



伺服电机控制的动态循环单剪试验系统 (EMDCSS)

GDS电机控制的动态循环单剪试验系统(EMDCSS)是进行动单剪试验的主要设备，它不仅可以进行小应变（0.005%剪应变幅值）到大应变（10%剪应变幅值）的动态循环试验，还可以进行非常精确的准静态测试。它是具有最大测试量程范围的单剪系统的终极选择，也是高级商业测试和学术研究的完美选择。

主要特点:

优点:

主动高度控制	单剪试验中可以设置保持体积恒定。阶段之间不需要手动干预。由于系统极高的刚度设计，系统很小或者不会有垂直变形的影响，这对于动单剪试验是非常重要的。
GDS剪切荷重传感器	设计成在线性导轨前测量剪切荷载，这样测量的剪切荷载消除了摩擦产生的误差。
特氟龙涂层低摩擦限制环	用特氟龙涂层低摩擦环来限制圆柱土样的径向变形，以保证恒定的截面积（K0状态）。
伺服电机作动器性能优越、占用空间小且节约成本	伺服电机作动器可以在5Hz下进行高达±1mm的测试，比同类的气动作动器具有更高的精度。电源供电意味着不需要外部噪声压力源，这与气动/液压系统相反，伺服电机系统只要求达到相应的功率。
轴向和剪切方向线性导轨采用高刚度交叉滚子轴承	200mm 轴承长度不仅提高了系统的稳定性，确保剪切过程中顶盖的旋转范围最小，从而使测试成为简单剪切而不是旋转运动，而且还提供了具有低摩擦力、高承载能力、高精度的线性导轨。

技术参数:

外形尺寸	1200mm (H) x 500mm (L) X 770mm
位移范围	轴向 = +/- 25mm, 剪切方向 = +/- 15mm: 精度= <0.1% FSO (实际上轴向范围是 +/-50mm 以方便试样安装, 实际剪切行程是 +/- 25mm)
位移分辨率	24位(即 +/- 20mm = <0.6μm, +/- 15mm = +/- <0.5μm, +/- 2.5mm = <0.1μm)
荷载范围 (kN)	5, 10
工作频率 (Hz)	5
电源	240V or 110V 50/60Hz 1 ph
试样尺寸	50, 63.5, 66, 70, 100 和 150mm
重量 (kg)	220

升级选项:

垂向弯曲元	50, 63.5, 66, 70, 100, 150mm
水平局部位移测量	可提供
垂向局部位移测量	可提供
荷载传感器标定夹具及荷载传感器 (5, 10kN)	可提供
直剪试样	60mm 方样, 63.5mm 圆形试样
试样饱和容器	可提供

它是如何工作的？

圆柱土样侧限被涂有特氟龙涂层的低摩擦剪切环约束，确保试样横截面面积不变。施加剪切荷载（见图1）时，通过主动高度控制保持轴向位移恒定，确保常体积状态。

EMDCSS允许主应力以90°方向平稳和连续的旋转，来模拟地震荷载等诸多岩土问题。简单剪切设备可以用于直接研究排水或不排水条件在的剪切应力和剪切应变关系（见图1）。单剪试验通常用于海底结构、滑坡和地震性能方面的试验。此外，动单剪试验还可以用于研究单剪条件下的阻尼比和液化特性。

