



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109372034 A

(43)申请公布日 2019.02.22

(21)申请号 201811121388.5

(22)申请日 2018.09.25

(71)申请人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市甘井子区凌工
路2号

(72)发明人 刘聪 赵红华 唐小微 魏焕卫

(74)专利代理机构 大连理工大学专利中心
21200

代理人 梅洪玉

(51)Int.Cl.

E02D 33/00(2006.01)

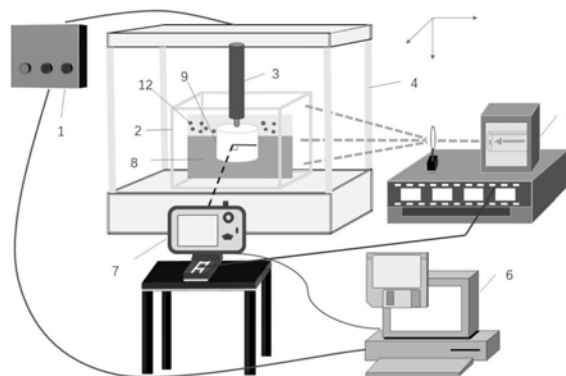
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

上拔过程中吸力桶基础内部破坏机理的试验装置及方法

(57)摘要

本发明属于海洋岩土工程室内模型技术领域,涉及上拔过程中吸力桶基础内部破坏机理的试验装置及方法,通过透明土模型试验结合吸力桶结构以及数字图像技术,在可视化的状态下研究深海吸力基础由于上拔速率不同所产生的不同破坏机理。该试验装置主要由电源、透明土试样模型箱、加载系统、升降试验平台、激光器、电脑、CCD工业相机、吸力桶模型和荧光颗粒组成。本发明可以针对不同区域进行局部分析在上拔过程中的变形演化,通过图像处理技术,根据不同时刻的图片以此来分析吸力桶基础在上拔过程中的变形、内力分布规律;通过追踪荧光粒子观察渗流过程中水流的方向,揭示其破坏机理。装置结构简单、实用性强、技术经济可行。



1. 上拔过程中吸力桶基础内部破坏机理的试验装置,其特征在于,所述的试验装置主要由电源(1)、透明土试样模型箱(2)、加载系统(3)、升降试验平台(4)、激光器(5)、电脑(6)、CCD工业相机(7)、吸力桶模型(9)和荧光颗粒(12)组成;

所述的升降试验平台(4)主要由外壳、实心圆柱杆(4b)、光学平台板(4c)和试验平台底座(4e)组成;所述的实心圆柱杆(4b)共四根,垂直固定在试验平台底座(4e)的四角,实心圆柱杆(4b)外壁上设有套丝(4a);所述的光学平台板(4c)上设有四个通孔,与实心圆柱杆(4b)的位置相对应,实心圆柱杆(4b)穿过光学平台板(4c)上的通孔,光学平台板(4c)通过固定螺帽(4d)固定在实心圆柱杆(4b)上,通过调节光学平台板(4c)在实心圆柱杆(4b)上的位置实现整个平台的升降;所述的外壳为上下开口的长方体结构,套在实心圆柱杆(4b)、光学平台板(4c)和试验平台底座(4e)的外部;

所述的透明土试样模型箱(2)为上部开口的长方体箱体,置于光学平台板(4c)上;透明土试样模型箱(2)内部填充透明土试样,透明土试样模型箱(2)中上部的透明土试样中均匀混有荧光颗粒(12);

所述的吸力桶模型(9)为底部开口、顶部密封的桶型结构,垂直贯入透明土试样中;吸力桶模型(9)的顶部中心设有螺杆(10),用于连接加载系统(3);吸力桶模型(9)的顶部安装有万向水平仪(11),用于控制加载系统(3)与螺杆(10)连接的垂直度;所述的加载系统(3)安装在螺杆(10)上,与吸力桶模型(9)成为一体,加载系统(3)对吸力桶模型(9)稳定施加持续荷载或循环荷载,控制吸力桶模型(9)的贯入速度和上拔速度;

所述的激光器(5)用于提供连续激光光源,激光器(5)位于透明土试样模型箱(2)的侧面,通过柱面透镜照射在吸力桶模型(9)内部,产生扇面激光散斑图像;

