



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103233486 B

(45) 授权公告日 2015. 03. 04

(21) 申请号 201310172993. 6

(22) 申请日 2013. 05. 10

(73) 专利权人 山东大学

地址 250061 山东省济南市历下区经十路
17923 号

(72) 发明人 张宏博 李英勇 宋修广 薛志超
郑立志 吴建清 臧亚囡 江健宏

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限
公司 37221

代理人 刘乃东

(51) Int. Cl.

E02D 33/00(2006. 01)

审查员 孙丽艳

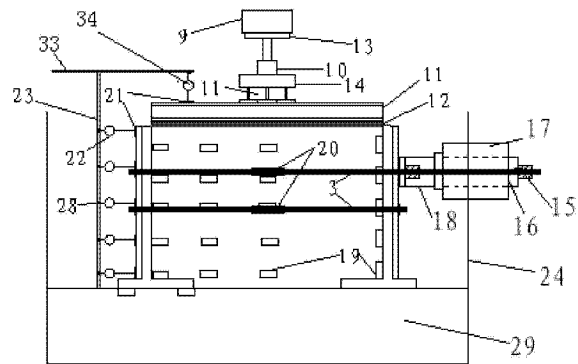
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

锚拉式挡土墙模型试验装置及试验方法

(57) 摘要

本发明公开了一种锚拉式挡土墙模型试验装置及试验方法,包括试验槽、主受力面悬臂挡墙、附属受力面悬臂挡墙,加载系统、测试系统;所述主受力面悬臂挡墙、附属受力面悬臂挡墙设于试验槽内,所述主受力面悬臂挡墙包括相连接的主受力面竖向钢板和第一水平钢板,所述附属受力面悬臂挡墙包括相连接的附属受力面竖向钢板和第二水平钢板,所述主受力面竖向钢板上设有第一锚杆穿孔,所述附属受力面竖向钢板上设有第二锚杆穿孔;所述加载系统包括竖向加载结构、预应力加载结构,所述竖向加载结构下部与地面连接,上部与填土相连接,所述预应力加载结构与主受力面悬臂挡墙两侧连接。安装、拆卸方便,能够重复利用,降低成本,提高工作效率。



1. 一种锚拉式挡土墙模型试验装置,其特征是,包括试验槽、主受力面悬臂挡墙、附属受力面悬臂挡墙,加载系统、测试系统;所述主受力面悬臂挡墙、附属受力面悬臂挡墙设于试验槽内,所述主受力面悬臂挡墙包括相连接的主受力面竖向钢板和第一水平钢板,主受力面竖向钢板与第一水平钢板焊接;所述附属受力面悬臂挡墙包括相连接的附属受力面竖向钢板和第二水平钢板,附属受力面竖向钢板与第二水平钢板焊接;所述主受力面竖向钢板上设有第一锚杆穿孔,所述附属受力面竖向钢板上设有第二锚杆穿孔,第二锚杆穿孔用作支护时穿对拉钢筋;所述加载系统包括竖向加载结构、预应力加载结构,所述竖向加载结构下部与地面连接,上部与填土相接触、并给填土施加垂直压力,所述预应力加载结构与主受力面悬臂挡墙两侧连接、并向内施加压力;所述的测试系统包括与被测对象连接的应力测试装置、位移测试装置。

2. 如权利要求 1 所述的锚拉式挡土墙模型试验装置,其特征是,所述试验槽为钢筋混凝土浇筑而成的长方形坑槽,试验槽采用碎石做墙底基础,主受力面悬臂挡墙、附属受力面悬臂挡墙分别与墙底基础连接。

3. 如权利要求 1 所述的锚拉式挡土墙模型试验装置,其特征是,所述主受力面悬臂挡墙、附属受力面悬臂挡墙材料均为 Q235 钢板。

4. 如权利要求 1 所述的锚拉式挡土墙模型试验装置,其特征是,所述主受力面悬臂挡墙的主受力面竖向钢板与第一水平钢板之间,以及附属受力面挡墙的附属受力面竖向钢板、第二水平钢板之间设有加强肋板;所述主受力面挡墙竖向钢板中间设置竖向加强肋板;在附属受力面竖向钢板设置对角斜支撑。

5. 如权利要求 1 所述的锚拉式挡土墙模型试验装置,其特征是,所述竖向加载结构包括反力架、竖向千斤顶、槽钢、承压钢板、钢垫块、竖向千斤顶测力计,反力架底部与地面连接,竖向千斤顶与反力架上部连接,竖向千斤顶和反力架之间放置钢垫块,竖向千斤顶下部与竖向千斤顶测力计连接,竖向千斤顶测力计下设有槽钢,槽钢下方安放承压钢板与填土相连。

6. 如权利要求 1 所述的锚拉式挡土墙模型试验装置,其特征是,所述预应力加载结构包括锚杆、螺栓、小型反力装置、穿心式千斤顶、横向千斤顶测力计;所述锚杆穿过主受力面竖向钢板上的第一锚杆穿孔通过螺栓在主受力面悬臂挡墙两侧固定,锚杆预应力加载端安装横向千斤顶测力计,并连接穿心式千斤顶和小型反力装置。

7. 如权利要求 1 所述的锚拉式挡土墙模型试验装置,其特征是,所述的应力测试装置包括土压力测试结构、锚杆拉力测试结构、千斤顶压力测试结构,所述土压力测试结构包括横向、和竖向埋设的土压力盒,以测定土压力;所述锚杆拉力测试结构包括焊接在锚杆上的锚杆测力计,以测定锚杆拉力;所述千斤顶压力测试结构包括竖向千斤顶测力计,所述竖向千斤顶测力计控制竖向千斤顶加载压力。

8. 如权利要求 1 所述的锚拉式挡土墙模型试验装置,其特征是,所述的位移测试装置包括挡墙侧向位移测试结构、路基填土竖向位移测试结构;所述挡墙侧向位移测试结构包括第一强性磁铁、水平位置百分表、垂直钢筋、固定铁环,所述垂直钢筋固定在主受力面悬臂挡墙一侧,所述垂直钢筋在所测位移的位置设有固定铁环,垂直钢筋为与水平位置百分表末端接触点接触的固定端;第一强性磁铁设于所测位移处,第一强性磁铁与水平百分表底座连接,借助于第一强性磁铁和固定铁环作为固定基端,将百分表固定于挡墙一侧,并使

水平百分表的末端接触点与固定铁环的接触面相垂直,以确保水平位移、即侧向位移的监测;所述路基填土竖向位移测试结构包括水平钢筋,水平钢筋与垂直钢筋上部连接,所述水平钢筋在所测位移处套入固定铁环作为与垂直位置百分表接触的固定端,在所测位移处将垂直位置百分表固定于承压钢板上,并使垂直位置百分表的末端接触点与固定铁环的接触面相垂直,以测得荷载作用下、土体的竖向沉降,实现竖直方向位移的监测。

