



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105675846 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 15

(21) 申请号 201610205727. 2

E02D 33/00(2006. 01)

(22) 申请日 2016. 04. 01

(71) 申请人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路
38 号

(72) 发明人 应宏伟 章丽莎 魏骁 王小刚
朱成伟 沈华伟 张金红

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务有限公
司 33200

代理人 邱启旺

(51) Int. Cl.

G01N 33/24(2006. 01)

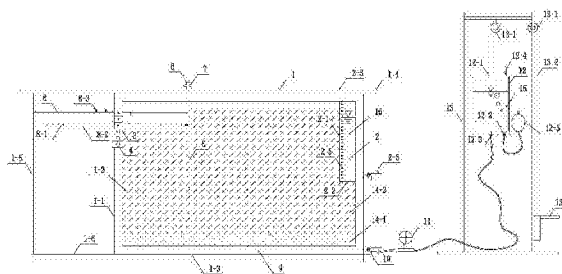
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

潜水位和承压水头协同升降的基坑开挖模型
试验装置

(57) 摘要

本发明公开了一种潜水位和承压水头协同升降的基坑开挖模型试验装置。包括模型箱、水箱、对称面挡土单元、基坑支护结构、承压架空层、承压水头调节系统和量测系统；模型箱包括模型箱框架、反力板等；水箱设置在模型箱内的右上方；对称面挡土单元通过螺栓固定在模型箱框架上；承压架空层设置在模型箱底部，与承压水头调节系统连接；承压水头调节系统由水压计、马里奥特瓶和支架组成；本发明可模拟基坑开挖过程中潜水位和承压水头的升降；量测不同潜水位和承压水头下基坑的水土压力和变形，整理相关试验数据并确定基坑受力和变形发展规律等问题，为潜水位和承压水头升降引起的基坑问题研究提供有效的试验数据支持，并对于之后理论分析模型提供依据。



1. 一种潜水位和承压水头协同升降的基坑开挖模型试验装置, 其特征在于, 包括模型箱(1)、水箱(2)、若干对称面挡土单元(3)、基坑支护结构、承压架空层(9)、承压水头调节系统和量测系统七个部分; 所述模型箱(1)由模型箱框架(1-1)、钢化玻璃(1-2)、模型箱底板(1-3)、顶框(1-4)、反力板(1-5)和模型箱底座(1-6)组成; 所述模型箱框架(1-1)的底部固定模型箱底板(1-3), 前后两个侧面固定钢化玻璃(1-2); 所述模型箱框架(1-1)和反力板(1-5)均固定在模型箱底座(1-6)上, 顶部通过顶框(1-4)连接; 所述模型箱(1)的右侧底部安装连通承压架空层(9)的第二通水阀门(10), 用于连接模型箱(1)和承压水头调节系统;

所述水箱(2)由带通水孔的铝板(2-1)、条形铝板(2-2)、水箱支架(2-3)、水箱支架固定螺丝(2-4)、刻度尺(2-5)和第一通水阀门(2-6)组成, 通过水箱支架(2-3)架设在模型箱(1)内的右上方, 用于控制和观测土体中的水位升降; 所述带通水孔的铝板(2-1)表面粘贴反滤土工织物, 防止地下水变化过程中试验土体的流失; 所述刻度尺(2-5)粘贴在钢化玻璃(1-2)上, 可用于直接观测和记录潜水位变化情况; 所述第一通水阀门(2-6)设置在模型箱(1)的右侧用以连通水箱(2);

所述对称面挡土单元(3)为U型不锈钢条, 通过螺栓(4)固定在模型箱框架(1-1)上; 所述U型不锈钢条之间通过H型止水橡胶条连接, U型不锈钢条与模型箱框架(1-1)通过S型止水橡胶条连接;

所述基坑支护结构包括挡土墙(5)、挡土墙支架(6)和若干支撑单元(8); 所述挡土墙(5)上部通过支架固定螺栓(7)固定挡土墙支架(6), 中部开有螺纹孔, 通过螺纹孔螺纹连接安装支撑单元(8)所需的支撑固定螺栓(8-7), 两侧开槽固定止水橡胶条(5-1); 所述止水橡胶条(5-1)保证挡土墙(5)移动过程中与模型箱(1)接触面不发生漏水; 所述支撑单元(8)的一端具有内螺纹口, 内螺纹口与支撑固定螺栓(8-7)螺纹连接, 实现支撑单元(8)的安装;

所述承压架空层(9)由带通水孔的不锈钢板(9-1)、不锈钢短柱(9-2)和反滤土工织物(9-3)组成; 所述带通水孔的不锈钢板(9-1)底部固定不锈钢短柱(9-2), 放置于模型箱(1)内的模型箱底板(1-3)上, 并与模型箱(1)的四个侧面密封连接; 所述带通水孔的不锈钢板(9-1)表面粘贴反滤土工织物(9-3);

所述承压水头调节系统由水压计(11)、马里奥特瓶(12)和支架(13)组成; 所述水压计(11)通过三通管连接模型箱(1)和马里奥特瓶(12); 所述支架(13)上安装有定滑轮(13-1), 钢丝绳(13-2)绕过定滑轮(13-1)连接马里奥特瓶(12)和手摇器(13-3), 通过手摇器(13-3)控制马里奥特瓶(12)的升降调节承压水头的大小; 所述马里奥特瓶(12)由有机玻璃圆筒(12-1)、进气阀门(12-2)、第三通水阀门(12-3)、出气阀门(12-4)和气囊(12-5)组成; 所述有机玻璃圆筒(12-1)底部设置进气阀门(12-2)和第三通水阀门(12-3), 顶部设置出气阀门(12-4); 所述进气阀门(12-2)与气囊(12-5)连接;

所述量测系统包括微型孔隙水压力传感器、微型土压力盒、位移传感器、多通道数据采集仪和数码照相机; 所述微型孔隙水压力传感器、微型土压力盒、位移传感器通过信号传输线连接多通道数据采集仪; 所述数码照相机放置于模型箱正前方。

2. 根据权利要求1所述的一种潜水位和承压水头协同升降的基坑开挖模型试验装置, 其特征在于, 所述支撑单元(8)包括实心铝杆(8-1)、伸缩杆(8-2)和支撑连接螺栓(8-3); 所述实心铝杆(8-1)上开有若干凹槽, 一端具有内螺纹口; 所述伸缩杆(8-2)为空心铝管, 伸缩杆(8-2)上开有若干螺纹孔; 所述支撑连接螺栓(8-3)穿过伸缩杆(8-2)上的螺纹孔抵住实