所述的CCD工业相机(7)用于拍摄不同时刻激光器(5)在吸力桶模型(9)内部形成的激光散斑图像,CCD工业相机(7)位于透明土试样模型箱(2)的侧面,与激光器(5)所在的透明土试样模型箱(2)的侧面相邻;

所述的加载系统(3)和电脑(6)与电源(1)相连接,所述的激光器(5)和CCD工业相机(7)与电脑(6)相连接。

2. 根据权利要求1所述的上拔过程中吸力桶基础内部破坏机理的试验装置,其特征在于,所述的透明土试样模型箱(2)和吸力桶模型(9)的材质为有机玻璃。

3. 采用如权利要求1或2所述试验装置的方法,其特征在于,具体步骤如下:

步骤一、透明土试样的配置:选用粒径为1-20 μm 的透明土颗粒材料模拟黏土作为透明土试样,孔隙液为3号白油和15号白油的均匀混合溶液;透明土试样置于透明土试样模型箱(2)中,再将孔隙液充入透明土试样模型箱(2)中;将透明土试样模型箱(2)密封抽真空,形成饱和的透明土试样;

步骤二、荧光颗粒(12)填充:将荧光颗粒(12)加入孔隙液中并搅拌均匀,再将混有荧光颗粒(12)的孔隙液填充至透明土试样的上部;

步骤三、吸力桶模型(9)的贯入:通过加载系统(3)将吸力桶模型(9)垂直贯入到透明土试样的指定位置;

步骤四、试验设备连接与布置:将电源(1)、透明土试样模型箱(2)、升降试验平台(4)、激光器(5)、CCD工业相机(7)和电脑(6)完成连接与布置;

步骤五、图像采集设备的调节与安装:调整激光器(5)的激光扇面初始位置,打开激光

器(5)并调节强度;将CCD工业相机(7)的镜头垂直于透明土试样模型箱(2)的侧面,激光器(5)垂直于相邻侧面,使CCD工业相机(7)的镜头垂直于激光散斑的亮面;

步骤六、图像采集:用CCD工业相机(7)记录吸力桶模型(9)在不同加载方式和不同上拔速率作用下激光扇面的初始状态图片;

步骤七、施加荷载:待初始状态的图片采集完毕后,通过加载系统(3)对吸力桶模型(9)施加上拔力,施加荷载的方式为持续荷载或循环荷载;以间隔时间 t 进行定时采样,记录孔隙液上升的高度、透明土颗粒的移动以及渗流的水流方向,直至实验结束;

步骤八、数据后处理:对步骤七中得到的位移和速度数据进行后处理,包括局部滤波法处理局部的异常数据和亚像素插值法给出局部缺失或者异常的数据;

步骤九、分析吸力桶模型(9)内部破坏机理:根据CCD工业相机(7)的标定参数,由所得的像素表示的位移和速度及窗口的位置数据得出对应的灰度值;然后利用两幅图像的相关性分析间隔时间 t 内、目标区域内透明土颗粒的基本形态变化、孔隙率的变化、吸力桶模型(9)桶顶与透明土颗粒顶面之间拓空区孔隙液高度的变化,来分析目标区域的细观变化、局部化变形,追踪变形破坏的产生、发展与演化全过程,实现对观测区域变形的定性与定量分析,以揭示吸力桶模型(9)在不同上拔形式和上拔速率影响下的破坏机理。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述的透明土颗粒材料为熔融石英;所述的孔隙液的折射率为1.4585。

5. 根据权利要求3或4所述的方法,其特征在于,所述的时间间隔 t 为5s。

6. 根据权利要求3或4所述的方法,其特征在于,所述的激光器(5)的强度为3.4A。

7. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述的激光器(5)的强度为3.4A。

上拔过程中吸力桶基础内部破坏机理的试验装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于海洋岩土工程室内模型技术领域,涉及上拔过程中吸力桶基础内部破坏机理的试验装置及方法。

背景技术

[0002] 近年来,深海吸力基础在海上风力发电和海洋石油平台等大型海洋工程中得到了广泛的应用。深海吸力基础在持续和波浪造成的循环上拔力作用下,负压引起向桶内的渗流,渗入水在桶顶与土面间形成拓空区,吸力基础向上位移,使承载力下降甚至失稳。由于不同的上拔速率会使吸力桶基础产生不同的破坏机理,因此研究上拔速率对吸力桶破坏机理的影响对于吸力桶更好的运用于海洋工程中具有重要的意义。但是由于天然土体的不可视化,大部分室内模型试验都采用半模型的方式。目前对于吸力桶破坏机理的研究国内外还大部分依靠数值模拟来讨论,因此,本发明提出了一种基于透明土模型试验研究上拔过程中吸力桶基础破坏机理的试验装置和试验方法。

