



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102590468 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 18

(21) 申请号 201110387899. 3

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011. 11. 29

G01N 33/24 (2006. 01)

(71) 申请人 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所

地址 730000 甘肃省兰州市城关区东岗西路 332 号

(72) 发明人 王大雁 马巍 顾同欣 关辉 温智 郑剑锋

(74) 专利代理机构 兰州中科华西专利代理有限公司 62002

代理人 马正良

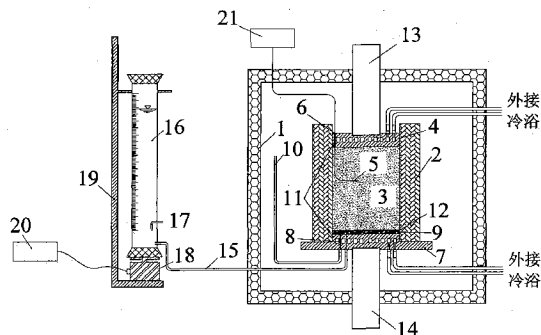
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

深部土冻融过程试验系统

(57) 摘要

本发明涉及深部土冻融过程测试系统,其结构特征是控温箱与外部冷浴相接,控温箱内,耐高压的有机玻璃筒体置于可控温的钢制底座上,底座上开有两个小孔,一个接导水管,另一个接压力调节管。下底座上部依次放置透水石、滤纸、试样,并在试样中安装温度传感器。试样上部放置可控温的上压头。上压头上开有出线孔,引出线后用密封胶密封。上压头将与试验机传力杆相接。通过导水管将量筒与试样连接。量筒置于称重传感器上,并通过支架固定。本发明能较为系统的研究深部土的冻融过程,获得不同深度的深部土在不同温度梯度作用下冻结时冻胀率及吸、排水率的大小。为阐明外部荷载在正冻土和冻土冷生构造形成过程中的作用以及高压作用下土体冻结时温度、水分、压力之间相互作用的研究提供技术保障。



1. 一种深部土冻融过程测试系统,包括恒温箱(1)、耐高压有机玻璃筒(2)、土样(3)、上压头(4)、温度传感器(5)、出线孔(6)、下底座(7)、小孔(8)、透水石(9)、压力调节管(10)、O型圈(11)、滤纸(12)、上传力杆(13)、下传力杆(14)、导水管(15)、量筒(16)、排水透气孔(17)、称重传感器(18)、支架(19)、测重量数据采集仪(20)和测温度数据采集仪(21),其特征是恒温箱(1)与外部冷浴相接,控温箱(1)内,耐高压的有机玻璃筒体(2)置于可控温的钢制下底座(7)上,下底座外圈刻有一凹槽,凹槽上装一O型圈(11)与耐高压有机玻璃筒(2)相接触,下底座(7)上开有两个小孔(8),一孔与导水管(15)相连,另一孔与压力调节管(10)相连,下底座(7)上部依次放置透水石(9)、滤纸(12)和土样(3),在土样(3)中安装温度传感器(5),并将其引线从上压头(4)出线孔(6)穿出后与测温度数据采集仪(21)相连,土样(3)上部放置上压头(4),上压头(4)外圈刻有一凹槽,装一O型圈(11)与耐高压有机玻璃筒壁(2)相接触;上压头(4)上开有出线孔(6),引线引出后用密封胶密封;上压头(4)与试验机上传力杆(13)相接,下底座(7)与试验机下传力杆(14)相接,在下底座(7)上的小孔处接压力调节管(10)和导水管(15),并将导水管(15)与量筒(16)相连,量筒(16)上有排水透气孔(17),将量筒(16)置于称重传感器(18)上,并固定在支架(19)上,称重传感器读数的动态变化由测重量数据采集仪(20)采集。

深部土冻融过程试验系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种在室内模拟深部人工冻土形成与解冻过程的试验装置。利用此装置,可实现对深部土冻结与融化过程的室内模拟,获得不同深度的深部土在不同温度梯度作用下冻结时冻胀率及吸、排水率的大小。为阐明外部荷载在正冻土和冻土冷生构造形成过程中的作用以及高压作用下土体冻结时温度、水分、压力之间相互作用的研究提供技术支撑。

