



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111535293 A

(43)申请公布日 2020.08.14

(21)申请号 202010148178.6

E02D 19/10(2006.01)

(22)申请日 2020.03.05

(71)申请人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市玄武区四牌楼2号

申请人 连云港港口集团有限公司
中交第三航务工程勘察设计院有限公司

(72)发明人 朱向阳 邓永锋 胡永涛 卢友兵
徐琛琛 韩时捷 阮春生

(74)专利代理机构 南京众联专利代理有限公司
32206

代理人 李雪萍

(51)Int.Cl.

E02D 3/10(2006.01)

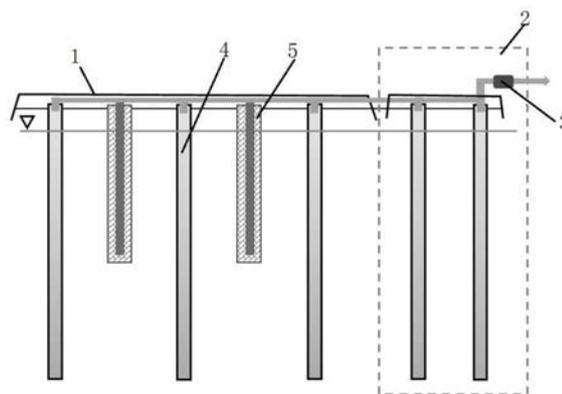
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种低位降水真空联合堆载预压加固深厚软基方法及系统

(57)摘要

本发明公开了一种低位倒虹吸降水真空联合堆载预压加固深厚软基系统,包括软土地基、堆载、塑料排水板、吸水管、降水井、滤布、砂垫层、密封膜、真空泵、吸水坑、汲水箱、离心泵。采用低位倒虹吸降水真空联合堆载预压加固深厚软基的方法,提出了真空汲水箱的低水位设计思路,结合倒虹吸的理念,将系统水位零点下移,以有效降低加固场地地下水位。在降水井和汲水箱之间形成倒虹吸效应,不仅系统降低场地的地下水位,还能大幅度提升下卧软土的真空压力。该方法对深厚软土的地基加固有着较大的改进,可以缩短工期,降低施工维护成本。且该方法工艺简单,实施方便,可用于实际工程。



1. 一种低位降水真空联合堆载预压加固深厚软基系统,其特征在于:包括:软土地基、堆载、塑料排水板、吸水管道、降水井、滤布、砂垫层、密封膜、真空泵、汲水坑、汲水箱、离心泵;软土地基内设有降水井和排水板;地基的顶部设有堆载;在软土地基周边中设置一块汲水区域,在软土地基表面和汲水区域表面分别铺设排水砂垫层,排水管道布设在砂垫层中,埋设深度不小于20cm;密封膜布设在砂垫层上;在降水井内布设吸水管道,吸水管道连接真空泵;在汲水区域下布设汲水箱;汲水箱设有进水口和出水口,进水口与真空泵连接,出水口与汲水箱底部的离心泵相连接;离心泵设置在集水箱内。

2. 根据权利要求1所述的低位降水真空联合堆载预压加固深厚软基系统,其特征在于:降水井与塑料排水板间距设置。

3. 根据权利要求1所述的低位降水真空联合堆载预压加固深厚软基系统,其特征在于:在汲水区域埋设低位汲水箱。

4. 根据权利要求1所述的低位降水真空联合堆载预压加固深厚软基系统,其特征在于:所述的降水井管壁布有滤孔,表层裹有滤布,管下端配有过滤网。

5. 一种低位降水真空联合堆载预压加固深厚软基方法,其特征在于:包括以下步骤:

第一阶段:在待加固软基中外围设有一块汲水区域,区域面积根据汲水箱埋深而定;塑料排水板按设定间距竖向布设在软土地基和汲水区域中;降水井与塑料排水板之间形成均匀布设,降水井下端配有过滤网,降水井管表面有滤孔,外侧裹有滤布;在软土地基表面和汲水区域表面分别铺设排水砂垫层,排水管道布设在砂垫层中,埋设深度不小于20cm;密封膜布设在砂垫层上;在降水井内布设吸水管道,并在第一阶段和塑料排水板一起联结在真空泵上,用作常规的真空预压排水;

第二阶段:当真空预压效果显著下降时,进入第二阶段,开挖汲水区;