发明内容

[0003] 为解决上述问题,本发明提供上拔过程中吸力桶基础内部破坏机理的试验装置及方法,不但可以有效的反映海洋工程中吸力桶基础在上拔过程中负压引起向桶内的渗流,吸力桶桶顶与土面之间拓空区的变化以及吸力桶内部土体向上的位移,而且还可以改变上拔力加载的方式,研究持续加载和循环加载的工况,结构简单、实用性强、技术经济可行。

[0004] 为了达到上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0005] 上拔过程中吸力桶基础内部破坏机理的试验装置,通过透明土模型试验结合吸力桶结构以及数字图像技术,在可视化的状态下研究深海吸力基础由于上拔速率不同所产生的不同破坏机理;所述的试验装置主要由电源1、透明土试样模型箱2、加载系统3、升降试验平台4、激光器5、电脑6、CCD工业相机7、吸力桶模型9和荧光颗粒12组成;

[0006] 所述的升降试验平台4主要由外壳、实心圆柱杆4b、光学平台板4c和试验平台底座4e组成;所述的实心圆柱杆4b共四根,垂直固定在试验平台底座4e的四角,实心圆柱杆4b外壁上设有套丝4a;所述的光学平台板4c上设有四个通孔,与实心圆柱杆4b的位置相对应,实心圆柱杆4b穿过光学平台板4c上的通孔,光学平台板4c通过固定螺帽4d固定在实心圆柱杆4b上,通过调节光学平台板4c在实心圆柱杆4b上的位置实现整个平台的升降;所述的外壳为上下开口的长方体结构,套在实心圆柱杆4b、光学平台板4c和试验平台底座4e的外部;

[0007] 所述的透明土试样模型箱2为上部开口的长方体箱体,置于光学平台板4c上;透明土试样模型箱2内部填充透明土试样,透明土试样模型箱2中上部的透明土试样中均匀混有荧光颗粒12;

[0008] 所述的吸力桶模型9为底部开口、顶部密封的桶型结构,垂直贯入透明土试样中;吸力桶模型9的顶部中心设有螺杆10,用于连接加载系统3;吸力桶模型9的顶部安装有万向水平仪11,用于控制加载系统3与螺杆10连接的垂直度;所述的加载系统3安装在螺杆10上,

与吸力桶模型9成为一体,加载系统3对吸力桶模型9稳定施加持续荷载或循环荷载,控制吸力桶模型9的贯入速度和上拔速度;

[0009] 所述的激光器5用于提供连续激光光源,激光器5位于透明土试样模型箱2的侧面,通过柱面透镜照射在吸力桶模型9内部,产生扇面激光散斑图像;

[0010] 所述的CCD工业相机7用于拍摄不同时刻激光器5在吸力桶模型9内部形成的激光散斑图像,CCD工业相机7位于透明土试样模型箱2的侧面,与激光器5所在的透明土试样模型箱2的侧面相邻;

[0011] 所述的加载系统3和电脑6与电源1相连接,所述的激光器5和CCD工业相机7与电脑6相连接。

[0012] 所述的透明土试样模型箱2和吸力桶模型9的材质为有机玻璃。

[0013] 采用上述试验装置的试验方法,具体步骤如下:

[0014] 步骤一、透明土试样的配置:选用粒径为1-20 μm 的透明土颗粒材料模拟黏土作为透明土试样,孔隙液为3号白油和15号白油的均匀混合溶液;透明土试样置于透明土试样模型箱2中,再将孔隙液充入透明土试样模型箱2中;将透明土试样模型箱2密封抽真空,形成饱和的透明土试样;

[0015] 步骤二、荧光颗粒12填充:将荧光颗粒12加入孔隙液中并搅拌均匀,再将混有荧光颗粒12的孔隙液填充至透明土试样的上部;

[0016] 步骤三、吸力桶模型9的贯入:通过加载系统3将吸力桶模型9垂直贯入到透明土试样的指定位置;

[0017] 步骤四、试验设备连接与布置:将电源1、透明土试样模型箱2、升降试验平台4、激光器5、CCD工业相机7和电脑6完成连接与布置;