9. 如权利要求 1 所述的锚拉式挡土墙模型试验装置,其特征是,附属受力面挡墙与外侧的支护装置连接,所述支护装置包括卧式千斤顶、垫块、对穿钢筋,所述对穿钢筋安装在附属受力面挡墙底部和顶部靠近左右边缘处,卧式千斤顶和垫块安装在附属受力面挡墙中部距挡墙边缘处、对称布置。

10. 一种采用如权利要求 1-9 任一项所述的锚拉式挡土墙模型试验装置的试验方法,其特征是,包括以下步骤:

1) 试验槽基底处理;

2) 安装挡墙:采用行吊或吊车进行钢板挡土墙和反力架的吊装,将主受力面悬臂挡墙和附属受力面悬臂挡墙用螺栓固定,形成固定框架,待仪器安装就位后再卸掉螺栓;

3) 路基填土及压实;

4) 安装土压力盒:土压力盒埋设采用反开挖方式进行安装,即填土高度超过土压力盒位置设定高度后反开挖,将压力盒放入并回填压实;

5) 安装锚杆测力计:将锚杆测力计与精轧螺纹钢锚杆进行焊接,锚杆测力计采用反开挖方式安装,填土高度超过安装位置设定高度后反开挖,埋入锚杆测力计;

6) 安装加载装置:填土压实整平后,在路基顶部安装承压板及槽钢、测力计、垫块、千斤顶;

7) 安装支护装置;

8) 安置位移监测仪器;

①侧向位移的监测:在挡墙一侧的竖直方向固定一根钢筋,并在测位移的位置套入固定铁环作为与百分表接触的固定端,在所测位移处,以强性磁铁和固定铁环作为固定基端,将百分表固定于挡墙一侧,使百分表的末端接触点与固定铁环的接触面相垂直,以实现水平位移、即侧向位移的监测;

②竖向位移的监测:在承载钢板上安装百分表做竖向位移的监测,在水平方向上固定一根钢筋,在测位移的位置套入固定铁环作为与百分表接触的固定端,在所测位移处,将百分表固定于承载钢板上,使百分表的末端接触点与固定铁环的接触面相垂直,以测得荷载作用下、土体的竖向沉降,实现竖直方向位移的监测。

锚拉式挡土墙模型试验装置及试验方法

技术领域：

[0001] 本发明涉及道路工程、铁路工程、岩土工程技术领域，尤其涉及一种锚拉式挡土墙模型试验装置及试验方法。

背景技术：

[0002] 随着我国耕地资源的日益紧张，公路建设过程中土地资源日益宝贵，挡墙替代高路堤边坡技术受到工程界的广泛关注。为了提高挡土墙抗倾及抗滑稳定性，置筋式挡土墙结构成为新发展的挡墙结构形式，应用效果良好。然而，由于其受力特征与普通挡墙显著不同，如何建立合理的力学计算模型成为工程界关注的热点问题。模型试验可指导科研、技术人员探讨挡墙受力机理，建立理论计算公式，改善挡墙结构形式，但合理的模型试验装置是模型试验成功的关键问题。查阅相关文献资料，发现有中国专利 200910131281 公开了一种离心模型挡土墙试验设备，该设备包括驱动系统、模型挡墙结构、测量系统以及模型挡墙位移自动控制系统，该装置主要应用于刚性挡墙静止状态和主动侧土压力的研究。中国专利 201120190507 公开了一种挡土墙土压力模型试验装置，通过在挡土设备上安置压力感应薄膜，以及可以反映土压力变化的测压水管进行土压力观测，土体位移通过活动支架进行控制，可以观察挡土墙不同的位移模式对土压力分布的影响。以上装置主要是为了提高传统挡土墙土压力测试的准确性而进行的改进，即属于测试方法方面的发明，而本发明则主要适用于锚拉式挡土墙土压力及位移观测，属于测试装置方面的发明。本发明结合已有实践经验总结，研制了一种锚拉式挡土墙模型试验装置，其尺寸可根据需要进行拼装调整，锚杆形式可自由选择，可用于模拟十余种挡墙加载工况。

发明内容

[0003] 本发明为了解决现有技术存在的上述不足，提供了一种锚拉式挡土墙模型试验装置；该试验装置能够随时调整模型尺寸、锚杆支护形式、加固时机等参数，适用于不同工况条件下锚拉式挡土墙应力及位移测试。本发明易于加工，安装、拆卸方便，能够重复利用，降低成本，提高工作效率。

[0004] 本发明还提供了一种锚拉式挡土墙模型试验方法。

[0005] 一种锚拉式挡土墙模型试验装置，包括试验槽、主受力面悬臂挡墙、附属受力面悬臂挡墙，加载系统、测试系统；所述主受力面悬臂挡墙、附属受力面悬臂挡墙设于试验槽内，所述主受力面悬臂挡墙包括相连接的主受力面竖向钢板和第一水平钢板，主受力面竖向钢板与第一水平钢板焊接；所述附属受力面悬臂挡墙包括相连接的附属受力面竖向钢板和第二水平钢板，附属受力面竖向钢板与第二水平钢板焊接；所述主受力面竖向钢板上设有第一锚杆穿孔，第一锚杆穿孔位置按照实际工程进行比例缩尺确定，所述附属受力面竖向钢板上设有第二锚杆穿孔，第二锚杆穿孔用作支护时穿对拉钢筋；所述加载系统包括竖向加载结构、预应力加载结构，所述竖向加载结构下部与地面连接，上部与填土相接触、并给填土施加垂直压力，所述预应力加载结构与主受力面悬臂挡墙两侧连接、并向内施加压力；

所述的测试系统包括与被测对象连接的应力测试装置、位移测试装置。

[0006] 所述试验槽为钢筋混凝土浇筑而成的长方形坑槽,试验槽采用碎石做墙底基础,主受力面悬臂挡墙、附属受力面悬臂挡墙分别与墙底基础连接。试验槽尺寸以能放置模型体为标准,可根据设计进行调整,碎石基层厚度不少于 40cm。

[0007] 所述主受力面悬臂挡墙、附属受力面悬臂挡墙材料均为 Q235 钢板。其中主受力面悬臂挡墙竖向钢板和第一水平钢板厚度、宽度、长度根据相似比例确定;附属受力面悬臂挡墙的高度与主受力面悬臂挡墙相同,其长、宽、高以能保证挡墙稳定为准。

[0008] 所述主受力面悬臂挡墙的主受力面竖向钢板与第一水平钢板之间,以及附属受力面挡墙的附属受力面竖向钢板、第二水平钢板之间设有加强肋板。加强肋板的尺寸根据设计要求确定,通过加强肋板避免竖向钢板与水平钢板焊接时出现焊接变形;所述主受力面挡墙竖向钢板中间设置竖向加强肋板,竖向加强肋板厚 2cm;在附属受力面竖向钢板设置对角斜支撑。

[0009] 所述竖向加载结构包括反力架、竖向千斤顶、槽钢、承压钢板、钢垫块、竖向千斤顶测力计,反力架底部与地面连接,竖向千斤顶与反力架上部连接,竖向千斤顶和反力架之间放置钢垫块,竖向千斤顶下部与竖向千斤顶测力计连接,竖向千斤顶测力计下设有槽钢;所述槽钢采用工字钢,工字钢能够保证路基顶部荷载分布均匀,其中工字钢分为上下两层,下层工字钢间隔分布,上层工字钢相邻布置,槽钢下方安放承压钢板与填土相连。

