



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103234902 A

(43) 申请公布日 2013. 08. 07

(21) 申请号 201310142530. 5

(22) 申请日 2013. 04. 23

(71) 申请人 金陵科技学院

地址 211169 江苏省南京市江宁区弘景大道  
99 号

(72) 发明人 陈育志 宣卫红 陈晓洪

(74) 专利代理机构 南京天华专利代理有限责任  
公司 32218

代理人 瞿网兰

(51) Int. Cl.

G01N 19/04 (2006. 01)

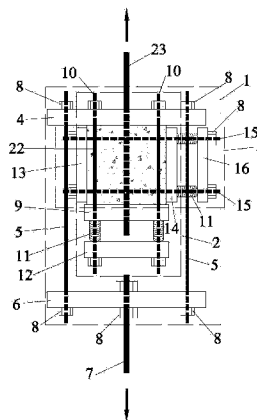
权利要求书2页 说明书6页 附图12页

## (54) 发明名称

复杂受力状态下 FRP 筋与混凝土粘结性能测试装置及方法

## (57) 摘要

一种复杂受力状态下 FRP 筋与混凝土粘结性能测试装置及方法,其特征是它包括竖向外框架(1)、竖向内框架(2)以及横向框架(3),试件(22)夹装横向框架(3)后再夹装在竖向内框架(2)中,竖向内框架(2)再夹装在竖向外框架(1)中,试件(22)的 FRP 筋(23)穿过竖向外框架(1)的顶板后与拉伸试验机相连,竖向外框架(1)下端的底部拉杆(7)也与拉伸试验机相连,试件(22)和底部拉杆(7)的受力方向相反;本发明的装置和方法简单易行,为复杂受力状态下的拔出试验提供了理想的实验装置。



1. 一种复杂受力状态下 FRP 筋与混凝土粘结性能测试装置,其特征是它包括竖向外框架 (1)、竖向内框架 (2) 以及横向框架 (3),试件 (22) 夹装横向框架 (3) 后再夹装在竖向内框架 (2) 中,竖向内框架 (2) 再夹装在竖向外框架 (1) 中,试件 (22) 的 FRP 筋 (23) 穿过竖向外框架 (1) 的顶板后与拉伸试验机相连,竖向外框架 (1) 下端的底部拉杆 (7) 也与拉伸试验机相连,试件 (22) 和底部拉杆 (7) 的受力方向相反;所述的竖向外框架 (1) 包括顶部钢板 (4)、第一竖向立柱钢杆 (5)、第一底部钢板 (6) 和底部拉杆 (7),第一竖向立柱钢杆 (5) 穿过顶部钢板 (4) 和第一底部钢板 (6) 后两端均旋接有螺母 (8),顶部钢板 (4) 和第一底部钢板 (6) 之间形成一个用于安装竖向内框架 (2) 的空间,底部拉杆 (7) 的一端穿过第一底部钢板 (6) 后通过两个螺母 (8) 固定在第一底部钢板 (6) 下方;所述的竖向内框架 (2) 包括与竖向外框架 (1) 共用的顶部钢板 (4)、中间横钢板 (9)、第二竖向立柱钢杆 (10) 和第二底部钢板 (12),第二竖向立柱钢杆 (10) 的上端穿过顶部钢板 (4) 后旋接有螺母 (8),第二竖向立柱钢杆 (10) 的下端穿过中间横钢板 (9) 和第二底部钢板 (12) 后旋接有螺母 (8),并位于在中间横钢板 (9) 和第二底部钢板 (12) 之间的第二竖向立柱钢杆 (10) 上套装有对试件 (22) 施加一个方向作用力的大刚度压力弹簧 (11),在中间横钢板 (9) 与顶部钢板 (4) 之间形成一个用于安装带有横向框架 (3) 的试件 (22) 的空间;所述的横向框架 (3) 包括左侧钢板 (13)、中间竖钢板 (14)、水平钢杆 (15) 和右侧钢板 (16),水平钢杆 (15) 的一端穿过左侧钢板 (13) 后旋接有螺母 (8),水平钢杆 (15) 的另一端穿过中间竖钢板 (14) 和右侧钢板 (16) 后也旋接有螺母 (8),在中间竖钢板 (14) 和右侧钢板 (16) 之间的水平钢杆 (15) 上套装有对试件 (22) 施加另一个方向作用力的大刚度压力弹簧 (11),在左侧钢板 (13) 与中间竖钢板 (14) 之间形成一个夹装试件 (22) 的空间;不同程度的压紧大刚度压力弹簧 (11) 并拧紧对应螺母 (8) 即可通过大刚度压力弹簧 (11) 调整作用在试件上的对应方向的作用力。

2. 根据权利要求 1 所述的测试装置,其特征是所述的顶部钢板 (4) 上设有 9 个圆孔,分别为一个用于穿过 FRP (23) 的筋孔 (17)、四个用于穿过第一竖向立柱钢杆 (5) 的孔 (18) 和四个用于穿过第二竖向立柱钢杆 (10) 的孔 (19)。

3. 根据权利要求 1 所述的测试装置,其特征是所述的第一底部钢板 (6) 上设有 5 个圆孔,分别为一个供底部拉杆 (7) 穿过的孔 (20)、四个供第一竖向立柱钢杆 (5) 穿过的孔 (18)。

4. 根据权利要求 1 所述的测试装置,其特征是所述的中间横钢板 (9) 上设有 5 个圆孔,分别为一个供 FRP 筋穿过的孔 (17) 和四个供第二竖向立柱钢杆 (10) 穿过的孔 (19)。

5. 根据权利要求 1 所述的测试装置,其特征是所述的底部钢板 (12) 上设有 5 个圆孔,分别为一个供 FRP 筋穿过的孔 (17) 和四个供第二竖向立柱钢杆 (10) 穿过的孔 (19)。

6. 根据权利要求 1 所述的测试装置,其特征是左侧钢板 (13)、中间钢板 (14) 和右侧钢板 (16) 均设有 4 个供四根水平钢杆 (15) 穿过的圆孔 (21),圆孔 (21) 的孔径与水平钢杆 (15) 适配。

7. 一种复杂受力状态下 FRP 筋与混凝土粘结性能测试方法,其特征是它包括试件的制备、装夹和拉伸试验,其中:

试件的制备方法包括以下步骤:

首先,进行试模的准备,在试模前后侧模板上中心位置各设 1 个圆孔,孔径与 FRP 筋直

径适配,试模左右侧模上四个拐角处各设4个圆孔,混凝土浇筑前穿4根PVC管,管径与横向框架(3)的4根水平钢杆(13)适配;

第二,将FRP筋和PVC管分别在孔中固定后,浇筑混凝土并振捣密实;

第三,混凝土硬化后拆模,形成横向有4个孔洞的FRP筋混凝土锚固试件,4个孔洞的位置和孔径大小与横向框架(3)的左侧钢板(13)和中间钢板(14)、右侧钢板(16)上的孔(21)位置和大小对应,可以用水平钢杆(15)依次穿过;

试件的装夹方法包括以下步骤:

首先,进行横向框架(3)的安装,将左侧钢板(13)和中间钢板(14)置于混凝土试件两侧,4个孔(21)和试件内的4个孔洞对应,用水平钢杆(15)依次穿过左侧钢板(13)、混凝土试件、中间钢板(14)、大刚度压力弹簧(11)、右侧钢板(16),两端用螺母(8)固定;

第二,进行竖向框架(2)和横向框架(3)的安装,将试件至于竖向框架(2)的顶部钢板(4)和中间钢板(9)之间,FRP筋张拉端穿过顶部钢板(4)上的FRP筋孔(17),4根竖向立柱钢杆(10)依次穿过顶部钢板(4)和中间钢板(9)的孔(19),大刚度压力弹簧(11),底部钢板(12)孔(19)并用螺母(8)在两端固定;

第三,进行横向及竖向荷载的施加,用千斤顶和压力传感器施加压力,可以进行横向和竖向加载,也可以逐次加载,注意横向与竖向荷载的相互影响,进行一定的超加载或二次加载,待荷载达到试验方案指定数值时,用螺母固定,形成稳定的横向和竖向荷载;