[0018] 步骤五、图像采集设备的调节与安装:调整激光器5的激光扇面初始位置,打开激光器5并调节强度;将CCD工业相机7的镜头垂直于透明土试样模型箱2的侧面,激光器5垂直于相邻侧面,使CCD工业相机7的镜头垂直于激光散斑亮面;

[0019] 步骤六、图像采集:用CCD工业相机7记录吸力桶模型9在不同加载方式和不同上拔速率作用下激光扇面的初始状态图片;

[0020] 步骤七、施加荷载:待初始状态的图片采集完毕后,通过加载系统3对吸力桶模型9施加上拔力,施加荷载的方式为持续荷载或循环荷载;以间隔时间 t 进行定时采样,记录孔隙液上升的高度、透明土颗粒的移动以及渗流的水流方向,直至实验结束;

[0021] 步骤八、数据后处理:对步骤七中得到的位移和速度数据进行后处理,包括局部滤波法处理局部的异常数据和亚像素插值法给出局部缺失或者异常的数据;

[0022] 步骤九、分析吸力桶模型9内部破坏机理:根据CCD工业相机7的标定参数,由所得的像素表示的位移和速度及窗口的位置数据得出对应的灰度值;然后利用两幅图像的相关性分析间隔时间 t 内、目标区域内透明土颗粒的基本形态变化、孔隙率的变化、吸力桶模型9桶顶与透明土颗粒顶面之间拓空区孔隙液高度的变化,来分析目标区域的细观变化、局部化变形,追踪变形破坏的产生、发展与演化全过程,实现对观测区域变形的定性分析与定量分析,以揭示吸力桶模型9在不同上拔形式和上拔速率影响下的破坏机理。

[0023] 所述的透明土颗粒材料为熔融石英;所述的孔隙液的折射率为1.4585。

[0024] 所述的时间间隔 t 为5s。

[0025] 所述的激光器5的强度为3.4A。

[0026] 本发明的有益效果:基于透明土模型试验,本发明可以直观、形象的呈现出上拔过程吸力桶基础内部的变化状态;相较于现有的试验技术,弥补了由于天然土体的不可视化无法观察吸力桶内部土体变化的不足;可以针对不同区域进行局部分析在上拔过程中的变形演化,通过图像处理技术,根据不同时刻的图片以此来分析吸力桶基础在上拔过程中的变形、内力分布规律;除此之外,通过追踪荧光粒子观察渗流过程中水流的方向,进而揭示其破坏机理。目前对于吸力桶破坏机理的研究主要采用数值模拟的方法,因此本发明提出的试验方法对于深入理解吸力桶在上拔力作用下的破坏机理有着重要意义。

附图说明

[0027] 图1是本发明的整体结构布局示意图;

[0028] 图2是本发明的吸力桶模型的平面图;

[0029] 图3是本发明的吸力桶模型的俯视图;

[0030] 图4是本发明的升降试验平台示意图;

[0031] 图5是荧光颗粒填充吸力桶模型的示意图。

[0032] 图中:1电源;2透明土试样模型箱;3加载系统;4升降试验平台;5激光器;6电脑;7CCD工业相机;8激光散斑切片;9吸力桶模型;10螺杆;11万向水平仪;12荧光颗粒;4a套丝;4b实心圆柱杆;4c光学平台板;4d固定螺帽;4e试验平台底座。

具体实施方式

[0033] 以下结合附图和技术方案,进一步说明本发明的具体实施方式。

[0034] 上拔过程中吸力桶基础内部破坏机理的试验装置,主要由电源1、透明土模型箱2、加载系统3、升降试验平台4、激光器5、电脑6、CCD工业相机7、吸力桶模型9和荧光颗粒12组成。激光器5提供连续激光光源,通过柱面透镜照射在吸力桶模型9内部产生扇面激光散斑图像。吸力桶模型9承受的上拔力通过加载系统3控制,分别施加持续或者循环荷载。CCD工业相机7在拍摄不同时刻激光器在吸力桶模型9内部形成的散斑图像。对不同时刻的两幅图像进行相关性分析,从而获取透明土颗粒运动的位移和速度值及矢量图;观察荧光颗粒12由于渗流作用引起的水流方向。最后通过CCD工业相机7的标定参数得到实际的位移和速度值,从而得到在不同上拔荷载形式以及不同上拔速率作用下的破坏形态。

