



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109537651 A

(43)申请公布日 2019.03.29

(21)申请号 201910023749.0

(22)申请日 2019.01.10

(71)申请人 哈尔滨工业大学(深圳)

地址 518000 广东省深圳市南山区桃源街  
道深圳大学城哈尔滨工业大学校区

申请人 深圳市港科岩土工程技术咨询有限  
公司

(72)发明人 陈锐 陆钊 罗锦华 吕虎

(74)专利代理机构 深圳市添源知识产权代理事  
务所(普通合伙) 44451

代理人 黎健任

(51)Int.Cl.

E02D 33/00(2006.01)

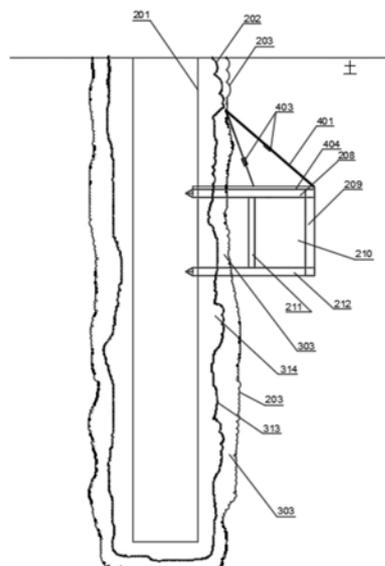
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种现场桩身双向侧阻力试验装置及其测试方法

(57)摘要

本发明提供了一种现场桩身双向侧阻力试验装置及其测试方法,包括:试验桩和加载装置;所述加载装置设置在所述试验桩外侧,其中方法,步骤一,试验桩桩身开挖;步骤二,安装加载装置固定件;步骤三,依次安装和组装液压腔围压加载系统、水平荷载加载系统和竖向荷载加载系统;步骤四,进行试验调试、测试,直至完成。本发明克服了传统桩阻力测试方法的缺点,为建筑工程的桩阻力测试提供了一种新型装置及测试方法,适合各种陆域水域的工程勘察检测。



1. 一种现场桩身双向侧阻力试验装置,其特征在于,包括:试验桩(101)和加载装置;所述加载装置设置在所述试验桩(101)外侧,其中,

所述试验桩(101),其由试验桩设置桩形(201)、试验桩实际成桩桩形(202)和桩身泥皮构成;所述试验桩设计桩形(201)呈圆柱形设置在所述试验桩(101)的中心,所述试验桩实际成桩桩形(202)呈凹凸曲面包覆在所述试验桩设计桩形(201)的外侧,所述桩身泥皮不均匀的填充在所述试验桩实际成桩桩形(202)的外侧;

所述加载装置,其安装于试验桩(101)外侧,由加载装置固定件、液压腔围压加载系统、竖向荷载加载系统以及水平荷载加载系统组成;所述加载装置固定件为两排打入所述试验桩(101)中的固定反力锚(208),所述液压腔围压加载系统设置在所述加载装置固定件中间,所述竖向荷载加载系统和所述水平荷载加载系统用于对所述试验桩(101)竖向和水平方向进行荷载加载。

2. 根据权利要求1所述的现场桩身双向侧阻力试验装置,其特征在于,两排所述固定反力锚(208)分别置于测试研究桩身部位(103)的上边界(104)和下边界(105)处。

3. 根据权利要求1所述的现场桩身双向侧阻力试验装置,其特征在于,所述液压腔围压加载系统紧密包绕在所述试验桩(101)的外侧,其由液压腔内膜(211)、施加压力的液压腔(210)和液压腔外膜(209)组成,其中,所述液压腔内膜(211)紧贴填充在所述桩身泥皮的桩身泥皮外轮廓(203)外侧的土体。

4. 根据权利要求1所述的现场桩身双向侧阻力试验装置,其特征在于,所述竖向荷载加载系统,其由多根高强度伸缩轴力杆(401)、多个轴力加载单元(403)和竖向荷载作用板(405)组成,每根所述高强度伸缩轴力杆安装1个所述轴力加载单元,每根所述高强度可伸缩轴力杆的一端通过固结支点(402)连接在一起,其另一端分别通过可临时固结支点(404)固定于所述竖向荷载作用板(405)上由所述轴力加载单元(403)控制,每个所述可临时固结支点(404)上都设置一个竖向位移计(406)用于竖向荷载作用板的竖向位移可以实时监测。

5. 根据权利要求1所述的现场桩身双向侧阻力试验装置,其特征在于,所述水平荷载加载系统,包括两个球铰支座(311)、可伸缩弯曲轴力杆(309)、油压泵和变形刻度尺(315),所述可伸缩弯曲轴力杆(309)的两端分别通过一个所述球铰支座(311)将水平荷载均匀的传递至密封板上,进而加载于桩土接触面试样以提供水平侧向剪应力。

6. 根据权利要求1所述的现场桩身双向侧阻力试验装置的测试方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤一,试验桩桩身开挖:

根据试验桩桩身位置,将试验桩的周围的土竖向开挖至拟测试的测试研究桩身部位(103)的下边界(105),然后水平挖土,挖至距离桩周外沿0.5米处;其中,试验桩的试验桩设计桩形(201)是规则的柱状形,由于施工等因素影响,试验桩实际成桩桩形(202)是有起伏的凹凸曲线,桩身泥皮和桩身泥皮外轮廓(203)分布不均匀;

步骤二,安装加载装置固定件;

步骤三,依次安装和组装液压腔围压加载系统、水平荷载加载系统和竖向荷载加载系统;

步骤四,进行试验调试、测试,直至完成。

7. 根据权利要求6所述的现场桩身双向侧阻力试验装置的测试方法,其特征在于,其步

骤二的安装加载装置固定件为将两排固定反力锚(208),每排8根,分别绕桩身一周固定在测试研究桩身部分(103)的上边界(104)和下边界(105),将固定反力锚(208)打入桩身混凝土(314)中,每排固定反力锚(208)保持在同一个平面内,上边界(104)处的相邻的固定反力锚(208)之间用竖向荷载作用板(405)连接;下边界(105)处相邻的固定反力锚(208)之间用液压腔密封底板(212)连接,上边界(104)和下边界(105)对称留出一组固定反力锚(208)置空以安装水平荷载加载系统。

8.根据权利要求6所述的现场桩身双向侧阻力试验装置的测试方法,其特征在于,步骤四中安装液压腔围压加载系统,是在固定反力锚(208)中间位置绕桩身周围土一圈紧贴液压腔内膜(211),紧贴液压腔内膜(211)与竖向荷载作用板(405)、液压腔密封底板(212)及液压腔外膜(209)围成密封的液压腔装置,将密封成的液压腔装置绕所测桩身圆柱体一周,通过压力体积控制仪接口(308)连接压力体积控制器。

9.根据权利要求6所述的现场桩身双向侧阻力试验装置的测试方法,其特征在于,步骤四中的安装水平荷载加载系统是在置空留出的一组固定反力锚(208)的每一对上下排的固定反力锚(208)之间用密封板连接,在两密封板之间安装水平荷载加载装置。

## 一种现场桩身双向侧阻力试验装置及其测试方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及建筑工程的测试装置技术领域,特别涉及一种现场桩身双向侧阻力试验装置及其测试方法。

### 背景技术

[0002] 现有较常用的桩身侧阻力试验测试技术较传统,常规的方法桩身侧阻力试验方法分为两种。

[0003] 一种是现场工程桩荷载试验方法是在桩身预埋置钢筋应力计,在桩顶加载竖向荷载或者水平荷载,测量桩身的轴向应力,桩顶变形和加载荷载,经过计算和分析间接得到桩身的侧阻力。此种方法最明显的缺陷是,通过桩身轴力与桩顶荷载的作差和分析得到桩身侧阻力,而不能直接测量桩土接触面的桩身侧阻力,计算中的假设会导致分析结果与实际桩身侧阻力发挥规律的误差,不能真实反映桩身侧阻力的作用规律。除此之外,现场桩身侧阻力的试验方法还有其他不足,比如加载荷载普遍采用重力荷载标准块,当长桩和大直径桩实验时,这样导致的结果是需要较多的重力荷载标准块,极大的加载平台和上部试验空间,这些传统的试验方法导致了试验操作不精准,而且需要较多工作量。

[0004] 另一种桩身侧阻力的测试方法是实验室内进行桩土接触面的直剪试验,这种方法可以较准确,精准的进行实验测试并监测侧阻力的变化,但是由于实验室内的桩土接触面的试样制备(制备的试样包括混凝土,泥皮,土三种成份)主要是根据经验和文献配置的。这种经验性的,均匀的,理想的试样并不能反映现场实际桩基础的混凝土,泥皮,土的成份以及他们的几何分布情况。因此,用实验室的桩土接触面直剪试验的试验结果来分析实际工程中的桩侧阻力作用规律,有可能可以反映出桩侧阻力的大致规律,但是不可避免地存在着很多误差。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于针对现有技术中的不足,提供一种现场桩身双向侧阻力试验装置及其方法。

[0006] 技术方案:

[0007] 为实现上述目的,本发明提供了一种现场桩身双向侧阻力试验装置,包括:试验桩和加载装置;所述加载装置设置在所述试验桩外侧,其中,

[0008] 所述试验桩,其由试验桩设置桩形、试验桩实际成桩桩形和桩身泥皮构成;所述试验桩设计桩形呈圆柱形设置在所述试验桩的中心,所述试验桩实际成桩桩形呈凹凸曲面包覆在所述试验桩设计桩形的外侧,所述桩身泥皮不均匀的填充在所述试验桩实际成桩桩形的外侧;

[0009] 所述加载装置,其安装于试验桩外侧,由加载装置固定件、液压腔围压加载系统、竖向荷载加载系统以及水平荷载加载系统组成;所述加载装置固定件为两排打入所述试验桩中的固定反力锚,所述液压腔围压加载系统设置在所述加载装置固定件中间,所述竖向