[0010] 所述预应力加载结构包括锚杆、螺栓、小型反力装置、穿心式千斤顶、横向千斤顶测力计;所述锚杆穿过主受力面竖向钢板上的第一锚杆穿孔通过螺栓在主受力面悬臂挡墙两侧固定,锚杆预应力加载端安装横向千斤顶测力计,并连接穿心式千斤顶和小型反力装置。横向千斤顶测力计控制穿心式千斤顶施加的预应力拉力。

[0011] 所述的应力测试装置包括土压力测试结构、锚杆拉力测试结构、千斤顶压力测试结构,所述土压力测试结构包括横向和竖向埋设的土压力盒,以测定土压力;所述锚杆拉力测试结构包括焊接在锚杆上的锚杆测力计,以测定锚杆拉力;所述千斤顶压力测试结构包括竖向千斤顶测力计,所述竖向千斤顶测力计控制竖向千斤顶加载压力。

[0012] 所述的位移测试装置包括挡墙侧向位移测试结构、路基填土竖向位移测试结构;所述挡墙侧向位移测试结构包括第一磁性磁铁、水平位置百分表、垂直钢筋、固定铁环,所述垂直钢筋固定在主受力面悬臂挡墙一侧,所述垂直钢筋在所测位移的位置设有固定铁环,垂直钢筋为与水平位置百分表末端接触点接触的固定端;第一磁性磁铁设于所测位移处,第一磁性磁铁与水平百分表底座连接,借助于第一磁性磁铁和固定铁环作为固定基端,将百分表固定于挡墙一侧,并使水平百分表的末端接触点与固定铁环的接触面相垂直,以确保水平位移、即侧向位移的监测;所述路基填土竖向位移测试结构包括水平钢筋,水平钢筋与垂直钢筋上部连接,所述水平钢筋在所测位移处套入固定铁环作为与垂直位置百分表接触的固定端,在所测位移处将垂直位置百分表固定于承压钢板上,并使垂直位置百分表的末端接触点与固定铁环的接触面相垂直,以测得荷载作用下、土体的竖向沉降,实现垂直方向位移的监测。

[0013] 附属受力面挡墙与外侧的支护装置连接,所述支护装置包括卧式千斤顶、垫块、对穿钢筋,所述对穿钢筋安装在附属受力面挡墙底部和顶部距左右边缘 20cm 处,对穿钢筋分两排安装;卧式千斤顶和垫块安装在附属受力面挡墙中部距挡墙边缘 $L/4$ 处,对称布置。支

护装置保证附属受力面无侧向位移。

[0014] 所述的锚拉式挡土墙模型试验装置,其试验方法包括以下步骤:

[0015] 1) 试验槽基底处理;

[0016] 采用碎石做墙底基础,碎石基层厚度不少于 40cm,碎石每填 20cm 用电动冲击夯夯实 5 至 7 遍,直到碎石层不再有竖向沉降变形为止。采用水平尺测试平整度。

[0017] 2) 安装挡墙;

[0018] 采用行吊或吊车进行钢板挡土墙和反力架的吊装,就位后,将主受力面悬臂挡墙和附属受力面悬臂挡墙用螺栓固定,形成固定框架,待仪器安装就位后再卸掉螺栓。

[0019] 3) 路基填土及压实;

[0020] 回填土按照设计要求进行压实。每层回填土夯实后采用环刀法测定其相对密实度,未达到标准继续夯实直至达标。特别注意,仪器埋设处上方 50cm 范围内需采用人工夯实。

[0021] 4) 安装土压力盒;

[0022] 土压力盒埋设采用反开挖方式进行安装,即填土高度超过土压力盒位置 20cm 后进行反开挖,将压力盒放入并回填压实。土压力盒埋设需注意两点:一是要保证土压力盒周围填土密实,以免由于填土不密实影响土压力的传递;二是尽量避开锚杆测力计,以免由于锚杆的横隔梁作用影响土压力的传递。

[0023] 5) 安装锚杆测力计;

[0024] 将锚杆测力计与精轧螺纹钢锚杆进行焊接,焊接方式采用短钢筋帮焊方式,对焊长度不少于 15cm。锚杆测力计安装采用反开挖方式进行安装,即填土高度超过安装位置 30cm 后进行反开挖,埋入锚杆测力计。根据螺纹钢与土层间的接触关系,确定螺纹钢的包裹材料。

[0025] 6) 安装加载装置;

[0026] 填土压实平整后,在路基顶部安装承压板及槽钢、测力计、垫块、千斤顶等。为了保证路基顶部荷载分布均匀,需将承压板上固定两层工字钢,下层工字钢间隔分布,上层工字钢相邻布置。工字钢安装完成后,放置测力计、千斤顶,千斤顶顶部放置一块钢垫块与反力架接触。

[0027] 7) 安装支护装置;

[0028] 为了保证附属受力面无侧向位移,需安装支护装置。包括卧式千斤顶、垫块、对穿钢筋等。其中,对穿钢筋安装在附属受力面挡墙底部和顶部距边缘 20cm 处;千斤顶和垫块安装在附属受力面挡墙中部距挡墙边缘 $L/4$ 处,对称布置。

[0029] 8) 安置位移监测仪器;

[0030] ①侧向位移的监测

[0031] 在挡墙一侧的竖直方向固定一根钢筋,并在测位移的位置套入固定铁环作为与百分表接触的固定端。在所测位移处,借助于强性磁铁和固定铁环作为固定基端,将百分表固定于挡墙一侧,并使百分表的末端接触点与固定铁环的接触面相垂直,以确保水平位移、即侧向位移的监测。

[0032] ②竖向位移的监测

[0033] 在承载钢板上安装百分表做竖向位移的监测。安装原理与侧向位移监测表的安装

相似,在水平方向上固定一根钢筋,并在测位移的位置套入固定铁环作为与百分表接触的固定端。在所测位移处,将百分表固定于承载钢板上,并使百分表的末端接触点与固定铁环的接触面相垂直,以测得荷载作用下、土体的竖向沉降,实现垂直方向位移的监测。

[0034] 本发明的有益效果:

[0035] 1. 本发明易于加工,安装、拆卸方便,能够重复利用,运输方便,能够重复利用进行试验,降低成本,提高工作效率;

[0036] 2. 能够随时调整模型尺寸、锚杆支护形式、加固时机参数,适用于不同工况条件下锚拉式挡墙应力及位移测试;

[0037] 3. 通过调整锚拉式挡墙模型顶部荷载大小,能够模拟不同填土荷载等级条件下锚定板式悬臂挡墙土压力分布、位移变化、锚杆拉力和锚定板受力变化规律;

[0038] 4. 通过改变填料的类型,能够模拟不同填料下锚拉式悬臂挡墙应力分布、位移变化、锚杆拉力变化规律。

附图说明

[0039] 图 1 挡土墙模型装置俯视图;

