



شرکت آزمون ساز مبنا

طراحی و ساخت لوازم آزمایشگاهی

مکانیک خاک و مقاومت مصالح

دستگاه برش مستقیم خاک با نمایشگر دیجیتال ایرانی

و باکس 50x50 - 60x60 - 100x100

مدل: SO 719, SO 720

بهار ۹۴

فهرست

- ۱- مقدمه ۳
- ۲- هدف ۴
- ۳- مشخصات فنی دستگاه و ملحقات آن ۴
- ۴- روش آزمایش ۷
- ۵- محاسبات ۱۰
- ۶- روش کار با دستگاه ۱۴
- ۷- خطاهای آزمایش و پیغامهای دستگاه ۱۶



دستگاه برش مستقیم خاک با نمایشگر دیجیتال ایرانی و باکس 50x50 - 60x60 - 100x100mm مدل SO 719, SO 720

استاندارد:

ASTM D3080, BS1377:7, AASHTO T236

۱- مقدمه

در همه مسائل مربوط به پایداری خاک از قبیل طراحی پی ها، دیوارهای حائل و خاکریزها، داشتن اطلاعات کافی درباره مقاومت خاک ضروری است. اندازه گیری و تعیین مقاومت خاک ها به ویژه برای خاک های چسبنده که در مباحث پایداری خاک اهمیت و کاربرد زیادی دارد، جزء مباحث مکانیک خاک است.

یکی از کاربردهای آزمایش برش مستقیم در طراحی و ساخت سدهاست. از این آزمایش برای تعیین مقاومت برشی پی های آبرفتی، مقاومت برشی منابع قرضه مورد استفاده در بخش های مختلف بدنه سد و بررسی لغزش شیروانی های مشرف به مخزن استفاده می شود.

برای احداث مترو، تونل، معادن زیرزمینی و خاکبرداری روی سازه ها، داشتن اطلاعات حاصل از نتایج آزمایش برش مستقیم ضروری است.

بررسی پایداری شیروانی ها، دیوارهای حائل و کلیه سازه های نگهدارنده محیط های ژئوتکنیکی از دیگر کاربردهای آزمایش برش مستقیم، تلفیق نتایج بدست آمده از آزمایش سه محوری است، به علت زیاد بودن هزینه آزمایش سه محوری و مشکلات آن، معمولاً تعداد کمتری از آن انجام می شود و با انجام تعداد بیشتری آزمایش برش مستقیم که ارزان تر است و تلفیق نتایج آن (Correlation)، پارامترهای مورد نیاز بدست می آید.

در آزمایش برش مستقیم با حرکت دادن نیمه بالائی یک جعبه محتوی خاک نسبت به نیمه پایینی آن، خاک داخل جعبه تحت تنش برشی قرار داده می شود تا تحت این تنش برشی، گسیخته شود. وقتی برشی به اندازه کافی بزرگ باشد، قسمت بالائی جعبه نسبت به قسمت زیرین آن جابجا می گردد و باعث بریده شدن نمونه خاک در امتداد افقی می شود.

اگر مقطعی که نیروی برشی بر آن اعمال می شود دارای مساحتی برابر A باشد داریم:

$$\text{تنش قائم} = \frac{\text{نیروی قائم}}{A}, \text{تنش برشی} = \frac{\text{نیروی برشی}}{A}$$

نتیجه آزمایش برش مستقیم بدست آوردن C (چسبندگی) و ϕ زاویه اصطحکاک داخلی است.

۲-هدف

هدف از آزمایش برش مستقیم کسب پارامترهای مقاومت برشی خاک نظیر: C (چسبندگی) و ϕ زاویه اصطحکاک داخلی است.