[0035] 吸力桶模型9如图2所示,采用有机玻璃材料制作,桶的直径为50mm,下部开口上部密封,顶部伸出一根直径为20mm、长度为300mm的套丝的螺杆10。加载系统3下部的螺帽与吸力桶模型9通过螺杆10相连接,构成一个统一的整体结构;吸力桶模型9的顶部如图3所示,上面设有螺杆10和万向水平仪11。

[0036] 升降试验平台4如图4所示,由外壳、四根直径50mm的Q235材质的实心圆柱杆4b、一个尺寸为400mm×250mm×50mm(长×宽×高)的光学试验平台板4c和试验平台底座4e组合而成,实心圆柱杆4b的中部1000mm长度上设有套丝4a,光学试验平台板4c的四个角设有直径为50mm的孔,四根实心圆柱杆4b穿过光学试验平台板4c四个角的孔,通过上下两个固定螺帽4d进行固定,通过光学试验平台板4c上安置的水平水准仪来调节水平。升降试验平台4可以根据试验要求,提供不同的试验操作空间,避免较大上拔速度下,因吸力桶模型9贯

入透明土试样深度较浅影响试验现象。

[0037] 在制备透明土试样时,将透明土颗粒利用“分层振捣击实法”填充到有机玻璃材料制作的透明土试样模型箱2中,再利用软管沿透明土试样模型箱2的内箱壁从下向上慢慢充满孔隙液体,并且将透明土试样模型箱2用塑料膜封闭后抽真空2个小时,最终在透明土试样模型箱2中配置成饱和透明土试样。

[0038] 如图1中所示,采用加载系统3对吸力桶模型9进行贯入操作时,加载系统3的速度控制为0.1mm/s,防止速度过快对透明土试样扰动过大,影响后续的图片采集对比;吸力桶模型9贯入的位置处于透明土试样的中心位置,同时通过螺杆10严格控制贯入过程中吸力桶模型9进入透明土试样的垂直度。

[0039] 如图5所示,在将荧光颗粒12加入到透明土试样时,需要先取一小烧杯的孔隙液,将荧光颗粒12添加进烧杯的孔隙液中,用玻璃棒搅拌均匀,再通过玻璃棒引流至透明土试样的上部,确保荧光颗粒12在透明土上方的孔隙液体内部均匀分布。

[0040] 激光扇面的初始位置如图1所示,激光器5投射出的激光正对吸力桶模型9的中间截面位置,使激光扇面与吸力桶模型9的轴对称面重合。

[0041] 调整电脑6和CCD工业相机7进行图像采集,选择自动拍照按钮,使CCD工业相机7以5s的时间间隔进行持续拍照;控制加载系统3的上拔速度,使其分别以 $V_1=1\text{mm/s}$ 、 $V_2=5\text{mm/s}$ 、 $V_3=10\text{mm/s}$ 、 $V_4=20\text{mm/s}$ 进行对比试验,另外改变加载系统3上拔的不同方式进行对比试验。

[0042] 根据采集的不同时刻、不同试验条件下的激光散斑切片8的图像,采用Matlab程序提取图像灰度值,对比分析其位移和速度变量,对最终数据进行处理,得出其位移场、应变场、位移矢量图,进而探究其破坏机理。

[0043] 上拔过程中吸力桶基础内部破坏机理的试验方法,具体步骤如下:

[0044] 步骤一、透明土试样的配置:选用粒径为1-20 μm 的透明土颗粒材料—熔融石英模拟黏土,防止孔隙率较高,渗流过大;孔隙液采用3号白油和15号白油按照体积比3:23的均匀混合溶液,通过阿贝折射仪配置测得孔隙液折射率为1.4585。透明土试样置于透明土试样模型箱2中,再将孔隙液充入透明土试样模型箱2中;将透明土试样模型箱2密封抽真空,形成饱和的透明土试样。

[0045] 步骤二、荧光颗粒12填充:将荧光颗粒12加入孔隙液中并搅拌均匀,再将混有荧光颗粒12的孔隙液填充至透明土试样的上部。

[0046] 步骤三、吸力桶模型9的贯入:通过加载系统3将吸力桶模型9垂直贯入到透明土试样的指定位置。

[0047] 步骤四、试验设备连接与布置:根据试验设计方案将电源1、透明土试样模型箱2、升降试验平台4、激光器5、CCD工业相机7和电脑6及图像采集控制软件完成连接与布置,放置在指定位置,设备布置图如图1所示。

