



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111796072 A

(43) 申请公布日 2020. 10. 20

(21) 申请号 202010589429.4

(22) 申请日 2020.06.24

(71) 申请人 中铁第一勘察设计院集团有限公司
地址 710043 陕西省西安市西影路二号

(72) 发明人 胡金山 邵珠杰 蒋关鲁 田士军
袁胜洋 韩宜均 周福军

(74) 专利代理机构 西安新思维专利商标事务所
有限公司 61114

代理人 李罡

(51) Int. Cl.

G01N 33/24 (2006.01)

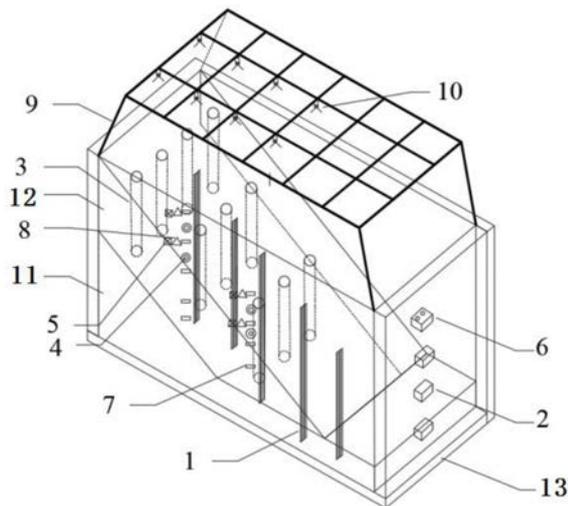
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

降雨条件下高陡边坡振动台测试系统及其搭建测试方法

(57) 摘要

本发明公开了一种降雨条件下高陡边坡振动台测试系统及其搭建测试方法。该系统包括振动系统、滑坡模型系统、模拟降雨系统和测试系统；滑坡模型系统包括模型槽、基岩和边坡；基岩填筑于模型槽内，基岩上部设置边坡，基岩和边坡可根据实际工况构成不同类型的滑坡模型，在边坡内纵向设置多组竖向沙井；模拟降雨系统设置在滑坡模型系统正上方；测试系统包括多组测试元器件，各测试元器件设置于滑坡模型系统的不同特征位置。本发明研究坡体内水分场的演变与坡体在振动作用下的动力响应特性，从而揭示坡体受力变形机理，确定坡体失稳临界条件，为实际地震及降雨条件下高陡边坡稳定性分析提供技术参数。



1. 降雨条件下高陡边坡振动台测试系统,其特征在于,包括滑坡模型系统、模拟降雨系统和测试系统;

所述滑坡模型系统包括模型槽(13)、基岩(11)和边坡(12);所述基岩(11)填筑于模型槽(13)内,基岩(11)上部设置边坡(12),基岩(11)和边坡(12)根据实际工况构成不同类型的滑坡模型,在边坡(12)内纵向设置多组竖向沙井(3);

所述模拟降雨系统设置在滑坡模型系统正上方;

所述测试系统包括多组测试元器件,各测试元器件设置于滑坡模型系统的不同特征位置。

2. 根据权利要求1所述降雨条件下高陡边坡振动台测试系统,其特征在于,所述模拟降雨系统包括喷淋设备框架(9)和多个蓬头(10),喷淋设备框架(9)搭设在模型槽上方,多个蓬头(10)设置于喷淋设备框架(9)的不同位置。

3. 根据权利要求1或2所述降雨条件下高陡边坡振动台测试系统,其特征在于,所述多组测试元器件包括光纤光栅(1)、激光位移计(2)、孔隙水压力计(4)、体积含水率测量计(5)、红外位移计(6)、加速度计(7)和土压力计(8)。

4. 根据权利要求3所述降雨条件下高陡边坡振动台测试系统,其特征在于,所述多组光纤光栅(1)设竖直设置在滑坡模型系统中,光纤光栅(1)的最下端埋在基岩(11)中,多组光纤光栅(1)沿模型槽(13)的纵向中轴线分布于边坡(12)的上部、中部和下部。

