

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2021 年 2 月 25 日 (25.02.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/031248 A1

- (51) 国际专利分类号:
E02D 33/00 (2006.01) *G01N 3/12* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/104824
- (22) 国际申请日: 2019 年 9 月 9 日 (09.09.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910764290.X 2019年8月19日 (19.08.2019) CN
- (71) 申请人: 浙江大学(ZHEJIANG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。
- (72) 发明人: 洪义(HONG, Yi); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。 赵俞成(ZHAO, Yucheng); 中国浙江省杭州市西湖

区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。 王立忠(WANG, Lizhong); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。

(74) 代理人: 杭州求是专利事务所有限有限公司(HANGZHOU QIUSHI PATENT OFFICE CO.,LTD.); 中国浙江省杭州市西湖区玉古路 147 号黄鸿年科技综合大楼 215 室/应孔月, Zhejiang 310013 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,

(54) Title: DEVICE FOR SIMULATING ENTIRE PROCESS OF FOUNDATION PIT INRUSH CATASTROPHE

(54) 发明名称: 一种模拟基坑突涌灾变全过程的装置

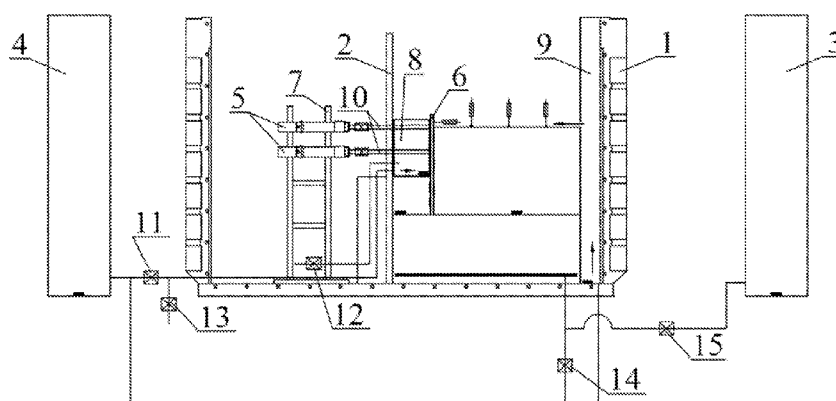


图 1

(57) Abstract: A device for simulating the entire process of foundation pit inrush catastrophe, for use in simulating the entire process of inrush catastrophe of a soft soil layer under the combined action of confined water jacking and foundation pit excavation unloading during foundation pit excavation. The device mainly consists of five modules, wherein the modules comprise a test module, a loading module, a constant pressure module, a pressurizing module, and a measuring module. This device can automatically implement the entire process of foundation pit excavation and inrush destruction in a model test. In the test, the controllable adjustment of a confined water level can be implemented, the speed of foundation pit excavation can also be controlled autonomously, and different working conditions can be simulated. The device is simple in technology and easy to implement.

(57) 摘要: 一种模拟基坑突涌灾变全过程的装置, 用于模拟基坑开挖时软弱土层在承压水上顶和基坑开挖卸载联合作用下突涌灾变全过程, 该装置主要有五个模块组成, 其中包括试验模块、加载模块、恒压模块、加压模块、测量模块。此装置在模型试验中能够自动化地实现基坑开挖、突涌破坏全过程; 在试验中, 可以实现承压水位的可控性调节, 基坑开挖的速度也可以自主控制, 能够模拟不同的工况; 技术简单, 容易实现。

PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种模拟基坑突涌灾变全过程的装置

技术领域

本发明涉及岩土工程试验技术领域，尤其涉及一种模拟基坑突涌灾变全过程的装置，用于模拟基坑开挖时软弱土层在承压水上顶和基坑开挖卸载联合作用下突涌灾变全过程。

背景技术

近年来，随着城市高层建筑与地铁交通的不断发展，基坑的深度和广度在不断增加。基坑开挖深度已接近或达到承压含水层。基坑底部的不透水层在其下部承压含水层水压力的作用下，隆起并发生突涌现象。基坑工程中如果发生突涌破坏，不仅造成围护结构倒塌、基坑报废，还会危及周边环境的安全，导致人民生命财产的损失。

上述灾变过程在现场很难被记录，离心机模型试验成为了再现上述灾变过程的最有效手段之一。然而目前的模型试验不能在离心机运行过程中自动化地完成基坑开挖，需要停机进行人工开挖，导致土体的应力状态与实际工程中有较大差异，无法完整精确地模拟基坑突涌灾变全过程。

