

سنتام

ساخت و نصب تجهیزات آزمایشگاهی و مهندسی



دستگاه تست خستگی سه محوری

Three Axial Fatigue Testing Machine

سری STM & SAF - 3Axle



قیمت مناسب ، کارایی بالا



SAF-5M

Servo Mechanical
with Triaxial Cell
Capacity 5 kN



SAF-10

Servo Hydraulic Valve
with Triaxial Cell
Capacity 10 kN



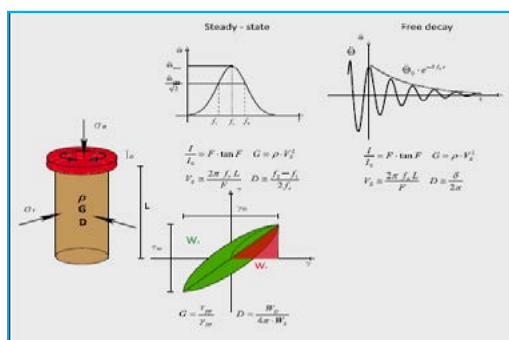
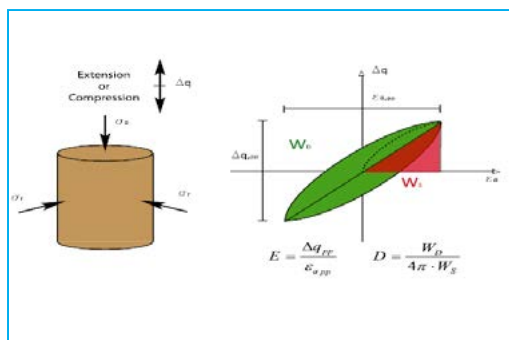
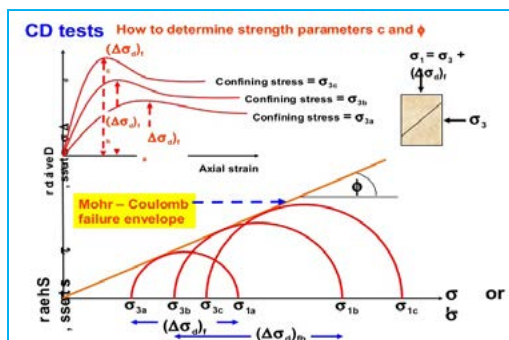
SAF-50

Servo Hydraulic Valve
with Triaxial Cell
Capacity 50 kN



SAF-100

Servo Hydraulic Valve
with Triaxial Cell
Capacity 100 kN



ویژگیها

انجام تست کششی و فشاری بصورت دینامیک
انجام تست های خستگی با سیکل های بالا
اعمال بار براساس کنترل تغییر مکان و کنترل نیرو
کنترل فول کامپیوتری

مجهز به نرم افزار با قابلیت های ویژه

طراحی مطابق استاندارد های بین المللی ماشین های دینامیک ASTM E1942

قابلیت های دستگاه تست سه محوره دینامیک خاک با

Dynamic Triaxial Testing Machine

triaxial-shear-test-and-shear-strength-properties-of-soil

طراحی مطابق با استاندارد، ASTM D3999 , D5311 , D7181 , D2850 , D4767

BS EN 1377 & AASHTO T296 T297

انجام تست های برشی سه محوره Triaxial Shear Test

تعیین پارامترهای مقاومت برشی خاک تحت شرایط سه محوری مونوتونیک

مختلف نظیر تحکیم نیافته زهکشی نشده، CU، تحکیم یافته زهکشی نشده، CD،

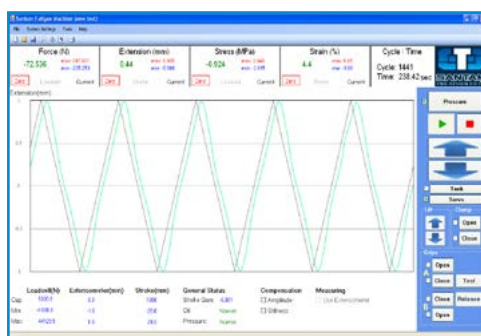
تحکیم یافته زهکشی شده UU

تحلیل و شبیه سازی شرایط تنش مصالح خاکی (خاک ، شن ، ماسه ، سنگ) در

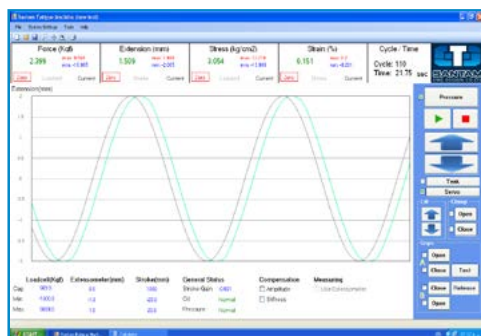
عمق زمین و تعیین مقاومت برشی ، سختی برشی و دیگر پارامترهای خواص

مکانیکی به صورت تست های استاتیکی و تست های دینامیکی با اعمال فرکانس

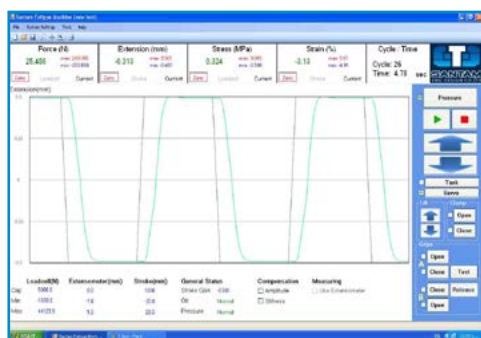
های مختلف



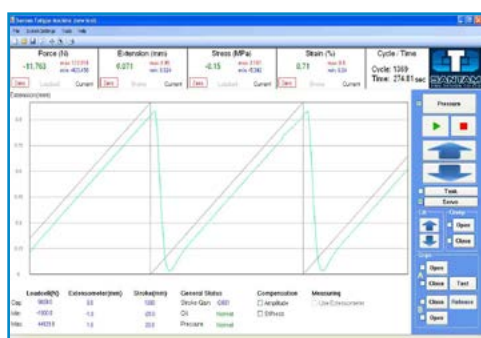
Triangle Tensile & Compression Test Graph



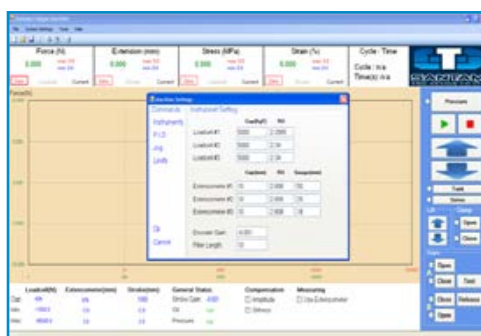
Sinusoidal Tensile & Compression Test Graph