۳- مشخصات فنی دستگاه و ملحقات آن

۱-۳ شرح دستگاه برش مستقیم و لوازم اصلی

الف- جعبه برش جعبه مکعبی شکل فلزی که از دو نیمه تشکیل شده است. نیمه پایینی ثابت و نیمه بالایی متحرک است و این دو قسمت توسط دو میخ متصل می شوند. نمونه در داخل جعبه و در بین دو صفحه سنگ متخلخل از بالا و پایین محصور شده است، به طوری که نمی تواند تحت تأثیر تنش چرخشی واقع شود. نیروی عمودی از بالا روی نمونه وارد می شود و برای اندازه گیری نشست از گیج حساسی که در بالا و روی درپوش جعبه قرار می گیرد استفاده

می‌شود. جعبه برش تماماً در مخزن بزرگتری قرار دارد که در حین آزمایش پر از آب می‌باشد تا عمل اشباع و زهکشی نمونه به راحتی انجام شود. عمل زهکشی نمونه از طریق سوراخ‌هایی که در بدنه هر دو نیمه قالب برش وجود دارد، انجام می‌شود نیروی برشی در امتداد یک صفحه برش (در برش فرد) یا صفحات برش (در برش زوج)، تعیین و به موازات سطح نمونه وارد می‌شود. جعبه برش باید از فلز ضد زنگ ساخته شده باشد و همچنین در برابر مواد موجود در خاک مقاوم باشد.

ب- صفحات متخلخل: صفحات متخلخل از سیلیکون کاربید، اکسید آلومینیوم یا فلزی ساخته شده‌اند تا در برابر آب و خاک مقاوم باشند. خلل و فرج صفحات باید به نحوی طراحی و ساخته شوند که علاوه بر هدایت مناسب آب مانع از فرسایش خاک گردند. معمولاً صفحات متخلخلی که ضریب نفوذپذیری حدود ۰/۵ تا ۱ میلی متر در ثانیه داشته باشند مناسب هستند.

پ- دستگاه بارگذاری جهت اعمال نیروی قائم: شامل یک قاب فلزی است که قادر است سریعاً و بدون تغییر و نوسان، نیروی عمودی را روی نمونه وارد آورد و در هنگام آزمایش با دقت $\pm 1\%$ به طور ثابت نگهدارد. این نیرو در مدل اتوماتیک به صورت دیجیتال و در حالت آنالوگ با استفاده از وزنه‌ها صورت می‌گیرد. در این حالت و در صورتی که از اهرم بارگذاری استفاده شود نیرو وزنه به صورت ده برابر به نمونه وارد می‌شود.

ت- دستگاه بارگذاری جهت اعمال نیروی برشی: این نیرو توسط موتور الکتریکی وارد می‌شود و به این بستگی دارد که آیا آزمایش با کنترل کرنش تنش برشی انجام می‌شود که معمولاً روش اولی ترجیح داده می‌شود. زیرا که تنش نهایی به خوبی تنش ماکزیمم قابل محاسبه است. تجهیزات آزمایش با کنترل کرنش قادر است نمونه را با شدت جابجایی یکنواخت و با کم تر از $\pm 10\%$ خطا برش دهد و میزان آنرا در یک دامنه نسبتاً وسیع اندازه گیری کند. تغییرات جابجایی به خصوصیات تحکیم خاک بستگی دارد. بارگذاری توسط موتور الکتریکی (با تنظیم دور) و جعبه

دنده طوری وارد می شود که مقدار جابه جایی دلخواه برای نمونه (بر حسب میلی متر در دقیقه یا میلی متر در ثانیه) حاصل شود.

ث- مقدار نیروی برشی وارده به وسیله نیروسنج الکتریکی load cell، اندازه گیری می شود. اگر آزمایش یا کنترل تنش برشی انجام شود باید نیروی برش با افزایش (شدت) مشخصی به نمونه وارد گردد به گونه ای که دقت لازم را داشته باشد.

ح- دستگاه های اندازه گیری جابه جایی: گیج های اندازه گیری و یا کرنش سنجهای الکترونیکی LVDT هستند که به وسیله آنها می توان تغییر ضخامت نمونه را تحت نیروی عمودی با حساسیت ۰/۰۰۱ اینچ (۰/۰۲ مم) و جابه جایی برش نمونه را با حساسیت ۰/۰۰۱ اینچ (۰/۰۲ مم) اندازه گرفت. در حالت آنالوگ از گیج ساعتی و در حالت اتوماتیک از LVDT به کار گرفته شده است.