发明内容

本发明的目的是填补现有技术的空缺，提供一种模拟基坑突涌灾变全过程的装置，用于模拟基坑开挖时软弱土层在承压水上顶和基坑开挖卸载联合作用下突涌灾变全过程。

本发明的目的是通过以下技术方案实现的：一种模拟基坑突涌灾变全过程的装置，用于模拟基坑开挖时软弱土层在承压水上顶和基坑开挖卸载联合作用下突涌灾变全过程，包括试验模块、加载模块、恒压模块、加压模块、测量模块；

所述试验模块包括模型箱、大隔板、小隔板、水袋；大隔板设置在模型箱中且将模型箱分隔成左右两个区域，右边区域中填充有模拟土层试块，模拟土层试块左边挖去一块区域作为模拟基坑；小隔板插入到模拟基坑中且通过加载模块将小隔板顶在模拟土层试块上，作为模拟基坑支护；水袋放置在模拟基坑中，水袋充满液体后两边分别抵住大隔板和小隔板，用于模拟基坑开挖；

所述恒压模块通过管路通入到模拟土层试块底部、模拟基坑内以及模拟基坑外，保证模拟试验开始前承压水位、基坑内水位、基坑外水位相同；

所述加压模块通过管路通入到模拟土层试块底部，用于模拟承压水上顶；

所述测量模块用于获取加载模块的支护压力、基坑外侧的竖向位移值、主动土压力、被动土压力、模拟土层试块内的孔压值、模拟土层试块内的土压力值。

进一步的，所述加载模块包括千斤顶、轴杆和支架；千斤顶通过支架固定在模型箱的左边区域，所述大隔板上设有孔洞以便轴杆穿过，千斤顶通过轴杆顶住小隔板。

进一步的，所述模拟土层试块由砂土垫层和装于砂土垫层上部的黏土固结而成。

进一步的，所述水袋内装有液体，液体的重度与试验所使用的黏土比重相同。

进一步的，试验开始前，水袋中的液体高度与小隔板右侧的模拟土层试块高度一致。

进一步的，所述液体为一定浓度的氯化锌溶液，质量浓度的范围为 63%—68%。

进一步的，所述恒压模块包括恒压水箱、第一进水阀门、第一排水阀门、第二排水阀门、第二进水阀门；恒压水箱通过进水管将水箱中的水通到小隔板的左侧模拟基坑中，此进水管中设置有第一进水阀门，且还连接有排水管，排水管上设置有第二排水阀门；恒压水箱通过进水管将水箱中的水通到模拟土层试块的底部砂层中，此进水管中设置有第二进水阀门；恒压水箱通过进水管将水箱中的水通到小隔板的右侧的模拟土层试块的顶部；将装有第一排水阀门的进水管穿过大隔板，通过法兰盘固定安装于水袋一侧的出水口处。

进一步的，所述恒压模块还包括铁盒，铁盒夹在模拟土层试块和模型箱右侧壁之间，铁盒底部具有进水口，恒压水箱通过进水管与进水口相连，铁盒侧壁上开有一个出水槽，出水槽位于模拟土层试块的顶部处。

进一步的，所述加压模块包括加压水箱和第三进水阀门；加压水箱通过进水管将水箱中的水通到模拟土层试块的底部砂层中，此进水管中设置有第三进水阀门。

进一步的，所述测量模块包括第一位移传感器、第二位移传感器、第一孔压传感器、第二孔压传感器、第三孔压传感器、第四孔压传感器、第五孔压传感器、第六孔压传感器、第一土压力传感器、第二土压力传感器、第三土压力传感器、轴力计；

所述第一位移传感器用于测量试验过程中模拟土层试块顶部的竖向位移；

所述第二位移传感器用于测量试验过程中小隔板的水平位移；

所述第一孔压传感器用于确定初始状态时的恒压水箱底部水压；

所述第二孔压传感器用于确定给砂层加压时的水箱底部水压；

所述第三孔压传感器用于确定初始状态时模拟土层试块顶部表面的水压；

所述第四孔压传感器安装于小隔板右侧黏土中，高度与小隔板底部相同，用于测量基坑外侧该高度的孔压；

所述第五孔压传感器安装于小隔板左侧黏土中，高度与小隔板底部相同，用于测量基坑内侧该高度的孔压；

所述第六孔压传感器用于测量水袋内底部的水压；

所述第一土压力传感器安装于小隔板左侧黏土中，高度与小隔板底部相同，用于测量基坑外侧该高度的土层压力；

所述第二土压力传感器安装于小隔板与模拟土层试块接触面上，用于接触面土层压力；

所述第三土压力传感器安装于小隔板的左侧面，用于左侧面土层压力；

所述轴力计安装在测量千斤顶和轴杆之间，用于测量小隔板的支护压力。

本发明的有益效果是：

1. 装有一定浓度的氯化锌溶液的水袋，能够实现在不停机的条件下模拟实际工程中的基坑开挖；装有轴力计的轴杆以及千斤顶能够模拟加基坑支护的过程；加压水箱模块通过调节水箱内水位能够实现突涌破坏；