Square Tensile & Compression Test Graph



Ramp Tensile & Compression Test Graph



PID Adjustment Menu

- کنترل شرایط زهکشی، وضعیت تنش تحکیمی، نحوه بار گذاری (تنش یا کرنش کنترل)
- بارگذاری مونوتونیک و سیکلیک با قابلیت تنظیم فرکانس و دامنه بارگذاری (تنش، کرنش، نیرو و جابجایی)
- تعیین خواصی از قبیل زاویه مقاومت برشی (زاویه اصطکاک) چسبندگی ظاهری و زاویه اتساع (افزایش حجم)
- بررسی رفتار خاک ها تحت بارگذاری های (استاتیکی و دینامیکی) به صورت تنش کنترل و کرنش کنترل و بدست آوردن مدول الاستیسیته
- اعمال تست های شبیه سازی شده با شکل موج زلزله Pattern (بار های تلفیقی)
- تعیین استحکام فشاری و یا خمشی بتن ها در بارگذاری های استاتیکی و دینامیکی
- انجام تست های سه محوره بروی سنگ
- قابلیت نصب انواع سه لول های سه محوری Triaxial Cell

دستگاه های خستگی سه محوری کاربرد بسیار زیادی درحوزه خاک و سنگ داشته ، تست های مختلفی بایستی با چرخه های متعدد نیرو و یا تنش تحت شرای خاص ایجاد گردد تا تحلیل های مهندسی انجام گردد

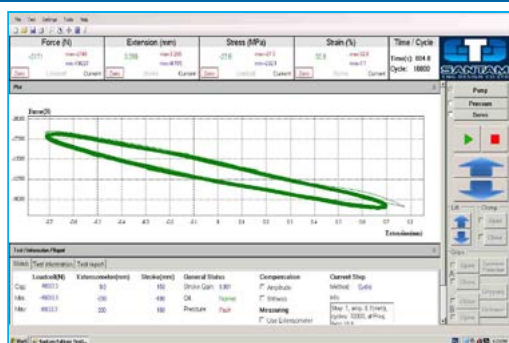
معرفی دستگاه تست کشش و فشار دینامیک سری SAF

دستگاه های کشش و فشار محوری اکسیال (خستگی) بنام Axial Fatigue Machine در دنیا نامیده می شود که در ظرفیت های ۱ تا ۳۰۰ تن قابل ارائه است.

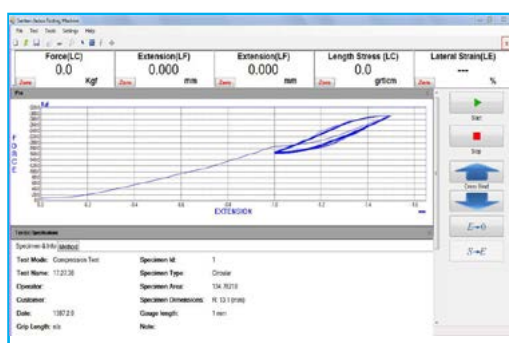
طراحی و ساخت این دستگاه ها در دنیا بسیار پیچیده بوده و نیاز به تجربه و تکنولوژی بسیار بالایی دارد. این دستگاه کاربرد بسیار زیادی در بدست آوردن طول عمر مفید قطعات در صنعت، مخصوصاً در صنایع خودروبی و هوافضا دارد.

عملکرد و مکانیزم این نوع دستگاه ها، سروو هیدرولیک با استفاده از شیرهای سرو Servo Hydraulic Valve بوده و از الکترونیک و نرم افزار خاص نسبت به دستگاه های کشش استاتیک برخوردار است. پاسخ فرکانسی و سمپل گیری و کنترل سیستم در این دستگاه بسیار بالا بود و در هر ثانیه چندین سیکل حرکتی دستگاه را کنترل می کند، این دستگاه قابلیت کنترل این حجم دیتا را داشته و در هر 1/5000 ثانیه کلیه اطلاعات کاملاً کنترل شده به دستگاه ارسال می گردد .

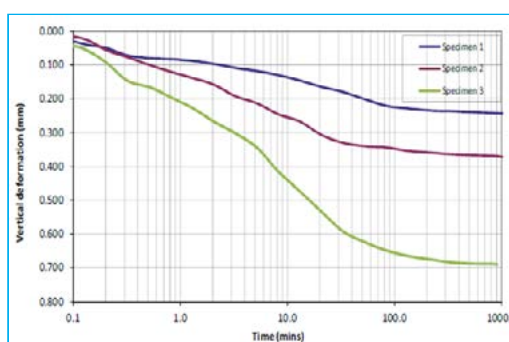
فرکانس کاری دستگاه های دینامیک براساس سرعت حرکت خطی، میزان جابجایی و ظرفیت دستگاه مشخص می گردد و این شرکت توانایی ساخت تا فرکانس 50 هرتز را دارد. دستگاه های سری SAF مجهز به نرم افزار قدرتمند کنترلی بوده که قابلیت تعریف سیکل های مختلف بر اساس نیرو کنترل و یا جابجایی کنترل و قابلیت انجام این سیکل ها با شکل موج های سینوسی ، مربعی، دنداناره ای، مثلثی و تلفیقی و یا اتفاقی را دارد که با توجه به قابلیت های نرم افزاری می توان مقاومت به ترک، ایجاد ترک ، رشد ترک ، انجام تست های خستگی و تست عملکرد بر روی قطعات و محصولات مختلف را بررسی کرد.



