



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108572189 A

(43)申请公布日 2018.09.25

(21)申请号 201810459086.2

G01N 3/18(2006.01)

(22)申请日 2018.05.15

G01N 3/30(2006.01)

(71)申请人 青岛理工大学

地址 266033 山东省青岛市市北区抚顺路
11号

(72)发明人 时伟 张亮 杨忠年 苏雷
凌贤长 王勇

(74)专利代理机构 青岛中天汇智知识产权代理
有限公司 37241

代理人 万桂斌

(51)Int.Cl.

G01N 25/00(2006.01)

G01N 25/14(2006.01)

G01N 3/00(2006.01)

G01N 3/02(2006.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种考虑温度梯度下土体胀缩特性的静动力综合试验系统

(57)摘要

本发明公开一种考虑温度梯度下土体胀缩特性的静动力综合试验系统,通过试样上端的温控循环腔实现对试样的低温冻结和升温冻融,结合实际实现对实际工程中冻胀融沉现象的模拟;采用水蒸气的方式对试样湿度变化进行精确控制,较好的模拟实际工程中干缩湿胀现象;并设计可自由旋转、升降的电镜,对试样侧面进行全方位的扫描,有助于观测试样由于外界环境改变而引起的内部结构的变化,为分析物理力学性质的改变提供理论支持;创造性的提出双层硅油环设计方案,提高试验精度,从而得出有效膨胀力;另外通过在试样侧壁上布设光纤,实现对温度的精确监测,并结合试样外侧局部应变传感器,实现对试样整体应变的全方位监测;本发明设计实用价值及推广价值高,对于室内模拟膨胀土冻融-胀缩情况、监测各项指标变化具有重要意义。

1. 一种考虑温度梯度下土体胀缩特性的静动力综合试验系统,包括钢制框架、中央传力杆、加载系统、温控系统、含水率控制系统和主控系统,中央传力杆设置在钢制框架上,所述加载系统、温控系统和含水率控制系统均与主控系统相连,其特征在于:

所述加载系统包括静力荷载加载装置和动力荷载加载装置,以在中央传力杆上施加静力荷载或动力荷载;所述温控系统包括水浴装置、循环管路、温控循环腔和硅胶膜,所述硅胶膜包裹在试样外侧,温控循环腔位于试样的上方并环绕中央传力杆设置,水浴装置通过循环管路与温控循环腔相连;

所述含水率控制系统包括光纤、光纤解调仪和超声波蒸汽发生装置,所述光纤设置在硅胶膜内壁上,光纤与光纤解调仪相连,硅胶膜的外壁上还设置有与主控系统相连的环状局部应变传感器;硅胶膜的下方设置有蒸汽导管,蒸汽导管与超声波蒸汽发生装置相连,以实现试样均匀的加湿处理;

所述硅胶膜的外侧环绕设置有第一硅油环腔和第二硅油环腔,第二硅油环腔位于第一硅油环腔的外侧,且第一硅油环腔和第二硅油环腔之间设置一真空环腔,所述真空环腔内设置有电镜,实现对试样侧面的全方位扫描。

2. 根据权利要求1所述的考虑温度梯度下土体胀缩特性的静动力综合试验系统,其特征在于:所述真空环腔的底部设置有一环形轨道,所述环形轨道围绕试样圆周设置,所述电镜通过一升降装置设置在环形轨道上,并沿所述环形轨道旋转。

3. 根据权利要求2所述的考虑温度梯度下土体胀缩特性的静动力综合试验系统,其特征在于:所述升降装置包括一升降杆以及驱动电机,升降装置的底部设置有与环形轨道匹配的滑轮,所述升降杆采用电机升降杆,所述驱动电机与滑轮相连。

4. 根据权利要求3所述的考虑温度梯度下土体胀缩特性的静动力综合试验系统,其特征在于:所述第一硅油环腔和第二硅油环腔之间还设置有压差传感器,以检测第一硅油环腔和第二硅油环腔的压差。

5. 根据权利要求4所述的考虑温度梯度下土体胀缩特性的静动力综合试验系统,所述中央传力杆上设置有一定位片,温控循环腔的上方设置有测距传感器,通过测距传感器与定位片的配合实现对试样高度变化的实时监测。