5. 根据权利要求3所述降雨条件下高陡边坡振动台测试系统,其特征在于,所述一个土压力计(8)、一个孔隙水压力计(4)和一个体积含水率测量计(5)构成一个埋设测量组;多组埋设测量组沿模型槽的纵向中轴线分布于边坡(12)的上部、中部和下部,在边坡(12)上部和中部分位置各埋设三组埋设测量组,在边坡下部埋设两组埋设测量组;上部、中部和下部的埋设测量组中,各有一组埋在基岩(11)与边坡交界处;所述加速度计(7)设置五个,其设置的位置与土压力计(8)相同。

6. 根据权利要求3所述降雨条件下高陡边坡振动台测试系统,其特征在于,所述测试系统整体设置在振动台上。

7. 根据权利要求3所述降雨条件下高陡边坡振动台测试系统,其特征在于,所述激光位移计(2)设置在模型槽(13)的箱壁上;所述红外位移计(6)设置在模型槽(13)的箱壁上,激光位移计(2)和红外位移计(6)扫描的方向与模型槽(13)的轴线平行。

8. 根据权利要求2所述降雨条件下高陡边坡振动台测试系统,其特征在于,所述蓬头(10)设置八个,八个蓬头均匀设置在边坡(12)的坡面上方。

9. 根据权利要求2所述降雨条件下高陡边坡振动台测试系统,其特征在于,多组竖向沙井(3)分布于边坡(12)的上部、中部和下部,在边坡(12)上部设置四个竖向沙井(3),在边坡(12)中部和下部各设置三个竖向沙井(3)。

10. 一种降雨条件下高陡边坡振动台测试系统的搭建测试方法,其特征在于,包括如下步骤:

1) 将光纤光栅(1)垂直安放在设计位置,开始填筑下部基岩(11);下部基岩(11)采用素混凝土,并且分层填筑;

2) 分层填筑边坡(12),按照设定的含水量准备土样,并根据所需密度分层填充边坡(12),在填筑过程中埋设土压力计(8)、加速度计(7)、体积含水率测量计(5)与孔隙水压力

计(4);边坡(12)填筑时,需在模型槽(13)内侧粘贴涂有凡士林的双层光滑塑料薄膜;

3) 在边坡(12)的预定位置钻孔,并在孔中填筑细沙,形成竖向沙井(3);

4) 竖向沙井(3)填筑完成后,在模型槽(13)壁布设激光位移计(2)与红外线位移计(6);

5) 安装模拟降雨系统,通过控制蓬头的流量和时间控制总的降雨量;观测降雨前、降雨时及降雨后边坡(12)不同部位体积含水率、孔隙水压力、坡体内部应力应变及坡面整体及局部位移的变化;通过逐渐增加总降雨量,最终使得边坡失稳;

6) 在降雨过程或降雨完成后通过振动台施加振动荷载,研究坡体的动力响应特性。

降雨条件下高陡边坡振动台测试系统及其搭建测试方法

技术领域

[0001] 本发明属于岩土工程技术领域,具体涉及一种降雨条件下高陡边坡振动台测试系统及其搭建测试方法,该系统可以完成岩土工程边坡在振动作用下的降雨滑坡模拟,特别是高陡边坡由于地震和降雨作用引起失稳的模型试验。

背景技术

[0002] 藏东南某铁路工程走行于高海拔、寒冷地区,该地区断裂、构造极为复杂、地震烈度高且频发,地形地貌十分复杂,地质条件较极差,如滑坡、崩塌、泥石流、岩溶和地震等地质灾害在该区内发生频率极高,沿线隧道洞口多位于高陡边坡上,洞口以上边坡最高可达1000m,边坡岩体破碎,风化强烈,稳定性差。这对藏东南某铁路工程的顺利建设和安全运营提出了严峻的挑战。