第三阶段:在开挖后汲水区域底部,布设密封的汲水箱、在汲水箱内部布设离心泵;汲水箱连通进水管和出水管,进水管与真空泵连通,出口端在汲水箱中悬空;出水管与离心泵相连,负责向外部排水;汲水坑底部布设完毕后,回填汲水坑;将降水井内的吸水管道与真空泵相连后,联通到汲水箱的进水管,使降水井内的水排到汲水箱中;在降水井排水施工过程中,当降水井内水积蓄到预设深度时,离心泵开始工作,保证降水井和汲水管道之间能够形成倒虹吸效应。

6. 根据权利要求5所述的低位降水真空联合堆载预压加固深厚软基方法,其特征在于:施工分阶段进行,在真空预压到预设水平后,施加堆载,汲水区域挖坑,埋设汲水箱和吸水管道,埋设完毕后,回填汲水坑。

7. 根据权利要求5所述的低位降水真空联合堆载预压加固深厚软基方法,其特征在于:离心泵的工作具有周期性,当汲水箱内的积水到达预设水位时,离心泵开始工作,进而形成周期性的排水。

8. 根据权利要求5所述的低位降水真空联合堆载预压加固深厚软基方法,其特征在于:工程施工分区域进行,除在待加固软土地基区域按普通真空预压施工,局部设计降水井。

9. 根据权利要求5所述的低位降水真空联合堆载预压加固深厚软基方法,其特征在于:所述的汲水坑深度设为5-10m,由上往下口径减小;在汲水坑底部布置汲水箱,在汲水箱布置进出水口和出水口;在汲水箱底部固定离心泵,用于排出汲水箱内的水。

一种低位降水真空联合堆载预压加固深厚软基方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种低位降水真空联合堆载预压加固深厚软基方法及系统,属于地基加固的新技术领域。

背景技术

[0002] 随着国家海洋工程的建设发展,沿海城市的基础设施建设用地日益紧张,因此港口建设、滩涂建设等工程日益增多。航道疏浚形成的吹填土往往被用来作为地基软土。这类工程涉及的软土具有含水量高、软土基础深厚,压缩性大等特点。施工过程中,采用真空预压联合堆载技术,可以减少大规模堆载土方的运输,减少堆载料原材料、土源寻找的负担以及堆载料及运输成本高等问题。同时,真空预压处理技术可以较快的完成地基加固处理,从而缩短施工时间。在浅层软土加固时,传统的真空预压联合堆载预压能够起到较好的效果。

[0003] 然而,在深厚软土的加固方面,尤其在硬壳层比较厚的软土地基,真空预压联合堆载方案仍有许多缺陷。对于有较大加固深度要求的软土地基,由于深厚软土的其自身特性(尤其是粘性含量较多的土体),传统真空预压联合堆载方案存在有效加固深度小,深层软土加固效果不理想的问题。在传统真空预压联合堆载的地基处理方法中,随着加固深度的增加,真空度衰减,一般有效深度有限,约为10m。下卧软土得不到有效地固结,这容易导致工程后期显著的竖直和水平变形以及深层的滑动,会对周边变形敏感型结构产生破坏,限制了该方法的进一步推广应用。

[0004] 综上所述,根据目前的实际情况和技术条件,亟需发明一种针对深厚软土的地基加固方法,对深部软黏土进行有效加固,以达到降低施工成本,缩短施工周期,减少后期沉降变形破坏的效果,大幅度提升深部软土地基的加固效果。

发明内容

[0005] 技术问题:本发明的目的是提供一种深厚软基加固的低位降水真空联合堆载预压加固深厚软基方法,该处理方法对深厚软土(尤其是深部软土)的地基加固效果有着较大的改进,可以缩短工期,降低施工维护成本。该方法技术合理,可以解决传统真空-联合堆载方案中的加固深度不够、深部软土加固效果差、堆载料不足、堆载成本过高、施工工期长等问题。

[0006] 技术方案:本发明公开了一种低位倒虹吸降水真空联合堆载预压加固深厚软基系统,包括:软土地基、堆载、塑料排水板、吸水管、密封槽、降水井、滤布、砂垫层、密封膜、真空泵、汲水坑、汲水箱、离心泵;软土地基内设有降水井和排水板;地基的顶部设有堆载;在软土地基周边中设置一块汲水区域,在软土地基表面和汲水区域表面分别铺设排水砂垫层,排水管道布设在砂垫层中,埋设深度不小于20cm;密封膜布设在砂垫层上;在降水井内布设吸水管,吸水管连接真空泵,用作常规的真空预压排水;汲水区域开挖到设计深度后布设汲水箱;汲水箱内设有进水口和出水口,进水口与真空泵连接,出水口与汲水箱底部的离心泵相连接;离心泵设置在集水箱内。降水井与塑料排水板间距设置,按降水和真空预