6. 根据权利要求5所述的考虑温度梯度下土体胀缩特性的静动力综合试验系统,其特征在于:其特征在于:所述试验系统还包括一真空泵以及设置在钢制框架上的玻璃罩,所述真空泵通过真空抽气管与玻璃罩相连。

一种考虑温度梯度下土体胀缩特性的静动力综合试验系统

技术领域

[0001] 本发明属于岩土工程领域,具体涉及一种考虑温度梯度下土体胀缩特性的静动力综合试验系统,应用于室内模拟膨胀土冻融-胀缩情况下,监测各项指标变化。

背景技术

[0002] 我国是一个膨胀土分布广泛的国家,膨胀土的膨胀或收缩能给工程建筑带来严重的危害。同时,冻土区域在我国广泛分布,冻土病害问题突出,已经严重影响到了我国冻土地区的基础工程建设速度和地区发展,目前国内在冻胀机理方面的研究尚不成熟,还没找到较合理的模型,亟待实验技术条件的支撑。

[0003] 申请公布号为【CN106644750A】的发明专利公开一种开放系统冻融土动静三轴测试仪,可以实现常规冻土试验、动荷载作用时不同应力状态下试样单向冻融试验等。但是,现有的试验仪器在试验精度、应用范围及实用性方面仍然有所欠缺,亟待提出一种利用开放系统静动力冻胀-膨胀试验系统,以开展各种动荷载作用下土体的动力响应及其动力特性的实验研究,包括地基工程、大坝、道路工程、海洋工程、管道工程等各类工程及设备的稳定性、损伤识别和健康诊断以及土-结构相互作用试验研究以及公路/铁路工程结构抗震试验研究。以大大促进重大工程建设能力,为国家的经济建设做出更大贡献。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题在于针对现有技术存在中在土工试验仪器设计方面存在的缺陷,提出一种考虑温度梯度下土体胀缩特性的静动力综合试验系统,以精确的模拟实际情况下膨胀土的各项物理力学指标变化情况,并观察土体细观结构随外界环境变化情况。

[0005] 本发明是采用以下的技术方案实现的:

[0006] 一种考虑温度梯度下土体胀缩特性的静动力综合试验系统,包括钢制框架、中央传力杆、加载系统、温控系统、含水率控制系统和主控系统,中央传力杆设置在钢制框架上,所述加载系统、温控系统和含水率控制系统均与主控系统相连;

[0007] 所述加载系统包括静力荷载加载装置和动力荷载加载装置,以在中央传力杆上施加静力荷载或动力荷载,所述静力荷载加载装置包括配重块,通过配重施加;动力荷载加载装置采用激振器施加;所述温控系统包括水浴装置、循环管路、温控循环腔和硅胶膜,所述硅胶膜包裹在试样外侧,温控循环腔位于试样的上方并环绕中央传力杆设置,水浴装置通过循环管路与温控循环腔相连,实现对试样的温度调控,模拟实际工程中冻胀融沉现象;

[0008] 所述含水率控制系统包括光纤、光纤解调仪和超声波蒸汽发生装置,所述光纤设置在硅胶膜内壁上,光纤与光纤解调仪相连,以检测试样湿度,硅胶膜的外壁上还设置有与主控系统相连的环状局部应变传感器,可以与光纤结合,实现对试样整体应变的全方位监测;硅胶膜的下方设置有蒸汽导管,蒸汽导管与超声波蒸汽发生装置相连,以实现试样均匀的加湿处理,通过控制循环气体中水蒸气的含量控制试样湿度的变化,模拟实际工程中

干缩湿胀现象；

[0009] 所述硅胶膜的外侧环绕设置有与温控循环腔连接的第一硅油环腔和第二硅油环腔,第二硅油环腔位于第一硅油环腔的外侧,且第一硅油环腔和第二硅油环腔之间设置一真空环腔,所述真空环腔内设置有电镜,实现对试样侧面的全方位扫描。可观测试样由于外界环境改变而引起的土体细观结构变化,从而深入探究不同温度梯度与应力条件下对土体各项物理力学性质影响的机理;通过设计双层硅油环腔,第二硅油环腔不受压,底部压强仅受温度控制,第一硅油环腔侧传递试样侧向膨胀力,两者差值即可将温度带来的压力改变抵消,从而得出有效膨胀力。

