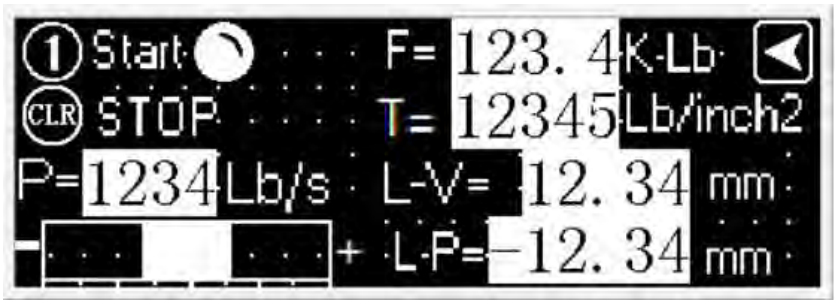


برای شروع آزمایش نمونه را در محل قرار داده ودکمه 1 را می زنیم وشیر را میبندیم و بار گذاری آغار شود، برای قطع آزمایش در حین آزمایش دکمه CLR را زده و آزمایش را متوقف می کنم وشـیر را باز می کنیم. LV مربوط به جابه جایی عمودی نمونه است و LP مربوط به جابه جایی جانبی نمونه می باشد.

برای واحد N صفحه زیر نمایان می شود.



برای واحد Lb صفحه زیر نمایان می شود.

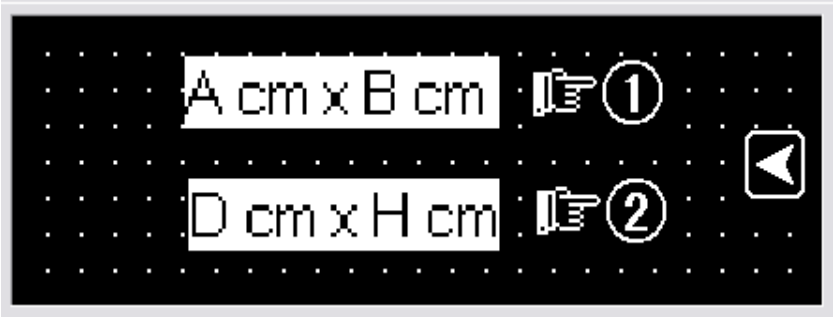


با تمام شـدن آزمایش عدد T,F به صورت ثابت می ماند و نتیجه را اعلام میکند.در صورتیکه بخواهیم ابعاد نمونه را تغییر دهیم دکمه ◀ را زده وارد محیط ابعاد می شویم در غیر اینصورت با زدن دکمه ❶ آزمایش را دوباره تکرار می کنیم .

برای تغییر ابعاد در صفحه زیر ابعاد مورد نظر را انتخاب کرده ودکمه ◀ را می زنیم

در صورتیکه ابعاد مورد نظرما در ابعاد از پیش تعیین شده نباشد دکمه ۷ را زده وارد صفحه زیر می‌شویم

در این صفحه در صورتیکه نمونه ها مکعب باشد دکمه ❶ واگر نمونه ها استوانه باشد دکمه ❷ می زنیم.



برای مثال اگر ابعاد مکعب بود دکمه ❶ را زده صفحه زیر ظاهر مشود .

برای وارد کردن ابعاد به این صورت عمل می کنم

۱- دکمه SET را می زنیم .

برای مثال اگر عدد مورد نظر ۱۱/۵ابتدا عدد۱۱ را وارد کرده بعد برای وارد کردن ممیز فلش ▶ را زده و عدد ۰/۵ را وارد میکنیم وبعد ENT می زنیم .

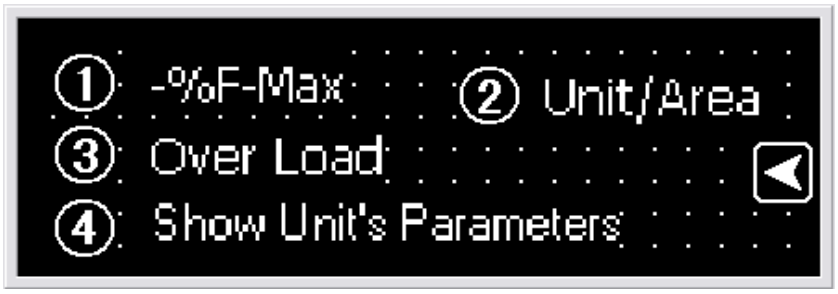
برای وارد کردن Bدوباره دکمه SET تا B چشمک زن شود را زده ومراحل را مثل مرحله قبل انجام می دهیم ودکمه ▶ را می زنیم،وارد مرحله آزمایش می شویم .