背景技术

[0002] 所谓深部土就是指由于其所处地层深度较大,使得其物理力学性质与当前岩土工程所研究的浅表层土体的力学性质之间存在较大差异,无法用现有的土力学理论来分析研究所处这一深部土层的力学特性的土体。人们为了开采地下资源、建造地下电站、地下铁道、越江越海隧道等,就必须了解深部土的物理特征、力学特性,并采用非常规的特殊施工方法对其进行开挖。目前,在深部空间开挖中,最常采用的方法就是人工冻结施工技术,其核心就是以人工制冷方法将低温冷媒送入具有一定含水量和地下水流速的软弱地层中,使地层中的水与周围土颗粒发生冻结,从而形成强度高、弹模大和抗渗性好的冻结壁,然后在冻结壁的保护下进行内部开挖和永久支护结构施工,待施工完成后做解冻处理。所以,在冻结法施工过程中,冻结壁的强度问题是影响其顺利实施的关键因子,就此,开展了许多关于深部冻土力学性质的研究工作,但这些研究都是基于连续介质的假设,从分析冻土受力后的表现性状入手,利用试验得出的应力-应变关系,应用曲线拟合或弹性理论、塑性理论及其他理论来研究深部冻结壁的强度问题,在这些研究中,一般都忽略颗粒之间接触特性的所有细节,没有考虑土体由于深部地压的作用,在冻土形成过程中所发生的一系列物理性质的变化。譬如说,地压的增大,将导致深部土的冻结温度(即冰点)降低,冻结温度降低后,深部人工冻土体的含冰量和未冻水含量将与相同温度条件的浅表层冻土的含冰量和未冻水含量之间具有极大的差别,从而导致其力学性质完全不同于相同温度的浅表层冻土的力学性质。另外,深部天然地层的应力环境将通过影响冻土形成过程中的水分迁移、冻胀变形而对冻土的微观结构产生影响,进而在一定程度上影响冻土的力学性状。因此,为了深入研究深土冻结时温度、水分、压力及其相互作用关系,认识冻结过程对受载土体内部结构和力学特征的影响,建立一个对深部土冻结融化过程进行研究的试验平台很有必要。

发明内容

[0003] 鉴于上述,本发明的目的在于提供一种简洁且准确的室内测定高压土冻结与融化过程的试验系统。利用此试验系统,可实现对有压土冻结与融化过程中冻胀率及吸、排水率的准确测定,为研究深部土体冻结时吸、排水率对上覆荷载、温度梯度的响应模式提供技术支撑。

[0004] 一种深部土冻融过程测试系统,包括恒温箱、耐高压有机玻璃筒、土样、上压头、温度传感器、出线孔、下底座、小孔、透水石、压力调节管、O型圈、滤纸、上传力杆、下传力杆、

导水管、量筒、排水透气孔、称重传感器、支架、测重量数据采集仪和测温度数据采集仪。恒温箱与外部冷浴相接,控温箱内,耐高压的有机玻璃筒体置于可控温的钢制下底座上,下底座外圈刻有一凹槽,凹槽上装一 O 型圈与耐高压有机玻璃筒相接触,下底座上开有两个小孔),一孔与导水管相连,另一孔与压力调节管相连,下底座上部依次放置透水石、滤纸和土样,在土样中安装温度传感器,并将其引线从上压头出线孔穿出后与测温度数据采集仪相连,土样上部放置上压头,上压头外圈刻有一凹槽,装一 O 型圈与耐高压有机玻璃筒壁相接触;上压头上开有出线孔,引线引出后用密封胶密封;上压头将与试验机上传力杆相接,下底座与试验机下传力杆相接,在下底座上的小孔处接压力调节管和导水管,并将导水管与量筒相连,量筒上有排水透气孔,将量筒置于称重传感器上,并固定在支架上,通过测重量数据采集仪测定量筒中水量的动态变化。

[0005] 本发明的优点和产生的有益效果是:

[0006] 1、本发明充分利用厚有机玻璃强度高、导热性差的特点,使其既满足研究高压土冻融过程试验的压力要求,又可以减小控温箱内环境温度对研究土 样温度的干扰;在上部压头上开设小孔,将温度传感器植入土体后,用密封胶将小孔密封,这样,使得压力条件下对温度数据的采集据既方便又不会使试验土从温度传感器出线孔被挤出;用 O 型圈密封上压头和下底座与有机玻璃筒体间的间隙,既可以保证整个装置在高压环境下的密封效果,又可使上压头较为灵活的上下移动。

[0007] 2、上压头和下底座中间刻有供冷浴循环的凹槽,所以,上压头和下底座的作用有三:其一,与有机玻璃筒一起组成一个封闭的装土容器;其二,当冷浴在上压头和下底座中沿凹槽循环时,保证土样上下端形成一个稳定的温度梯度,为实现土样的单向冻结服务;第三,通过上压头,试验机将一定压力加到土样上,以研究土样在压力环境下的冻结过程。

[0008] 3、在下底座上布置两个小孔,一个接水头调节管,另一个与外界水源相连,是有机玻璃试验罐中土冻结与融化时吸水排水的通路。下底座上方布置可承压的透水石和滤纸,防止试验土在压力作用下被挤出,拥堵在下底座上布置的两个小孔。

[0009] 4、在量筒下方开设两个小孔,一个小孔通过软管与试验罐体连接,另一个小孔通过一直角玻璃管与外界空气相连。试验时,先确定量筒位置,并通过调节水头调节管的位置来调节量筒中的水位。使量筒中的气压、水压、外部大气压以及有机玻璃筒中土样底端的压力四者达到平衡状态。当土样开始单向冻结时,未冻土中的水分向冷锋面迁移,有机玻璃筒中土样底部的压力减小,量筒中的水将会通过导水管补充到土样中,此时,量筒上部空气体积增大、压力减小,外部空气将通过直角玻璃管补充进来。使量筒上部空气压力、量筒中的水压力、土体中的压力以及大气压力达到一新的平衡状态。如此循环往复,以实现冻结试验补水的目的。如果给研究土样加载,就会把土样中的孔隙水挤入量筒,破坏量筒中的空气压力、水压力、土样中的压力以及外界大气压力的平衡状态,为达到新的平衡状态,进入量筒的孔隙水将从排气孔排出,以达到新的平衡。本发明通过收集并测定排出水量而获得试验过程中排水量的大小。

[0010] 5、本发明通过称重传感器、盛水容器和数据采集系统的结合,来实现土 样在冻融过程中吸排水量的自动采集。在无压条件下进行冻融试验时,通常利用有刻度的量筒来盛水,并通过定时读数来得到冻融试验时的吸排水量,但由于冻融试验周期长,有时长达一周或十天左右的时间。如果采用人工读数,不仅耗时、耗力,而且误差较大并且无法检测到在

冻结与融化过程中,水量变化的关键点,即什么时候补水量最大?什么时候达到平衡?什么时候又开始排水?从而,在对冻融过程的分析中,会忽略某些细节,使某些现象无法解释。本发明通过数据采集仪采集称重传感器电信号的变化,来获得土体在冻融过程中吸排水量的动态变化。不仅方便而且采集数据准确。

[0011] 6、利用现有的可控制力值大小的任何材料试验机,就可给土体加载,从而实现高压作用土体在压力作用下的进行冻融试验时,温度、吸排水量和压力的自动测量,为深部人工冻土形成机理的研究提供技术保证。

附图说明

[0012] 图1为本发明的深部土冻融循环过程试验系统结构示意图

[0013] 图2为开放系统土冻融过程水量自动测试结果与人工读数结果对比图。试验条件:兰州黄土含水量24%,试样直径和高都为10cm,开放系统单向冻结:顶板:-5℃,底板:+1℃,箱温:+1℃。

[0014] 图3为高压土单向冻结过程中温度动态变化过程图。

图4为高压土单向冻结过程中含水量随高度变化过程图。

[0015] 图中:

[0016] 1-恒温箱 2-耐高压有机玻璃筒 3-土样 4-上压头 5-温度传感器 6-出线孔 7-下底座 8-小孔 9-透水石 10-压力调节管 11-O型圈 12-滤纸 13-上传力杆 14-下传力杆 15-导水管 16-量筒 17-排水透气孔 18-称重传感器 19-支架 20-测重量数据采集仪、21-测温度数据采集仪。

具体实施方式

[0017] 结合附图,本发明通过实施例再做进一步的详述:

[0018] 如图1所示,一种高压土冻结温度测试装置,包括恒温箱1、耐高压有机玻璃筒2、土样3、上压头4、温度传感器5、出线孔6、下底座7、小孔8、透水石9、压力调节管10、O型圈11、滤纸12、上传力杆13、下传力杆14、导水管15、量筒16、排水透气孔17、称重传感器18、支架19、测重量数据采集仪20、测温度数据采集仪21。恒温箱1通过上压头4冷浴插孔和底座7上冷浴插孔与外部冷浴相接。通过外部冷浴的循环,使恒温箱1的温度达到测试所需要的低温环境并保持稳定。控温箱1内,将耐高压的有机玻璃筒体2置于可控温的钢制下底座7上,下底座外圈刻有一凹槽,凹槽上装一O型圈11与耐高压有机玻璃筒2相接触,下底座开有两个小孔8,一个与导水管15相连,另一个与压力调节管10相连。下底座7上部依次放置透水石9、滤纸12、试样3,在试样中按照设定的位置安装温度传感器5,并将其引线从上压头出线孔6穿出后与测温度数据采集仪21相连。试样上部放置上压头4,上压头外圈刻有一凹槽,装一O型圈11与耐高压有机玻璃筒壁2相接触。上压头上挖有八个出线孔6,引出线后用密封胶密封。上压头4将与试验机传力杆13相接。上压头4和下底座7既有封闭耐高压有机玻璃筒体2的功能,又可以使试样两端温度保持恒定温度差,实现试样单向冻结的目的。在下底座7上的小孔处接压力调节管10和导水管15,并将导水管15与量筒16相连。量筒16上有排水透气孔17。将量筒16置于称重传感器18上,并固定在支架19上,称重传感器18与测重量数据采集仪20相连,记录量筒中水量的变化。

[0019] 试验时,通过压力调节管 10 来调节土体内的压力,使量筒 16 中的气压、水压、外部大气压以及耐高压有机玻璃筒 2 中土样底端的压力四者达到平衡状态。当给土样加压时,土样中的孔隙水会排出至量筒 16 中,打破了以上体系压力的平衡状态,为了维持新的平衡,量筒 16 中的水将会从排水透气孔 17 排出。当加压稳定,土样开始冻结时,由于土中孔隙水向冻结锋面的迁移破坏了量筒 16 中的气压、水压、外部大气压以及耐高压有机玻璃筒 2 中土样 3 底端压力的平衡,量筒 16 中部分水通过导水管 15 透过滤纸 12 和透水石 9 补充到土样 3,同时空气将从排水透气孔 17 进入以维持试验体系中压力的平衡,从而使量筒 16 中的水能按照土样冻结时的需水量源源不断的补充过来。与称重传感器 18 相连的测重量数据采集仪 20 将会自动记录水量随时间的动态变化过程,以便我们进一步分析压力作用下土的冻融过程。

