



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114441313 A

(43) 申请公布日 2022.05.06

(21) 申请号 202210075910.0

(22) 申请日 2022.01.23

(71) 申请人 中国地质大学(武汉)

地址 430000 湖北省武汉市洪山区鲁磨路
388号

(72) 发明人 黄生根 陈常青 焉若愚 刘佳旺

(74) 专利代理机构 武汉知产时代知识产权代理
有限公司 42238

专利代理师 魏波

(51) Int. Cl.

G01N 3/08 (2006.01)

E02D 33/00 (2006.01)

E02D 27/12 (2006.01)

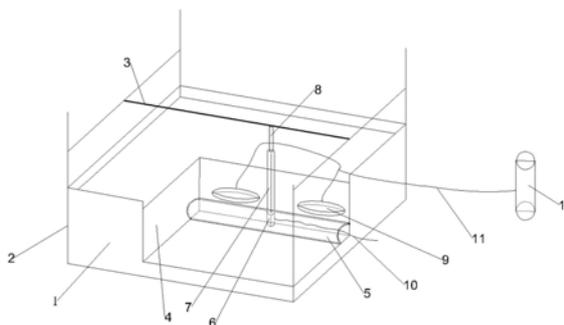
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验模型及方法

(57) 摘要

本发明公开一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验模型及方法。其中,矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验模型包括模型箱、模拟隧道、桩基托换模拟组件、地层损失模拟组件以及检测组件,桩基托换模拟组件包括上段桩、下段桩、拉绳和加载装置,地层损失模拟组件包括气囊和充放气装置,检测组件包括第一位移计、第二位移计、第三位移计、土压力盒、第一电阻应变片和第二电阻应变片。本发明的实验模型采用上、下段桩分离结构,通过拉绳抽取下段桩使得模拟隧道承载上段桩,进而模拟桩基托换过程,检测组件的测量值更加接近实际施工,而且结构简单,易于制作;同时,通过充放气囊放气模拟桩基托换过程中地层损失,使桩基托换实验过程更接近真实情况。



1. 一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验模型,其特征在于:包括模型箱、模拟隧道、桩基托换模拟组件、地层损失模拟组件以及检测组件;

所述模型箱内填充模拟土;

所述模拟隧道水平埋设在模拟土之中,模拟隧道的一端或两端贯穿模型箱的箱板;

所述桩基托换模拟组件包括上段桩、下段桩、拉绳和加载装置,上段桩垂直插入设置在模拟土之中且其下端与模拟隧道的外壁相连,下段桩垂直设置在模拟隧道之中且其上端与模拟隧道的内壁相抵,上段桩与下段桩在竖直方向上重合,拉绳一端与下段桩相连,拉绳另一端沿模拟隧道引出至模型箱外,加载装置设置在模拟箱顶部,加载装置与上段桩顶部相抵且其加载方向与上段桩在竖直方向上重合,从而向上段桩提供反力;

所述地层损失模拟组件包括气囊和充放气装置,气囊沿模拟隧道轴向布置在模拟土之中,气囊与充放气装置连通;

所述检测组件包括第一位移计、第二位移计、第三位移计、土压力盒、第一电阻应变片和第二电阻应变片;第一位移计设置在模拟土表面,用于检测模拟土的沉降量;第二位移计与上段桩相连,用于检测上段桩的沉降量;第三位移计与模拟隧道相连,用于检测隧道的沉降量;土压力盒设置在模拟土之中,用于检测模拟土土压力;第一电阻应变片设置在上段桩桩身上,用于检测上段桩桩身受力;第二电阻应变片设置在模拟隧道上,用于检测模拟隧道应力变化。

2. 根据权利要求1所述的一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验模型,其特征在于:所述模拟土中插入设有管体且其下端与模拟隧道的外壁相连,所述模拟隧道的外壁上还设有固定件,且固定件位于管体之中,所述第三位移计通过传导线与固定件连接。

3. 根据权利要求1所述的一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验模型,其特征在于:所述模型箱为顶面开口的矩形箱体,模型箱包括箱板以及连接相邻箱板的钢架,相邻箱板之间采用密封胶密封。

4. 根据权利要求3所述的一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验模型,其特征在于:所述模型箱的至少一侧面的箱板采用透明有机玻璃,利于观察模拟土变化状态。

5. 根据权利要求1所述的一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验模型,其特征在于:所述加载装置包括反力架和千斤顶,反力架固定在模型箱上,千斤顶设置在反力架与上段桩之间,并将千斤顶预紧。

6. 根据权利要求1所述的一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验模型,其特征在于:所述上段桩顶部设有荷载板,所述加载装置与荷载板相抵。

