



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106592413 B

(45)授权公告日 2018.02.16

(21)申请号 201611201881.9

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2016.12.23

E01D 19/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

(56)对比文件

申请公布号 CN 106592413 A

CN 206385445 U, 2017.08.08, 权利要求1-3.

(43)申请公布日 2017.04.26

CN 104652251 A, 2015.05.27, 全文.

(73)专利权人 大连理工大学

CN 104652253 A, 2015.05.27, 全文.

地址 116024 辽宁省大连市甘井子区凌工路2号

CN 104499423 A, 2015.04.08, 全文.

CN 104481046 A, 2015.04.01, 全文.

(72)发明人 潘盛山 田凯论 崔瑶 谭岩斌  
王骞 朱禹熹 邱文亮 黄才良  
张哲

审查员 张涛

(74)专利代理机构 大连理工大学专利中心  
21200

代理人 温福雪 侯明远

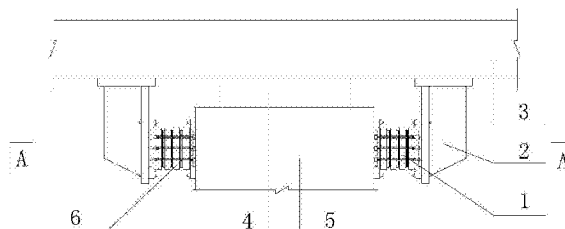
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

## (54)发明名称

一种高阻尼橡胶与形状记忆合金组合的桥梁减震控制系统

## (57)摘要

一种高阻尼橡胶与形状记忆合金组合的桥梁减震控制系统,属于桥梁结构减震控制领域。阻尼器成对安装在桥梁结构上,在地震过程中充分发挥高阻尼橡胶的受压性能与形状记忆合金的受拉性能;采用双向滑动型球形钢支座承担竖向力,和橡胶支座相比大幅减小了支座的平面尺寸,耐久性好;通过调整高阻尼橡胶圆柱体的长度、直径,形状记忆合金丝的直径、缠绕段数量、缠绕段宽度及缠绕段间距,形状记忆合金绞线的直径、数量、预张拉程度调整阻尼器的轴向刚度,满足不同位置的阻尼器的轴向刚度需求;通过调节阻尼器的成对组数和位置满足不同强度、不同方向的地震力作用下的耗能减震需求。阻尼器轻量化设计,安装、更换简单,用于新建桥梁及旧桥抗震加固中。



1. 一种高阻尼橡胶与形状记忆合金组合的桥梁减震控制系统,其特征在于,该桥梁减震控制系统包括第一组合式阻尼器(1)、抗震钢挡块(2)、主梁(3)、双向滑动型球形钢支座(4)、桥墩或垫石(5)和第二组合式阻尼器(6);

第一组合式阻尼器(1)和第二组合式阻尼器(6)结构相同,为高阻尼橡胶与形状记忆合金组合的阻尼器,将第一组合式阻尼器(1)和第二组合式阻尼器(6)成对安装在桥梁结构上,其一端通过连接螺栓(8)锚固在抗震钢挡块(2)上,另一端通过连接螺栓(8)锚固在桥墩或垫石(5)上;通过调节阻尼器的组数和位置,进而满足不同强度、不同方向的地震力作用下的耗能减震需求;

第一组合式阻尼器1包括第一连接钢板(7)、连接螺栓(8)、胶结层(9)、高阻尼橡胶圆柱体(10)、形状记忆合金丝(11)、形状记忆合金绞线(12)、夹紧块(13)、高阻尼橡胶圆柱体内的绞线孔(14)、带拉紧环的预紧螺栓(15)、第二连接钢板(16)、锚固装置(17)和高阻尼橡胶体内的绞线孔(18);