2. 该装置能够再现富水软土地区深基坑开挖中承压水突涌破坏的灾变全过程，为工程上防治基坑突涌提供试验依据；

3. 该装置中的位移传感器、土压力传感器能够分别实时捕捉基坑开挖、突涌破坏过程中的土体位移场以及土体压力值，为理论研究提供依据。

附图说明

图 1 和图 2 为本发明正视图；

图 3 为本发明水袋示意图；

图 4 为本发明铁盒示意图；

图中，模型箱 1、大隔板 2、加压水箱 3、恒压水箱 4、千斤顶 5、小隔板 6、支架 7、水袋 8、铁盒 9、轴杆 10、第一进水阀门 11、第一排水阀门 12、第二排水阀门 13、第二进水阀门 14、第三进水阀门 15、第一位移传感器 16、第二位移传感器 17、第一孔压传感器 18、第二孔压传感器 19、第三孔压传感器 20、第四孔压传感器 21、第五孔压传感器 22、第六孔压传感器 23、第一土压力传感器 24、第二土压力传感器 25、第三土压力传感器 26、轴力计 27。

具体实施方式

这里将详细地对示例性实施例进行说明，其示例表示在附图中。下面的描述及附图时，除非另有表示，不同附图中的相同数字表示相同或相似的要素。以下示例性实施例中所描述的实施方案

式并不代表与本发明相一致的所有的实施方式。相反，它们仅是与如所附中权利要求书中所详述的，本发明的一些方面相一致的装置的例子。本说明书的各个实施例均采用递进的方式描述。

需要说明，本发明实施例中所有方向性指示(诸如上、下、左、右、前、后……)仅用于解释在某一特定姿态(如附图所示)下各部件之间的相对位置关系、运动情况等，如果该特定姿态发生改变时，则该方向性指示也相应地随之改变。

另外，在本发明中涉及“第一”、“第二”等的描述仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示其相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。

如图 1 和图 2 所示，本发明提供一种基坑开挖卸载联合作用下突涌灾变全过程，包括试验模块、加载模块、恒压模块、加压模块、测量模块；

所述试验模块包括模型箱 1、大隔板 2、小隔板 6、水袋 8；大隔板 2 设置在模型箱 1 中，与模型箱 1 底部焊接连接，将模型箱 1 分隔成左右两个区域，右边区域中填充有模拟土层试块，模拟土层试块左边挖去一块区域作为模拟基坑；小隔板 6 插入到模拟基坑中且通过加载模块将小隔板 6 顶在模拟土层试块上，作为模拟基坑支护；水袋 8 放置在模拟基坑中，水袋 8 充满液体后两边分别抵住大隔板 2 和小隔板 6，用于模拟基坑开挖；

所述恒压模块通过管路通入到模拟土层试块底部、模拟基坑内以及模拟基坑外，保证模拟试验开始前承压水位、基坑内水位、基坑外水位相同；

所述加压模块通过管路通入到模拟土层试块底部，用于模拟承压水上顶；

所述测量模块用于获取加载模块的支护压力、基坑外侧的竖向位移值、主动土压力、被动土压力、模拟土层试块内的孔压值、模拟土层试块内的土压力值。

在本申请实施例中，所述加载模块包括千斤顶 5、轴杆 10 和支架 7；千斤顶 5 通过螺栓固定在支架 7 上，来提供反力，支架 7 通过螺栓固定在模型箱 1 的左边区域，所述大隔板 2 上设有孔洞以便轴杆 10 穿过，所述水袋 8 上也具有孔(如图 3 所示)，轴杆 10 穿过大隔板上预留的孔洞、带孔的水袋，接触支撑于小隔板上，以保证试验时小隔板的水平位移为零。轴杆 10、大隔板 2、水袋 8 接触面上涂抹凡士林以减小摩擦。

