شرکت آزمون ساز مبنا

طراحی و ساخت لوازم آزمایشگاهی
مکانیک خاک و مقاومت مصالح

دستگاه سه محوری دینامیکی (سیکلیک و مونوتونیک)

مدل تمام اتوماتیک :SO738

زمستان ۹۴

فهرست:

۱- مقدمه _____ ۳

۲- هدف _____ ۴

۳- شرح دستگاه و لوازم موردنیاز _____ ۵

۴- نمونه آزمایش _____ ۱۲

۵- روش آزمایش _____ ۱۴

۶- محاسبات و گزارش _____ ۱۶

۷- گزارش _____ ۱۸

۸- دقت و درستی آزمایش _____ ۱۹

۸- روش کار با نمایشگر دستگاه _____ ۲۲

۹- راهنمای استفاده از برنامه LABVIEW: _____ ۲۹

دستگاه سه محوری دینامیکی (سیکلیک و مونوتونیک)

مدل تمام اتوماتیک :SO738

استاندارد:

ASTM D5311 , ASTM D3999

۱- مقدمه

هنگامی که خاک در اثر زلزله تحت ارتعاش قرار مـی گیـرد خصوصـیات و پارامترهـای آن دچـار تغییـر میشوند. برای کاهش خرابی‌های ناشی از زلزله نیازمند شناخت دقیق و درک صحیحی از خاک به عنوان محیطی که زلزله در آن انتشار می یابد هستیم. پارامترهای دینامیکی خاک در این زمینه نقش اصلی را دارند که از جمله این پارامترها ضریب برشی و نسبت میرایی است. مطالعه خاک اشباع به طور مکرر مورد بررسی قرار گرفته اسـت از این رو دراین کارروی خاک غیراشباع آزمایش هایی صورت گرفته است باتوجه به اینکه خاک نزدیک به سـطح زمین در هنگام وقوع زلزله غیراشباع می باشد. پارامترهای دینامیکی خاک را می توان ازآزمایشات آزمایشگاهی و هم آزمایش های در محل بدست آورد. در آزمایشگاه با اعمال بارهای سیکلی در فرکانسـهای مختلـف و بـا ثبـت تنش و کرنش می توان پارامترهایی از جمله مدول برشی و نسبت میرایی خاک را بدست آورد.

دستگاه سه محوری سیکلیک علاو ه بر خاک‌های چسبنده دست نخورده یا متراکم شده روی خاک های ماسه ای فاقد چسبندگی در درصدهای مختلف رطوبت و حتی خشک قادر به آزمایش است. دستگاه سه محوری سیکلیک این شرکت مشابه دستگاه سه محوری استاتیکی است با این تفاوت که سلول دستگاه دینامیکی به گونه ای طراحی شده است که بتوان خاک های ماسه ای را در حالت خشک را نیز در آن بازسازی نمود و یک دستگاه actuator برای اعمال بار متناوب روی قاب بارگذاری نصب شده اسـت. دسـتگاه actuator بـار سـیکلیک را

توسط هوا اعمال می‌کند. همچنین یک دستگاه مجزا Function Generator برای اعمال شکل‌های مختلف بارگذاری متناوب (سینوسی و مستطیلی و ترکیبی از آنها) موجود می‌باشد. فرکانس بارگذاری قابل تغییر است.

مقاومت برشی تناوبی اغلب بعنوان تنش تفاضلی در حین بارگذاری تناوبی بعد از یک تعداد سیکل معین در جایی که نمونه گسیخته می شود تعریف می شود محققین متعددی از این تعریف مقاومت برشی تناوبی استفاده کرده اند، هر چند تفاوت هایی در چگونگی تعریف گسیختگی وجود دارد . در کل به نظر می رسد که یک نمونه هرگاه که نتواند تنش تفاضلی ما کزیمم هدف را تحمل کند گسیخته می شود و یا اینکه هرگاه که به سطح کرنش از پیش تعیین شده برسد کار آزمایش به پایان می رسد.

در مقایسه با مقاومت حداکثر درحالت بارگذاری استاتیکی، گسیختگی نمونه ها در بارگذاری تناوبی در سطوح تنش کم اتفاق می افتد .مشاهده شده است که ا غلب، گسیختگی در اثر تجمع تدریجی کرنش محوری بوده است . با کاهش سطح تنش تناوبی، کرنش لازم برای گسیختگی نمونه افزایش می یابد . در حالت کلی مشاهده می شود که کرنش محوری بسیج شده در هنگام گسیختگی در آزمایشهای تناوبی بسیار بیشتر از مقادیر مربوط به آزمایشهای استاتیکی است.

۲- هدف

این دستگاه جهت انجام آزمایش فشار سه محوری به سه روش تحکیم نیافته زهکشی نشده (UU) و تحکیم یافته زهکشی نشده (CU) و تحکیم یافته زهکشی شده (CD) و با قابلیت اعمال پس فشار و فشار محصورکننده و اندازه گیری فشار آب منفذی و تغییرات حجم در حالت مونوتونیک و به منظور آزمایش تناوبی سه محوری با قابلیت تنظیم فرکانس و دامنه بارگذاری طراحی شده است.

در آزمایش مونوتونیک با انجام این آزمایش بر روی سه نمونه خاک چسبنده همسان استوانه‌های دست نخورده یا بازسازی شده و ترسیم دوایر موهر پارامترهای مقاومت برشی نظیر زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی

به دست می‌آید .ترسیم نمودارهای تنش و کرنش نیز به شناخت رفتارهای مکانیکی خاک کمک شایانی می‌نماید. در آزمایش تناوبی ترسیم مسیر تنش و رفتارهای دینامیکی کمک شایانی به شناسایی خاک های روانگرا دارد.

۳- شرح دستگاه و لوازم موردنیاز

۱- دستگاه بارگذاری: دستگاه بارگذاری محوری متشکل از یک جک بارگذاری است که با نیروی برق به حرکت در می‌آید. سرعت و توان بارگذاری جک های بارگذاری شرکت آزمون ساز مبنا با توجه به مدل متنوع هستند. موتور از نوع سروترونیک میتوان سرعت بارگذاری را از ۰/۰۱۵ تا ۵ میلیمتر بر دقیقه با دقت ۰/۰۰۱ تنظیم نمود.

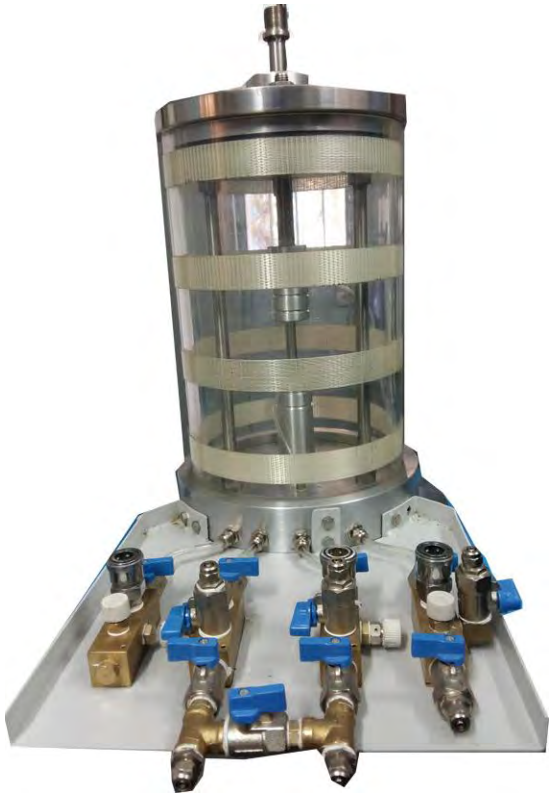
۲- ابزار اندازه‌گیری بار محوری: دستگاه اندازه‌گیری بارمحوری یک نیروسنج الکتریکی load cell می‌باشد که بتوان به وسیله آن بار محوری را با حساسیت ۱ کیلوگرم اندازه‌گیری کرد. بار محوری از طریق یک سیستم سیلندر پیستون که در درپوش استوانه شفاف محفظه فشار تعبیه شده و هم محور با نمونه خاک در مرکز استوانه شفاف می‌باشد، به نمونه وارد می‌شود. در نتیجه نمونه بین پایه و کلاهک فشرده می‌گردد. پیستون انتقال بار طوری ساخته شده است که اصطکاک حداقل باشد و بتوان در حین بازسازی نمونه در سلول، سیلندر بارگذاری از دستگاه بارگذاری به راحتی جدا گردد.