[0003] 现有诱发高陡边坡地质灾害的主要因素包括地震、施工开挖和降水入渗等。评估藏东南某铁路工程高陡边坡长期稳定性需要对高陡边坡在地震及大气环境影响下尤其是降雨条件下的稳定性进行研究,其可通过室内模型试验或现场试验开展相关研究。对于室内模型试验,地震作用可通过振动台模拟试验来进行研究。对于降雨,由于实验模型土体自身渗透性较低,使用常规喷淋法模拟降雨时通常只有模型表层土体含水量会有显著提高,深层土体含水量基本不会发生改变,而在实际情况下大气影响的有效深度通常都在4、5m左右,使得室内模型试验结果不能很好模拟现场工况。当然,通过延长模拟降雨时间能一定程度上增加浸润深度,但如此会大大增加水的消耗。综上,现有室内模型试验尚缺乏解决相关问题的试验装置及试验方法。

发明内容

[0004] 本发明提供一种降雨条件下高陡边坡振动台测试系统及其搭建测试方法,解决现有技术中的测试系统不能准确的模拟高原地区高陡边坡现场工况的技术问题。

[0005] 为了达到上述目的,本发明的技术方案如下:

[0006] 降雨条件下高陡边坡振动台测试系统,包括滑坡模型系统、模拟降雨系统和测试系统;

[0007] 所述滑坡模型系统包括模型槽、基岩和边坡;所述基岩填筑于模型槽内,基岩上部设置边坡,基岩和边坡根据实际工况构成不同类型的滑坡模型,在边坡内纵向设置多组竖向沙井;

[0008] 所述模拟降雨系统设置在滑坡模型系统正上方;

[0009] 所述测试系统包括多组测试元器件,各测试元器件设置于滑坡模型系统的不同特征位置。

[0010] 进一步的,所述模拟降雨系统包括喷淋设备框架和多个蓬头,喷淋设备框架搭设在模型槽上方,多个蓬头设置于喷淋设备框架的不同位置。

[0011] 进一步的,所述多组测试元器件包括光纤光栅、激光位移计、孔隙水压力计4、体积

含水率测量计、红外位移计、加速度计和土压力计。

[0012] 进一步的,所述多组光纤光栅设竖直设置在滑坡模型系统中,光纤光栅的最下端埋设在基岩中,多组光纤光栅沿模型槽的纵向中轴线分布于边坡的上部、中部和下部。

[0013] 进一步的,所述一个土压力计、一个孔隙水压力计和一个体积含水率测量计构成一个埋设测量组;多组埋设测量组沿模型槽的纵向中轴线分布于边坡的上部、中部和下部,在边坡上部和中部位置各埋设三组埋设测量组,在边坡下部埋设两组埋设测量组;上部、中部和下部的埋设测量组中,各有一组埋设在基岩与边坡交界处;所述加速度计设置五个,其设置的位置与土压力计相同。

[0014] 进一步的,所述测试系统整体设置在振动台上。

[0015] 进一步的,所述激光位移计设置在模型槽的箱壁上;所述红外位移计设置在模型槽的箱壁上,激光位移计和红外位移计扫描的方向与模型槽的轴线平行。

[0016] 进一步的,所述蓬头设置八个,八个蓬头均匀设置在边坡的坡面上方。

[0017] 进一步的,多组竖向沙井分布于边坡的上部、中部和下部,在边坡上部设置四个竖向沙井,在边坡中部和下部各设置三个竖向沙井。

[0018] 一种降雨条件下高陡边坡振动台测试系统的搭建测试方法,包括如下步骤:

[0019] 1) 将光纤光栅垂直安放在设计位置,开始填筑下部基岩;下部基岩采用素混凝土,并且分层填筑;

[0020] 2) 分层填筑边坡,按照设定的含水量准备土样,并根据所需密度分层填充边坡,在填筑过程中埋设土压力计、加速度计、体积含水率测量计与孔隙水压力计;边坡填筑时,需在模型槽内侧粘贴涂有凡士林的双层光滑塑料薄膜;

[0021] 3) 在边坡的预定位置钻孔,并在孔中填筑细沙,形成竖向沙井;

[0022] 4) 竖向沙井填筑完成后,在模型槽壁布设激光位移计与红外线位移计;