[0048] 步骤五、图像采集设备的调节与安装:调整激光扇面初始位置,打开激光器5,将激光器5的强度调至3.4A,同时将CCD工业相机7的镜头垂直于透明土试样模型箱2侧面(XOZ面),激光器5垂直于相邻侧面(YOZ面),最终使CCD工业相机7的镜头垂直于激光散斑亮面。

[0049] 步骤六、图像采集:用CCD工业相机7记录吸力桶模型9在不同加载方式和不同上拔速率作用下激光扇面的初始状态图片。

[0050] 步骤七、施加荷载:待初始状态的图片采集完毕后,通过加载系统3对吸力桶模型9施加上拔力(持续荷载或循环荷载);以5s为一个间隔进行定时采样,记录孔隙液上升的高度、土颗粒的移动以及渗流的水流方向,直至实验结束。

[0051] 步骤八、数据后处理:对得到的数据(位移和速度)进行后处理,包括局部滤波法处理局部的异常数据和亚像素插值法给出局部缺失或者异常的数据。

[0052] 步骤九、分析吸力桶模型9内部破坏机理:根据CCD工业相机7的标定参数,由所得的像素表示的位移和速度及窗口的位置等数据得出对应的灰度值。然后利用两幅图像的相关性可以分析间隔时间 t 内目标区域内透明土颗粒的基本形态变化、孔隙率的变化、吸力桶模型9桶顶与透明土颗粒材料顶面之间拓空区孔隙液高度的变化,来分析目标区域的细观变化、局部化变形,追踪变形破坏的产生、发展与演化全过程,实现对观测区域变形的定性与定量分析,以达到揭示吸力桶模型9在不同上拔形式和上拔速率影响下的破坏机理。

