(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106643649 B
(45)授权公告日 2022.08.12

(21)申请号 201611177185.9
(22)申请日 2016.12.19
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106643649 A
(43)申请公布日 2017.05.10
(73)专利权人 杭州久智自动化技术有限公司
地址 311199 浙江省杭州市余杭区星桥街道广厦天都城天湖苑34-601
(72)发明人 韩凤梅 梅寒刚 祝湛毅 陈海云
(74)专利代理机构 杭州斯可睿专利事务所有限公司 33241
专利代理师 王利强 李百玲
(51)Int.Cl.
*G01C 5/04*(2006.01)
*G01L 11/00*(2006.01)

(56)对比文件
CN 206479166 U,2017.09.08
JP 2002340549 A,2002.11.27
CN 205537607 U,2016.08.31

审查员 苗萍

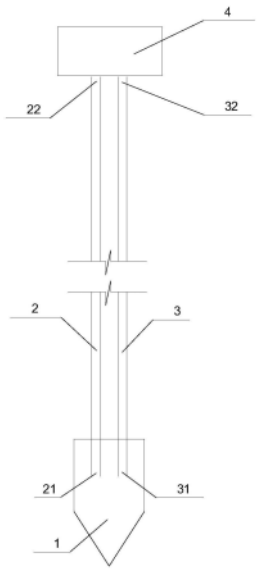
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种土体深层沉降和孔隙水压力测量装置及测量方法

(57)摘要

一种土体深层沉降和孔隙水压力测量装置及测量方法，包括土体深层沉降和孔隙水压力测量装置，该测量装置包括位于测点处的透水头、液体管和用于测量液体管的测量端压强的压强传感器，所述液体管包括第一液体管和第二液体管；所述测量方法包括以下步骤：1)首先将透水头设置在测点处，并将第一液体管和第二液体管分别与压强传感器连接；2)压强传感器分别读取第一液体管的测量端和第二液体管的测量端的压强值$P_A$和$P_B$；或两管的压强差和其中一管的压强值$P_{差}$和$P_c$；3)计算测点高程和测点处孔隙水压力。




CN 106643649 B

1.一种土体深层沉降和孔隙水压力测量装置,其特征在于:包括位于测点处的透水头、液体管和用于测量液体管的测量端的压强的压强传感器,所述液体管包括第一液体管和第二液体管,所述第一液体管内的液体容重与所述第二液体管内的液体容重不同,所述第一液体管的测点端与所述第二液体管的测点端均位于所述透水头内,所述第一液体管内的液体压力平衡面、所述第二液体管内的液体压力平衡面均与测点处在同一位置上,所述第一液体管的测量端与所述第二液体管的测量端分别与所述压强传感器连接。

2.如权利要求1所述的一种土体深层沉降和孔隙水压力测量装置,其特征在于:所述压强传感器设置有两个,分别为第一压强传感器和第二压强传感器,所述第一液体管的测量端与所述第一压强传感器连接,所述第二液体管的测量端与所述第二压强传感器连接。

3.一种土体深层沉降和孔隙水压力测量装置,其特征在于:包括位于测点处的透水头、第一液体管和第二液体管、用于测量第一液体管与第二液体管之间压强差的压差传感器和用于测量液体管的测量端的压强的压强传感器,所述第一液体管内的液体容重与所述第二液体管内的液体容重不同,所述第一液体管的测点端与所述第二液体管的测点端均位于所述透水头内,所述第一液体管的测量端和所述第二液体管的测量端分别与所述压差传感器连接,所述压强传感器与第一液体管、第二液体管、另设的第三液体管中的其中一个液体管的测量端连接,所述第一液体管内的液体压力平衡面、所述第二液体管内的液体压力平衡面、所述第三液体管内的液体压力平衡面均与测点处在同一位置上。

4.如权利要求3所述的一种土体深层沉降和孔隙水压力测量装置,其特征在于:所述第三液体管的测点端位于所述透水头内。

5.一种用如权利要求1所述的土体深层沉降和孔隙水压力测量装置实现的测量方法,其特征在于:所述测量方法包括以下步骤:

1)首先将透水头设置在测点处,并将第一液体管的测量端和第二液体管的测量端分别与压强传感器连接;

2)压强传感器分别读取第一液体管的测量端和第二液体管的测量端的压强值$P_A$和$P_B$;

3)计算测点高程和测点处孔隙水压强:

3.1)根据测点处的压力平衡原理可得下式:

$$P_A+h_{高差}\times\gamma_A=P_B+h_{高差}\times\gamma_B;\quad(1)$$

式中$\gamma_A$、$\gamma_B$分别为第一液体管中液体的容重和第二液体管中液体的容重,单位为N/$m^3$;$h_{高差}$为测点到压强传感器之间的高差,单位为m;$P_A$、$P_B$单位为Pa;

上式可以转化为$h_{高差}=(P_A-P_B)/(\gamma_B-\gamma_A)$;(2)

记第一液体管的测量端和第二液体管测量端的压力差为$P_{差}$则有:

$$P_{差}=P_A-P_B\quad(3)$$

$$h_{高差}=P_{差}/(\gamma_B-\gamma_A);\quad(4)$$

在已知压强传感器高程$H_{传感器}$的条件下可以计算测点高程:

$$H_{测点}=H_{传感器}-h_{高差};\quad(5)$$

分析$H_{测点}$的数值变化就可以得知测点的沉降情况;

3.2)测点处孔隙水压强为:

$$P_{测点}=P_A+h_{高差}\times\gamma_A\text{或}P_{测点}=P_B+h_{高差}\times\gamma_B;\quad(6)$$

式中,$\gamma_A$、$\gamma_B$分别为第一液体管中液体的容重和第二液体管中液体的容重,单位为N/

$m^3$；

$P_A$、$P_B$分别为压强传感器对第一液体管的测量端和第二液体管的测量端的压强值，单位为Pa；$h_{高差}$为测点到压强传感器之间的高差，单位为m。

6.一种用如权利要求2所述的土体深层沉降和孔隙水压力测量装置实现的测量方法，其特征在于：所述测量方法包括以下步骤：

1)首先将透水头设置在测点处，并将第一液体管的测量端和第二液体管的测量端分别与压差传感器连接，同时用压强传感器与第一液体管、第二液体管、另设的第三液体管中的其中一个液体管的测量端连接；

2)压差传感器读取第一液体管的测量端和第二液体管的测量端的压强差$P_{差}$，压强传感器读取第一液体管、第二液体管、另设的第三液体管中的其中一个液体管的测量端的压强$P_c$；

3)计算测点高程和测点处孔隙水压强：

3.1)根据测点处的压力平衡原理可得下式：

$$P_{差}=h_{高差}\times\gamma_B-h_{高差}\times\gamma_A \quad (7)$$

式中$\gamma_A$、$\gamma_B$分别为第一液体管中液体的容重和第二液体管中液体的容重，单位为$N/m^3$；$h_{高差}$为测点到压差传感器之间的高差，单位为m；$P_{差}$单位为Pa；

上式可以转化为$$h_{高差}=P_{差}/(\gamma_B-\gamma_A) \quad (4)$$

在已知压差传感器高程$H_{传感器}$的条件下可以计算测点高程：

$$H_{测点}=H_{传感器}-h_{高差} \quad (5)$$

分析$H_{测点}$的数值变化就可以得知测点的沉降情况；

3.2)测点处孔隙水压强为：

$$P_{测点}=P_c+h_{高差}\times\gamma_C \quad (8)$$

式中，$\gamma_C$为与压强传感器相连的液体管中液体的容重，单位为$N/m^3$；$P_c$为压强传感器测值，单位为Pa；$h_{高差}$为测点到压差传感器之间的高差，单位为m。

# 一种土体深层沉降和孔隙水压力测量装置及测量方法

## 技术领域

[0001] 本发明属于岩土监测领域，尤其是涉及一种土体深层沉降和孔隙水压力测量装置及测量方法。

## 背景技术

[0002] 土木工程建设中在建筑物荷载作用下地基变形是建设过程中关切点之一，也是施工控制的关键指标之一，尤其在软土地基上高速公路、高速铁路等交通工程施工过程中，沉降问题常常直接控制工程的施工进度和运营期道路的服务水平。因此，为控制路基的沉降，指导路基上建筑物的施工，必须对建筑物施工及使用过程的地基沉降进行动态监测，指导施工过程。