压设计需要进行布置。降水井按设计要求的范围、深度和间距打设,使其与塑料排水板之间形成均匀布置。

[0007] 进一步的,待加固深厚软基场地周边一部分区域作为汲水区域。在汲水区域面积根据汲水箱布置深度和开挖范围进行设计。

[0008] 进一步的,所述的塑料排水板,为工程中常用的SPB-B型板,深度打穿深厚软土层。

[0009] 进一步的,降水井按设计要求的范围、深度和间距打设,使其与塑料排水板之间形成均匀布置,所述的降水井管壁布有漏孔,表层裹有滤布,管下端配有过滤网,孔径一般为300mm,深度一般不大于10m。

[0010] 进一步的,所述的汲水坑深度根据地下水需要的降深要求定,一般可设为6-10m。在汲水坑底部布置汲水箱,在汲水箱布置进出水口和出水口。进水口与真空泵相连,在汲水箱底部固定离心泵,用于排出汲水箱内的水。

[0011] 进一步的,汲水区域加固可单独密封和真空预压预处理,以方便汲水区域的独立施工。

[0012] 进一步的,真空泵数量和布置必须满足设计要求;离心泵的性能参数要能满足汲水箱排水需求。

[0013] 一种低位倒虹吸降水真空联合堆载预压加固深厚软基方法,包括以下步骤:

第一阶段:在待加固软基中外围增设一块汲水区域,区域面积根据汲水箱埋深和开挖深度确定;塑料排水板按设定间距竖向布置在待加固软土地基和汲水区域中;加固区中降水井与塑料排水板之间形成均匀布置,降水井下端配有过滤网,降水井管表面有滤孔,外侧裹有滤布;在软土地基表面和汲水区域表面分别铺设排水砂垫层,排水管道布置在砂垫层中,埋设深度不小于20cm;密封膜布设在砂垫层上;在降水井内布设吸水管,并在第一阶段和塑料排水板一起联结在真空泵上,用作常规的真空预压排水;

第二阶段:当真空预压效果显著下降时,进入第二阶段,开挖汲水区;

第三阶段:在开挖后汲水区域底部,布设密封的汲水箱、在汲水箱内部布设真空泵和离心泵;汲水箱连通进水管和出水管,进水管与真空泵连通,形成倒虹吸;出水管与离心泵相连,负责向外部排水;汲水坑底部布设完毕后,回填汲水坑;在降水井排水施工过程中,当降水井内水积蓄到预设深度时,离心泵开始工作,保证倒虹吸低位降水效果。

[0014] 将降水井按照降水设计均匀地布置在待加固软土地基中,以便形成足够大范围的降水辐射范围,从而对整个场地起到较好的降水效果。降水井管壁布设漏水孔,管外侧裹上滤布,减少降水井的淤堵风险。

[0015] 降水系统离心泵安置在汲水箱的底部,降水井的排水管与汲水井通过抽水管相联通。汲水箱的埋设深度要依据工程要求设计,与下卧软土加固要求、汲水区域能开挖深度相关。在降水-真空-堆载联合加固区域外设置隔离墙,以切断加固区与外围地下水联通的途径。

[0016] 施工分阶段进行,在常规真空预压到预设水平后,施加堆载;开挖汲水区域,埋设汲水箱和吸水管,埋设完毕后,回填汲水坑。

[0017] 离心泵的工作具有周期性,当汲水箱内的积水到达预设水位时,离心泵开始工作,进而形成周期性的排水。

[0018] 工程施工分区域进行,待加固软土地基区域不仅要进行传统真空预压加固,还进

行降水加固。

[0019] 所述的汲水坑深度一般为5-10m;在汲水坑底部布置汲水箱,在汲水箱布置进出水口和出水口;在汲水箱底部固定离心泵,用于排出汲水箱内的水。

[0020] 有益效果:

与传统真空预压联合堆载技术相比,本发明具有以下优点:

1、加快上层软基的固结速度。该方法通过降水井的布置,加快抽水速度,缩短了上层软土的固结时间,减少真空预压周期;

2、大幅度提高下卧深层软土加固效果,使真空压力往深层传递,提升固结强度。该方法通过低水位抽水机的布置,通过倒虹吸效应将真空压力下传,形成真空压力和有效自重应力倍增。