第四,安装竖向框架(1),用立柱钢杆(5)穿过顶部钢板(4)和底部钢板(6),并用螺母固定;

第五,安装底部拉杆(7),完成整个装置的安装;

拉伸试验是指将装夹完成的试件和装置夹持到试验机上,FRP筋张拉端与底部拉杆(7)分别与拉伸试验机的固定端及施力端相夹,启动拉伸试验机进行拉伸试验,记录试验数据。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征是通过压紧大刚度压力弹簧(11)实现预加不同大小的横向及竖向荷载,模拟不同实际工况下的FRP筋与混凝土锚固性能。

## 复杂受力状态下 FRP 筋与混凝土粘结性能测试装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种建筑构件受力测试技术,尤其是一种 FRP 筋与混凝土粘结性能测试技术,具体说是一种能模拟实际受力情况的复杂受力状态下进行 FRP 筋与混凝土粘结性能拔出试验的方法及装置。

### 背景技术

[0002] 钢筋锈蚀是结构丧失承载力,影响预期使用寿命的主要因素,也是影响钢筋混凝土结构耐久性的一个重要问题。FRP 筋是以连续纤维(玻璃纤维、碳纤维、芳纶纤维、混杂纤维)为增强材料,以合成树脂为基体材料,并掺入适量辅助剂,经拉挤成型技术和必要的表面处理形成的一种新型复合材料。与传统的钢筋相比,它具有抗腐蚀、抗疲劳、强度高、重量轻、非电磁性等优点,其优异的力学性能及适应现代工程结构向大跨、高耸、重载、轻质发展的需求,正被越来越广泛地应用于桥梁工程、各类民用建筑、海洋工程、地下工程中,受到结构工程界广泛关注。

[0003] FRP 复合材料在与混凝土结构共同作用的过程中,往往不是由于 FRP 材料被拉断破坏,而是由于 FRP-混凝土界面强度不足导致混凝土结构界面被剥离破坏。

[0004] FRP 筋与混凝土的粘结性能是 FRP 筋混凝土结构中最基本的力学行为,也是影响 FRP 筋混凝土构件受力性能、变形能力等的主要因素。由于 FRP 筋与钢筋的材料性能以及表面形态的不同,使 FRP 筋混凝土的粘结性能与钢筋混凝土的粘结性能存在较大差异。因此,FRP 筋与混凝土之间的粘结性能是该领域研究人员关注的重点问题。

[0005] FRP 筋与混凝土之间的相互作用是在整个结构自重、约束等影响下产生的,即 FRP 筋与混凝土之间粘结作用受到比较复杂的外部荷载影响,这对 FRP 筋与混凝土之间粘结性能将产生较大的影响。因此,在自由约束状态下进行 FRP 筋与混凝土粘结性能测试与真实情况存在一定的差异。本发明提出的方法和装置,能够模拟结构构件的真实受力情况,在接近真实受力的情况下开展 FRP 与混凝土粘结性能测试。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是针对现有的测试装置只能在不受外部荷载作用下进行 FRP 筋与混凝土粘结性能测试与真实情况存在一定的差异这一问题,设计一种能模拟实际受力状态的复杂受力状态下 FRP 筋与混凝土粘结性能测试装置,同时提出相应的测试方法。

[0007] 本发明的技术方案之一是:

一种复杂受力状态下 FRP 筋与混凝土粘结性能测试装置,其特征是它包括竖向外框架 1、竖向内框架 2 以及横向框架 3,试件 22 夹装横向框架 3 后再夹装在竖向内框架 2 中,竖向内框架 2 再夹装在竖向外框架 1 中,试件 22 的 FRP 筋 23 穿过竖向外框架 1 的顶板后与拉伸试验机相连,竖向外框架 1 下端的底部拉杆 7 也与拉伸试验机相连,试件 22 和底部拉杆 7 的受力方向相反;所述的竖向外框架 1 包括顶部钢板 4、第一竖向立柱钢杆 5、第一底部钢板 6 和底部拉杆 7,第一竖向立柱钢杆 5 穿过顶部钢板 4 和第一底部钢板 6 后两端均旋接有

螺母 8, 顶部钢板 4 和第一底部钢板 6 之间形成一个用于安装竖向内框架 2 的空间, 底部拉杆 7 的一端穿过第一底部钢板 6 后通过两个螺母 8 固定在第一底部钢板 6 下方; 所述的竖向内框架 2 包括与竖向外框架 1 共用的顶部钢板 4、中间横钢板 9、第二竖向立柱钢杆 10 和第二底部钢板 12, 第二竖向立柱钢杆 10 的上端穿过顶部钢板 4 后旋接有螺母 8, 第二竖向立柱钢杆 10 的下端穿过中间横钢板 9 和第二底部钢板 12 后旋接有螺母 8, 并位于在中间横钢板 9 和第二底部钢板 12 之间的第二竖向立柱钢杆 10 上套装有对试件 22 施加一个方向作用力的大刚度压力弹簧 11, 在中间横钢板 9 与顶部钢板 4 之间形成一个用于安装带有横向框架 3 的试件 22 的空间; 所述的横向框架 3 包括左侧钢板 13、中间竖钢板 14、水平钢杆 15 和右侧钢板 16, 水平钢杆 15 的一端穿过左侧钢板 13 后旋接有螺母 8, 水平钢杆 15 的另一端穿过中间竖钢板 14 和右侧钢板 16 后也旋接有螺母 8, 在中间竖钢板 14 和右侧钢板 16 之间的水平钢杆 15 上套装有对试件 22 施加另一个方向作用力的大刚度压力弹簧 11, 在左侧钢板 13 与中间竖钢板 14 之间形成一个夹装试件 22 的空间; 不同程度的压紧大刚度压力弹簧 11 并拧紧对应螺母 8 即可通过大刚度压力弹簧 11 调整作用在试件上的对应方向的作用。

[0008] 所述的顶部钢板 4 上设有 9 个圆孔, 分别为一个用于穿过 FRP23 的筋孔 17、四个用于穿过第一竖向立柱钢杆 5 的孔 18 和四个用于穿过第二竖向立柱钢杆 10 的孔 19。

[0009] 所述的第一底部钢板 6 上设有 5 个圆孔, 分别为一个供底部拉杆 7 穿过的孔 20、四个供第一竖向立柱钢杆 5 穿过的孔 18。

[0010] 所述的中间横钢板 9 上设有 5 个圆孔, 分别为一个供 FRP 筋穿过的孔 17 和四个供第二竖向立柱钢杆 10 穿过的孔 19。

[0011] 所述的底部钢板 12 上设有 5 个圆孔, 分别为一个供 FRP 筋穿过的孔 17 和四个供第二竖向立柱钢杆 10 穿过的孔 19。

[0012] 左侧钢板 13、中间钢板 14 和右侧钢板 16 均设有 4 个供四根水平钢杆 15 穿过的圆孔 21, 圆孔 21 的孔径与水平钢杆 15 适配。

[0013] 竖向内框架 2, 与竖向外框架 1 共用顶部钢板 4, 由第二竖向立柱钢杆 10 依次穿过顶部钢板 4、中间横钢板 9、大刚度压力弹簧 11、底部钢板 12, 用螺母 8 固定形成, 混凝土试件位于顶部钢板 4 和中间钢板 9 之间, FRP 筋 23 穿过顶部钢板 4 中间孔 17 伸出。

[0014] 横向框架 3 由水平钢杆 15 依次穿过左侧钢板 13、混凝土试件预留孔洞、中间竖钢板 14、大刚度压力弹簧 11、右侧钢板 16, 用螺母 8 固定形成, 混凝土试件位于左侧钢板 13 和中间钢板 14 之间。

[0015] 竖向外框架 1 由第一竖向立柱钢杆 5 穿过顶部钢板 4、底部钢板 6, 用螺母 8 固定形成, 第一底部钢板 6 底部安装拉杆 7, 竖向内框架 2 置于由第一竖向立柱钢杆 5、顶部钢板 4、第一底部钢板 6 形成的竖向外框架 1 空间内。

[0016] 为安装方便, 竖向内框架 2 的第二竖向立柱钢杆 10 和横向框架 3 的水平钢杆 15 可以采用相同规格, 对应的螺母 8 可以采用相同规格。

[0017] 本发明的技术方案之二是:

一种复杂受力状态下 FRP 筋与混凝土粘结性能测试方法, 其特征是它包括试件的制备、装夹和拉伸试验;

试件的制备方法步骤为:

首先,进行试模的准备,在试模前后侧模板上中心位置各设1个圆孔,用于穿过FRP筋,试模左右侧模上四个拐角处各设4个圆孔,用于穿4根PVC管,在混凝土浇筑后形成预留孔洞,预留的孔洞用于穿过横向框架3的4根水平钢杆15,目的是方便竖向框架和横向框架的同时安装;

第二,将FRP筋和PVC管分别在试模侧模孔中固定后,浇筑混凝土并振捣密实;

第三,混凝土硬化后拆模,形成横向有4个孔洞的FRP筋混凝土锚固试件,4个孔洞的位置和孔径大小与横向框架3的左侧钢板13和中间竖钢板14、右侧钢板16上的孔21位置和大小对应,可以用水平钢杆15依次穿过。

[0018] 试件的装夹方法步骤为:

首先,进行横向框架3的安装,将左侧钢板13和中间钢板14置于混凝土试件两侧,4个孔21和混凝土试件预留的4个孔洞对应,用水平钢杆15依次穿过左侧钢板13、混凝土试件、中间竖钢板14、大刚度压力弹簧11、右侧钢板16,两端用螺母8固定;

第二,进行竖向内框架2和横向框架3的安装,将试件至于竖向内框架2的顶部钢板4和中间钢板9之间,FRP筋张拉端穿过顶部钢板4上的FRP筋孔17,4根第二竖向立柱钢杆10依次穿过顶部钢板4和中间横钢板9的孔19,大刚度压力弹簧11,第二底部钢板12孔19并用螺母8在两端固定;

第三,进行横向及竖向荷载的施加,用千斤顶和压力传感器施加压力,压缩弹簧,可以同时进行横向和竖向加载,也可以逐次加载,注意横向与竖向荷载的相互影响,进行一定的超加载或二次加载,待荷载达到试验方案指定数值时,用螺母固定,通过受压缩的弹簧对试件形成稳定的横向和竖向荷载;

第四,安装竖向外框架1,用第一竖向立柱钢杆5穿过顶部钢板4和第一底部钢板6,并用螺母8固定;

第五,安装底部拉杆7,完成整个装置的安装。

[0019] 拉伸试验是指将装夹完成的试件和装置夹持到试验机上,FRP筋张拉端与底部拉杆7分别与拉伸试验机的固定端及施力端相夹,启动拉伸试验机进行拉伸试验,记录试验数据。

[0020] 由于FRP筋材质较脆,会因试验机的液压夹具夹持破坏,因此可以将FRP筋张拉端套一钢管并用结构胶锚固,通过夹持钢管来施加拉力。

[0021] 本发明的有益效果:

本发明为研究不同外部荷载作用下FRP筋与混凝土粘结锚固性能的变化规律提供了必要的试验装置和方法,试验结果与工程实际情况更接近。

[0022] 本发明具有装置简单,操作方便的优点。

## 附图说明

[0023] 图1是本发明的FRP筋与混凝土试件的主视及左视图;图1a是主视图,图1b是左视图。

[0024] 图2是本发明的竖向内框架示意图。

[0025] 图3是本发明的竖向内框架与试件夹持示意图。

[0026] 图4是本发明的横向框架的示意图。

- [0027] 图 5 是本发明的横向框架与试件夹持示意图。
- [0028] 图 6 是本发明的竖向内框架、横向框架与试件组合夹持示意图。
- [0029] 图 7 是本发明的竖向外框架的示意图。
- [0030] 图 8 是本发明的竖向外框架、竖向内框架、横向框架 3 与试件组合示意图。
- [0031] 图 9 是本发明的顶部钢板上的开孔示意图。
- [0032] 图 10 是本发明的第一底部钢板上的开孔示意图。
- [0033] 图 11 是本发明的中间横钢板和第二底部钢板上的开孔示意图。
- [0034] 图 12 是本发明的左侧钢板、中间竖钢板和右侧钢板上的开孔示意图。

### 具体实施方式

[0035] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的说明。

[0036] 实施例一。

[0037] 如图 1-12 所示。

一种复杂受力状态下 FRP 筋与混凝土粘结性能测试装置,它包括竖向外框架 1(图 7)、竖向内框架 2(图 2) 以及横向框架 3(图 4),试件 22(图 1) 夹装横向框架 3 后再夹装在竖向内框架 2 中,竖向内框架 2 再夹装在竖向外框架 1 中,试件 22 的 FRP 筋 23 穿过竖向外框架 1 的顶板后与拉伸试验机相连,竖向外框架 1 下端的底部拉杆 7 也与拉伸试验机相连,试件 22 和底部拉杆 7 的受力方向相反。所述的竖向外框架 1(图 7) 包括顶部钢板 4、第一竖向立柱钢杆 5、第一底部钢板 6 和底部拉杆 7,第一竖向立柱钢杆 5 穿过顶部钢板 4 和第一底部钢板 6 的两端后均旋接有螺母 8,顶部钢板 4 和第一底部钢板 6 之间形成一个用于安装竖向内框架 2 的空间,底部拉杆 7 的一端穿过第一底部钢板 6 后通过两个螺母 8 固定在第一底部钢板 6 下方。所述的竖向内框架 2(图 2) 包括与竖向外框架 1 共用的顶部钢板 4、中间横钢板 9、第二竖向立柱钢杆 10 和第二底部钢板 12,第二竖向立柱钢杆 10 的上端穿过顶部钢板 4 后旋接有螺母 8,第二竖向立柱钢杆 10 的下端穿过中间横钢板 9 和第二底部钢板 12 后旋接有螺母 8,并位于在中间横钢板 9 和第二底部钢板 12 之间的第二竖向立柱钢杆 10 上套装有对试件 22 施加一个方向作用力的大刚度压力弹簧 11,在中间横钢板 9 与顶部钢板 4 之间形成一个用于安装带有横向框架 3 的试件 22 的空间。横向框架 3(图 4) 包括左侧钢板 13、中间竖钢板 14、水平钢杆 15 和右侧钢板 16,水平钢杆 15 的一端穿过左侧钢板 13 后旋接有螺母 8,水平钢杆 15 的另一端穿过中间竖钢板 14 和右侧钢板 16 后也旋接有螺母 8,在中间竖钢板 14 和右侧钢板 16 之间的水平钢杆 15 上套装有对试件 22 施加另一个方向作用力的大刚度压力弹簧 11,在左侧钢板 13 与中间竖钢板 14 之间形成一个夹装试件 22 的空间;不同程度压紧大刚度压力弹簧 11 并拧紧对应螺母 8 即可通过大刚度压力弹簧 11 调整作用在试件上的对应方向的作用力。所述的顶部钢板 4 上设有 9 个圆孔,分别为一个用于穿过 FRP23 的筋孔 17、四个用于穿过第一竖向立柱钢杆 5 的孔 18 和四个用于穿过第二竖向立柱钢杆 10 的孔 19,如图 9。第一底部钢板 6 上设有 5 个圆孔,分别为一个供底部拉杆 7 穿过的孔 20、四个供第一竖向立柱钢杆 5 穿过的孔 18,如图 10。所述的中间横钢板 9 上设有 5 个圆孔,分别为一个供 FRP 筋穿过的孔 17 和四个供第二竖向立柱钢杆 10 穿过的孔 19,如图 11。所述的底部钢板 12 上也设有 5 个圆孔,分别为一个供 FRP 筋穿过的孔 17 和四个供第二竖向立柱钢杆 10 穿过的孔 19。左侧钢板 13、中间钢板 14 和右侧钢板 16 均

设有 4 个供四根水平钢杆 15 穿过的圆孔 21, 圆孔 21 的孔径与水平钢杆 15 适配, 如图 12。

[0038] 竖向内框架 2 与竖向外框架 1 共用顶部钢板 4, 由第二竖向立柱钢杆 10 依次穿过顶部钢板 4、中间横钢板 9、大刚度压力弹簧 11、底部钢板 12, 用螺母 8 固定形成, 混凝土试件 22 位于顶部钢板 4 和中间横钢板 9 之间, FRP 筋 23 穿过顶部钢板 4 上的中间孔 17 伸出。

