



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110132735 A

(43)申请公布日 2019.08.16

(21)申请号 201910349306.0

(22)申请日 2019.04.28

(71)申请人 河海大学

地址 211100 江苏省南京市鼓楼区西康路1号

(72)发明人 倪小东 徐硕 陆江发 姬良龙 王媛

(74)专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限公司 32224

代理人 董建林

(51)Int.Cl.

G01N 3/08(2006.01)

G01N 3/02(2006.01)

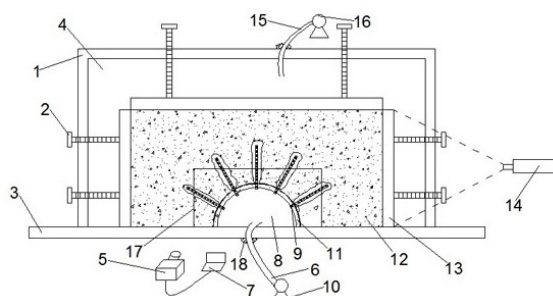
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

隧道支护体系离心机试验装置及其工作方法、制作方法

(57)摘要

本发明公开了一种隧道支护体系离心机试验装置及其工作方法、制作方法,属于岩土工程离心机模型试验技术领域。包括底板和模型试验罩;所述底板和模型试验罩密封形成外水室;所述外水室的底板上固定有透明岩;所述透明岩与底板之间围成内水室;所述内水室和透明岩之间通过衬砌支撑;所述衬砌两端设置有密封玻璃板;所述密封玻璃板紧贴在模型试验罩的侧壁上;所述衬砌上安装有锚杆;所述锚杆填埋在透明岩中。本发明结构简单,实施可行性强。



1. 一种隧道支护体系离心机试验装置,其特征在于,包括底板和固定在底板上的模型试验罩;

所述模型试验罩的两侧侧壁上设置有对称的通孔;

所述底板上固定有透明岩一;

所述透明岩一与底板之间围成内水室;

所述内水室和透明岩一之间通过衬砌支撑;

所述衬砌的两头镶嵌在对称的通孔中;

所述衬砌的两端通过紧贴在模型试验罩的密封玻璃板密封;

所述透明岩一的顶部与模型试验罩的顶部之间形成外水室;

所述衬砌上安装有锚杆;

所述锚杆填埋在透明岩一中。

2. 根据权利要求1所述的一种隧道支护体系离心机试验装置,其特征在于,所述内水室和外水室之间充满与透明岩一具有相同折射率的液体。

3. 根据权利要求1所述的一种隧道支护体系离心机试验装置,其特征在于,

所述透明岩一通过多孔板固定在外水室中;

所述多孔板通过长螺杆固定在模型试验罩的侧壁上。

4. 根据权利要求1所述的一种隧道支护体系离心机试验装置,其特征在于,

所述锚杆通过浆液与透明岩一粘结;

所述锚杆包括周身开孔的不锈钢螺纹钢管;

所述模型试验罩、透明岩一、衬砌、浆液、密封玻璃板具有相同的折射率。

5. 根据权利要求1所述的一种隧道支护体系离心机试验装置,其特征在于:

所述衬砌与透明岩一之间涂抹有防水润滑材料;

所述透明岩一与模型试验罩的贴合处涂抹有防水润滑材料。

6. 根据权利要求1所述的一种隧道支护体系离心机试验装置,其特征在于:所述衬砌为半圆环柱体;所述透明岩一的长大于三倍衬砌的直径。

7. 根据权利要求1所述的一种隧道支护体系离心机试验装置,其特征在于:所述外水室或者内水室中掺入荧光剂。

8. 根据权利要求1所述的一种隧道支护体系离心机试验装置,其特征在于:所述外水室的外部还设置有CCD相机、激光器和计算机;

所述激光器用于对透明岩一进行照射形成散斑场;

所述CCD相机用于对散斑场进行连续拍摄并将拍摄的图片传输至计算机中;

所述计算机用于对拍摄的图片进行处理。

9. 一种隧道支护体系离心机试验装置的工作方法,其特征在于:所述方法包括以下步骤:

将离心机试验装置吊装至离心机中,启动离心机;

判断内水室或外水室中是否出现荧光粒子,停止试验;

对试验过程所采集的照片进行分析处理。

10. 一种隧道支护体系离心机试验装置的制作方法,其特征在于:所述方法包括以下步骤:

制备与内水室等比例的透明岩二；

将透明岩二置于内水室中，与透明岩一紧密贴合；

将所述透明岩二从内水室中完全推出；

将锚杆插入透明岩一中；

在透明岩一和底板之间安装衬砌，将两块密封玻璃板粘贴至模型试验罩的前后面，形成封闭的内水室；

内外水室分别注满与所述透明岩一具有相同折射率的液体，其中内水室或外水室中掺入荧光剂；

对内水室和外水室施加相同的水压并逐渐提高掺有荧光剂水室中的水压。

隧道支护体系离心机试验装置及其工作方法、制作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及岩土工程离心机模型试验技术领域,特别涉及一种隧道支护体系离心机试验装置及其工作方法、制作方法。

背景技术

[0002] 岩土离心模型试验,其基本原理是将土工试验装置置于高速旋转的离心加速场内,让模型承受重力加速度若干倍的离心加速运动,增加模型的容重,补偿因模型缩尺所带来的土工构筑物的自重损失。在围岩-衬砌-锚杆联合承载离心试验中,通过观察试验过程中围岩及衬砌变形,为隧道基本支护体系工作性状的深入研究提供了有效的手段。

[0003] 现有装置可以较好地模拟隧洞受力状况,实时反应监测变形及沉降量,但是,现有技术中的1个重力加速度的重力场下的试验结果只能定性地反映围岩衬砌的变化规律,其结果对工程指导意义不大,其次,由于土体的不透明性,无法对试验过程中围岩衬砌的内部变形进行可视化精确观测,因此存在较大的局限性。

发明内容

[0004] 针对现有技术的不足,本发明的目的在于提供一种隧道支护体系离心机试验装置及其工作方法、制作方法,以解决现有技术中存在的试验过程中围岩和衬砌应力场和位移场变化的不可视化观测、只能进行1个重力加速度条件下的实验问题。

[0005] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案来实现:

一种隧道支护体系离心机试验装置,包括底板和固定在底板上的模型试验罩;

所述模型试验罩的两侧侧壁上设置有对称的通孔;

所述底板上固定有透明岩一;

所述透明岩一与底板之间围城内水室;

所述内水室和透明岩一之间通过衬砌支撑;

所述衬砌的两头镶嵌在对称的通孔中;

所述衬砌的两端通过紧贴在模型试验罩的密封玻璃板密封;

所述透明岩一的顶部与模型试验罩的顶部之间形成外水室;

所述衬砌上安装有锚杆;

所述锚杆填埋在透明岩一中。

[0006] 进一步的,所述内水室和外水室之间充满与所述透明岩一具有相同折射率的液体。

[0007] 进一步的,所述透明岩一通过多孔板固定在外水室中;

所述多孔板通过长螺杆固定在模型试验罩的侧壁上。

[0008] 进一步的,所述锚杆通过浆液与透明岩一粘结;

所述锚杆包括周身开孔的不锈钢螺纹钢管;

所述浆液为与透明岩一具有相同配合比但未经固结排油的固液混合物。

[0009] 进一步的,所述衬砌与透明岩一之间涂抹有防水润滑材料;

所述透明岩一与模型试验罩的贴合处涂抹有防水润滑材料。

[0010] 进一步的,所述衬砌为半圆环柱体;所述透明岩一的长大于三倍衬砌的直径。

[0011] 进一步的,所述外水室或者内水室中掺入荧光剂。

[0012] 进一步的,所述模型试验罩、透明岩一、衬砌、浆液、密封玻璃板具有相同的折射率。

[0013] 进一步的,所述外水室的外部还设置有CCD相机、激光器和计算机;

所述激光器通过照射透明岩一形成散斑场,在试验过程中,所述CCD相机对形成的散斑场进行连续拍摄并将图片传输至计算机中,所述计算机利用计算机图像处理软件(例如PIV)对拍摄的图片进行处理,得到试验中透明岩中应力场、位移场等的变化。

[0014] 进一步的,所述浆液为玻璃纱、液体石蜡和正十三烷按与透明岩相同比例混合、搅拌、抽真空所制成。

[0015] 进一步的,所述衬砌为玻璃纱、液体石蜡和正十三烷按与透明岩相同比例混合、搅拌、抽真空、排油固结、入模成型所制成。

[0016] 一种隧道支护体系离心机试验装置的工作方法,所述方法包括以下步骤:

将离心机试验装置吊装至离心机中,启动离心机;

判断内水室或外水室中是否出现荧光粒子,停止试验;

