



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109085070 A

(43)申请公布日 2018.12.25

(21)申请号 201810902420.7

(22)申请日 2018.08.09

(71)申请人 河海大学

地址 211100 江苏省南京市江宁开发区佛城西路8号

(72)发明人 倪小东 徐硕 姬良龙

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 张惠忠

(51) Int. Cl.

G01N 3/24(2006.01)

G01N 3/02(2006.01)

G01N 3/06(2006.01)

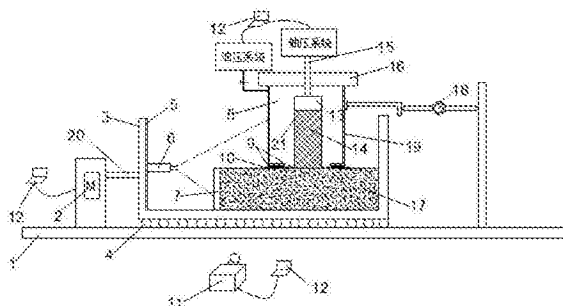
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

用于土与结构物剪切特性研究的可视化试验装置和方法

(57)摘要

本发明的一种用于土与结构物剪切特性研究的可视化试验装置和方法,包括上剪切系统、下剪切系统、水平力施加装置和数据采集系统。所述上剪切系统由透明土、玻璃圆筒、油压系统、轴压系统等组成,所述玻璃圆筒上部设有上盖,所述轴压系统和透明土间放置加载杆和加载板;所述下剪切系统由类岩或类砂材料、剪切盒、底座等组成;所述水平力施加系统由电机、推进蜗杆、水平位移量等表组成,所述手轮通过推进蜗杆对底座施加水平推力,所述光学平台与剪切盒之间设有液珠;所述数据采集系统由激光器、CCD相机、计算机组成。本发明解决了土与结构物剪切破坏时接触面应力、位移不可见的难题,实现了土与结构物剪切破坏时接触面可视化观测的目的。



CN 109085070 A

1. 一种用于土与结构物剪切特性研究的可视化试验装置,其特征在于:包括上剪切系统、下剪切系统、水平力施加装置、压力控制系统和数据采集系统;

下剪切系统包括:

底座,设置于一光学平台之上,底座和光学平台之间设置有液珠;

剪切盒,设置于底座上方,用于放置待测结构物;

上剪切系统包括:

玻璃圆筒,上下均开口,设置于待测结构物之上,玻璃圆筒和待测结构物之间设置有玻璃板;玻璃圆筒内部用于放置待测土,玻璃圆筒和待测土之间填充混合油;

压力控制系统包括:

液压系统,连接于玻璃圆筒外壁并接入一计算机中,用于改变玻璃圆筒内混合油的油压;

轴压系统,通过加载杆设置于待测土上端并接入一计算机中,用于改变待测土对于待测结构物的竖直压力;

水平力施加装置包括通过蜗杆连接于底座一端的电机,电机接入计算机;

数据采集系统包括:

激光器,在所述的底座一侧设置有侧板,所述侧板内侧竖直设置有滑槽,所述激光器滑动设置于滑槽内,所述激光器接入计算机;

水平位移量表,沿着水平力施加装置的施力方向设置,用于测量在水平力施加装置的作用下待测土相对于待测结构物的位移量,其一端连接玻璃圆筒侧壁,另一端连接于设置在光学平台上的立板。

2. 根据权利要求1所述的用于土与结构物剪切特性研究的可视化试验装置,其特征在于:玻璃圆筒和玻璃板之间设置有石墨烯。

3. 根据权利要求1所述的用于土与结构物剪切特性研究的可视化试验装置,其特征在于:所述待测土为柱体,所述待测土外包裹有用于隔离待测土和混合油的二氧化硅薄膜。

4. 根据权利要求3所述的用于土与结构物剪切特性研究的可视化试验装置,其特征在于:所述加载杆下端设置有加载板,所述加载板的面积不小于待测土的横截面积。

5. 根据权利要求1所述的用于土与结构物剪切特性研究的可视化试验装置,其特征在于:所述玻璃圆筒上端设置有上盖。

6. 根据权利要求1所述的用于土与结构物剪切特性研究的可视化试验装置,其特征在于:所述剪切盒由有机玻璃制成。

7. 一种用于土与结构物剪切特性研究的可视化试验方法,其特征在于:包括如下步骤:

步骤一,在一个平整的实验室内布置一张的光学平台,并保持场地内光线均匀;光学平台上安放底座,所述光学平台与底座之间设有液珠,所述底座上部放置剪切盒;在底座侧板外壁连接水平力施加装置并接入计算机;

步骤二,制备类岩或类砂材料作为待测结构物,将待测结构物放入剪切盒并保持待测结构物上表面平整;

步骤三,将玻璃板放置在平整的待测结构物表面并在玻璃板上撒上石墨烯,然后将玻璃圆筒放置在撒有石墨烯的玻璃板上;

步骤四,制备透明土作为待测土,并在待测土外包裹二氧化硅薄膜,然后将待测土放在

玻璃圆筒内；

步骤五,在玻璃圆筒内填充混合油,并用上盖封住；

步骤六,设置压力控制系统,将油压系统与玻璃圆筒连接,轴压系统的加载板置于待测土上端;油压系统和轴压系统均接入计算机；

步骤七,安装数据采集系统,在底座侧板的滑槽内安装激光器并接入计算机,在玻璃圆筒远离水平力施加装置一侧安装水平位移量表；

步骤八,在剪切盒正前方安装CCD相机并接入计算机,调节其高度和角度使CCD相机的镜头垂直对准剪切盒的外立面,保证其可视范围包含整个待测土；

步骤九,通过压力控制系统设置待测土的轴压和围压；

步骤十,通过水平力施加装置匀速推动底座,让待测土和待测结构物发生剪切,试验过程中密切注意水平位移量的变化,当观测到水平位移量表18读数为0.4mm时,停止试验；

步骤十一,试验结束后,通过计算机图像处理软件PIV对所获得的图片进行分析,得到了在预设的围压和轴压作用下待测土与待测结构物剪切时接触面应力和位移的变化过程；

步骤十二,通过压力控制系统改变待测土的轴压和围压,然后重复步骤九和步骤十,得到在不同轴压和围压下,待测土与待测结构物剪切时接触面应力和位移的变化过程。

8. 根据权利要求7所述的用于土与结构物剪切特性研究的可视化试验方法,其特征在于:在步骤八中,设置CCD相机以2幅/秒的频率采集图像并传送至计算机。

9. 根据权利要求7所述的用于土与结构物剪切特性研究的可视化试验方法,其特征在于:步骤十中,剪切速率为0.08mm/s。

用于土与结构物剪切特性研究的可视化试验装置和方法

技术领域

[0001] 本发明属于岩土工程试验领域,尤其涉及一种用于土与结构物剪切特性研究的可视化试验装置和方法。

背景技术

[0002] 土与结构的接触面作为岩土工程稳定性的重要因素之一,其剪切力学特性一直是行业内关注的重点。直接剪切试验时测定预定剪破面上抗剪强度最简便和最常用的方法。直剪试验的设备构造简单,试样的制备和安装方便,且操作容易掌握,至今仍为科研和工程单位所广泛采用。试验过程中所采用的试样厚度小,固结较快,可节省试验时间。此外,由于剪切盒是刚性的,能够准确量测在剪切过程中的体积变化。但直剪仪还存在一些缺点,由于上下剪切盒的错动,剪切过程中试样的有效面积逐渐减小,使试验中的应力分布不均匀,主应力反向发生变化等,这在剪切变形较大时更为突出。

[0003] 在本发明前,中国申请发明专利“一种岩石节理试样直接剪切试验盒”(申请号201710197024.4),公布了一种由底座、上剪切盒、下剪切盒、法向加载垫块、轴承架、导向管等组成的岩石节理试样直接剪切试验盒,该技术方案不仅能保证试样节理剪切过程中下剪切盒在剪切方向上自由运动,还能有效解决上剪切盒向上发生翻转的问题,使得剪切过程与真实情况更加符合。但该发明技术没能很好地模拟实际中岩土体所处的应力状态,并且由于土与结构的不透明性,难以对剪切过程中土与结构物接触面应力、位移变化过程进行可视化观测,因此存在一定的局限性。