[0039] 横向框架 3 由水平钢杆 15 依次穿过左侧钢板 13、混凝土试件预留孔洞、中间竖钢板 14、大刚度压力弹簧 11、右侧钢板 16, 用螺母 8 固定形成, 混凝土试件位于左侧钢板 13 和中间竖钢板 14 之间。

[0040] 竖向外框架 1 由第一竖向立柱钢杆 5 穿过顶部钢板 4、第一底部钢板 6, 用螺母 8 固定形成, 第一底部钢板 6 底部安装拉杆 7, 竖向内框架 2 置于由第一竖向立柱钢杆 5、顶部钢板 4、第一底部钢板 6 形成的竖向外框架 1 空间内。

[0041] 为安装方便, 竖向内框架 2 的第二竖向立柱钢杆 10 和横向框架 3 的水平钢杆 15 可以采用相同规格, 所使用的螺母 8 可以采用相同规格。

[0042] 实施例二。

[0043] 一种复杂受力状态下 FRP 筋与混凝土粘结性能测试方法, 其特征是它包括试件的制备、装夹和拉伸试验。

[0044] 试件的制备方法和步骤为:

首先, 进行试模的准备, 在试模前后侧模板上中心位置各设 1 个圆孔, 用于穿过 FRP 筋, 试模左右侧模上四个拐角处各设 4 个圆孔, 用于穿 4 根 PVC 管, 在混凝土浇筑后形成预留孔洞, 预留的孔洞用于穿过横向框架 3 的 4 根水平钢杆 15, 目的是方便竖向内框架和横向框架的同时安装, 如图 1 和图 6;

第二, 将 FRP 筋和 PVC 管分别在试模侧模孔中固定后, 浇筑混凝土并振捣密实;

第三, 混凝土硬化后拆模, 形成横向有 4 个孔洞的 FRP 筋混凝土锚固试件 22, 4 个孔洞的位置和孔径大小与横向框架 3 的左侧钢板 13 和中间竖钢板 14、右侧钢板 16 上的孔 21 位置和大小对应, 可以用水平钢杆 15 依次穿过。

[0045] 试件的装夹方法和步骤为:

首先, 进行进行横向框架 3 的安装, 将左侧钢板 13 和中间钢板 14 置于混凝土试件两侧, 4 个孔 21 和混凝土试件预留的 4 个孔洞对应 (图 12), 用水平钢杆 15 依次穿过左侧钢板 13、混凝土试件、中间钢板 14、大刚度压力弹簧 11、右侧钢板 16, 两端用螺母 8 固定, 如图 5 所示;

第二, 先进行竖向内框架 2 和横向框架 3 的安装, 将试件至于竖向内框架 2 的顶部钢板 4 和中间横钢板 9 之间, FRP 筋张拉端穿过顶部钢板 4 上的 FRP 筋孔 17, 4 根竖第二向立柱钢杆 10 依次穿过顶部钢板 4 和中间竖钢板 9 的孔 19, 大刚度压力弹簧 11, 第二底部钢板 12 孔 19 并用螺母 8 在两端固定; 如图 6、11 所示;

第三, 进行横向及竖向荷载的施加, 用千斤顶和压力传感器施加压力, 压缩弹簧, 可以同时进行横向和竖向加载, 也可以逐次加载, 注意横向与竖向荷载的相互影响, 进行一定的超加载或二次加载, 待荷载达到试验方案指定数值时, 用螺母固定, 通过受压缩的弹簧对试件形成稳定的横向和竖向荷载;

第四, 安装竖向外框架 1, 用第一竖向立柱钢杆 5 穿过顶部钢板 4 和第一底部钢板 6, 并



用螺母固定；

第五,安装底部拉杆 7,完成整个装置的安装,如图 8 所示；

拉伸试验是指将装夹完成的试件和装置夹持到试验机上,FRP 筋张拉端与底部拉杆 7 分别与拉伸试验机的固定端及施力端相夹,启动拉伸试验机进行拉伸试验,记录试验数据。