荷载加载系统和所述水平荷载加载系统用于对所述试验桩竖向和水平方向进行荷载加载。

[0010] 优选地,上述技术方案中,两排所述固定反力锚分别置于测试研究桩身部位(103)的上边界和下边界处。

[0011] 优选地,上述技术方案中,所述液压腔围压加载系统紧密包绕在所述试验桩的外侧,其由液压腔内膜、施加压力的液压腔和液压腔外膜组成,其中,所述液压腔内膜紧贴填充在所述桩身泥皮的桩身泥皮外轮廓外侧的土体。

[0012] 优选地,上述技术方案中,所述竖向荷载加载系统,其由多根高强度伸缩轴力杆、多个轴力加载单元和竖向荷载作用板组成,每根所述高强度伸缩轴力杆安装1个所述轴力加载单元,每根所述高强度可伸缩轴力杆的一端通过固结支点连接在一起,其另一端分别通过可临时固结支点固定于所述竖向荷载作用板上由所述轴力加载单元控制,每个所述可临时固结支点上都设置一个竖向位移计用于竖向荷载作用板的竖向位移可以实时监测。

[0013] 优选地,上述技术方案中,所述水平荷载加载系统,包括两个球铰支座、可伸缩弯曲轴力杆、油压泵和变形刻度尺,所述可伸缩弯曲轴力杆的两端分别通过一个所述球铰支座将水平荷载均匀的传递至密封板上,进而加载于桩土接触面试样以提供水平侧向剪应力。

[0014] 本发明的另一个目的在于现场桩身双向侧阻力试验装置的测试方法,其特征在于,包括如下步骤:

[0015] 步骤一,试验桩桩身开挖:

[0016] 根据试验桩桩身位置,将试验桩的周围的土竖向开挖至拟测试的测试研究桩身部位的下边界,然后水平挖土,挖至距离桩周外沿0.5米处;其中,试验桩的试验桩设计桩形是规则的柱状形,由于施工等因素影响,试验桩实际成桩桩形是有起伏的凹凸曲线,桩身泥皮和桩身泥皮外轮廓分布不均匀;

[0017] 步骤二,安装加载装置固定件;

[0018] 步骤三,依次安装和组装液压腔围压加载系统、水平荷载加载系统和竖向荷载加载系统;

[0019] 步骤四,进行试验调试、测试,直至完成。

[0020] 优选地,上述技术方案中,其步骤二的安装加载装置固定件为将两排固定反力锚,每排8根,分别绕桩身一周固定在测试研究桩身部分的上边界和下边界,将固定反力锚打入桩身混凝土中,每排固定反力锚保持在同一个平面内,上边界处的相邻的固定反力锚之间用竖向荷载作用板连接;下边界处相邻的固定反力锚之间用液压腔密封底板连接,上边界和下边界对称留出一组固定反力锚置空以安装水平荷载加载系统。

[0021] 优选地,上述技术方案中,步骤四中安装液压腔围压加载系统,是在固定反力锚中间位置绕桩身周围土一圈紧贴液压腔内膜,紧贴液压腔内膜与竖向荷载作用板、液压腔密封底板及液压腔外膜围成密封的液压腔装置,将密封成的液压腔装置绕所测桩身圆柱体一周,通过压力体积控制仪接口连接压力体积控制器。

[0022] 优选地,上述技术方案中,步骤四中的安装水平荷载加载系统是在置空留出的一组固定反力锚的每一对上下排的固定反力锚之间用密封板连接,在两密封板之间安装水平荷载加载装置。

[0023] 与现有技术相比,本发明具有如下有益效果:

[0024] (1) 本发明的装置既可以测桩身竖向侧阻力,也可以测桩身水平侧阻力,实现了现场桩侧阻力的试验测试,克服了传统的现场荷载试验方法的间接计算推导桩身侧阻力的误差,和实验室配置桩土接触面试样的不真实试验结果。

[0025] (2) 液压腔围压加载系统采用了液压腔和内外双膜结构进行加载,由压力体积控制仪控制的液压腔可以实现大量程、高灵敏度的荷载加载条件,同时,膜结构可以达到均匀的荷载传递目的,从而使得围压加载均匀,准确,科学,合理。此外,液压腔的体积变化测量可以得到测试对象的体积变化,因此在实验过程中可以得到桩土接触面试样的体积变化。

[0026] (3) 本发明中水平荷载加载系统采用了油压泵控制可伸缩弯曲轴力杆的方法施加水平荷载,此种方法同样具有大量程加载,结构轻便的优点。同时,采用两个球铰支座,可以均匀的传递荷载,使得试样受力相比传统方法更加合理。由于加入了变形刻度尺,可以实时测得水平变形。

[0027] (4) 竖向荷载加载系统采用了多根高强度可伸缩轴力杆同时加载,通过轴力加载单元分别控制轴力大小的方法,可以达到施加微竖向轴力增量步,精细实时调整竖向荷载的目的,同时,多个位移计可以实时监测竖向沉降,反映桩竖向侧阻力发挥的程度。