在本申请实施例中，所述模拟土层试块由砂土垫层和装于砂土垫层上部的黏土固结而成。

在本申请实施例中，所述水袋 8 内装有液体，液体的重度与试验所使用的黏土比重相同。

在本申请实施例中，试验开始前，水袋 8 中的液体高度与小隔板 6 右侧的模拟土层试块高度一致。

在本申请实施例中，所述液体为一定浓度的氯化锌溶液，质量浓度的范围为 63%—68%，从而使得溶液重度与试验所使用的黏土比重相同或很相近。

在本申请实施例中，所述恒压模块包括恒压水箱 4、第一进水阀门 11、第一排水阀门 12、第二排水阀门 13、第二进水阀门 14；恒压水箱 4 通过进水管将水箱中的水通到小隔板 6 的左侧模拟基坑中，此进水管中设置有第一进水阀门 11，且还连接有排水管，排水管上设置有第二排水阀门 13；恒压水箱 4 通过进水管将水箱中的水通到模拟土层试块的底部砂层中，此进水管中设置有第二进水阀门 14；恒压水箱 4 通过进水管将水箱中的水通到小隔板 6 的右侧的模拟土层试块的顶部；将装有第一排水阀门 12 的进水管穿过大隔板 2，安装于水袋 8 一侧的出水口处；通过上述管路的连接从而保证模拟试验开始前承压水位、基坑内水位、基坑外水位相同。

在本申请实施例中，所述恒压模块还包括铁盒 9，如图 4 所示，铁盒 9 夹在模拟土层试块和模型箱 1 右侧壁之间，铁盒 9 底部具有进水口，恒压水箱 4 通过进水管与进水口相连，铁盒 9 侧壁上开有一个出水口，出水口位于模拟土层试块的顶部处。

在本申请实施例中，所述加压模块包括加压水箱 3 和第三进水阀门 15；加压水箱 3 通过进水管将水箱中的水通到模拟土层试块的底部砂层中，此进水管中设置有第三进水阀门 15。

试验模拟基坑开挖时，打开第一排水阀门 12 将水袋 8 中的溶液逐渐流出，同时关闭第一进水阀门 11，打开第二排水阀门 13，使得小隔板 6 内侧的水位逐渐下降；试验模拟承压水突涌时，关闭第二进水阀门 14，打开第三进水阀门 15，加压水箱 3 中的水通过进水管流到大隔板 2 右侧的底部砂层中，加压水箱 3 中的水位按试验设定的承压水位而定。

在本申请实施例中，所述测量模块包括第一位移传感器 16、第二位移传感器 17、第一孔压传感器 18、第二孔压传感器 19、第三孔压传感器 20、第四孔压传感器 21、第五孔压传感器 22、第六孔压传感器 23、第一土压力传感器 24、第二土压力传感器 25、第三土压力传感器 26、轴力计 27；