心铝杆(8-1)的凹槽。

3. 根据权利要求1所述的一种潜水位和承压水头协同升降的基坑开挖模型试验装置, 其特征在于, 所述支撑单元(8)包括第一支撑杆(8-4)、第二支撑杆(8-5)和套筒(8-6); 所述第一支撑杆(8-4)的一端具有外螺纹; 所述第二支撑杆(8-5)的一端具有内螺纹口, 另一端具有外螺纹; 所述套筒(8-6)具有内螺纹通道, 一端螺纹连接第一支撑杆(8-4), 另一端螺纹连接第二支撑杆(8-5)。

4. 根据权利要求1所述的一种潜水位和承压水头协同升降的基坑开挖模型试验装置, 其特征在于, 所述数码照相机在试验过程中应排除干扰, 其位置不可发生挪动; 可根据拍摄需要增设光源。

5. 根据权利要求1所述的一种潜水位和承压水头协同升降的基坑开挖模型试验装置, 其特征在于, 所述模型箱框架(1-1)由10mm厚的不锈钢钢条和不锈钢钢板焊接而成; 所述钢化玻璃(1-2)通过建筑胶水安装在模型箱框架(1-1)内侧; 所述模型箱底板(1-3)和反力板(1-4)为10mm厚的不锈钢钢板; 所述顶框(1-5)由20mm厚的不锈钢钢条焊接而成; 所述模型箱主体和反力板(1-4)通过四周点焊固定于模型箱底座(1-6); 所述挡土墙(5)为铝板, 其厚度由试验模拟的挡土墙刚度计算得到; 所述挡土墙支架(6)为20mm厚的条状铝板; 所述挡土墙(5)在移动过程中始终与钢化玻璃(1-2)保持垂直; 所述第一通水阀门(2-6)、第二通水阀门(10)、进气阀门(12-2)、第三通水阀门(12-3)、出气阀门(12-4)为铜芯阀门。

6. 根据权利要求1所述的一种潜水位和承压水头协同升降的基坑开挖模型试验装置, 其特征在于, 所述实心铝杆(8-1)的直径、伸缩杆(8-2)的壁厚、第一支撑杆(8-4)的直径、第二支撑杆(8-5)的直径和套筒(8-6)的壁厚均由试验模拟的内支撑的刚度计算得到。

7. 根据权利要求1所述的一种潜水位和承压水头协同升降的基坑开挖模型试验装置, 其特征在于, 所述气囊(12-5)内装有1atm的氮气。

8. 根据权利要求1所述的一种潜水位和承压水头协同升降的基坑开挖模型试验装置, 其特征在于, 所述水箱(2)和有机玻璃圆筒(12-1)内的液体为无气水(15)。

9. 根据权利要求1所述的一种潜水位和承压水头协同升降的基坑开挖模型试验装置, 其特征在于, 模型箱(1)内的底部试验土体为砾砂(14-1); 上覆试验土体为弱透水性土体。

10. 根据权利要求9所述的一种潜水位和承压水头协同升降的基坑开挖模型试验装置, 其特征在于, 所述的弱透水性土体为粘质粉土(14-2); 所述砾砂(14-1)和弱透水性土体采用无气水饱和。

潜水位和承压水头协同升降的基坑开挖模型试验装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基坑模型试验装置,特别是涉及潜水位和承压水头升降条件下的基坑开挖模型试验装置,可用于模拟潜水位和承压水头升降时承压层和上覆弱透水性基坑土体之间的相互作用,研究不同潜水位和承压水头下基坑的水土压力响应和变形问题。

背景技术

[0002] 在滨海、沿江地区地下水丰富,工程中常面临深基坑坑底弱透水层以下尚存在承压层的情况,由于大型降水、季节性干旱、河流或湖泊水位线的季节性变化等将导致潜水位和承压水头发生升降,从而进一步影响基坑水土压力、变形和稳定性,潜水位和承压水头升降引起的基坑变形和失稳问题是该类地区深基坑工程的重大风险源之一。

[0003] 相比于理论解析方法和有限元数值方法的研究采用既定的土体本构模型,计算得到的潜水位和承压水头升降引起的土体水土压力和变形大小对计算参数的选取具有很大的依赖性;实际工程中较难进行对基坑坑底(位于基坑开挖区域内)的水土压力实时监测,进行大量相似的工程监测数据统计分析以获得潜水位和承压水头升降引起的坑底弱透水层的变形规律的方法也很难实现;鉴于常重力下土工模型试验,不影响土体微观结构,土颗粒尺寸及土颗粒间相互作用关系与实际情况相符,能客观反映地下水和基坑土体的土颗粒之间的相互作用,广泛应用于考虑土体应力应变关系的微观研究。

[0004] 目前,传统的地下水作用的相关土工模型试验研究,不考虑水中气体进入试验土体可能引起的非饱和土问题;考虑恒定潜水位作用的基坑模型试验,有研究(彭述权.砂土挡墙破坏机理宏细观研究[D].同济大学,2007.)采用薄膜通过电晕后涂抹环氧树脂的方法连接挡土墙和模型箱,该方法可获取试验土体中超静孔隙水压力、土压力和基坑变形数据,但薄膜电晕工艺较为复杂,挡墙位移较大时薄膜可能在移动过程中发生撕裂或由于土颗粒摩擦导致破损,无法顺利完成试验或进行重复试验。考虑地下潜水位变化影响的基坑模型试验,有研究(孙威.滨海地区深基坑性状的试验及理论研究[D].浙江大学,2015.)采用固定挡土墙的方法,该方法只能获得土体中超静孔隙水压力的变化情况,无法获得准确的土压力变化和基坑变形数据,与实际基坑工程在潜水位和承压水头升降作用下的响应情况仍存在较大差异。

[0005] 在基坑模型试验中,大多数研究针对每一级开挖和加撑完成工况下的基坑受力和变形情况展开,未考虑基坑在开挖或加撑过程中基坑的受力和变形情况。在考虑基坑开挖过程的模型试验中,有研究采用卸载等体积等重量的土袋(Azevedo RF.Centrifuge and Analytical Modelling of Excavation in Sand.PhD thesis,University of Colorado, Boulder,CO,USA,1983.)或排放代土液体(Bolton MD and Powrie W.The collapse of diaphragm walls retaining clay.Géotechnique,1987,37(3):335-353.)等方法模拟土体开挖卸载,此类方法不能准确模拟基坑开挖引起的土体中应力场的改变,与实际基坑开挖引起的基坑受力和变形情况仍存在一定的差异。大量模拟基坑开挖的模型试验采用预先埋设安装好支撑的挡土墙的方法,直接开挖基坑土体,不需要再进行加撑操作,该方法较

为简单,但预置的所有内支撑都将在整个开挖过程中受力,显然与实际工程的基坑受力情况不相符合,也无法准确模拟基坑开挖过程中未加撑情况下基坑的受力和变形情况。目前有研究采用液压千斤顶向挡土墙支架施加力的方法模拟支撑的安装,该方法采用液压装置较复杂,当基坑开挖宽度较大时该方法并不适用。另外绝大多数基坑开挖模型的开挖对称面是垂直固定的挡板,通过向下抓土或掏土实现基坑开挖,该方法不能清晰界定开挖土层,会扰动未开挖的土体;该方法繁琐,不易操作,特别是基坑开挖模型的尺寸较大或需要开挖的土体较多时,试验操作的工作量相当大。因此,如何实现准确地土体开挖和支撑安装是基坑开挖模型试验中需要解决的重点问题。

