



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103389260 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 02

(21) 申请号 201310303890. 9

(22) 申请日 2013. 07. 18

(73) 专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

(72) 发明人 许烨霜 沈水龙 曹依雯 尹振宇

(74) 专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限公司 31236

代理人 郭国中

(51) Int. Cl.

G01N 15/08(2006. 01)

审查员 左小刘

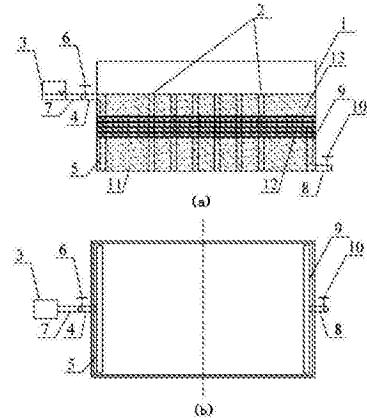
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

桩基础阻碍地下水渗流的室内模拟试验方法

(57) 摘要

本发明提供了一种桩基础阻碍地下水渗流的室内模拟试验方法，该方法步骤包括：第一步，土体铺设及试验准备工作；第二步，注水加压；第三步，自重固结；第四步，室内渗流试验。本发明能够便捷有效地观察和研究存在着桩基础的土体内地下水渗流情况，通过分析试验中得到的水头分布，研究桩基础的数量、深度、布置形式等对地下水渗流，为设计施工提供合理可行的计算设计参数，用于保障城市化进程中基坑施工的安全和效率。



1. 一种桩基础阻碍地下水渗流的室内模拟试验方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

第一步,土体铺设及试验准备工作,具体的:

①分层铺土,洒水养护:将土体分层铺入渗流试验装置的模型箱内,每铺完一层土均进行洒水养护,使每层土都处于饱和状态;铺土过程中保持进水系统中的进水阀门和排水系统中的排水阀门处于关闭状态;

②布置桩基础:在铺土过程中在模型箱中布置桩基础;

③埋设测压装置:在铺土的过程中,将测压装置中的孔隙水压力传感器埋设于承压含水层中,孔隙水压力传感器的埋设位置即为测压点,在孔隙水压力传感器附近围填粒径为0.25mm~1mm的中粗砂;

第二步,注水加压:将水箱的位置调整为试验所需初始水头对应的位置后,保持排水阀门处于关闭状态,打开进水阀门,当各测压点孔隙水压力变化小于0.1kPa时,模型箱内的土体处于饱和状态,此时关闭进水阀门,并计算各测压点水位,取各测压点水位的平均值为初始水位;

第三步,自重固结:自各测压点的孔隙水压力变化小于0.1kPa起,保持土层在自重作用下固结至少24小时;

第四步,室内渗流试验,具体的:

①保持进水系统的水箱中水位不变,将排水系统中的排水总管的出口位置设为试验所需的下游水位后,同时打开进水阀门和排水阀门进行渗流试验;当各测压点的孔隙水压力的变化小于0.1kPa,表示土体内渗流情况趋于稳定,第一次试验即结束;此时关闭进水阀门,通过排水系统将土中的水排出,并将模型箱中的土体挖出;重复第一步至第四步①中各个步骤再进行两次试验;至此第一组试验结束;

②第一组试验结束后,通过排水系统把土中的水排出,并将模型箱中的土体挖出;重复第一步进行土体铺设及试验准备工作,同时改变桩基础的数量和布置形式;再重复第二步至第四步①中各个步骤进行第二组试验;

③重复第四步②,进行余下各组试验;

④将得到的各组试验时的各测压点最终降深的平均值绘制成图,横轴为各测压点离左立面的距离,纵轴为相应的各组试验的各测压点最终降深的平均值,从而确定桩基础数量及布置形式对地下水渗流影响;

所述测压点降深h满足以下公式:

$$h = H_{\text{初始}} - H$$

式中 $H_{\text{初始}}$ 为初始水位,单位为m; H 为测压点水位,单位为m。

2. 根据权利要求1所述的一种桩基础阻碍地下水渗流的室内模拟试验方法,其特征在于,步骤一中,所述渗流试验装置包括进水系统、排水系统、模型箱、桩基础和测压装置,其中:

所述模型箱是用于铺设土体的有机玻璃板制成的长方体箱体,左立面为进水面,设有一个进水孔,进水孔位于左立面的中心线上;右立面为排水面,设有一个排水孔,排水孔位于右立面的中心线上;

所述进水系统包括水箱、进水总管、进水管和进水阀门,水箱通过软管与进水总管相

接；进水分管平面形状呈网格状，由一侧间隔打孔洞的空心管组成，孔洞上粘贴有过滤网，进水分管设置在模型箱的进水面的内侧且垂直于箱体底面；进水总管穿过模型箱中的进水孔与进水分管通过三通接头连接；进水阀门为截止阀，其安装在进水总管上；

所述排水系统包括排水总管、排水分管和排水阀门，排水分管平面形状呈网格状，由一侧间隔打孔洞的空心管组成，孔洞上粘贴有过滤网，排水分管设置在模型箱的排水面的内侧且垂直于箱体底面；排水总管穿过模型箱中的排水孔与排水分管通过三通接头连接；排水阀门为截止阀，其安装在排水总管上；