۲-۳ ملحقات دستگاه

- اطاق رطوبت: اطاق رطوبت برای نگهداری و آماده کردن نمونه ها با کیفیتی است که درصد رطوبت نمونه ضمن آماده کردن آن بیش از ۰/۵٪ افت نکند.

- دستگاه بریدن نمونه: این دستگاه که برای بریدن نمونه هایی با اندازه و ابعاد بزرگتر از ابعاد جعبه برش به کار می رود، با حداقل دست خوردگی نمونه را آماده می سازد.

- گرمخانه با مشخصاتی که در آزمایش های قبل گفته شد

- قوطی های رطوبت: جهت تعیین درصد رطوبت طبیعی نمونه

- وسایل تهیه نمونه دست خورده متراکم: شامل قالب تراکم و چکش مخصوص جهت تهیه نمونه با وزن مخصوص معین است.

- وسایل متفرقه: شامل کرنومتر، آب مقطر، کاردک، سیمی، اسپاتل و غیره است.

* این ملحقات بایستی جداگانه فراهم و خریداری گردند.

۴- روش آزمایش

۴-۱ شرایط انجام آزمایش

مشخصات برشی خاک به نحوه آزمایش و شرایطی که در آن، مشخصات ایجاد می شود، نیز بستگی دارد. بطوری که به دو روش زیر می توان برش مستقیم را انجام داد:

۴-۱-۱ آزمایش تحکیم نیافته زهکشی نشده (تند)

در این آزمایش اعمال نیرو بار برشی P_n قبل از آن که نمونه تحت بار قائم P_v تحکیم یابد، شروع می شود. به این ترتیب بارهای افقی بسرعت وارد می شوند و نمونه فرصت زهکشی پیدا نمی کند.

۴-۱-۲ آزمایش تحکیم یافته زهکشی شده (کند)

در این آزمایش پس از اعمال بارگذاری قائم، نمونه تحت تحکیم قرار گرفته و سپس آزمایش به آرامی انجام می شود به نحوی که در این حالت هیچ گونه فشار آب حفره ای در نمونه ایجاد نشود.

۲-۴ روش انجام آزمایش طبق استاندارد ASTM D3080

۱. نمونه مورد آزمایش را آماده نماید. اگر نمونه دست نخورده است بایستی توسط نمونه گیر دست نخورده حداقل سه نمونه یکسان فراهم شود. اگر آزمایش روی نمونه دست خورده است بایستی با دانسیته و رطوبت مشابه به اندازه حداقل سه نمونه با توجه به حجم باکس آماده گردد.
 ۲. جعبه برش را با دقت سوار و در یک وضعیت مناسب، ثابت کنید. با توجه ابعاد جعبه برش، حجم جعبه و در نتیجه چگالی نمونه خاک قابل محاسبه می باشد. سپس مساحت سطح مقطع نمونه A را بدست آورید.
 ۳. نمونه را داخل جعبه برش بریزید، بطوری که ارتفاع نمونه در هر دو جعبه بالایی و پایینی یکسان و در مجموع برابر با نصف طول یا عرض نمونه باشد. صفحه اعمال بار را تراز کنید تا در یک سطح افقی قرار گیرد. خاک را با رطوبت و وزن مخصوص مورد نظر در چند لایه (حداقل سه لایه) داخل جعبه برش به طور یکنواخت بکوبید.
 ۴. در صورتی که آزمایش با نمونه اشباع انجام می شود، برای اشباع نمونه، جعبه برش را از آب پر کنید و مدت زمان مناسبی برای اشباع نمونه اختصاص دهید.
 ۵. بار قائم مناسبی بر نمونه اعمال کنید و گنج تغییر شکل های قائم یا LVDT را روی نمونه نصب کنید. توجه کنید که وزن خود صفحه بارگذاری و نیمه بالایی جعبه برش را هم به عنوان بخشی از Pv در نظر بگیرید.
- اگر آزمایش از نوع تحکیم یافته است، پس از اعمال بار قائم تا زمانی که نشست کاملاً متوقف نشده، صبر کنید و پس از پایان تحکیم نمونه، آزمایش را انجام دهید. این زمان با توجه به نفوذپذیری خاک متغیر است.