所述第一位移传感器 16 安装于土层表面，用于测量试验过程中模拟土层试块顶部的竖向位移；

所述第二位移传感器 17 安装于小隔板的右侧上，用于测量试验过程中小隔板的水平位移；

所述第一孔压传感器 18 安装于恒压水箱 4 底部，用于确定初始状态时的恒压水箱底部水压；

所述第二孔压传感器 19 安装于加压水箱 3 底部，用于确定给砂层加压时的水箱底部水压；

所述第三孔压传感器 20 安装于铁盒 9 底部，用于确定初始状态时模拟土层试块顶部表面的水压；

所述第四孔压传感器 21 安装于小隔板 6 右侧黏土中，高度与小隔板 6 底部相同，用于测量基坑外侧该高度的孔压；

所述第五孔压传感器 22 安装于小隔板 6 左侧黏土中，高度与小隔板 6 底部相同，用于测量基坑内侧该高度的孔压；

所述第六孔压传感器 23 安装于水袋 8 内底部，用于测量水袋 8 内底部的水压；

所述第一土压力传感器 24 安装于小隔板 6 左侧黏土中，高度与小隔板 6 底部相同，用于测量基坑外侧该高度的土层压力；

所述第二土压力传感器 25 安装于小隔板 6 与模拟土层试块接触面上，用于接触面土层压力；

所述第三土压力传感器 26 安装于小隔板 6 的左侧面，用于左侧面土层压力；

所述轴力计 27 安装在测量千斤顶 5 和轴杆 10 之间，用于测量小隔板 6 的支护压力。

本发明模拟基坑开挖时软弱土层在承压水上顶和基坑开挖卸载联合作用下突涌灾变全过程的试验具体实施过程如下：

1. 将制备好的砂土装入模型箱 1 的右侧区域；将制备好的黏土装于砂土垫层的上部，并在 1g 条件下进行固结；固结完成后，埋入第四孔压传感器 21、第五孔压传感器 22 和第一土压力传感器 24；在试验土中，将小隔板 2 插入到土体的一定深度，模拟基坑支护，并将第二土压力传感器 25、第三土压力传感器 26 埋入；将小隔板 6 左侧的部分土体挖去，并将水袋 8 放入基坑中；用轴力计 27 将千斤顶 5 与轴杆 10 连接，将轴杆 10 穿过大隔板 2 上预留的孔洞和水袋 8 上的孔；打开千斤顶 5，使得轴力计 27 上有压力读数，保证轴杆 10 刚刚顶到小隔板 6；将装有第一排水阀门 12 的进水管穿过大隔板 2，安装于带孔的水袋 8 一侧的出水口处；关闭第一排水阀门 12，向带孔的水袋 8 中倒入一定浓度的氯化锌溶液，高度与小隔板 6 右侧的土层顶面齐平，以模拟挖去土体的自重；安装第一位移传感器 16 和第二位移传感器 17；

2. 关闭第一进水阀门 11、第二排水阀门 13、第二进水阀门 14，向恒压水箱 4 中注入水，水位高度与试验土顶面高度齐平；关闭第三进水阀门 15，向加压水箱 3 中注入水，水位高度与设计的承压水头压力一致；打开第二进水阀门 14，恒压水箱 4 中的水流入砂层，使得初始状态砂层内的水位与恒压水箱 4 中的水位一致，然后关闭第二进水阀门 14；打开第一进水阀门 11，恒压水箱 4 中的水流入基坑内侧，使得初始状态小隔板左侧的水位与恒压水箱 4 中的水位一致，然后关闭第一进水阀门 11；

3. 打开离心机，模型箱 1 内的土体在 ng 的重力加速度下固结；待土体固结完成，打开第一排水阀门 12，逐步排出水袋 8 中的氯化锌溶液，同时打开第二排水阀门 13，使得基坑内侧的水

位下降，模拟基坑开挖；轴杆 10 保持小隔板 6 在开挖过程中的水平位移不变，轴力计 27 可获得轴杆 10 上的支护压力；

4. 等到第六孔压传感器 23 的读数为零后，打开第三进水阀门 15，加压水箱 3 中的水流入砂层，模拟承压水位骤升，这时模型箱 1 中的黏土层将受到砂层中承压水的上顶作用，当承压水位足够高时，基坑将会发生突涌破坏。试验期间，第一位移传感器 16 可获得基坑外侧的竖向位移值；小隔板 6 外侧的第二土压力传感器 25 可获得对应位置的主动土压力；小隔板 6 内侧的第三土压力传感器 26 可获得对应位置的被动土压力；第四孔压传感器 21、第五孔压传感器 22 可获得土体内对应位置的孔压值；第一土压力传感器 24 可获得土体内对应位置的土压力值；试验结束时，关闭第三进水阀门 15，加压终止。至此，试验结束。

以上所述仅为本发明的优选实施例，并非因此限制本发明的专利范围，凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换，或直接或间接运用在其他相关的技术领域，均同理包括在本发明的专利保护范围内。

权利要求书

1. 一种模拟基坑突涌灾变全过程的装置，用于模拟基坑开挖时软弱土层在承压水上顶和基坑开挖卸载联合作用下突涌灾变全过程，其特征在于，包括试验模块、加载模块、恒压模块、加压模块、测量模块；

所述试验模块包括模型箱、大隔板、小隔板、水袋；大隔板设置在模型箱中且将模型箱分隔成左右两个区域，右边区域中填充有模拟土层试块，模拟土层试块左边挖去一块区域作为模拟基坑；小隔板插入到模拟基坑中且通过加载模块将小隔板顶在模拟土层试块上，作为模拟基坑支护；水袋放置在模拟基坑中，水袋充满液体后两边分别抵住大隔板和小隔板，用于模拟基坑开挖；

所述恒压模块通过管路通入到模拟土层试块底部、模拟基坑内以及模拟基坑外，保证模拟试验开始前承压水位、基坑内水位、基坑外水位相同；

所述加压模块通过管路通入到模拟土层试块底部，用于模拟承压水上顶；

所述测量模块用于获取加载模块的支护压力、基坑外侧的竖向位移值、主动土压力、被动土压力、模拟土层试块内的孔压值、模拟土层试块内的土压力值。

2. 根据权利要求 1 所述的一种模拟基坑突涌灾变全过程的装置，其特征在于，所述加载模块包括千斤顶、轴杆和支架；千斤顶通过支架固定在模型箱的左边区域，所述大隔板上设有孔洞以便轴杆穿过，千斤顶通过轴杆顶住小隔板。