[0023] 5) 安装模拟降雨系统,通过控制蓬头的流量和时间控制总的降雨量;观测降雨前、降雨时及降雨后边坡不同部位体积含水率、孔隙水压力、坡体内部应力应变及坡面整体及局部位移的变化;通过逐渐增加总降雨量,最终使得边坡失稳;

[0024] 6) 在降雨过程或降雨完成后通过振动台施加振动荷载,研究坡体的动力响应特性。

[0025] 与现有技术相比,本发明的有益效果如下:

[0026] 本发明的测试系统通用性强,其可广泛适用于各类工况的边坡模型;各种坡度和开挖、加固形式的边坡模型均可进行试验测试;本发明的渗流系统主要由坡体不同位置埋设的竖向沙井组成,该渗流系统可加速边坡均匀渗流场的快速形成。

[0027] 本发明的坡体含水率监测系统主要包括埋设于边坡模型内部若干体积含水率计、孔隙水压力计、静态数据采集仪和供实时监测记录数据的计算机,以及上述所有仪器与数据采集仪相连接的数据线和与之配套的各种信号放大器。可监测不同降雨工况下坡体内水分场的实时响应情况,获取高陡边坡坡体含水率与基质吸力间的水土特征曲线关系,对水分在高陡边坡内部的演化路径进行研究。

[0028] 本发明的坡体受力变形监测系统通过埋设于高陡边坡模型内部数组土压力计、加速度计、光纤光栅和安置于模型箱壁的非接触式激光位移计和红外线位移计,对振动及降雨条件下高陡边坡模型的动力响应特性进行实时监测,能够有效监测和记录高陡边坡受力

变形失稳演变的全过程。

[0029] 本发明在较短时间内使得模型坡体不同深度含水率能有效增加,从而形成与实际高陡边坡更加接近的渗流场,并利用振动台施加振动荷载,这样有利于系统研究高陡边坡在地震及降雨条件下的失稳机理,可为高陡边坡长期稳定性分析以及高陡边坡的抗震设计和加固整治提供理论依据;模型试验实施流程清晰,可操作性强。

附图说明

[0030] 图1是本发明实施例测试系统的横断面图。

[0031] 图2是本发明实施例测试系统的平面布置图。

[0032] 图3是本发明实施例测试系统中喷淋设备的平面布置图。

[0033] 图4是本发明实施例测试系统的结构示意图。

[0034] 图中,1-光纤光栅,2-激光位移计,3-竖向沙井,4-孔隙水压力计,5-体积含水率测量计,6-红外线位移计,7-加速度计,8-土压力计,9-喷淋设备框架,10-蓬头,11-基岩,12-边坡,13-模型槽。

具体实施方式

[0035] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合实施例对本发明作进一步地详细描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通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。

[0036] 本发明的目的是提供一种降雨条件下高陡边坡振动台测试系统。本发明依托相似理论,降雨构件构思独特,边坡增湿系统创新性强,结构布置合理,功能完善。能够开展降雨条件下高陡边坡的振动台模型测试,可为高陡边坡长期稳定性分析以及高陡边坡的抗震设计和加固整治提供理论依据。

[0037] 参照图1-图4,本发明系统包括滑坡模型系统、模拟降雨系统和测试系统;滑坡模型系统为根据实际工况、按比例缩尺构成的滑坡模型,包括模型槽13、基岩11和边坡12,基岩11和边坡12填筑于模型槽13内,模拟降雨系统包括喷淋设备9和蓬头10,在边坡12设置能形成较为均匀渗流场的竖向沙井3。

[0038] 测试系统包括光纤光栅1、激光位移计2、孔隙水压力计4、体积含水率测量计5、红外线位移计6、加速度计7和土压力计8。参照图1和图2,光纤光栅1的最下端埋设在基岩11中,光纤光栅1沿模型槽13纵向中轴线分布于边坡12的上部、中部和下部。土压力计8、孔隙水压力计4和体积含水率测量计5构成一组埋设测量组,多组埋设测量组沿模型槽13的纵向中轴线分布于边坡12的上部、中部和下部;本实施例中,在边坡11的上部和中部位置各埋设了三组埋设测量组,在边坡11下部埋设了两组埋设测量组,上部、中部和下部的埋设测量组中,各有一组埋设在基岩11与边坡交界处;加速度计7布置位置大体与土压力计8相同,并在基岩11及边坡12坡表各布置了3个加速度计;激光位移计2布置在模型槽1箱壁上测量坡面局部位置变形;红外线位移计6布置在模型槽1箱壁顶部,扫描方向与模型槽13轴线平行。