7. 根据权利要求6所述的一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验模型,其特征在于:所述第二位移计设置在荷载板上。

8. 一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验方法,其特征在于:基于权利要求1至7任意一项所述的一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验模型进行,包括以下步骤:

S1、在加载装置未施加荷载时,记录第一位移计、第二位移计、第三位移计、土压力盒、第一电阻应变片和第二电阻应变片的数据作为第一组数据;

S2、加载装置施加荷载至预设值,记录第一位移计、第二位移计、第三位移计、土压力盒、第一电阻应变片和第二电阻应变片的数据作为第二组数据;

S3、保持加载装置的荷载值不变,每隔一段时间记录第一位移计、第二位移计、第三位

移计、土压力盒、第一电阻应变片和第二电阻应变片的数据作为第N组数据,直至数据不再发生变动;

S4、通过拉绳将设置在模拟隧道中的下段桩拉出,使得模拟隧道承载上段桩,模拟桩基托换过程,在将下段桩拉出的过程中使气囊放气,模拟地层损失,记录托换前后的第一位移计、第二位移计、第三位移计、土压力盒、第一电阻应变片和第二电阻应变片的数据;

S5、根据托换前后模拟土沉降、上段桩沉降、模拟隧道沉降以及模拟土土压力变化、上段桩桩身受力变化、模拟隧道应力变化判断托换后模拟土的状态、上段桩的状态以及模拟隧道的状态。

9. 根据权利要求8所述的一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验方法,其特征在于:托换后模拟土的状态、上段桩的状态以及模拟隧道的状态的判断步骤如下:

桩基托换后,第一位移计的位移量大于预设土层沉降阈值时,沉降量过大,模拟土处于不稳定状态,第一位移计的位移量小于预设土层沉降阈值时,则反之;土压力盒的压力值大于预设土层受压阈值,模拟土处于不稳定状态,土压力盒的压力值小于预设土层受压阈值,则反之;

桩基托换后,第二位移计的位移量大于预设上段桩沉降阈值时,沉降量过大,上段桩处于不稳定状态,第二位移计的位移量小于预设上段桩沉降阈值时,则反之;第一电阻应变片的压力值大于预设上段桩受压阈值,则上段桩已断裂,第一电阻应变片应变值小于预设上段桩受压阈值,则反之;

桩基托换后,第三位移计的位移量大于预设隧道沉降阈值时,沉降量过大,模拟隧道处于不稳定状态,第三位移计的位移量小于预设隧道沉降阈值时,则反之;第二电阻应变片的压力值大于预设隧道受压阈值,模拟隧道已断裂,第二电阻应变片的压力值小于预设隧道受压阈值,则反之。

10. 根据权利要求8所述的一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验方法,其特征在于:第一至第N组数据中,第一位移计、第二位移计、第三位移计、土压力盒、第一电阻应变片和第二电阻应变片的数据均作为安全判断值,安全判断值用于判断托换前的安全性,当各安全判断值均小于相应预设阈值时,模型处于安全状态,当任一安全判断值大于相应预设阈值时,模型处于不安全状态,终止实验。

一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验模型及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及桥梁及隧道工程实验技术领域,尤其涉及一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验模型及方法。

背景技术

[0002] 随着城市化进程的加深,各大城市地下空间的利用密度逐渐变大,地下空间的拥堵现象也越发凸显。城市中很多隧道修建需要下穿桩基,其桩基础往往会深入地下,给隧道施工造成一定干扰。当隧道与桥梁桩基无可避免地发生冲突时,为了维持桥梁构筑物的稳定性,往往需要将桥梁桩基既有的上覆荷载采用桩基托换技术进行有效转移,从而保证地下工程的顺利推进。因此,桩基托换技术解决这一问题。

[0003] 传统的桩基托换技术是采用新建托换梁与托换桩的方式,将既有桩基础所承受的上部荷载有效地转移到新建托换桩上来,从而实现荷载的转换,但托换桩与托换梁施工繁琐、工期长,影响隧道开挖进度。目前,最新的桩基托换技术是将桩基直接托换至隧道外壁上,但托换效果的评估主要是通过数值模拟进行,实验室尚无最新托换技术对应的实验模型。此外,桩基托换为一体结构,实验模型难以真实模拟和搭建制作。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于针对已有的技术现状,提供一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验模型及方法。

[0005] 为达到上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0006] 一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验模型,包括模型箱、模拟隧道、桩基托换模拟组件、地层损失模拟组件以及检测组件;

[0007] 所述模型箱内填充模拟土;