对试验过程所采集的照片进行分析处理。

[0017] 一种隧道支护体系离心机试验装置的制作方法,所述方法包括以下步骤:

制备与内水室等比例的透明岩二;

将透明岩二置于内水室中,与透明岩一紧密贴合;

将所述透明岩二从内水室中完全推出;

将锚杆插入透明岩一中;

在透明岩一于底板之间安装衬砌,将两块密封玻璃板粘贴至模型试验罩的前后面,形成封闭的内水室;

内外水室分别注满与所述透明岩一具有相同折射率的液体,其中内水室或外水室中掺入荧光剂;

对内水室和外水室施加相同的水压并逐渐提高掺有荧光剂水室中的水压。

[0018] 进一步的,所述透明岩一和透明岩二均为玻璃砂、液体石蜡和正十三烷按一定比例混合、搅拌、抽真空、排油固结、入模成型所制成。

[0019] 进一步的,所述透明岩一和透明岩二的宽度与模型试验罩的内宽相同。

[0020] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

本发明通过在装置中使用透明岩结构,通过透明岩结合计算机图像处理技术实现了对隧道基本支护体系中围岩、衬砌内部位移场和变形场的可视化观测,实现了对不同复杂工况下隧道基本支护体系的可视化模拟,应用范围更广;利用离心机实现了多个重力加速度重力场下围岩-衬砌-锚杆支护体系长期效果的模拟,克服了传统模型试验中由于缩尺所导致材料应力状态与实际不符的缺陷,试验所得结果对实际工程指导意义更大。

[0021] 附图说明:

图1是本发明的系统结构图;

图2是本发明的侧视图。

[0022] 附图标记:1-模型试验罩;2-长螺杆;3-底板;4-外水室;5-CCD相机;6-内水液压输出管;7-计算机;8-内水室;9-锚杆;10-内水压机;11-衬砌;12-透明岩一;13-多孔板;14-激光器;15-外水液压输出管;16-外水压机;17-密封玻璃板;18-止水橡胶圈。

具体实施方式

[0023] 下面将结合具体实施例以及本发明实例中的附图,对本发明的技术方案进行清楚、完整的描述。

[0024] 实施例1

如图1、图2所示,一种隧道支护体系离心机试验装置,包括底板3和固定在底板上的模型试验罩1;模型试验罩1的两侧侧壁上设置有对称的通孔;底板3上固定有透明岩一12;透明岩一12与底板3之间围城内水室8;内水室8和透明岩一12之间通过衬砌11支撑;衬砌11的两头镶嵌在对称的通孔中;衬砌11的两端通过紧贴在模型试验罩1的密封玻璃板17密封;透明岩一12的顶部与模型试验罩1的顶部之间形成外水室4;衬砌11上安装有锚杆9;锚杆9埋在透明岩一12中。外水室4或者内水室8中掺入荧光剂。

[0025] 模型试验罩1为有机玻璃材质,内长450 mm,内宽200 mm,内高250 mm,壁厚5 mm;密封玻璃板17为有机玻璃材质,长150 mm,高75 mm。

[0026] 内水室8和外水室4之间充满与透明岩一12具有相同折射率的液体。

[0027] 透明岩一12通过多孔板13固定在外水室4中;多孔板13通过长螺杆2固定在模型试验罩1的侧壁上,透明岩一12四周和顶面各放置多孔板13,多孔板13为有机玻璃材料。

[0028] 锚杆9通过浆液与透明岩一12粘结;锚杆9包括周身开孔的不锈钢螺纹钢管;浆液为液体石蜡和正十三烷在24℃,按1:0.85比例混合搅拌后抽真空制成;

衬砌11与透明岩一12之间涂抹有防水润滑材料;透明岩一12与模型试验罩1的贴合处涂抹有防水润滑材料,防水润滑材料是旺卓橡塑科技(上海)有限公司生产的自粘防水胶条。

[0029] 衬砌11为半圆环柱体;透明岩一12的长大于三倍衬砌11的直径。

[0030] 模型试验罩1、透明岩一12、衬砌11、浆液、密封玻璃板17具有相同的折射率。

[0031] 内水室8通过内水液压输出管6与内水压机10相连,底板3上设有与内水液压输出管6管径一致的孔洞,内水液压输出管6穿过底板3处设置止水橡胶圈18。

[0032] 外水室4通过外水液压输出管15与外水压机16相连,模型试验罩1顶部设有与外水液压输出管15管径一致的孔洞,外水液压输出管15穿过模型试验罩1处设置止水橡胶圈18。