第一连接钢板(7)为圆柱体,一侧设置凹槽,用来安置夹紧块(13);第一连接钢板(7)上两端设有第一连接螺栓孔(21),凹槽处预留有形状记忆合金绞线孔(18),形状记忆合金绞线孔(18)的数量和直径由形状记忆合金绞线(12)的数量和直径确定;第一连接钢板(7)一侧通过胶结层(9)与高阻尼橡胶圆柱体(10)体固结,另一侧通过连接螺栓(8)安装在相应位置上;

第二连接钢板(16)为圆柱体,一侧设置凹槽,用于安置带拉紧环的螺栓(15),另一侧设有套箍结构,用于定位和固定高阻尼橡胶圆柱体(10),并防止高阻尼橡胶圆柱体(10)和第二连接钢板(16)之间产生相对错动;第二连接钢板(16)上设有第二连接螺栓孔(20),凹槽处预留有预紧螺栓孔(19),预紧螺栓孔(19)的数量与形状记忆合金绞线(12)的数量一致;第二连接钢板(16)一侧与高阻尼橡胶圆柱体(10)自由接触,另一侧通过连接螺栓(8)安装在相应位置上;

所述的高阻尼橡胶圆柱体(10)的截面为圆形,高阻尼橡胶圆柱体(10)内设置供形状记忆合金绞线(12)通过的高阻尼橡胶圆柱体内的绞线孔(14);高阻尼橡胶体内的绞线孔(14)的数量和直径按形状记忆合金绞线(12)的数量和直径确定,并且高阻尼橡胶体内的绞线孔(14)的直径确保形状记忆合金绞线(12)在受压时自由弯曲;高阻尼橡胶圆柱体(10)一端通过胶结层(9)与第一连接钢板(7)固结,另一端与第二连接钢板(16)自由接触;高阻尼橡胶圆柱体(10)侧面带有多个凹槽,在高阻尼橡胶圆柱体(10)的凹槽内缠绕形状记忆合金丝(11),每个凹槽内用一根形状记忆合金丝(11),形状记忆合金丝(11)的两端用锚固装置(17)固定;通过调节高阻尼橡胶圆柱体(10)的长度 $L$ 、直径 $D$ ,形状记忆合金丝(11)的直径、缠绕段数量 $n$ 、缠绕段宽度 $b$ 及缠绕段间距 $c$ ,形状记忆合金绞线(12)的直径、数量、预张拉程度调整阻尼器的轴向刚度,满足不同位置的阻尼器的轴向刚度需求;

在高阻尼橡胶圆柱体(10)的每个绞线孔(14)内穿有一根形状记忆合金绞线(12),形状记忆合金绞线(12)一端通过夹紧块(13)与第一连接钢板(7)连接,夹紧块(13)安装固定在第一连接钢板(7)上,另一端通过带有拉紧环的螺栓(15)连接在第二连接钢板(16)上,通过螺栓(15)的拉紧环调节形状记忆合金绞线(12)的预拉力;

所述的形状记忆合金绞线(12)以高阻尼橡胶圆柱体(10)的轴心为基准均匀布置,形状记忆合金绞线(12)的合力作用在高阻尼橡胶体(4)的轴心上。

2. 根据权利要求1所述的桥梁减震控制系统,其特征在于,所述的抗震钢挡块(2)包括挡块连接板、加劲板与竖向钢挡板,各钢板之间采用焊接方式连接,第一组合式阻尼器1和第二组合式阻尼器(6)通过连接螺栓(8)锚固在抗震钢挡块(2)上。

3. 根据权利要求1或2所述的桥梁减震控制系统,其特征在于,所用的支座采用双向滑动型球形钢支座(4),具有竖向承载能力强、耐久性好的特点,和橡胶支座相比大幅减少了支座的平面尺寸。

## 一种高阻尼橡胶与形状记忆合金组合的桥梁减震控制系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于桥梁结构减震控制领域,涉及到一种高阻尼橡胶与形状记忆合金组合的桥梁减震控制系统,能够对桥梁结构在地震作用下的结构震动响应起到抑制作用,达到耗能减震的控制效果。