[0004] 饱和透明材料是由物理力学性质与天然土颗粒或混凝土相似的透明颗粒材料混和具有相同折射率的液体制备而成,因固、液两相折射率相同而呈现透明状,并且其物理力学性质与天然土或混凝土相似;饱和透明材料因其具备透明可视性好、制备容易、与土或混凝土的性质相似等优点在土木工程试验领域得到了广泛的应用。因此,利用饱和透明土材料,提出一种可用于土与结构物接触面剪切特性研究可视化的试验装置就显得尤为必要了。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是针对背景技术的不足提供了一种用于土与结构物剪切特性研究的可视化试验装置和方法,解决了土与结构物剪切破坏时接触面应力、位移不可见的难题,实现了土与结构物剪切破坏时接触面可视化观测的目的。

[0006] 本发明为解决上述技术问题采用以下技术方案:

一种用于土与结构物剪切特性研究的可视化试验装置,包括上剪切系统、下剪切系统、水平力施加装置、压力控制系统和数据采集系统;

下剪切系统包括:

底座,设置于一光学平台之上,底座和光学平台之间设置有液珠;

剪切盒,设置于底座上方,用于放置待测结构物;

上剪切系统包括：

玻璃圆筒，上下均开口，设置于待测结构物之上，玻璃圆筒和待测结构物之间设置有玻璃板；玻璃圆筒内部用于放置待测土，玻璃圆筒和待测土之间填充混合油；

压力控制系统包括：

液压系统，连接于玻璃圆筒外壁并接入一计算机中，用于改变玻璃圆筒内混合油的油压；

轴压系统，通过加载杆设置于待测土上端并接入一计算机中，用于改变待测土对于待测结构物的竖直压力；

水平力施加装置包括通过蜗杆连接于底座一端的电机，电机接入计算机；

数据采集系统包括：

激光器，在所述的底座一侧设置有侧板，所述侧板内侧竖直设置有滑槽，所述激光器滑动设置于滑槽内，所述激光器接入计算机；

水平位移量表，沿着水平力施加装置的施力方向设置，用于测量在水平力施加装置的作用下待测土相对于待测结构物的位移量，其一端连接玻璃圆筒侧壁，另一端连接于设置在光学平台上的立板。

[0007] 玻璃圆筒和玻璃板之间设置有石墨烯。

[0008] 所述待测土为柱体，所述待测土外包裹有用于隔离待测土和混合油的二氧化硅薄膜。

[0009] 所述加载杆下端设置有加载板，所述加载板的面积不小于待测土的横截面积。

[0010] 所述玻璃圆筒上端设置有上盖。

[0011] 所述剪切盒由有机玻璃制成。

[0012] 一种用于土与结构物剪切特性研究的可视化试验方法，包括如下步骤：

步骤一，在一个平整的实验室内布置一张的光学平台，并保持场地内光线均匀；光学平台上安放底座，所述光学平台与底座之间设有液珠，所述底座上部放置剪切盒；在底座侧板外壁连接水平力施加装置并接入计算机；

步骤二，制备类岩或类砂材料作为待测结构物，将待测结构物放入剪切盒并保持待测结构物上表面平整；

步骤三，将玻璃板放置在平整的待测结构物表面并在玻璃板上撒上石墨烯，然后将玻璃圆筒放置在撒有石墨烯的玻璃板上；

步骤四，制备透明土作为待测土，并在待测土外包裹二氧化硅薄膜，然后将待测土放在玻璃圆筒内；

步骤五，在玻璃圆筒内填充混合油，并用上盖封住；

步骤六，设置压力控制系统，将油压系统与玻璃圆筒连接，轴压系统的加载板置于待测土上端；油压系统和轴压系统均接入计算机；

步骤七，安装数据采集系统，在底座侧板的滑槽内安装激光器并接入计算机，在玻璃圆筒远离水平力施加装置一侧安装水平位移量表；

步骤八，在剪切盒正前方安装CCD相机并接入计算机，调节其高度和角度使CCD相机的镜头垂直对准剪切盒的外立面，保证其可视范围包含整个待测土；

步骤九，通过压力控制系统设置待测土的轴压和围压；

步骤十,通过水平力施加装置匀速推动底座,让待测土和待测结构物发生剪切,试验过程中密切注意水平位移量的变化,当观测到水平位移量表18读数为0.4mm时,停止试验;