发明内容

[0006] 为了克服上述现有技术的不足,本发明提供了潜水位和承压水头协同升降的基坑开挖模型试验装置,解决了试验中潜水位和承压水头协同升降的模拟问题,可模拟潜水位和承压水头协同升降时地下水和基坑土体之间的相互作用,量测不同潜水位和承压水头下基坑的水土压力和变形,整理相关试验数据并确定潜水位和承压水头协同升降时基坑的受力和变形发展规律等问题,为潜水位和承压水头升降引起的基坑问题研究提供有效的试验数据支持,并为之后理论分析模型提供依据。

[0007] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:一种潜水位和承压水头协同升降的基坑开挖模型试验装置,包括模型箱、水箱、若干对称面挡土单元、基坑支护结构、承压架空层、承压水头调节系统和量测系统七个部分;所述模型箱由模型箱框架、钢化玻璃、模型箱底板、顶框、反力板和模型箱底座组成;所述模型箱框架的底部固定模型箱底板,前后两个侧面固定钢化玻璃;所述模型箱框架和反力板均固定在模型箱底座上,顶部通过顶框连接;所述模型箱的右侧底部安装连通承压架空层的第二通水阀门,用于连接模型箱和承压水头调节系统;

[0008] 所述水箱由带通水孔的铝板、条形铝板、水箱支架、水箱支架固定螺丝、刻度尺和第一通水阀门组成,通过水箱支架架设在模型箱内的右上方,用于控制和观测土体中的水位升降;所述带通水孔的铝板表面粘贴反滤土工织物,防止地下水变化过程中试验土体的流失;所述刻度尺粘贴在钢化玻璃上,可用于直接观测和记录潜水位变化情况;所述第一通水阀门设置在模型箱的右侧用以连通水箱;

[0009] 所述对称面挡土单元为U型不锈钢条,通过螺栓固定在模型箱框架上;所述U型不锈钢条之间通过H型止水橡胶条连接,U型不锈钢条与模型箱框架通过S型止水橡胶条连接;

[0010] 所述基坑支护结构包括挡土墙、挡土墙支架和若干支撑单元;所述挡土墙上部通过支架固定螺栓固定挡土墙支架,中部开有螺纹孔,通过螺纹孔螺纹连接安装支撑单元所需的支撑固定螺栓,两侧开槽固定止水橡胶条;所述止水橡胶条保证挡土墙移动过程中与模型箱接触面不发生漏水;所述支撑单元的一端具有内螺纹口,内螺纹口与支撑固定螺栓螺纹连接,实现支撑单元的安装;

[0011] 所述承压架空层由带通水孔的不锈钢板、不锈钢短柱和反滤土工织物组成;所述带通水孔的不锈钢板底部固定不锈钢短柱,放置于模型箱内的模型箱底板上,并与模型箱的四个侧面密封连接;所述带通水孔的不锈钢板表面粘贴反滤土工织物;

[0012] 所述承压水头调节系统由水压计、马里奥特瓶和支架组成;所述水压计通过三通

管连接 模型箱和马里奥特瓶;所述支架上安装有定滑轮,钢丝绳绕过定滑轮连接马里奥特瓶和手摇器,通过手摇器控制马里奥特瓶的升降调节承压水头的大小;所述马里奥特瓶由有机玻璃圆筒、进气阀门、第三通水阀门、出气阀门和气囊组成;所述有机玻璃圆筒底部设置进气阀门和第三通水阀门,顶部设置出气阀门;所述进气阀门与气囊连接;

[0013] 所述量测系统包括微型孔隙水压力传感器、微型土压力盒、位移传感器、多通道数据采集仪和数码照相机;所述微型孔隙水压力传感器、微型土压力盒、位移传感器通过信号传输线连接多通道数据采集仪;所述数码照相机放置于模型箱正前方。

[0014] 进一步地,所述支撑单元包括实心铝杆、伸缩杆和支撑连接螺栓;所述实心铝杆上开有若干凹槽,一端具有内螺纹口;所述伸缩杆为空心铝管,伸缩杆上开有若干螺纹孔;所述支撑连接螺栓穿过伸缩杆上的螺纹孔抵住实心铝杆的凹槽。

[0015] 进一步地,所述支撑单元包括第一支撑杆、第二支撑杆和套筒;所述第一支撑杆的一端具有外螺纹;所述第二支撑杆的一端具有内螺纹口,另一端具有外螺纹;所述套筒具有内螺纹通道,一端螺纹连接第一支撑杆,另一端螺纹连接第二支撑杆。

[0016] 进一步地,所述数码照相机在试验过程中应排除干扰,其位置不可发生挪动;可根据拍摄需要增设光源。

[0017] 进一步地,所述模型箱框架由10mm厚的不锈钢钢条和不锈钢钢板焊接而成;所述钢化玻璃通过建筑胶水安装在模型箱框架内侧;所述模型箱底板和反力板为10mm厚的不锈钢钢板;所述顶框由20mm厚的不锈钢钢条焊接而成;所述模型箱主体和反力板通过四周点焊固定于模型箱底座;所述挡土墙为铝板,其厚度由试验模拟的挡土墙刚度计算得到;所述挡土墙支架为20mm厚的条状铝板;所述挡土墙在移动过程中始终与钢化玻璃保持垂直;所述第一通水阀门、第二通水阀门、进气阀门、第三通水阀门、出气阀门为铜芯阀门。

[0018] 进一步地,所述实心铝杆的直径、伸缩杆的壁厚、第一支撑杆的直径、第二支撑杆的直径和套筒的壁厚均由试验模拟的内支撑的刚度计算得到。

[0019] 进一步地,所述气囊内装有1atm的氮气。

[0020] 进一步地,所述水箱和有机玻璃圆筒内的液体为无气水。

[0021] 进一步地,模型箱内的底部试验土体为砾砂;上覆试验土体为弱透水性土体。

[0022] 进一步地,所述的弱透水性土体为粘质粉土;所述砾砂和弱透水性土体采用无气水饱和。

[0023] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0024] 1、本发明在试验前采用无气水饱和试验土体,试验过程中提供无气承压水环境,使得试验土体的孔隙充满无气水,如上操作有两点益处:一是避免水中气泡进入弱透水性土层引起土体的非饱和问题(与饱和土相比,非饱和土的力学特性存在较大差异和不确定性);二是避免水中气泡干扰微型孔隙水压力传感器影响其测量精度。