### 背景技术

[0002] 耗能减震技术主要通过结构的某些部位增设阻尼器或耗能部件,为结构提供一定的附加刚度和附加阻尼,在地震作用或风荷载作用下通过耗能部件来耗散输入结构的能量,以减轻结构的动力反应,是一种安全、有效、经济且日渐成熟的工程减震技术。目前,耗能减震装置主要有金属阻尼器、摩擦阻尼器、粘弹性阻尼器、粘滞性阻尼器、复合型阻尼器等。但常用的阻尼器在工程应用中都具有一定的局限性,如:钢阻尼器构件笨重,震后修复、更换困难;传统的摩擦阻尼器只有单摩擦面,耗能效果不显著;粘弹性阻尼器抗疲劳性差、易老化,受环境影响易导致包括阻尼特性在内的力学性能严重退化;粘滞阻尼器的粘性流体容易渗漏,维护困难等等。而超弹性形状记忆合金,作为一种新型功能材料,不仅具有大变形回复能力和高阻尼特性,而且具有良好的抗腐蚀、抗疲劳特性,因而是实现结构被动控制的理想材料。同时,高阻尼橡胶具有很好的弹性回复与变形能力,也是一种良好的耗能减震材料。因而,合理地利用两种材料可以更好地实现结构的被动控制。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种高阻尼橡胶与形状记忆合金组合的桥梁减震控制系统,将高阻尼橡胶材料与形状记忆合金组合后成对安装在桥梁工程结构中,提高了阻尼器的减震能力,拓宽了其适用范围。

[0004] 本发明的技术方案:

[0005] 一种高阻尼橡胶与形状记忆合金组合的桥梁减震控制系统,包括第一组合式阻尼器1、抗震钢挡块2、主梁3、双向滑动型球形钢支座4、桥墩或垫石5和第二组合式阻尼器6;

[0006] 第一组合式阻尼器1和第二组合式阻尼器6结构相同,为高阻尼橡胶与形状记忆合金组合的阻尼器,将第一组合式阻尼器1和第二组合式阻尼器6成对安装在桥梁结构上,其一端通过连接螺栓8锚固在抗震钢挡块2上,另一端通过连接螺栓8锚固在桥墩或垫石5上;通过调节阻尼器的组数和位置,进而满足不同强度、不同方向的地震力作用下的耗能减震需求;

[0007] 第一组合式阻尼器1包括第一连接钢板7、连接螺栓8、胶结层9、高阻尼橡胶圆柱体10、形状记忆合金丝11、形状记忆合金绞线12、夹紧块13、高阻尼橡胶圆柱体内的绞线孔14、带拉紧环的预紧螺栓15、第二连接钢板16、锚固装置17和高阻尼橡胶体内的绞线孔18;

[0008] 第一连接钢板7为圆柱体,一侧设置凹槽,用来安置夹紧块13;第一连接钢板7上两端设有第一连接螺栓孔21,凹槽处预留有形状记忆合金绞线孔18,形状记忆合金绞线孔18的数量和直径由形状记忆合金绞线12的数量和直径确定;第一连接钢板7一侧通过胶结层9

与高阻尼橡胶圆柱体10体固结,另一侧通过连接螺栓8安装在相应位置上,如桥梁墩台或挡块;

[0009] 第二连接钢板16为圆柱体,一侧设置凹槽,用于安置带拉紧环的螺栓15,另一侧设有套箍结构,用于定位和固定高阻尼橡胶圆柱体10,并防止高阻尼橡胶圆柱体10和第二连接钢板16之间产生相对错动;第二连接钢板16上设有第二连接螺栓孔20,凹槽处预留有预紧螺栓孔19,预紧螺栓孔19的数量与形状记忆合金绞线12的数量一致;第二连接钢板16一侧与高阻尼橡胶圆柱体10自由接触,另一侧通过连接螺栓8安装在相应位置上;