[0028] (5) 本发明的效果是该装置结构简单,使用方便,易于搬运,可重复使用,不用实际试桩,成本少,费用低,效费比高,能够模拟地基土在基桩作用下的实际受力变形状况,可在基桩设计施工前提供桩阻力相关参数,并辅助提供地基土的剪切模量、压缩模量等参数。

## 附图说明

[0029] 图1是根据本发明桩身双向侧阻力试验装置的测试应用的纵剖面结构示意图。

[0030] 图2是根据本发明桩身双向侧阻力试验装置的桩身竖向和水平侧阻力测试示意图。

[0031] 图3是根据本发明桩身双向侧阻力试验装置的水平面截面俯视图。

[0032] 图4是根据本发明桩身竖向加载装置的1/4部位的结构示意图(A-B剖面图);

[0033] 图5是根据本发明的围压加载装置的1/4部位的结构示意图;

[0034] 主要附图标记说明:

[0035] 101-试验桩,103-测试研究桩身部位,104-上边界,105-下边界,106-桩身水平侧阻力,107-桩身竖向侧阻力示意;

[0036] 201-试验桩设计桩形,202-试验桩实际成桩桩形,203-桩身泥皮外轮廓,

[0037] 405-竖向荷载作用平板,208-固定反力锚,209-液压腔外膜,210-液压腔,211-液压腔内膜,212-液压腔密封底板;

[0038] 303-桩身泥皮区域,308-压力体积控制仪接口,309-可伸缩弯曲轴力杆,310-连接油压泵接口,311-球铰支座,313-试验桩实际成桩外轮廓,314-桩身混凝土,315-变形刻度尺;

[0039] 401-高强度可伸缩轴力杆,402-固结支点,403-轴力加载单元,404-可临时固结支点,405-竖向荷载作用板,406-位移计。

## 具体实施方式

[0040] 下面结合附图,对本发明的具体实施方式进行详细描述,但应当理解本发明的保

护范围并不受具体实施方式的限制。

[0041] 除非另有其它明确表示,否则在整个说明书和权利要求书中,术语“包括”或其变换如“包含”或“包括有”等等将被理解为包括所陈述的元件或组成部分,而并未排除其它元件或其它组成部分。

[0042] 图1显示了根据本发明优选实施方式的一种现场桩身双向侧阻力试验装置的测试应用的纵剖面结构示意图。

[0043] 如图1所示,一种现场桩身双向侧阻力试验装置,包括:试验桩101和加载装置;加载装置设置在试验桩101外侧,其中,

[0044] 如图1和图2所示,试验桩101,其由试验桩设置桩形201、试验桩实际成桩桩形202和桩身泥皮构成;试验桩设计桩形201呈圆柱形设置在试验桩101的中心,试验桩实际成桩桩形202呈凹凸曲面包覆在试验桩设计桩形201的外侧,其最外侧形成试验桩实际成桩外轮廓313,桩身泥皮不均匀的填充在试验桩实际成桩桩形202的外侧,形成桩身泥皮区域303。

[0045] 加载装置,其安装于试验桩101外侧具体是在如图2中所示的测试研究桩身部位103,如图1和图3所示加载装置由加载装置固定件、液压腔围压加载系统、竖向荷载加载系统以及水平荷载加载系统组成;加载装置固定件为两排打入试验桩101中的固定反力锚208,液压腔围压加载系统设置在加载装置固定件中间,竖向荷载加载系统和水平荷载加载系统用于对试验桩101竖向和水平方向进行荷载加载。优选的,两排固定反力锚208分别置于测试研究桩身部位103的上边界104和下边界105处。

[0046] 液压腔围压加载系统紧密包绕在试验桩101的外侧,其如图5所示由液压腔内膜211、施加压力的液压腔210和液压腔外膜209组成,其中,液压腔内膜211紧贴填充在桩身泥皮的桩身泥皮外轮廓203外侧的土体。液压腔围压加载系统通过连接压力体积控制器(图中为画出),可以高精度,大量程的加载液压,以给桩土接触面提供较大范围的围压试验条件,并同时测量液体体积的大小变化,以达到测量研究对象的体积变化的目的。

[0047] 竖向荷载加载系统,其如图4(其选择图3的2-2截面和3-3截面)所示由多根(本实施例中优选32根,每8根为一组)高强度伸缩轴力杆401、多个(本实施例中优选32个,每8个为一组)轴力加载单元403和竖向荷载作用板405组成,每根高强度伸缩轴力杆安装1个轴力加载单元,每根高强度可伸缩轴力杆的一端通过固结支点402连接在一起,其另一端分别通过可临时固结支点404固定于竖向荷载作用板405上由轴力加载单元403控制,每个可临时固结支点404上都设置一个竖向位移计406用于竖向荷载作用板的竖向位移可以实时监测,本发明的竖向荷载系统可以将施加荷载通过高强度可伸缩轴力杆均匀的作用于竖向荷载作用板405,结合位移计406,可以达到竖向荷载加载和桩身竖向位移测量的目的,从而可测得桩身竖向侧摩阻力和竖向变形,有利于用于分析桩身竖向侧阻力的变化规律,适应用于桩基础工程设计和施工。