[0046] 由于 FRP 筋材质较脆,会因试验机的液压夹具夹持破坏,因此可以将 FRP 筋张拉端套一钢管并用结构胶锚固,通过夹持钢管来施加拉力。

[0047] 本发明未涉及部分均与现有技术相同或可采用现有技术加以实现。

[0048] 以上所述仅为本发明一种实施示例,并非因此限制本发明的保护范围,凡运用本发明说明书及附图内容所做的等效结构变化,均同理包含在本发明的范围内。

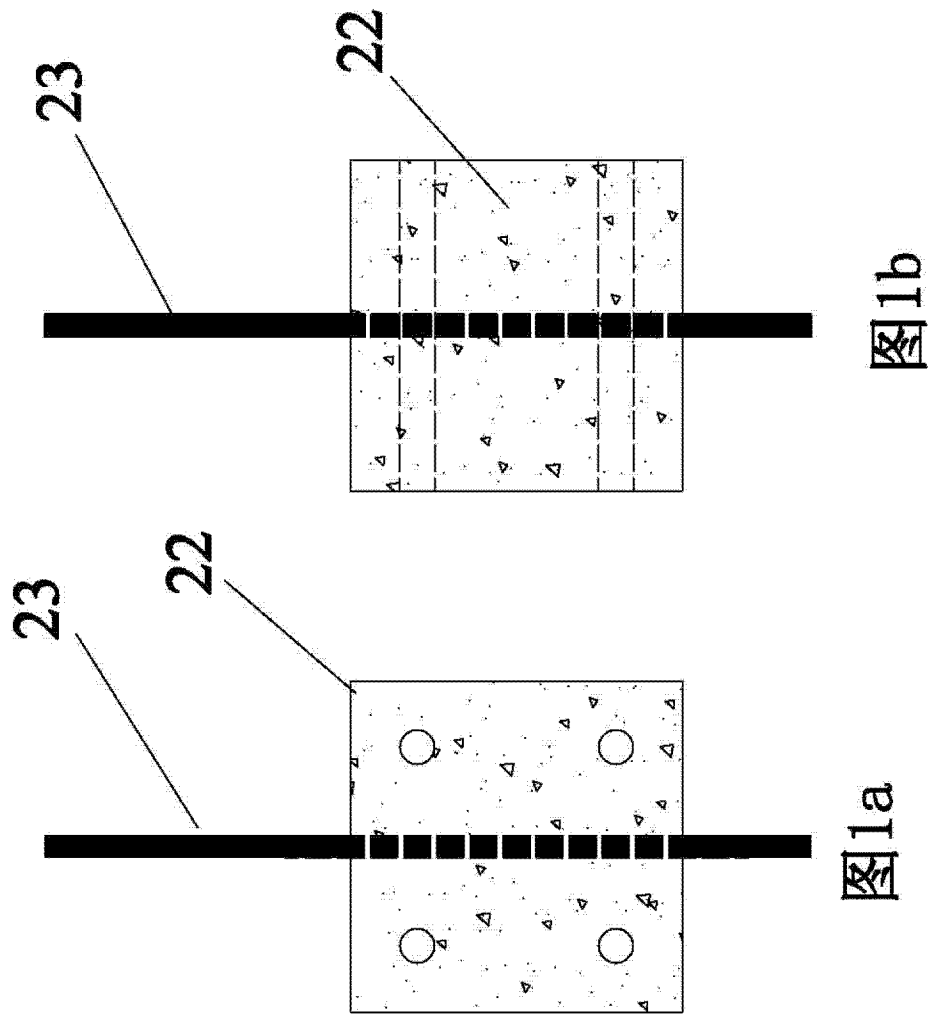


图 1

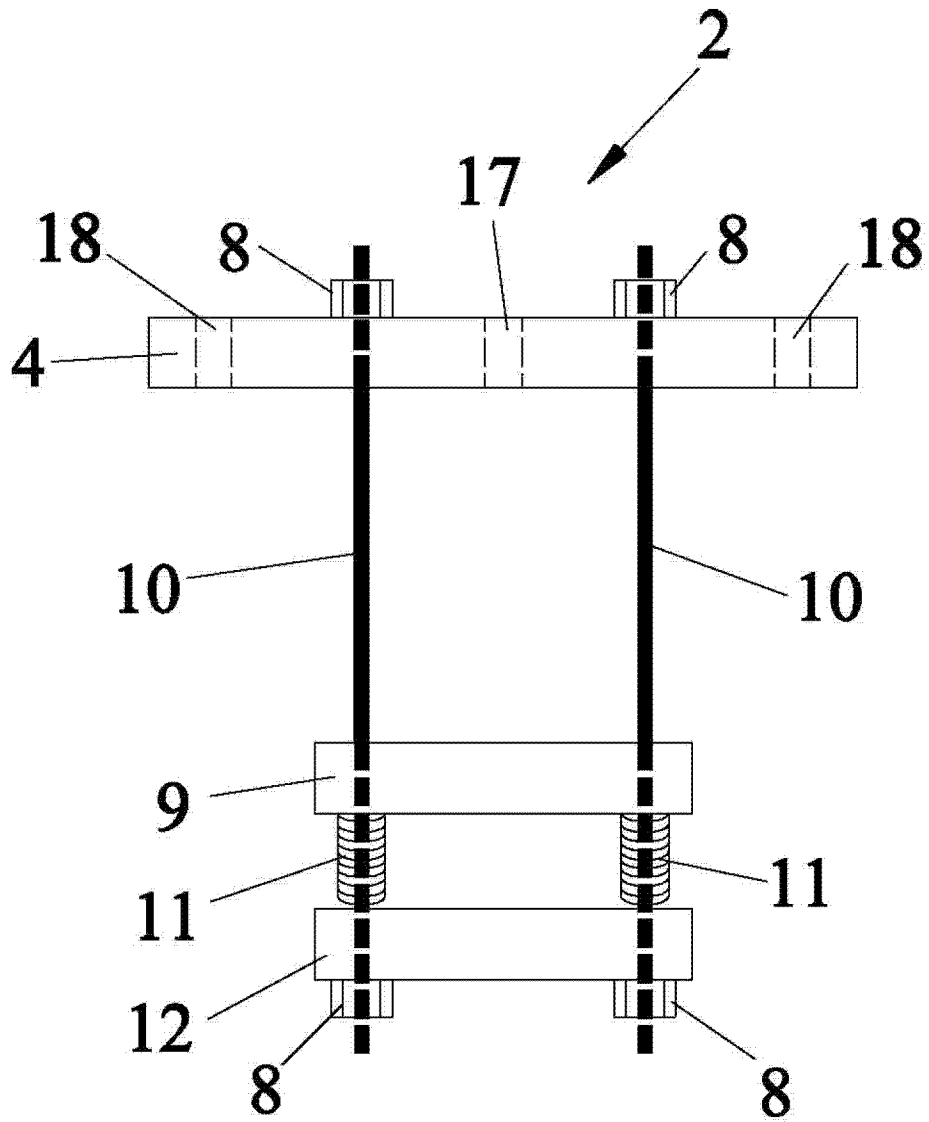


图 2

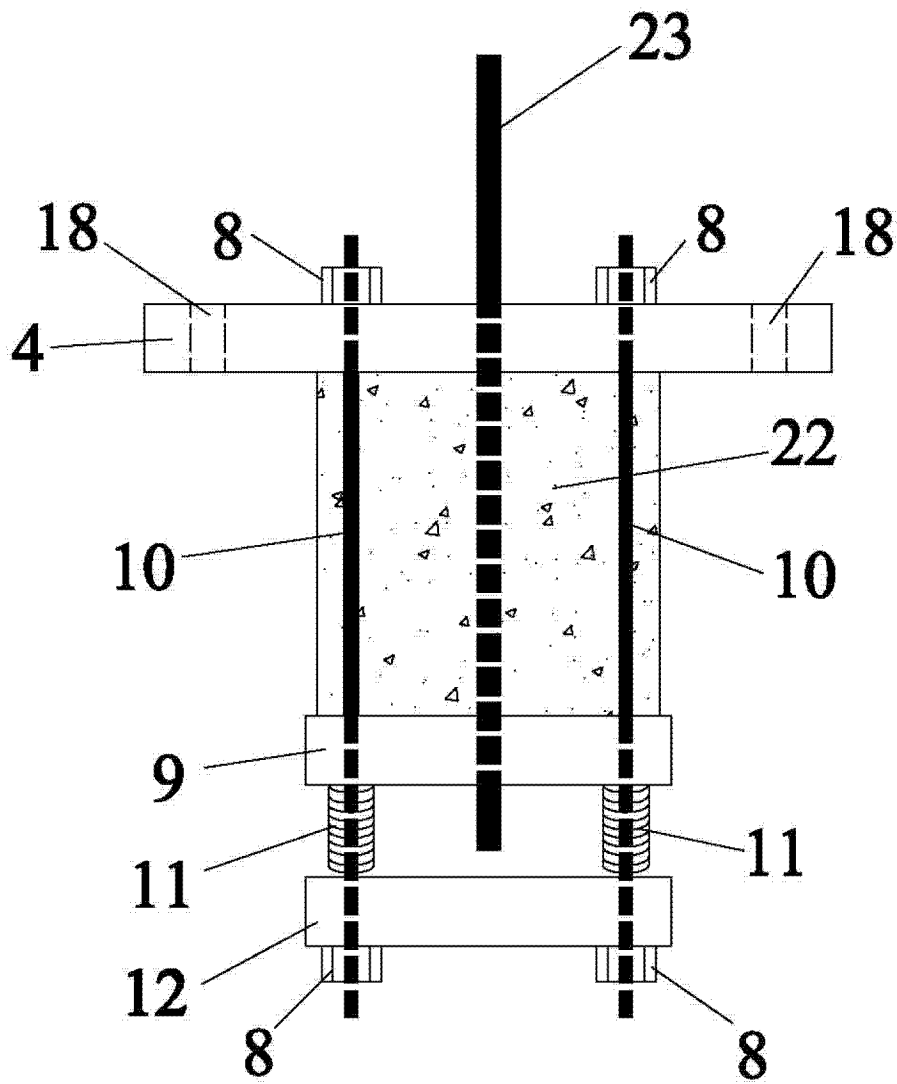


图 3

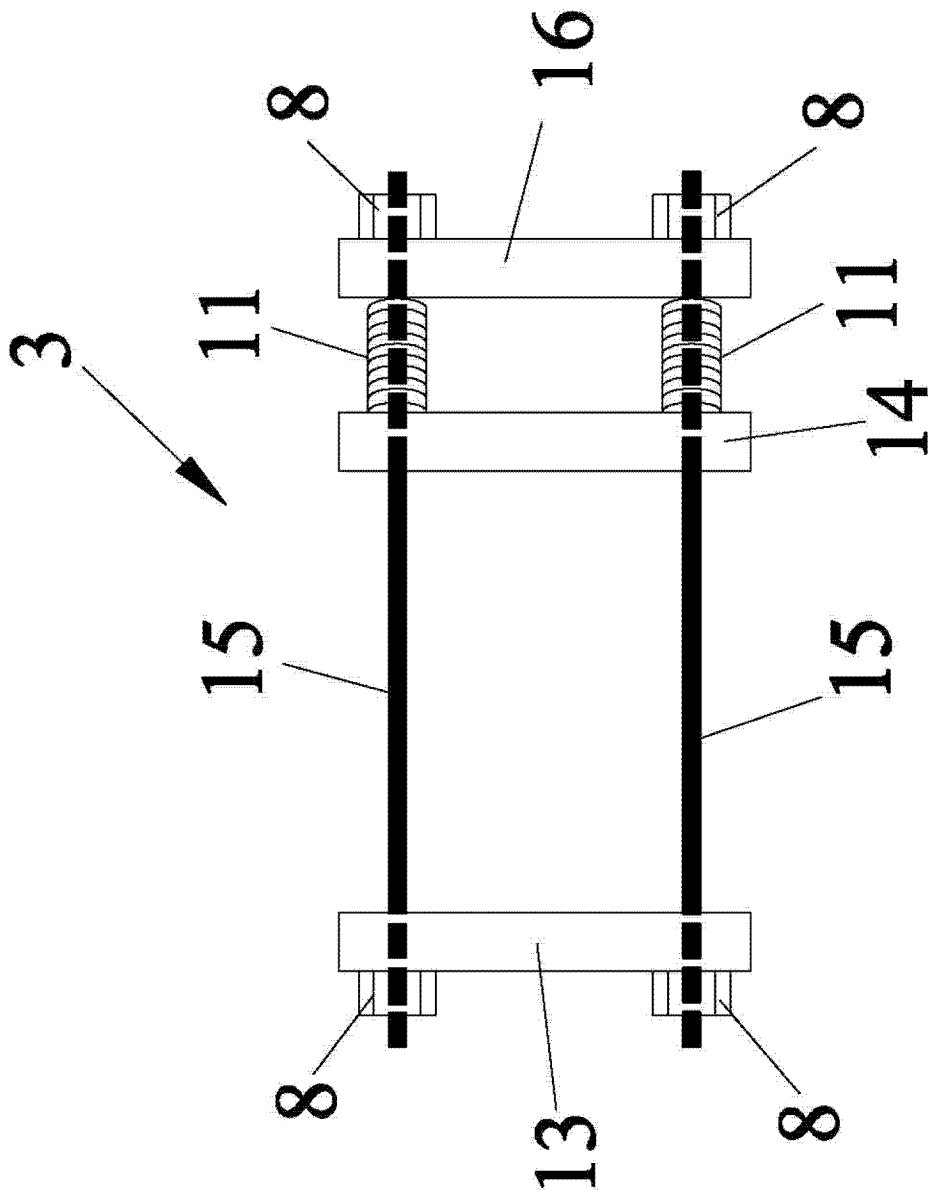


图 4