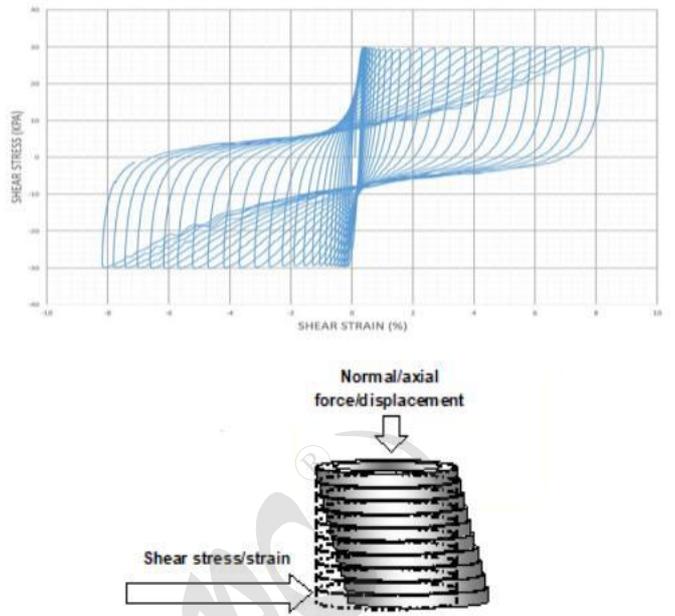
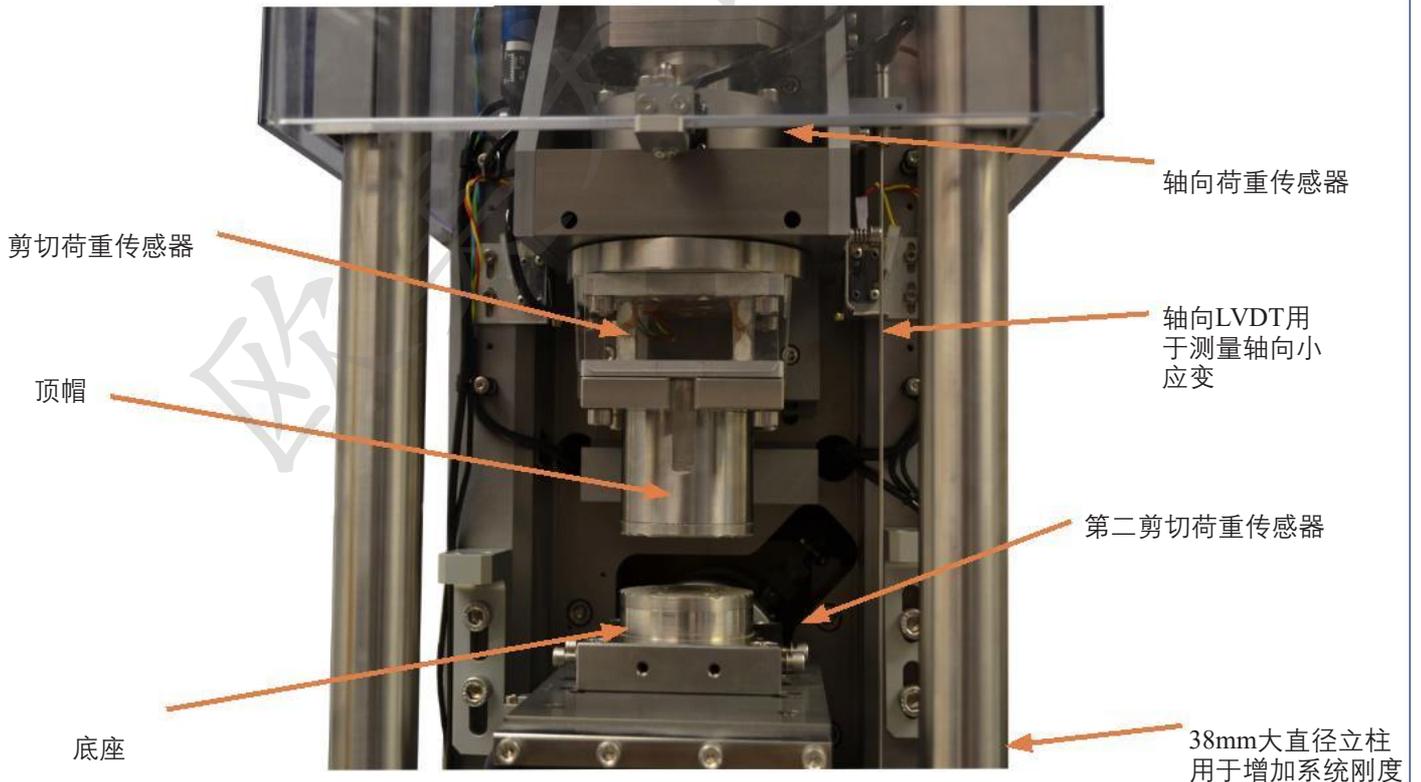