[0048] 水平荷载加载系统,包括两个球铰支座311、可伸缩弯曲轴力杆309、油压泵和变形刻度尺315,可伸缩弯曲轴力杆309的两端分别通过一个球铰支座311将水平荷载均匀的传递至密封板上,进而加载于桩土接触面试样以提供水平侧向剪应力。具体是油压泵(图中为画出)通过连接油压泵接口310向可伸缩弯曲轴力杆309提供所需的轴力,可伸缩弯曲轴力杆309通过两个球铰支座311可以将水平荷载均匀的传递至密封板,进而加载于桩土接触面试样,提供试验所需的水平侧向剪应力,从而实现水平侧阻力的测量试验。同时,可伸缩弯

曲轴力杆309上有变形刻度尺315,可以实时监测试验对象的变形和体变,以达到试验要求测量水平侧阻力和水平变形的目的。

[0049] 本发明的另一个目的在于提供一种现场桩身双向侧阻力试验装置的测试方法,包括如下步骤:

[0050] 步骤一,试验桩桩身开挖:

[0051] 根据试验桩桩身位置,将试验桩的周围的土竖向开挖至拟测试的测试研究桩身部位103的下边界105,然后水平挖土,挖至距离桩周外沿0.5米处;其中,试验桩的试验桩设计桩形201是规则的柱状形,由于施工等因素影响,试验桩实际成桩桩形202是有起伏的凹凸曲线,桩身泥皮和桩身泥皮外轮廓203分布不均匀,但是不均匀范围远远小于0.5米,因此挖到距离桩身混凝土0.5米可以保证后续安装加载试验装置中同时包含三种物质桩身混凝土,桩身泥皮,土,从而满足测量桩身侧阻力的试验要求和目的。

[0052] 步骤二,安装加载装置固定件;

[0053] 具体过程是:将两排固定反力锚208,每排8根,分别绕桩身一周固定在测试研究桩身部分103的上边界104和下边界105,将固定反力锚208打入桩身混凝土314中,每排固定反力锚208保持在同一个平面内,上边界104处的相邻的固定反力锚208之间用竖向荷载作用板405连接;下边界105处相邻的固定反力锚208之间用液压腔密封底板212连接,上边界105和下边界105对称留出一组固定反力锚208置空以安装水平荷载加载系统,。

[0054] 步骤三,依次安装和组装液压腔围压加载系统、水平荷载加载系统和竖向荷载加载系统;

[0055] 具体过程是:

[0056] 安装液压腔围压加载系统,是在固定反力锚208中间位置绕桩身周围土一圈紧贴液压腔内膜211,紧贴液压腔内膜211与竖向荷载作用板405、液压腔密封底板212及液压腔外膜209围成密封的液压腔装置,将密封成的液压腔装置绕所测桩身圆柱体一周,通过压力体积控制仪接口308连接压力体积控制器;

[0057] 安装水平荷载加载系统,是在置空留出的一组固定反力锚208的每一对上下排的固定反力锚208之间用密封板连接,在两密封板之间安装水平荷载加载装置;在安装前,先将可伸缩弯曲轴力杆309的两端分别通过一个球铰支座311的输入端安装连接,再将球铰支座311的输出端固定连接到密封板,以使得水平荷载均匀的传递至密封板上,进而加载于桩土接触面试样以提供水平侧向剪应力。

[0058] 安装竖向荷载加载系统,考虑到试验结构的对称性,对称设置的高强度伸缩轴力杆401,每根高强度伸缩轴力杆401上都安装有1个轴力加载单元403,其另一端分别通过可临时固结支点404固定于竖向荷载作用板405上由轴力加载单元403控制。竖向荷载系统可以将施加荷载通过高强度可伸缩轴力杆均匀的作用于竖向荷载作用板,每个可临时固结支点404上都设置一个竖向位移计406用于竖向荷载作用板的竖向位移可以实时监测。综上,竖向荷载加载试验系统可以达到竖向荷载加载和桩身竖向位移测量的目的,从而可测得桩身竖向侧摩阻力和竖向变形,用于分析桩身竖向侧阻力的变化规律,服务桩基础工程设计和施工。

[0059] 步骤四,进行试验调试、测试,直至完成。

[0060] 在本发明发的检测方法如图1所示,一定深度下的桩身侧阻力主要由两种侧阻力

组成,一种是沿桩长方向的桩身竖向侧阻力,另一种是沿桩周长切线方向环绕的桩身水平侧阻力。其中,桩身竖向侧阻力负责提供竖向抗力,高层建筑结构的上部荷载传递与沉降控制皆与桩身竖向侧阻力有关;桩身水平侧阻力负责提供水平抗力,例如基坑支护,边坡稳定,海洋平台基础的稳定等都由桩身侧阻力决定。

[0061] 综上所述,本发明的实施例具有如下效果:

[0062] (1) 本发明的装置既可以测桩身竖向侧阻力,也可以测桩身水平侧阻力,实现了现场桩侧阻力的试验测试,克服了传统的现场荷载试验方法的间接计算推导桩身侧阻力的误差,和实验室配置桩土接触面试样的不真实试验结果。