توجه:در صورتیکه ابعاد آزمایش تغییر نکند می توانیم بعد از انجام آزمایش اولیه نمونه دوم را وارد کرده ودوباره دکمه ①Start را بزنیم .

برای استوانه نمونه هم به همین صورت عمل می کنیم

تنظیمات عمومی

با زدن دکمه ② وارد صفحه تنظیمات می شویم .



دکمه ① برای تعیین در صد افت

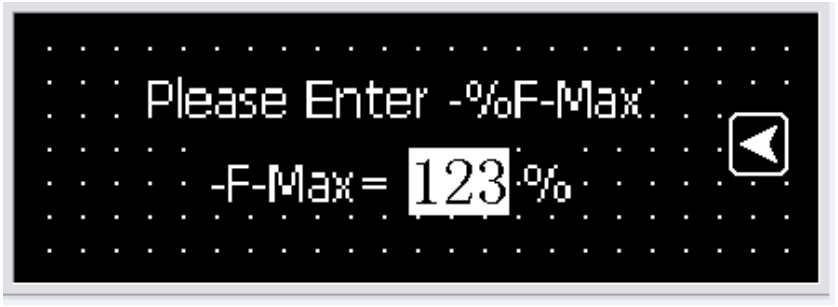
① در صد افت

② Over Load

③ تعیین واحد

④ نمایش پارامترها

بازدن دکمه ① وارد صفحه زیر شده



دکمه SET را زده وعددمورد نظر را بین ۱۰۰-۰ وارد می کنیم و ENT را زده و با دکمه ◀ رازده صفحه خارج می شویم .

دکمه 2 برای تعیین واحد است

بازدن دکمه 2 وارد صفحه زیر شده

باز زدن دکمه 2 وارد صفحه تعیین واحد می شویم

دکمه SET را زده و عدد مر بوط به واحد مورد نظر را وارد می کنیم و ENT را می زنیم

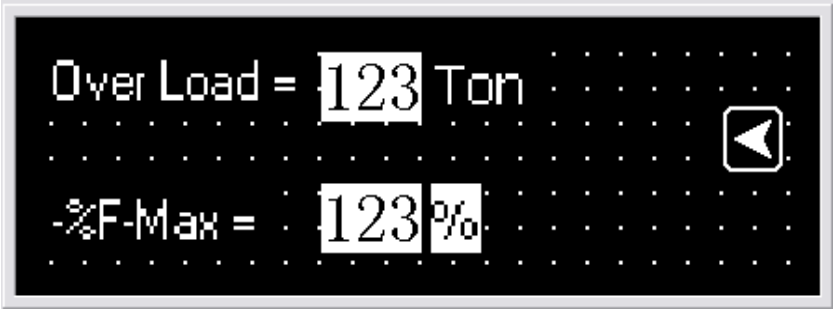
برا مثال واحد انتخابی ما kg است عدد۱ را وارد کرده و ENT را می زنیم برای وارد شدن به محیط مورد نظر دکمه مربوطه را می زنیم و به صفحه تعیین ابعاد وارد می شویم .

بازدن دکمه 3 Over Load می شویم

دکمه SET را زده و عدد ماکزیم را وارد می کنیم و ENT را می زنیم

در صورتیکه دکمه 0 را بزنیم به تنظیمات کارخانه باز می گردد

با زدن دکمه 4 وارد محیط نمایش تنظیمات می شویم



با زدن دکمه ◀ وارد صفحه اصلی می شویم.