[0020] 室内试验时,对含水量为 24% 的黄土在 6MPa 压力作用下进行冻结过程测定。这时,首先需要装好土样 3,埋好温度传感器 5,调整恒温箱 1 的温度为 1℃。然后用万能试验机的上传力杆 13 和下传力杆 14 给土样 3 加载,使土样压力达到 6MPa 并保持恒定。最后,调节上压头 4 与下底座 7 的温度,使下底座 7 的温度保持 1℃,而上压头 4 温度降到 -5℃,并保持上压头 4 与下底座 7 温度恒定。这时由于温度梯度的作用,会使量筒 16 中的水通过导水管 15 源源不断地补充到土样 3 中。为了证明称重传感器自动测量法测得冻结过程补水量的准确性,我们在自动采集的同时,进行了人工读数。图 2 为用人工读数方法和称重传感器自动测量法测得的兰州黄土在 6MPa 压力下冻结时,补水量随时间的变化过程图。从图 2 中可看出,称重传感器自动测量法获得的补水量与人工读数法所得结果非常接近,最大误差不超过 $\pm 1\text{ml}$ 。同时外接数据采集仪 21 通过温度传感器 5 获得土柱中不同层位温度的动态变化过程,如图 3 所示。试验后,对试后试样的含水量进行分层测定,获得土柱中含水量沿土柱高度的分布,如图 4 所示。有压土冻结过程中补排水量动态变化数据、每一层位温度的动态变化数据和有压土冻结时变形量的动态变化数据等是揭示有压土冻结现象的关键所在。因此,在获得以上数据的基础上,结合试后含水量分布图,就可说明压力作用下土体冻结时,分凝冰出现位置随温度梯度的变化特征、有压土冻结时土体的变形量与吸排水率大小的关系,为最终阐明有压土的冻结机理打下坚实的基础。由此证明,这一装置在研究深部土冻融过程试验中是完全可行的。