[0040] 图 2 挡土墙对角斜支撑示意图;

[0041] 图 3 挡土墙主受力面竖向钢板正视图;

[0042] 图 4 挡土墙附属受力面竖向钢板正视图;

[0043] 图 5 挡土墙模型纵剖面图;

[0044] 图 6 挡土墙模型横剖面图;

[0045] 图 7 挡土墙模型支护装置;

[0046] 其中,1、主受力面竖向钢板,2、附属受力面竖向钢板,3、锚杆,4、第一水平钢板,5、加强肋板,6、竖向加强肋板,7、对角斜支撑,8、第一锚杆穿孔,9、反力架,10、竖向千斤顶,11、槽钢,12、承压钢板,13、钢垫块,14、竖向千斤顶测力计,15、螺栓,16、小型反力装置,17、穿心式千斤顶,18、横向千斤顶测力计,19、土压力盒,20、锚杆测力计,21、第一强性磁铁,22、水平位置百分表,23、垂直钢筋,24、试验槽,25、卧式千斤顶,26、垫块,27、对穿钢筋,28、固定铁环,29、碎石,31、第二水平钢板,32、第二锚杆穿孔,33、水平钢筋,34、垂直位置百分表。

具体实施方式

[0047] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步说明。

[0048] 实施例 1

[0049] 一种锚拉式挡土墙模型试验装置,结合图 1 至图 7,包括试验槽 24、主受力面悬臂挡墙、附属受力面悬臂挡墙,加载系统、测试系统;所述主受力面悬臂挡墙、附属受力面悬臂挡墙设于试验槽 24 内,所述主受力面悬臂挡墙包括相连接的主受力面竖向钢板 1 和第一水平钢板 4,主受力面竖向钢板 1 与第一水平钢板 4 焊接;所述附属受力面悬臂挡墙包括相连接的附属受力面竖向钢板 2 和第二水平钢板 31,附属受力面竖向钢板 2 与第二水平钢板 31 焊接;所述主受力面竖向钢板 1 上设有第一锚杆穿孔 8,第一锚杆穿孔 8 位置按照实际工程进行比例缩尺确定,所述附属受力面竖向钢板 2 上设有第二锚杆穿孔 32,第二锚杆穿孔 32

用作支护时穿对拉钢筋；所述加载系统包括竖向加载结构、预应力加载结构，所述竖向加载结构下部与地面连接，上部与填土相接触、并给填土施加垂直压力，所述预应力加载结构与主受力面悬臂挡墙两侧连接、并向内施加压力；所述的测试系统包括与被测对象连接的应力测试装置、位移测试装置。

[0050] 所述试验槽 24 为钢筋混凝土浇筑而成的长方形坑槽，试验槽 24 采用碎石 29 做墙底基础，主受力面悬臂挡墙、附属受力面悬臂挡墙分别与墙底基础连接。试验槽 24 尺寸以能放置模型体为标准，可根据设计进行调整，碎石基层厚度不少于 40cm。

[0051] 所述主受力面悬臂挡墙、附属受力面悬臂挡墙材料均为 Q235 钢板。其中主受力面悬臂挡墙竖向钢板 1 和第一水平钢板 4 厚度、宽度、长度根据相似比例确定；附属受力面悬臂挡墙的高度与主受力面悬臂挡墙相同，其长、宽、高以能保证挡墙稳定为准。

[0052] 所述主受力面悬臂挡墙的主受力面竖向钢板 1 与第一水平钢板 4 之间，以及附属受力面挡墙的附属受力面竖向钢板、第二水平钢板 31 之间设有加强肋板 5。加强肋板 5 的尺寸根据设计要求确定，通过加强肋板 5 避免竖向钢板与水平钢板焊接时出现焊接变形；所述主受力面挡墙竖向钢板 1 中间设置竖向加强肋板 6，竖向加强肋板 6 厚 2cm；在附属受力面竖向钢板 2 设置对角斜支撑 7。

[0053] 如图 3 所示，所述竖向加载结构包括反力架 9、竖向千斤顶 10、槽钢 11、承压钢板 12、钢垫块 13、竖向千斤顶测力计 14，反力架 9 底部与地面连接，竖向千斤顶 10 与反力架 9 上部连接，竖向千斤顶 10 和反力架 9 之间放置钢垫块 13，竖向千斤顶 10 下部与竖向千斤顶测力计 14 连接，竖向千斤顶测力计 14 下设有槽钢 11；所述槽钢 11 采用工字钢，工字钢能够保证路基顶部荷载分布均匀，其中工字钢分为上下两层，下层工字钢间隔分布，上层工字钢相邻布置，槽钢 11 下方安放承压钢板 12 与填土相连。

[0054] 所述预应力加载结构包括锚杆 3、螺栓 15、小型反力装置 16、穿心式千斤顶 17、横向千斤顶测力计 18；所述锚杆 3 穿过主受力面竖向钢板 1 上的第一锚杆穿孔 8 通过螺栓 15 在主受力面悬臂挡墙两侧固定，锚杆预应力加载端安装横向千斤顶测力计 18，并连接穿心式千斤顶 17 和小型反力装置 16。横向千斤顶测力计 18 控制穿心式千斤顶施加的预应力拉力。

[0055] 所述的应力测试装置包括土压力测试结构、锚杆拉力测试结构、千斤顶压力测试结构，所述土压力测试结构包括横向和竖向埋设的土压力盒 19，以测定土压力；所述锚杆拉力测试结构包括焊接在锚杆上的锚杆测力计 20，以测定锚杆拉力；所述千斤顶压力测试结构包括竖向千斤顶测力计 14，所述竖向千斤顶测力计 14 控制竖向千斤顶加载压力。

[0056] 所述的位移测试装置包括挡墙侧向位移测试结构、路基填土竖向位移测试结构；所述挡墙侧向位移测试结构包括第一强性磁铁 21、水平位置百分表 22、垂直钢筋 23、固定铁环 28，所述垂直钢筋 23 固定在主受力面悬臂挡墙一侧，所述垂直钢筋 23 在所测位移的位置设有固定铁环 28，垂直钢筋 23 为与水平位置百分表 22 末端接触点接触的固定端；第一强性磁铁 21 设于所测位移处，第一强性磁铁 21 与水平百分表 22 底座连接，借助于第一强性磁铁 21 和固定铁环 28 作为固定基端，将百分表固定于挡墙一侧，并使水平百分表的末端接触点与固定铁环 28 的接触面相垂直，以确保水平位移、即侧向位移的监测；所述路基填土竖向位移测试结构包括水平钢筋 33，水平钢筋 33 与垂直钢筋 23 上部连接，所述水平钢筋 33 在所测位移处套入固定铁环 28 作为与垂直位置百分表 34 接触的固定端，在所测位移处

将垂直位置百分表 34 固定于承压钢板 12 上,并使垂直位置百分表 34 的末端接触点与固定铁环 28 的接触面相垂直,以测得荷载作用下、土体的竖向沉降,实现竖直方向位移的监测。