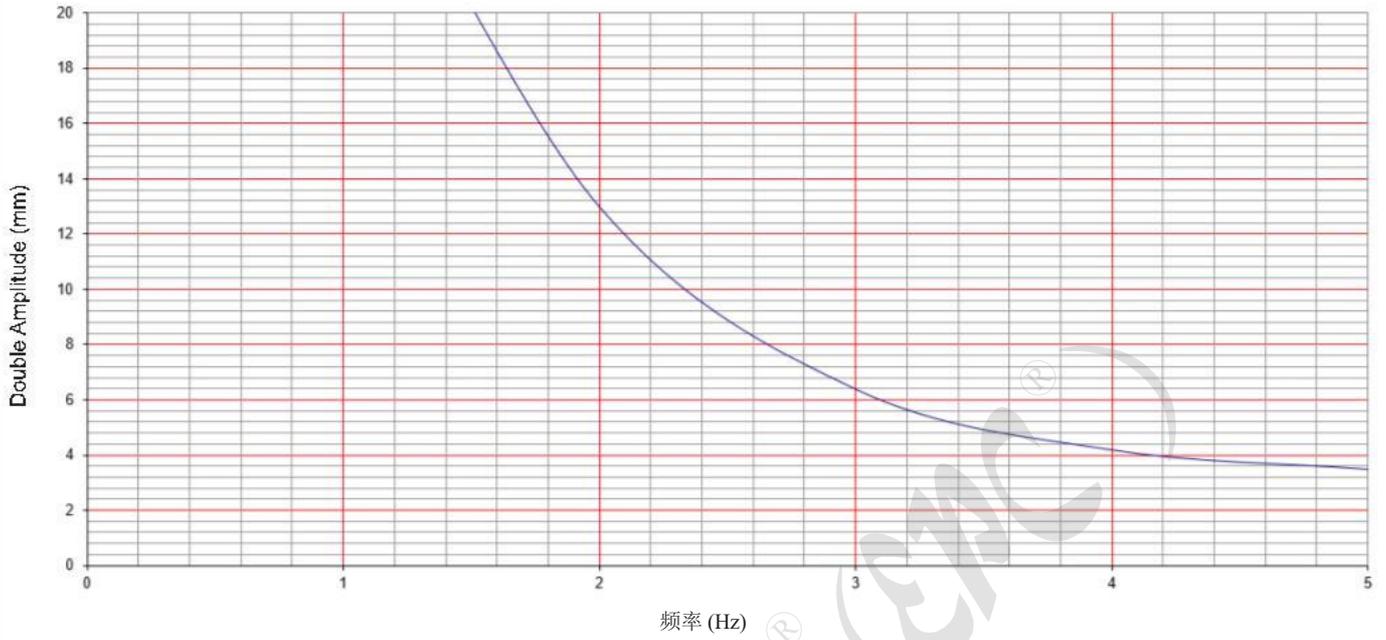