۶. دو قسمت جعبه برش را با باز کردن پیچ های نیمه بالایی جعبه از هم جدا کنید. فاصله بین دو نیمه باید کمی بیشتر از اندازه بزرگ ترین دانه موجود در نمونه باشد. صفحه بارگذاری را با محکم کردن سه پیچ کناری که به همین منظور در اطراف نیمه بالایی جعبه تعبیه شده اند، سر جای خود قرار دهید. سپس پیچ های نیمه بالایی جعبه برش را برگردانید. وزن این نیمه (نیمه بالایی جعبه) و صفحه بارگذاری و بار اعمال شده، توسط سطح نمونه تحمل می شود.

۷. سرعت آزمایش را با توجه به نوع آزمایش مشخص کنید. در آزمایش تند با توجه به نفوذپذیری سرعتی را انتخاب کنید تا فشار آب حفره ای صفر گردد. در آزمایش تند، سرعت آزمایش باید بصورتی باشد که مدت زمان لازم برای گسیختگی نمونه t_f برابر باشد با:

$$T_f = 50 t_{50}$$

که در آن t_{50} مدت زمان لازم برای رسیدن به ۵۰٪ تحکیم نمونه تحت بار قائم P_u است. اگر t_{50} در دسترس نباشد، می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$T_f = 35t_{60} = 25t_{70} = 12t_9$$

برای مشخص شدن این که پس از چه مدت خاک کاملاً تحکیم یافته است. منحنی قرائت های تغییر شکل قائم در مقابل لگاریتم زمان باید رسم شود. اگر P_U خیلی بزرگ باشد، باید بارگذاری با گام های بزرگ تری انجام شود.

نمونه را از جعبه برش بیرون آورید و یک نمونه مرطوب دیگر را آزمایش کنید. مراحل ۳ تا ۶ را برای دو یا سه نمونه دیگر با سربارهای متفاوت انجام دهید.

۸. گیج ساعتی یا LVDT را برای اندازه گیری تغییر شکل های برشی (افقی) نصب کنید.

۹. بارگذاری افقی را شروع کنید و مقدار نیروی نشان داده شده روی رینگ نیرو و گنج تغییر شکل های برشی و در صورت نیاز، تغییر شکل های قائم (تغییر حجم نمونه) را در هر مرحله قرائت کنید. اگر آزمایش از نوع کنترل کرنش است، قرائت ها را برای کرنش های ۵ و ۱۰ و از آن به بعد هر ۱۰ یا ۲۰ واحد انجام دهید.

۱۰. بارگذاری را آن قدر ادامه دهید تا نیروی برش ثابت بماند یا اینکه تغییر شکل برشی به ۱۰٪ قطر اولیه نمونه برسد (۱۰٪ ضلع جعبه برش). در آزمایش با کنترل تنش، شدت افزایش تنش برشی با ۱۰٪ حداکثر تنش برشی نمونه شروع می شود و پیوسته تا شکسته شدن نمونه ادامه می یابد. اکنون نمونه داخل جعبه برش را بیرون آورید و مراحل ۱ تا ۱۰ را حداقل برای دو نمونه دیگر تکرار کنید.

جرم این نمونه ها باید تقریباً برابر جرم نمونه اولیه باشد (حداکثر اختلاف جرم قابل قبول ، بین ۵ gr تا ۱۰ gr است) و نیز حجم مشابهی اشغال کنند. در مرحله (۴) برای هر آزمایش، بارهای قائم متفاوتی اعمال کنید.