所述测压装置用于测试模型箱内的土体的压力。

3. 根据权利要求 2 所述的一种桩基础阻碍地下水渗流的室内模拟试验方法，其特征在于，步骤一中，所述测压装置包括数据采集系统、孔隙水压力传感器，其中：孔隙水压力传感器埋设于承压含水层中且依次贯穿于潜水含水层和隔水层，所述数据采集系统为与计算机相连的自动化数据采集仪。

4. 根据权利要求 3 所述的一种桩基础阻碍地下水渗流的室内模拟试验方法，其特征在于，所述孔隙水压力传感器的量程为 0.1MPa，精度为量程的 0.025%，分辨率为 0.0001MPa。

5. 根据权利要求 2 所述的一种桩基础阻碍地下水渗流的室内模拟试验方法，其特征在于，步骤二中，所述测压点的孔隙水压力通过测压装置测定；

所述测压点水位 H 满足以下公式：

$$H = \frac{p}{\rho g}$$

式中 p 为测压点孔隙水压力，单位为 Pa；ρ 为水的密度，取 $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ；g 为重力加速度，取 9.8 m/s^2 。

6. 根据权利要求 1-5 任一项所述的一种桩基础阻碍地下水渗流的室内模拟试验方法，其特征在于，步骤一中，所述桩基础是 PVC 空心管，同时对 PVC 空心管上下两端进行封堵处理，所述桩基础垂直埋置于模型箱内的土体中。

7. 根据权利要求 1-5 任一项所述的一种桩基础阻碍地下水渗流的室内模拟试验方法，其特征在于，所述土体包括承压含水层、隔水层和潜水含水层，自下而上依次铺设于模型箱内，所述承压含水层是厚度为 0.2-0.4m 的砂土；所述隔水层是厚度为 0.2-0.4m 的粘土；所述潜水含水层是厚度为 0.2-0.4m 的砂土。

8. 根据权利要求 1-5 任一项所述的一种桩基础阻碍地下水渗流的室内模拟试验方法，其特征在于，步骤一中，将土体分层铺入渗流试验装置的模型箱内，其中每层土为 50mm 厚。

桩基础阻碍地下水渗流的室内模拟试验方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种建筑施工技术领域的方法,具体地,涉及一种桩基础阻碍地下水渗流的室内模拟试验方法。

背景技术

[0002] 在沿海地区软土地层中施工的深基坑均需要降水,同时,沿海地区是经济比较发达的地区,城市化水平较高,所以待开挖基坑周围会有大量既有建筑物的基础。在这些区域大部分建筑物为高层建筑物,其基础形式多为桩基础。桩基础的存在会改变地下水流动路径,对地下水的渗流造成阻碍,造成桩前迎水面水头上升,从而导致程度不一的地面沉降,可能会造成地面开裂,对基坑的施工和运营安全及周边环境构成威胁。桩基础对地下水渗流环境的影响和造成相应的地面沉降可通过室内模型试验观察研究,从桩基础的布置形式、桩基础的数量、桩基础的深度等多种影响因素进行分析。传统的渗流试验装置多为一维的,一般只能测试土体渗透系数试验或一维均匀渗流条件的临界水力梯度,不能切实模拟工程中的桩基础对地下水三维渗流的影响。

[0003] 经过对现有技术文献检索发现,中国专利 ZL201010209039.6,申请日 2010-06-24,记载了一种“一种模拟基坑降水土渗透系数变化的试验方法”,该技术由渗压容器、渗流管路、渗流计量管及调压阀四个部分组成。该专利能够模拟基坑工程降水过程中土体含水量减小、有效应力增大、土体固结压密对渗透系数的影响。该试验尚未克服现有渗流试验只能反映一维渗流,且未考虑地下构筑物,尤其是桩基础的存在造成的影响;中国专利 ZL201010151297.3,申请日 2010-04-21,记载了一种“地下结构物阻断地下水渗流的模拟装置”,该装置能够模拟地下连续墙对含水层降水过程的影响。根据该专利自述,该装置是直接从进水孔和排水孔处进行地下水的补给和排泄,因此采用该装置仅能模拟地下水的点状补给和排泄,这与自然条件下地下水全断面渗流的情况不符,因此采用该装置不能直接用于模拟桩基础的存在对渗流环境的影响。

发明内容

[0004] 针对现有技术中的缺陷,本发明的目的是提供一种桩基础阻碍地下水渗流的室内模拟试验方法,该方法能够便捷有效地观察和研究存在着桩基础的土体内地下水渗流情况,通过分析试验中得到的水头分布,研究桩基础的数量、深度、布置形式等对地下水渗流,为设计施工提供合理可行的计算设计参数,用于保障城市化进程中基坑施工的安全和效率。

[0005] 为实现以上目的,本发明提供一种桩基础阻碍地下水渗流的室内模拟试验方法,包括如下步骤:

[0006] 第一步,土体铺设及试验准备工作,具体的:

[0007] ①分层铺土,洒水养护:将土体分层铺入渗流试验装置的模型箱内,每铺完一层土均进行洒水养护,使每层土都处于饱和状态;铺土过程中保持进水系统中的进水阀门和排