步骤十一,试验结束后,通过计算机图像处理软件PIV对所获得的图片进行分析,得到了在预设的围压和轴压作用下待测土与待测结构物剪切时接触面应力和位移的变化过程;

步骤十二,通过压力控制系统改变待测土的轴压和围压,然后重复步骤九和步骤十,得到在不同轴压和围压下,待测土与待测结构物剪切时接触面应力和位移的变化过程。

[0013] 在步骤八中,设置CCD相机以2幅/秒的频率采集图像并传送至计算机。

[0014] 步骤十中,剪切速率为0.08mm/s。

[0015] 本发明采用以上技术方案与现有技术相比,具有以下技术效果:

1、本发明创新性地将透明材料技术和计算机图形处理技术相结合并应用于土与结构物接触面剪切特性的研究,解决了土与结构物剪切破坏时接触面应力、位移不可见的难题,实现了土与结构物剪切破坏时接触面可视化观测的目的;

2、透明土与类岩或类砂材料在剪切过程中有效面积不变,克服了传统剪切试验装置中有效面积逐渐减小、试样中应力分布不均与、主应力方向发生变化等缺点;

3、本发明装置激光器可沿纵向设置的滑槽上下移动,可观测到土与结构物接触面上下部分不同截面中应力、位移的变化情况,可为深入研究土与结构物接触面剪切特性提供一定的指导;

4、本发明装置中透明土的应力状态可通过轴压系统和油压系统进行调节,可满足不同复杂条件下工程实际要求。

附图说明

[0016] 图1为实施例一的整体结构示意图;

图2为实施例一中玻璃圆筒和玻璃板的连接结构示意图。

[0017] 图中,1、光学平台;2、电机;3、底座;4、液珠;5、滑槽;6、激光器;7、剪切盒;8、混合油;9、石墨烯;10、玻璃板;11、CCD相机;12、计算机;13、加载板;14、透明土;15、加载杆;16、上盖;17、类岩或类砂材料;18、水平位移量表;19、玻璃圆筒;20、蜗杆;21、二氧化硅薄膜。

具体实施方式

[0018] 下面结合附图对本发明的技术方案做进一步的详细说明:

实施例一:

本发明提供一种用于土与结构物剪切特性研究的可视化试验装置,如图1和2所示,包括上剪切系统、下剪切系统、水平力施加装置、压力控制系统和数据采集系统;

下剪切系统包括:

底座3,设置于一光学平台1之上,底座3和光学平台1之间设置有液珠4;

剪切盒7,设置于底座3上方,用于放置待测结构物;剪切盒7由有机玻璃制成。

[0019] 上剪切系统包括:

玻璃圆筒19,上下均开口,玻璃圆筒19上端设置有上盖16。玻璃圆筒19设置于待测结构物之上,玻璃圆筒19和待测结构物之间设置有玻璃板10;玻璃圆筒19和玻璃板10之间设置

有石墨烯9。玻璃圆筒19内部用于放置待测土,玻璃圆筒19和待测土之间填充混合油8;

其中,待测土为柱体,所述待测土外包裹有用于隔离待测土和混合油8的二氧化硅薄膜21。

[0020] 加载杆15下端设置有加载板13,所述加载板13的面积不小于待测土的横截面积。

[0021] 压力控制系统包括:

液压系统,连接于玻璃圆筒19外壁并接入一计算机12中,用于改变玻璃圆筒19内混合油8的油压;

轴压系统,通过加载杆15设置于待测土上端并接入一计算机12中,用于改变待测土对于待测结构物的竖直压力;

水平力施加装置包括通过蜗杆20连接于底座3一端的电机2,电机2接入计算机12。

[0022] 数据采集系统包括:

激光器6,在所述的底座3一侧设置有侧板,所述侧板内侧竖直设置有滑槽5,所述激光器6滑动设置于滑槽5内,所述激光器6接入计算机12;

水平位移量表18,沿着水平力施加装置的施力方向设置,用于测量在水平力施加装置的作用下待测土相对于待测结构物的位移量,其一端连接玻璃圆筒19侧壁,另一端连接于设置在光学平台1上的立板。

[0023] 透明土14、混合油8、玻璃圆筒19、玻璃板10、剪切盒7、二氧化硅薄膜21的折射率为1.477。

[0024] 本发明还提供一种用于土与结构物剪切特性研究的可视化试验方法,包括如下步骤:

步骤一,在一个平整的实验室内布置一张标准的光学平台1并保持场地内光线均匀;光学平台1上安放底座3,光学平台1与底座3之间设有液珠4,底座3上部连接有剪切盒7,本实例中的剪切盒7由满足透光性要求的有机玻璃制成,其长宽高的尺寸分别为800mm、800mm、300mm,厚度为10mm,其底部与底座3固定连接;在底座侧板外壁连接水平力施加装置并接入计算机。

[0025] 步骤二,按照本试验所模拟岩石的物理力学性质(包括密度、单轴抗压强度、弹性模量、粘聚力和内摩擦角等)设计类岩或类砂材料17各组成成分的配和比;本实例中所采用的类岩或类砂材料17的制备方法是將玻璃砂、液体石蜡和正十三烷在一定温度下(本实例中设置为24℃)按一定比例(本实例中设置为1.295:1:0.85)混合后搅拌、抽真空和振捣至透明所制成;

将制备好的类岩或类砂材料17倒入剪切盒7中,并保证上表面平整。

[0026] 步骤三,将玻璃板放置在平整的类岩或类砂材料17表面并在玻璃板上撒上一层石墨烯,然后将玻璃圆筒放置在撒有石墨烯的玻璃板上;本实例中所采用的玻璃圆筒19为圆柱形,底面直径为450mm,高为600mm,厚度5mm,底部设有直径为300mm的圆形开口。

[0027] 步骤四,按照本试验所模拟土的物理力学性质(包括含水率、孔隙比、摩擦角、粘聚力等)设计透明土14各组成成分的配和比;本实例中所采用的饱和土的制备方法是將正十二烷和十五号白油在一定的温度下(本实例中设置为24℃)按照一定的质量比(本实例中设置为1:4)组成混和溶液,并与适量的石英砂混和搅拌直至均匀透明制备成透明土14,然后放入玻璃圆筒内;

按照试验装置要求安装上剪切系统,本实例中所采用的透明土14为圆柱形,底面直径150mm,高为350mm;所述透明土14的四周包裹一层二氧化硅薄膜21。

[0028] 步骤五,玻璃圆筒19中充满混合油并用上盖封住,本实例中所采用的混合油为正十二烷和十五号白油在一定的温度下(本实例中设置为24℃)按照一定的质量比(本实例设置为1:4)混合而成。

[0029] 步骤六,设置压力控制系统,将油压系统与玻璃圆筒连接,轴压系统的加载板置于透明土14上端;油压系统和轴压系统均接入计算机。

[0030] 步骤七,安装数据采集系统,在底座侧板的滑槽内安装激光器并接入计算机,激光器6可沿滑槽5上下移动;在玻璃圆筒远离水平力施加装置一侧安装水平位移量表;本实例中所采用的激光器6为绿光激光器,采用内腔式氦氖激光器6,功率为2V,并配有线性转换器,可将点光源转化为线性光源。打开激光器6,并调整其具体位置,使其对准透明土14,形成明亮的散斑场;本实例中的激光器6与剪切盒7外立面垂直相距250mm。

[0031] 步骤八,在剪切盒7的正前方安放CCD相机11,并调整其支架的高度和角度,使得CCD相机11的镜头垂直对准剪切盒7的外立面,保证其可视范围能够包含整个透明土14;CCD相机11与计算机12相连,设置CCD相机11以2幅/秒的频率采集图像并传送至计算机12。