۳- کمپرسور باد: جهت اعمال بار جانبی و پس فشار و همچنین فشار پنوماتیک پیستون actuator نیاز به کمپرسوری با حداقل توان اعمال ۱۰ بار بمی‌باشد. این کمپرسور برای تأمین چنین بادی ۲۵۰ لیتری است.

۴- تنظیم کننده فشار: تنظیم فشارهای جانبی و پس فشار توسط نمایشگر یا نرم افزار به کمک شیر برقی صورت می‌گیرد.

۵- منبع فشار جانبی و پس فشار: با محفظه فشار محفظه‌ای باید بتوان فشار جانبی لازم را وارد کرد. این وسیله شامل یک مخزن آب می‌باشد که به محفظه فشار سه محوری متصل شده و تا حد معینی از مایع (معمولاً آب) پر شده است. مخزن از قسمت بالا به دستگاه تولید فشار (کمپرسور هوا) متصل می‌گردد. فشار هوا توسط یک شیر تنظیم کنترل شده و توسط یک فشارسنج الکترونیکی اندازه گیری می‌شود. با توجه به نیاز به دو سیستم فشار، به تعداد ۲ عدد از این منبع احتیاج است که بهتر است آب درون محفظه پس فشار از آبی زلال و جوشیده پر شده باشد تا فرایند اشباع نمونه بهتر صورت پذیرد.

۶- سلول نمونه: سلول نمونه استوانه‌ای است شفاف از جنس پلکسی گلاس و مقاومت و طوری ساخته شده است که نمونه در مرکز آن قرار می‌گیرد و ازاطراف فشار هیدرواستاتیک به آن وارد می‌شود. طراحی سلول به گونه‌ای است که تهیه نمونه خشک ماسه‌ای را تسهیل می‌نماید. در مقابل سلول، سینی ای متشکل از اتصالات، شیرها و سنسورها قراردارد که روی آن نصب شده‌اند.



۷- ریل جابه جا کننده سلول: این ریل جهت تسهیل حرکت سلول برای بازسازی نمونه های ماسه فراهم شده است.

۸- کلاهک و پایه نمونه: برای زهکشی کردن نمونه از کلاهک و پایه‌ای استفاده می‌شود که یک سوراخ کوچک در مرکز آنها تعبیه شده است. کلاهک و پایه نمونه دارای یک سطح تماس دایره‌ای با نمونه می‌باشند که مقطع آنها نیز دایره‌ای شکل است. وزن کلاهک باید از ٪۰/۱۵ بار محوری وارد در مرحله گسیختگی نمونه کمتر و قطر کلاهک و پایه باید با قطر نمونه برابر باشد.

نمونه باید به کف فلزی محفظه فشار سه محوری پایدار گردد تا از حرکت جانبی یا کج شدن نمونه جلوگیری شود. ضمناً کلاهک نیز طوری ساخته شده است که سطح تماس پیستون بار دهنده با کلاهک، به صورت متحدالمرکز باشند. سطح جانبی پایه و کلاهک نمونه که جهت آب‌بندی با غشاء لاستیکی متصل می‌شود باید کاملاً صاف و بدون خراشیدگی باشد.

۹- غشاء لاستیکی : غشاء لاستیکی برای پوشاندن نمونه به کار می‌رود و باید در برابر تراوش آب از جدار آن غیرقابل نفوذ باشد. غشاء لاستیکی قبل از استفاده با دقت بازرسی می‌شود تا اگر ترک یا سوراخ ریزی در آن مشاهده شد، کنار گذاشته شود. همانطوری که گفته شد غشاء لاستیکی توسط حلقه‌های لاستیکی O-ring به پایه و کلاهک نمونه محکم می‌شود.

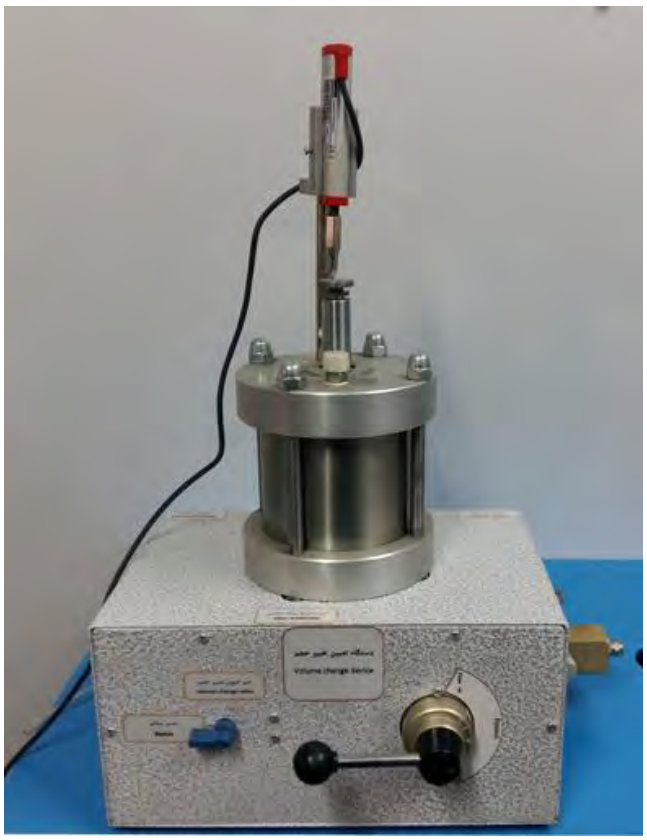
۱۰- پمپ خلا: در بازسازی نمونه های ماسه ای برای پایدارسازی و کمک به ساخت نمونه استوانه‌ای ماسه ای خشک به یک پمپ خلا نیاز است. بدین منظور از یک نمونه گیر دست خورده با مجرای متصل به پمپ از یک سو و از سوی دیگر به دیواره داخلی نمونه گیر بکار گرفته می‌شود. پمپ خلا علاوه بر کمک در ساختن نمونه آزمایش جهت هوازدا کردن آب پس فشار به کار می‌رود.

۱۱- وسیله انبساط دهنده غشاء لاستیکی (غشا کش): نمونه استوانه‌ای خاک با استفاده از وسیله انبساط دهنده غشاء، در داخل یک غشاء لاستیکی نازک که در حدود ۵ سانتی‌متر بلندتر از خود نمونه است، قرار داده می‌شود. ضمن اینکه پایه و کلاهک در دو انتهای نمونه قرار دارند، غشاء لاستیکی از دو طرف به پایه و کلاهک می‌چسبد و با استفاده از حلقه‌های لاستیکی کاملاً آب‌بندی می‌شود.

۱۲- صفحات متخلخل: صفحات متخلخل با مقطع دایره‌ای و با قطر برابر نمونه که در بالا و پایین نمونه قرار داده می‌شوند و جهت زهکشی نمونه بکار می‌روند.

۱۳- ابزار اندازه گیری فشار آب منفذی: این ابزار شامل یک سنسور است که اندازه گیری فشار آب منفذی را تسهیل می کند.

۱۴- وسیله اندازه گیری تغییر حجم: این وسیله برای اندازه گیری آب خروجی از نمونه در حین تحکیم یا آزمایش تعبیه شده است. این وسیله در گذشته به صورت بورت های دوتایی بوده که با مایع رنگی حجم آب ورودی به آن اندازه گیری می شده است. اما در مدل‌های جدید شرکت آزمون ساز مبنا دستگاه اندازه گیری تغییر حجم جایگزین بورت شده است که علاوه بر سهولت استفاده از آن دقت بالاتری نیز برای اندازه گیری حجم دارا می باشند. این دستگاه متشکل از محفظه ای است که درون آن سیلندری کالیبره شده قرار دارد که با تعبیه صفحه ای درون آن حرکت این صفحه بر اثر ورود و خروج آب با استفاده از یک LVDT اندازه گیری و به صورت حجم بیان می‌شود.



۱۵- شاخص تغییر شکل: برای شاخص تغییر شکل همان گیج اندازه‌گیری تغییر طول است که دارای دقت ۰/۰۱ میلیمتر و از کرنش سنج‌های الکترونیکی LVDT برای این منظور استفاده شده است. برای اندازه گیری تغییر شکل تناوبی از LVDT با دقت ۰/۱ میلیمتر به کار گرفته شده است.

۱۶- نمونه گیر دست خورده و دست نخورده: جهت اخذ نمونه به صورت بازسازی شده یا دست نخورده از نمونه گیر مخصوص خود برای اندازه های مختلف استفاده می‌گردد.