图1 试样剪切过程中剪应力(kPa) v 剪应变(%) 典型图形及试样示意图

关键系统特点



典型的系统性能：频率和振幅 (剪切方向)关系曲线



频率 (Hz)	基准值0 kN的数据	
	振幅 (mm)	双振幅 (mm)
0.1	15	30
0.2	15	30
0.5	15	30
1	14	28
2	6.5	13
3	3.2	6.4
4	2.1	4.2
5	1.75	3.5

试验结果

动态单剪试验的典型结果如下图所示。对重塑粘土试样在1Hz条件下进行测试，同时使用主动高度控制保持恒定体积条件。从图2可以明显看出孔隙压力的累积(由法向应力跌落计算得到)，在第20次循环左右，水平应变双幅值达到10%以上时发生破坏。如图3和图4所示，该设备能够维持试样破坏后得到的应力应变值。最终，动态测试过程中从恒定体积系统得到的正应力也会降低（见图5）。

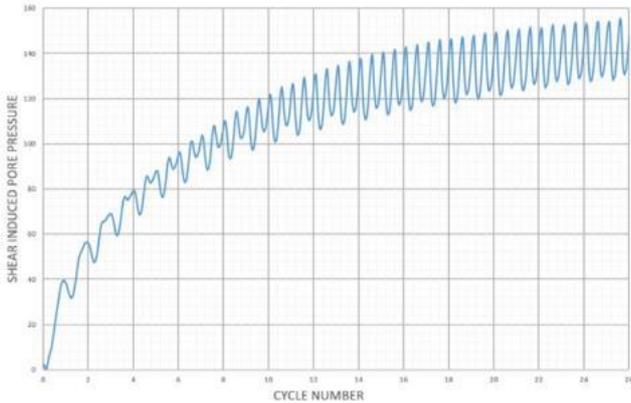


图2 等效孔隙水压力增加至破坏

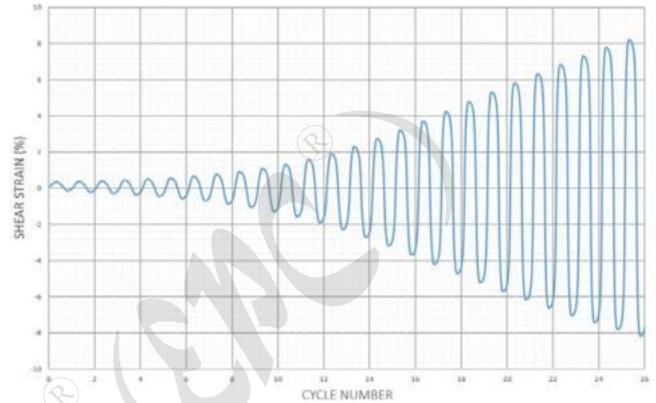


图3 剪切应变增加直至破坏

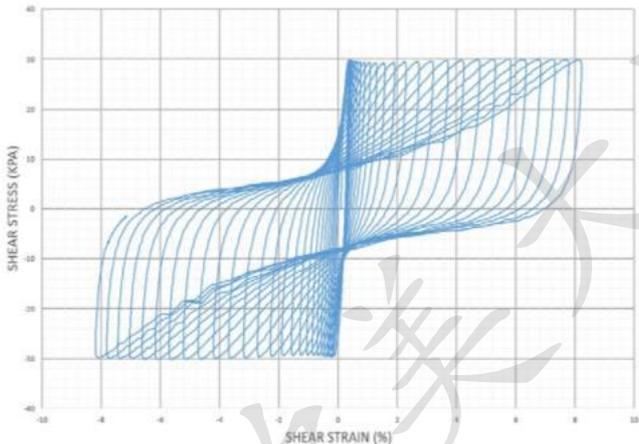


图4 剪切应力-剪切应变曲线

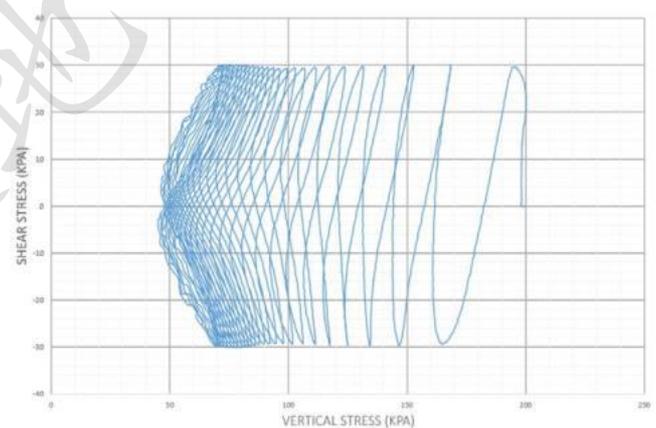


图5 剪切应力-轴向应力曲线

GDS剪切荷重传感器

GDS剪切荷重传感器设计用于直接测量作用在试样上的剪切荷载(见图6)，其位于顶帽和轴向作动器之间，剪切荷重传感器消除了系统摩擦引起的测量误差，否则也会被记录而影响试验结果。



图6 作用在试样上的剪切荷重传感器

恒定法向刚度测试(2021年之前制造的系统可进行升级)

恒定法向刚度(CNS)条件下的测试已经广泛应用,以更好地反映土的收缩/膨胀对土-桩界面的法向应力的影响。对GDS的控制系统和固件进行新的(2021年)升级,并在CNS条件下进行动态简单剪切试验。升级后,客户可以选择测试所需的恒法向刚度值,单位为kPa/mm或kN/mm。2021年之前生产的系统也可以升级进行CNS测试,不需要对现有设备进行任何硬件修改,并且可以远程完成升级。