[0008] 所述模拟隧道水平埋设在模拟土之中,模拟隧道的一端或两端贯穿模型箱的箱板;

[0009] 所述桩基托换模拟组件包括上段桩、下段桩、拉绳和加载装置,上段桩竖直插入设置在模拟土之中且其下端与模拟隧道的外壁相连,下段桩竖直设置在模拟隧道之中且其上端与模拟隧道的内壁相抵,上段桩与下段桩在竖直方向上重合,拉绳一端与下段桩相连,拉绳另一端沿模拟隧道引出至模型箱外,加载装置设置在模拟箱顶部,加载装置与上段桩顶部相抵且其加载方向与上段桩在竖直方向上重合,从而向上段桩提供反力;

[0010] 所述地层损失模拟组件包括气囊和充放气装置,气囊沿模拟隧道轴向布置在模拟土之中,气囊与充放气装置连通;

[0011] 所述检测组件包括第一位移计、第二位移计、第三位移计、土压力盒、第一电阻应变片和第二电阻应变片;第一位移计设置在模拟土表面,用于检测模拟土的沉降量;第二位移计与上段桩相连,用于检测上段桩的沉降量;第三位移计与模拟隧道相连,用于检测隧道的沉降量;土压力盒设置在模拟土之中,用于检测模拟土土压力;第一电阻应变片设置在上

段桩桩身上,用于检测上段桩桩身受力;第二电阻应变片设置在模拟隧道上,用于检测模拟隧道应力变化。

[0012] 进一步的,所述模拟土中插入设有管体且其下端与模拟隧道的外壁相连,所述模拟隧道的外壁上还设有固定件,且固定件位于管体之中,所述第三位移计通过传导线与固定件连接。

[0013] 进一步的,所述模型箱为顶面开口的矩形箱体,模型箱包括箱板以及连接相邻箱板的钢架,相邻箱板之间采用密封胶密封。

[0014] 进一步的,所述模型箱的至少一侧面的箱板采用透明有机玻璃,利于观察模拟土变化状态。

[0015] 进一步的,所述加载装置包括反力架和千斤顶,反力架固定在模型箱上,千斤顶设置在反力架与上段桩之间,并将千斤顶预紧。

[0016] 进一步的,所述上段桩顶部设有荷载板,所述加载装置与荷载板相抵。

[0017] 进一步的,所述第二位移计设置在荷载板上。

[0018] 一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验方法,基于上述一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验模型进行,包括以下步骤:

[0019] S1、在加载装置未施加荷载时,记录第一位移计、第二位移计、第三位移计、土压力盒、第一电阻应变片和第二电阻应变片的数据作为第一组数据;

[0020] S2、加载装置施加荷载至预设值,记录第一位移计、第二位移计、第三位移计、土压力盒、第一电阻应变片和第二电阻应变片的数据作为第二组数据;

[0021] S3、保持加载装置的荷载值不变,每隔一段时间记录第一位移计、第二位移计、第三位移计、土压力盒、第一电阻应变片和第二电阻应变片的数据作为第N组数据,直至数据不再发生变动;

[0022] S4、通过拉绳将设置在模拟隧道中的下段桩拉出,使得模拟隧道承载上段桩,模拟桩基托换过程,在将下段桩拉出的过程中使气囊放气,模拟地层损失,记录托换前后的第一位移计、第二位移计、第三位移计、土压力盒、第一电阻应变片和第二电阻应变片的数据;

[0023] S5、根据托换前后模拟土沉降、上段桩沉降、模拟隧道沉降以及模拟土土压力变化、上段桩桩身受力变化、模拟隧道应力变化判断托换后模拟土的状态、上段桩的状态以及模拟隧道的状态。

[0024] 进一步的,托换后模拟土的状态、上段桩的状态以及模拟隧道的状态的判断步骤如下:

[0025] 桩基托换后,第一位移计的位移量大于预设土层沉降阈值时,沉降量过大,模拟土处于不稳定状态,第一位移计的位移量小于预设土层沉降阈值时,则反之;土压力盒的压力值大于预设土层受压阈值,模拟土处于不稳定状态,土压力盒的压力值小于预设土层受压阈值,则反之;

[0026] 桩基托换后,第二位移计的位移量大于预设上段桩沉降阈值时,沉降量过大,上段桩处于不稳定状态,第二位移计的位移量小于预设上段桩沉降阈值时,则反之;第一电阻应变片的压力值大于预设上段桩受压阈值,则上段桩已断裂,第一电阻应变片应变值小于预设上段桩受压阈值,则反之;