[0057] 附属受力面挡墙与外侧的支护装置连接,所述支护装置包括卧式千斤顶 25、垫块 26、对穿钢筋 27,所述对穿钢筋 27 安装在附属受力面挡墙底部和顶部距左右边缘 20cm 处,对穿钢筋 27 分两排安装;卧式千斤顶 25 和垫块 26 安装在附属受力面挡墙中部距挡墙边缘 L/4 处,对称布置。支护装置保证附属受力面无侧向位移。

[0058] 一种锚拉式挡土墙模型试验方法,包括以下步骤:

[0059] 1) 试验槽 24 基底处理;

[0060] 采用碎石做墙底基础,碎石基层厚度不少于 40cm,碎石每填 20cm 用电动冲击夯夯实 5 至 7 遍,直到碎石层不再有竖向沉降变形为止。采用水平尺测试平整度。

[0061] 2) 安装挡墙;

[0062] 采用行吊或吊车进行钢板挡土墙和反力架的吊装,就位后,将主受力面悬臂挡墙和附属受力面悬臂挡墙用螺栓固定,形成固定框架,待仪器安装就位后再卸掉螺栓。

[0063] 3) 路基填土及压实;

[0064] 回填土按照设计要求进行压实。每层回填土夯实后采用环刀法测定其相对密度,未达到标准继续夯实直至达标。特别注意,仪器埋设处上方 50cm 范围内需采用人工夯实。

[0065] 4) 安装土压力盒;

[0066] 土压力盒埋设采用反开挖方式进行安装,即填土高度超过土压力盒位置 20cm 后进行反开挖,将压力盒放入并回填压实。土压力盒埋设需注意两点:一是要保证土压力盒周围填土密实,以免由于填土不密实影响土压力的传递;二是尽量避开锚杆测力计,以免由于锚杆的横隔梁作用影响土压力的传递。

[0067] 5) 安装锚杆测力计;

[0068] 将锚杆测力计与精轧螺纹钢锚杆进行焊接,焊接方式采用短钢筋帮焊方式,对焊长度不少于 15cm。锚杆测力计安装采用反开挖方式进行安装,即填土高度超过安装位置 30cm 后进行反开挖,埋入锚杆测力计。根据螺纹钢与土层间的接触关系,确定螺纹钢的包裹材料。

[0069] 6) 安装加载装置;

[0070] 填土压实整平后,在路基顶部安装承压板及槽钢、测力计、垫块、千斤顶等。为了保证路基顶部荷载分布均匀,需将承压板上固定两层工字钢,下层工字钢间隔分布,上层工字钢相邻布置。工字钢安装完成后,放置测力计、千斤顶,千斤顶顶部放置一块钢垫块与反力架接触。

[0071] 7) 安装支护装置;

[0072] 为了保证附属受力面无侧向位移,需安装支护装置。包括卧式千斤顶、垫块、对穿钢筋等,其中,对穿钢筋安装在附属受力面挡墙底部和顶部距边缘 20cm 处;千斤顶和垫块安装在附属受力面挡墙中部距挡墙边缘 L/4 处,对称布置。

[0073] 8) 安置位移监测仪器;

[0074] ①侧向位移的监测

[0075] 在挡墙一侧的竖直方向固定一根钢筋,并在测位移的位置套入固定铁环作为与百

分表接触的固定端。在所测位移处,借助于强性磁铁和铁环作为固定基端,将百分表固定于挡墙一侧,并使百分表的末端接触点与固定铁环的接触面相垂直,以确保水平位移、即侧向位移的监测。

[0076] ②竖向位移的监测

[0077] 在承载钢板上安装了百分表做竖向位移的监测。安装原理与侧向位移监测表的安装相似,在水平方向上固定一根钢筋,并在测位移的位置套入固定铁环作为与百分表接触的固定端。在所测位移处,将百分表固定于承载钢板上,并使百分表的末端接触点与固定铁环的接触面相垂直,以测得荷载作用下、土体的竖向沉降,实现垂直方向位移的监测。

[0078] 实施例 2

[0079] 其中主受力面悬臂挡墙竖向钢板 1 厚 20mm,长 2000mm,宽 2000mm。水平钢板 4 厚 30mm,长 2000mm,宽 90mm。附属受力面悬臂挡墙的高度与主受力面悬臂挡墙相同,附属受力面悬臂挡墙竖向钢板 2 厚 10mm,长 2000mm,宽 2000mm。

[0080] 主受力面悬臂挡墙、附属受力面挡墙的竖向钢板、水平钢板之间设有加强肋板 5,加强肋板 5 厚度为 30mm,高 400mm,底面长 200mm,均匀间距 200mm,通过加强肋板 5 避免竖向钢板与水平钢板焊接时出现焊接变形;所述主受力面挡墙竖向钢板 1 中间设置竖向加强肋板 6,竖向加强肋板 6 厚 2cm,长 2000mm,宽 180mm;在附属受力面竖向钢板 2 设置对角斜支撑 7。

[0081] 所述加载系统包括竖向加载系统。所述竖向加载系统包括如图 3 所示,反力架 9、竖向千斤顶 10、槽钢 11、承压钢板 12、钢垫块 13、竖向千斤顶测力计 14,反力架 9 底部与地面连接,竖向千斤顶 10 与反力架 9 上部连接,千斤顶和反力架之间放置钢垫块 13,竖向千斤顶 10 下部安放竖向千斤顶测力计 14,竖向千斤顶测力计 14 下安放槽钢 11,槽钢 11 采用工字钢,工字钢能够保证路基顶部荷载分布均匀,其中工字钢分为上下两层,下层工字钢间隔分布,上层工字钢相邻布置。槽钢 11 下方安放承压钢板 12 与填土相连。

[0082] 所述支护装置包括卧式千斤顶 25、垫块 26、对穿钢筋 27 等,对穿钢筋 27 分两排安装,安装在附属受力面挡墙底部和顶部距左右边缘 20cm 处;卧式千斤顶 25 和垫块 26 安装在附属受力面挡墙中部距挡墙边缘 $L/4$ 处,对称布置。

[0083] 试验步骤如下:

[0084] 1) 基底处理;采用碎石做墙底基础,碎石基层厚度不少于 40cm,碎石每填 20cm 用电动冲击夯夯实 5 至 7 遍,直到碎石层不再有竖向沉降变形为止。采用水平尺测试平整度。

[0085] 2) 安装挡墙吊装;采用行吊或吊车进行钢板挡土墙和反力架的吊装,就位后,将主受力面悬臂挡墙和附属受力面悬臂挡墙用螺栓固定,形成固定框架,待仪器安装就位后再卸掉螺栓。

[0086] 3) 路基填土及压实;回填土按照设计要求进行压实。每层回填土夯实后采用环刀法测定其相对密实度,未达到标准继续夯实直至达标。特别注意,仪器埋设处上方 50cm 范围内需采用人工夯实。

[0087] 4) 安装土压力盒;土压力盒埋设采用反开挖方式进行安装,即填土高度超过土压力盒位置 20cm 后进行反开挖,将压力盒放入并回填压实。土压力盒埋设需注意保证土压力盒周围填土密实,以免由于填土不密实影响土压力的传递。