2021年之前购买的EMDCSS升级选项请联系GDS。

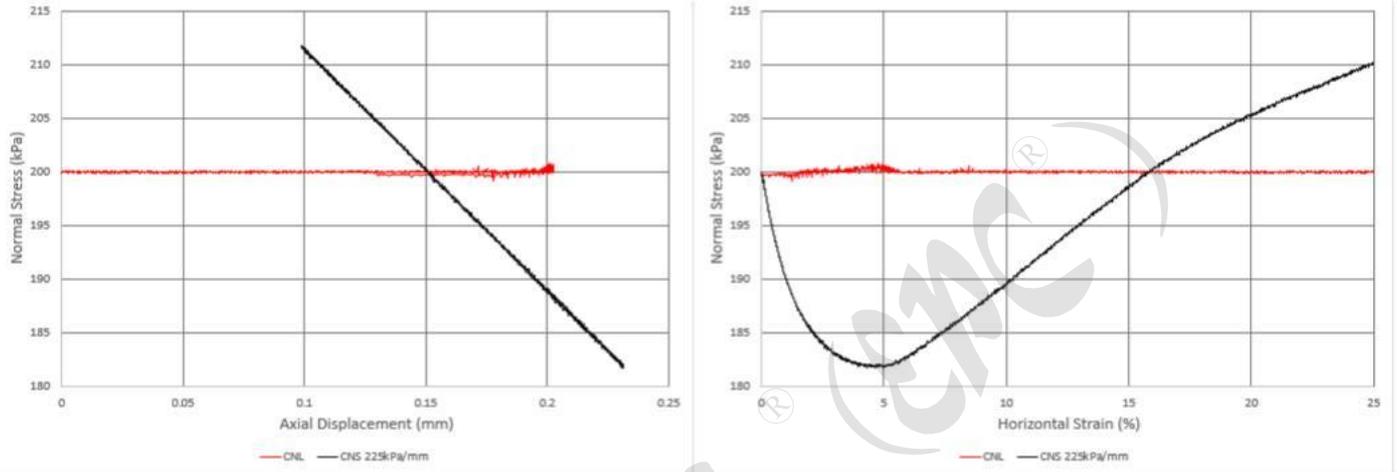


图7 恒定法向荷载与恒定法向刚度静态单剪结果差异图

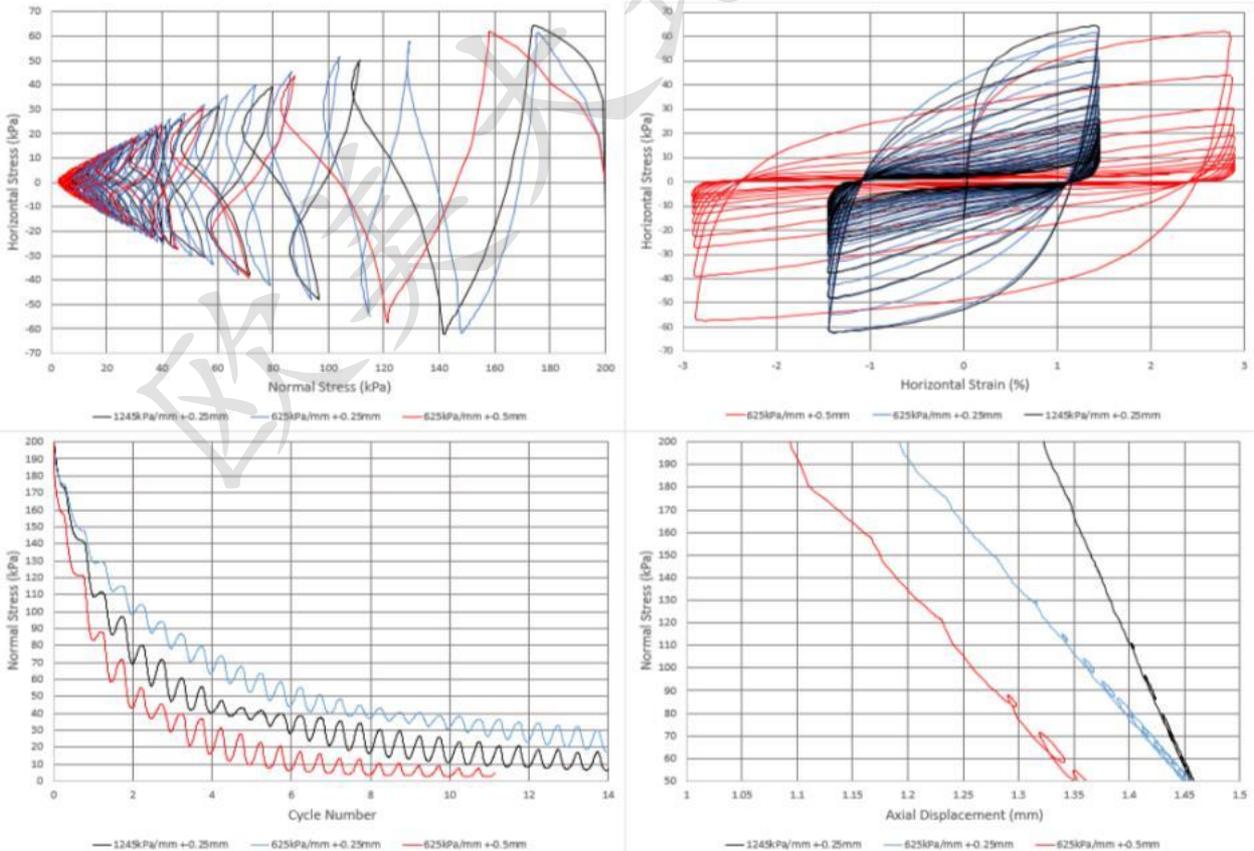


图8 不同恒定法向刚度和水平应变幅值的动态CNS单剪试验结果

超高刚度框架结构:

GDS EMDCSS系统设计用于在简单剪切测试中达到最高的性能，并消除其他简单剪切系统中存在的问题。

EMDCSS设计有足够大的刚度，这在单剪试验中是十分重要的。质量由顶帽和底座决定。尽管底座导向系统接近完美，如果系统柔度过高，试验结果将由于顶帽的移动而受到影响。

