



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109680735 A

(43)申请公布日 2019.04.26

(21)申请号 201910077053.6

(22)申请日 2019.01.27

(71)申请人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 程康 徐日庆 申硕 应宏伟

李宝建 冯苏阳 于丙琪

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司

33200

代理人 刘静 邱启旺

(51)Int.Cl.

E02D 33/00(2006.01)

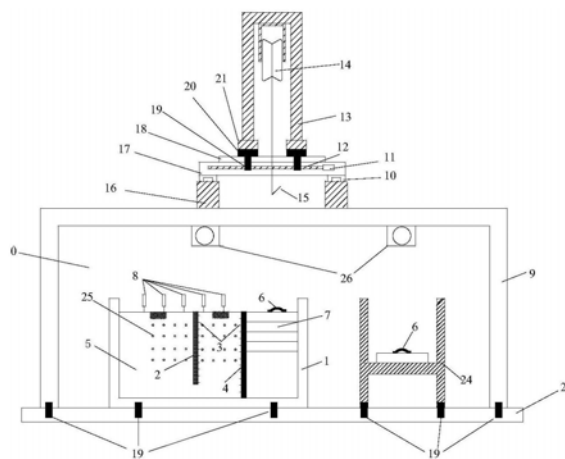
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

桩及坑外土体在基坑开挖下变形规律探究的模型试验装置

(57)摘要

本发明公开了一种桩及坑外土体在基坑开挖下变形规律探究的模型试验装置。试验模型箱内装有地基土,埋设基坑围护挡墙,其中挡墙一侧的地基土分层装填在土袋内,通过土袋的逐步移除来模拟基坑的开挖过程。沿桩基及挡墙深度方向上均布有一系列应变计,以监测桩基及挡墙挠曲变位,在地基土表部,布置若干LVDTs位移传感器,监测地基土地表位移,结合摄像机可用于观测基坑开挖下坑外土体的水平位移变化情况。本发明适用在超重力条件下,模拟基坑在离心机非停机状态下的分层及连续开挖过程中,探究邻近既有桩基的水平向响应规律,以及坑外土体地表沉降、坑外土体水平位移规律等由基坑开挖引起的邻近环境响应规律。



1. 一种桩及坑外土体在基坑开挖下变形规律探究的模型试验装置,其特征在于:包括试验模型箱、纵梁导轨、电机、纵梁连杆、支架、电动葫芦、吊钩、纵梁、横梁、横梁导轨、螺栓、滑块、底板、横梁连杆,试验模型箱包括模拟仓、储备仓以及刚性框架,模拟仓装填有地基土,模拟仓外壁表面布置有PIV粒子图像测试观测点;基坑围护墙埋入地基土并将模拟仓一分为二,基坑围护墙上布置有应变计,基坑围护墙一侧为基坑待开挖部分,该侧地基土分层装填在土袋内;基坑围护墙另一侧为基坑坑外地基土,该地基土表面布置若干LVDTs位移传感器,该侧地基土内埋设有桩基,沿桩基长度方向上均匀布有若干应变计;刚性框架上部铺有两根纵梁,纵梁上铺有纵梁导轨,与纵梁构成滑动副,并装有与导轨垂直的纵梁连杆,纵梁连杆与电机相连,两根横梁垂直布置在两根纵梁导轨上,并与之构成滑动副,两根横梁上面各自有横梁导轨,横梁与横梁导轨固定,横梁导轨两端为两个滑块,横梁连杆连接在横梁导轨之间,滑块上面为底板,底板上装有支架以支撑安装在支架内的电动葫芦,吊钩与电动葫芦连接,试验模型箱、刚性框架通过螺栓与垫板固定。

2. 根据权利要求1所述的桩及坑外土体在基坑开挖下变形规律探究的模型试验装置,其特征在于:所述基坑围护墙为围护板或围护桩。

3. 根据权利要求1所述的桩及坑外土体在基坑开挖下变形规律探究的模型试验装置,其特征在于:所述土袋数量若干且可折叠,土袋材质为塑料,土袋内装填地基土,土袋放置在基坑待开挖位置处,形状可调整以确保与模拟仓完全接触,不留空隙,土袋外侧设有弹簧环,方便土袋能被吊钩吊起。