۱۷- قالب بیرون آورنده نمونه: قالبی است که می‌توان بوسیله آن نمونه خاک در وضعیت عمودی بیرون آورده شود، برای جلوگیری از پدیدآمدن حالت خمش در نمونه (که بر اثر نیروی ثقل حاصل می‌شود) باید مراقبت‌های لازم را به عمل آورد. البته در هنگام نمونه برداری جهت حرکت به داخل لوله نمونه‌گیر مشخص می‌گردد، در نتیجه هنگام خارج کردن اشتباهی رخ نخواهد داد.

۱۸- کپسول CO_2: نمونه دارای هوای بسیار زیادی در خود است و این مانع از اشباع شدن آن می‌گردد. برای از بین بردن هوای نمونه از CO_2 استفاده می گردد. CO_2 با ترکیب با هوای درون نمونه تشکیل HCO_3^- داده و به صورت محلول در می آید.

۱۹- وسایل اندازه‌گیری ابعاد نمونه*: برای اندازه‌گیری ارتفاع و قطر نمونه از کولیس استفاده می‌شود. اندازه گیری باید با دقت انجام گیرد و باعث دستخوردگی نمونه نشود.

۲۰- زمان سنج*: برای کنترل سرعت تنش یا کرنش از ساعت‌های مخصوص استفاده می‌شود که به وسیله آن می‌توان زمان طی شده در آزمایش را با دقت یک ثانیه سنجید.

۲۱- ترازو*: نمونه‌هایی که کمتر از ۱۰۰ گرم وزن دارند باید با دقت ۰/۰۱ گرم و نمونه‌های با ۱۰۰ گرم و بیشتر باید با دقت ۰/۱ گرم توزین شوند.

۲۲-وسایل متفرقه*: ابزار برای تقسیم کردن و تراش نمونه آزمایشگاهی ، کاتر، خط کش، قوطی برای تعیین درصد رطوبت و جداول اطلاعات موردنیاز می‌باشد.

* این وسایل جزء ملحقات دستگاه نمی‌باشد و بایستی جداگانه فراهم شوند.

شکل۱) تصویری از دستگاه سه محوری سیکلیک

۴- نمونه آزمایش

الف- ابعاد نمونه: قطر نمونه‌های آزمایشگاهی حداقل ۱/۳ اینچ (۳۳ مم) و قطر بزرگترین دانه نمونه باید کوچک تر از ۰/۱ قطر نمونه باشد. برای نمونه‌ای به قطر ۲/۸ اینچ (۷۱ مم) یا بزرگتر، اندازه درشت ترین ذرات

باید از $\frac{1}{6}$ قطر نمونه کوچکتر باشد. اگر پس از اتمام آزمایش، وجود ذرات بزرگتر از اندازه آشکار شود باید این موضوع در قسمت توضیحات آزمایش ذکر گردد. نسبت ارتفاع به قطر نیز ۲ می‌باشد. ارتفاع و قطر نمونه با دقت ۰/۰۱ اینچ (۰/۳ مم) اندازه گیری و در برگ گزارش یادداشت نمایید. سلول‌های تهیه شده توسط آزمون برای خاکهای رسی با قطر نمونه ۳۸ م م و برای ماسه های ریزدانه با قطر ۵۰ م م ساخته می‌شوند. برای نمونه های بزرگتر از ۵۰ م م نیاز به جک بارگذاری و سلول های با توان و اندازه بالاتر است.

ب- نمونه‌های آزمایشگاهی دست نخورده: نمونه‌های آزمایشگاهی را از نمونه‌های دست نخورده (نمونه‌هایی که مطابق روش آزمایش ASTM D1587 یا سایر روش‌های موردقبول نمونه گیری دست نخورده یا لوله نمونه گیر به دست آمده) تهیه نمایید. نمونه دست نخورده بایستی به نحوی اخذ شود که کوچکترین دستخوردگی در آن ایجاد نگردد. قبل از آنکه نمونه گیر دست خورده را از قسمت تیز وارد نمونه کنید سطح داخلی آنرا با روغن کاملاً آغشته کنید و برای صاف کردن بالا و پایین نمونه از کاتر استفاده نمائید.

وزن نمونه آزمایشگاهی را تعیین کنید. نمونه باید بلافاصله پس از آماده شدن در غشاء لاستیکی قرار گیرد. لازم به تذکر است که برای آزمایش سه محوری حداقل باید سه نمونه تهیه شود.

پ- نمونه‌های آزمایشگاهی دست خورده (دوباره قالب گیری شده) نمونه را به طریق زیر آماده کنید:

نمونه را توسط متراکم کردن خاک دستخورده (حداقل در سه لایه با استفاده از عمل فشردن یا ورز دادن خاک) درون قالب نمونه گیر دست خورده آماده کنید. قبل از استفاده از قالب سطح داخلی آن را روغنی کنید. حلقه دور استوانه نمونه گیر را در محل خود سفت کنید. نمونه‌های آزمایشگاهی را می‌توان با هر درصد رطوبت و وزن مخصوصی که از قبل تعیین شده است تهیه کرد. این عمل توسط فشردن با دست یا کوبیدن هر لایه تا وقتی که توده خاک درون قالب به حجم معینی متراکم شود (یا با تنظیم تعداد لایه‌ها و تعداد ضربات برای هر لایه و نیروی هر ضربه) قابل کنترل می‌باشد. پس از شکل گرفتن یک نمونه (با سطح قاعده بر محور طولی) آن را از قالب خارج کرده و وزن نمونه را تعیین نمایید. برای باز کردن دو قسمت قالب از هم از کاتر استفاده کنید.

۵- روش آزمایش

۵-۱-آماده سازی نمونه

پیچ های پلکسی گلاس را باز کنید. با فشار آب و هوا مسدود نبودن صفحات متخلخل صافی و سوراخ‌های زهکش را کنترل کنید. مجاری زهکش آزمونه و دستگاه اندازه گیری فشار آب درون منفذی را با آب بدون هوا پر کنید. صفحات متخلخل را به روش جوشاندن در آب برای حداقل ده دقیقه و سپس خنک کردن در دمای اتاق اشباع کنید. نمونه آماده شده را به نحوی درون سلول قرار دهیدکه ابتدا صفحه متخلخل سپس کاغذ فیلتر روی پایه سلول قرار بگیرد و نمونه روی فیلتر بایستد. قبل از قرار دادن کلاهک روی نمونه صفحه متخلخل را روی نمونه و کاغذ فیلتر قرار داده و سپس غشا را به توسط غشا کش به نحوی که کاملا با مکش به غشا کش چسبیده از روی نمونه عبور دهید. هنگامی که غشا کش کاملاً نمونه را پوشاند ابتدا از قسمت پایین غشا را از غشاکش جدا کنید سپس سطح بالایی را آزاد و غشا کش را خارج نمایید. حال دو عدد اورینگ به وسیله اورینگ‌انداز روی شیار پایه سلول به نحوی قرار دهید که غشا نمونه را از بیرون سلول کاملا ایزوله کند. حال دو اورینگ دیگر را روی کلاهک عبور داده و هنگامی که کلاهک را به روی نمونه قرار می‌دهید بایستی اورینگ جهت پوشش کلاهک بالا آماده باشد تا شیلنگ پس فشار مانع از عبور اورینگ نگردد. سپس به آرامی و به شکلی که به نمونه هیچ آسیبی نرسد اورینگ را به درون شیار کلاهک هدایت کنید. حال نمونه آماده آزمایش می باشد، پلکسی گلاس را به شکل مناسب به روی سلول بازگردانده و با پیچ های مخصوص محکم کنید.

پیستون بارگذاری محوری را به گونه ای بر روی درپوش نمونه بنشانید تا از تماس و هم محوری آن با آزمونه اطمینان حاصل شود . طی سلسله عملیاتی باید دقت شود که فشار محوری پیستون به آزمونه از ۰/۰۵ درصد بار محوری پیش بینی شده در لحظه شکست آزمونه تجاوز نکند. وقتی پیستون در تماس با آزمونه قرار گرفت، مقادیر تغییر شکل باید ثبت شود. حال محفظه سه محوری را با وارد کردن فشار جانبی توسط رگلاتور از آب پر کنید، تا حدی که هوای محبوس شده خارج و محفظه کاملاً پر شود. برای این منظور شیر فشار جانبی و شیر بالای سلول تا زمان خروج آب از سلول بایستی باز باشند.