[0027] 桩基托换后,第三位移计的位移量大于预设隧道沉降阈值时,沉降量过大,模拟隧

道处于不稳定状态,第三位移计的位移量小于预设隧道沉降阈值时,则反之;第二电阻应变片的压力值大于预设隧道受压阈值,模拟隧道已断裂,第二电阻应变片的压力值小于预设隧道受压阈值,则反之。

[0028] 进一步的,第一至第N组数据中,第一位移计、第二位移计、第三位移计、土压力盒、第一电阻应变片和第二电阻应变片的数据均作为安全判断值,安全判断值用于判断托换前的安全性,当各安全判断值均小于相应预设阈值时,模型处于安全状态,当任一安全判断值大于相应预设阈值时,模型处于不安全状态,终止实验。

[0029] 本发明的有益效果为:

[0030] 本发明的实验模型采用上、下段桩分离结构,通过拉绳抽取下段桩使得模拟隧道承载上段桩,进而模拟桩基托换过程,检测组件的测量值更加接近实际施工,而且结构简单,易于制作;同时,通过充放气囊放气模拟桩基托换过程中地层损失,使桩基托换实验过程更接近真实情况。

附图说明

[0031] 图1为本发明托换实验模型的结构示意图;

[0032] 图2为本发明模拟隧道与上段桩和下段桩的相对位置示意图;

[0033] 图3为本发明托换实验模型中检测组件的布置图;

[0034] 图4为本发明上段桩与加载组件的相对位置示意图;

[0035] 图5为本发明第一电阻应变片的布置图;

[0036] 图6为本发明第二电阻应变片的布置图;

[0037] 图7为本发明模型箱的结构示意图。

[0038] 标注说明:1、模型箱,2、钢架,3、反力架,4、模拟土,5、模拟隧道,6、下段桩,7、上段桩,8、千斤顶,9、气囊,10、拉绳,11、气管,12、充放气装置,13、荷载板,14、第二位移计,15、第一电阻应变片,16、第二电阻应变片,17、土压力盒,18、第一位移计,19、第三位移计,20、管体,21、传导线,22、钢环片,23、开孔,24、螺孔,25、第三位移计。

具体实施方式

[0039] 下面结合附图对本发明作进一步说明。

[0040] 请参阅图1-7所示,一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验模型,包括模型箱1、模拟隧道5、桩基托换模拟组件、地层损失模拟组件以及检测组件。

[0041] 模型箱1为顶面开口的矩形箱体,模型箱1包括箱板以及连接相邻箱板的钢架2,相邻箱板之间采用密封胶密封。优选的是,模型箱1的至少一侧面的箱板采用透明有机玻璃,利于观察模拟土变化状态。

[0042] 模型箱1内填充模拟土,模拟土采用中粗砂与铁砂粉的按比例混合而成。

[0043] 本实施例中,模型箱1的底面采用木板,模型箱1的四侧面采用透明的有机玻璃,钢架2为直角架,木板和有机玻璃均采用螺钉与钢架2连接。

[0044] 模拟隧道5水平埋设在模拟土之中,模拟隧道5的一端或两端贯穿模型箱1的箱板。模型箱1的箱板上位于模拟隧道5贯穿处采用螺钉安装设有钢环片22,防止实验过程中模型箱1的箱板开裂。

[0045] 桩基托换模拟组件包括上段桩7、下段桩6、拉绳10和加载装置，上段桩7竖直插入设置在模拟土4之中且其下端与模拟隧道5的外壁相连，下段桩6竖直设置在模拟隧道5之中且其上端与模拟隧道5的内壁相抵，上段桩7与下段桩6在竖直方向上重合，拉绳10一端与下段桩6相连，拉绳10另一端沿模拟隧道5引出至模型箱1外，加载装置设置在模拟箱1顶部，加载装置与上段桩7顶部相抵且其加载方向与上段桩7在竖直方向上重合，从而向上段桩7提供反力。

[0046] 本实施例中，加载装置包括反力架3和千斤顶8，反力架3固定在模型箱1的钢架2上，千斤顶8设置在反力架3与上段桩7之间。

[0047] 地层损失模拟组件包括气囊9和充放气装置12，气囊9沿模拟隧道5轴向布置在模拟土4之中，气囊9与充放气装置12连通。气囊9与连通气囊9与充放气装置12的气管11均为橡胶材料。