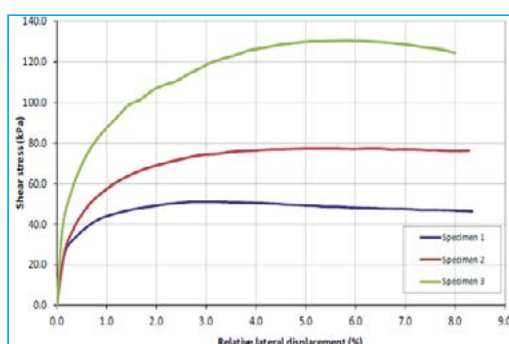
Geraf Elongation -Time



Geraf Stress-Time



Geraf Elongation -Time



Stress-Time Geraf

- قابلیت های دستگاه نرم افزاری و سخت افزاری دستگاه های سه محوره
- مجهز به کنترلر PID مجزا برای هر حالت، همچنین قابلیت اعمال نیروهای دینامیکی با دامنه نیرو ثابت، تغییر مکان ثابت و کرنش ثابت
- دارای جدیدترین سخت افزارهای الکترونیکی با تکنولوژی DSP با پاسخ فرکانسی بالا و نمونه برداری و کنترل در هر ۲۰۰ میکروثانیه
- دارای نرم افزار کامپیوتری (با ارتباط Intranet با سخت افزار دستگاه) با قابلیت اعمال بارهای پریودیک با دامنه و فرکانس مشخص و شکل موج های سینوسی، مثلثی، مربعی با قابلیت تعیین شیب، دندانه اری و تصادفی با گرفتن الگوی شکل موج مربوطه (Pattern) و اعمال نویز روی شکل موجهای مذکور امکان جبران سازی دامنه در تست های طولانی و قابلیت جبران سازی خطاهای ناشی از Stiffness و همچنین خطاهای نیرو های اینرسی فک و لودسل در فرکانس های بالا (طبق سفارش)
- امکان تغییر تمامی تنظیمات مربوط به تست و پارامترهای کنترلر PID در هر سه حالت کنترلی نیرو، مکان و کرنش بصورت آنلاین حین انجام تست بدون توقف دستگاه
- قابلیت تست نمونه های مختلف و مطابق با استانداردها و دستورالعمل های متفاوت استفاده از جدیدترین سخت افزارهای الکترونیکی با سرعت پاسخ و نمونه برداری بالا، بهترین سنسورها و شیرهای سروو و استفاده از سیستم مجزا جهت کنترل بدون درنگ Real Time و نرم افزار قدرتمند با الگوریتم های بهینه شده کنترلر PID و پردازش داده برای هر حالت کنترلی
- مجهز به سیستم اینترکولر آبی با مبدل های صفحه ای با راندمان بالا جهت دفع حرارت تولیدی سیستم

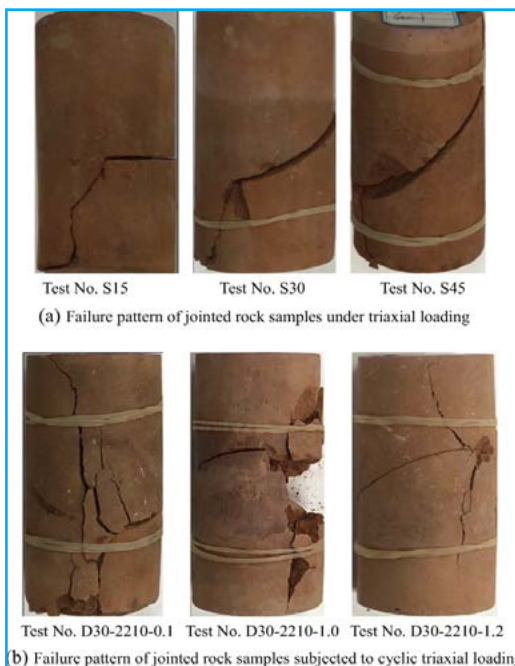
دیگر تجهیزات جانبی دستگاه

- قابلیت نصب انواع سلول ها جهت تست سه محوره
- مجهز به سلول سه محوره از جنس پلکسی گلاس با تحمل فشار 1500 kPa مجهز به سیستم شیر بندی
- کفه های بارگذاری از جنس استیل جهت تست نمونه های به قطر جهت تست نمونه های به قطر 38 , 50 , 70 , 100 mm
- آوری نگ جهت تست نمونه های 38 , 50 , 70 , 100 mm
- مجهز به کنترلر پل مجهز به سیستم خودکار شیر برقی ، سنسور و گیج های نمایش فشار ، مخزن فشار ، سیستم مراقب
- ست کامل تجهیزات جهت تحکیم همزمان جهت سه نمونه
- غشای لاستیکی جهت قطر های 38 , 50 , 70 , 100 mm



Technical Specifications

SAF-200	SAF-1000	SAF-100	SAF-50	SAF-10	SAF-5M	مشخصات مدل
2000 kN	1000 kN	100 kN	50 kN	10 kN	5 kN	ظرفیت
Servo Hydraulic Valve" Dynamic Actuator "					Electromechanical	مکانیزم عملکرد
700 *400 mm	800 mm	600 mm	500 mm	420 mm	420 mm	فاصله بین ستونها
650 mm	650 mm	400 mm	250 mm	350 mm	300 mm	فاصله بین فکها
1400 mm	1400 mm	800 mm	700 mm	700 mm	700 mm	فاصله بین بلوک
Hydraulic Jack	Hydraulic Jack	Hydraulic Jack	Hydraulic Jack	Hydraulic Jack	Linear Servo Motors	نوع بالابر بلوک متحرک
Hydraulic	Hydraulic	Hydraulic	Manual	Manual	Manual	نوع قفل کن بلوک متحرک
150 mm	150 mm	150 mm	100 mm	100 mm	100 mm	کورس اکچویاتور
40Liter / Min	40Liter / Min	20Liter / Min	20Liter / Min	20Liter / Min	---	دبی یونیت هیدرولیک
1µm	1µm	1µm	1µm	1µm	1µm	رزولوشن جابجایی
2200× 900 × 1200	3200× 1100 × 1500	2500× 800 × 900	750× 600 × 800	1650× 600 × 690	1650× 600 × 690	ابعاد (ارتفاع×عرض×طول) mm
7000 kg	2800 kg	14500 kg	450 kg	250 kg	200 kg	وزن (تقریبی)
15kw,32A	15kw,32A	15kw,32A	7.5kw,16A	5.5kw,16A	2.5kw,16A	برق مصرفی



قاب نیرو (Load Frame)

- مجهز به جک دو طرفه اعمال نیرو (Actuator) با سطح اعمال فشار مساوی
- استفاده از میل کرم سخت شده و سنگ خورده در شفت های اصلی دستگاه
- مجهز به سیستم بالابر (تغییر ارتفاع Crosshead) جهت تنظیم کورس ثابت دستگاه
- دارای سیستم گیرش (Clamping) بلوک بالایی (به صورت دستی و یا هیدرولیکی) و حرکت آن بصورت هیدرولیکی بر روی راهنماهای دستگاه جهت استقرار Crosshead در مکان مورد نظر
- دارای پمپ برقی هیدرولیک به همراه شیرهای هیدرولیک مربوطه، سیستم خنک کن (Inter cooler)، آکومالاتور، شیر سروو هیدرولیک و ... و اجزاء مورد نیاز
- استفاده از جدیدترین مبدل های حرارتی صفحه ای با راندمان بالا جهت خنک کاری روغن توسط آب و ثابت نگه داشتن دمای روغن
- حین تست جهت عدم تغییر ویسکوزیته روغن وعدم تاثیر این قضیه بر عملکرد تست و ثابت ماندن شرایط تا پایان تست
- استفاده از سیستم حفاظت الکتریکی دستگاه در برابر قطع فاز، اضافه ولتاژ، اضافه بار، اتصال کوتاه و سیستم حفاظت وابسته به دما و فشار روغن