[0010] 所述的高阻尼橡胶圆柱体10的截面为圆形,高阻尼橡胶圆柱体10内设置供形状记忆合金绞线12通过的高阻尼橡胶圆柱体内的绞线孔14;高阻尼橡胶体内的绞线孔14的数量和直径按形状记忆合金绞线12的数量和直径确定,并且高阻尼橡胶体内的绞线孔14的直径确保形状记忆合金绞线12在受压时可以自由弯曲;高阻尼橡胶圆柱体10一端通过胶结层9与第一连接钢板7固结,另一端与第二连接钢板16自由接触;高阻尼橡胶圆柱体10侧面带有多个凹槽,在高阻尼橡胶圆柱体10的凹槽内缠绕形状记忆合金丝11,每个凹槽内用一根形状记忆合金丝11,形状记忆合金丝11的两端用锚固装置17固定;通过调节高阻尼橡胶圆柱体10的长度L、直径D,形状记忆合金丝11的直径、缠绕段数量n、缠绕段宽度b及缠绕段间距c,形状记忆合金绞线12的直径、数量、预张拉程度可以调整阻尼器的轴向刚度,满足不同位置的阻尼器的轴向刚度需求。

[0011] 在高阻尼橡胶圆柱体10的每个绞线孔14内穿有一根形状记忆合金绞线12,形状记忆合金绞线12一端通过夹紧块13与第一连接钢板7连接,夹紧块13安装固定在第一连接钢板7上,另一端通过带有拉紧环的螺栓15连接在第二连接钢板16上,通过螺栓15的拉紧环调节形状记忆合金绞线12的预拉力;

[0012] 所述的形状记忆合金绞线12以高阻尼橡胶圆柱体10的轴心为基准均匀布置,形状记忆合金绞线12的合力作用在高阻尼橡胶体4的轴心上;

[0013] 所述的抗震钢挡块2包括挡块连接板、加劲板与竖向钢挡板,各钢板之间采用焊接方式连接,第一组合式阻尼器1和第二组合式阻尼器6通过连接螺栓8锚固在抗震钢挡块2上;

[0014] 所用的支座采用双向滑动型球形钢支座4,具有竖向承载能力强、耐久性好的特点,和橡胶支座相比大幅减少了支座的平面尺寸。

[0015] 本发明的工作过程是:高阻尼橡胶与形状记忆合金组合的阻尼器成对安装在桥梁上部结构的钢挡块与桥墩或垫石之间。在正常使用状态下,各桥墩上阻尼器的轴向变形可满足由季节温差引起的结构变形要求。在地震力作用下,各墩可同时承担地震力,每个墩上其中一个阻尼器受压,另一个阻尼器受拉,受压状态的阻尼器在轴向压力的作用下,高阻尼橡胶圆柱体产生压缩变形,高阻尼橡胶圆柱体的侧向膨胀使所缠绕的形状记忆合金丝伸长,受拉状态的阻尼器两端的连接钢板带动形状记忆合金绞线受拉伸长,从而把高阻尼橡胶圆柱体的变形、形状记忆合金丝的变形、形状记忆合金绞线的变形联系起来,实现两个阻尼器协同工作。在往复的地震力作用下,两种材料反复压缩伸长,利用两种材料的高阻尼与高弹性性能耗能减震。另一方面,全桥全部采用滑动型球形钢支座,其竖向承载能力高、耐久性好,且在地震过程中,各墩能同时受力,受力大小按不同桥墩处的抗推刚度分配,大幅降低下部结构的工程造价。

[0016] 本发明具有耗能机理明确、整体性好、应用灵活的特点。在本发明中应用高阻尼橡胶与形状记忆合金(SMA)的组合,耗能效果显著;采用双向滑动型球形钢支座承担竖向力,和橡胶支座相比大幅减少了支座的平面尺寸,耐久性好;组合阻尼器成对安装,充分发挥了高阻尼橡胶的受压性能与形状记忆合金的受拉性能,利用它们高弹性、高阻尼的特点减震消能;本发明中高阻尼橡胶圆柱体上分段式外缠SMA丝,内穿通长的SMA绞线,可以利用形状记忆合金的形状记忆效应实现一部分的自复位效果;