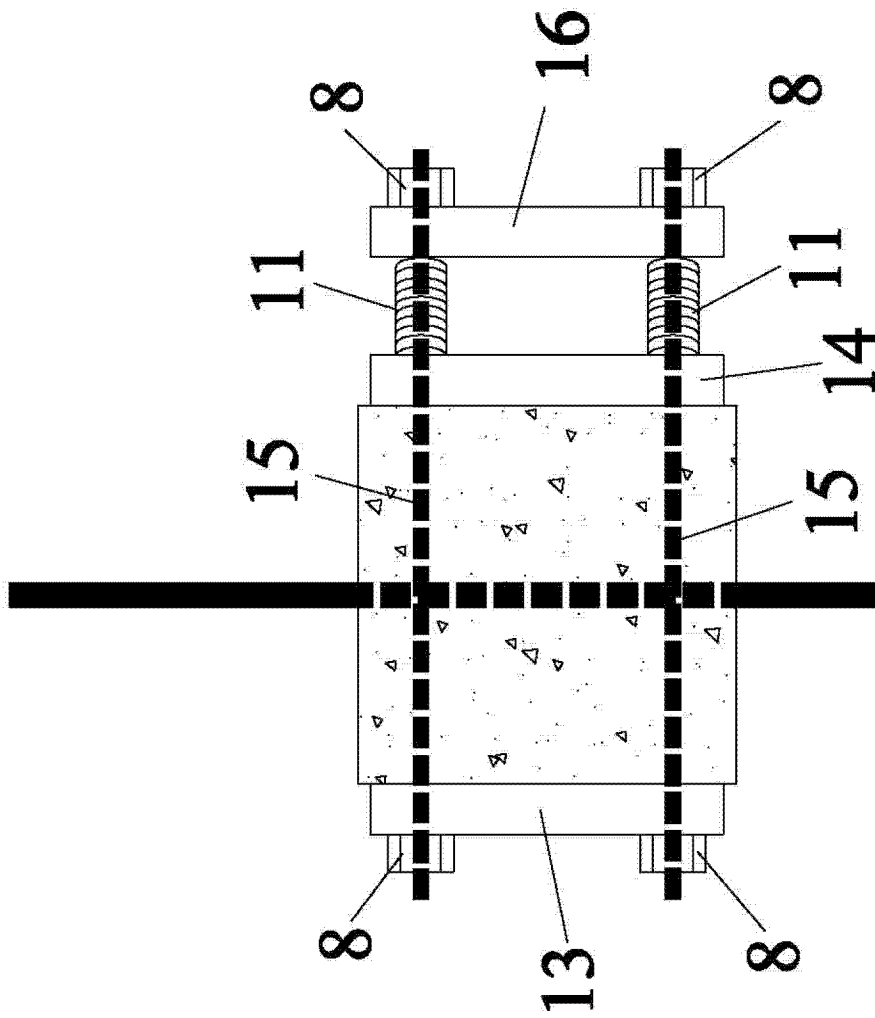


图 5

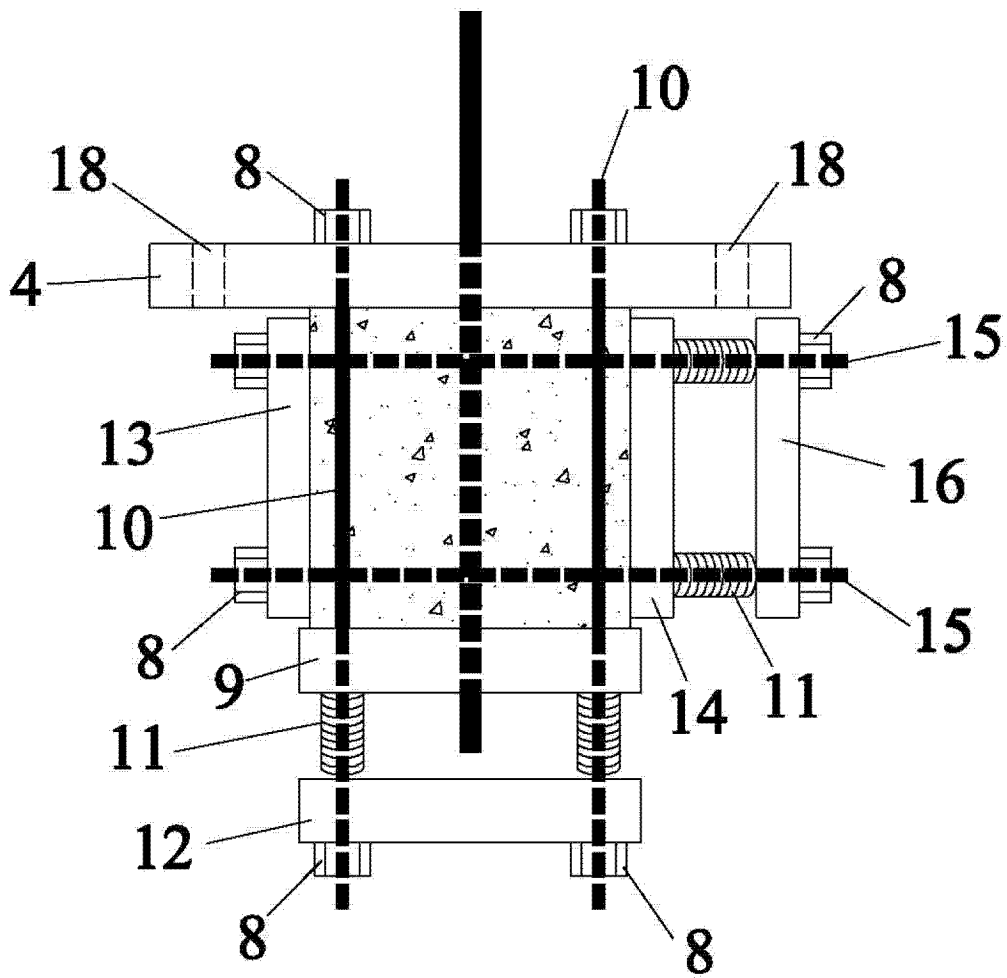


图 6

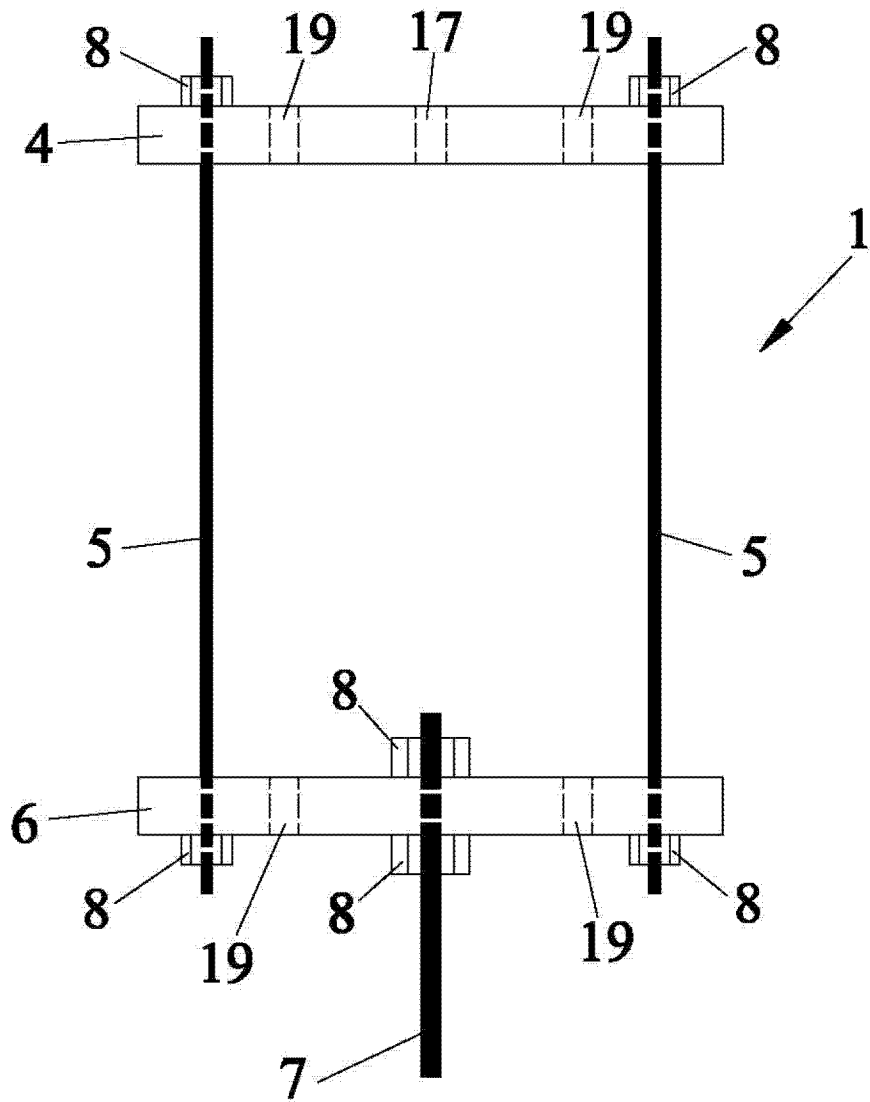


图 7



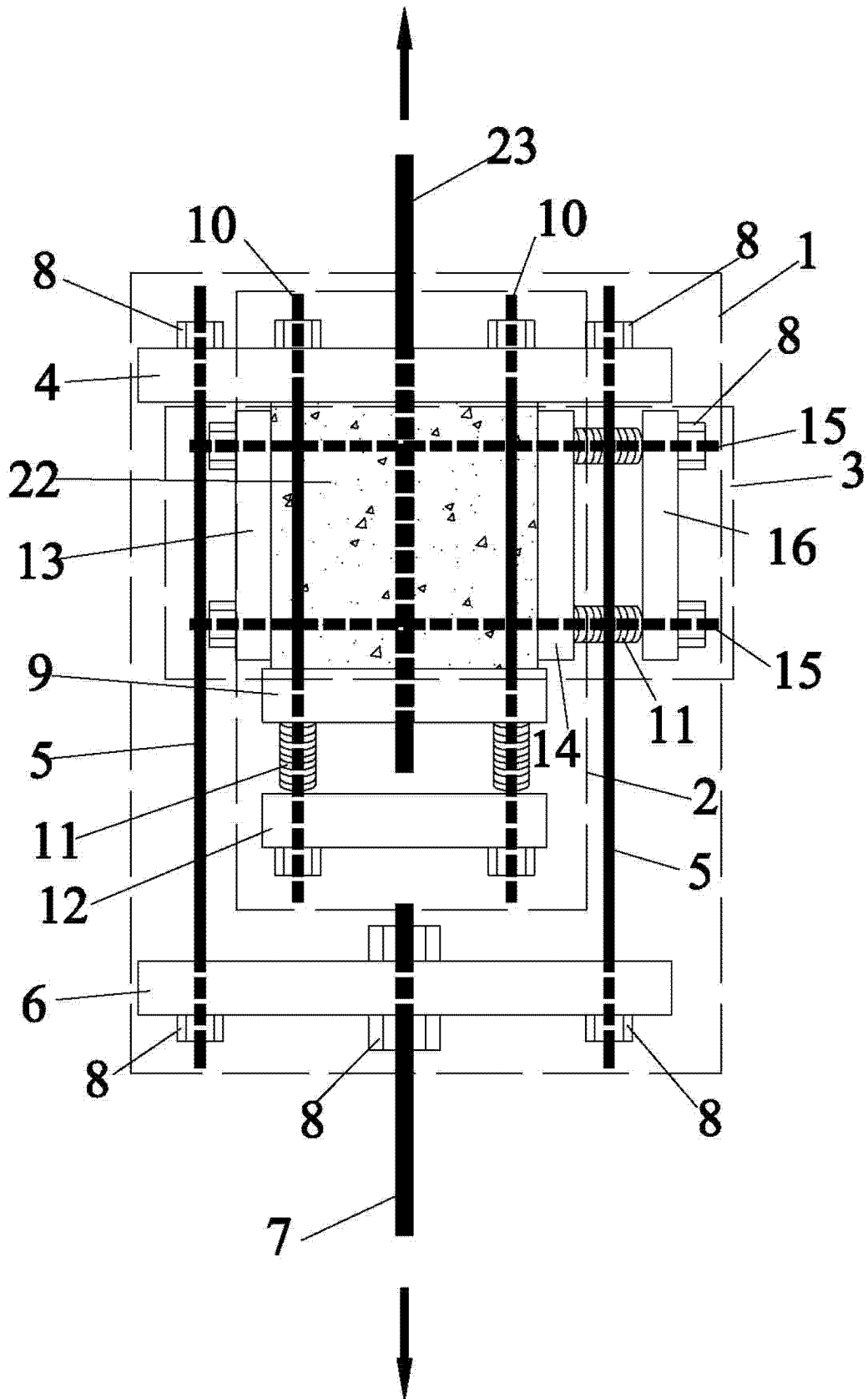


图 8