تنظیمات اولیه برای شروع هر آزمایش عبارتند از:

۱- تنظیم سرعت بارگذاری افقی

۲- تنظیم نیروی اعمالی عمودی

۵- محاسبات

جهت محاسبه مشخصه ها یا ضرایب C و ϕ خاک لازم است که اطلاعات کامل خاک یادداشت شود

تنش قائم اسمی را محاسبه کنید:

$$\sigma_n = \frac{Pu}{A}$$

A : مساحت سطح مقطع افقی جعبه برش

P_u : بار قائم (شامل بار قائم اعمال شده به اضافه وزن صفحه بارگذاری و نیمه بالایی جعبه برش)

۱. منحنی تغییر شکل های افقی σ_n در مقابل نیروی برش افقی P_h را به منظور بدست آوردن بهترین مقدار

برای نیروی برشی نهایی $P_h(max)$ را رسم کنید و با توجه به آن تنش برش حداکثر S_{max} را محاسبه کنید.

$$S_{max} = \frac{Ph(max)}{A}$$

۲. مقادیر تنش برشی ماکزیمم S در مقابل تنش قائم σ_n را برای همه آزمایش ها روی نمودار مشخص کنید و

بهترین خط را روی این نقاط برازش دهید.

مقیاس هر دو محور افقی و قائم را یکسان در نظر بگیرید. حال از روی خط رسم شده، میزان چسبندگی نمونه که