EMDCSS采用深支撑梁来安装设备前部的线性导轨和两个不锈钢立柱，以达到很高的系统刚度。线性导轨的额定荷载远超系统所达到的荷载。同样，这增加了系统的刚度。

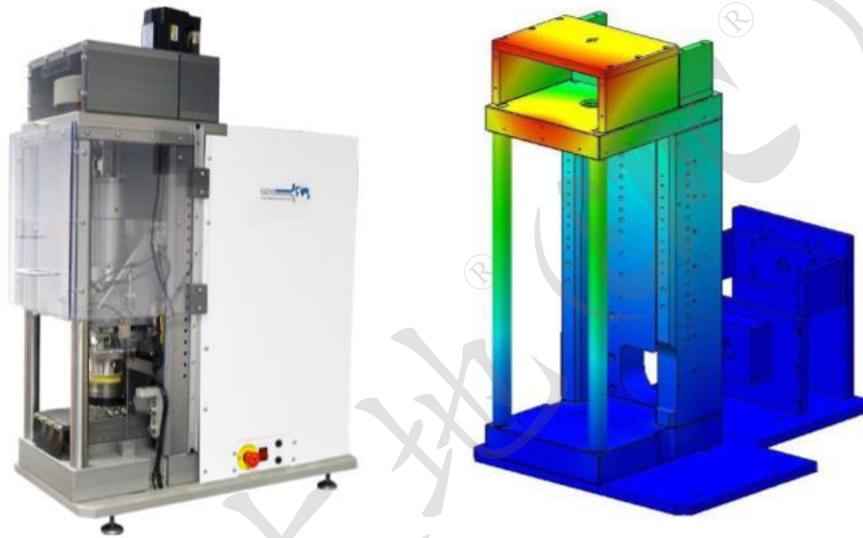


图9 通过有限元验证系统的最大刚度

试样制备

- 试样制备由GDS设计，专门用于制备简单剪切试样。
- 可拆卸的侧臂被夹紧到基座上，底座依次独立地将试样顶帽保持在试样上方以减小扰动(见图10)。
- 然后整体安装到设备上，再拆除侧臂。



图10 试样上方的顶帽

标准真空制样装置

GDS 提供的试样成型器使得安装非粘性土样很容易。模具围绕限制环，并使用真空泵将膜紧紧地吸到环上使试样制备变得容易且准确。该模具适用于EMDCSS的所有样品尺寸。



图11 在真空制样装置中制备的非粘性土

EMDCSS校准套件

EMDCSS校准夹具用于原位校准轴向、水平和剪切荷重传感器。它具有多种配置，以确保所有荷重传感器能够被有效地校准。校准称重传感器连接到EMDCSS数据采集单元（DCS）上的备用通道，并通过GDSLAB软件读取。校准夹具适用于5kN和10kN的EMDCSS系统。

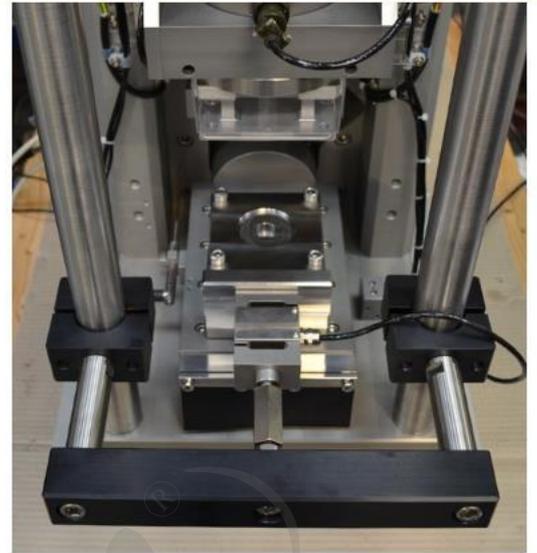
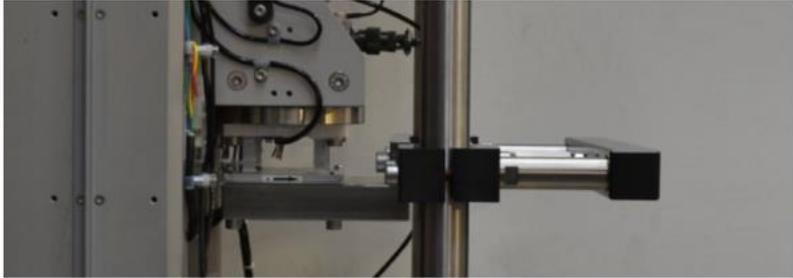


图12 EMDCSS校准套件

直剪选项

增加一个水浴和新的试样夹具，EMDCSS系统可以对100mm x 100mm的方形试样进行直剪试验。系统的此升级不会改变荷载、位移能力或加载频率。

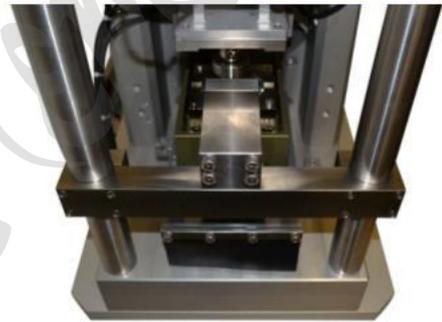


图13 带直剪夹具的EMDCSS

弯曲元升级

弯曲元可以在EMDCSS上所有尺寸的顶帽和底座上实现。由于试样高度较小(20mm)，传播时间也会比较短，这就需要更高的数据采集频率。对于20mm高的土样，假设土样波速为400m/s，其传播时间为0.00005s或0.05ms。GDS弯曲元系统以每秒两百万样本的速度读取数据，读取间隔分辨率为0.0005ms，在总传播时间内可以采集100个数据点，足够用于确定波速。如果数据采集频率低于每秒两百万样本，将会引起分辨率误差。