[0039] 参照图1和图3,模拟降雨系统包括喷淋设备9和蓬头10,为了使边坡11不同深度含水率能有效增加从而形成与实际高陡边坡更加接近的渗流场,本实施例通过布置八个蓬头

10以实现降水在整个坡面上能尽量均匀,为加速降水在沿边坡11深度方向上的渗透,本发明通过设置竖向沙井3来实现。竖向沙井3分布于边坡11的上部、中部和下部,在边坡11上部设置了四个竖向沙井3,在边坡12中部和下部都设置了三个竖向沙井3。

[0040] 本发明还公开了一种降雨条件下高陡边坡振动台测试系统的搭建测试方法,具体包括如下步骤:

[0041] 1) 将光纤光栅1垂直安放在设计位置,开始填筑下部基岩11;下部基岩11采用素混凝土,并且分层填筑;

[0042] 2) 分层填筑边坡12,按照设定的含水量准备土样,并根据所需密度分层填充边坡12,在填筑过程中埋设土压力计8、加速度计7、体积含水率测量计5与孔隙水压力计4;边坡12填筑时,需在模型槽13内侧粘贴涂有凡士林的双层光滑塑料薄膜;

[0043] 3) 在边坡12的预定位置钻孔,并在孔中填筑细沙,形成竖向沙井3;

[0044] 4) 竖向沙井3填筑完成后,在模型槽13壁布设激光位移计2与红外线位移计6;对土压力计8、加速度计7、体积含水率测量计5、孔隙水压力计4、激光位移计2进行检查,将土压力计8、加速度计7、体积含水率测量计5、孔隙水压力计4、激光位移计2和红外线位移计6的导线与信号采集仪连接;

[0045] 5) 安装模拟降雨系统,通过控制蓬头的流量和时间控制总的降雨量;观测降雨前、降雨时及降雨后边坡12不同部位体积含水率、孔隙水压力、坡体内部应力应变及坡面整体及局部位移的变化;通过逐渐增加总降雨量,最终使得边坡失稳;

[0046] 6) 在降雨过程或降雨完成后通过振动台施加振动荷载,研究坡体的动力响应特性。

[0047] 以上应用了具体个例对本发明进行阐述,只是用于帮助理解本发明,并不用以限制本发明。任何熟悉该技术的人在本发明所揭露的技术范围内的局部修改或替换,都应涵盖在本发明的包含范围之内。