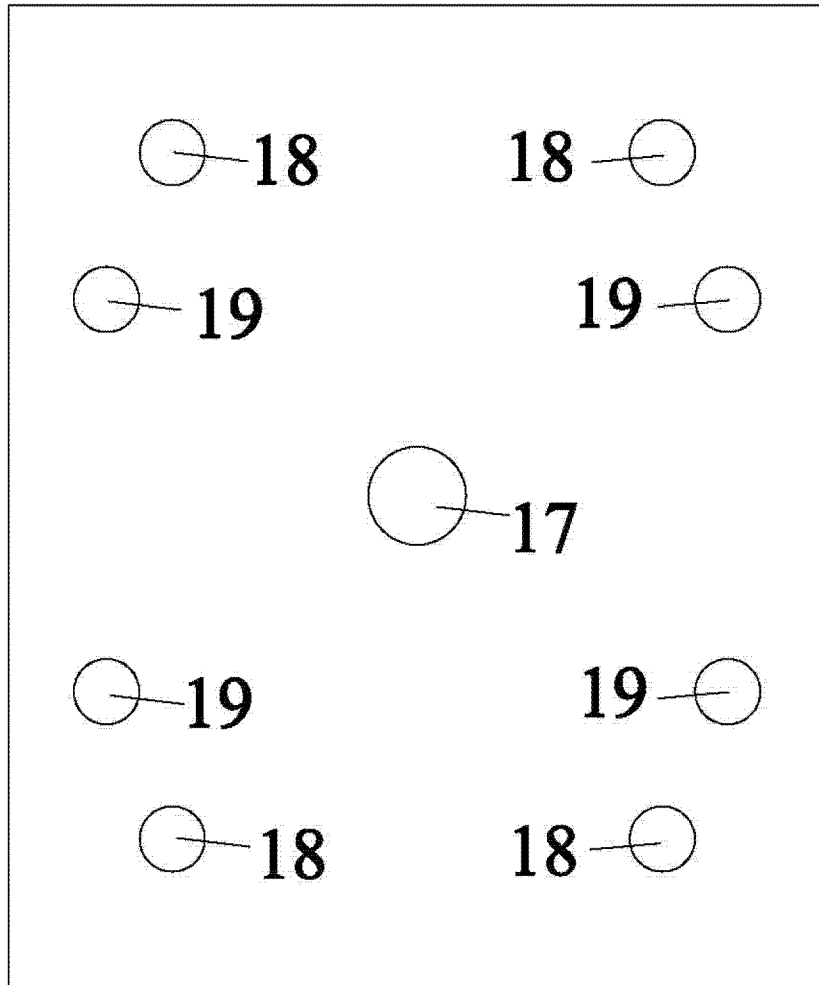


图 9

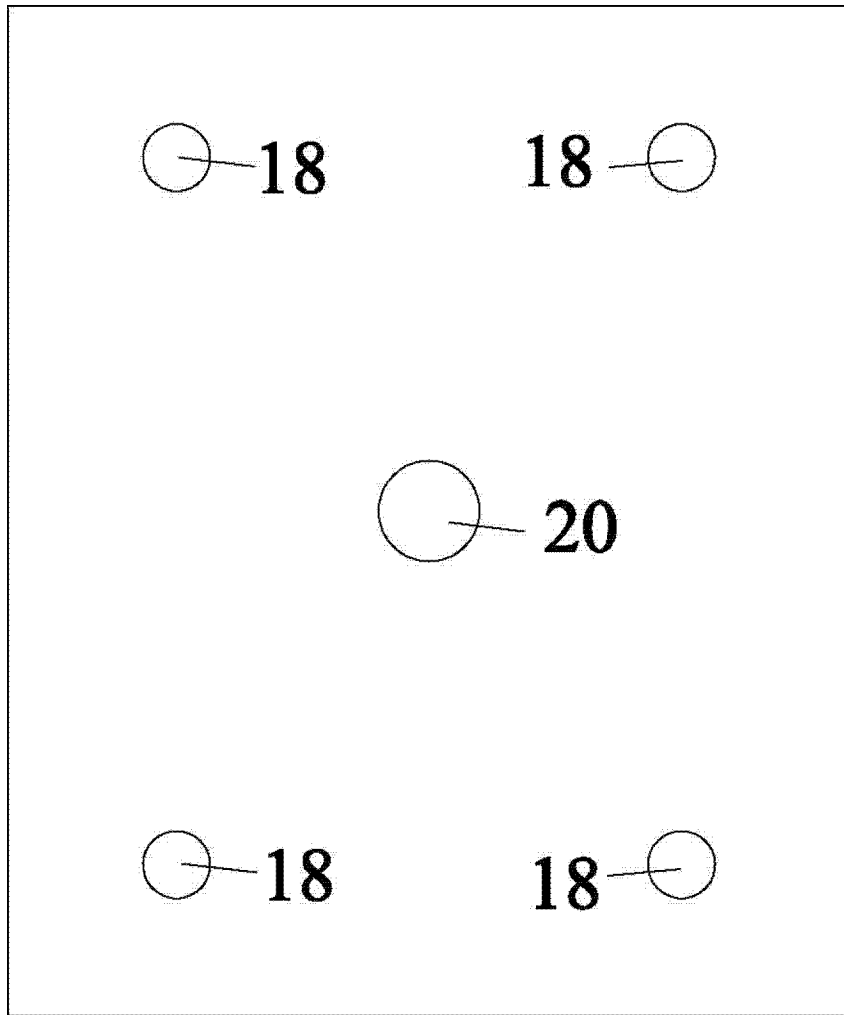


图 10

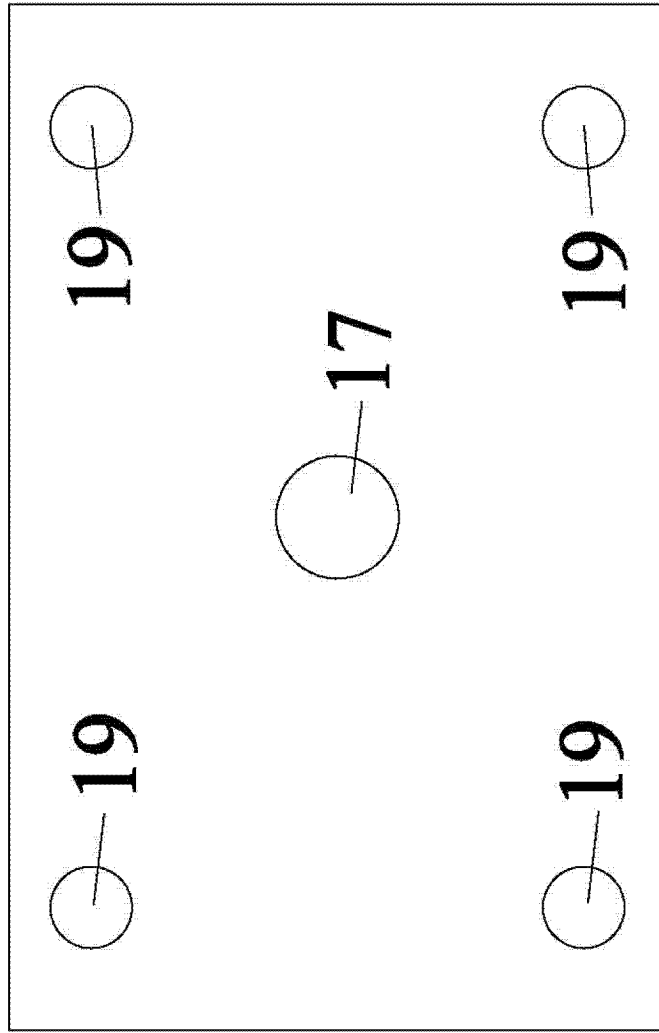


图 11

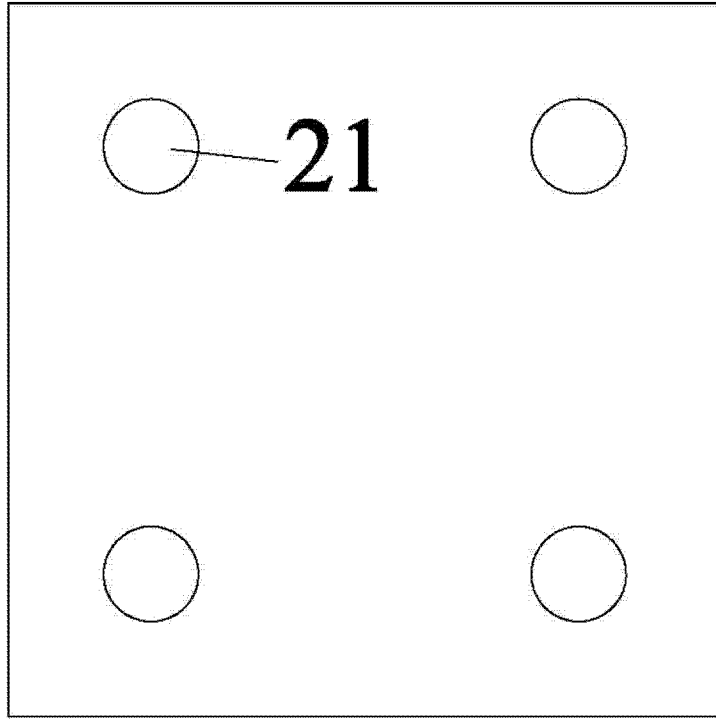


图 12