[0017] 本发明的有益效果:

[0018] 1、此桥梁减震控制系统采用双向滑动型球形钢支座承担竖向力,采用高阻尼橡胶与形状记忆合金承担相对小很多的水平力,在地震力作用下各墩能同时受力,充分发挥各种材料的抗震性能,达到整体耗能的效果;

[0019] 2、解决了高阻尼橡胶材料抗拉能力弱、形状记忆合金抗压能力不足的问题,充分发挥了两种材料的超弹性和高阻尼特性,并使减震系统具有良好的自复位效果;

[0020] 3、通过调整高阻尼橡胶圆柱体的长度、直径,形状记忆合金丝的直径、缠绕段数量、缠绕段宽度及缠绕段间距,形状记忆合金绞线的直径、数量、预张拉程度可以调整阻尼器的轴向刚度,满足不同位置的阻尼器的轴向刚度需求;

[0021] 4、通过调节阻尼器的成对组数和位置可以满足不同强度、不同方向的地震力作用下的耗能减震需求;

[0022] 5、本发明中组合阻尼器轻量化设计,安装、更换方便,便于维护检测。

## 附图说明

[0023] 图1是本发明立面示意图。

[0024] 图2是图1中A-A向剖面结构示意图。

[0025] 图3是本发明中第一组合阻尼器与第二组合阻尼器的立面示意图。

[0026] 图4是图3中B-B向剖面结构示意图。

[0027] 图5是图3中C-C向剖面结构示意图。

[0028] 图6是第一连接钢板的侧视图。

[0029] 图7是第一连接钢板的主视图。

[0030] 图8是第二连接钢板的侧视图。

[0031] 图9是第二连接钢板的主视图。

[0032] 图10是高阻尼橡胶圆柱体侧面示意图。

[0033] 图11是本发明在桥梁结构中的安装示意图I。

[0034] 图12是本发明在桥梁结构中的安装示意图II。

[0035] 图中:1第一组合式阻尼器;2抗震钢挡块;3主梁;

[0036] 4双向滑动型球形钢支座4、5桥墩或垫石;6第二组合式阻尼器;

[0037] 7第一连接钢板;8连接螺栓;9胶结层;10高阻尼橡胶圆柱体;

[0038] 11形状记忆合金丝;12形状记忆合金绞线;13夹紧块;

[0039] 14高阻尼橡胶圆柱体内部的绞线孔;15带拉紧环的螺栓;16第二连接钢板;

[0040] 17锚固装置;18第一连接钢板上的绞线孔;

[0041] 19第二连接钢板上的预紧螺栓孔;20第二连接螺栓孔;21第一连接螺栓孔;

[0042] 22主梁;23双向滑动型球形钢支座;24矩形桥墩;25桥台;

[0043] 26高阻尼橡胶与形状记忆合金组合的桥梁减震控制系统;27垫石;28桥墩。

### 具体实施方式

[0044] 下面结合附图和具体实施方式详细说明本发明。

[0045] 一种高阻尼橡胶与形状记忆合金组合的减震控制系统,如图1所示,它包括第一组合式阻尼器1、抗震钢挡块2、主梁3、双向滑动型球形钢支座4、桥墩或垫石5和第二组合式阻尼器6;

[0046] 如图1-5所示,所述的第一组合式阻尼器1、第二组合式阻尼器6为高阻尼橡胶与形状记忆合金组合的阻尼器,将第一组合式阻尼器1和第二组合式阻尼器6成对安装在桥梁结构上,其一端通过连接螺栓8锚固在抗震钢挡块2上,另一端通过连接螺栓8锚固在桥墩或垫石5上,通过调节阻尼器的组数和位置可以满足不同强度、不同方向的地震力作用下的耗能减震需求;