水系统中的排水阀门处于关闭状态。

[0008] 优选的，所述渗流试验装置包括进水系统、排水系统、模型箱、桩基础和测压装置，其中：

[0009] 所述模型箱是用于铺设土体的有机玻璃板制成的长方体箱体，尺寸根据试验要求确定；左立面为进水面，设有一个进水孔，进水孔位于左立面的中心线上，其孔径及设置高度根据试验要求确定；右立面为排水面，设有一个排水孔，排水孔位于右立面的中心线上，其孔径及设置高度根据试验要求确定。

[0010] 所述进水系统包括水箱、进水总管、进水分管和进水阀门，水箱通过软管与进水总管相接；进水分管平面形状呈网格状，由一侧间隔打孔洞的空心管组成，孔洞上粘贴有过滤网，孔洞间隔按试验设计要求设置；进水分管设置在模型箱的进水面的内侧且垂直于箱体底面，其宽度同箱体净宽度，其高度与试验设计上游水头一致；进水总管穿过模型箱中的进水孔与进水分管通过三通接头连接；进水阀门为截止阀，其安装在进水总管上。

[0011] 所述排水系统包括排水总管、排水分管和排水阀门，排水分管平面形状呈网格状，由一侧间隔打孔洞的空心管组成，孔洞上粘贴有过滤网，孔洞间隔按试验设计要求设置；排水分管设置在模型箱的排水面的内侧且垂直于箱体底面，其宽度同箱体净宽度，其高度与试验设计下游水头一致；排水总管穿过模型箱中的排水孔与排水分管通过三通接头连接；排水阀门为截止阀，其安装在排水总管上；

[0012] 所述测压装置用于测试模型箱内的土体的压力。

[0013] 本发明中采用土体进行试验，所述土体包括承压含水层、隔水层和潜水含水层，自下而上依次铺设于模型箱内。所述承压含水层是厚度为0.2-0.4m的砂土，所述隔水层是厚度为0.2-0.4m的粘土，所述潜水含水层是厚度为0.2-0.4m的砂土。

[0014] ②布置桩基础：在铺土过程中在模型箱中布置桩基础。

[0015] 优选的，所述桩基础是PVC空心管，同时对PVC空心管上下两端进行封堵处理；所述桩基础垂直埋置于模型箱内的土体中，其埋置深度、数量及排列方式按试验工况确定。

[0016] ③埋设测压装置：在铺土的过程中，将测压装置中的孔隙水压力传感器埋设于承压含水层中，孔隙水压力传感器的埋设位置即为测压点，其埋设深度及埋设平面位置按试验要求设置，在孔隙水压力传感器附近围填为0.25mm-1mm的中粗砂。

[0017] 优选的，所述测压装置包括数据采集系统、孔隙水压力传感器，其中：孔隙水压力传感器埋设于承压含水层中且依次贯穿于潜水含水层和隔水层。所述数据采集系统为与计算机相连的自动化数据采集仪。

[0018] 更优选的，所述孔隙水压力传感器的量程为0.1MPa，精度为0.025%的量程，分辨率为0.0001MPa。

[0019] 第二步，注水加压：将水箱的位置调整为试验所需初始水头对应的位置后，保持排水阀门处于关闭状态，打开进水阀门，当各测压点孔隙水压力变化小于0.1kPa时，模型箱内的土体处于饱和状态，此时关闭进水阀门，并计算各测压点水位，取各测压点水位的平均值为初始水位。

[0020] 优选的，所述测压点的孔隙水压力通过测压装置测定。

[0021] 优选的，所述测压点水位H满足以下公式：

$$[0022] H = \frac{p}{\rho g}$$

[0023] 式中 p 为测压点孔隙水压力, 单位为 kPa ; ρ 为水的密度, 取 $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$; g 为重力加速度, 取 9.8 m/s^2 。

[0024] 第三步, 自重固结 : 自各测压点的孔隙水压力变化小于 0.1 kPa 起, 保持土层在自重作用下固结至少 24 小时。

[0025] 第四步, 室内渗流试验, 具体的 :

[0026] ①保持进水系统的水箱中水位不变, 将排水系统中的排水总管的出口位置设为试验所需的下游水位后, 同时打开进水阀门和排水阀门进行渗流试验; 当各测压点的孔隙水压力的变化小于 0.1 kPa , 表示土体内渗流情况趋于稳定, 第一次试验即可结束; 此时关闭进水阀门, 通过排水系统将土中的水排出, 并将模型箱中的土体挖出; 重复第一步至第四步①中各个步骤再进行两次试验; 至此第一组试验结束。

[0027] ②第一组试验结束后, 通过排水系统把土中的水排出, 并将模型箱中的土体挖出; 重复第一步进行土体铺设及试验准备工作, 同时改变桩基础的数量和布置形式; 再重复第二步至第四步①中各个步骤进行第二组试验。

[0028] ③重复第四步②, 进行余下各组试验。

[0029] ④将得到的各组试验时的各测压点最终降深的平均值绘制成图, 横轴为各测压点离左立面的距离, 纵轴为相应的各组试验的各测压点最终降深的平均值, 从而确定桩基础数量及布置形式对地下水渗流影响;