4. 根据权利要求1所述的桩及坑外土体在基坑开挖下变形规律探究的模型试验装置,其特征在于:所述试验模型箱内设置摄像机,可用于实时监控吊钩的位置及模拟仓开挖和储备仓的存储情况。

5. 根据权利要求1所述的桩及坑外土体在基坑开挖下变形规律探究的模型试验装置,其特征在于:所述LVDTs位移传感器,用于测量基坑开挖过程中基坑围护墙外侧地表土体的竖向沉降量。

6. 根据权利要求1所述的桩及坑外土体在基坑开挖下变形规律探究的模型试验装置,其特征在于:所述应变计,用于测量基坑开挖过程中基坑围护墙以及桩基的变形量。

7. 根据权利要求1所述的桩及坑外土体在基坑开挖下变形规律探究的模型试验装置,其特征在于:所述模拟仓、储备仓仓体由铝合金板组合而成,板间采用高强度螺栓联接,各板间接合面处采用真空橡胶垫进行密封防水,试验模型箱长边侧设置了有机玻璃观察窗。

8. 根据权利要求1所述的桩及坑外土体在基坑开挖下变形规律探究的模型试验装置,其特征在于:将印有黑色圆点的白纸贴在有机玻璃板做PIV粒子图像测试观测点,已知位置的黑色圆点为土体位移参考点。

桩及坑外土体在基坑开挖下变形规律探究的模型试验装置

技术领域

[0001] 本发明属于基础工程领域,涉及一种桩及坑外土体在邻近基坑开挖下的变形规律探究的模型试验装置,特别是涉及一种超重力条件下的桩基在邻近基坑开挖下响应规律以及坑外土体水平位移及地表竖向沉降规律的模拟试验装置。

背景技术

[0002] 随着城市化进程的日益加快,在建筑物密集的市区进行基坑开挖越来越多,土体开挖产生的卸荷作用将打破土体原有的应力平衡,改变土体位移场,使邻近地下管线、既有结构物基础如建筑物桩基等产生附加内力及变形,严重者将改变其承载性能,甚至发生破坏。特别是对软土中的桩,其所受扰动更为明显。因此对由基坑开挖引起的坑外邻近土体的位移及其对既有结构物的扰动需进行准确合理地评价。超重力模型试验相对于室内常1g模型试验及数值模拟方法具有其独特优势,超重力离心模拟可较为真实的再现应力场,能真实准确对反映客观物理规律,在基坑开挖、桩基工程等岩土工程领域的研究中发挥着重要的作用,也在研究桩基在邻近基坑开挖下的响应规律中扮演着难以替代的角色,一系列的超重力离心模拟已被广泛用于既有桩基在邻近基坑开挖引起的土体侧移作用下的水平向响应探究之中。

[0003] 此外,在各物理模型试验中,模型地基土体的变形观测是十分重要环节之一。近十年,以图像技术为基础的测量方法逐渐发展起来,包括X-射线方法CT法等,这些技术可以对模型表面和内部的位移、裂纹、颗粒形状进行捕捉。PIV技术又称为粒子图像测试技术,是一种基于图像互相关分析的非接触式二维位移场测量技术。该技术最早应用于测试流体力学试验中流场速度2001年D.J.White等将该方法原理应用到土体模型的变形测量中,结合MATLAB软件编制了GeoPIV程序。目前,该方法已应用到边坡、隧道、基坑变形和剪切带观测等诸多领域,对砂土、粉土以及粘土的位移或应变测量,均表现出了较佳的效果。颗粒图像测速技术(PIV)可实现浅层土体变形的连续性测量,具有较高精度和非接触测量特性,为图像分析提供了新的研究途径,可应用于基坑开挖引起的坑外土体位移场的观测。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种桩及坑外土体在邻近基坑开挖下的变形规律探究的模型试验装置,尤其适用在超重力条件下,模拟基坑在离心机非停机状态下的分层及连续开挖过程中,探究邻近既有桩基的水平向响应规律,以及坑外土体地表沉降、坑外土体水平位移规律等由基坑开挖引起的邻近环境响应规律。