اندازه گیری نیرو

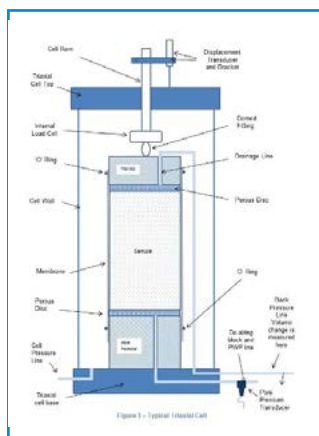
- لودسل: عملکرد کشش و فشار از نوع دیافراگمی (دینامیک)
- استاندارد: EN 10002.2 , DIN 51221, ASTM E-4 , ISO 7500
- دقت 0.5 % مقدار خوانده شده تا 1/50 ظرفیت لودسل (0.5 % مقدار خوانده شده تا 1/50 ظرفیت لودسل)
- رزولوشن 1/32000 ± ظرفیت لودسل (در کشش و فشار)
- نشان دادن جابجایی با واحدهای مختلف روی مانیتور بر اساس سیستم های BS ، SI و MKS (قابل انتخاب)
- محافظت در برابر بار اضافی
- قابلیت تعویض لودسل (تا ظرفیت نهایی دستگاه)
- شناسایی خود کار لودسل

اندازه گیری جابجایی

- جابجایی Actuator که توسط سنسور غیرتماسی خطی مغناطیسی اندازه گیری میشود. دارای درجه حفاظت IP67 و مقاوم در مقابل ارتعاش تا 30g و فرکانس 2 کیلوهرتز
- ظرفیت: به اندازه کل جابجایی Actuator (۱۰۰ میلیمتر)
- درجه تفکیک اندازه گیری تغییر مکان: ۱ میکرون
- دقت اندازه گیری تغییر مکان بهتر از ۵۰ میکرون (در ۱۰۰ میلیمتر)
- نشان دادن جابجایی با واحدهای مختلف روی مانیتور بر اساس سیستم های BS ، SI و MKS (قابل انتخاب)

نرم افزار کامپیوتری

- سیستم عامل: Microsoft Windows 2000, NT, XP, Win 7
- کنترل کامپیوتری Actuator، فک های هیدرولیک، سیستم جابجاکننده Crosshead و سیستم Clamping
- کنترل سرعت، موقعیت، نیرو و کرنش
- امکان جبران سازی شقی (Stiffness Compensation) دستگاه و جبران سازی وزن فک و لودسل در حالت دینامیکی و حذف خطاهای مربوطه جهت حصول به نتایج دقیق و واقعی
- امکان تصحیح خطای دامنه بصورت خودکار جهت رسیدن مقدار واقعی به مقدار تنظیم شده (Set point) در طول تست توسط گزینه Amplitude
- کیبورد مجازی داخل نرم افزار و دو عدد کیبورد خارجی جهت کنترل Actuator، فکهای هیدرولیک دستگاه و تغییر ارتفاع Crosshead و سیستم Clamping هر کدام بصورت جداگانه
- نشان دادن نیرو، جابجایی، تنش، کرنش، تعداد سیکل و زمان با واحدهای مختلف بر روی مانیتور بر اساس سیستم های BS، SI و MKS (قابل انتخاب)
- ذخیره سازی و بازخوانی داده های تست
- گزینه های کالبراسیون: نیرو (لودسل) و کرنش (اکستنسومتر)
- اعلام خطا (Fault) جهت دما و فشار روغن در صورت خروج از مقدار تنظیم شده



Details and Specifications

JADOO Software

نمودار تست:

- نمودارهای لحظه ای سیکلهای نیرو، جابجایی، تنش و کرنش
- رسم همزمان نمودار سیکلهای تعریف شده (Set points) و نمودار واقعی (Feedback) جهت مشاهده پاسخ و مقایسه و تنظیم ضرائب PID یا تغییر شرایط تست و دیدن نتیجه آن
- نشان دادن هر نقطه ای روی نمودار (مستقیما با استفاده از ماوس)
- امکان بزرگنمایی و شیفتم نمودار
- درجه بندی، مقیاس، رنگ و طرح بندی قابل تنظیم (خودکار و دستی)

تنظیمات تست:

- انتخاب الگوی اعمال نیرو (Loading Shape)، نوع کنترل، دامنه، فرکانس، آفست (پیش بار)، دامنه نویز، شرایط توقف دستگاه و تعداد سیکل
- دادن محدوده های (Limits) ماکزیمم و مینیمم نیرو، جابجایی و کرنش جهت ایمنی و عدم خروج دستگاه از بازه معین حین تست
- تنظیم ضرائب کنترل PID برای هر حالت کنترلی بصورت مجزا
- امکان تغییر تنظیمات و شرایط تست مثل تغییر دامنه و فرکانس و ضرائب کنترل PID حتی در حین انجام تست و مشاهده پاسخ بصورت آنلاین
- قابلیت ذخیره سازی تنظیمات مختلف بصورت جداگانه
- ذخیره سازی و یا چاپ نتایج تست پس از خاتمه تست

تنظیمات نمونه:

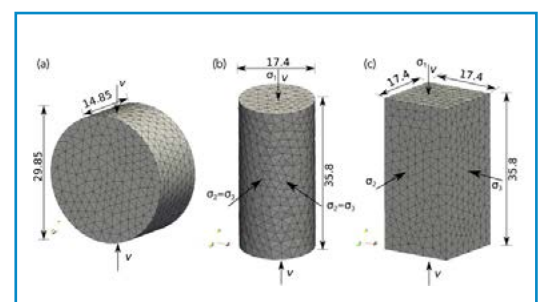
- وارد کردن طول اولیه و فاصله فکها و سطح مقطع (قطر برای مقاطع گرد و لوله ای یا پهنا ضخامت یا وزن طول یا سطح مقطع)
- تنظیمات نمودار جهت نحوه نمونه برداری
- تعیین بازه های مختلف جهت سیکلها و تعیین نرخ نمونه برداری جداگانه برای هر بازه جهت ذخیره داده ها به گونه ای که در سیکلهای مهم تمام داده ها ذخیره شده و در سیکلهای کم اهمیت تر جهت عدم افزایش حجم داده ها نمونه برداری کمتری انجام شود

تنظیمات چاپ

- پرینت گیری کامل نتایج (رنگ ها و نواحی مختلف)