۵-۲- اشباع سازی نمونه

برای نمونه هایی که لازم است اشباع از آب شوند لازم است مراحل ذیل به طور پیوسته صورت گیرد. ابتدا جهت انتقال آب به نمونه می بایست شیرهای دستگاه اندازه گیری تغییر حجم را در حالت عبوری (Bypass) قرار دهید. با توجه به نوع خاک و مقدار زمان لازم برای اشباع نمونه پله‌های فشار را ایجاد کنید. به نحوی برای شروع فشار جانبی را روی ۵۰ kPa قرار دهید. دقت کنید که فشار پس فشار همواره کمتر از فشار جانبی باشد و حدود ۰/۸ تا ۰/۹ فشار جانبی باشد. افزایش فشار باید به آرامی صورت گیرد. طی این پروسه شیرهای فشار جانبی و پس فشار باز و شیر فشار آب منفذی بایستی بسته باشد. پس از طی مدت زمان مشخصی (حداقل دو ساعت) فشار آب منفذی را اندازه گیری نمایید. برای این کار لازم است که تمامی شیرها بسته باشند و تنها شیر فشار آب منفذی باز باشد. دقت شود فشار آب منفذی تنها برای لحظه‌ای وجود خواهد داشت و بلافاصله از بین خواهد رفت لذا دقت لازم بایستی جهت اندازه گیری آن به عمل آید. پس از اندازه گیری فشار آب منفذی بایستی مجددا شیرها بسته گردند و با افزایش فشار جانبی و پس فشار شیرهای مربوط باز گردند. پس از افزایش فشار به میزان یک پله (می‌تواند این مقدار ۵۰ کیلو پاسکال باشد.) و پس از مدتی که فشارها پایدار شدند، مجددا فشار آب منفذی مطابق با روش مشروحه اندازه گیری شود حال با رابطه :

$$B=\Delta U / \Delta \sigma_{۳}$$

میزان اشباع شدگی (ضریب اسکمپتون) به دست می‌آید. این پروسه را تا رسیدن به ۹۰ درصد اشباع شدگی ادامه دهید.

۵-۳- تحکیم

با توجه به نوع آزمایش، تحکیم بایستی صورت پذیرد. اگر آزمایش از نوع UU است این مرحله صورت نمی‌گیرد. اما در صورتی که قصد آزمایش CU یا CD را داشته باشیم می بایست تحکیم صورت پذیرد. برای این منظور پس از آماده سازی و نصب و اشباع نمونه درون سلول و اعمال فشار جانبی مد نظر تمامی شیرهای سلول

را بسته نگه دارید و تنها شیر مربوط به تغییر حجم را باز نمائید. به میزان ۰/۵ درصد مقاومت نهایی پیش بینی شده بار محوری اعمال نمایید.

جهت اندازه گیری آب خروجی می بایست شیرهای دستگاه اندازه گیری تغییر حجم را در حالت تغییر حجم (Volume change) قرار دهید. تمامی شیرها به استثنای شیر تغییر حجم بسته و در ادامه همانند آزمایش تحکیم طی بازه های زمانی مشخص تغییر حجم را برای مدت ۲۴ ساعت اندازه گیری نمایید. حال با ترسیم نمودار نشست به جذر یا لگارتیم زمان میتوان سرعت آزمایش CU را به دست آورد.

$$'\epsilon = 4\ \%/(10\ t_{50})$$

البته معادله بالا با فرض شکست در ۴ درصد تعیین شده است.

تحکیم می تواند به صورت همسان($\sigma_3 \neq \sigma_1$) یا غیر همسان ($\sigma_3 = \sigma_1$) اعمال گردد.

۵-۴-آزمایش دینامیکی

جهت انجام آزمایش دینامیکی سه محوری بایستی نیرو با دامنه و فرکانس ۰/۱ تا ۲ هرتز بر نمونه به شکل سینوسی اعمال شود.

۶- محاسبات و گزارش

الف- کرنش محوری را برای یک فشار محوری مشخص از رابطه زیر محاسبه کنید:

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

که در آن:

ΔL= تغییر طول نمونه آزمایشگاهی که از روی شاخص تغییر شکل قرائت می‌شود.

Lo= طول اوله نمونه منهای ΔL وقتی که پیستون با کلاهک مماس شود.

ε = کرنش محوری برای یک فشار محوری مشخص.

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

ب- سطح مقطع A را برای یک فشار محوری مشخص از رابطه زیر محاسبه کنید.

$$A = A_o / 1\varepsilon$$

که در آن:

Ao= سطح مقطع اولیه نمونه است.

A= سطح مقطع متوسط است.

پ- تنش اضافی σ1-σ2 را برای یک فشار محوری مشخص از رابطه زیر محاسبه کنید.

$$\sigma_1 _ \sigma_3 = \Delta\sigma = \frac{P}{A}$$

که در آن:

P= فشار محوری که در صورت لزوم برای نیروی وارده به طرف بالا و همچنین اصطکاک پیستون تصحیح شده است.

A= سطح مقطع متوسط است.

ت- منحنی تنش-کرنش: یک نمودار را رسم کنید که رابطه تنش محوری اضافی و کرنش محوری را نشان دهد. تنش محوری اضافی را روی محور عرض‌ها و کرنش محوری را روی محور طول‌ها نمایش دهید. مقاومت فشاری و کرنش محوری در گسیختگی را مطابق با تعاریف ذکر شده در قسمت قبل انتخاب کنید. منحنی‌های تنش-کرنش را برای حداقل سه نمونه با فشارهای جانبی مختلف رسم کنید.

ث- تصحیح مربوط به مقاومت غشاء: در صورتی که خطای تنش محوری اضافی مربوط به مقاومت غشاء از ٪۵ تجاوز کند، رابطه زیر می‌تواند برای تصحیح اثر غشاء لاستیکی بر مقاومت فشاری به کار رود.

$$\Delta\sigma = \frac{4M_{\varepsilon}(1_\varepsilon)}{D_o}$$

که در آن:

M= ضریب فشار غشاء

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

ε = کرنش محوری

Do= قطر اولیه نمونه

$\Delta\sigma$ = تصحیحی که باید از مقاومت فشاری اندازه گیری شده کم شود.

برای تعیین ضریب فشار غشاء از دو میله باریک و یک تکه غشاء لاستیکی به طول ۰/۵ اینچ (۱۲/۷ مم) استفاده می‌شود. به این ترتیب که یک میله را داخل غشاء کنید و بطور افقی روی تکیه گاه ثابت قرار دهید. در حالی که غشاء روی میله آویزان است یک میله دیگر را در داخل آن به طور افقی قرار دهید و سپس به دو طرف میله فشار آورید تا غشاء کشیده شود. نیروی لازم جهت کشیدن غشاء به ازاء کرنش واحد در غشاء ضریب فشار غشاء نام دارد. در آزمایش سه محوری روی خاک‌های خیلی نرم اثر غشاء می‌تواند قابل توجه باشد، ولی به هر حال برای اغلب خاک‌هایی که از غشاء لاستیکی با مشخصات ذکر شده در قسمت (ث) استفاده می‌شود، اثر غشاء قابل صرف نظر کردن بوده و تصحیح انجام نمی‌شود.

ج- تنش های اصلی بزرگ و کوچک را به روش زیر محاسبه کنید.

تنش اصلی کوچک، $\sigma 3$ مساوی فشار جانبی است که در هر آزمایش مقدار آن افزایش می‌یابد.

تنش اصلی بزرگ، $\sigma 1$ مساوی تنش اضافی در گسیختگی به اضافه فشار جانبی است که در هر آزمایش مقدار آن افزایش می‌یابد.

دایره مور را برای هر سه آزمایش در روی یک برگ کاغذ میلی متری رسم کرده و مماس بر این دوایر را نیز رسم کنید. از شیب خط مماس مقدار زاویه φ را به دست آورید از محل تلاقی این مماس با محور قائم، مقدار چسبندگی c را محاسبه کنید.

۷- گزارش

گزارش باید شامل موارد زیر باشد:

الف- تعیین مشخصات و توصیف ظاهری نمونه، شامل اسم و علامت خاک، اینکه آیا نمونه دست خورده، دست نخورده یا متراکم شده است و غیره

ب- وزن مخصوص اولیه، درصد رطوبت و درجه اشباع (اگر نمونه خیس شده است درجه اشباع به دست آمده را ذکر کنید)

پ- ارتفاع و قطر نمونه

ت- مقدار مقاومت فشاری و مقادیر تنش‌های اصلی بزرگ و کوچک در گسیختگی

ث- منحنی‌های تنش-کرنش که در بخش (ت) شرح داده شد

ج- کرنش محوری گسیختگی به درصد بیان شود.