[0048] 检测组件包括第一位移计18、第二位移计14、第三位移计19、土压力盒17、第一电阻应变片15和第二电阻应变片16，布置方式如下：

[0049] 第一位移计18设置在模拟土4表面，用于检测模拟土4的沉降量；

[0050] 第二位移计14与上段桩6相连，用于检测上段桩6的沉降量；

[0051] 第三位移计25与模拟隧道5相连，用于检测隧道5的沉降量；

[0052] 土压力盒17设置在模拟土4之中，用于检测模拟土4土压力；

[0053] 第一电阻应变片15设置在上段桩6桩身上，用于检测上段桩6桩身受力；

[0054] 第二电阻应变片16设置在模拟隧道5上，用于检测模拟隧道5应力变化。

[0055] 模拟土4中插入设有管体20且其下端与模拟隧道5的外壁相连，模拟隧道5的外壁上还设有固定件19，且固定件19位于管体20之中，第三位移计25通过传导线21与固定件19连接。上述技术方案解决了模拟土4对第三位移计25的干扰。本实施例中，管体20采用玻璃管，其下端通过胶水与模拟隧道5相连，固定件19采用木块，传导线21采用钢丝。

[0056] 由于实际模型中上段桩7的直径较小，为利于施加荷载，上段桩7顶部设有荷载板13，加载装置与荷载板13相抵。第二位移计14设置在荷载板13上。

[0057] 本实施例中，上段桩7、下段桩6和模拟隧道5均为空心且具有一定的硬度，例如PVC管、钢管或者铝合金管，主要是防止模拟土4挤压使得上段桩7、下段桩6和模拟隧道5变形过大，甚至损坏，与实际情况不符。

[0058] 具体的，该桩基托换实验模型的制作过程如下：

[0059] 通过钢架2把模型箱1拼装成型，钢架2与模型箱1的箱板通过螺丝固定，相邻模型箱1的箱板之间采用密封胶密封；

[0060] 在模型箱1对侧的两箱板上分别开凿一个直径略大于模拟隧道5直径的开孔23，两开孔23对称，在开孔23中加装钢环片22，钢环片22上设有螺孔24；

[0061] 在模型箱1中填充模拟土4至开孔23高度。模拟土4填充方式为砂雨法，然后夯实模拟土4；

[0062] 将模拟隧道5放置在模型箱1中的模拟土4上，并使其两端贯穿模型箱1上的开孔23；

[0063] 在模拟隧道5顶部的外壁上采用胶水依次固定木块和玻璃管，将钢丝与木块连接并经玻璃管引出。木块和玻璃管布置两组；

[0064] 将气囊9设置在模拟隧道5顶部的外壁上,气管11沿模型箱1的内壁引到模型箱1外部连通充放气装置12。气囊9布置两组;

[0065] 将第二电阻应变片16设置在模拟隧道5的外壁上,其导线沿模型箱1的内壁引到模型箱1外部与数据采集装置连接。第二电阻应变片16沿模拟隧道5轴向和环向均匀布置若干组,布置方式参考图3、5;

[0066] 将上段桩7及下段桩6设置在模拟隧道5的预设位置,上段桩7下端与模拟隧道5的衔接处浇筑混凝土,防止上段桩7在荷载施加过程中发生滑移,影响实验结果,并将第一电阻应变片15设置在上段桩7上,其导线沿模型箱1的内壁引到模型箱1外部与数据采集装置连接。第一电阻应变片15沿上段桩7轴向和环向均匀布置若干组,每组第一电阻应变片15沿横向和纵向均布置,布置方式参考图3、6;

[0067] 在模型箱1中填充模拟土4至预设高度,并在填土过程中埋设土压力盒17,其导线沿模型箱1的内壁引到模型箱1外部与数据采集装置连接。在填充模拟土4的过程中每隔定高在上段桩7旁边放置一个土压力盒17,一般选用微型土压力盒。模拟土4填充方式为砂雨法,然后夯实模拟土4;

[0068] 在模拟土4表面设置第一位移计18,其导线沿模型箱1的内壁引到模型箱1外部与数据采集装置连接。第一位移计18布置两组。为了防止在实验过程中第一位移计18滑动而影响实验结果,先在模拟土4上垫置一个木板,把第一位移计18用磁性卡座固定在木板上;

[0069] 将经玻璃管引上来的的钢丝连接到第三位移计25上,其导线与数据采集装置连接;

[0070] 将荷载板13安装在上段桩7的桩顶,利用加固模型箱1的钢架2设置反力架3;

[0071] 在荷载板13与反力架3之间设置千斤顶8,并将千斤顶8预紧;

[0072] 在荷载板13上设置第二位移计14,其导线与数据采集装置连接。第二位移计14布置两组。

[0073] 数据采集装置用于读取第一位移计18、第二位移计14、第三位移计25、土压力盒17、第一电阻应变片15和第二电阻应变片16的数据,其中,位移量通过前后读取的差值计算得到,压力值直接读取。数据采集装置为现有技术,此处不再赘述。