[0010] 进一步的,所述真空环腔的底部设置有一环形轨道,所述环形轨道围绕试样圆周设置,所述电镜通过一升降装置设置在环形轨道上,并沿所述环形轨道旋转,通过电镜的旋转及高低调节实现对试样全方位的扫描,便于观测试样由于环境改变而内部结构产生的变化,为分析物理力学性质的改变提供理论依据。

[0011] 进一步的,所述升降装置包括一升降杆以及驱动电机,升降装置的底部设置有与环形轨道匹配的滑轮,所述升降杆采用电机升降杆,实现电镜的自由升降,所述驱动电机与滑轮相连,控制升降装置沿环形轨道运动。

[0012] 进一步的,所述第一硅油环腔和第二硅油环腔之间还设置有压差传感器,以检测第一硅油环腔和第二硅油环腔的压差,可以直接获得侧向膨胀力,通过相应的计算求出试样侧向位移大小。

[0013] 进一步的,所述中央传力杆上设置有一定位片,温控循环腔的上方设置有测距传感器,通过测距传感器与定位片的配合实现对试样高度变化的实时记录,所述测距传感器采用激光位移传感器。

[0014] 进一步的,所述试验系统还包括一真空泵以及设置在钢制框架上的玻璃罩,所述真空泵使试验时玻璃罩内部形成真空,减少温度传递,提高制冷与制热效率。

[0015] 与现有技术相比,本发明的优点和积极效果在于:

[0016] 本发明所提出的土体冻胀-膨胀开放试验系统,结构设计简单、新颖:

[0017] (1) 通过设计温控系统,由试样上端的温控循环腔实现对试样的低温冻结和升温冻融,结合实际实现对实际工程中冻胀融沉现象的模拟;

[0018] (2) 通过设计含水率控制系统,通过水蒸气的方式对试样湿度变化进行精确控制,较好的模拟实际工程中干缩湿胀现象;

[0019] (3) 通过设计可自由旋转、升降的电镜,对试样侧面进行全方位的扫描,可观测试样由于外界环境改变而引起的内部结构的变化,为分析物理力学性质的改变提供理论支持;

[0020] (4) 设计双层硅油环腔,外层硅油环腔不受压,底部压强仅受温度控制,内侧硅油环腔传递试样侧向膨胀压力,两者差值即可将温度带来的压力改变抵消,从而得出有效膨胀力;

[0021] (5) 通过在试样侧壁上布设光纤,实现对温度的精确监测,并结合试样外侧局部应变传感器,实现对试样整体应变的全方位监测;

[0022] (6) 由于试验设备需模拟温度变化,在最外侧设计钢化玻璃罩并配合真空泵,使试验时玻璃罩内部形成真空,减少温度传递,提高制冷与制热效率。

附图说明

[0023] 图1为本发明实施例所述土体冻胀-膨胀开放试验系统的整体结构示意图;

[0024] 1、真空泵;2、主控系统控制面板;3、真空抽气管;4、定位片;5、中央传力杆;6、玻璃罩;7、测距传感器;8、循环管路进水管;9、硅胶膜;10、局部应变传感器;11、第二硅油环腔;12、循环管路出水管;13、电镜;14、光纤;15、底座;16、光纤解调仪;17、压差传感器;18、水浴装置;19、电源;20、超声波蒸汽发生装置;21、第一硅油环腔;22、温控循环腔;23、蒸汽导管。

具体实施方式

[0025] 为了能够更加清楚地理解本发明的上述目的、特征和优点,下面结合附图及实施例对本发明做进一步说明。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请的实施例及实施例中的特征可以相互组合。在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明,但是,本发明还可以采用不同于在此描述的方式来实施,因此,本发明并不限于下面公开的具体实施例。