附图说明

[0021] 图1为本发明的第一阶段,真空预压示意图;

图2为本发明的第二阶段,开挖堆载示意图;

图3为本发明的第三阶段,低位降水-真空-堆载联合地基加固方法的示意图;

图4为实施例1中,塑料排水板和降水井布设方式。

[0022] 图中:1、密封膜;2、汲水区;3、真空泵;4、排水板;5、降水井;6、汲水箱;7、离心泵。

具体实施方式

[0023] 为使得本发明的目的、特征、优点能够更加的明显和易懂,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,下面所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而非全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本发明保护的范围。

[0024] 一种低位降水真空联合堆载预压加固深厚软基方法,包括:软土地基、堆载、塑料排水板、吸水管道、降水井、滤布、砂垫层、密封膜、真空泵、汲水坑、汲水箱、离心泵;软土地基内设有降水井和排水板;地基的顶部设有堆载;在软土地基周边中设置一块汲水区域,在软土地基表面和汲水区域表面分别铺设排水砂垫层,排水管道布设在砂垫层中,埋设深度不小于20cm;密封膜布设在砂垫层上;在降水井内布设吸水管道,吸水管道连接真空泵;汲水区域开挖后布设汲水箱;汲水箱设有进水口和出水口,进水口与真空泵连接,出水口与汲水箱底部的离心泵相连接。

[0025] 低水位倒虹吸降水-真空-堆载联合系统如图3所示,包括:水下土体排水系统、密封系统、真空抽水系统、堆载系统、降水井抽水系统和低水位汲水系统。本系统的施工方法,包括以下步骤:

第一阶段:参考图1,在待加固软基中外围设有一块汲水区域,区域面积根据汲水箱埋深而定;塑料排水板按设定间距竖向布设在软土地基和汲水区域中,塑料排水板打设范围、深度和间距应符合设计要求;降水井按设计要求的范围、深度和间距打设,使其与塑料排水板之间形成均匀布设,降水井下端配有过滤网,降水井管表面有滤孔,外侧裹有滤布;在软土地基表面和汲水区域表面分别铺设排水砂垫层,排水管道布设在砂垫层中,埋设深度不小于20cm;密封膜布设在砂垫层上。在降水井内布设吸水管道,并在第一阶段和塑料排水板

一起联结在真空泵上,用作常规的真空预压排水;

第二阶段:当真空预压效果显著下降时,进入第二阶段,参考图2。此时,开挖汲水区,开挖范围、深度和坡度应符合设计要求;

第三阶段:参考图3,在开挖后汲水区域底部,布设密封的汲水箱、在汲水箱内部布设离心泵;汲水箱连通进水管和出水管,进水管与真空泵连通,出口端在汲水箱中悬空。出水管与离心泵相连,负责向外部排水;汲水坑底部布设完毕后,回填汲水坑。将降水井内的吸水管与真空泵相连后,联通到汲水箱的进水管,从而使降水井内的水排到汲水箱中。在降水井排水施工过程中,降水井内水的积蓄需要一定的时间,因此离心泵工作是周期性的。当降水井内水积蓄到预设深度时,离心泵开始工作,从而保证降水井和汲水管道之间能够形成预设的虹吸效应。

[0026] 实施例1:

1、塑料排水板选用SPB-B型,厚度为4mm,宽度100mm,渗透系数 $5 \times 10^{-3} \text{cm}^3/\text{s}$,在软土地基上布设25m;降水井使用PVC材质,管壁布有漏孔,表层裹有滤布,管下端配有过滤网,孔径为300mm,深度为15m。将塑料排水板按间距为1m的正方形布设,在正方形中心位置布设降水井。布设如图4;

2、在软土地基上留有一块面积为 $8 \times 8 \text{m}^2$ 的汲水区域,在软土地基和技术区域分别布设砂垫层,并在密封膜内布设排水管。将排水管与真空泵相连接。

[0027] 3、通过真空预压方法,对深厚软土地基施工一个月,排出软土地基中部分水分,此时真空预压排水效果下降;

4、在软土地基上实施堆载预压,堆载高度为2m。

[0028] 5、对 $8 \times 8 \text{m}^2$ 的汲水区域进行开挖,开挖深度为8m,在汲水坑底部布设体积为 80m^3 的汲水箱,在汲水箱内底部固定一个离心泵。汲水箱有进水管和出水管,进水管与真空泵相连,离心泵连接出水管。