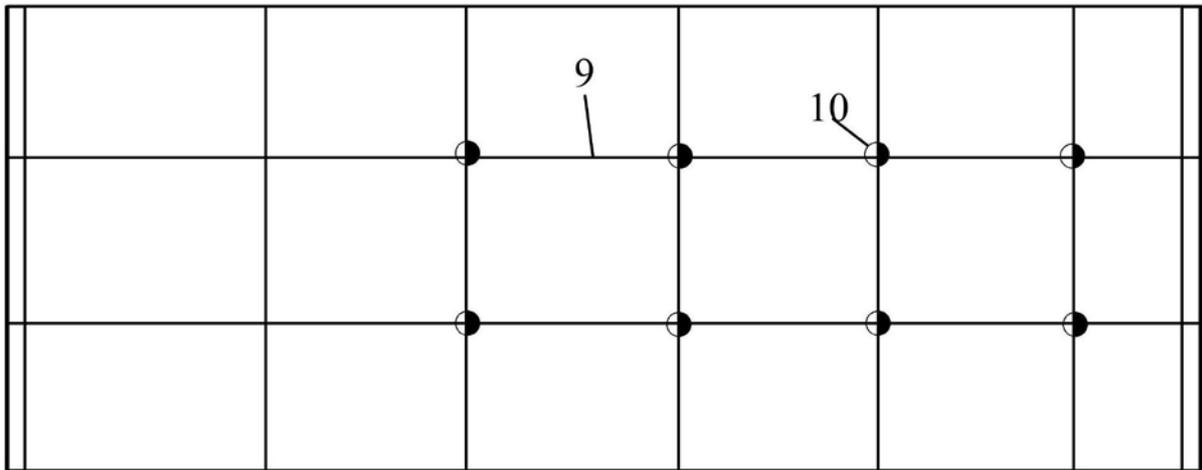


图3

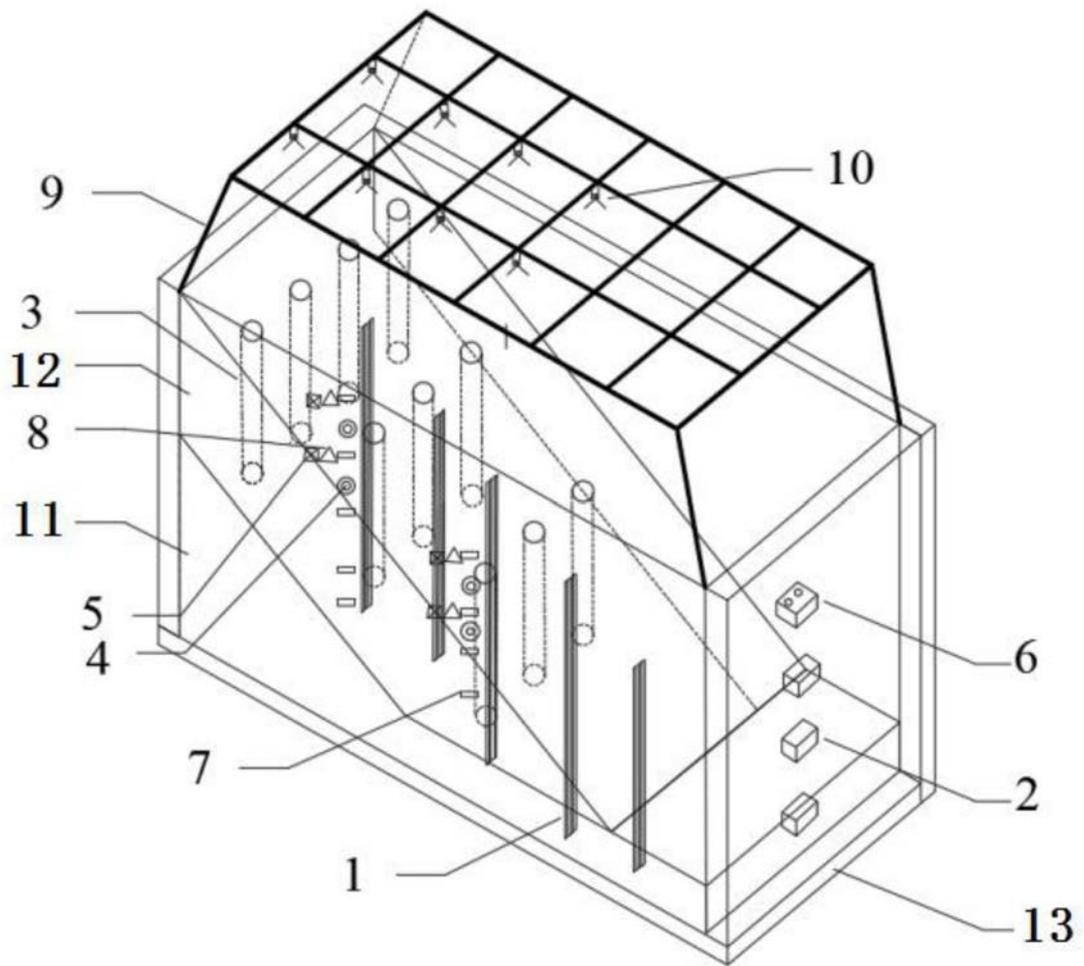


图4