۱۰-نرم افزار

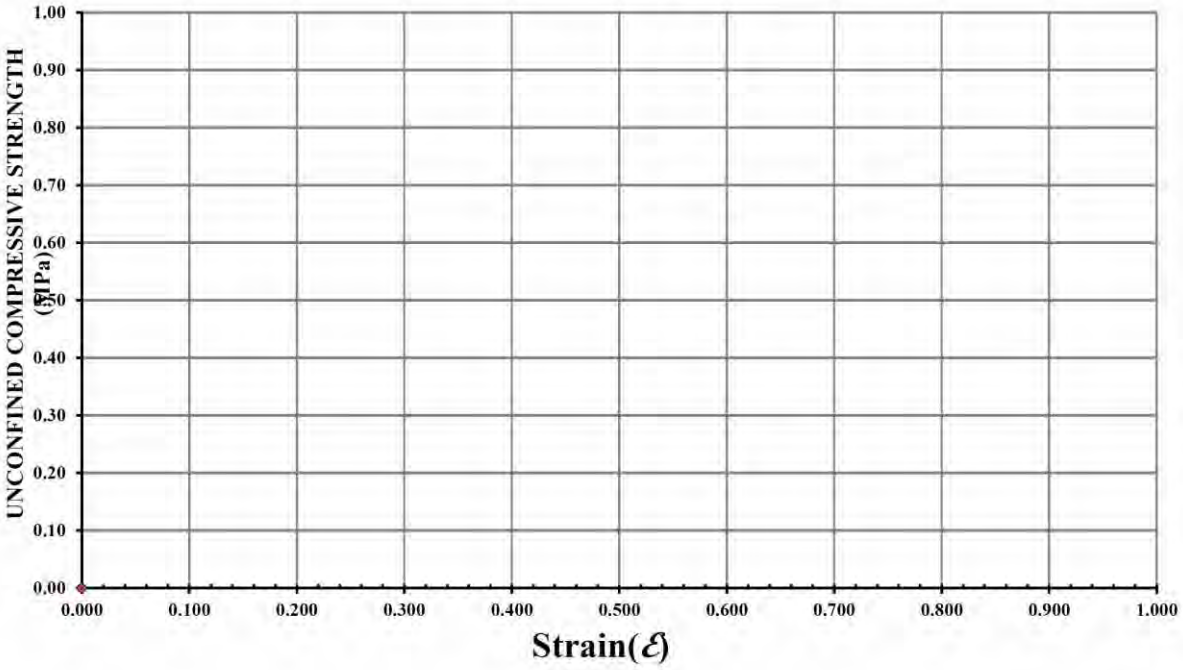
داده ها پس از انتقال به کامپیوتر با استفاده از برنامه رابط ED آزمون درون یک فایل اکسل به شکل زیر امکان پردازش اطلاعات وجود خواهد داشت.

در بخش اطلاعات پروژه می توانید موارد مربوطه به نمونه و پروژه را وارد نمائید. در کادر No read force که بر حسب KN است در صورتی که نمودار در ابتدا دارای کشیدگی ناشی از خواندن نیرو و جابه جایی قبل از بارگذاری باشد بر اثر مواردی مانند اصطکاک بدنه باشد، قابل رفع است. بدین منظور مقدار نیروی ناشی از اصطکاک را در این بخش وارد نمایید در صورت عدم مقدار ۰ وارد کنید.

در بخش A و B دو مقدار لازم برای مدول را به صورت ۰ تا ۱ وارد کنید . (یک معرف ۱۰۰٪ است)

Client :		Diameter : (mm)	54
Project :		Height : (mm)	108
Location :		Dry weight: (gr)	600
Date :		Sat. weight: (gr)	650
SAMPLE NO.		Condition test:	Dry ☑ Nat. ☐ Sat. ☐
No read force:	0 KN	A: 0.25	B: 0.9

DEFORMABILITY MODULUS OF UNIAXIAL COMPRESSION



D (mm) : 54 L (mm) : 108	(mm)	DRY DENSITY :	2.43 (gr/cm^3)
Loading rate :	(MPa/s)	Poisson ratio :	#DIV/0!
#DIV/0!	(GPa)	at: 0.40	
UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH =		0.00 MPa	
Es #DIV/0!	(GPa)	Es #DIV/0!	(GPa)

Confirmed by : Supervised by : Performed by :

موارد مورد توجه در استفاده از دستگاه:

۱- در صورت وصل نبودن میکروسویچ به پشت دستگاه با زدن دکمه 1 استارت روشن نمی شود

۲- در صورت پایین بودن کلید اضطراری با زدن استارت چراغ استارت روشن ولی دستگاه روشن نمی شود .