[0074] 请参阅图1-7所示,一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验方法,基于上述一种矿山法隧道开挖下穿桥梁桩基托换实验模型进行,包括以下步骤:

[0075] S1、在加载装置未施加荷载时,记录第一位移计18、第二位移计14、第三位移计25、土压力盒17、第一电阻应变片15和第二电阻应变片16的数据作为第一组数据;

[0076] S2、加载装置施加荷载至预设值,记录第一位移计18、第二位移计14、第三位移计25、土压力盒17、第一电阻应变片15和第二电阻应变片16的数据作为第二组数据;

[0077] S3、保持加载装置的荷载值不变,每隔一段时间记录第一位移计18、第二位移计14、第三位移计25、土压力盒17、第一电阻应变片15和第二电阻应变片16的数据作为第N组数据,直至数据不再发生变动;

[0078] S4、通过拉绳将设置在模拟隧道中的下段桩拉出,使得模拟隧道承载上段桩,模拟桩基托换过程,在将下段桩拉出的过程中使气囊放气,模拟地层损失,记录托换前后的第一位移计、第二位移计、第三位移计、土压力盒、第一电阻应变片和第二电阻应变片的数据;

[0079] S5、根据托换前后模拟土4沉降、上段桩7沉降、模拟隧道5沉降以及模拟土4土压力

变化、上段桩7桩身受力变化、模拟隧道5应力变化判断托换后模拟土4的状态、上段桩7的状态以及模拟隧道5的状态。

[0080] 托换后模拟土4的状态、上段桩7的状态以及模拟隧道5的状态的判断步骤如下：

[0081] 桩基托换后，第一位移计18的位移量大于预设土层沉降阈值时，沉降量过大，模拟土4处于不稳定状态，第一位移计18的位移量小于预设土层沉降阈值时，则反之；土压力盒17的压力值大于预设土层受压阈值，模拟土4处于不稳定状态，土压力盒17的压力值小于预设土层受压阈值，则反之；

[0082] 桩基托换后，第二位移计14的位移量大于预设上段桩沉降阈值时，沉降量过大，上段桩7处于不稳定状态，第二位移计14的位移量小于预设上段桩沉降阈值时，则反之；第一电阻应变片15的压力值大于预设上段桩受压阈值，则上段桩7已断裂，第一电阻应变片15应变值小于预设上段桩受压阈值，则反之；

[0083] 桩基托换后，第三位移计25的位移量大于预设隧道沉降阈值时，沉降量过大，模拟隧道5处于不稳定状态，第三位移计25的位移量小于预设隧道沉降阈值时，则反之；第二电阻应变片16的压力值大于预设隧道受压阈值，模拟隧道5已断裂，第二电阻应变片16的压力值小于预设隧道受压阈值，则反之。

[0084] 上述判断布置中，不同第一位移计18、第二位移计14、第三位移计25、土压力盒17、第一电阻应变片15和第二电阻应变片16均单独与相应阈值对比。

[0085] 第一至第N组数据中，第一位移计18、第二位移计14、第三位移计25、土压力盒17、第一电阻应变片15和第二电阻应变片16的数据均作为安全判断值，安全判断值用于判断托换前的安全性，当各安全判断值均小于相应预设阈值时，模型处于安全状态，当任一安全判断值大于相应预设阈值时，模型处于不安全状态，终止实验。

[0086] 需要说明的是，上段桩7和下段桩6的直径、长度、厚度和材质，上段桩7和下段桩6的预设位置，模拟隧道5的直径、长度、厚度和材质，模拟隧道5的埋深、填土量以及荷载施加大小均是根据实际施工方案中的尺寸按照等比例缩小确定的。模拟土4的配制、气囊9的放气量是根据实际施工现场的情况确定的。