[0005] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案如下:一种桩及坑外土体在基坑开挖下变形规律探究的模型试验装置,包括试验模型箱、纵梁导轨、电机、纵梁连杆、支架、电动葫芦、吊钩、纵梁、横梁、横梁导轨、螺栓、滑块、底板、横梁连杆,试验模型箱包括模拟仓、储备仓以及刚性框架,模拟仓装填有地基土,模拟仓外壁表面布置有PIV粒子图像测试观测点;基坑围护墙埋入地基土并将模拟仓一分为二,基坑围护墙上布置有应变计,基坑围护墙一

侧为基坑待开挖部分,该侧地基土分层装填在土袋内;基坑围护墙另一侧为基坑坑外地基土,该地基土表面布置若干LVDTs位移传感器,该侧地基土内埋设有桩基,沿桩基长度方向上均匀布有若干应变计;刚性框架上部铺有2根纵梁,纵梁上铺有纵梁导轨,与纵梁构成滑动副,并装有与导轨垂直的纵梁连杆,纵梁连杆与电机相连,两根横梁垂直布置在2根纵梁导轨上,并与之构成滑动副,2根横梁上面各自有横梁导轨,横梁与横梁导轨通过螺栓固定,横梁导轨两端为两个滑块,横梁连杆连接在横梁导轨之间,滑块上面为底板,底板上装有支架以支撑安装在支架内的电动葫芦,吊钩与电动葫芦连接,试验模型箱、刚性框架通过螺栓与垫板固定。

[0006] 进一步地,所述基坑围护墙为围护板或围护桩。

[0007] 进一步地,所述土袋数量若干且可折叠,土袋材质为塑料,土袋内装填地基土,土袋放置在基坑待开挖位置处,形状可调整以确保与模拟仓完全接触,不留空隙,土袋外侧设有弹簧环,方便土袋能被吊钩吊起。

[0008] 进一步地,所述试验模型箱内设置摄像机,可用于实时监控吊钩的位置及模拟仓开挖和储备仓的存储情况。

[0009] 进一步地,所述LVDTs位移传感器,用于测量基坑开挖过程中基坑围护墙外侧地表土体的竖向沉降量。

[0010] 进一步地,所述应变计,用于测量基坑开挖过程中基坑围护墙以及桩基的变形量。

[0011] 进一步地,所述模拟仓、储备仓仓体由铝合金板组合而成,板间采用高强度螺栓联接,各板间接合面处采用真空橡胶垫进行密封防水,试验模型箱长边侧设置了有机玻璃观察窗。

[0012] 进一步地,将印有黑色圆点的白纸贴在有机玻璃板做PIV粒子图像测试观测点,已知位置的黑色圆点为土体位移参考点。

[0013] 进一步地,所述横梁导轨通过螺栓与横梁连杆、横梁相连;所述纵梁导轨通过螺栓与纵梁连杆、纵梁相连。

[0014] 本发明的优点如下:

[0015] 1、本发明应用范围广,既适用于桩基在邻近基坑非停机状态开挖下响应规律的模型试验研究,同时也可同步观测基坑开挖下坑外土体的水平位移、竖向位移随基坑开挖的发展变化规律。土体的应力水平是决定其性状的关键因素之一,通过离心机高速旋转产生的超重力场,使得缩尺模型的土体应力及自重达到原型水平,并在此基础上研究原型的变形与破坏是离心模型试验的基本原理。

[0016] 2、本发明可避免离心机停机开挖,非停机开挖法可保证土体应力状态尽可能与实际相一致和开挖过程的连续性,较传统的离心机停机开挖法、排代土液法更能真实的模拟实际工况,更为准确的反应在基坑开挖下,邻近既有桩基及基坑外部土体的位移变化规律。

附图说明

[0017] 图1为本发明的正视图;

[0018] 图2为本发明的左视图;