شرایط محیطی

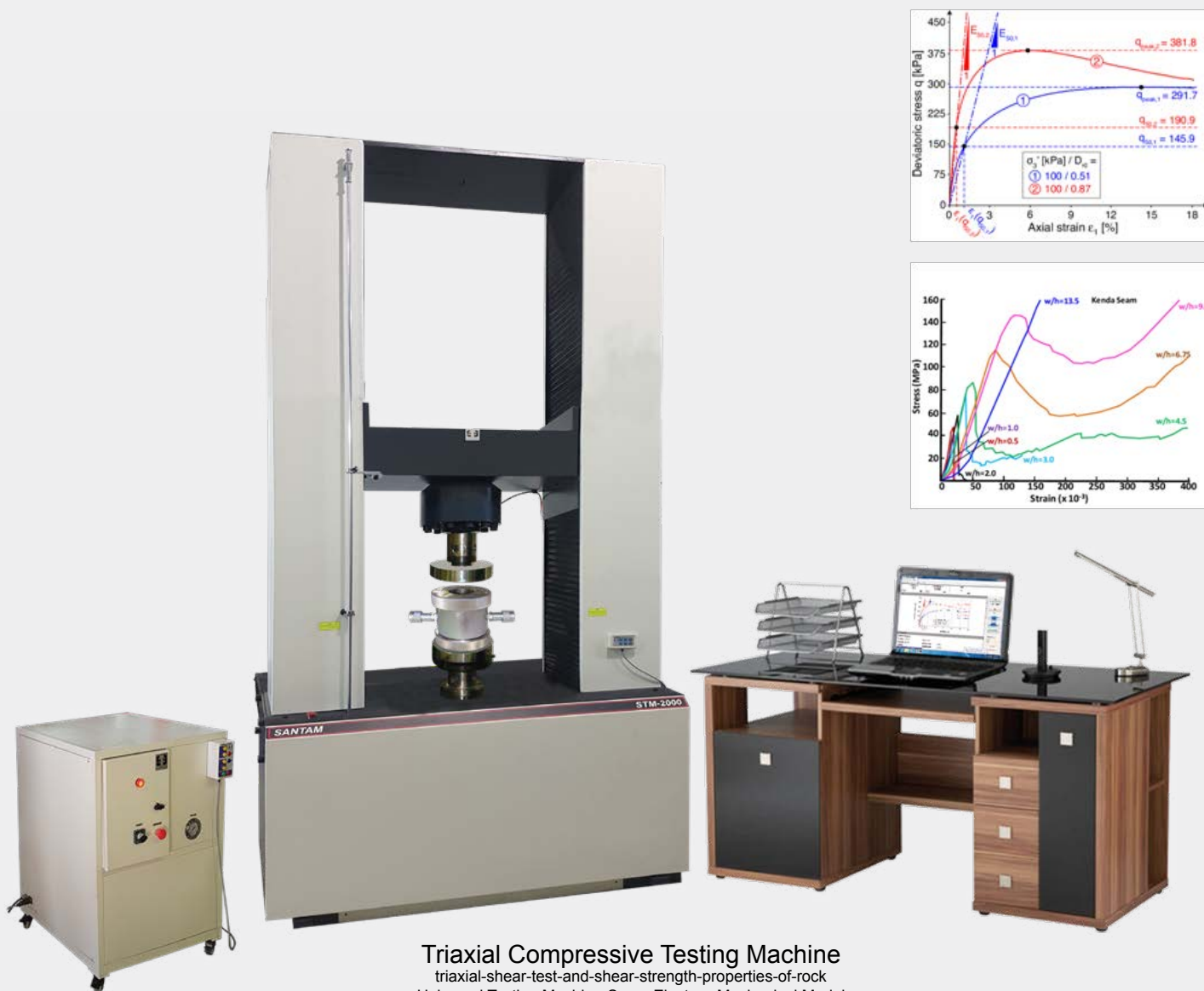
- رطوبت 10 الی 90 درصد بدون چگالش
- دمای 10 الی 30 درجه سانتیگراد کاری
- نبود غبار در محیط
- نصب دستگاه روی فونداسیون
- نیاز به سیستم خنک کن آب تصفیه شده با فیلتر
- مناسب جهت اتصال به مبدل حرارتی دستگاه
- دمای آب خنک کن حداکثر 15 درجه و با دبی حداقل پاورپک نصب شده



Triaxial Compressive Testing Machine

STM Series

آزمایش سه محوری نوعی آزمایش برشی است که خواص مکانیکی جامدات تغییر شکل پذیر از جمله سنگ خاک هسته استوانه ای یا مواد دانه ای را اندازه گیری می کند. هدف از آزمایش برشی سه محوری تعیین مقاومت برشی نمونه با تکرار است فشارهای درجا در زمینی که از آن گرفته شده است را تجربه می کند



Triaxial Compressive Testing Machine

triaxial-shear-test-and-shear-strength-properties-of-rock
Universal Testing Machine-Servo Electro-Mechanical Model
STM-2000 2000 kN Capacity

Model Specifications	Capacity (TON)	Speed (mm/min)	Maximum Jack Stroke (mm)	Space between columns (mm)	Vertical test space travel (mm)	Description
STM-600	60	0.001~200	1000	550	700	---
STM-1000M	100	0.001~180	1000	730	700	---
STM-2000	200	0.001~150	1000	910	1400	---
STD-1000	100	0.01~150	300	700	1000	Hydraulic Crosshead Lift & Clamp
STD-2000	200	0.01~150	150	700	1000	Hydraulic Crosshead Lift & Clamp

Strength classification	Strength range (MPa)
Very weak	10-20
Weak	20-40
Medium	40-80
Strong	80-160

بر اساس مقاومت فشاری تک محوری، سنگ ها را می توان از بسیار ضعیف تا بسیار قوی به شرح روبرو مشخص کرد

دستگاه فشرده سازی برای هسته سنگ

برای انجام تست های فشرده سازی بر روی نمونه های هسته سنگی با حداکثر قطر 55 میلی متر و ارتفاع بین 95 تا 110 میلی متر ، مطابق استاندارد ASTM D2938



سلول هوک

مدول الاستیک روی سنگ ها Elastic modulus on rocks

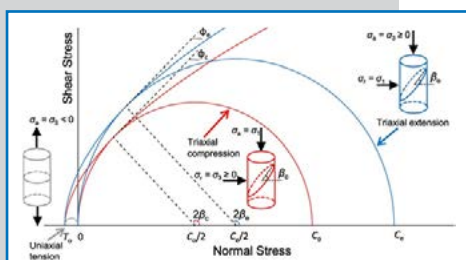
مدول الاستیک نمونه های سنگ در آزمایش های تک محوری و سه محوری سیستم به صورت خودکار با کنترل سرعت و کنترل فشار داخل سلول