[0063] (2) 液压腔围压加载系统采用了液压腔和内外双膜结构进行加载,由压力体积控制仪控制的液压腔可以实现大量程、高灵敏度的荷载加载条件,同时,膜结构可以达到均匀的荷载传递目的,从而使得围压加载均匀,准确,科学,合理。此外,液压腔的体积变化测量可以得到测试对象的体积变化,因此在实验过程中可以得到桩土接触面试样的体积变化。

[0064] (3) 本发明中水平荷载加载系统采用了油压泵控制可伸缩弯曲轴力杆的方法施加水平荷载,此种方法同样具有大量程加载,结构轻便的优点。同时,采用两个球铰支座,可以均匀的传递荷载,使得试样受力相比传统方法更加合理。由于加入了变形刻度尺,可以实时测得水平变形。

[0065] (4) 竖向荷载加载系统采用了多根高强度可伸缩轴力杆同时加载,通过轴力加载单元分别控制轴力大小的方法,可以达到施加微竖向轴力增量步,精细实时调整竖向荷载的目的,同时,多个位移计可以实时监测竖向沉降,反映桩竖向侧阻力发挥的程度。

[0066] (5) 本发明的效果是该装置结构简单,使用方便,易于搬运,可重复使用,不用实际试桩,成本少,费用低,效费比高,能够模拟地基土在基桩作用下的实际受力变形状况,可在基桩设计施工前提供桩阻力相关参数,并辅助提供地基土的剪切模量、压缩模量等参数。

[0067] 前述对本发明的具体示例性实施方案的描述是为了说明和例证的目的。这些描述并非想将本发明限定为所公开的精确形式,并且很显然,根据上述教导,可以进行很多改变和变化。对示例性实施例进行选择 and 描述的目的在于解释本发明的特定原理及其实际应用,从而使得本领域的技术人员能够实现并利用本发明的各种不同的示例性实施方案以及各种不同的选择和改变。本发明的范围意在由权利要求书及其等同形式所限定。