[0088] 5) 安装加载装置;填土压实整平后,在路基顶部安装承压板及槽钢、测力计、垫

块、千斤顶等。为了保证路基顶部荷载分布均匀,需将承压板上固定两层工字钢,下层工字钢间隔分布,上层工字钢相邻布置。工字钢安装完成后,放置测力计、千斤顶,千斤顶顶部放置一块钢垫块与反力架接触。

[0089] 6) 安装支护装置;为了保证附属受力面无侧向位移,需安装支护装置,对穿钢筋安装在附属受力面挡墙底部和顶部距边缘 20cm 处;千斤顶和垫块安装在附属受力面挡墙中部距挡墙边缘 $L/4$ 处,对称布置。

[0090] 7) 安置位移监测仪器;

[0091] ①侧向位移的监测仪器:在挡墙一侧的竖直方向固定一根钢筋,并在测位移的位置套入固定铁环作为与百分表接触的固定端。在所测位移处,借助于强性磁铁和铁环作为固定基端,将百分表固定于挡墙一侧,并使百分表的末端接触点与固定铁环的接触面相垂直,以确保水平位移、即侧向位移的监测。

[0092] ②竖向位移的监测仪器:在承载钢板上安装了百分表做竖向位移的监测。安装原理与侧向位移监测表的安装相似,在水平方向上固定一根钢筋,并在测位移的位置套入固定铁环作为与百分表接触的固定端。在所测位移处,将百分表固定于承载钢板上,并使百分表的末端接触点与固定铁环的接触面相垂直,以测得荷载作用下、土体的竖向沉降,实现竖直方向位移的监测。

[0093] 8) 加载和监测

[0094] ①初始读数:将百分表调零,用便携式土压力测频仪测定土压力盒的初始频率和千斤顶测力计初始频率,记录并转换为相应的初始荷载。

[0095] ②顶部分级加载:通过千斤顶测力计频率值来调节竖向千斤顶压力,使用竖向千斤顶加载至模型顶部竖向荷载达到 20Kpa, 40Kpa, 60Kpa, 80Kpa, 100Kpa, 120Kpa。

[0096] ③仪表读数:每一级顶部加载完毕后,读取百分表数值,使用便携式土压力测频仪测定土压力盒频率,记录并转换为相应的荷载;

[0097] 其他参照实施例 1,在此不再赘述。通过此试验装置测试不同荷载等级条件下悬臂挡墙土压力分布、位移变化规律。

[0098] 实施例 3:

[0099] 主受力面悬臂挡墙、附属受力面悬臂挡墙材料均为 Q235 钢板,其中主受力面悬臂挡墙竖向钢板 1 厚 20mm,长 2000mm,宽 2000mm。水平钢板 4 厚 30mm、长 2000mm,宽 90mm。附属受力面悬臂挡墙的高度与主受力面悬臂挡墙相同,附属受力面悬臂挡墙竖向钢板 2 厚 10mm,长 2000mm,宽 2000mm。

[0100] 主受力面悬臂挡墙、附属受力面挡墙的竖向钢板、水平钢板之间设有加强肋板 5,加强肋板 5 厚度为 30mm,高 400mm,底面长 200mm,均匀间距 200mm,通过加强肋板 5 避免竖向钢板与水平钢板焊接时出现焊接变形;所述主受力面挡墙竖向钢板 1 中间设置竖向加强肋板 6,竖向加强肋板 6 厚 2cm,长 2000mm,宽 180mm;在附属受力面竖向钢板 2 设置对角斜支撑 7。

[0101] 试验步骤如下:

[0102] 1) 基底处理;2) 安装挡墙吊装;3) 路基填土及压实;4) 安装土压力盒;5) 安装锚杆测力计;6) 安装加载装置;7) 安装支护装置;8) 安置位移监测仪器;①侧向位移的监测:

[0103] ②竖向位移的监测;9) 加载和监测

[0104] ①初始读数:将百分表调零,使用便携式土压力测频仪测定土压力盒的初始频率和千斤顶测力计初始频率,记录并转换为相应的初始荷载,使用便携式土压力测频仪测定锚索测力计初始频率,记录并转换为相应的初始拉力。

[0105] ②顶部分级加载:通过千斤顶测力计频率值来调节竖向千斤顶压力,使用竖向千斤顶加载至模型顶部竖向荷载达到 20Kpa, 40Kpa, 60Kpa, 80Kpa, 100Kpa, 120Kpa。

[0106] ③仪表读数:每一级顶部加载完毕后,读取百分表数值,使用便携式土压力测频仪测定土压力盒频率,记录并转换为相应的荷载,使用便携式土压力测频仪测定锚索测力计频率,记录并转换为相应的拉力。

[0107] 其他参照实施例 1,在此不再赘述。通过此试验装置测试不同荷载等级条件下无预应力对拉置筋式悬臂挡墙土压力分布、位移变化和锚杆拉力规律。

[0108] 实施例 4:

[0109] 试验步骤如下:

[0110] 1) 基底处理;2) 安装挡墙吊装;3) 路基填土及压实;4) 安装土压力盒;5) 安装锚杆测力计;6) 安装加载装置;7) 安装支护装置;8) 安置位移监测仪器;①侧向位移的监测

[0111] ②竖向位移的监测;9) 加载和监测

[0112] ①初始读数:将百分表调零,使用便携式土压力测频仪测定土压力盒的初始频率和千斤顶测力计初始频率,记录并转换为相应的初始荷载,使用便携式土压力测频仪测定锚索测力计初始频率,记录并转换为相应的初始拉力。

[0113] ②顶部分级加载:通过千斤顶测力计频率值来调节竖向千斤顶压力,使用竖向千斤顶加载至模型顶部竖向荷载达到 20Kpa, 40Kpa, 60Kpa, 80Kpa, 100Kpa, 120Kpa。

[0114] ③仪表读数:每一级顶部加载完毕后,读取百分表数值,使用便携式土压力测频仪测定土压力盒频率,记录并转换为相应的荷载,使用便携式土压力测频仪测定锚索测力计频率,记录并转换为相应的拉力。

[0115] ④锚杆分级加载:使用穿心式千斤顶对锚杆加预应力。加预应力时,使用便携式土压力测频仪连接横向千斤顶测力计,加载至一定的频率,根据公式转化为相应的预应力;

[0116] ⑤仪表读数:每一级预应力加载完毕后,读取百分表数值,使用便携式土压力测频仪测定土压力盒频率,记录并转换为相应的荷载,使用便携式土压力测频仪测定锚索测力计频率,记录并转换为相应的拉力。

[0117] 其他参照实施例 1,在此不再赘述。通过此试验装置测试不同填土荷载和预应力荷载等级条件下预应力对拉置筋式悬臂挡墙土压力分布和位移变化规律。

[0118] 上述虽然结合附图对发明的具体实施方式进行了描述,但并非对本发明保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本发明的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