[0019] 图3为本发明的土袋局部示意图;

[0020] 图4为本发明的土体应变计算示意图;

[0021] 图中:0、试验模型箱;1、模拟仓;2、桩基;3、应变计;4、基坑围护墙;5、地基土;6、弹簧环;7、土袋;8、LVDTs位移传感器;9、刚性框架;10、纵梁导轨;11、电机;12、纵梁连杆;13、支架;14、电动葫芦;15、吊钩;16、纵梁;17、横梁;18、横梁导轨;19、螺栓;20、滑块;21、底板;23、横梁连杆;24、储备仓;25、PIV粒子图像测试观测点;26、摄像机;27、垫板。

具体实施方式

[0022] 下面结合图1、图2、图3进一步阐述本发明的具体实施方案。应该理解,这些实施例仅用于说明本发明而不适用于限制本发明的范围。此外应理解,在阅读了本发明讲授的内容之后,本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改,这些等价形式同样落于本申请所附权利要求书所限定的范围。

[0023] 实施例1

[0024] 本实施例提供一种桩及坑外土体在基坑开挖下变形规律探究的模型试验装置,包括试验模型箱0、纵梁导轨10、电机11、纵梁连杆13、支架13、电动葫芦14、吊钩15、纵梁16、横梁17、横梁导轨18、螺栓19、滑块20、底板21、横梁连杆23,试验模型箱0包括模拟仓1、储备仓24以及刚性框架9,模拟仓1装填有地基土5,模拟仓1外壁表面布置有PIV粒子图像测试观测点25;基坑围护墙4埋入地基土5并将模拟仓1一分为二,基坑围护墙4上布置有应变计3,基坑围护墙4一侧为基坑待开挖部分,该侧地基土5分层装填在土袋7内;基坑围护墙4另一侧为基坑坑外地基土5,该地基土5表面布置若干LVDTs位移传感器8,该侧地基土5内埋设有桩基2,沿桩基2长度方向上均匀布有若干应变计3;刚性框架9上部铺有2根纵梁16,纵梁16上铺有纵梁导轨10,与纵梁16构成滑动副,并装有与导轨垂直的纵梁连杆12,纵梁连杆12与电机11相连,两根横梁17垂直布置在2根纵梁导轨10上,并与之构成滑动副,2根横梁17上面各自有横梁导轨18,横梁17与横梁导轨18通过螺栓19固定,横梁导轨18两端为两个滑块20,横梁连杆23连接在横梁导轨18之间,滑块20上面为底板21,底板21上装有支架13以支撑安装在支架13内的电动葫芦14,吊钩15与电动葫芦14连接,试验模型箱0、刚性框架9通过螺栓19与垫板27固定。

[0025] 进一步地,所述基坑围护墙4为围护板或围护桩。

[0026] 进一步地,所述土袋7数量若干且可折叠,土袋7材质为塑料,土袋7内装填地基土5,土袋7放置在基坑待开挖位置处,形状可调整以确保与模拟仓1完全接触,不留空隙,土袋7外侧设有弹簧环6,方便土袋7能被吊钩15吊起。

[0027] 进一步地,所述试验模型箱0内设置摄像机26,可用于实时监控吊钩15的位置及模拟仓1开挖和储备仓24的存储情况。

[0028] 进一步地,所述LVDTs位移传感器8,用于测量基坑开挖过程中基坑围护墙4外侧地表土体的竖向沉降量。

[0029] 进一步地,所述应变计3,用于测量基坑开挖过程中基坑围护墙4以及桩基2的变形量。

[0030] 进一步地,所述模拟仓1、储备仓24仓体由铝合金板组合而成,板间采用高强度螺栓联接,各板间接合面处采用真空橡胶垫进行密封防水,试验模型箱0长边侧设置了有机玻璃观察窗。