3. 根据权利要求 1 所述的一种模拟基坑突涌灾变全过程的装置，其特征在于，所述模拟土层试块由砂土垫层和装于砂土垫层上部的黏土固结而成。

4. 根据权利要求 1 所述的一种模拟基坑突涌灾变全过程的装置，其特征在于，所述水袋内装有液体，液体的重度与试验所使用的黏土比重相同。

5. 根据权利要求 4 所述的一种模拟基坑突涌灾变全过程的装置，其特征在于，试验开始前，水袋中的液体高度与小隔板右侧的模拟土层试块高度一致。

6. 根据权利要求 4 所述的一种模拟基坑突涌灾变全过程的装置，其特征在于，所述液体为氯化锌溶液。

7. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种模拟基坑突涌灾变全过程的装置，其特征在于，所述恒压模块包括恒压水箱、第一进水阀门、第一排水阀门、第二排水阀门、第二进水阀门；恒压水箱通过进水管将水箱中的水通到小隔板的左侧模拟基坑中，此进水管中设置有第一进水阀门，且还连接有排水管，排水管上设置有第二排水阀门；恒压水箱通过进水管将水箱中的水通到模拟土层试

块的底部砂层中，此进水管中设置有第二进水阀门；恒压水箱通过进水管将水箱中的水通到小隔板的右侧的模拟土层试块的顶部；将装有第一排水阀门的进水管穿过大隔板，通过法兰盘固定安装于水袋一侧的出水口处。

8.根据权利要求7所述的一种模拟基坑突涌灾变全过程的装置，其特征在于，所述恒压模块还包括铁盒，铁盒夹在模拟土层试块和模型箱右侧壁之间，铁盒底部具有进水口，恒压水箱通过进水管与进水口相连，铁盒侧壁上开有一个出水槽，出水槽位于模拟土层试块的顶部处。

9.根据权利要求7所述的一种模拟基坑突涌灾变全过程的装置，其特征在于，所述加压模块包括加压水箱和第三进水阀门；加压水箱通过进水管将水箱中的水通到模拟土层试块的底部砂层中，此进水管中设置有第三进水阀门。

10.根据权利要求9所述的一种模拟基坑突涌灾变全过程的装置，其特征在于，所述测量模块包括第一位移传感器、第二位移传感器、第一孔压传感器、第二孔压传感器、第三孔压传感器、第四孔压传感器、第五孔压传感器、第六孔压传感器、第一土压力传感器、第二土压力传感器、第三土压力传感器、轴力计；