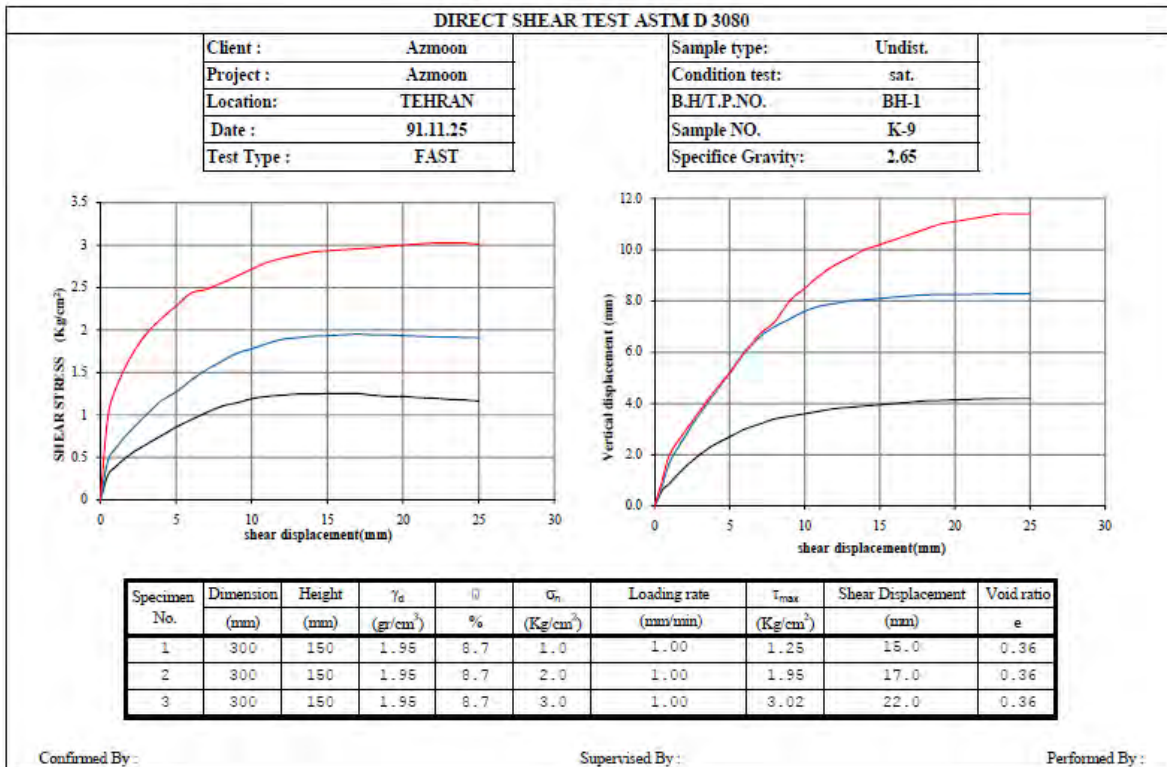
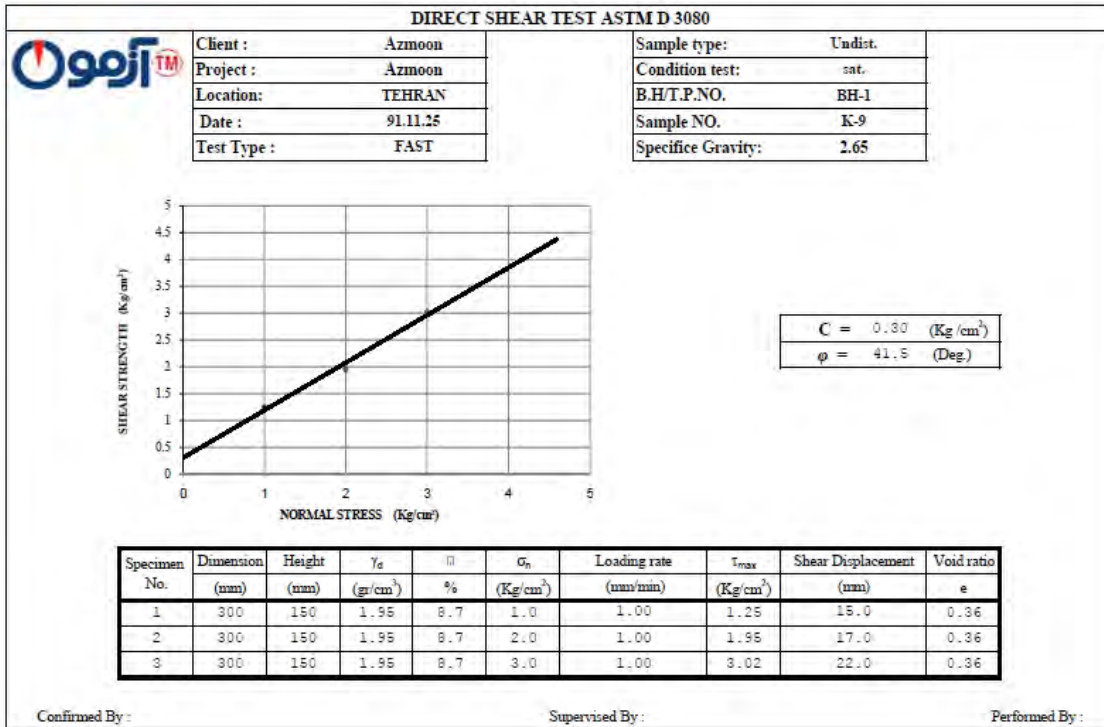
روی محور قائم مشخص می شود و همچنین شیب خط که معرف زاویه اصطحاک داخلی φ است، بدست

می آید.

در ادامه شیت آزمایش و نمونه ای از نتیجه به دست آمده روی یک خاک درشت دانه GC آمده است.