[0003] 目前工程施工过程中主要采用磁环式分层沉降仪进行地基深层沉降变形观测。常用的分层沉降系统由磁铁环、保护管、探测头、指示器等组成。一般情况下，每层土体里应设置一个磁铁环，在土体发生变形的过程中，土层和磁铁环同步下沉或回弹；量测时，当探测头达到磁环位置，接收系统的音响器便会发出连续不断的蜂鸣声，此时读写出钢尺电缆在管口处的深度尺寸，通过探测头和指示器量测磁环所在位置，进而得到磁铁环的位移值，最终得到地层的沉降、回弹情况。分层沉降仪安装时，需先在土里钻孔，再将磁铁环埋入孔中预先设置的位置，并在孔中注入由膨润土、细砂、水泥等填隙料将分层沉降测管与孔壁之间的空隙填实。采用磁环式分层沉降仪测量地基深层变形存在以下几个问题：

[0004] 1)磁铁环和导管之间常常由于砂粒等的阻塞而不能自由滑动，无法真实的反映地基的深层变形，导致量测失败；

[0005] 2)读数的准确性和测量的精度决定于如何判定发音或指示的起始位置，这与操作者的熟练程度有关；

[0006] 3)交通工程中在后期的路面施工期和通车运营后进行无法进行深层沉降的量测；

[0007] 4)用于测量的分层管必须垂直向上伸出地表，施工中容易损坏；

[0008] 5)不良天气条件时量测工作无法开展，测试工作受外界环境的影响较大。

[0009] 目前施工中孔隙水压力一般采用直接在测点位置埋设压力传感器读取压力值的方式。缺点在于：

[0010] 1)压力传感器埋入后无法回收；

[0011] 2)压力传感器和线缆长期处于地下水中容易因为传感器或线缆进水而无法使用；

[0012] 3)损坏后基本无法修复，维护困难。

## 发明内容

[0013] 为了克服已有土体深层沉降和孔隙水压力测量技术存在的不足，本发明提供一种成本低廉、易于施工和维护的一种土体深层沉降和孔隙水压力测量装置及测量方法。

[0014] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：

[0015] 一种土体深层沉降和孔隙水压力测量装置，包括位于测点处的透水头、液体管和

用于测量液体管的测量端的压强的压强传感器，所述液体管包括第一液体管和第二液体管，所述第一液体管内的液体容重与所述第二液体管内的液体容重不同，所述第一液体管的测点端与所述第二液体管的测点端均位于所述透水头内，所述第一液体管内的液体压力平衡面、所述第二液体管内的液体压力平衡面均与测点处在同一位置上，所述第一液体管的测量端与所述第二液体管的测量端分别与所述压强传感器连接。

[0016] 进一步，所述压强传感器设置有两个，分别为第一压强传感器和第二压强传感器，所述第一液体管的测量端与所述第一压强传感器连接，所述第二液体管的测量端与所述第二压强传感器连接。

[0017] 一种土体深层沉降和孔隙水压力测量装置实现的测量方法，所述测量方法包括以下步骤：

[0018] 1)首先将透水头设置在测点处，并将第一液体管的测量端和第二液体管的测量端分别与压强传感器连接；

[0019] 2)压强传感器分别读取第一液体管的测量端和第二液体管的测量端的压强值$P_A$和$P_B$；

[0020] 3)计算测点高程和测点处孔隙水压强：

[0021] 3.1)根据测点处的压力平衡原理可得下式：

[0022] $P_A+h_{高差}\times\gamma_A=P_B+h_{高差}\times\gamma_B$； (1)

[0023] 式中$\gamma_A$、$\gamma_B$分别为第一液体管中液体的容重和第二液体管中液体的容重，单位为$N/m^3$；$h_{高差}$为测点到压强传感器之间的高差，单位为m；$P_A$、$P_B$单位为Pa；

[0024] 上式可以转化为$h_{高差}=(P_A-P_B)/(\gamma_B-\gamma_A)$； (2)

[0025] 记第一液体管和第二液体管测量端的压力差为$P_{差}$则有：

[0026] $P_{差}=P_A-P_B$ (3)

[0027] $h_{高差}=P_{差}/(\gamma_B-\gamma_A)$； (4)

[0028] 在已知压强传感器高程$H_{传感器}$的条件下可以计算测点高程：

[0029] $H_{测点}=H_{传感器}-h_{高差}$； (5)

[0030] 分析$H_{测点}$的数值变化就可以得知测点的沉降情况；

[0031] 3.2)测点处孔隙水压强为：

[0032] $P_{测点}=P_A+h_{高差}\times\gamma_A$或$P_{测点}=P_B+h_{高差}\times\gamma_B$； (6)