[0025] 2、本发明水箱架设在模型箱内,采用玻璃胶密封水箱与模型箱之间的缝隙,带通水孔的铝板使得水箱内的水位与试验土体水位连通,可以通过调节水箱内的水位以模拟试验土体潜水位升降;水箱上的刻度尺粘贴在钢化玻璃上,便于直接观测和记录潜水位变化情况。采用改进的马里奥特瓶,通过气囊内的氮气平衡马里奥特瓶内外的气压,利用氮气难溶于水的特性,为试验土体营造无气承压水环境,有效避免常规的马里奥特瓶供水时溶于水中的气泡引起的土体非饱和土问题;利用手摇器的自锁功能固定马里奥特瓶的高度

保证提供稳定的承压水头压力;水压计连接模型箱与承压水头调节系统,可精确读取施加的承压水头压力的大小。

[0026] 3、本发明中的承压架空层一方面可实现从下向上充分饱和模型箱内的试验土体,有利于试验土体中气体的排出;另一方面连通承压水头调节系统以提供承压砾砂层不同的承压水头,与天然承压水的埋藏条件相近;承压砾砂层与上覆弱透水性土层直接接触将客观模拟承压水头升降过程中承压层与上覆弱透水性土层之间的相互作用,有利于进一步揭示承压水头升降引起的基坑土体水土压力响应和基坑土体变形规律。在水箱带通水孔的铝板和承压架空层带通水孔的不锈钢板的表面粘贴反滤土工织物,防止地下水变化过程中试验土体的流失。常重力条件下进行试验研究,不影响基坑土体的微观结构,使得土颗粒尺寸及土颗粒间相互作用关系与实际情况相符,有利于开展涉及土颗粒间相互作用的微观研究。

[0027] 4、本发明采用水箱和承压架空层来控制潜水位和承压水头的协同升降,可以实现如下三种类型的实验操作:

[0028] (一)关闭水箱的第一通水阀门(潜水位不变),调节马里奥特瓶高度改变承压水头的大小,研究承压水头升降对基坑土体水土压力响应、变形的影响,通过水箱刻度线显示的水位线情况,获知承压水升降对基坑潜水位变化的影响;

[0029] (二)将马里奥特瓶固定在指定高度(承压水头不变),打开第一通水阀门调节水箱的水位线以控制试验土体的潜水位,研究潜水位升降对基坑土体水土压力响应、变形的影响,通过水压计显示的承压水头压力大小,获知基坑潜水位升降对承压水头压力变化的影响;

[0030] (三)调节潜水位和承压水头的共同升降,研究潜水位和承压水位协同升降对基坑土体水土压力响应、变形的影响。

[0031] 5、本发明采用可拆卸的对称面挡土单元,临时支挡基坑被动区未开挖的土体,可在开挖每层土体前预先拆除对称面挡土单元,通过向基坑开挖对称面卸土的方法进行基坑开挖,相比与传统向下掏土取土的方法,本发明可明确每一层开挖土层不影响未开挖的,操作方便,大大减少了基坑开挖卸土的工作量。

[0032] 6、本发明可以同时模拟基坑开挖和加撑工序,得到基坑开挖和支撑安装过程中所引起的基坑应力场的变化,相比与传统基坑模型试验只考虑基坑开挖至某一深度或加撑完成的特定状态开展研究,更全面、准确地反映基坑开挖和支撑安装过程中基坑受力和基坑变形的响应情况;本发明在内支撑安装过程中不会对基坑未开挖的土体有扰动影响;内支撑与挡土墙之间通过螺纹固定连接,较之传统的基坑模型试验将内支撑架设在挡土墙上或者直接抵住挡土墙实现加撑的方法,更能客观地反映实际基坑工程开挖时的加撑情况;通过控制实心铝杆直径、伸缩杆壁厚、第一支撑杆直径、第二支撑杆直径和套筒的壁厚实现基坑内支撑刚度的模拟,更加客观地反映了内支撑对基坑开挖的工程影响;可根据土工模型试验的需求,调整内支撑元件的数量,以及挡土墙上的内支撑固定螺栓的位置和数量,模拟不同基坑的开挖情况。

[0033] 7、本发明采用可伸缩支撑元件,可以模拟不同宽度的基坑开挖试验,相比与传统的基坑开挖模型试验采用固定长度的支撑或者可伸缩支撑仅用于实现支撑安装的实验思路,可采用同一套试验装置开展多组不同宽度的基坑开挖试验,减少了对试验装置的改装,

节约了试验 成本和模型制作时间,工作原理简单,操作方便,具有很大的实用性。

附图说明

[0034] 图1(a)为采用第一类支撑的潜水位和承压水头协同升降的基坑开挖模型试验装置侧视图。

[0035] 图1(b)为采用第二类支撑的潜水位和承压水头协同升降的基坑开挖模型试验装置侧视图。

[0036] 图2(a)为采用第一类支撑的模型箱俯视图。

[0037] 图2(b)为采用第二类支撑的模型箱俯视图。

[0038] 图3为基坑开挖对称面示意图;

[0039] 图4为水箱侧视图;

[0040] 图5(a)为承压架空层结构的平面图。

[0041] 图5(b)为承压架空层结构的侧视图。

[0042] 图6为挡土墙示意图。

[0043] 图7(a)为第一类支撑的基坑支护结构示意图。

[0044] 图7(b)为第二类支撑的基坑支护结构示意图。

[0045] 图中:模型箱1;模型箱框架1-1;钢化玻璃1-2;模型箱底板1-3;顶框1-4;反力板1-5;模型箱底座1-6;水箱2;带通水孔的铝板2-1;条形铝板2-2;水箱支架2-3;水箱支架固定螺丝2-4;刻度尺2-5;第一通水阀门2-6;对称面挡土单元3;固定对称面挡土单元的螺栓4;挡土墙5;止水橡胶条5-1;挡土墙支架6;支架固定螺栓7;支撑单元8;实心铝杆8-1;空心铝杆8-2;支撑连接螺栓8-3;第一支撑杆8-4;第二支撑杆8-5;套筒8-6;支撑固定螺栓8-7;承压架空层9;带通水孔的不锈钢板9-1;不锈钢短柱9-2;反滤土工织物9-3;第二通水阀门10;水压计11;马里奥特瓶12;有机玻璃圆筒12-1;进气阀门12-2;第三通水阀门12-3;出气阀门12-4;气囊12-5;支架13;定滑轮13-1;钢丝绳13-2;手摇器13-3;砾砂14-1;粘质粉土14-2;无气水15。

具体实施方式

[0046] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0047] 如图1、图2所示,本发明潜水位和承压水头协同升降的基坑开挖模型试验装置,包括模型箱1、水箱2、若干对称面挡土单元3、基坑支护结构、承压架空层9、承压水头调节系统和量测系统七个部分。