[0033] 内水液压输出管6、外水液压输出管15为内嵌钢丝的软塑料管;

软塑料管为深圳市世通工业软管有限公司生产的ST007814软管,其材质为半透明的聚乙烯,对腐蚀性溶剂具有较好的耐化学性。

[0034] 该装置的支护模拟系统包括透明岩一12,透明岩一12为玻璃砂、液体石蜡和正十三烷在24℃,按1.295:1:0.85比例混合后搅拌、抽真空、固结排油和入模成型制成;透明岩一12为长300 mm、宽200 mm,高150 mm的长方体,沿宽度方向切除一个半径为70 mm、高200 mm的半圆柱体;透明岩一12沿切除面布置两排孔洞,每排孔洞以间隔30°布置五个孔洞,孔洞长180mm,洞径12mm,孔洞内壁有与锚杆9相配合的螺纹;利用与透明岩一12相同的材料另

制备一个半径为70mm、高200mm的透明岩二备用；

衬砌11与透明岩一12紧密贴合，衬砌11为玻璃砂、液体石蜡和正十三烷在24℃，按1.295:1:0.85比例混合后搅拌、抽真空、固结排油和入模成型制成；衬砌11为外径70 mm、内径65 mm、高200 mm的半圆环；

工况模拟系统包括内水室8、外水室4、长螺杆2、多孔板13等组成，内水室8、外水室4充满66.7%的溴化钙溶液；外水室4或者内水室8中掺入荧光剂，采用的荧光剂为上海如吉生物科技发展有限公司销售的A00053尼罗红色素，掺入量按照5mg/L确定；长螺杆2为委托深圳市金鑫机械有限公司定制的螺杆，不锈钢材质，长200 mm，直径10 mm；

数据采集分析系统由CCD相机5、激光器14、计算机7组成；激光器14为半导体片光源，采用内腔式氩氟激光器14，并配有线性转换器，可将点光源转化为线性光源。打开激光器14，并调整其具体位置，使其对准模型试验槽的内水室8、外水室4、透明岩一12，并形成明亮的散斑场；激光器14与无盖玻璃槽的外立面垂直相距350mm。采用的CCD相机5是德国Basler产(scA1600-14fm)；打开CCD相机5，并调整其支架的高度和角度，使得CCD相机5的镜头垂直对准无盖玻璃槽的外立面，保证其可视范围能够包含内水室8、外水室4、透明岩12；CCD相机5与计算机7相连，设置CCD相机5以2幅/秒的频率采集图像并传送至计算机7，并可通过计算机7实现对图像数据的实时查看和存储；

工作方法：

(1) 按试验要求制备有切除半圆柱体的长方体透明岩一12、与所切除半圆柱体形状一致的透明岩二、衬砌11以及浆液，并按试验要求组装试验仪器，将透明岩二置于内水室8，与透明岩一12紧密贴合，贴合处涂抹一层凡士林；

(2) 拧紧透明岩一12五个面上的长螺杆2，缓慢推动透明岩二直至完全离开透明岩一12以模拟隧洞开挖、卸荷过程，立刻将锚杆9插入预先留好的孔洞内、注入浆液后封堵注浆孔以致浆液不漏出，再安装衬砌，利用胶水将两块密封玻璃板17粘贴至模型试验罩1的前后面，形成封闭的内水室8；

(3) 内、外水室4分别注满66.7%的溴化钙溶液，其中内水室8中掺入荧光剂；启动内水压机10和外水压机16，均施加0.2MPa的水压值，并逐渐提高内水室8中的水压值至0.5MPa；

(4) 启动激光器14形成明亮的散斑场，设置CCD相机5将采集图像并传送至计算机7；离心机中的计算机7将图像实时传输至离心机外的计算机7中，实现试验过程的实时观测；

(5) 将试验装置吊装至离心机中，启动离心机，当观测到外水室4出现荧光粒子后，认定基本支护体系失效；此时停止试验；试验结束后对试验过程所采集的照片通过计算机7图像处理软件PIV进行分析。

[0035] 实施例2：

实施例1是在内水水压大于外水水压的条件下，对隧道基本支护体系长期联合承载作用进行的离心试验，其模拟的工程背景是高岭输水隧洞中基本支护结构的长期工作性能；对于外水水压大于内水水压的常规隧洞，可在实施例1的基础上改变工作方法步骤(3)的实施方式。使内水室8和外水室4分别注满66.7%的溴化钙溶液，其中外水室4中掺入荧光剂；启动外水压机16施加给外水室4.5MPa的水压值，保持内水水压值0MPa恒定；当观测到内水室8出现荧光粒子后，认定基本支护体系失效；此时停止试验，试验结束后对试验过程所采集的照片通过计算机7图像处理软件PIV进行分析。