[0026] 一种考虑温度梯度下土体胀缩特性的静动力综合试验系统,如图1所示,包括钢制框架、中央传力杆5、加载系统、温控系统、含水率控制系统和主控系统,钢制框架的底部设置有底座15,中央传力杆5设置在钢制框架上,所述加载系统、温控系统和含水率控制系统均与主控系统相连,具体的,所述加载系统包括静力荷载加载装置和动力荷载加载装置(图中未示意),以在中央传力杆5上施加静力荷载或动力荷载,所述静力荷载加载装置包括配重块,通过配重施加;动力荷载加载装置采用激振器施加;所述温控系统包括水浴装置18、循环管路(循环管路进水管8和循环管路出水管12)、温控循环腔22和硅胶膜9,所述硅胶膜9为透明状,包裹在试样外侧,温控循环腔22位于试样的上方并环绕中央传力杆5设置,水浴装置18通过循环管路与温控循环腔22相连,实现对试样的温度调控,模拟实际工程中冻胀融沉现象;所述含水率控制系统包括光纤14、光纤解调仪16和超声波蒸汽发生装置20,所述光纤14设置在硅胶膜9内壁上(试样外侧壁上),光纤14与光纤解调仪16相连,以检测试样湿度,硅胶膜9的外壁上还设置有与主控系统相连的环状局部应变传感器10,可以与光纤14结合,实现对试样整体应变的全方位监测;硅胶膜9的下方设置有蒸汽导管23,蒸汽导管23与超声波蒸汽发生装置20相连,以实现试样均匀的加湿处理,通过控制循环气体中水蒸气的含量控制试样湿度的变化,模拟实际工程中干缩湿胀现象。

[0027] 本实施例中,所述硅胶膜9的外侧环绕设置有与温控循环腔连接的第一硅油环腔21和第二硅油环腔11,第二硅油环腔11位于第一硅油环腔21的外侧,且第一硅油环腔21和第二硅油环腔11之间设置一真空环腔,所述真空环腔内设置有电镜13,实现对试样侧面的全方位扫描,通过电镜13可观测试样由于外界环境改变而引起的土体细观结构变化,从而深入探究不同温度与应力条件对土体各项物理力学性质影响的机理,第一硅油环腔21和第二硅油环腔11之间还设置有压差传感器17,以检测第一硅油环腔21和第二硅油环腔11的压差,可以直接获得侧向膨胀力,通过相应的计算求出试样侧向位移大小。并且重要的是创造性的提出双层硅油设计方案,通过设计双层硅油环腔,第二硅油环腔不受压,底部压强仅受温度控制,第一硅油环腔侧传递试样侧向膨胀力,两者差值即可将温度带来的压力改变抵消,从而得出有效膨胀力。

[0028] 继续参考图1,所述真空环腔的底部设置有一环形轨道,所述环形轨道围绕试样圆周设置,所述电镜13通过一升降装置设置在环形轨道上,并沿所述环形轨道旋转,通过电镜的旋转及高低调节实现对试样全方位的扫描,便于观测试样由于环境改变而内部结构产生的变化,为分析物理力学性质的改变提供理论依据;本实施例中,所述升降装置包括一升降杆以及驱动电机,升降装置的底部设置有与环形轨道匹配的滑轮,所述升降杆采用电机升降杆以实现电镜13的自由升降,所述驱动电机与滑轮相连,控制升降装置沿环形轨道运动。

[0029] 另外,所述中央传力杆5上设置有一定位片4,温控循环腔22的上方设置有测距传感器7,通过测距传感器7与定位片4的配合实现对试样高度变化的实时记录,所述测距传感器采用激光位移传感器。为了减少温度传递,提高制冷与制热效率,所述试验系统还包括一真空泵1以及设置在钢制框架上的玻璃罩6,所述真空泵1通过真空抽气管3与玻璃罩6相连,使试验时玻璃罩6内部形成真空。

[0030] 本试验装置主要用于开放系统下静动力冻胀-膨胀试验,用于模拟真实情况下土体的各项物理指标变化,具体可进行以下试验:

[0031] (一) 试样涨缩位移监测:

[0032] 将配置好的半径 $R_1=50.0\text{mm}$,高 $h_1=200\text{mm}$ 的圆柱状试样置于硅胶膜包裹的圆柱形空间内,装配仪器;取初始体积 $V_1=V_{\text{仪器}}-V_{\text{试样}}$,根据仪器说明求出 V_1 的数值,从温控系统的进口通入冷却液,恒温液流经温控循环腔,通过硅油进行热传递实现对试样的降温或升温,同时可以通过光纤解调仪将光纤测得的温度数据实时反馈到水浴装置以便实现温度精准控制,当试样的温度达到所需温度后静置1-2min。

[0033] 干湿循环过程中试样侧表面分布的光纤可以实时监测试样的含水率 ρ 的变化,同时通过含水率控制系统来保持试样含水率的变化;冻胀-膨胀耦合过程可以多次进行来提供不同次数冻胀-膨胀循环后的试样;通过主控系统调整加载系统的静力和动力,使加载系统缓慢下降,同时记录位移传感器和压力传感器的数值变化 Δh 、 Δp ,并记录大气压 P_1 ;待系统稳定静置1-2min后查看压差传感器的数值 ΔP ,通过公式 $PV=nRT$ 可以推出 $P_1V_1=P_2V_2$,其中 $(P_2=P_1+\Delta P)$,则有公式 $\Delta V=V_2-V_1=(\frac{P_1}{P_2}-1)V_1=(\frac{P_1-P_2}{P_2})V_1=\frac{-\Delta P}{P_2}V_1=-(\pi R_2^2 h_2-\pi R_1^2 h_1)$,

可得: $\Delta V=V_2-V_1=(\frac{P_1}{P_2}-1)V_1=(\frac{P_1-P_2}{P_2})V_1=\frac{-\Delta P}{P_2}V_1=-(\pi R_2^2 h_2-\pi R_1^2 h_1)$,

可得出: $\Delta R=\sqrt{\frac{\Delta PV_1}{\pi P_2 h_2}+\frac{R_1^2 h_1}{h_2}}-R_1$,可通过此公式求出试样侧向的平均位移。

[0034] (二) 侧向局部应变:

[0035] 通过在硅胶膜外侧布置的局部应变传感器可以测得在竖直方向第 i 点处的侧向应变 ΔR_i (第 i 点为局部应变传感器所对应额位置,设在硅胶膜外从上至下间隔设置有 i 个局部应变传感器, $i=1,2,3,\dots$),该数据在作为局部应变为实验提供数据的同时还可以作为侧向平均位移的复核数据。

[0036] (三) 土样内部结构特征变化:

[0037] 可启动电镜对试样进行扫描,由于电镜通过可自由伸缩控制杆与底部圆形滑轨接触,能够实现 360° 旋转,对试样进行全方位扫描。

[0038] 总之,本试验系统通过应用全数字控制系统、高精度传感器技术,主控制系统采用全数字控制器,具有多个测量通道,每个测量通道可以分别进行荷载、变形等的单独控制或几个测量通道的联合控制。采用配重方式施加竖向静力,采用激振器施加竖向动力;能够进

行：①冻胀试验，②融沉试验，③膨胀试验，④干缩试验，⑤膨胀—冻胀耦合试验，⑥融沉—干缩耦合试验，实现对以下参数的检测：①竖向冻胀位移（试样顶端）、应变、土压力；②竖向融沉位移（试样顶端）；③竖向膨胀位移、应变、土压力，④竖向干缩位移（试样顶端）；⑤膨胀—冻胀耦合作用下竖向位移、应变、土压力，⑥融沉—干缩耦合作用下竖向位移；⑦冻胀、融沉、膨胀、干缩、膨胀—冻胀耦合、融沉—干缩试验等各种作用下侧向变形；⑧试件固结的排水量、局部体积变形、竖向变形（应变与位移）、局部侧向变形（应变与位移）；⑨内部孔隙结构变化情况；本发明设计实用价值及推广价值高，对于室内模拟膨胀土冻融—胀缩情况、监测各项指标变化具有重要意义。