[0032] 步骤九,通过油压系统和轴压系统设置透明土14的围压为200MPa,轴压为300MPa。

[0033] 步骤十,通过水平力施加装置匀速推动底座,让透明土14和类岩或类砂材料17发生剪切,即通过计算机12和电机2驱动推进蜗杆20使得底座3以一定的剪切速度进行剪切。参照国家规范《土工试验方法标准GBT50123-1999》相关规定,剪切速率为0.08mm/s,试验过程中密切注意水平位移量的变化,当观测到水平位移量表18读数为0.4mm时,停止试验。

[0034] 步骤十一,试验结束后,通过计算机图像处理软件PIV对所获得的图片进行分析,得到了在预设置的围压和轴压作用下透明土14与类岩或类砂材料17剪切时接触面应力和位移的变化过程。

[0035] 步骤十二,通过压力控制系统改变透明土14的轴压和围压,然后重复步骤九和步骤十,得到在不同轴压和围压下,透明土14与类岩或类砂材料17剪切时接触面应力和位移的变化过程。

[0036] 实施例二,

实施例1采用的是在控制类岩或类砂材料17围压和轴压恒定的条件下进行土与结构物接触面剪切特性的研究,对于围压变化下土与结构物接触面剪切特性的研究,可在实施例1的基础上,改变步骤5的实施方式。通过油压系统设置剪切过程初始围压为100MPa,每次增加50MPa,间隔120s;在剪切过程中轴压保持300MPa恒定,试验过程中密切注意水平位移量的变化,当观测到水平位移量表18读数为0.4mm时,停止试验;试验结束后,通过计算机图像处理软件PIV对所获得的图片进行分析,得到了在围压变化下土与结构物剪切时接触面应力和位移的变化过程。

[0037] 实施例三,

对于轴压变化下土与结构物接触面剪切特性的研究,可在实施例1的基础上,改变步骤5的实施方式。通过油压系统设置剪切过程初始轴压为100MPa,每次增加50MPa,间隔120s;在剪切过程中围压保持200MPa恒定,试验过程中密切注意水平位移量的变化,当观测到水平位移量表18读数为0.4mm时,停止试验;试验结束后,通过计算机图像处理软件PIV对所获

得的图片进行分析,得到了在轴压变化下土与结构物剪切时接触面应力和位移的变化过程。

[0038] 实施例四:

对于轴压和围压变化下土与结构物接触面剪切特性的研究,可在实施例1的基础上,改变步骤5的实施方式。通过油压系统设置剪切过程初始轴压为100MPa,每次增加50MPa,间隔120s;设置剪切过程初始轴压为200MPa,每次增加50MPa,间隔120s,且轴压与围压变化频率相一致;试验过程中密切注意水平位移量的变化,当观测到水平位移量表18读数为0.4mm时,停止试验;试验结束后,通过计算机图像处理软件PIV对所获得的图片进行分析,得到了在轴压变化下土与结构物剪切时接触面应力和位移的变化过程。

[0039] 本技术领域技术人员可以理解的是,除非另外定义,这里使用的所有术语(包括技术术语和科学术语)具有与本发明所属领域中的普通技术人员的一般理解相同的意义。还应该理解的是,诸如通用字典中定义的那些术语应该被理解为具有与现有技术的上下文中的意义一致的意义,并且除非像这里一样定义,不会用理想化或过于正式的含义来解释。

[0040] 以上实施例仅为说明本发明的技术思想,不能以此限定本发明的保护范围,凡是按照本发明提出的技术思想,在技术方案基础上所做的任何改动,均落入本发明保护范围之内。上面对本发明的实施方式作了详细说明,但是本发明并不限于上述实施方式,在本领域普通技术人员所具备的知识范围内,还可以再不脱离本发明宗旨的前提下做出各种变化。