[0030] 所述测压点降深 h 满足以下公式 :

$$[0031] h = H_{\text{初始}} - H$$

[0032] 式中 $H_{\text{初始}}$ 为初始水位, 单位为 m; H 为测压点水位, 单位为 m。

[0033] 与现有技术相比, 本发明具有如下效果 :

[0034] 本发明克服现有的土体渗流模型试验仅能模拟地下连续墙存在下的渗流的缺陷, 通过调整桩基础的数量、相对位置、入土深度可以模拟降水工程中桩基础的存在对地下水渗流的影响, 在室内重现地下复杂的渗流场; 本发明适用于桩基础对地下水渗流影响的验证, 为设计的施工提供经验的建议参数, 也适用于岩土工程和水利工程专业的教学与科研。

附图说明

[0035] 通过阅读参照以下附图对非限制性实施例所作的详细描述, 本发明的其它特征、目的和优点将会变得更明显:

[0036] 图 1 为桩基础对地下水渗流的模型试验装置结构示意图, 其中 : 图 (a) 为正视图, 图 (b) 为俯视图;

[0037] 图 2 为进水分管和排水分管平面图, 其中 : 图 (a) 为进水分管平面图, 图 (b) 为排水分管平面图;

[0038] 图 3 为本实施例桩基础平面布置图, 其中 : 图 (a) 为第一组实验工况桩基础平面布置图, 图 (b) 为第二组试验工况桩基础平面布置图, 图 (c) 为第三组试验工况桩基础平面布置图, 图 (d) 为第四组试验工况桩基础平面布置图;

[0039] 图 4 为实施例的试验工况测压点的平面布置图;

[0040] 图 5 为本发明实施例的不同组的桩基础对地下水渗流的影响的对比图。

[0041] 图中：

[0042] 1 为模型箱、2 为桩基础、3 为水箱、4 为进水总管、5 为进水分管、6 为进水阀门、7 为软管、8 为排水总管、9 为排水分管、10 为排水阀门、11 为承压含水层、12 为隔水层、13 为潜水含水层。

具体实施方式

[0043] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。以下实施例将有助于本领域的技术人员进一步理解本发明，但不以任何形式限制本发明。应当指出的是，对本领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干变形和改进。这些都属于本发明的保护范围。

[0044] 为研究桩基础的存在对当地承压含水层中地下水渗流的影响，本实施例结合如图 1 的 (a) 和 (b) 所示的试验装置，按以下步骤进行：

[0045] 第一步，土体铺设及试验准备工作，其中包括：

[0046] ①分层铺土，洒水养护：将土体分层铺入渗流试验装置的模型箱 1 内，每层土约为 50mm 厚，每铺完一层土均进行洒水养护，使每层土都处于饱和状态；在铺土过程中保持进水系统中的进水阀门 6 和排水系统中的排水阀门 10 处于关闭状态。

[0047] 本实施例中，所述渗流试验装置包括进水系统、排水系统、模型箱 1、桩基础 2、土体和测压装置。

[0048] 本实施例中，所述模型箱 1 是壁厚为 20mm 的有机玻璃板制成的长 2m、宽 1.2m、高 1m 的长方体箱体；所述模型箱 1 的左立面为进水面，设有进水孔，进水孔位于左立面的中心线上，距离箱体底面 0.7m；所述模型箱 1 的右立面为排水面，设有排水孔，排水孔位于右立面的中心线上，距离箱体底面 0.1m。

[0049] 本实施例中，所述进水系统包括水箱 3、进水总管 4、进水分管 5 和进水阀门 6，其中：水箱 3 通过软管 7 与进水总管 4 相接；进水总管 4 为外径 50mm、壁厚 2mm 的单根 PVC 空心管；如图 2 中 (a) 所示，进水分管 5 的平面形状呈五行六列网格状，由一侧间隔打孔洞的 PVC 空心管组成，孔洞上粘贴 200 目不锈钢过滤网，PVC 空心管外径 50mm、壁厚 2mm，孔洞间隔为 5cm；进水分管 5 设置在模型箱 1 的进水面内侧且垂直于箱体底面，宽度为 1.16m、长度为 0.7m；进水总管 4 穿过模型箱 1 中的进水孔与进水分管 5 用三通接头连接；进水阀门 6 为截止阀，其设置在进水总管 4 上。

[0050] 本实施例中，所述排水系统包括排水总管 8、排水分管 9 和排水阀门 10，其中：排水总管 8 为外径 50mm、壁厚 2mm 的单根 PVC 空心管；如图 2 中的 (b) 所示，排水分管 9 的平面形状呈三行六列网格状，由一侧间隔打孔洞的 PVC 空心管组成，孔洞上粘贴 200 目不锈钢过滤网，PVC 空心管外径 50mm、壁厚 2mm，孔洞间隔为 5cm；排水分管 9 设置在模型箱 1 的进水面内侧且垂直于箱体底面，宽度为 1.16m、高度为 0.39m；排水总管 8 穿过模型箱 1 中的排水孔与排水分管 9 用三通接头连接；排水阀门 10 为截止阀，其设置在排水总管 8 上。