[0033] 式中，$\gamma_A$、$\gamma_B$分别为第一液体管中液体的容重和第二液体管中液体的容重，单位为$N/m^3$；$P_A$、$P_B$分别为压强传感器对第一液体管的测量端和第二液体管的测量端的压强值，单位为Pa；$h_{高差}$为测点到压强传感器之间的高差，单位为m。

[0034] 一种土体深层沉降和孔隙水压力测量装置，包括位于测点处的透水头、第一液体管和第二液体管、用于测量第一液体管与第二液体管之间压强差的压差传感器和用于测量液体管的测量端的压强的压强传感器，所述第一液体管内的液体容重与所述第二液体管内的液体容重不同，所述第一液体管的测点端与所述第二液体管的测点端均位于所述透水头内，所述第一液体管的测量端和所述第二液体管的测量端分别与所述压差传感器连接，所述压强传感器与第一液体管、第二液体管、另设的第三液体管中的其中一个液体管的测量端连接，所述第一液体管内的液体压力平衡面、所述第二液体管内的液体压力平衡面、所述第三液体管内的液体压力平衡面均与测点处在同一位置上。

[0035] 进一步，所述第三液体管的测点端位于所述透水头内。

[0036] 一种土体深层沉降和孔隙水压力测量装置实现的测量方法，所述测量方法包括以下步骤：

[0037] 1)首先将透水头设置在测点处，并将第一液体管的测量端和第二液体管的测量端分别与压差传感器连接，同时用压强传感器与第一液体管、第二液体管、另设的第三液体管中的其中一个液体管的测量端连接；

[0038] 2)压差传感器读取第一液体管的测量端和第二液体管的测量端的压强差$P_{差}$，压强传感器读取第一液体管、第二液体管、另设的第三液体管中的其中一个液体管的测量端的压强$P_c$；

[0039] 3)计算测点高程和测点处孔隙水压强：

[0040] 3.1)根据测点处的压力平衡原理可得下式：

[0041] $P_{差}=h_{高差}\times\gamma_B-h_{高差}\times\gamma_A$； (7)

[0042] 式中$\gamma_A$、$\gamma_B$分别为第一液体管中液体的容重和第二液体管中液体的容重，单位为$N/m^3$；$h_{高差}$为测点到压差传感器之间的高差，单位为m；$P_{差}$单位为Pa；

[0043] 上式可以转化为$h_{高差}=P_{差}/(\gamma_B-\gamma_A)$； (4)

[0044] 在已知压差传感器高程$H_{传感器}$的条件下可以计算测点高程：

[0045] $H_{测点}=H_{传感器}-h_{高差}$； (5)

[0046] 分析$H_{测点}$的数值变化就可以得知测点的沉降情况；

[0047] 3.2)测点处孔隙水压强为：

[0048] $P_{测点}=P_c+h_{高差}\times\gamma_C$ (8)

[0049] 式中，$\gamma_C$为与压强传感器连接的液体管中液体的容重；$P_c$为压强传感器测量值，单位为Pa；$h_{高差}$为测点到压差传感器之间的高差，单位为m。

[0050] 本发明的有益效果主要表现在：成本低廉、易于施工和维护，可以适用于各类复杂地基的沉降观测和孔隙水压力观测，可以大大减小现场施工人员的工作强度，在工程实践中有较大的应用价值；具体如下：

[0051] 1)通过一种方法获取两项监测数据，减少安装和维护工作量；

[0052] 2)用相对便宜得多的连通液体管即取代了本来需要埋设的昂贵的沉降标、沉降管、孔压电缆等材料，还可以减少钻孔埋设的工作量，从而节约成本；

[0053] 3)由于液体管为柔性材料，相比刚性的沉降管和沉降标更便于引出和保护，具有更强的适用性和实用性；

[0054] 4)可以引出行车道外进行路面通车后运营期的土层分层沉降观测；

[0055] 5)地下埋入部分为不需通电而且结构简单，实际应用中可以大大降低故障率；压力传感器放置在地表或近地表，易于维修和更换，提高监测保证率；

[0056] 6)在监测任务完成时还可以回收除透水头和液体管外的绝大部分设备和材料，进一步降低成本。

## 附图说明

[0057] 图1是一种土体深层沉降和孔隙水压力测量装置的结构示意图。

## 具体实施方式

[0058] 下面结合附图对本发明作进一步描述。

[0059] 参照图1，一种土体深层沉降和孔隙水压力测量装置，包括位于测点处的透水头1、液体管和用于测量液体管的测量端的压强的压强传感器，所述液体管包括第一液体管2和第二液体管3，所述第一液体管2内的液体容重与所述第二液体管3内的液体容重不同，所述第一液体管2的测点端与所述第二液体管3的测点端均位于所述透水头内，所述第一液体管2内的液体压力平衡面、所述第二液体管3内的液体压力平衡面均与测点处在同一位置上，所述第一液体管2的测量端与所述第二液体管3的测量端分别与所述压强传感器4连接。