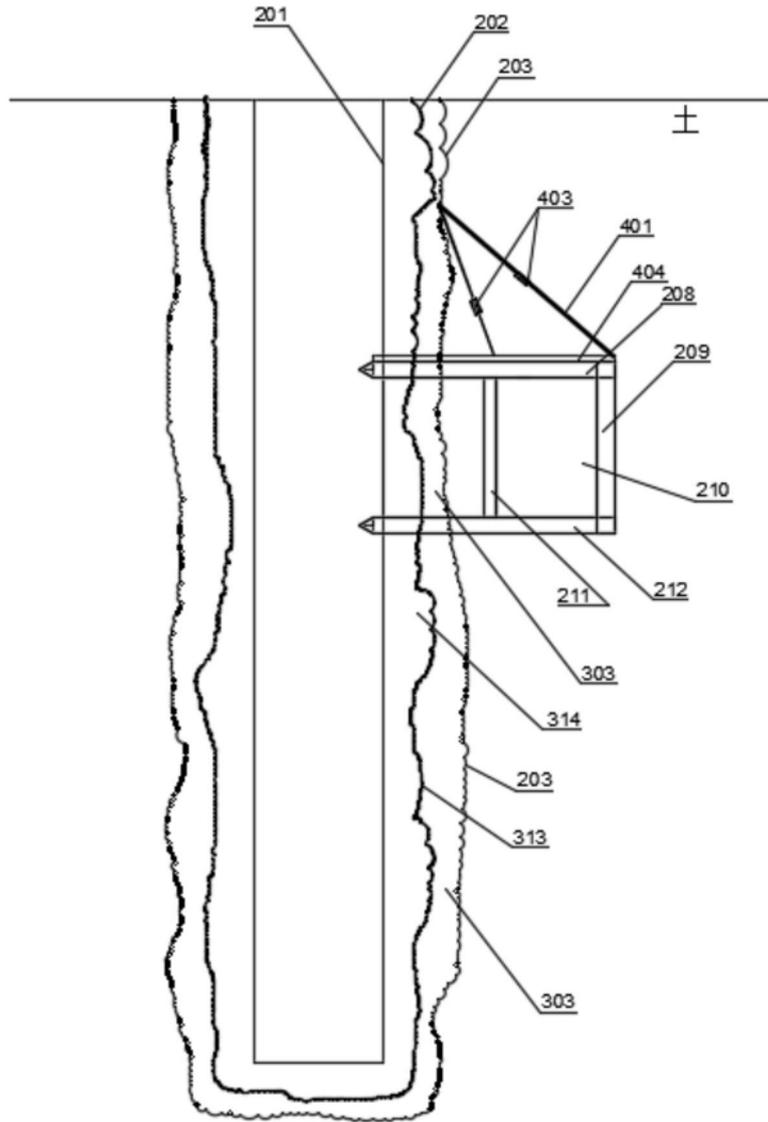


图1

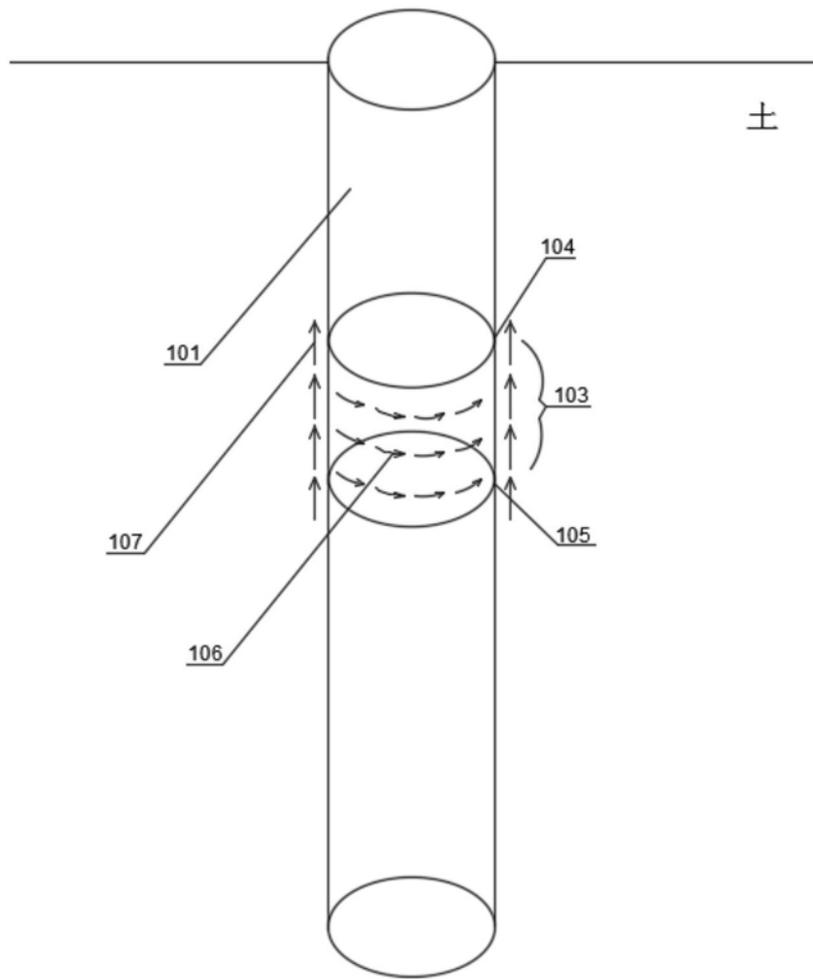


图2

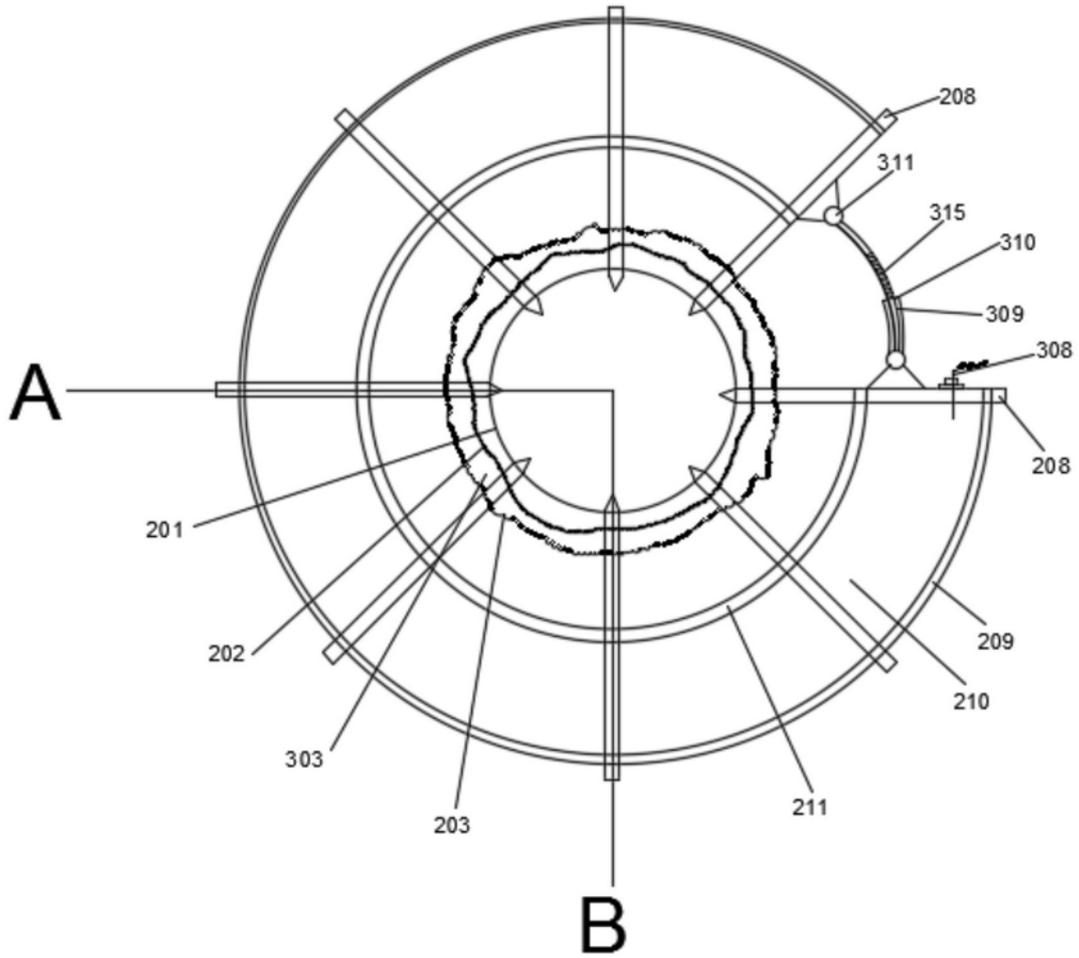