[0048] 所述模型箱1由模型箱框架1-1、钢化玻璃1-2、模型箱底板1-3、顶框1-4、反力板1-5和模型箱底座1-6组成;所述模型箱框架1-1的底部固定模型箱底板1-3,前后两个侧面固定钢化玻璃1-2;所述模型箱框架1-1和反力板1-5通过四周点焊固定于工字钢焊接而成的模型箱底座1-6上,顶部由不锈钢顶框1-4通过四周点焊连接;所述模型箱框架1-1由10mm厚的不锈钢钢条和不锈钢钢板焊接而成;所述钢化玻璃1-2通过建筑胶水安装在模型箱框架1-1内侧;所述模型箱底板1-3和反力板1-5为10mm厚的不锈钢钢板;所述顶框1-4由20mm厚的不锈钢钢条焊接而成;

[0049] 所述水箱2由竖向放置的带通水孔的铝板2-1、横向放置的条形铝板2-2、前后两侧

的钢化玻璃1-2和模型箱框架1-1的内壁通过玻璃胶连接形成,通过水箱支架2-3架设在模型箱1内的右上方,用于控制和观测土体中的水位升降;所述带通水孔的铝板2-1和水箱支架2-3由水箱支架固定螺丝2-4拧紧连接;所述带通水孔的铝板2-1表面粘贴反滤土工织物,防止地下水变化过程中试验土体的流失;所述刻度尺2-5设置在钢化玻璃1-2上可用于直接观测和记录潜水位变化情况;所述模型箱1的右侧安装连通水箱2的第一通水阀门2-6,用于控制水箱2内水位的升降。

[0050] 所述对称面挡土单元3为U型不锈钢条,通过螺栓4固定在模型箱框架1-1上;所述U型不锈钢条之间通过H型止水橡胶条连接,U型不锈钢条与模型箱框架1-1通过S型止水橡胶条连接;

[0051] 所述基坑支护结构包括挡土墙5、挡土墙支架6和若干支撑单元8;所述挡土墙3在移动过程中始终与钢化玻璃1-2保持垂直;所述支撑单元8的一端具有内螺纹口,内螺纹口与支撑固定螺栓8-7螺纹连接,实现支撑单元8的安装;

[0052] 所述承压架空层9由带通水孔的不锈钢板9-1、不锈钢短柱9-2和反滤土工织物9-3组成;所述带通水孔的不锈钢板9-1底部固定不锈钢短柱9-2,放置于模型箱1内的模型箱底板1-3上,并与模型箱1的四个侧面通过玻璃胶密封连接;所述带通水孔的不锈钢板9-1表面粘贴反滤土工织物9-3,防止承压水头变化过程中试验土体的流失;

[0053] 所述模型箱1的右侧底部安装连通承压架空层9的第二通水阀门10,用于连接模型箱1和承压水头调节系统;模型箱1内的底部试验土体为砾砂14-1,以模拟承压土层;上覆试验土体为弱透水性土体,可采用粘质粉土14-2,采用无气水饱和;

[0054] 所述承压水头调节系统由水压计11、马里奥特瓶12和支架13组成;所述水压计11通过三通管连接模型箱1和马里奥特瓶12;所述马里奥特瓶12由有机玻璃圆筒12-1、进气阀门12-2、第三通水阀门12-3、出气阀门12-4和气囊12-5组成;所述有机玻璃圆筒12-1内的液体为无气水15;所述气囊12-5内装有1atm的氮气;所述支架13上安装有定滑轮13-1,钢丝绳13-2绕过定滑轮13-1连接马里奥特瓶12和手摇器13-3,通过手摇器13-3控制马里奥特瓶12的升降调节承压水头的大小;所述第一通水阀门2-6、第二通水阀门10、进气阀门12-2、第三通水阀门12-3、出气阀门12-4为铜芯阀门;

[0055] 所述量测系统包括微型孔隙水压力传感器、微型土压力盒、位移传感器、多通道数据采集仪和数码照相机;所述微型孔隙水压力传感器、微型土压力盒、位移传感器通过信号传输线连接多通道数据采集仪;所述数码照相机放置于模型箱正前方,可根据拍摄需要增设光源;所述数码照相机在试验过程中应排除干扰,其位置不可发生挪动;

[0056] 如图3所示,所述对称面挡土单元3的厚度为10mm,其宽度可根据需要模拟的开挖土层厚度进行调整;所述固定对称面挡土单元3的螺栓4的尺寸为M8,焊接固定于模型箱框架1-1上。

[0057] 如图4所示,所述水箱2由带通水孔的铝板2-1、条形铝板2-2、水箱支架2-3、水箱支架固定螺丝2-4、刻度尺2-5和第一通水阀门2-6组成;所述带通水孔的铝板2-1表面排布有大量的通水圆孔,保证试验过程中水箱内的水位与试验土体水位连通且一致,以实现通过调节水箱内的水位来控制试验土体的潜水位升降。

[0058] 如图5(a)、图5(b)所示,所述带通水孔的不锈钢板9-1使得承压架空层9中的无气水与砾砂14-1承压层水力连通,提供砾砂14-1承压层的承压水头压力;所述带通水孔的不

锈钢板9-1的厚度、通水孔的排布和不锈钢短柱9-2的排布应满足受力计算要求,使得承压架空层9足以承受试验土体的重量。

[0059] 如图6所示,所述挡土墙5为铝板,其厚度由试验模拟的挡土墙刚度计算得到;所述挡土墙支架6为20mm厚的条状铝板;所述挡土墙5上部通过支架固定螺栓7固定挡土墙支架6,中部开有螺纹孔,通过螺纹孔螺纹连接安装支撑单元8所需的支撑固定螺栓8-7,两侧开槽固定止水橡胶条5-1;所述止水橡胶条5-1保证挡土墙5移动过程中与模型箱1接触面不发生漏水;所述支架固定螺栓7和支撑固定螺栓8-7的尺寸为M8。

[0060] 如图7(a)、图7(b)所示,所述支撑固定螺栓8-7通过挡土墙5上的螺纹孔,拧紧固定于挡土墙5上。所述支撑单元8可采用以下两种形式:

[0061] 一、所述支撑单元8包括实心铝杆8-1、伸缩杆8-2和支撑连接螺栓8-3;所述实心铝杆8-1上开有若干凹槽,一端具有内螺纹口;所述伸缩杆8-2为空心铝管,伸缩杆8-2上开有若干螺纹孔;所述支撑连接螺栓8-3穿过伸缩杆8-2上的螺纹孔抵住实心铝杆8-1的凹槽,使得实心铝杆8-1和伸缩杆8-2紧密连接,在试验过程中不发生滑动。所述实心铝杆8-1的直径和空心铝杆8-2的厚度由试验模拟的支撑刚度计算得到;所述支撑连接螺栓8-3的尺寸可选择M6。