[0051] 本实施例中，所述土体包括承压含水层 11、隔水层 12 和潜水含水层 13，自下而上依次铺设于模型箱 1 内，其中：承压含水层 11 是厚度为 0.3m 的砂土；隔水层 12 是厚度为 0.2m 的粘土；潜水含水层 13 是厚度为 0.2m 的砂土。

[0052] ②布置桩基础 2 :在铺土的过程中在模型箱 1 中布置桩基础 2 ,桩基础 2 的布置数量及形式如图 3 中(a)所示,桩基础 2 数量为 30 根、按五行六列呈矩形布置;当铺土时将桩基础 2 固定在土体之中,桩基础 2 底部紧贴模型箱 1 的底面且贯穿于整个土体。

[0053] 本实施例中,所述桩基础 2 是 PVC 空心管,同时对 PVC 空心管上下两端进行封堵处理,PVC 空心管单根管长 700mm、外径 50mm、壁厚 2mm。

[0054] ③埋设测压装置:如图 4 所示,在铺土的过程中在距离箱体底面 0.2m 的位置沿渗流方向在箱体的中心线上布置 a、b、c、d、e、f 六个测压点,间距依次为 0.25m,0.15m,0.4m,0.5m,0.3m,测点 a 距箱体进水面内侧 0.2m;在孔隙水压力传感器附近围填粒径为 0.25~1mm 的中粗砂。

[0055] 本实施例中,所述测压装置包括数据采集系统、孔隙水压力传感器,其中:数据采集系统为与计算机相连的自动化数据采集仪;孔隙水压力传感器的量程为 0.1MPa、精度为 0.025% 倍的量程、分辨率为 0.0001MPa。

[0056] 第二步,注水加压:将进水系统中的水箱 3 的位置调整为与土体表面平齐后,保持排水阀门 10 处于关闭状态,打开进水阀门 6,当各测压点孔隙水压力变化小于 0.1kPa 时,模型箱 1 内的土体处于饱和状态,此时关闭进水阀门 6,计算得到测压点水位平均值为 0.69m,并记为初始水位。

[0057] 第三步,自重固结:自各测压点的孔隙水压力的变化小于 0.1kPa 起,保持土层在自重作用下固结至少 24 小时。

[0058] 第四步,室内渗流试验,具体包括以下几个步骤:

[0059] ①保持水箱 3 内的水位不变,将排水系统中的排水总管 8 的出口设置为 -0.6m 后,同时打开进水阀门 6 和排水阀门 10 进行渗流试验;当各测压点的孔隙水压力的变化均小于 0.1kPa 时,结束第一次试验;第一次试验结束后,关闭进水阀门 6,通过排水系统将土中的水排出,并将土体挖出;重复第一步至第四步①中各个步骤再进行两次试验;至此第一组试验结束;

[0060] ②第一组试验结束后,通过排水系统把土中的水排出,并将模型箱 1 内的土体挖出;重复第一步进行土体铺设及试验准备工作,同时改变桩基础 2 的数量和布置形式如图 3 中(b)所示,桩基础 2 的数量为 30 根、按六列每列五根呈梅花形布置;再重复第二步至第四步①中各个步骤完成第二组试验;

[0061] ③重复第四步②,进行第三组及第四组试验:第三组试验中桩基础 2 布置形式如图 3 中(c)所示,桩基础 2 的数量为 56 根、按七行八列呈矩形布置;第四组试验中桩基础 2 布置形式如图 3 中(d)所示,桩基础 2 的数量为 56 根、按八列每列七根呈梅花形布置;

[0062] ④将得到的第一组、第二组、第三组和第四组试验时的各测压点最终降深的平均值绘制成图,横轴为 a、b、c、d、e、f 测压点离进水面的距离,纵轴为相应的第一组、第二组、第三组和第四组试验的 a、b、c、d、e、f 测压点最终降深的平均值,如图 5 所示,从而确定桩基础 2 的存在对地下水渗流的影响。

[0063] 通过本实施例,填补了室内模拟桩基础存在下地下水渗流技术方面的空白,实现对桩基础对地下水渗流的影响的室内试验模拟,分析桩基础的存在对地下水渗流的影响,再现实际工程中桩基础存在时工程环境复杂的渗流场,克服了现有的土体渗流模型试验仅能模拟地下连续墙存在的地下水渗流的缺陷。

[0064] 以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是，本发明并不局限于上述特定实施方式，本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变形或修改，这并不影响本发明的实质内容。