چ- سرعت متوسط کرنش تا مرحله گسیختگی به درصد در قیقه بیان می‌شود واینکه از کدام روش آزمایش یعنی کرنش کنترل شده استفاده شده است.

ح- توضیح، هر شرایط غیرمعمولی یا هر اطلاعات دیگری که ممکن است لازم باشد تا نتایج بدست آمده به درستی تعبیر شود.

۸- دقت و درستی آزمایش

الف- نمونه‌های دست نخورده خاک که از خاک‌های همگن یک ناحیه تهیه می‌شوند اغلب خواص مقاومت و تنش-کرنش متفاوتی از خود نشان می‌دهند. در حال حاضر هیچ روشی وجود ندارد که تعیین کننده دقت آزمایش‌های سه محوری روی نمونه‌های آزمایشگاهی دست نخورده، در رابطه با تغییرپذیری نمونه باشد.

ب- در رابطه با مشکلات تهیه نمونه های آزمایشگاهی از خاک‌های چسبنده تاکنون روش تهیه مناسبی ارائه نشده و هیچ برآوردی از دقت این روش وجود ندارد.

جدول ۱-آزمایش فشار سه محوری (برگ داده های آزمایش)

آزمایش سه محوری CD-CU-UU آزمایش تک محوری

شماره گمانه :
شماره نمونه :
عمق :

تاریخ آزمایش :
پروژه :
ضریب حلقه نیروسنج :

رطوبت نمونه :
نوع نمونه :

فشار جانبی	kg/cm²				فشار جانبی	kg/cm²		
شماره قوطی	N				قطر نمونه	cm		
وزن خاک تر +قوطی	gr				ارتفاع نمونه	cm		
وزن خاک خشک +قوطی	gr				دانسیته خشک	gr/cm³		
وزن قوطی	gr				B.P	kg/cm²		
در صد رطوبت	%				V.CH	cm²		

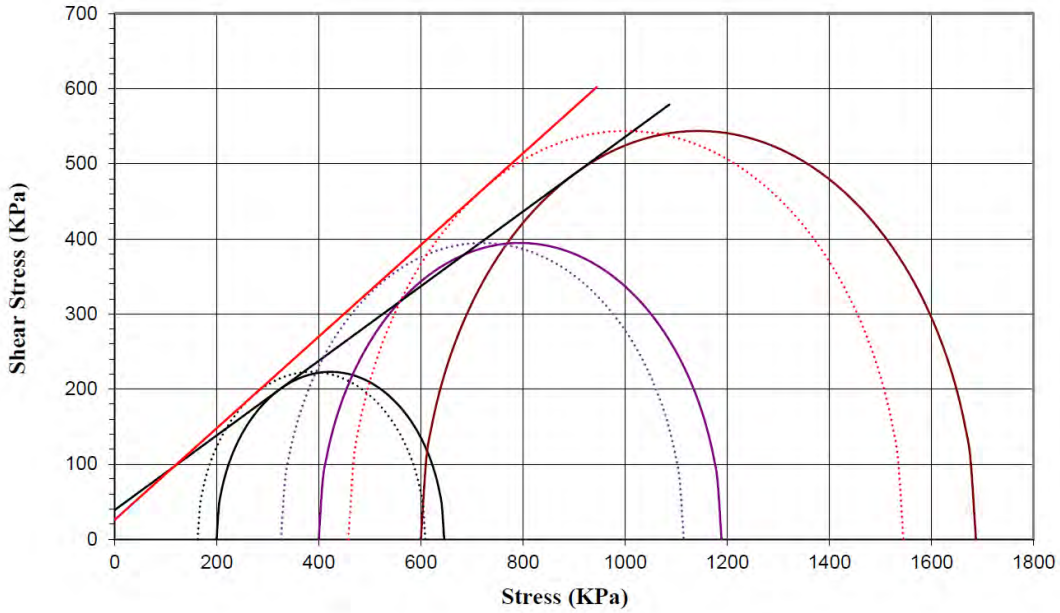
			فشار جانبی				
تغییرات حجم/فشار منفذی	قرائت نیروسنج a	تغییرات حجم/فشار منفذی	قرائت نیروسنج a	تغییرات حجم/فشار منفذی	قرائت نیروسنج a	تغییرات حجم/فشار منفذی	تغییر ارتفاع 0.01(mm)
							0
							20
							40
							60
							80
							100
							150
							200
							250
							300
							350
							400
							500
							600
							700
							800
							900
							1000
							1100
							1200
							1300
							1400
							1500

نمونه ای از آزمایش CU با استفاده دستگاه تمام اتوماتیک و نرم افزار آزمون ساز مبنا

Client :	
Project :	
Location :	Tehran
Date :	1391.08.03

B.H/T.P.NO.	BH-1
Depth:	0.0-2.0
Sample type:	Disturbed
Condition test:	Sat.

TRIAXIAL COMPRESSION TEST (CU)



C (KPa)	38.7
φ (degree)	26.4

C' (KPa)	25.6
φ' (degree)	31.4

Specimen No.	Specimen Type	Dia. (mm)	Height (mm)	γ_d (gr/cm^3)	σ_3 (KPa)	ω %	Loading rate (mm/min)	$\Delta\sigma_{max}$ (KPa)	Max Strain (%)	Pore Pressure at Failure KPa
1	Disturbed	38	76	1.60	200	12.1	1.00	446	11.3	37
2	Disturbed	38	76	1.60	400	12.1	1.00	789	10.5	74
3	Disturbed	38	76	1.60	600	12.1	1.00	1087	10.0	142

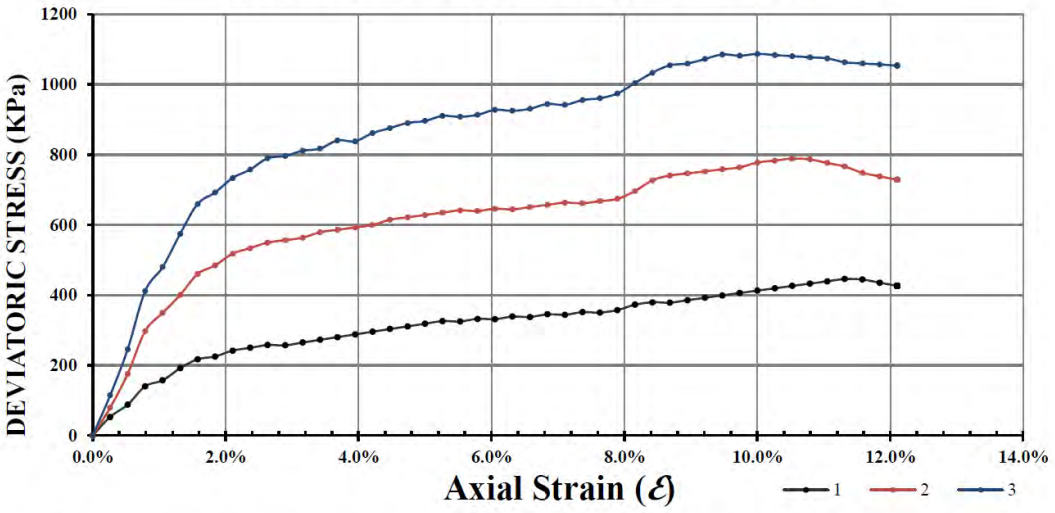
Confirmed by : Supervised by : Performed by :

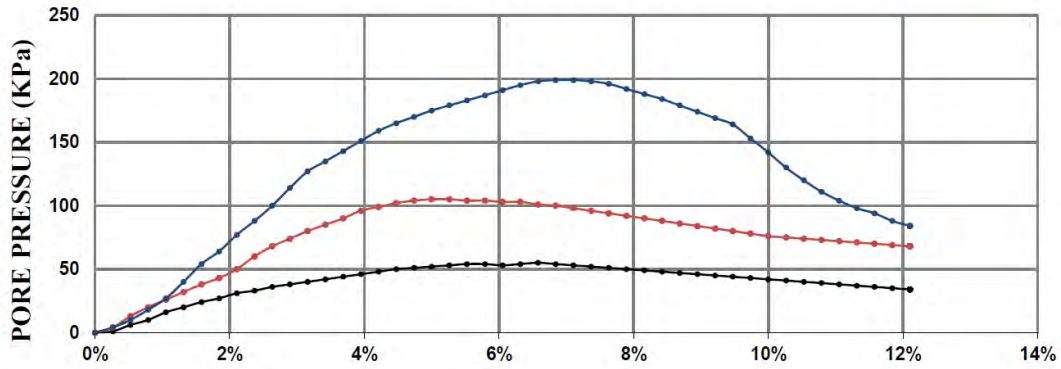
www.AzmoonTest.com
sales@azmoontest.com
Tel: 021-61907

Client :	
Project :	
Location :	Tehran
Date :	1391.08.03

B.H/T.P.NO.	BH-1
Depth:	0.0-2.0
Sample type:	Disturbed
Condition test:	Sat.