[0031] 进一步地,将印有黑色圆点的白纸贴在有机玻璃板做PIV粒子图

像测试观测点25,已知位置的黑色圆点为土体位移参考点。

[0032] 进一步地,所述横梁导轨18通过螺栓19与横梁连杆23、横梁17相连;所述纵梁导轨10通过螺栓19与纵梁连杆12、纵梁16相连。

[0033] 目前,PIV技术又称为粒子图像测试技术已应用到边坡、隧道、基坑变形观测等诸多领域,对砂土、粉土以及粘土的位移或应变测量,均表现出了较佳的效果,可应用于基坑开挖引起的坑外土体位移场的观测。其原理如下:

[0034] 试验中采用高清相机完整的记录土体变形过程,并得到模型观察面上土体变形前后的一系列照片1、2、3……在PIV分析中,拍摄照片上的土体被分为若干单元,通过分析两图片拍摄间隔期内每个单元的位置变化,可以得到图片上土体相对位移量。将每一个单元看做一个点,已知三点位移便可通过计算得到土体的剪应变和正应变。如图4所示,假设P、A、B点变形后空间位置变化到P'、A'、B'三点,P点变形前后x,y坐标方向位移为u和v。变形较小时,A'在x和y方向的变形量分别为 $u + \frac{\partial u}{\partial x} dx$ 和 $v + \frac{\partial v}{\partial x} dx$;B'在x和y方向的变形量分别为

$u + \frac{\partial u}{\partial y} dy$ 和 $v + \frac{\partial v}{\partial y} dy$ 。P点变形后剪应变 γ_{xy} 与正应变 ε_x 、 ε_y 的计算公式如下:

$$[0035] \quad \gamma_{xy} = \frac{(A'_y - P'_y) - (A_y - P_y)}{(A_x - P_x)} + \frac{(B'_x - P'_x) - (B_x - P_x)}{(B_y - P_y)} \quad (1)$$

$$[0036] \quad \varepsilon_x = \frac{(A'_x - P'_x) - (A_x - P_x)}{(A_x - P_x)} \quad (2)$$

$$[0037] \quad \varepsilon_y = \frac{(B'_y - P'_y) - (B_y - P_y)}{(B_y - P_y)} \quad (3)$$