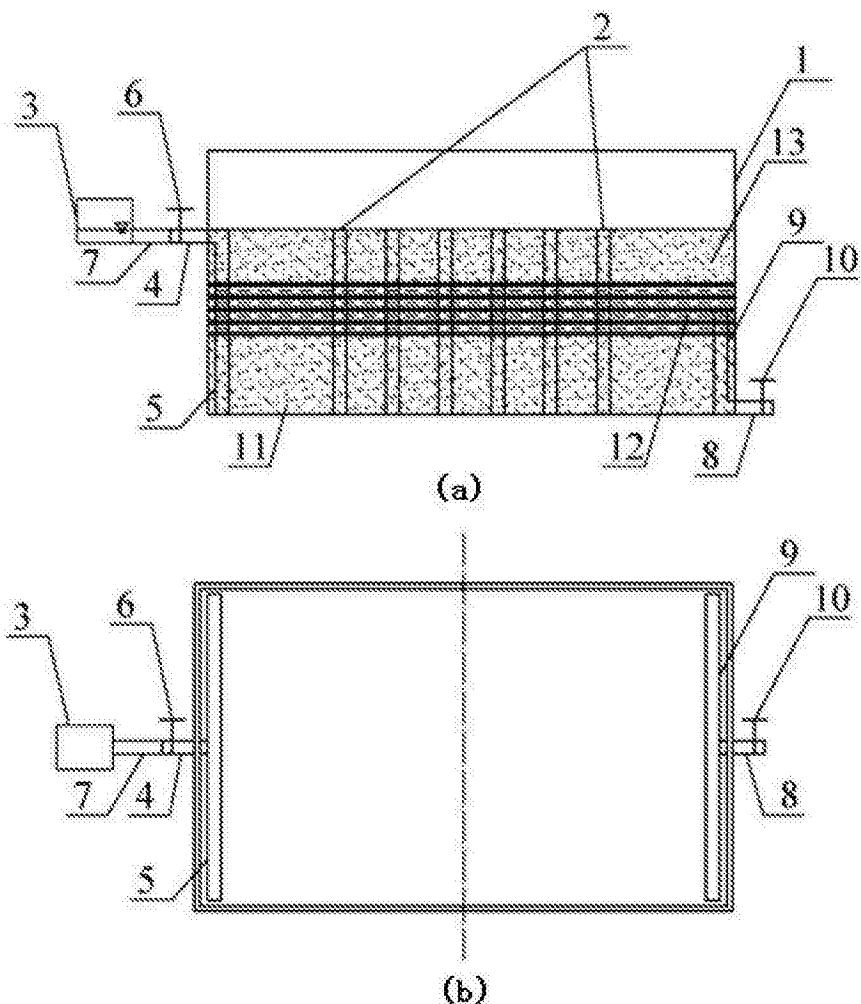


图 1

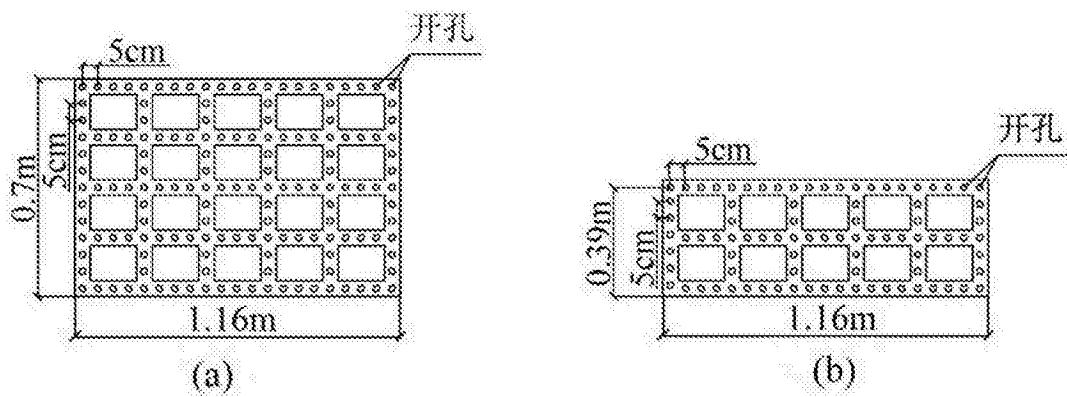
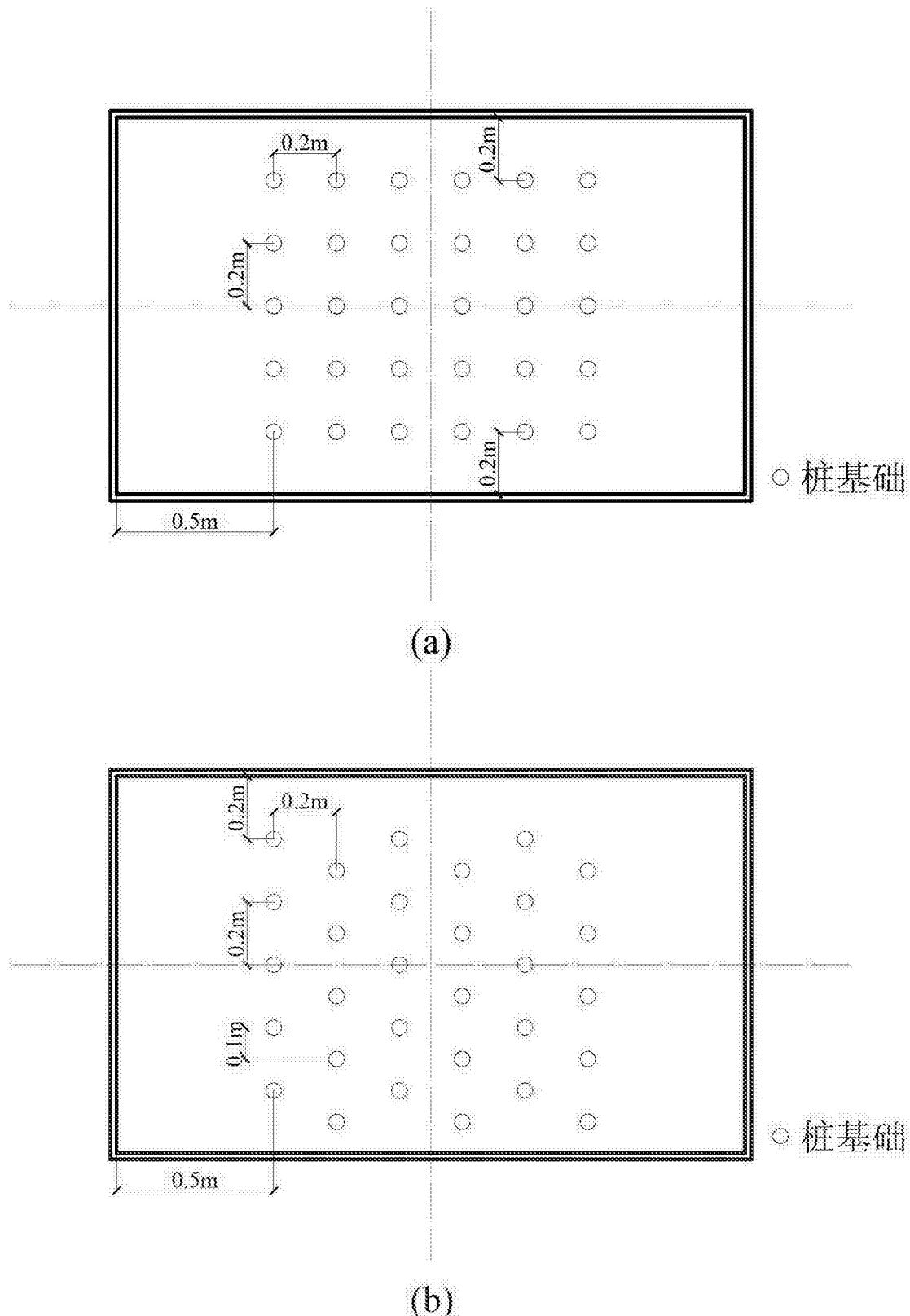