دسته بندی ها: آزمایش های سه محوری بر روی نمونه های سنگ براساس استانداردهای

ASTM D7012, ISRM, UNE 22950-3, UNI 9724-8

UNI 6556 / ASTM C469 / ISO 6784 / DIN 1048

مدل تحلیلی مقاومت شکست سنگ های شکننده تحت فشار سه محوری و امتداد سه محوری

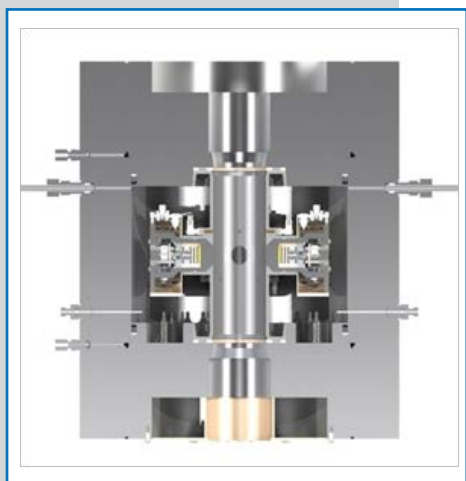


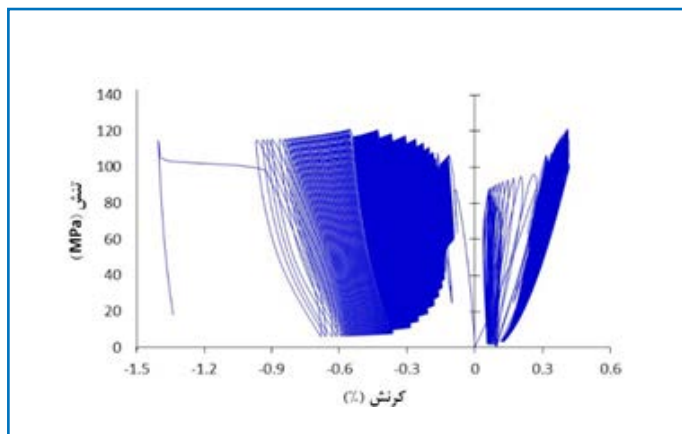
ویژگیها

- انجام تست کششی و فشاری بصورت استاتیکی با سرعت های بسیار کم
- انجام تست های رفت و برگشت با سرعت پایین
- اعمال بار براساس کنترل تغییرمکان و کنترل نیرو (تنش و کرنش)
- قابلیت نصب اکستنسومتر و کرنش سنج های مختلف
- کنترل فول کامپیوتری
- مجهز به نرم افزار با قابلیت های ویژه

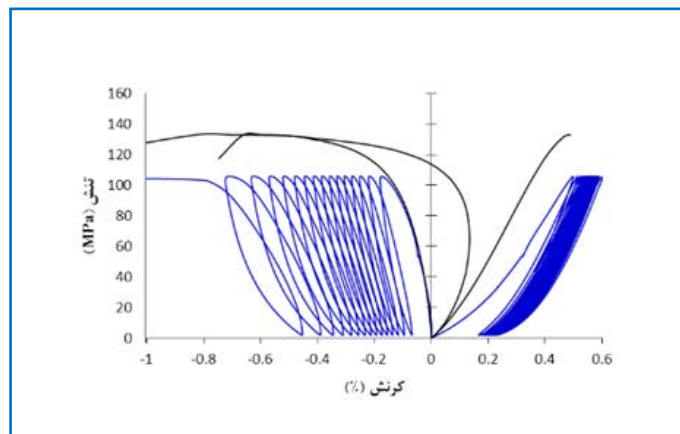
قابلیت های تست :

- تعیین مقاومت فشاری تک محوره و مدول یانگ
- Uniaxial Compressive Test and Young's Modulus
- آزمایش اندیس بار نقطه ای Point Load Strength Test
- آزمایش مقاومت برشی درزه های سنگی (در حالت برش مستقیم)
- آزمایش مقاومت کششی مستقیم و غیر مستقیم
- تست خزش
- آزمون تعیین فشار تورم (SPT)
- آزمون تعیین کرنش تورمی نیمه محصور (SCSST)
- تعیین ضرایب تراکم پذیری سنگ و ضرایب پوروالاستیک سنگ
- قابلیت آزمایش تعیین سرعت عبور موج از داخل سنگ (در صورت داشتن دستگاه مواد موج)
- آزمون تست های فشاری بروی نمونه های استوانه ای سنگ و سرامیک خاک ، بتن ... و گزارش دقیق کرنش طولی و کرنش عرضی و مدول الاستیسیته
- تست های خمشی و کششی (رفت و برگشت) بروی تیرهای بتنی ، سرامیکی و سنگ با سرعت های بسیار کم و همچنین بدست آوردن مدول خمشی ، تنش و کرنش خمشی (با اعمال سرعت به صورت ریت کنترل)
- بررسی رفتار خاک ها تحت بارگذاری های به صورت تنش کنترل و کرنش کنترل و بدست آوردن مدول الاستیسیته
- قابلیت نصب انواع سه لول های سه محوری Triaxial Cell
- انجام تست های برشی سه محوره Triaxial Shear Test

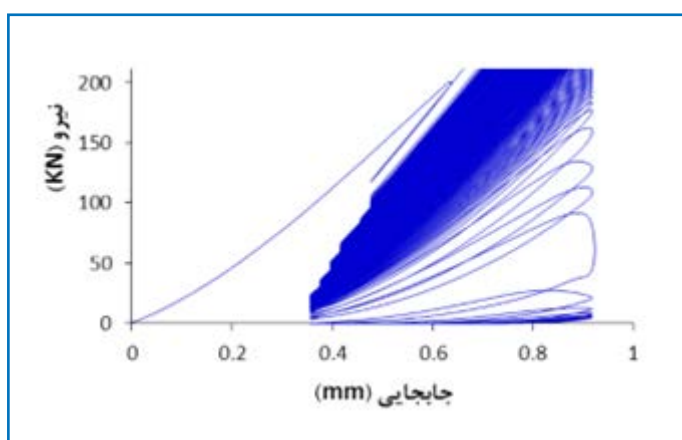




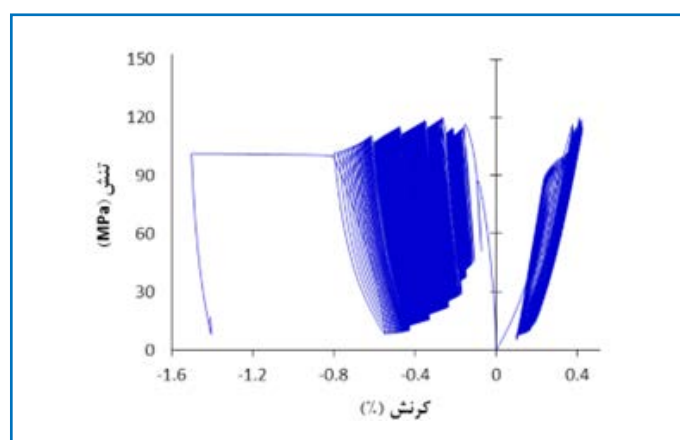
روند تغییرات تنش و کرنش - آزمایش خستگی جابجایی کنترل