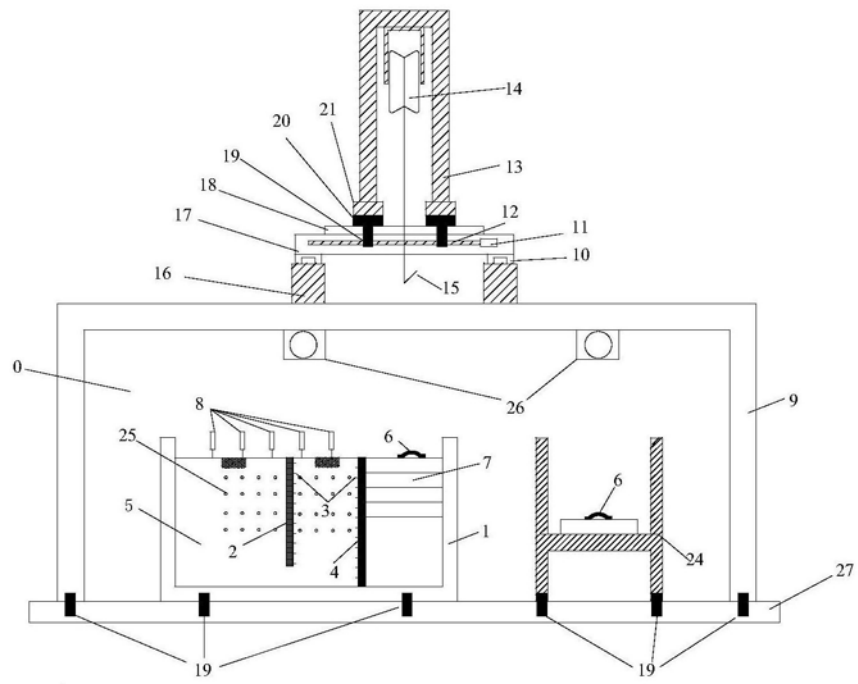


图1

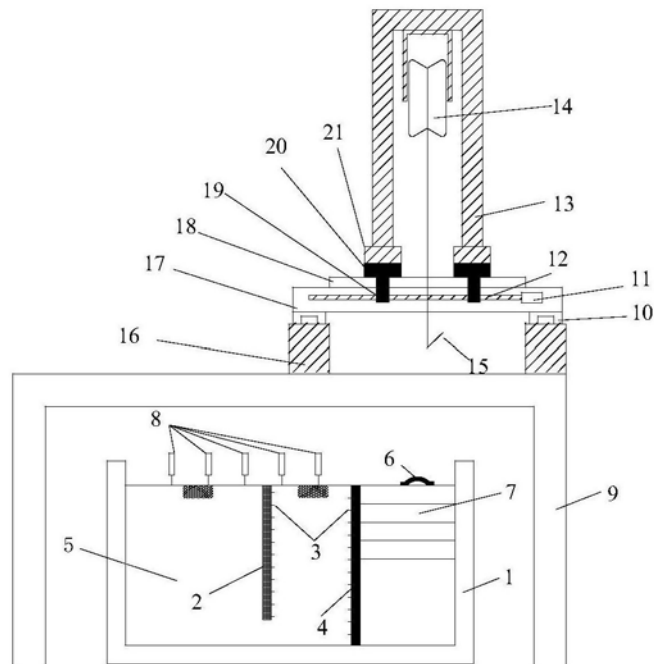


图2

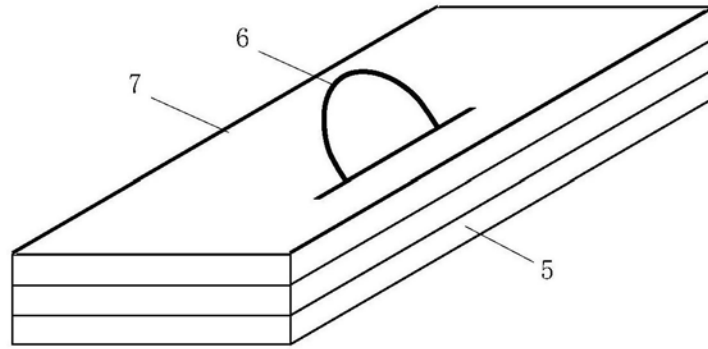


图3

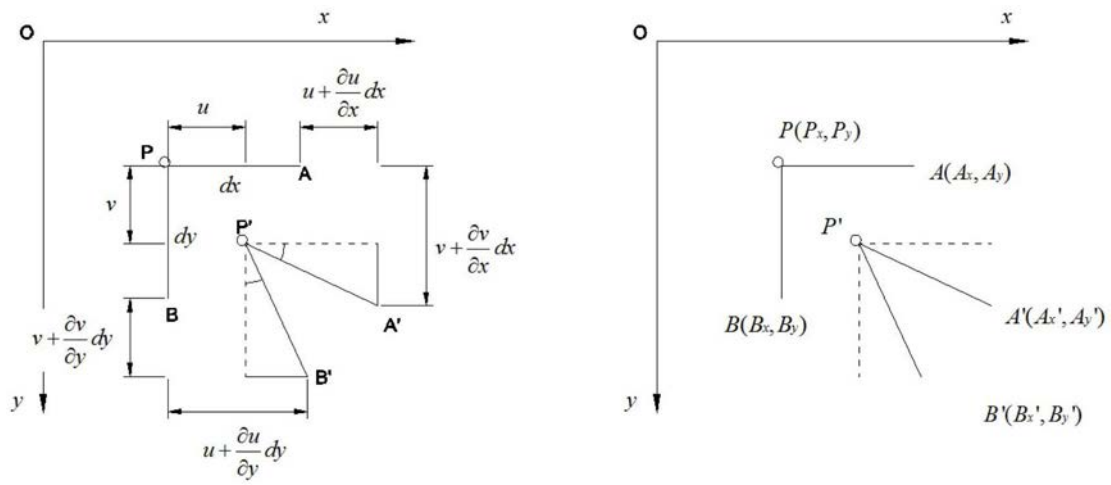


图4