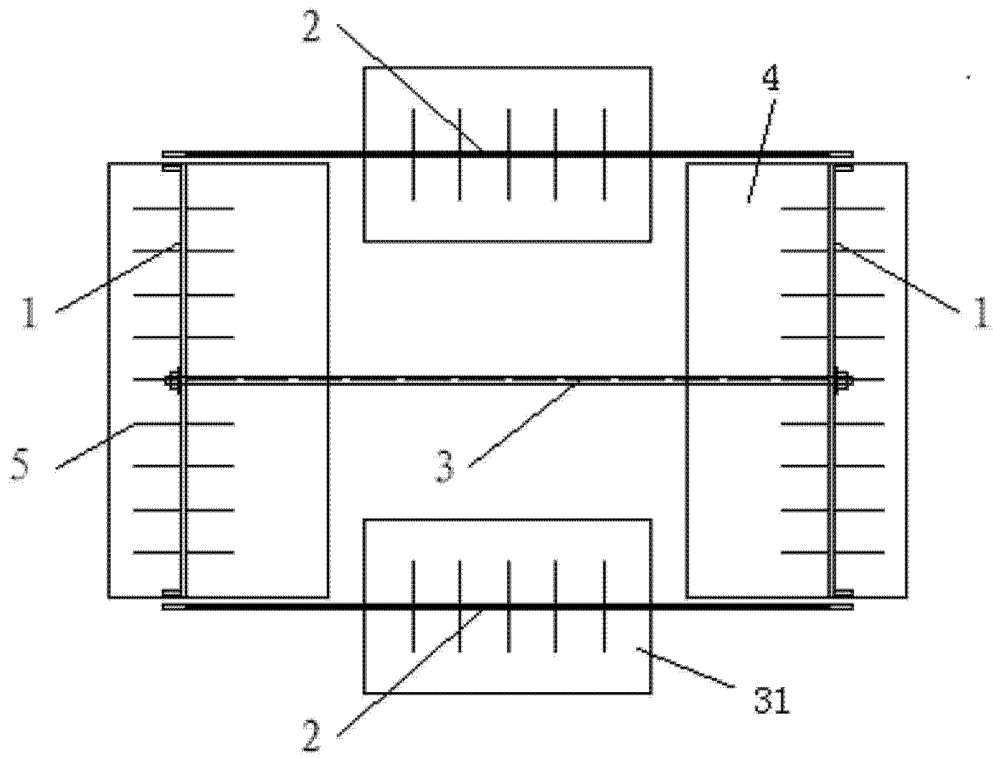


图 1

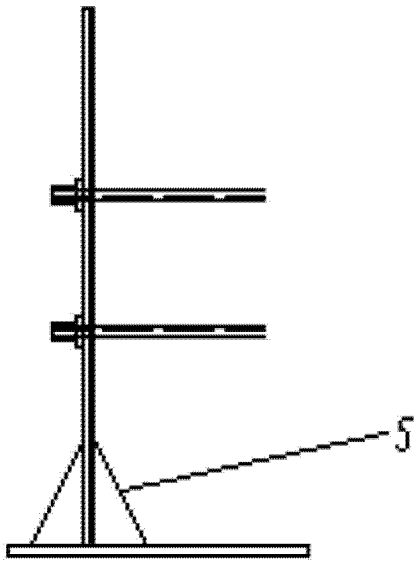


图 2

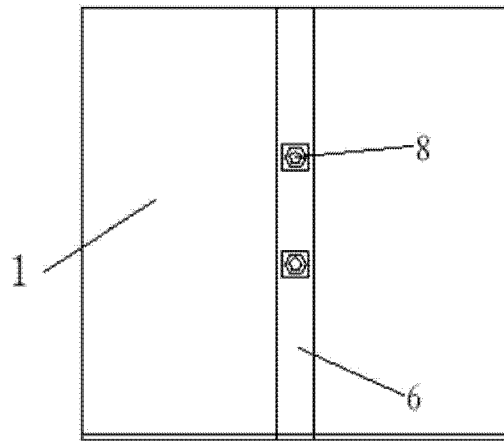


图 3

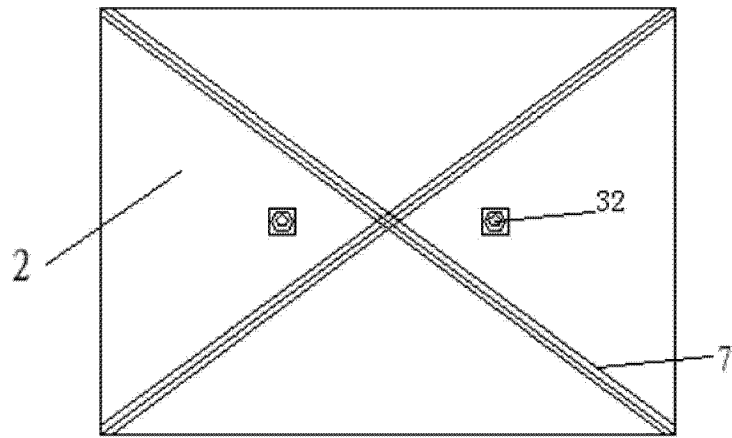