[0087] 从相关规范中可查询到不同类型桥梁桩基的预设沉降阈值和不同混凝土等级的预设受压极限状态阈值，并使用到本方案中。

[0088] 当然，以上仅为本发明较佳实施方式，并非以此限定本发明的使用范围，故，凡是在本发明原理上做等效改变均应包含在本发明的保护范围内。

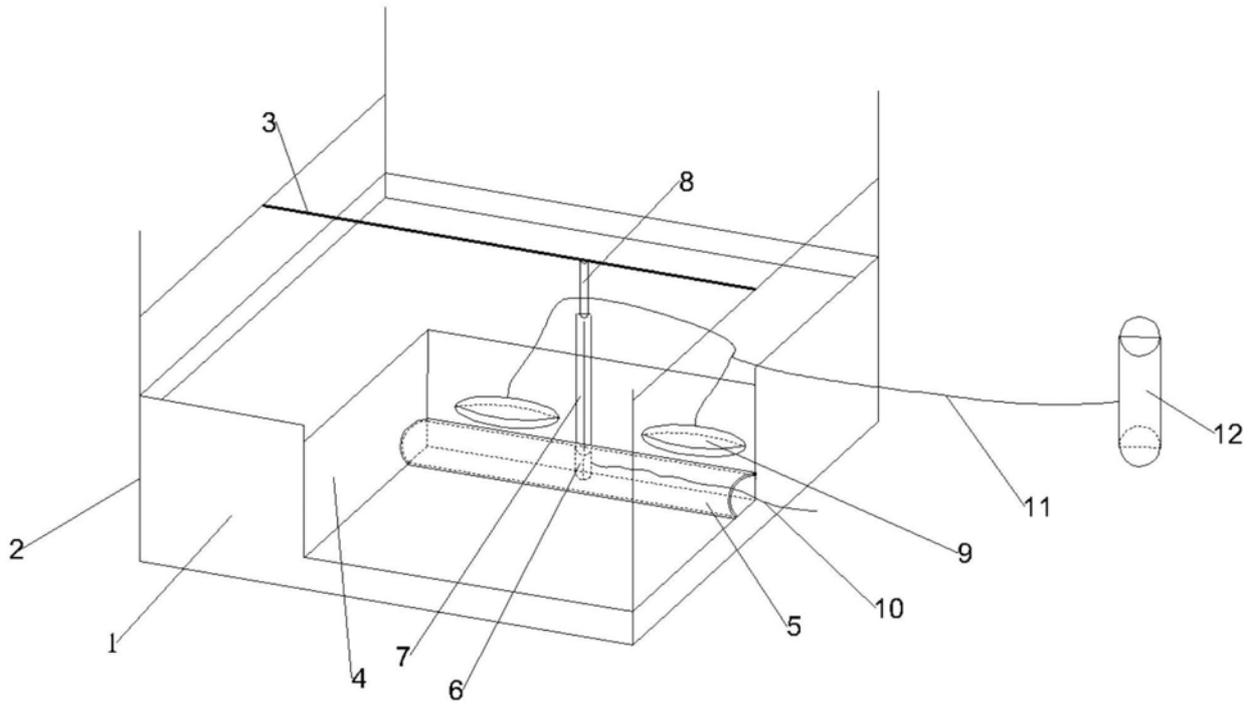


图1

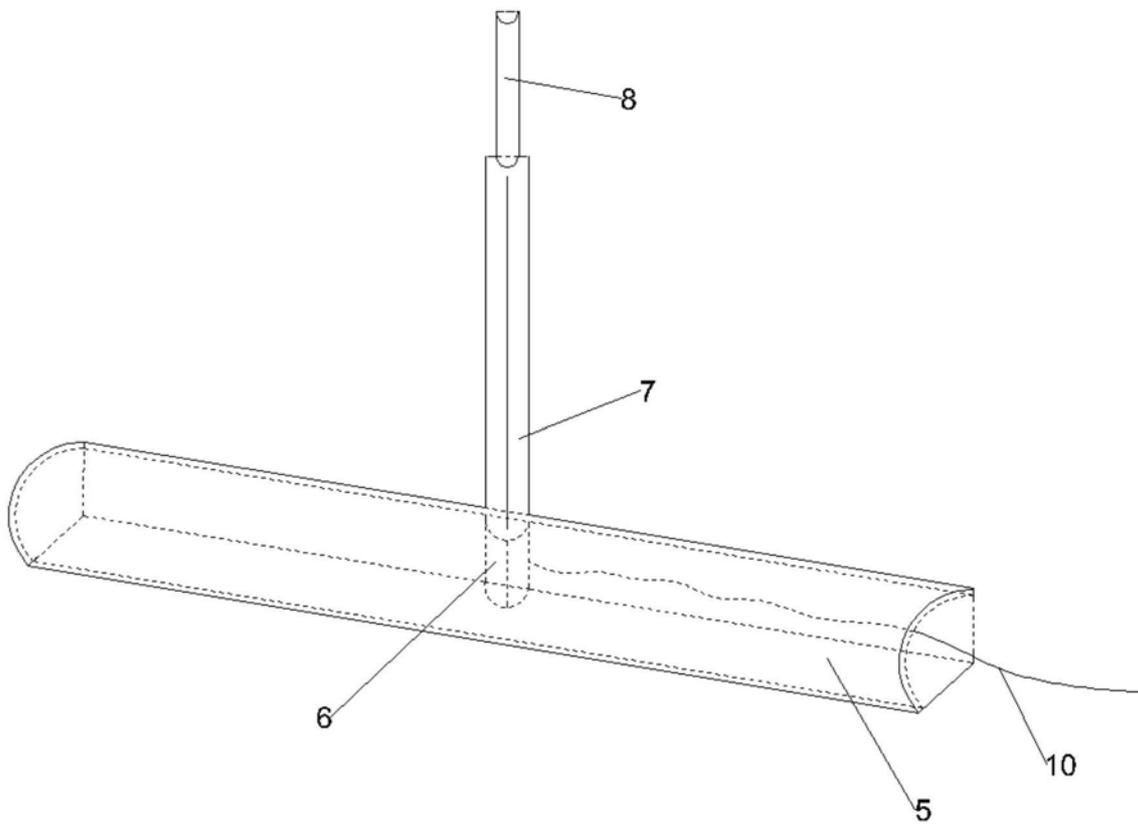


图2