TRIAXIAL COMPRESSION TEST (CU)





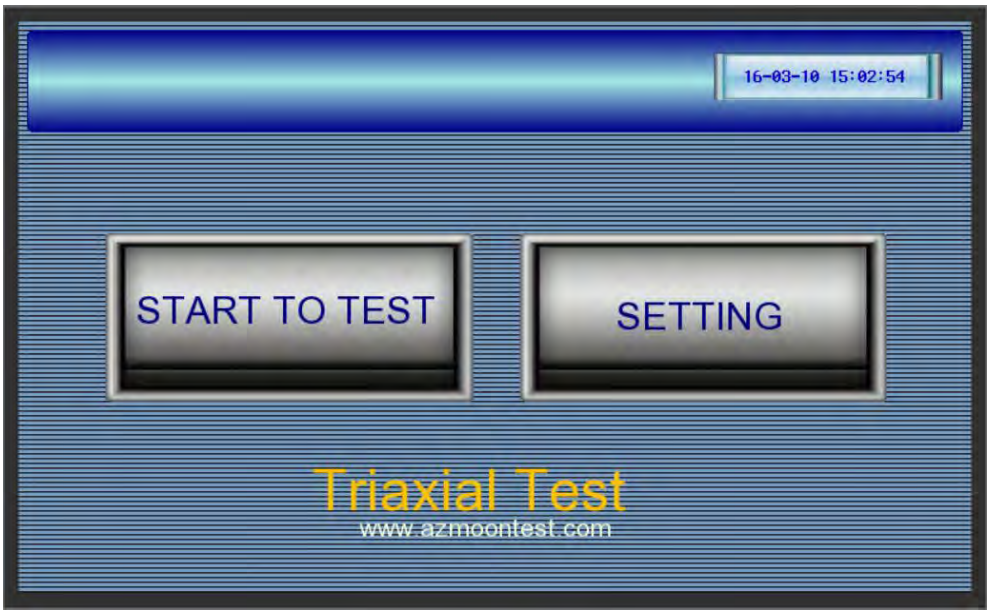
Specimen No.	Specimen Type	Dia. (mm)	Height (mm)	γ_d (gr/cm^3)	σ_3 (KPa)	ω %	Loading rate (mm/min)	$\Delta\sigma_{max}$ (KPa)	Max Strain (%)	Pore Pressure at Failure KPa
1	Disturbed	38	76	1.60	200	12.1	1.00	446	11.3	37
2	Disturbed	38	76	1.60	400	12.1	1.00	789	10.5	74
3	Disturbed	38	76	1.60	600	12.1	1.00	1087	10.0	142

Confirmed by : **Supervised by :** **Performed by :**

۹- روش کار با نمایشگر دستگاه

نمایشگر را بوسیله کلید(روشن / خاموش) پشت دستگاه ، روشن نموده و صفحه زیر نمایان می‌شود.

در این صفحه دو دکمه موجود است که عبارتند از:



تصویر ۱

۱- تنظیمات setting

۲- شروع آزمایش start to test

با انتخاب گزینه start to test وارد صفحه زیر شوید:

تصویر۲

با انتخاب گزینه Triaxial static صفحه زیر پدیدار می گردد.

تصویر۳

راهنمای استفاده از این صفحه مطابق با شماره راهنمای کنار هر آیکون به شرح زیر است:

۱- حرکت لحظه‌ای رو به بالای جک بارگذاری مونوتونیک، مادامی که لمس شود حرکت ادامه دارد.

۲- حرکت لحظه‌ای رو به پایین جک بارگذاری مونوتونیک، مادامی که لمس شود حرکت ادامه دارد.

۳- حرکت اتوماتیک رو به پایین جک بارگذاری مونوتونیک، تا رسیدن به حد پایین جک حرکت ادامه دارد.

۴- شروع آزمایش بارگذاری مونوتونیک

۵- توقف آزمایش مونوتونیک

۶- نشانگر در حال آزمایش بودن جک بارگذاری مونوتونیک

۷- نمایش عددی پس فشار

۸- نمایش عددی فشار جانبی

۹- نمایش عددی فشار آب منفذی

۱۰-نمایش عددی تغییر حجم

۱۱- تنظیم فشار پس فشار

۱۲-تنظیم فشار جانبی

۱۳- افزایش لحظه‌ای فشار پس فشار، مادامی که لمس شود فشار افزایش می یابد.

۱۴- اعمال فشار تنظیم شده پس فشار در آیکون ۱۱

۱۵- کاهش لحظه‌ای فشار پس فشار، مادامی که لمس شود فشار کاهش می یابد.

۱۶- نشانگر افزایش فشار پس فشار

۱۷- نشانگر پایان محدوده اعمال پس فشار

۱۸- نشانگر تنظیم فشار پس فشار

۱۹- نشانگر پایان محدوده تنظیم پس فشار

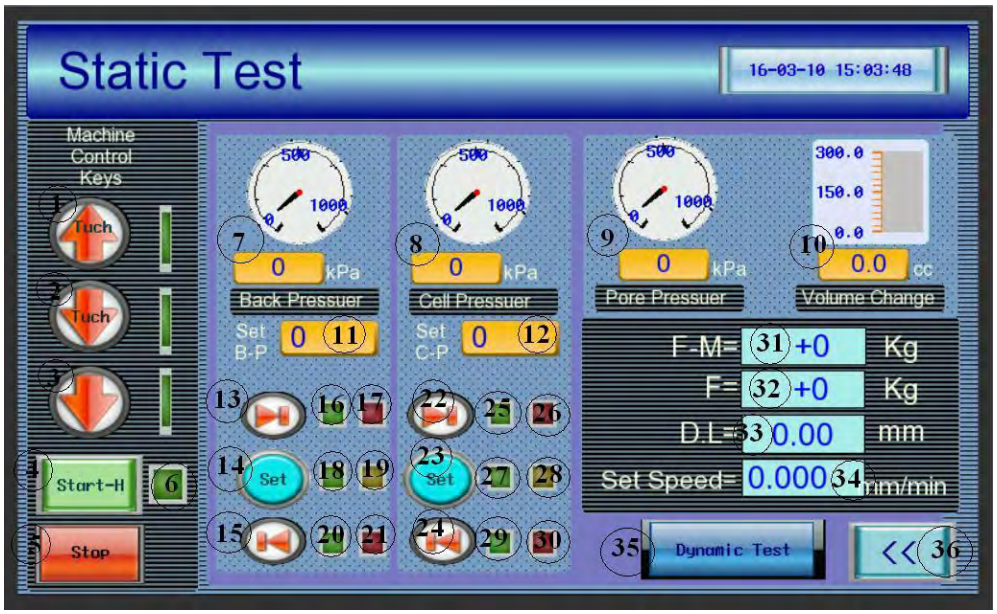
۲۰- نشانگر کاهش فشار پس فشار

۲۱- نشانگر پایان محدوده کاهش پس فشار

۲۲- افزایش لحظه‌ای فشار جانبی، مادامی که لمس شود فشار افزایش می یابد.

۲۳- اعمال فشار تنظیم شده جانبی در آیکون ۱۱

۲۴- کاهش لحظه‌ای فشار جانبی، مادامی که لمس شود فشار کاهش می یابد.



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

۲۵- نشانگر افزایش فشار جانبی

۲۶- نشانگر پایان محدوده اعمال فشار جانبی

۲۷- نشانگر تنظیم فشار جانبی

۲۸- نشانگر پایان محدوده تنظیم فشار جانبی

۲۹- نشانگر کاهش فشار جانبی

۳۰- نشانگر پایان محدوده کاهش فشار جانبی

۳۱- نمایش عددی نیروی بارگذاری حداکثر

۳۲- نمایش نیرو بارگذاری لحظه ای

۳۳- نمایش لحظه‌ای تغییرات طولی

۳۴- تنظیم سرعت بارگذاری مونوتونیک

۳۵- انتقال به صفحه Dynamic test

۳۶- بازگشت به صفحه قبلی

راهنمای استفاده از این صفحه مطابق با شماره راهنمای کنار هر آیکون به شرح زیر است:

۱- حرکت لحظه‌ای رو به بالای جک بادی actuator، مادامی که لمس شود حرکت ادامه دارد.