所述第一位移传感器用于测量试验过程中模拟土层试块顶部的竖向位移；

所述第二位移传感器用于测量试验过程中小隔板的水平位移；

所述第一孔压传感器用于确定初始状态时的恒压水箱底部水压；

所述第二孔压传感器用于确定给砂层加压时的水箱底部水压；

所述第三孔压传感器用于确定初始状态时模拟土层试块顶部表面的水压；

所述第四孔压传感器安装于小隔板右侧黏土中，高度与小隔板底部相同，用于测量基坑外侧该高度的孔压；

所述第五孔压传感器安装于小隔板左侧黏土中，高度与小隔板底部相同，用于测量基坑内侧该高度的孔压；

所述第六孔压传感器用于测量水袋内底部的水压；

所述第一土压力传感器安装于小隔板左侧黏土中，高度与小隔板底部相同，用于测量基坑外侧该高度的土层压力；

所述第二土压力传感器安装于小隔板与模拟土层试块接触面上，用于接触面土层压力；

所述第三土压力传感器安装于小隔板的左侧面，用于左侧面土层压力；

所述轴力计安装在测量千斤顶和轴杆之间，用于测量小隔板的支护压力。

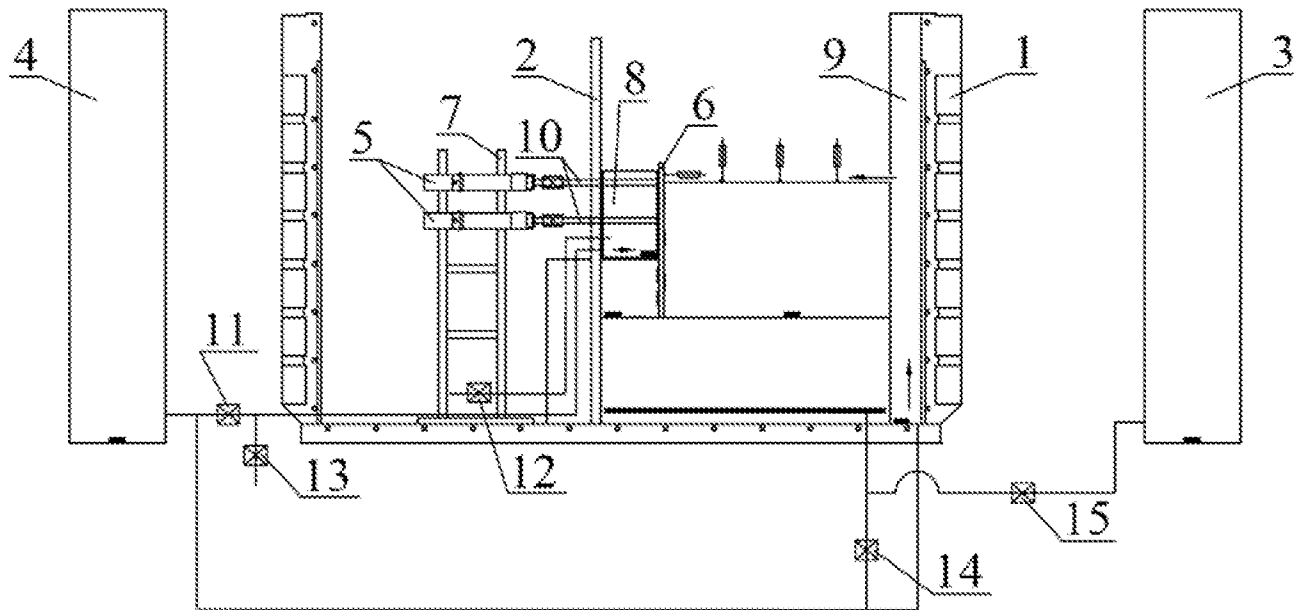


图 1

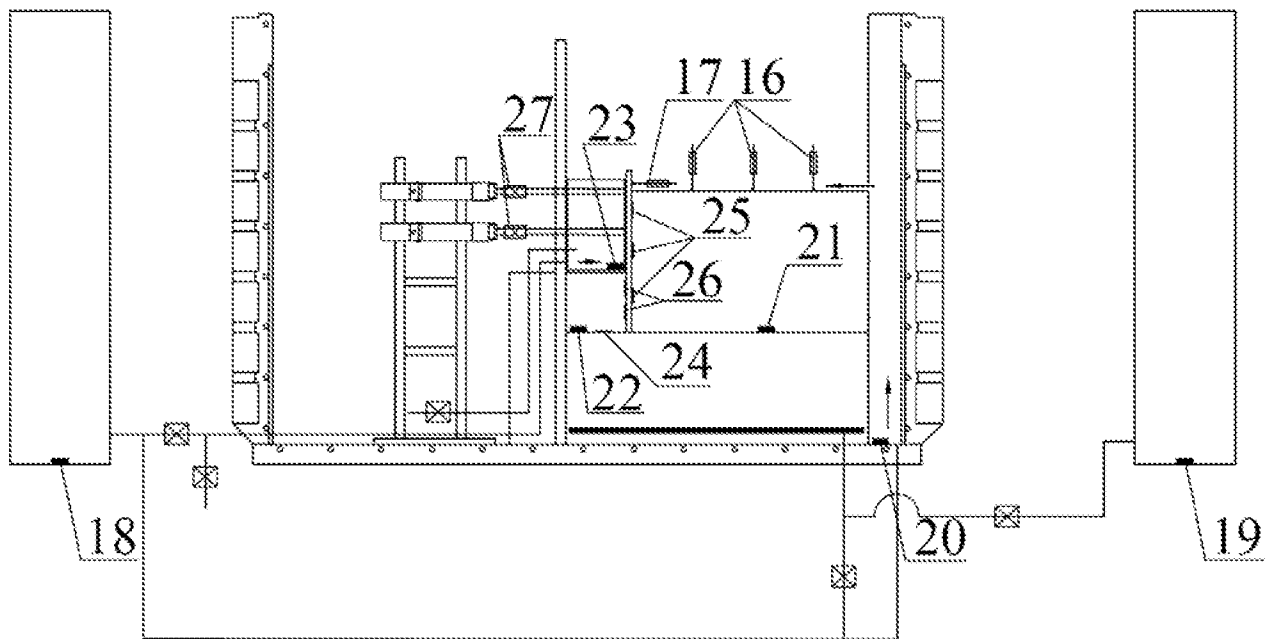


图 2

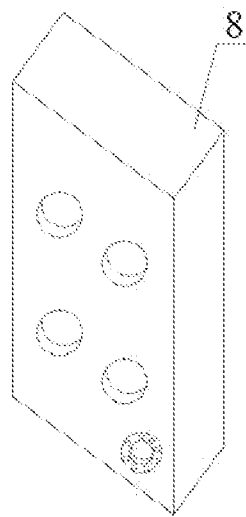


图 3

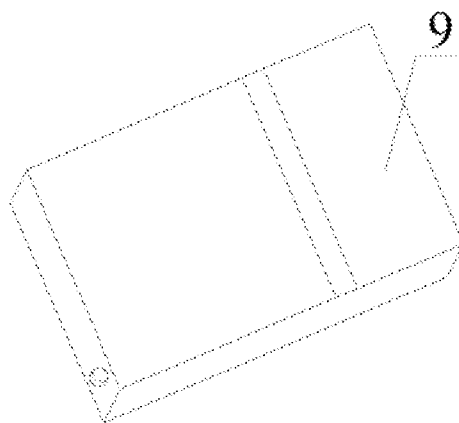


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/104824

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E02D 33/00(2006.01)i; G01N 3/12(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

E02D 33/-; G01N; G09B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI; CNABS; VEN; CNTXT; TWTXT; DWPI: 浙江大学, 洪义, 赵俞成, 王立忠, 突涌, 基坑, 模拟, 离心, 水袋, 恒压, inrush, uprush, burst, foundation w pit?, simulat+, centrifug+, water, bag, constant w pressure

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 105332394 A (ZHEJIANG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 17 February 2016 (2016-02-17) description, paragraphs 24-25, and figure 1	1-10
A	CN 105735381 A (SHANDONG UNIVERSITY) 06 July 2016 (2016-07-06) description, paragraphs 38-54, and figures 1-7	1-10
A	CN 104900130 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 09 September 2015 (2015-09-09) entire document	1-10
A	CN 104032776 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 10 September 2014 (2014-09-10) entire document	1-10
A	CN 109580368 A (TONGJI UNIVERSITY) 05 April 2019 (2019-04-05) entire document	1-10
A	CN 104099953 A (TONGJI UNIVERSITY) 15 October 2014 (2014-10-15) entire document	1-10
A	JP H01169012 A (CHIYODA CHEM ENG CONSTRUCT CO) 04 July 1989 (1989-07-04) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