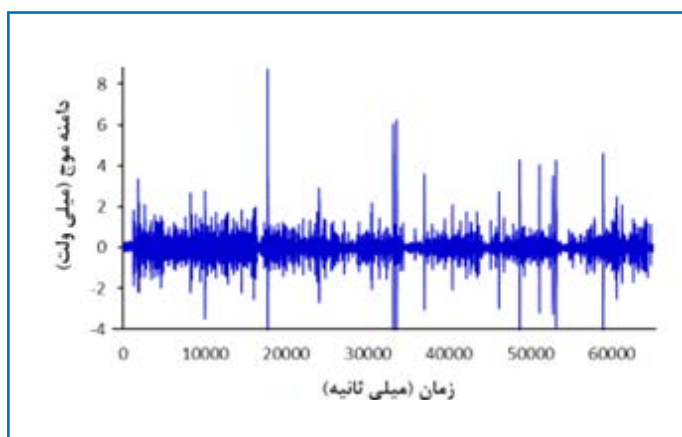
منحنی تنش و کرنش استاتیکی و دینامیکی



روند تغییرات نیرو جابجایی و تنش و کرنش در دستگاه خستگی

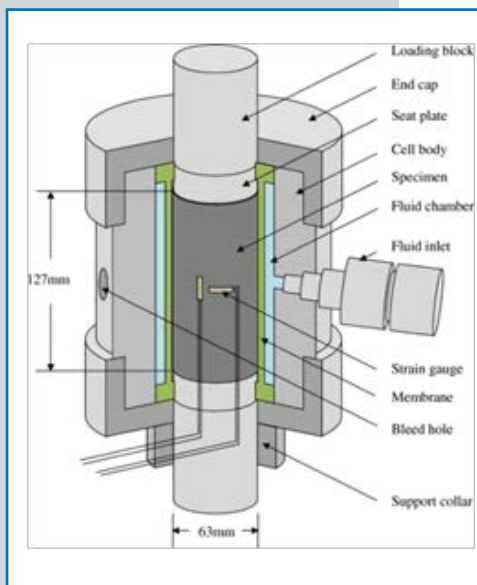


روند تغییرات نیرو جابجایی و تنش و کرنش در دستگاه خستگی



نمودار انتشار امواج صوتی در تست های سه محور

Model Specifications	Capacity (TON)	Operation		Test Methods	System user	Application
SAF-5M	0.5	Servo Electrical	Dynamic	Capability to apply a variety of periodic loads Sine, triangular, square, saw teeth and taking charts in the form of a pattern	Fully Computer	Ability to install a variety of Triaxial Cell
SAF-10	1	Servo Hydraulic			Fully Computer	
SAF-50	5				Fully Computer	
SAF-100	10				Fully Computer	
SAF-1000	100				Fully Computer	
SAF-2000	200				Fully Computer	
STM-600	600	Servo Electrical	Static	Doing accurate static Tensile, Compression, Step (Returnee) & Cyclic Tests considering linear motion speed	Fully Computer	
STM-1000	100				Fully Computer	
STM-2000	200				Fully Computer	



سپس سلول هوک در دستگاه بارگیری می شود که برای اعمال بار عمودی به نمونه استفاده می شود. سیستم های بارگذاری مدرن دستگاه های کنترل سرووالکتریکال هستند که قابلیت اعمال نیرو به صورت ریت با سرعت های بسیار کم وجود داشته . نرخ بارگذاری (kN/s) طوری انتخاب می شود.

فشار جانبی با همان نرخ انتخاب شده برای بار محوری اعمال می شود تا زمانی که به مقدار تعیین شده برسد. پس از رسیدن به این فشار محدود، باید با دقت ۲ درصد حفظ شود.

نتایج و محاسبات

داده های خام یک آزمایش سه محوری شامل ابعاد نمونه، فشار جانبی 3 ، بار محوری P، مدت زمان آزمایش است که باید در محدوده های مورد نیاز باشد، و در صورت استفاده از کرنش سنج، اندازه گیری تغییر شکل ، ابتدا بایستی سطح مقطع نمونه به صورت زیر محاسبه می شود

$$A (m^2) = \pi * \frac{D^2}{4}$$

که در آن D قطر نمونه است

تنش محوری با تقسیم بار محوری بر سطح مقطع نمونه به دست می آید:

$$\sigma_1 (kPa) = \frac{P (kN)}{A (m^2)}$$

که در آن P بار محوری است.

اندازه گیری تغییر شکل ها در سیستم ثبت می گردد ، پاسخ تنش-کرنش نمونه روی نمودار رسم می شود. کرنش های محوری و محیطی، ϵ_A و ϵ_C ، به ترتیب هر دو به صورت زیر محاسبه می شوند:

$$\epsilon_{A/C} = \frac{\Delta R}{k * R}$$

که در آن R مقاومت الکتریکی اولیه کرنش سنج بوده ، R تغییر مقاومت سنگ در اثر تغییر شکل و k یک ضریب گنج است. پس از یک بررسی از حداقل ۳ تست سه محوری، منحنی شکست از نمونه سنگ مشتق می گردد . رایج ترین معیارهای بررسی شکست مورد استفاده در مکانیک سنگ عبارتند از:

معیار شکست Mohr-Coulomb (M-C).

معیار شکست هوک-براون (H-B).

معیار شکست M-C مقاومت برشی و تنش موثر معمولی را که روی صفحه شکست اعمال می کنند، مرتبط می کند. همچنین می توان آن را بر حسب تنش های اصلی به صورت زیر بیان کرد:

$$t(kPa) = c + \sigma_n * \tan (\varphi)$$

$$\sigma_1 (kPa) = \frac{1 + \sin (\varphi)}{1 - \sin (\varphi)} * \sigma_3 + \frac{2 * c * \cos (\varphi)}{1 - \sin (\varphi)}$$

جایی که t مقاومت برشی ماده، c پیوستگی، زاویه اصطکاک، σ_n تنش نرمال اعمال شده بر صفحه شکست، ۱ و ۳ تنش های اصلی هستند.

معیار M-C به دلیل سادگی و مقبولیت جهانی آن در مهندسی ژئوتکنیک مورد استفاده قرار می گیرد. با این حال، معیار H-B بر اساس یک سری آزمایش های آزمایشگاهی در بسیاری از انواع سنگ ها ایجاد شد که نشان داد یک همبستگی غیرخطی بین تنش های اصلی در شکست شکننده سنگ ها وجود دارد.

همبستگی تنش های اصلی در معیار H-B به صورت زیر بیان می شود:

$$\sigma_1 (kPa) = \sigma_3 + \sigma_{ci} * (m_i * \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + 1)^{0.5}$$

در جایی که σ_{ci} مقاومت فشاری تک محوری است، m_i بر اساس نوع سنگ ثابت است، ۱ و ۳ تنش های اصلی هستند.