图 4

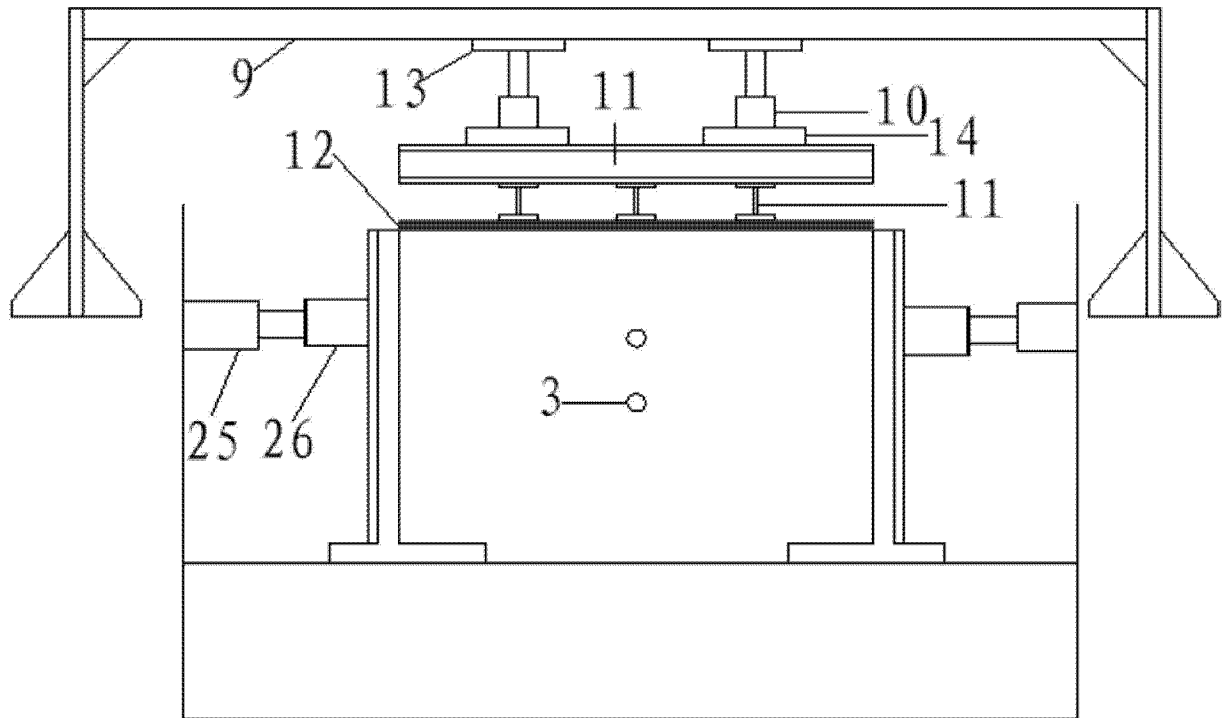


图 5

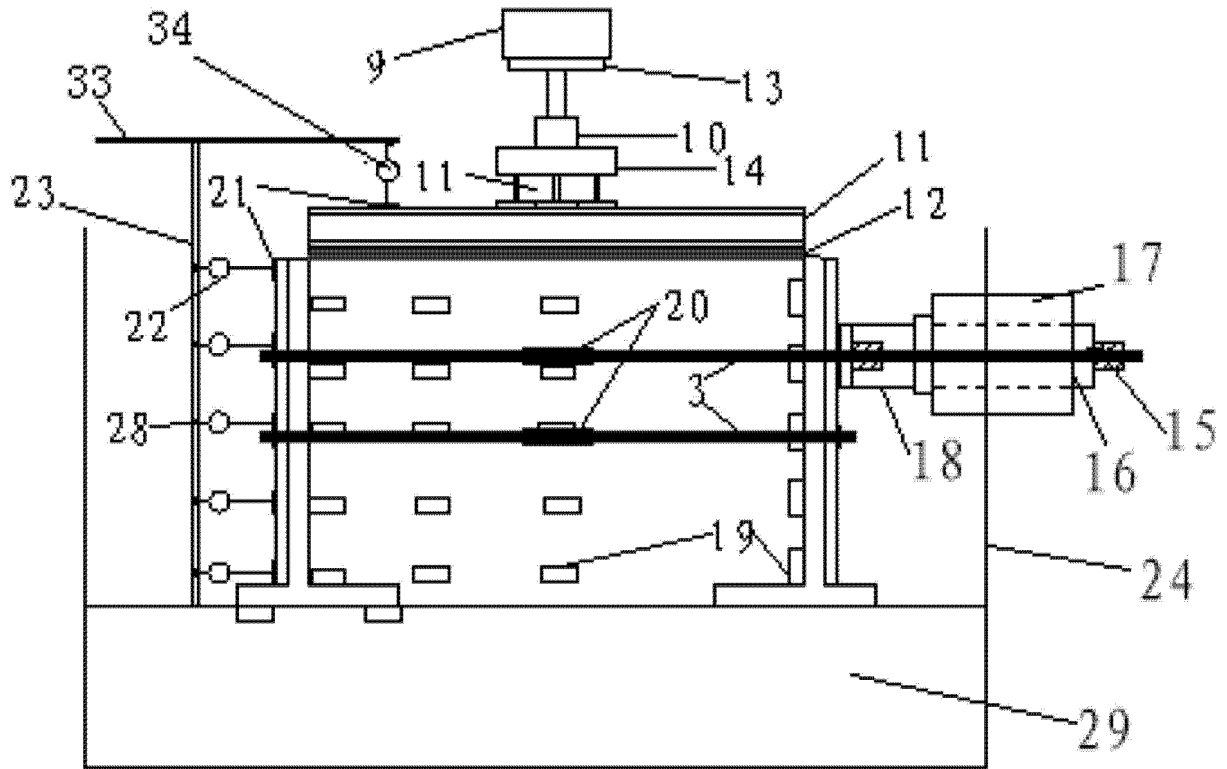


图 6

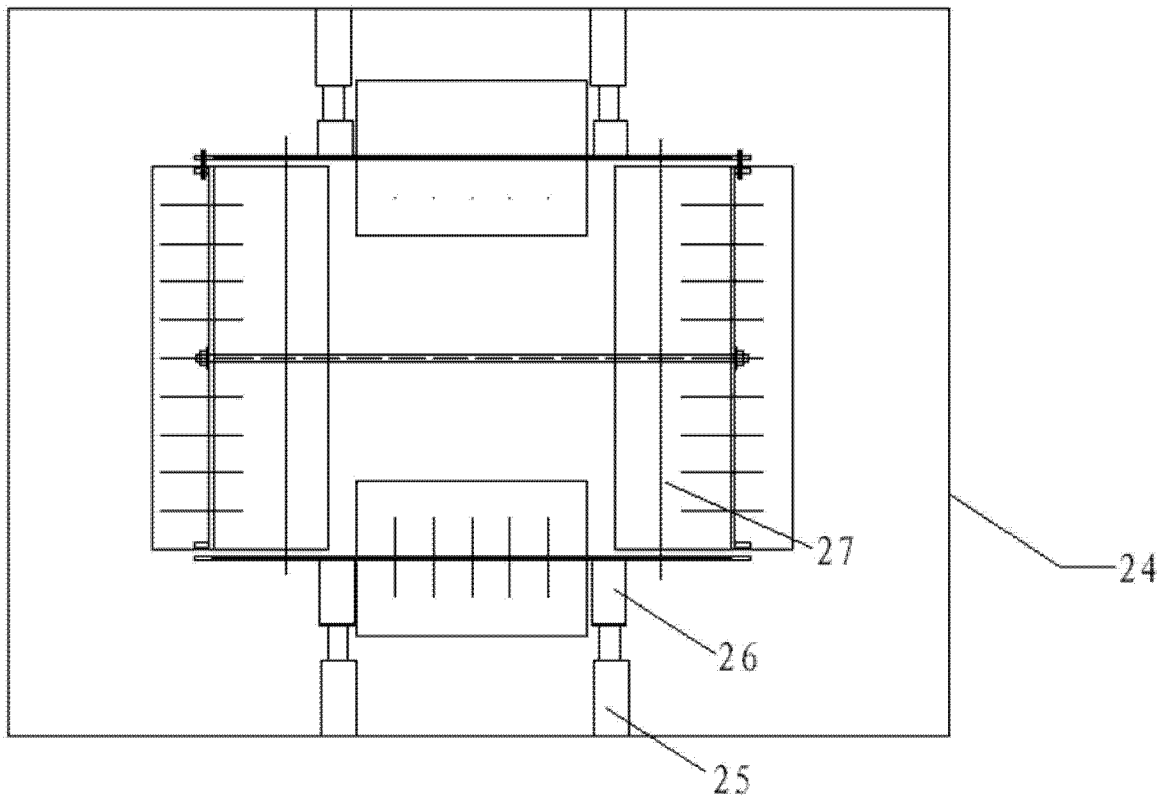


图 7