05 February 2020

Date of mailing of the international search report

25 March 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/104824

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	105332394	A	17 February 2016	None	
CN	105735381	A	06 July 2016	None	
CN	104900130	A	09 September 2015	None	
CN	104032776	A	10 September 2014	None	
CN	109580368	A	05 April 2019	None	
CN	104099953	A	15 October 2014	None	
JP	H01169012	A	04 July 1989	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/104824

A. 主题的分类 E02D 33/00(2006.01)i; G01N 3/12(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) E02D 33/-; G01N; G09B 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNKI;CNABS;VEN;CNTXT;TWTXT;DWPI:浙江大学, 洪义, 赵俞成, 王立忠, 突涌, 基坑, 模拟, 离心, 水袋, 恒压, inrush, uprush, burst, foundation w pit?, simulat+, centrifug+, water, bag, constant w pressure		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 105332394 A (浙江科技学院) 2016年 2月 17日 (2016 - 02 - 17) 说明书第24-25段及附图1	1-10
A	CN 105735381 A (山东大学) 2016年 7月 6日 (2016 - 07 - 06) 说明书第38-54段及附图1-7	1-10
A	CN 104900130 A (浙江大学) 2015年 9月 9日 (2015 - 09 - 09) 全文	1-10
A	CN 104032776 A (清华大学) 2014年 9月 10日 (2014 - 09 - 10) 全文	1-10
A	CN 109580368 A (同济大学) 2019年 4月 5日 (2019 - 04 - 05) 全文	1-10
A	CN 104099953 A (同济大学) 2014年 10月 15日 (2014 - 10 - 15) 全文	1-10
A	JP H01169012 A (CHIYODA CHEM ENG CONSTRUCT CO) 1989年 7月 4日 (1989 - 07 - 04) 全文	1-10
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2020年 2月 5日		国际检索报告邮寄日期 2020年 3月 25日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 成红 电话号码 86-(010)-62085065

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/104824

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	105332394	A	2016年 2月 17日	无	
CN	105735381	A	2016年 7月 6日	无	
CN	104900130	A	2015年 9月 9日	无	
CN	104032776	A	2014年 9月 10日	无	
CN	109580368	A	2019年 4月 5日	无	
CN	104099953	A	2014年 10月 15日	无	
JP	H01169012	A	1989年 7月 4日	无	