پس از انجام حداقل ۳ آزمایش سه محوری در فشارهای جانبی مختلف، بهترین پوشش های معیار انتخاب شده رسم شده و پارامترهای هر یک (پیوستگی، زاویه اصطکاک در M-C، m_i ، σ_{ci} در H-B) استخراج می شود. با این وجود، در معیار H-B، اکثر مواقع σ_{ci} از قبل از تست های فشرده سازی تک محوری بر روی ماده تعیین می شود. بسیار مهم است که اطمینان حاصل شود که نمونه ها از یک هسته یا بلوک سنگی یکسان گرفته شده و خواص مشابهی دارند. این را می توان با مشاهده چشمی به دست آورد.

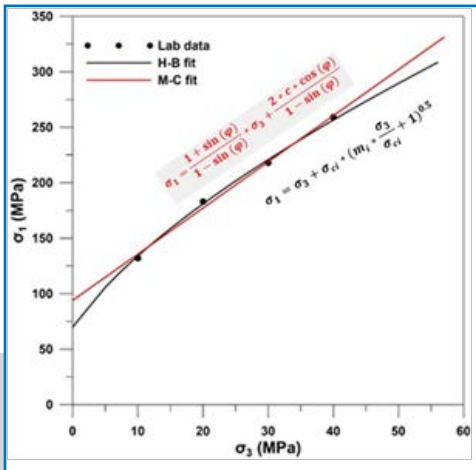


مثالی از استخراج پارامترهای معیار M-C و H-B

σ_3 (MPa)	σ_1 (MPa)
10	132
20	183
30	218
40	259

فرض کنید ۴ آزمایش سه محوری بر روی نوع خاصی از نمونه های سنگ انجام شده است. تنش های جانبی از پیش تعیین شده و تنش های محوری مربوط به شکست در جدول ذیل نمایش داده میشود

نمونه داده های نتایج آزمون سه محوری
نتایج با بهترین مناسب ترین منحنی های M-C و H-B در شکل ۳ ترسیم شده است.

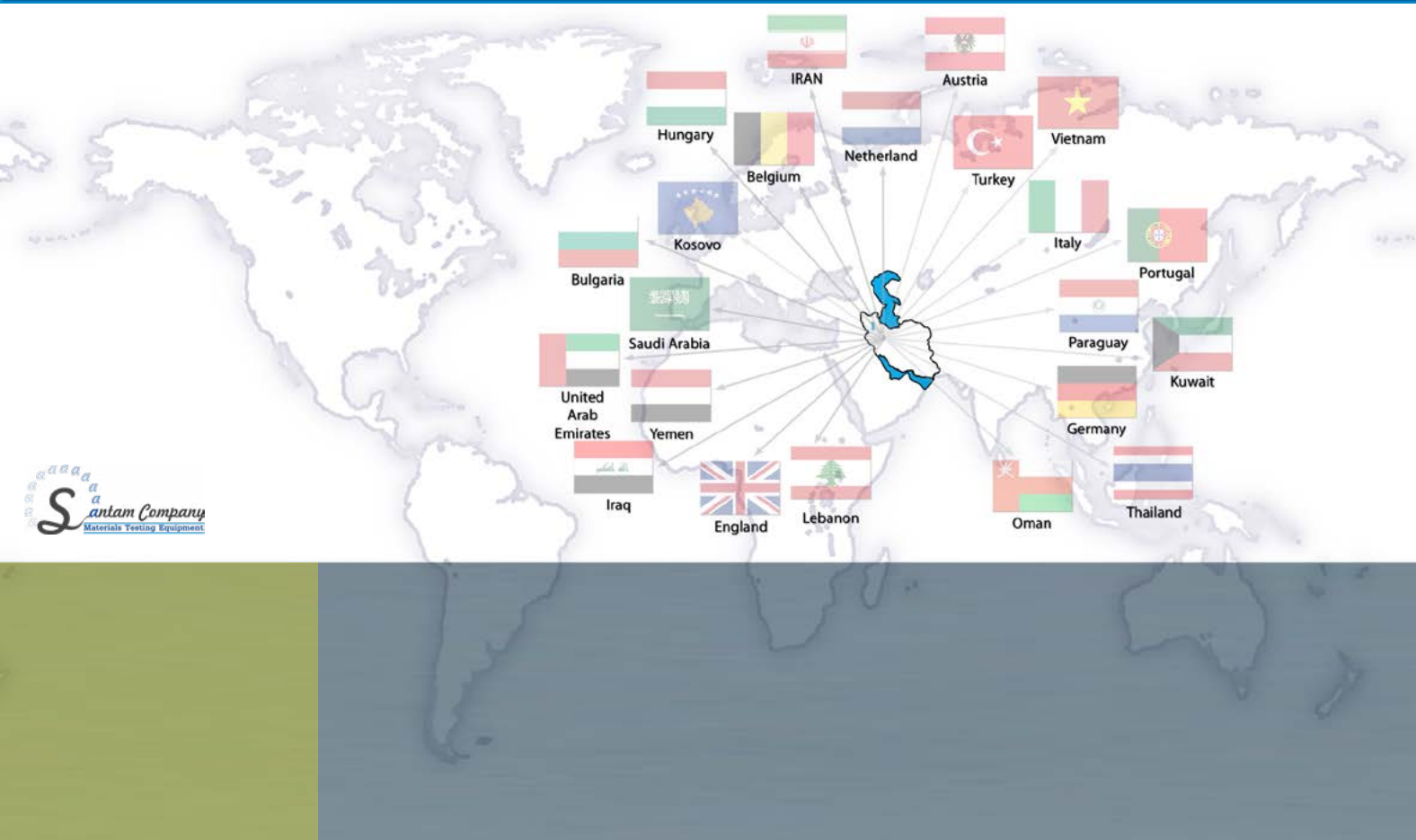


نمودار تنش اصلی بر اساس داده های آزمایشگاهی و منحنی های مناسب معیار های M-C و H-B.

Details and Specifications

JADOO Software





Designing & Manufacturing of
Materials Testing Equipment

ISO 9001 - 2015



نماینده

مشخصات مندرج در این بروشور بدون هیچ اعلامی می تواند تغییر کند

www.santamco.com

@santamco

santamco1

09913544361



آدرس دفتر و کارخانه: تهران، کیلومتر ۵ جاده قدیم کرج

خیابان نورد، شماره ۶۱..... کد پستی: ۱۳۷۸۷۵۴۸۱۱

تلفن: (۳۰ خط) ۶۲۹۹۹۰۵۱، ۶۲۸۱۴۴۹۷-۸، فکس: (داخلی ۳)

sales-d@santamco.com

Edit : 1403-08-28
Publication :