[0062] 二、所述支撑单元8包括第一支撑杆8-4、第二支撑杆8-5和套筒8-6;所述第一支撑杆8-4的一端具有外螺纹;所述第二支撑杆8-5的一端具有内螺纹口,另一端具有外螺纹;所述套筒8-6具有内螺纹通道,一端螺纹连接第一支撑杆8-4,另一端螺纹连接第二支撑杆8-5。所述第一支撑杆8-4的直径、第二支撑杆8-5的直径和套筒8-6的壁厚由试验模拟的内支撑的刚度计算得到。

[0063] 本发明的工作过程如下:首先将挡土墙5和挡土墙支架6通过支架固定螺栓7连接组装好;而后在挡土墙5上安装好土压力盒,两侧槽口嵌入止水橡胶条5-1,并在槽口和止水橡胶条5-1的缝隙涂抹环氧树脂;将组装好的挡土墙5通过挡土墙支架6架设在模型箱1内,保证挡土墙5与模型箱1两侧的钢化玻璃1-2垂直;在基坑开挖模型的对称面处安装对称面挡土单元3,通过固定对称面挡土单元的螺栓4固定于模型箱框架1-1上;向模型箱1内分层装填砾砂14-1夯实,填筑至指定高度;分层装填粘质粉土14-2夯实,直至填土完成,由通水第二通水阀门10以50L/天的速度向模型箱1通无气水饱和试验土体砾砂14-1和粘质粉土14-2,待土体完全饱和之后关闭通水第二通水阀门10;钻孔埋设孔隙水压力传感器,回填钻孔土体;在挡土墙5和基坑内外土体表面安装位移传感器,分别监测挡土墙5的位移和基坑土体变形情况;

[0064] 打开第三通水阀门12-3和出气阀门12-4,通过第三通水阀门12-3向马里奥特瓶12的有机玻璃圆筒12-1内注入无气水15,由出气阀门12-4排出有机玻璃圆筒12-1内的气体;待有机玻璃圆筒12-1内注满无气水,关闭第三通水阀门12-3和出气阀门12-4;通过进气阀门12-2连接装有1atm氮气的气囊12-5;而后通过通水第二通水阀门10连接模型箱1和承压水头调节系统。

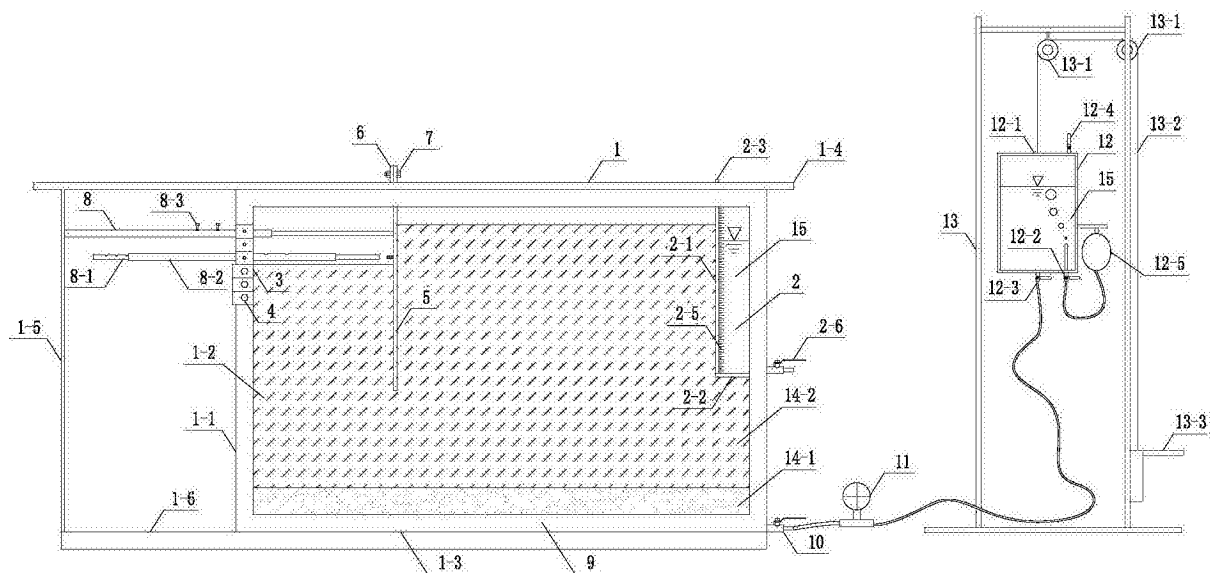
[0065] 将数码照相机置于模型箱正前方(在试验过程中不可以挪动),调节相机参数,设置数码照相机的自动拍摄时间间隔为20s;若实验室光线不足,可在数码照相机两侧增设Led光源;利用数据采集仪采集记录试验初始状态下微型孔隙水压力传感器、微型土压力盒和位移传感器的读数,利用数码照相机拍摄试验初始状态下的试验土体照片;

[0066] 待上述试验准备工作完成之后,打开第一通水阀门2-6调节水箱2内的水位来模拟模型箱1内试验土体的潜水位升降;打开通水第二通水阀门10、第三通水阀门12-3和进气阀门12-2,并在整个基坑土体开挖和支撑安装过程中保持开启状态,实现承压水头调节系统向承压架空层9持续供给试验所需的承压水头;通过手摇器13-3调节马里奥特瓶12的高度,利用手摇器13-3的自锁功能固定马里奥特瓶12的高度,以控制承压水头的大小,由水压计11读取承压水头大小;拆除第一节对称面挡土单元,通过向基坑开挖对称面卸土的方法缓慢开挖挡土墙5左侧的土体;开挖至第一道支撑设计位置下方时,安装第一道支撑,通过支撑8一端的内螺纹与挡土墙5上的支撑固定螺栓8-7连接,通过调整支撑8的长度使之顶紧反力架1-5,完成支撑8的安装。完成第一道支撑安装之后继续开挖土体,采用相同的方法安装支撑,直至基坑开挖完成。