图 2



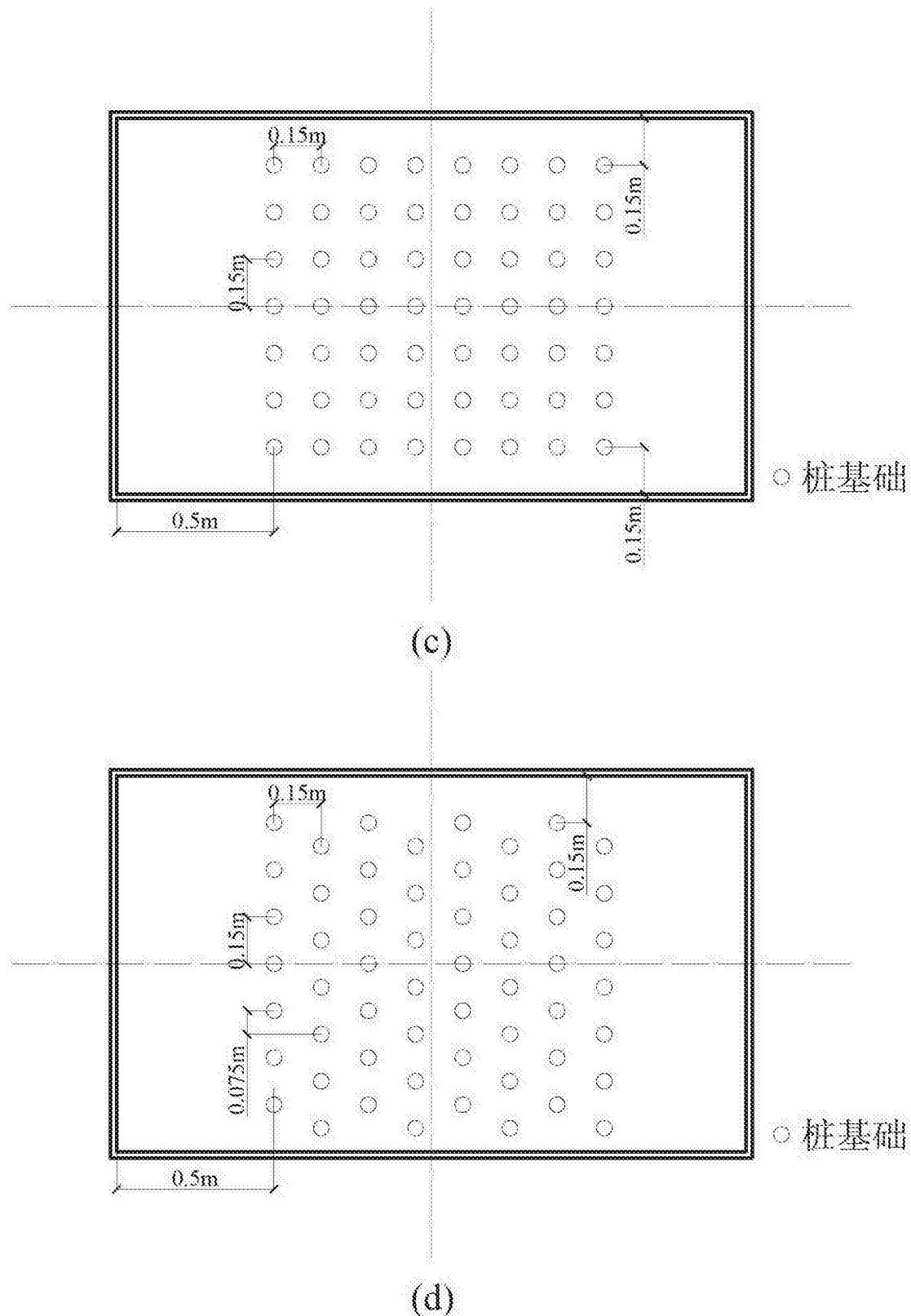


图 3