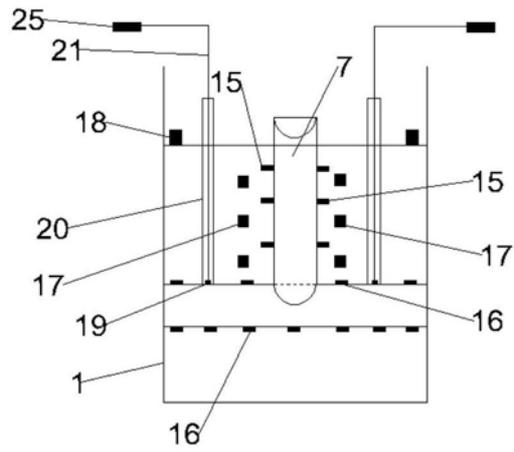


图3

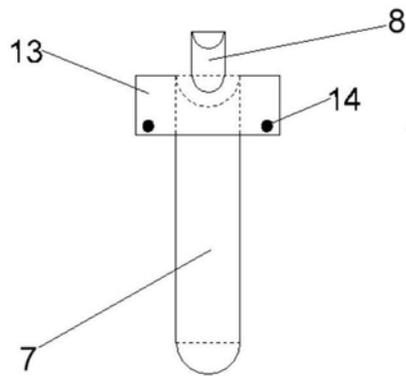


图4

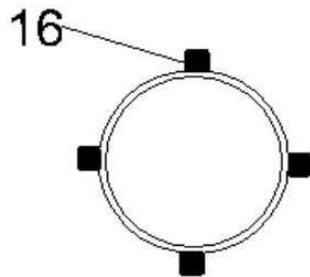


图5

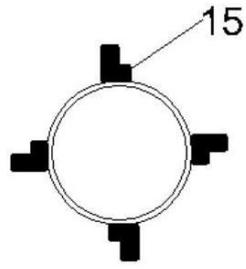


图6

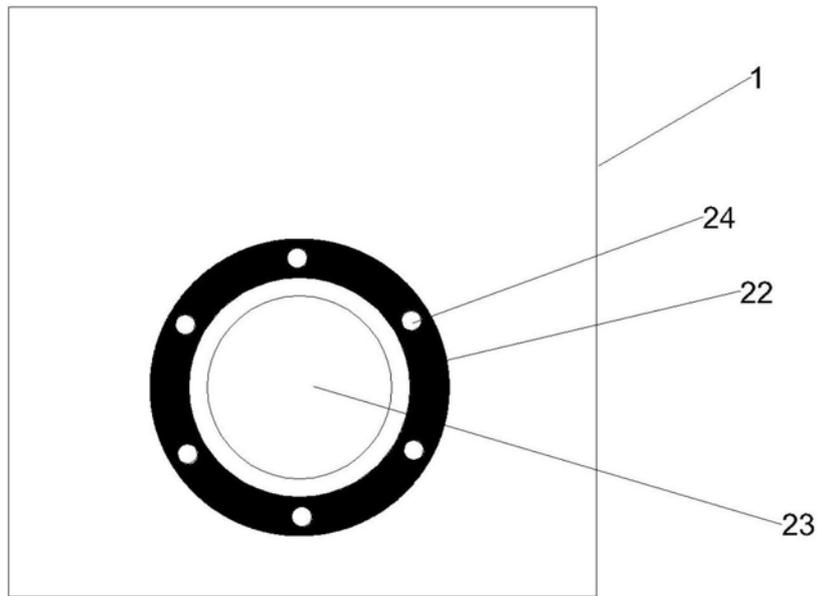


图7