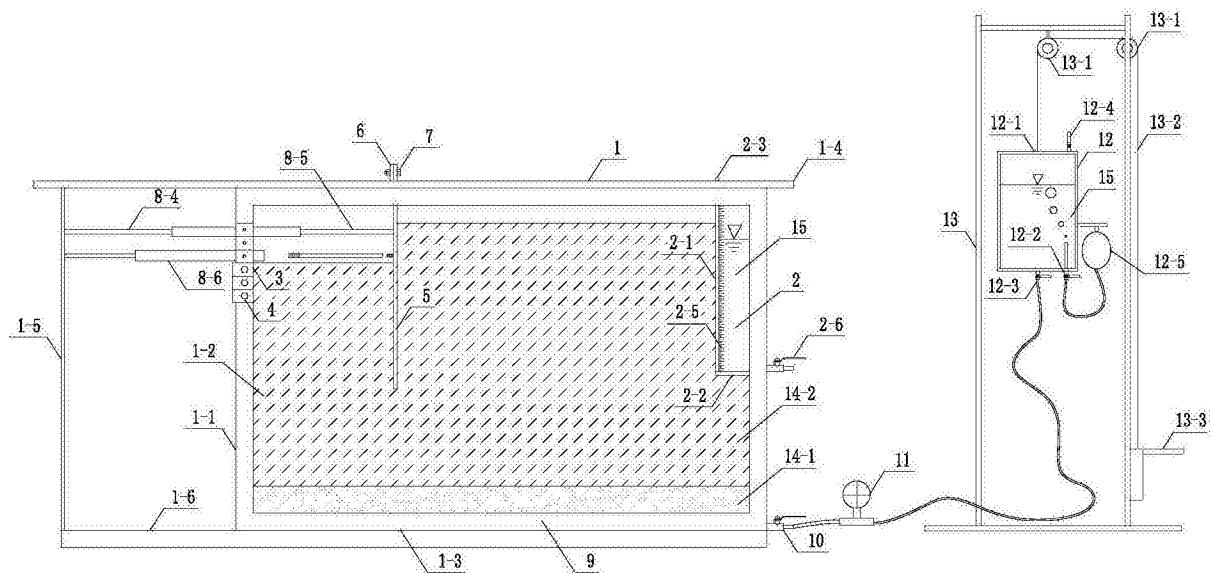
[0067] 在整个基坑开挖试验过程中,通过水箱2施加基坑开挖各个工况相对应的潜水位,通过承压水头调节系统施加基坑开挖各个工况相对应的承压水头;通过数据采集仪连续采集记录试验过程中微型孔隙水压力传感器、微型土压力盒和位移传感器的读数,通过触发数码照相机拍摄整个试验过程中试验土体变形的照片。

[0068] 通过分析数据采集仪采集记录的微型孔隙水压力传感器和微型土压力盒的读数,得出基坑整个开挖过程中潜水位和承压水头协同升降引起的水土压力响应规律;通过分析数据采集仪记录的位移传感器的读数,以及对数码照相机所拍摄的照片进行PIV图像分析,得出土体的位移场,从而得知基坑土体随潜水位和承压水头协同升降的变形规律。

[0069] 上述实施例为本发明的一个优选实施方式,是对本发明内容及其应用的进一步说明,不应理解为本发明仅适用于上述实施例。凡基于本发明原理和发明内容所实现的技术均属于本发明的范围。

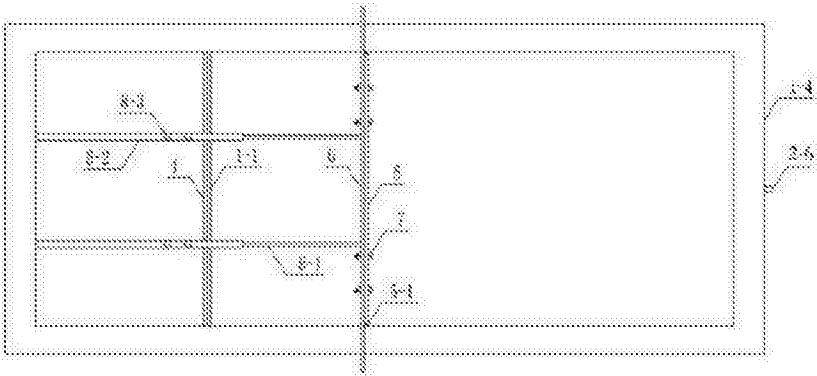


(a)

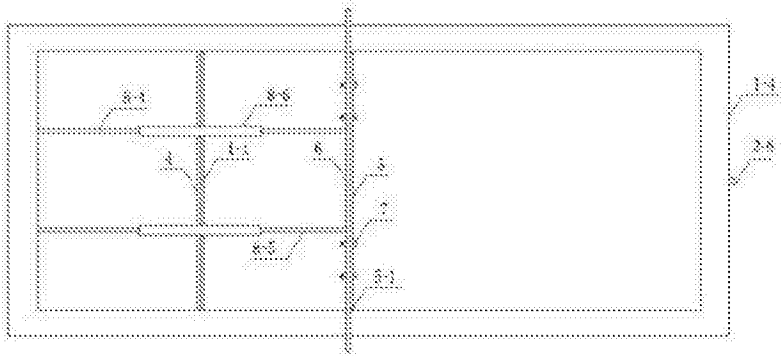


(b)

图1



(a)



(b)