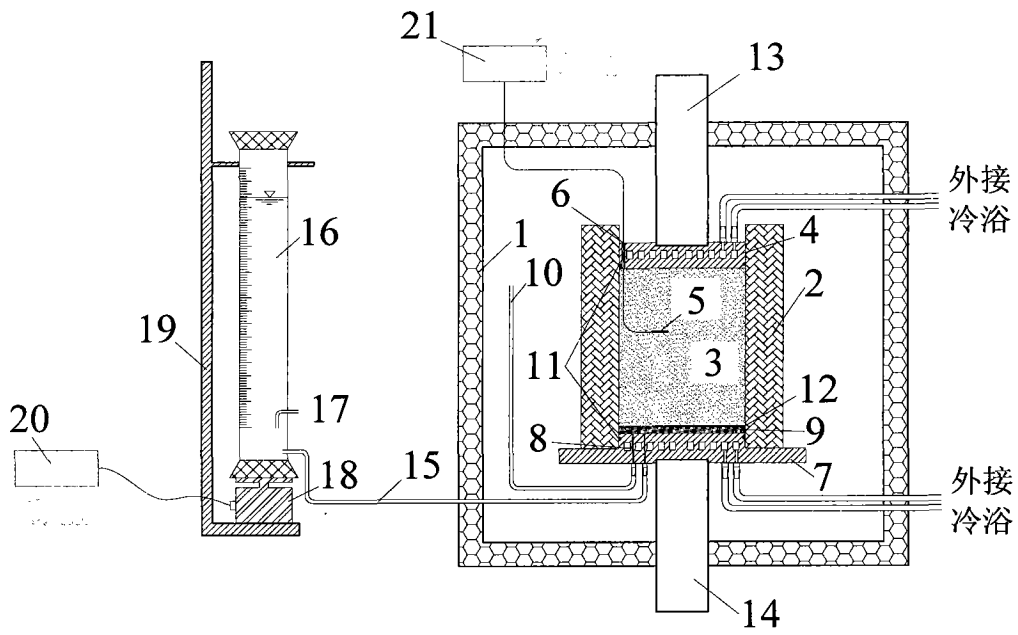


图 1

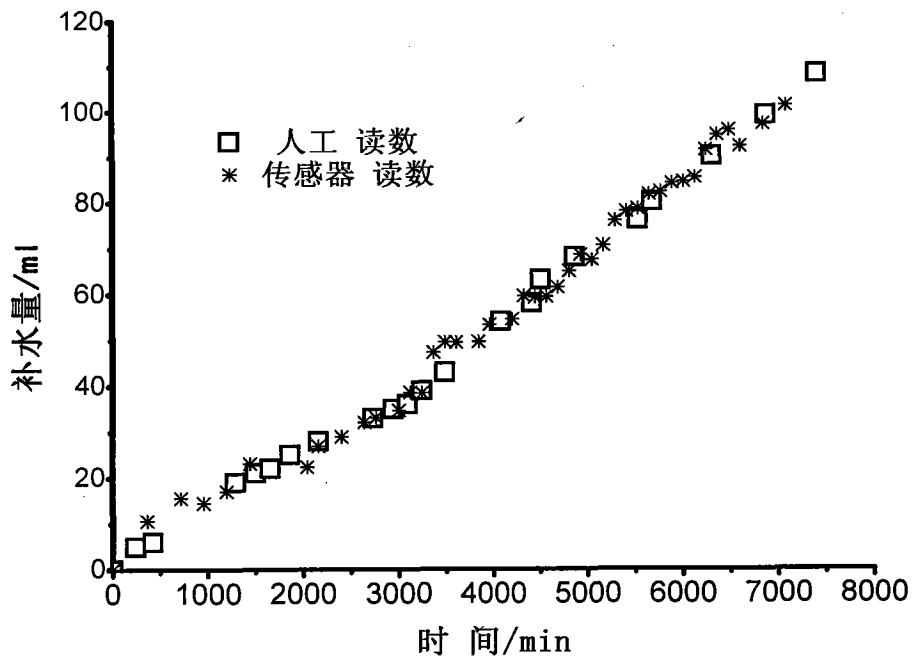


图 2

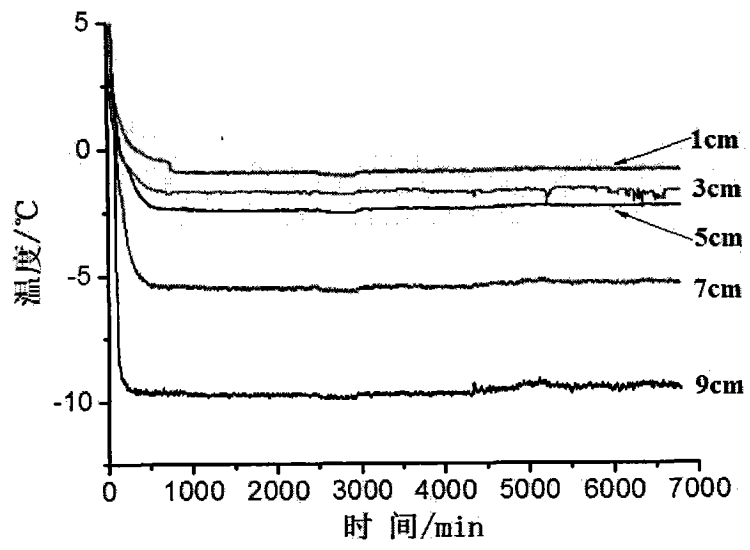


图 3

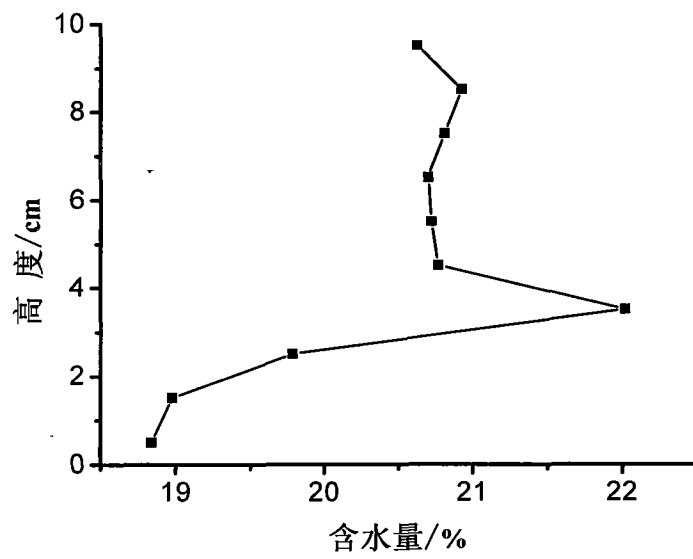


图 4