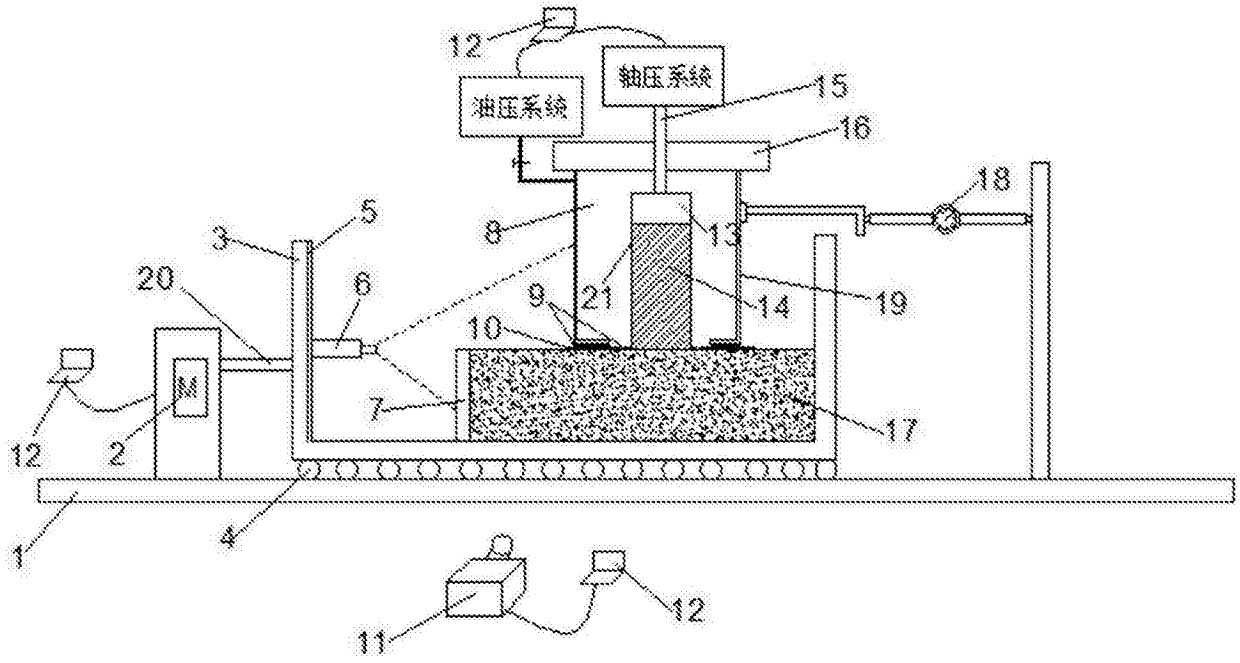


图1

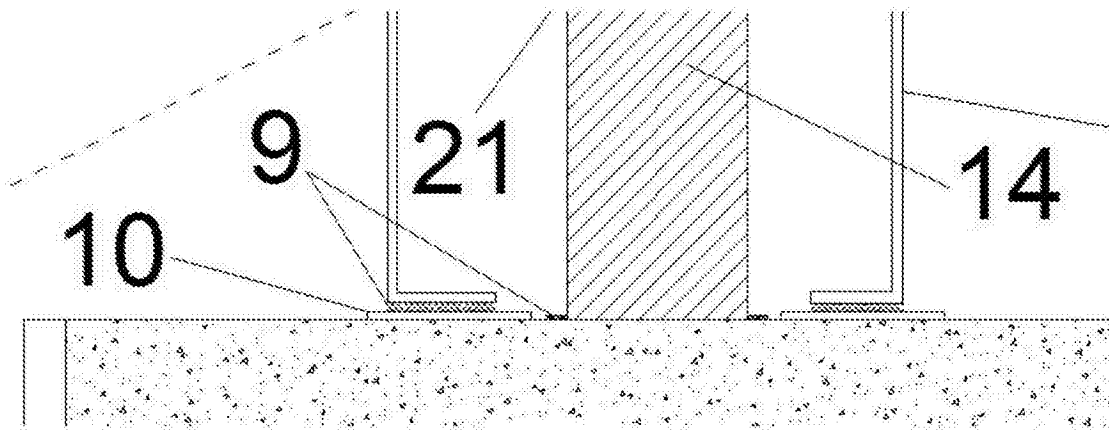


图2