[0036] 透明岩是由物理力学性质与天然岩体相似的透明颗粒材料混和具有相同折射率的液体制备而成,因制备过程所需的固、液两相材料的折射率相同而呈现透明状,并且其物理力学性质与天然岩体相似。

[0037] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,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,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

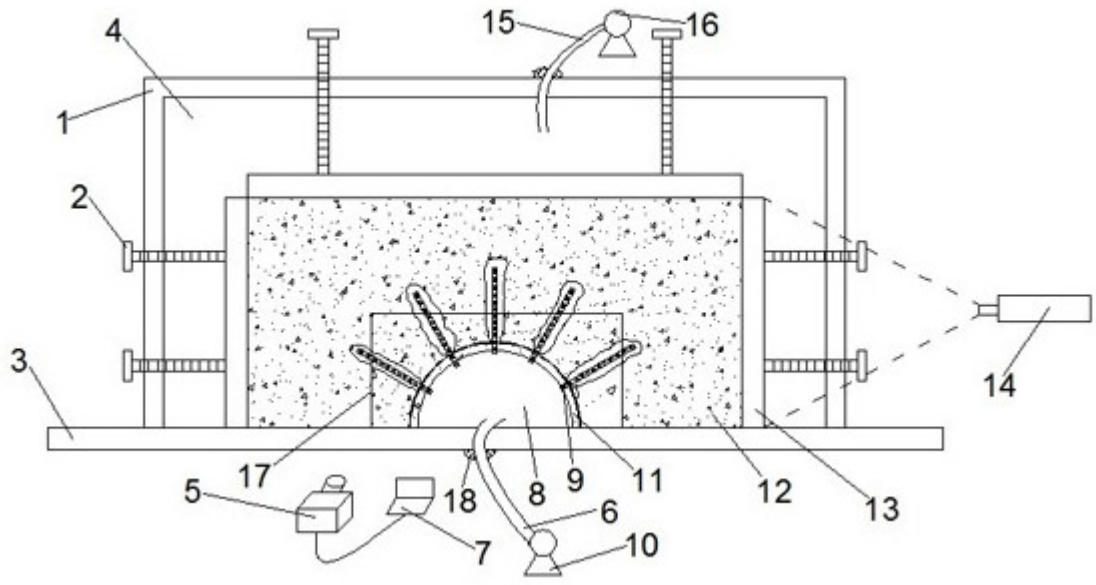


图1

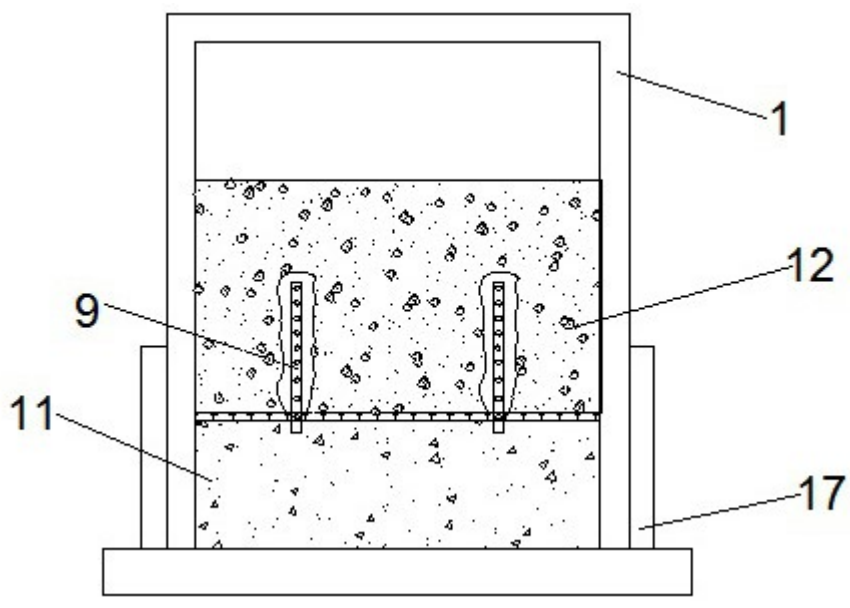


图2