۲- حرکت لحظه‌ای رو به پایین جک بادی actuator، مادامی که لمس شود حرکت ادامه دارد.

۳- نشانگر حرکت لحظه‌ای رو به بالای یا پایین جک بادی actuator

۴- نمایش عددی پس فشار

۵- نمایش عددی فشار جانبی

۶- نمایش عددی فشار آب منفذی

۷- نمایش عددی تغییر حجم

۸- نمایشگر عددی نیرو

۹- نمایشگر عددی تغییر طول

۱۰- انتخاب عملکرد موج سینوسی مطابق با فرکانس تنظیمی

۱۱- تعیین فرکانس موج سینوسی

۱۲-نمایش عددی تعداد سیکل آزمایش

۱۳-انتخاب اعمال دامنه موج مطابق با مقدار تنظیمی

۱۴- تنظیم دامنه تغییر شکل جک بارگذاری بادی

۱۵-انتخاب اعمال نیروی موج مطابق با مقدار تنظیمی

۱۶- تنظیم نیروی موج دلخواه

۱۷-اعمال زمین لرزه با شرایط پیش تنظیمی

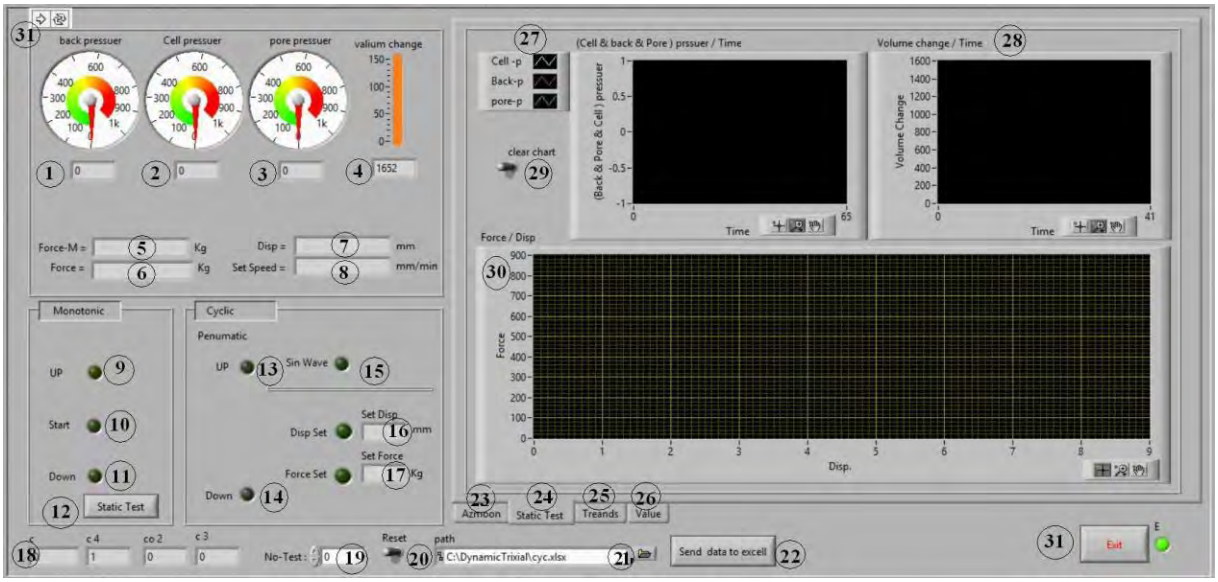
۱۸-نمایش عددی موج انتقالی زلزله

۱۹- انتقال به صفحه Static Triaxial جهت تنظیم فشارها

۲۰-انتقال به صفحه اصلی برنامه

۹- راهنمای استفاده از برنامه LABVIEW:

پس راه اندازی دستگاه سه محوری و روشن نمودن دیتالاگر اقدام به اجرای برنامـه Cyclic Triaxial نمایید. پس از آن صفحه زیر پدیدار می گردد. مطابق با راهنمای زیر عمل نمایید.



۱- نمایش عددی پس فشار

۲- نمایش عددی فشار جانبی

۳- نمایش عددی فشار آب منفذی

۴- نمایش عددی تغییر حجم

۵- نمایش عددی نیروی حداکثر

۶- نمایش عددی نیروی لحظه ای

۷- نمایش عددی تغییر طول

۸- نمایش عددی سرعت اعمال بارگذاری

۹- نشانگر حرکت رو به بالای جک بارگذاری مونوتونیک

۱۰- نشانگر انجام آزمایش در جک بارگذاری مونوتونیک

۱۱-نشانگر حرکت رو به پایین جک بارگذاری مونوتونیک

۱۲- تعیین آزمایش مونوتونیک جهت ترسیم نمودارهای مربوطه

۱۳- نشانگر حرکت رو به بالا جک بادی

۱۴- نشانگر حرکت رو به پایین جک بادی

۱۵- نشانگر اعمال موج سینوسی

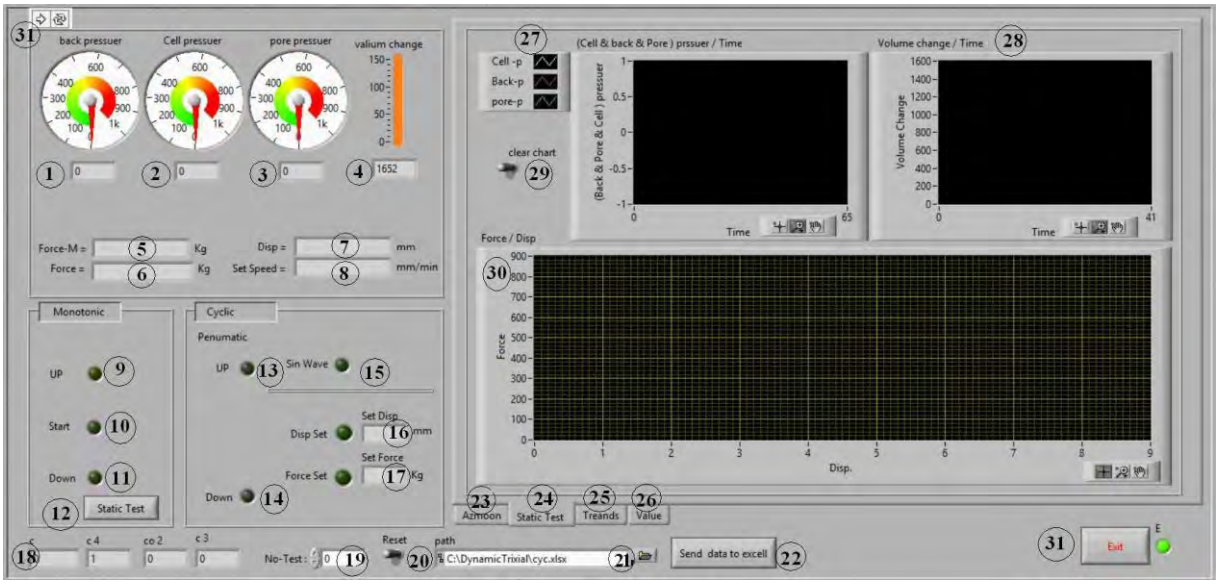
۱۶- نمایش عددی تغییر شکل موج تنظیمی

۱۷- نمایش عددی نیرو پیش تنظیمی

۱۸- نمایش موقعیت سطر و ستون ارسالی به فایل اکسل

۱۹- تعداد شماره های آزمایش مونوتونیک، عدد صفر آزمایش اول، یک آزمایش دوم و ۲ آزمایش سوم

۲۰- برای اعمال هر مرحله از آزمایش مونوتونیک reset زده شود.