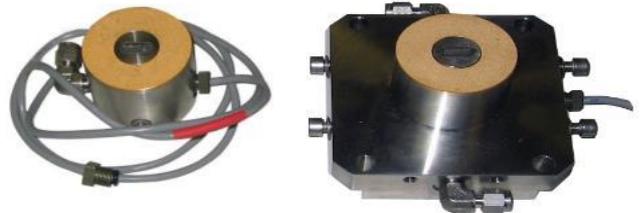


图14 安装在底座和顶帽上的弯曲元

剪切局部应变测量升级

EMDCSS顶盖可以改造，以允许局部LVDT应用于该系统，这就额外增加了一个剪切应变测量。LVDT直接安装在底座上的支架上，然后测量顶盖的平坦表面。传感器连接到EMDCSS的数据采集系统上(DCS)。LVDT升级适用于所有试样尺寸。

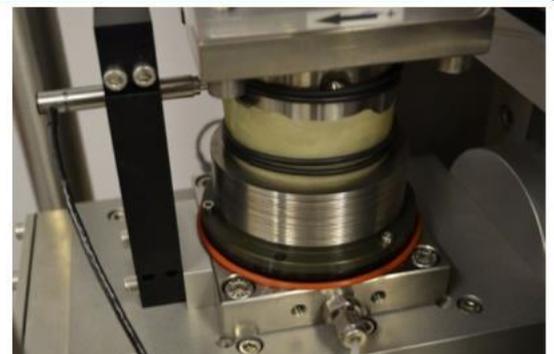


图15 顶帽上的局部剪切LVDT

GDSLAB 控制软件

GDSLAB控制和采集软件是一款高级的且非常灵活的软件平台。从内核模块和仅执行数据采集的功能开始，可以根据客户的测试需求选择其他模块。GDSLAB能够根据客户的特殊化需求配置到客户所选择的硬件。创建一个文本文件(*.ini)或初始化文件，描述硬件连接到PC。硬件布局可通过图形格式在GDSLAB的对象显示中查看。

GDSLAB 动态剪切测试模块

- 是否有一个简易的用户界面来运行动态循环加载和简单剪切试验
- 提供轴向位移或轴向力和剪切位移或剪切力的正弦循环控制
- 允许每N个循环保存一个完整的数据循环，其中N的值由用户定义
- 控制数据实时显示，每循环保存多达1000个点
- 内置标准波形：正弦波，三角波，方波，半正弦波等
- 用户自定义的波形为最多1000点的ASCII格式文件

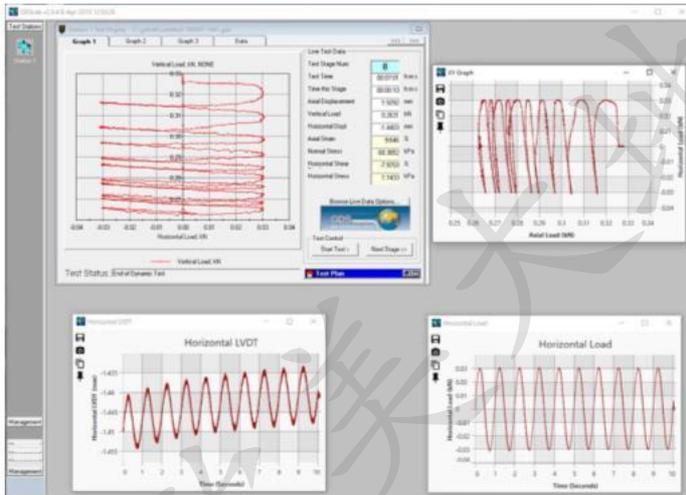


图16 新型ADVDCS V2控制系统下的单剪测试模块

DSS 储水容器

DSS系统一个常见的升级是储水容器。满足ASTM D6528-17规范中取水系统的要求，储水容器在大气压力下为顶帽和底座提供自由的水通道。储水容器允许多达3个液压连接，并用螺钉安装在EMDCSS箱体上。



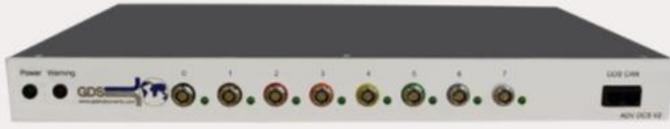
自适应控制（标配）

自适应控制是一项尖端技术，可显著提高设备的动态加载控制性能，从而提高测试精度。

GDS自适应控制固件根据所采用的试样刚度自动调整控制增益值，无需手动输入试样的预估刚度。这种方法额外的保证了试验中试样刚度变化得到正确的处理。使用GDS自适应控制的试验中，根据土样的上一个循环过程，固件自动优化控制增益值，从而决定施加在试样上的荷载幅值。这标志着传统PID闭环控制系统的重大改进，尤其是测试多种不同刚度的试样时，它要求用户在每次动态循环测试之前调整系统，同时加载过程中试样的刚度不可避免的也会发生变化。