Client :
Project :
Date :

DIRECT SHEAR TEST ASTM D3080										
Sample Type:			Diameter(cm):			Wet Density:				
Soil Type:			Height(cm):			Dry Density:				
Test Type:			Ring Factor(kg/Div):			Moisture Content ^w %:				
BH /TP NO:		Sample No:		Depth:						
Platz Dial Gauge Reading	1		2		3					
	Proving Ring Divs	Vertical Div Reading	Proving Ring Divs	Vertical Div Reading	Proving Ring Divs	Vertical Div Reading	Pressure(kg/cm ²)	1	2	3
0										
10							Soil Dry Weight(gr)			
20										
30										
40							Soil Wet Weight(gr)			
50										
75										
100								1	2	3
150							Can Number			
200										
250										
300							Can Weight(gr)			
350										
400										
450										
500							Swel&Can Weight(gr)			
550										
600										
650							Sdryt&Can Weight(gr)			
700										
750										
800										
850								1		
900										
950										
1000							Tested By & Date:	2		
1100										
1200										
1300										
1400								3		



۶- روش کار با دستگاه

- ۱- کلید دستگاه را روشن کنید در این حالت نمایشگر در خط اول stop و در خط دوم حداکثر نیرو را نمایش می دهد در این حالت می توانید با کلید zero مقدار حداکثر نیرو را صفر کنید .
- ۲- جهت مقدار دهی سرعت کلید start را ۳ ثانیه فشار دهید تا نمایشگر در خط دوم مقدار set را نمایش دهد سپس با کلیدهای < و > مقدار سرعت را تغییر دهید و با فشار کلید stop از این منو خارج شوید.
- ۳- جهت باردهی و راه اندازی ابتدا جهت حرکت را با فلشهای < یا > مشخص کرده که برای بارگذاری فلش < مورد نظر است و سپس کلید start را فشار دهید . در این حالت نمایشگر در خط اول مقدار سرعت در دقیقه و در خط دوم مقدار نیرو را نمایش می دهد و در صورتیکه اپراتور بخواهد در حین آزمایش ، آزمایش را متوقف کند کلید stop را می زند در غیر این صورت دستگاه بصورت اتوماتیک به نقطه نهایی خود رفته و متوقف می شود .بعد از اتمام آزمایش برای برگرداندن باکس به نقطه اولیه یا شروع، دکمه فلش > را زده و دکمه start را می زنیم تا باکس به نقطه اولیه خود بازگردد و پیغام limit switch ظاهر شود و دستگاه متوقف گردد.با زدن دکمه stop پیغام limit switch حذف می شود و دستگاه آماده شروع آزمایش جدید می شود.

۷- خطاهای آزمایش و پیغامهای دستگاه

۷-۱ خطاهای آزمایش

- نمونه به خوبی آماده نشده باشد .
- دستگاه به درستی تنظیم نشده باشد .

- سرعت بار گذاری مناسب نوع آزمایش رعایت نشده باشد.
- وجود درگیری بین قطعات بالا و پایین جعبه برش دستگاه
- نمونه های نامناسب (نمونه خاک بایستی برای هر سه مرحله آزمایش یکسان باشد).
- در صورت استفاده از نمونه دست نخورده برهم زدن وضعیت طبیعی خاک در مراحل انجام آزمایش
- ابزار آزمایش بدرستی کالیبره نشده باشد و یا قسمتهایی از ابزار آزمایش فرسوده باشد.
- باز نکردن پیچ های نگهدارنده قطعات جعبه برش دستگاه که ضمن آسیب رساندن به دستگاه باعث خطای فاحش می گردد.
- متوقف کردن زود هنگام آزمایش به طوری که باید حداقل ۱۰ تا ۱۵ درصد جابجایی طول نمونه انجام شود و یا کاهش محسوس در مقدار گیج اندازه گیری تنش روی دهد.

۲-۷ پیغام های دستگاه

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

Limit Switch Right : بیانگر نقطه ابتدایی محور حرکتی افقی دستگاه برای اعمال نیرومی باشد .

Limit Switch Left : بیانگر نقطه انتهایی محور حرکتی افقی دستگاه برای اعمال نیرو می باشد.

مواردی که می‌بایست قبل از استفاده از دستگاه دقت نماییم:

- (۱) حتماً دستگاه را به سیستم درست متصل نمائید.
- (۲) دستگاه در سطحی تراز شده ، طوری قرار دهید که بدون لرزش باشد.
- (۳) پین نگه دارنده باکس قبل از آغاز نیروی برشی خارج گردد.