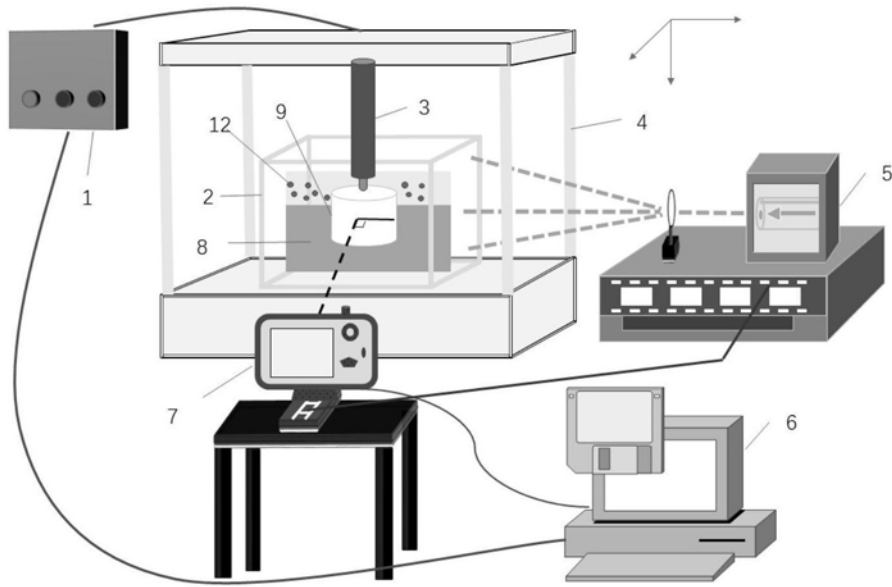


图1

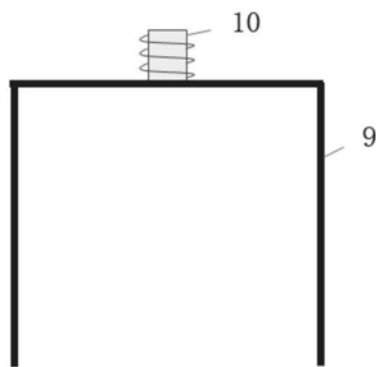


图2

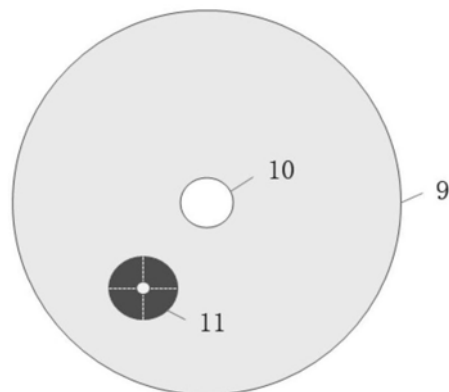


图3

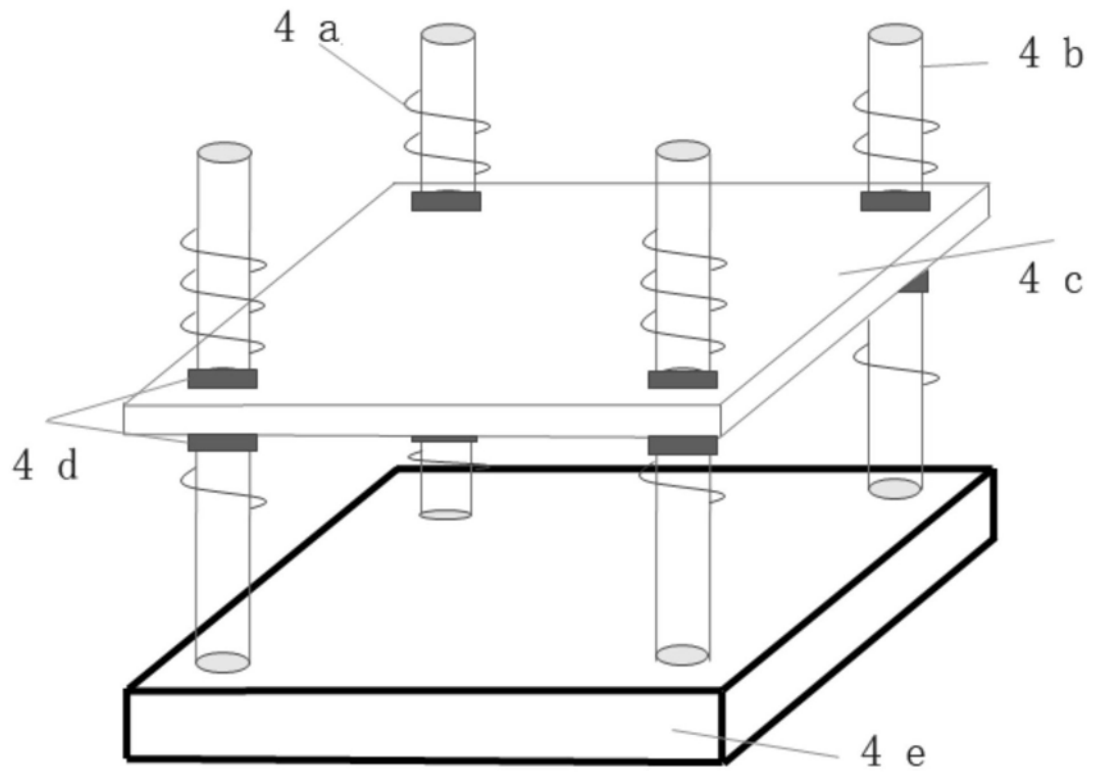


图4

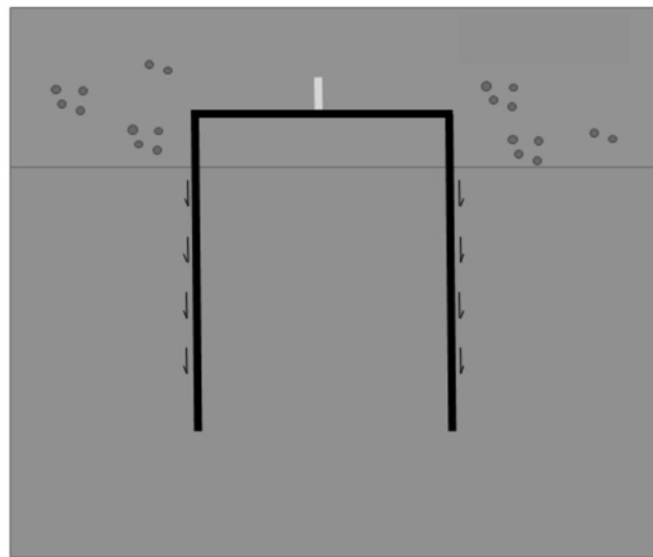


图5