[0029] 6、布设完汲水箱和进出水管后,回填汲水坑。

[0030] 7、将降水井的排水管道通过真空泵后连接到汲水箱的进水口中。当汲水箱内的水位达到预设高度时,离心泵工作,将水排出汲水箱外。

[0031] 8、通过现场试验监测,汲水井底部(-8.0m处)软黏土负孔压达到80kPa,与传统真空预压测得负孔压大了50kPa;经低水位倒虹吸降水-真空-堆载联合加固后,地基有效加固范围达到20m,下层软土十字板强度平均提升了30kPa,而传统真空-堆载联合预压加固土体十字板抗剪强度平均仅提高了5-10kPa。

[0032] 实施例2:

1、塑料排水板选用SPB-B型,厚度为4mm,宽度100mm,渗透系数 $5 \times 10^{-3} \text{cm}^3/\text{s}$,在软土地基上布设20m;降水井为钢管材质,管壁布有漏孔,表层裹有滤布,管下端配有过滤网,孔径为300mm,深度为10m。将塑料排水板按间距为0.8m的正方形布设,在正方形中心位置布设降水井;

2、在软土地基上留有一块面积为 $6 \times 6 \text{m}^2$ 的汲水区域,在软土地基和技术区域分别布设砂垫层,并在密封膜内布设排水管。将排水管与真空泵相连接。在砂垫层上布设密封膜;

3、通过真空预压方法,对深厚软土地基施工两个月,排出软土地基中部分水分,此时真空预压排水效果下降;

4、在软土地基上实施堆载预压,堆载高度为5m。

[0033] 5、开挖6*6m²的汲水区域进行挖掘,开挖深度为6m,在汲水坑底部布设体积为60m³的汲水箱,在汲水箱内底部固定一个离心泵。汲水箱有进水管和出水管,进水管与真空泵相连。

[0034] 6、布设完汲水箱和进出水管后,回填汲水坑。

[0035] 7、将降水井的排水管道通过真空泵后连接到汲水箱的进水口中。当汲水箱内的水位达到预设高度时,离心泵工作,将水排出汲水箱外。

[0036] 8、现场试验监测表明,与传统真空联合堆载预压处理效果相比,6米以下软土有效应力较传统真空堆载预压增加了50kPa,十字板平均强度较传统真空堆载预压提高了12kPa。

[0037] 本发明方案所公开的技术手段不仅限于上述实施方式所公开的技术手段,还包括由以上技术特征任意组合所组成的技术方案。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也视为本发明的保护范围。