用于EMDCSS的数据采集系统(ADVDCS v2)



概述: ADVDCS v2 是专门用于岩土工程测试的现代高速数字控制和采集系统，是GDS主要提供的最先进动态测试和控制设备。ADVDCS v2完全由GDS内部工程团队完成设计和开发。

ADVDCS v2基于现代高速32位处理核心，具有8个同步采样24位通用模拟输入通道，可连接GDS范围内的任何传感器。高速数字总线技术允许传感器数据的实时流传输，使其成为高速数据采集的理想选择。ADVDCS v2支持伺服电机和液压作动器的全数字控制，允许作动器进行精确和无噪声控制。

ADVDCS v2是GDS研发高精度动态控制的直接成果，包括机器学习算法可实时适应试样柔度的动态变化，从而提供对整个机器性能的卓越控制。

技术参数:

PC连接类型	USB
采集通道	8个模拟，1个正交通道
控制通道	2个(模拟或数字通道)
扩展能力	x4
最大通道数	可达32个 模拟通道 + 4 正交通道，用于同步数据采集
采样率	5kHz
分辨率	24 位, 16,777,216
增益范围	8 (用户软件中设置)
描述	高级动态采集和控制系统
电压分辨率	~ 0.000001 mV(1纳伏)
电压输出类型	全差分，平衡精度输入，带集成信号处理
传感器激励电压	差分，固定精度+/-5V，独立(不同轴)，比例式激励
输入范围数	每个通道有8个独立可选范围，从(-10...+10mV) 到 (-10...+10V)
激励电流	可以监测传感器电流-提醒用户断开连接的传感器
激励/传感器报错检测	过电压，过电流，传感器没连接
激励容错	每个通道独立，一个通道短路，其他通道将继续正常运行
电流输入模式	通过电阻安装在电缆终端(可以不同的范围)
测量范围	-10mV...+10mV up to -10V...+10V用于平衡差分信号
传感器标定	线性，多项式和自定义传感器标定
虚拟传感器	多达 32 个虚拟传感器 (如应变, 柔度, 计算值)
数据采集选项	数字滤波用于降噪
数字控制	1 kHz 32位浮点控制回路
模拟控制	可以控制数字和模拟电机驱动
柔度估计	实时试样柔度估计
自适应控制	自适应力和应力控制
自定义波形	自定义波形控制，每个循环最大可达16000个点
试样接触	自动试样接触
显示和监测	GDSLab数据采集、USB接口、高分辨率实时图形
软件	GDSLAB
系统特点	200MHz，双核ARM Cortex-M4 CPU，32 Bit架构，板载闪存，480Mbit /s USB连接
最低系统要求	系统要求: Windows 7 或更高版本, CPU: 1.5 GHz 或更高, 内存: 2 GB, USB 2.0

GDS向86%的世界前50高校提供了设备:

《QS世界大学2020年排名》报告显示, 在全球排名前50名的土木与结构工程专业大学中, GDS为超过86%的大学提供了设备。

GDS还与许多商业实验室合作, 包括BGC Canada, Fugro, GEO, Geolabs, Geoteko, Golder Associates, Inpijn Blokpoel, Klonn Crippen, MEG Consulting, Multiconsult, Statens Vegvesen, NGI, Ramboll, Russell Geotechnical Innovations Ltd, SA Geolabs, SGS, Wiertsema等。

TOP
50

你会向你的朋友或者同事推荐GDS设备吗?

100%的客户回答是“YES”

调查结果来自于客户的直接反馈, 包括设备交付、安装(如果适用)、支持文档、设备和GDS的总体满意度, 调查了两年。



英国制造:

GDS所有产品设计、制造和组装在英国工厂完成, 所有产品出厂前必须要经过质量检验。

GDS是ISO9001:2015国际质量体系认证企业。本证书适用于与“实验室和现场测试设备制造”有关的经批准的质量管理体系。

40 YEARS OF
BRITISH
INNOVATION



延长保修服务:

所有GDS设备都有12个月的制造商保修。除了标准保修期外, GDS还提供12个月、24个月和36个月的全面延长保修期, 以保证用户在今后的维修中不会受到影响。延长保修期可以在最初12个月内的任何时间购买。



GDS培训和安装:

所有的安装和培训都由合格的工程师进行。在整个销售过程中, GDS工程师被分配到每个订单。他们将在发货前保证设备的质量, 如果已经购买安装服务, 则在客户现场安装并提供培训。



技术支持:

GDS理解客户需要持续的售后支持, 以至于他们有自己的专用客户支持中心。通过他们的支持中心, GDS使用各种额外的支持方法包括远程电脑的支持、产品helpsheets、视频教程、电子邮件和电话支持。