图3

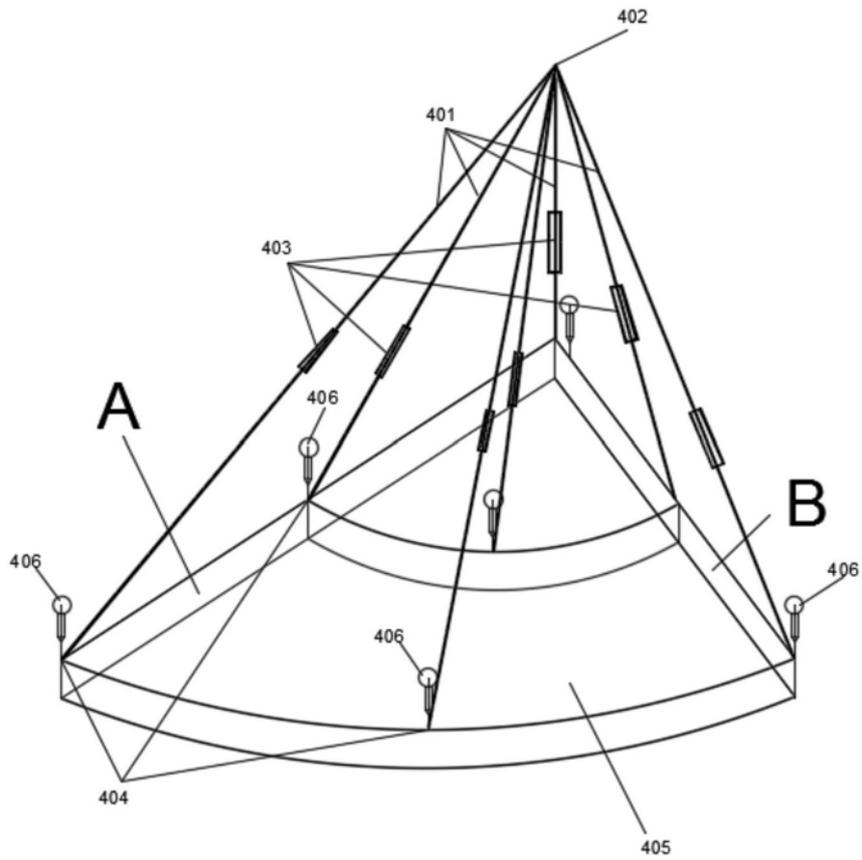


图4

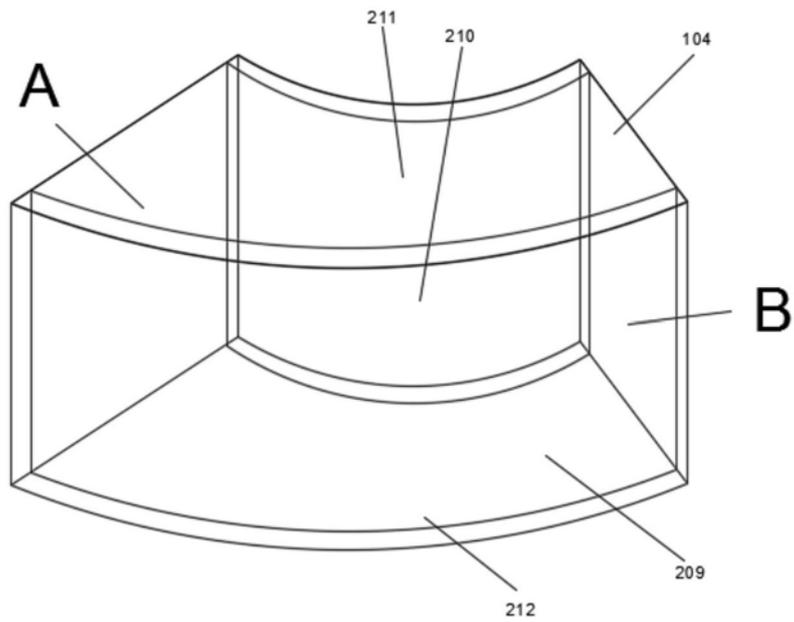


图5