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

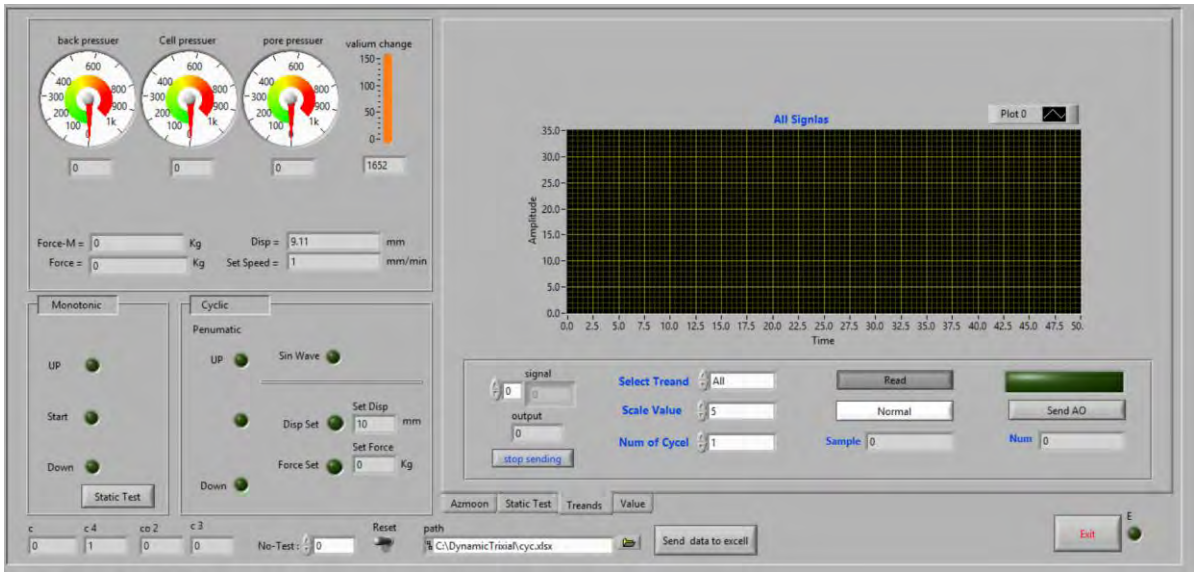
۲۱- تعیین مسیر انتخاب فایل اکسل رای انتقال داده

۲۲- آیکون انتقال داده به کامپیوتر

۲۳- تب (باریکه) آزمون

۲۴- تب (باریکه) Static test جهت انجام آزمایش مونوتونیک

۲۵- تب (باریکه) Treands جهت انتقال داده های زلزله به دستگاه



۲۶- تب (باریکه) Value

۲۷- رسم نمودارهای پس فشار، فشار جانبی، فشار آب منفذی- زمان

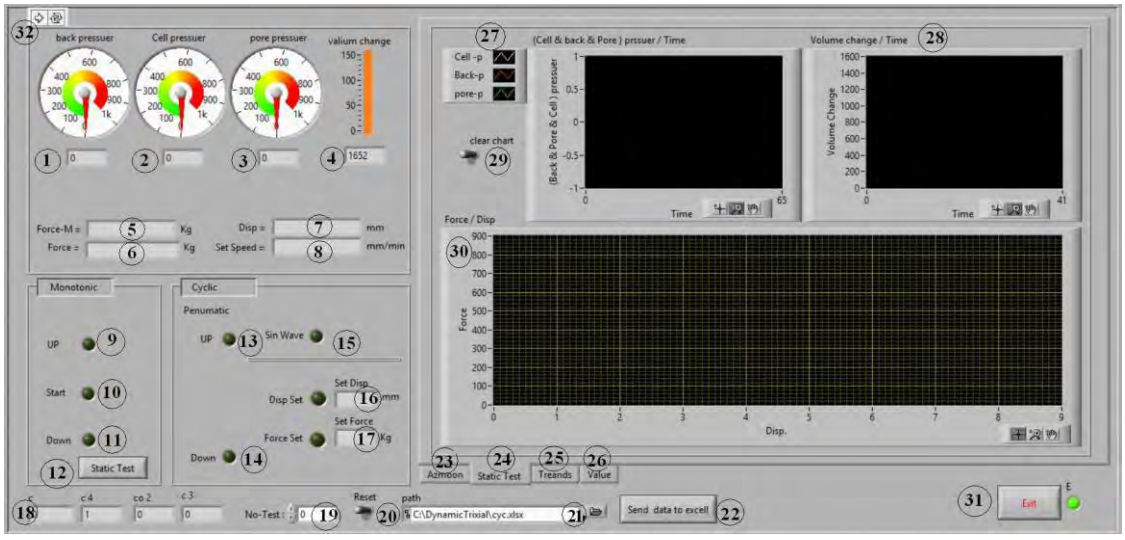
۲۸- رسم نمودار تغییر حجم-زمان

۲۹- پاک نمودن نمودارها ۲۷ و ۲۸

۳۰- ترسیم نمودار نیرو-جابه جایی

۳۱- خروج از وضعیت آزمایش و انتقال داده

۳۲- جهت انتقال داده مجدد بایستی پس از انتخاب exit از علامت رفرش استفاده نمود.



۳۳- انتخاب یکی از سه نوع داده لرزه ای (دامنه، شتاب یا سرعت)

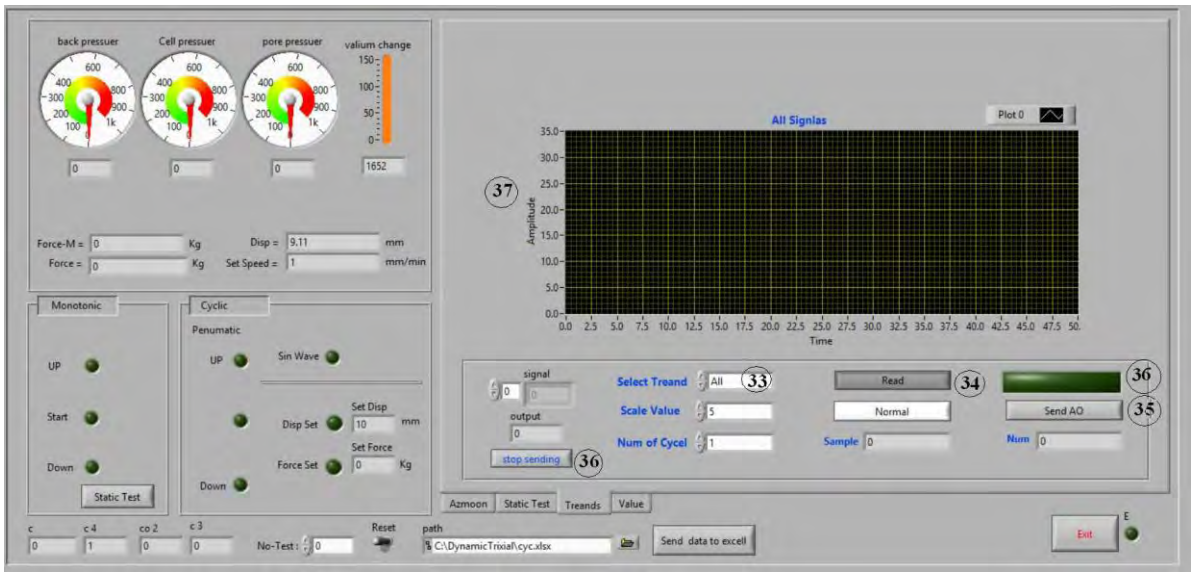
۳۴- خواندن داده های لرزه که بایستی درون فایل اکسل پیش بینی شده و در محل دایرکتوری مشخص شده گنجانده شود.

۳۵- ارسال داده لرزه به دستگاه

۳۶- نمایشگر ارسال داده لرزه به دستگاه

۳۷- توقف ارسال داده به دستگاه

۳۸- ترسیم نمودار لرزه خوانده شده از اکسل



ضمیمه الف (پیغام ها)

۱- دستگاه برای اعلام موقعیت مکانبه اپراتور از ۲ پیغام استفاده می نماید که به شرح آنها می پردازیم :

Limit Switch Down : بیانگر نقطه ابتدایی محور حرکتی عمودی دستگاه جک اعمال نیرو می‌باشد .

Limit Switch Up : بیانگر نقطه انتهایی محور حرکتی عمودی دستگاه جک اعمال نیرو می‌باشد.

Over Load : بیانگر ماکزیمم بار اعمالی می باشد که با نمایان شدن این پیغام دستگاه بطور اتوماتیک خاموش شده و اپراتور می‌بایست دستگاه را از حالت بی باری یا اولیه باز گرداند.

ضمیمه ب

مواردی که می بایست قبل از استفاده از دستگاه دقت نمائیم:

۱) حتماً دستگاه را به سیستم درست متصل نمائید.

۲) صفحه نمایش دستگاه لمسی می باشد و با لمس صفحه عملیات مورد نظر شما انجام می‌شود، از فشار دادن زیاد به صفحه خودداری نمائید.

۳) دستگاه در سطحی تراز شده ، طوری قرار دهید که بدون لرزش باشد.