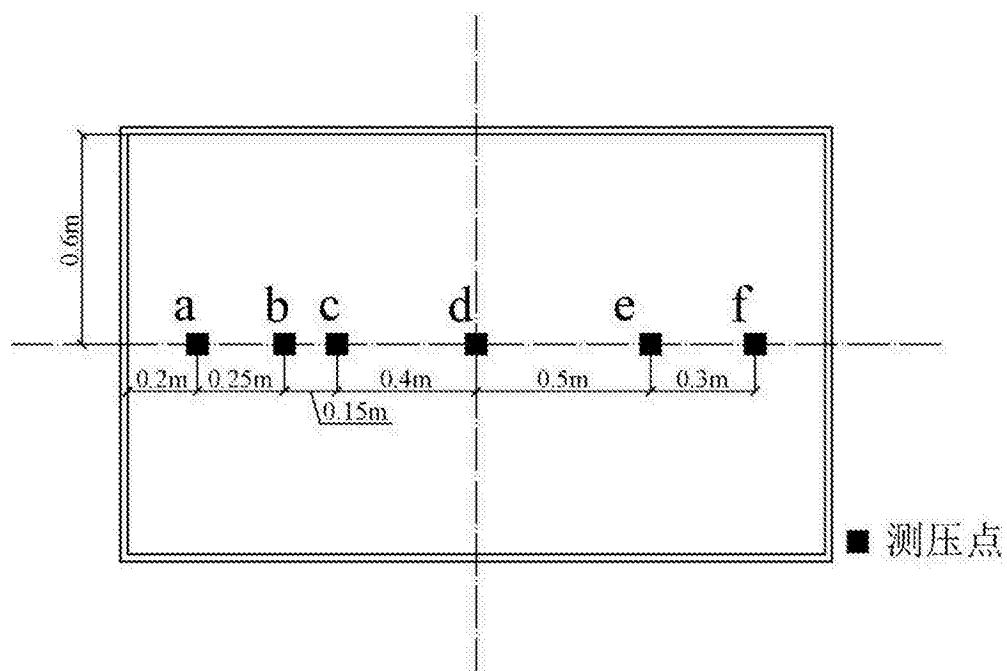


图 4

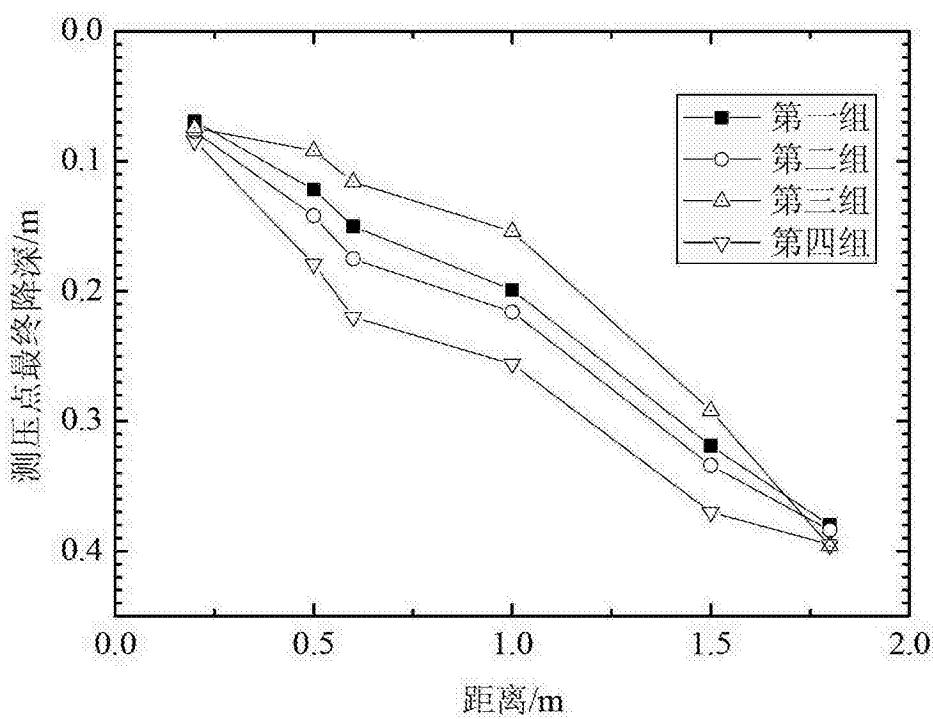


图 5