图2

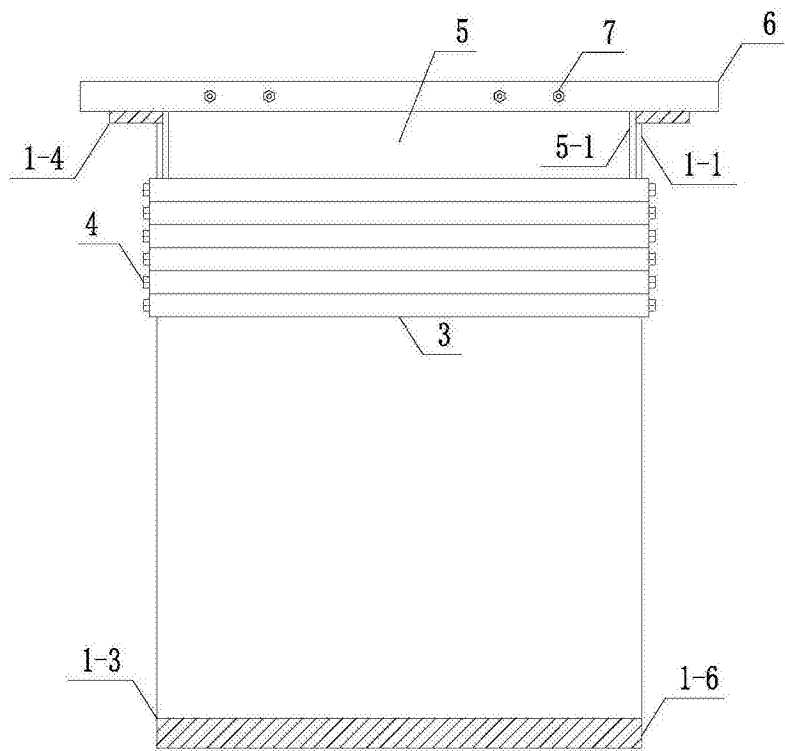


图3

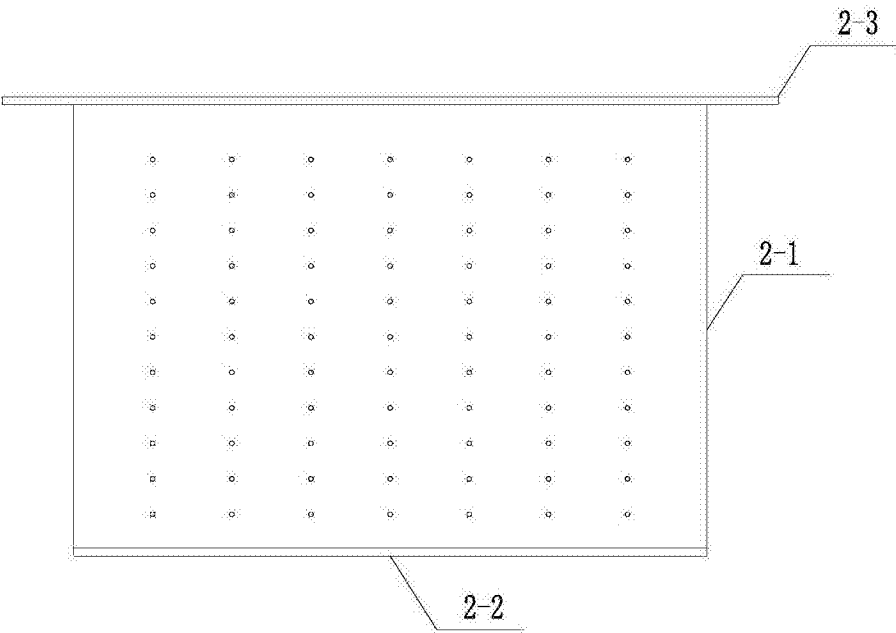
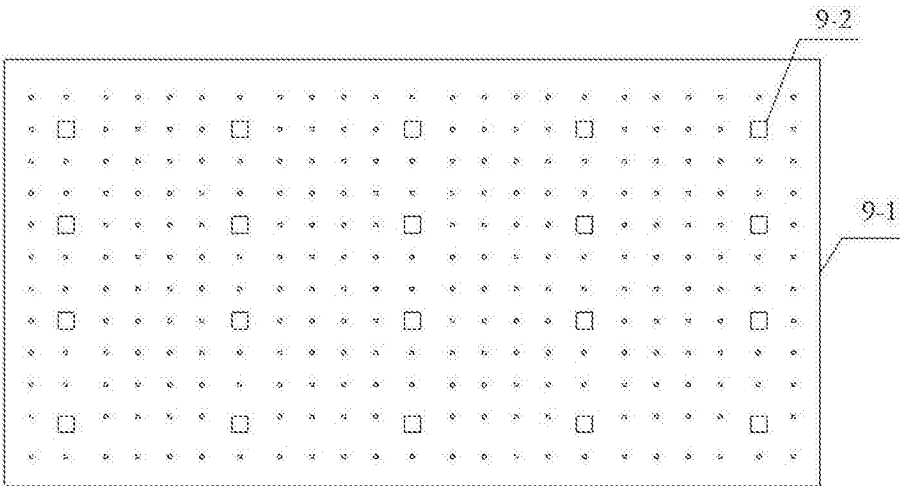
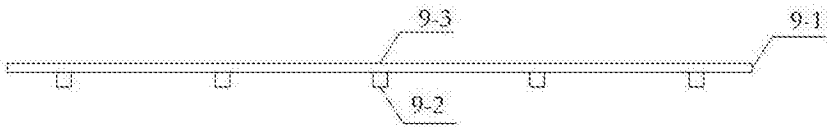


图4



(a)



(b)

图5

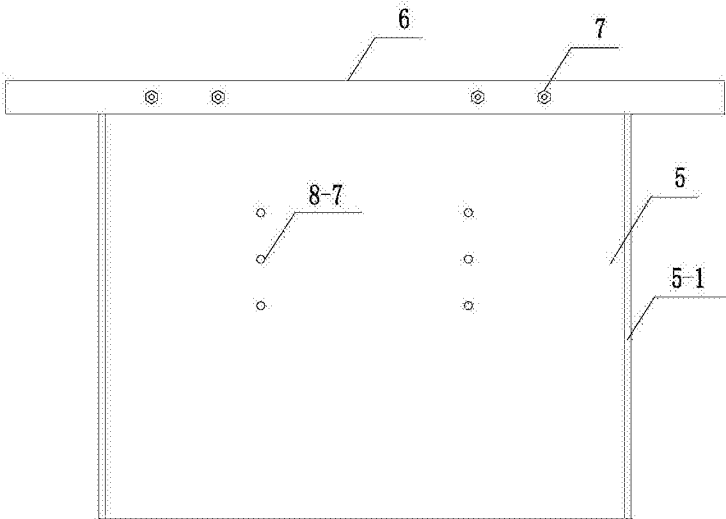
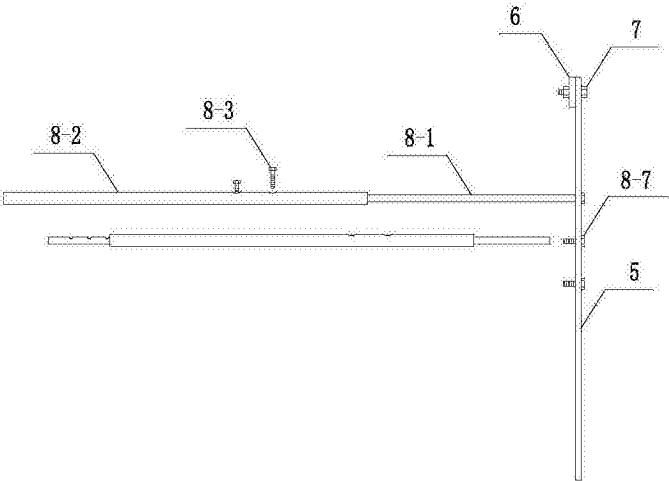
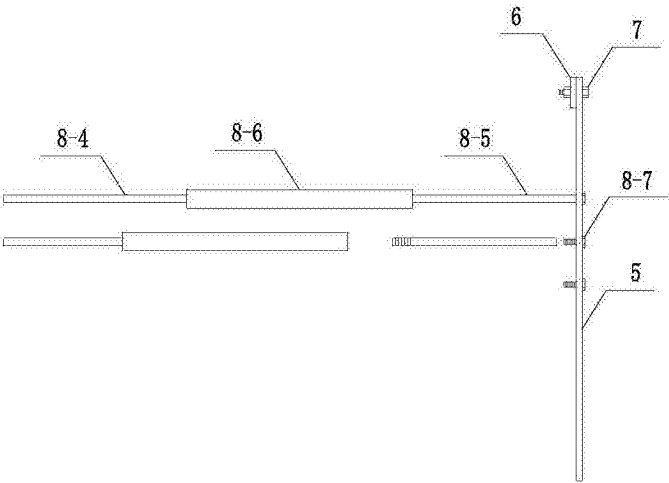


图6



(a)



(b)

图7