[0060] 进一步，所述压强传感器设置有两个，分别为第一压强传感器和第二压强传感器，所述第一液体管2的测量端与所述第一压强传感器连接，所述第二液体管3的测量端与所述第二压强传感器连接。该第一压强传感器用于测量第一液体管2的测量端液体的压强，第二压强传感器用于测量第二液体管3的测量端液体的压强。该第一压强传感器用于测量第一液体管2的测量端液体的压强，第二压强传感器用于测量第二液体管3的测量端液体的压强。

[0061] 一种土体深层沉降和孔隙水压力测量装置实现的测量方法，所述测量方法包括以下步骤：

[0062] 1)首先将透水头1设置在测点处，并将第一液体管2的测量端和第二液体管3的测量端分别与压强传感器4连接；

[0063] 2)压强传感器4分别读取第一液体管2的测量端和第二液体管3的测量端的压强值$P_A$和$P_B$；

[0064] 3)计算测点高程和测点处孔隙水压强：

[0065] 3.1)根据测点处的压力平衡原理可得下式：

[0066] $P_A+h_{高差}\times\gamma_A=P_B+h_{高差}\times\gamma_B$； (1)

[0067] 式中$\gamma_A$、$\gamma_B$分别为第一液体管中液体的容重和第二液体管中液体的容重，单位为$N/m^3$；$h_{高差}$为测点到压强传感器之间的高差，单位为m；$P_A$、$P_B$单位为Pa；

[0068] 上式可以转化为$h_{高差}=(P_A-P_B)/(\gamma_B-\gamma_A)$； (2)

[0069] 记第一液体管和第二液体管测量端的压力差为$P_{差}$则有：

[0070] $P_{差}=P_A-P_B$ (3)

[0071] $h_{高差}=P_{差}/(\gamma_B-\gamma_A)$； (4)

[0072] 在已知压强传感器高程$H_{传感器}$的条件下可以计算测点高程：

[0073] $H_{测点}=H_{传感器}-h_{高差}$； (5)

[0074] 分析$H_{测点}$的数值变化就可以得知测点的沉降情况；

[0075] 3.2)测点处孔隙水压强为：

[0076] $P_{测点}=P_A+h_{高差}\times\gamma_A$或$P_{测点}=P_B+h_{高差}\times\gamma_B$； (6)

[0077] 式中，$\gamma_A$、$\gamma_B$分别为第一液体管中液体的容重和第二液体管中液体的容重，单位为$N/m^3$；

[0078] $P_A$、$P_B$分别为压强传感器对第一液体管的测量端和第二液体管的测量端的压强值，单位为Pa；$h_{高差}$为测点到压强传感器之间的高差，单位为m。

[0079] 一种土体深层沉降和孔隙水压力测量装置，包括位于测点处的透水头、第一液体

管和第二液体管、用于测量第一液体管与第二液体管之间压强差的压差传感器和用于测量液体管的测量端的压强的压强传感器，所述第一液体管内的液体容重与所述第二液体管内的液体容重不同，所述第一液体管的测点端与所述第二液体管的测点端均位于所述透水头内，所述第一液体管的测量端和所述第二液体管的测量端分别与所述压差传感器连接，所述压强传感器与第一液体管、第二液体管、另设的第三液体管中的其中一个液体管的测量端连接，所述第一液体管内的液体压力平衡面、所述第二液体管内的液体压力平衡面、所述第三液体管内的液体压力平衡面均与测点处在同一位置上。

[0080] 进一步，所述第三液体管的测点端位于所述透水头内。

[0081] 一种土体深层沉降和孔隙水压力测量装置实现的测量方法，所述测量方法包括以下步骤：

[0082] 1)首先将透水头设置在测点处，并将第一液体管的测量端和第二液体管的测量端分别与压差传感器连接，同时用压强传感器与第一液体管、第二液体管、另设的第三液体管中的其中一个液体管的测量端连接；