[0039] 以上所述，仅是本发明的较佳实施例而已，并非是对本发明作其它形式的限制，任何熟悉本专业的技术人员可能利用上述揭示的技术内容加以变更或改型为等同变化的等效实施例应用于其它领域，但是凡是未脱离本发明技术方案内容，依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与改型，仍属于本发明技术方案的保护范围。

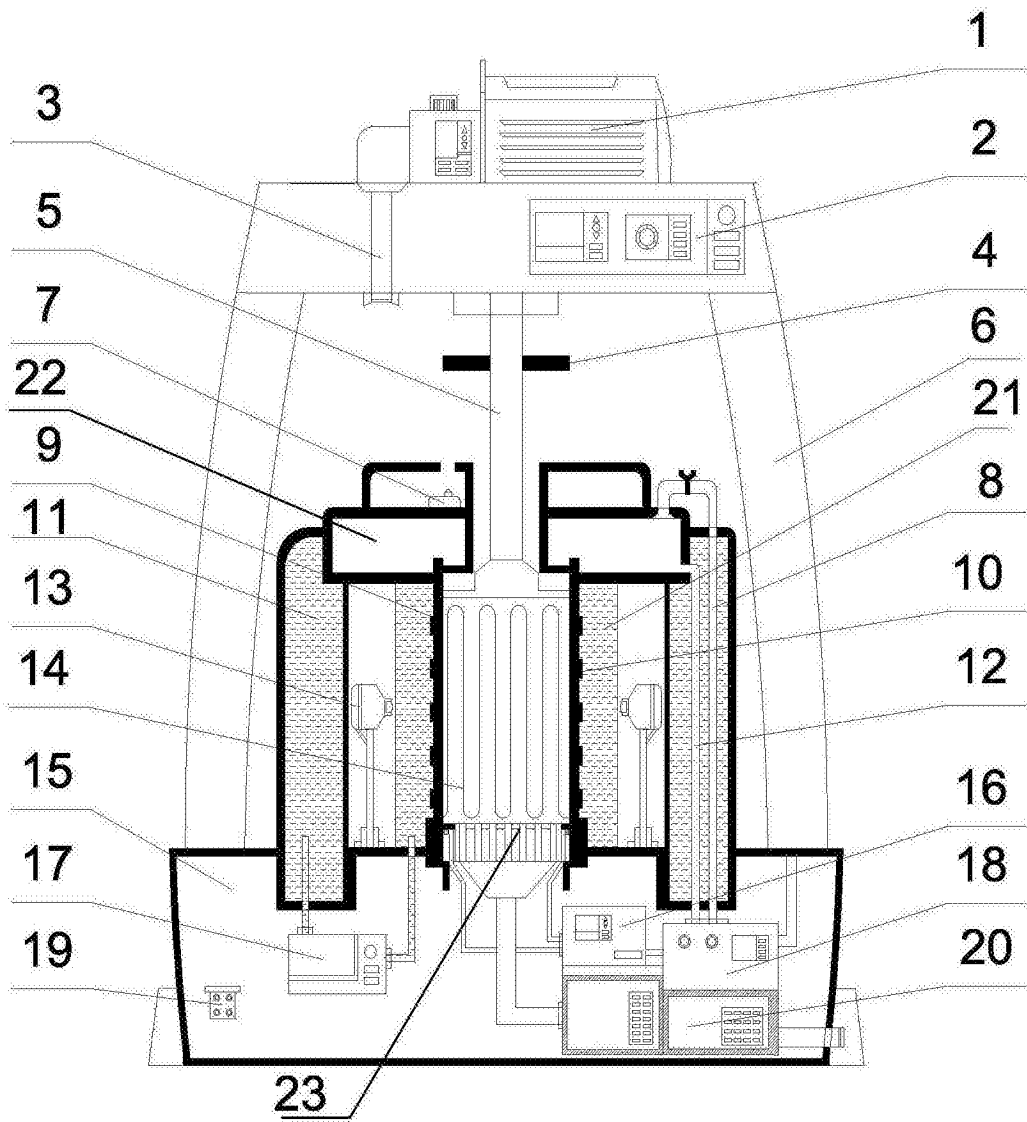


图1