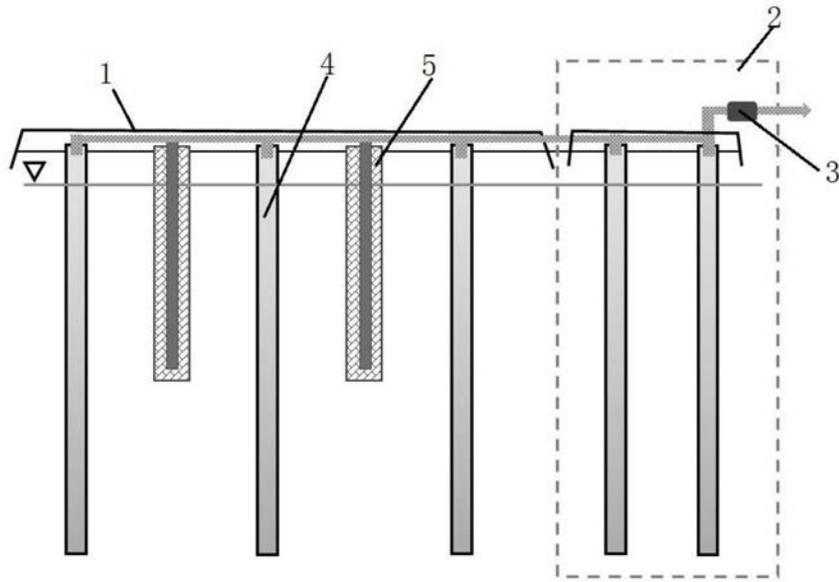


图1

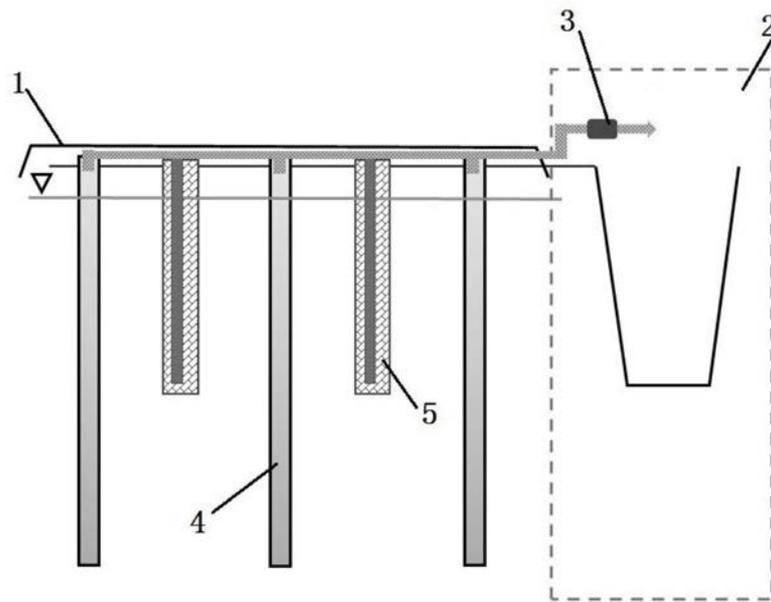


图2

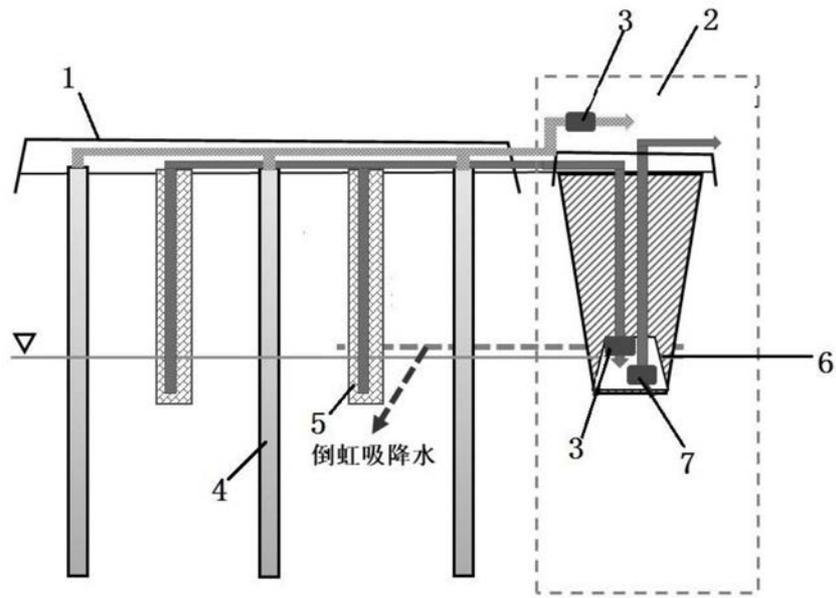


图3

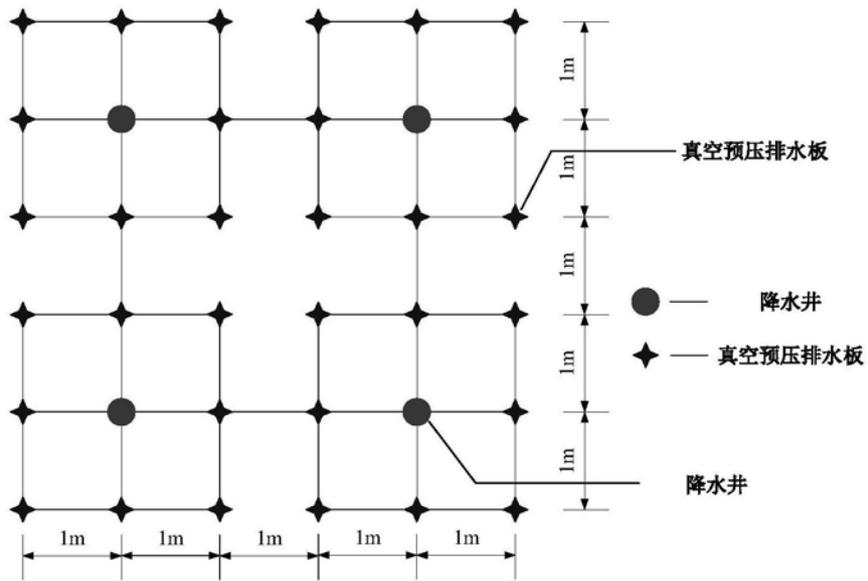


图4