[0083] 2)压差传感器读取第一液体管的测量端和第二液体管的测量端的压强差$P_{差}$，压强传感器读取第一液体管、第二液体管、另设的第三液体管中的其中一个液体管的测量端的压强$P_c$；

[0084] 3)计算测点高程和测点处孔隙水压强：

[0085] 3.1)根据测点处的压力平衡原理可得下式：

[0086] $P_{差}=h_{高差}\times\gamma_B-h_{高差}\times\gamma_A$； (7)

[0087] 式中$\gamma_A$、$\gamma_B$分别为第一液体管中液体的容重和第二液体管中液体的容重，单位为$N/m^3$；$h_{高差}$为测点到压差传感器之间的高差，单位为m；$P_{差}$单位为Pa；

[0088] 上式可以转化为$h_{高差}=P_{差}/(\gamma_B-\gamma_A)$； (4)

[0089] 在已知压差传感器高程$H_{传感器}$的条件下可以计算测点高程：

[0090] $H_{测点}=H_{传感器}-h_{高差}$； (5)

[0091] 分析$H_{测点}$的数值变化就可以得知测点的沉降情况；

[0092] 3.2)测点处孔隙水压强为：

[0093] $P_{测点}=P_c+h_{高差}\times\gamma_c$ (8)

[0094] 式中，$\gamma_c$为与压强传感器连接的液体管中液体的容重，单位为$N/m^3$；$P_c$为压强传感器测量值，单位为Pa；$h_{高差}$为测点到压差传感器之间的高差，单位为m。

[0095] 当然，液体管还可以设置两个以上，比如设置三个、四个用来备用，或是用来进行校准。

[0096] 本实施例中，压强传感器安装在易维护的位置；所述的液体管是指充满同一液体的液体管，即液体管内的液体从测点端的压力平衡面一直到测量端的传感器测量面是连续充满的。

[0097] 本发明的设计原理为：通过压力平衡原理间接测量土体深层沉降和土体中孔隙水压力，具体为：

[0098] 测点处的孔隙水压力透过位于该处的透水头1将压力作用在第一液体管2位于透水头中的测点端21和第二液体管3位于透水头中的测点端31，压力分别通过两根液体管传到测量端的压强传感器4，压强传感器分别读取第一液体管2和第二液体管3测量端22和32

的压强值$P_A$和$P_B$;通过对$P_A$、$P_B$、第一液体管中的液体容重$\gamma_A$和第二液体管中的液体容重$\gamma_B$和测点头处的压力平衡公式,可以得出测点处与压强传感器之间的高差$H_{高差}$,通过测量压强传感器的高程可以推算出测点处的高程及沉降情况;通过压力值$P_A$、$\gamma_A$、$H_{高差}$(或$P_B$、$\gamma_B$、$H_{高差}$)应用连通管压力平衡原理可以计算得出测点处的孔隙水压强值$P_{测点}$;该方法安装简单,操作方便,适用性强,易于维护,可以有效提高测量保证率和降低成本。

[0099] 实例一:

[0100] 方案采用如下装置:第一液体管、第二液体管、透水头和可以测量第一液体管的测量端和第二液体管的测量端压强的压强传感器,第一液体管内装煤油煤油容重为$\gamma_A$=8000N/$m^3$;第二液体管内装水,水容重为$\gamma_B$=10000N/$m^3$。2016年10月5日测得$P_A$=121000Pa、$P_B$=102000Pa、传感器高程为23.365m;

[0101] 2016年10月15日测得$P_A$=117048Pa、$P_B$=98600Pa、传感器高程为23.298m;。

[0102] 计算测点高程和孔隙水压强为:

[0103] 2016年10月5日:

[0104] $h_{高差}=(P_A-P_B)/(\gamma_B-\gamma_A)$

[0105] =(121000-102000)/(10000-8000)=9.500m

[0106] 测点高程$H_{测点}$=23.365-9.5=13.865m

[0107] 测点的孔隙水压强$P_{测点}=P_A+h_{高差}\times\gamma_A$

[0108] =121000+9.5×8000=197000Pa。

[0109] 2016年10月15日:

[0110] $h_{高差}=(P_A-P_B)/(\gamma_B-\gamma_A)$

[0111] =(117048-98000)/(10000-8000)=9.524m

[0112] 测点高程$H_{测点}$=23.298-9.524=13.774m

[0113] 测点孔隙水压强$P_{测点}=P_A+h_{高差}\times\gamma_A$

[0114] =117048+9.524×8000=193240Pa。

[0115] 2016年10月5日-2016年10月15日期间的

[0116] 沉降量=13.865-13.774=0.091m。

[0117] 实例二:

[0118] 方案采用如下装置:第一液体管、第二液体管、第三液体管、透水头、用于测量第一液体管的测量端与第二液体管的测量端的压强差的压差传感器和用于测量第三液体管的测量端的压强的压强传感器,压差传感器的高程和压强传感器的高程一样,第一液体管内装煤油,煤油容重为$\gamma_A$=8000N/$m^3$;第二液体管内装水,水容重为$\gamma_B$=10000N/$m^3$;第三液体管内装水,水容重为$\gamma_C$=10000N/$m^3$。2016年10月5日测得第一液体管和第二液体管的压强差$P_{差}$=15260Pa、第三液体管的压强值$P_c$=99880Pa、传感器高程为23.400m;2016年10月15日测得第一液体管和第二液体管的压强差$P_{差}$=15342Pa、第三液体管的压强值$P_c$=97630Pa、传感器高程为23.335m。

[0119] 计算测点高程和孔隙水压强为:

[0120] 2016年10月5日:

[0121] $h_{高差}=P_{差}/(\gamma_B-\gamma_A)$=15260/(10000-8000)=7.630m

[0122] 测点高程$H_{测点}$=23.400-7.630=15.770m

[0123] 测点孔隙水压力$P_{测点}$＝$P_c$+$h_{高差}$×$\gamma_C$

[0124] ＝99880+7.63×10000＝176180Pa。

[0125] 2016年10月15日：

[0126] $h_{高差}$＝$P_{差}$/($\gamma_B$-$\gamma_A$)

[0127] ＝15342/(10000-8000)＝7.671m

[0128] 测点高程$H_{测点}$＝23.335-7.671＝15.664m

[0129] 测点孔隙水压力$P_{测点}$＝$P_c$+$h_{高差}$×$\gamma_C$

[0130] ＝97630+7.671×10000＝174340Pa。

[0131] 2016年10月5日-2016年10月15日期间的

[0132] 期间沉降量＝15.770-15.664＝0.106m。

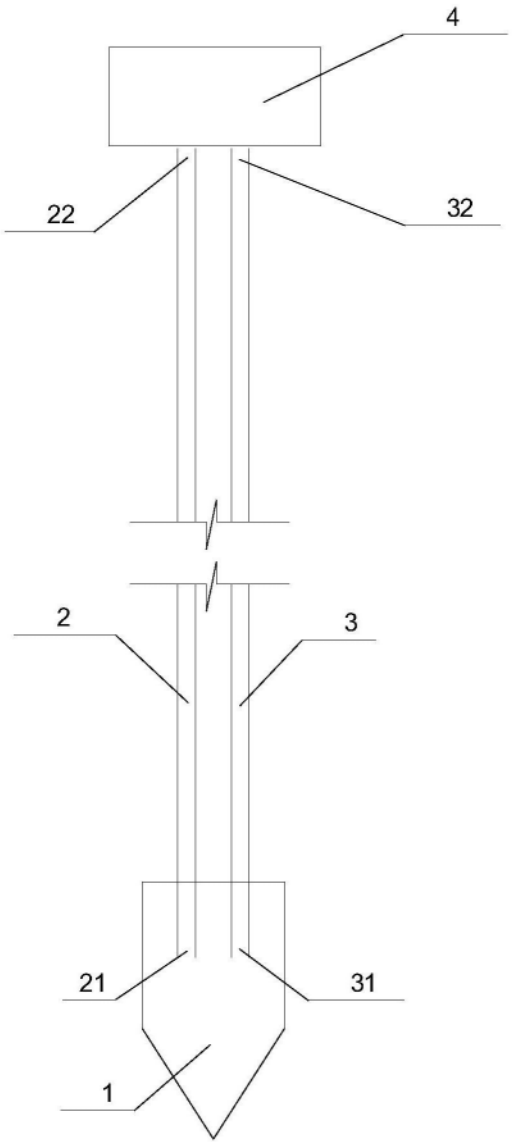



图1