[0047] 如图3-5所示,所述的第一组合式阻尼器1和第二组合式阻尼器6结构相同,包括第一连接钢板7、连接螺栓8、胶结层9、高阻尼橡胶圆柱体10、形状记忆合金丝11、形状记忆合金绞线12、夹紧块13、高阻尼橡胶圆柱体内的绞线孔14、带拉紧环的预紧螺栓15、第二连接钢板16、形状记忆合金丝锚固装置17和高阻尼橡胶体内的绞线孔18;

[0048] 如图3-5和图10所示,组合阻尼器中的高阻尼橡胶圆柱体10为圆形截面,一端通过胶结层9与第一连接钢板7固结,另一端与第二连接钢板16自由接触;高阻尼橡胶圆柱体10内设置供形状记忆合金绞线12通过的绞线孔14,高阻尼橡胶体内的绞线孔14的数量和直径按形状记忆合金绞线12的数量和直径确定,并且高阻尼橡胶体内的绞线孔14的直径应确保形状记忆合金绞线12在受压时可以自由弯曲;高阻尼橡胶圆柱体10的每个绞线孔14内穿有一根形状记忆合金绞线12,每根形状记忆合金绞线12一端通过夹紧块13与第一连接钢板7连接,夹紧块13安装固定在第一连接钢板7上,另一端通过带有拉紧环的预紧螺栓15连接在第二连接钢板16上,通过螺栓15的拉紧环调节形状记忆合金绞线12的预拉力;高阻尼橡胶圆柱体10侧面带有多个凹槽,在高阻尼橡胶圆柱体10的凹槽内缠绕形状记忆合金丝11,每个凹槽内用一根形状记忆合金丝11,每根形状记忆合金丝11的两端用锚固装置17固定;通过调节高阻尼橡胶圆柱体10的长度L、直径D,形状记忆合金丝11的直径、缠绕段数量n、缠绕段宽度b及缠绕段间距c,形状记忆合金绞线12的直径、数量、预张拉程度可以调整阻尼器的轴向刚度,满足不同位置的阻尼器的轴向刚度需求。

[0049] 如图6-7所示,第一连接钢板7为圆形,一侧设置凹槽,用来安置夹紧块13;第一连接钢板7上两端设有第一连接螺栓孔21,凹槽处预留有形状记忆合金绞线孔18,形状记忆合金绞线孔18的数量和直径由形状记忆合金绞线12的数量和直径确定;第一连接钢板7一侧通过胶结层9与高阻尼橡胶圆柱体10体固结,另一侧通过连接螺栓8安装在相应位置上,如桥梁墩台或挡块;

[0050] 如图8-9所示,第二连接钢板16为圆形,一侧设置凹槽,用来安置带拉紧环的螺栓15,另一侧设有套箍,用于定位和固定高阻尼橡胶圆柱体10,并防止高阻尼橡胶圆柱体10和第二连接钢板16之间产生相对错动;第二连接钢板16上有第二连接螺栓孔20,凹槽处预留有预紧螺栓孔19,预紧螺栓孔19的数量与形状记忆合金绞线12的数量一致;第二连接钢板

16一侧与高阻尼橡胶圆柱体10自由接触,另一侧通过连接螺栓8安装在相应位置上;

[0051] 如图1-2所示,所述的抗震钢挡块2主要包括挡块连接板、加劲板与竖向钢挡板,各钢板之间采用焊接方式连接,第一组合式阻尼器1和第二组合式阻尼器6通过连接螺栓8锚固在抗震钢挡块2上;所用的支座采用滑动型球形钢支座4;

[0052] 如图11-12所示,在实际的桥梁结构中,高阻尼橡胶与形状记忆合金组合的桥梁减震控制系统在桥墩处成对地布置组合阻尼器,全桥采用双向滑动型球形钢支座,此桥梁减震控制系统使各墩在地震过程中能够同时受力,达到协同耗能的目的,耗能效果显著。



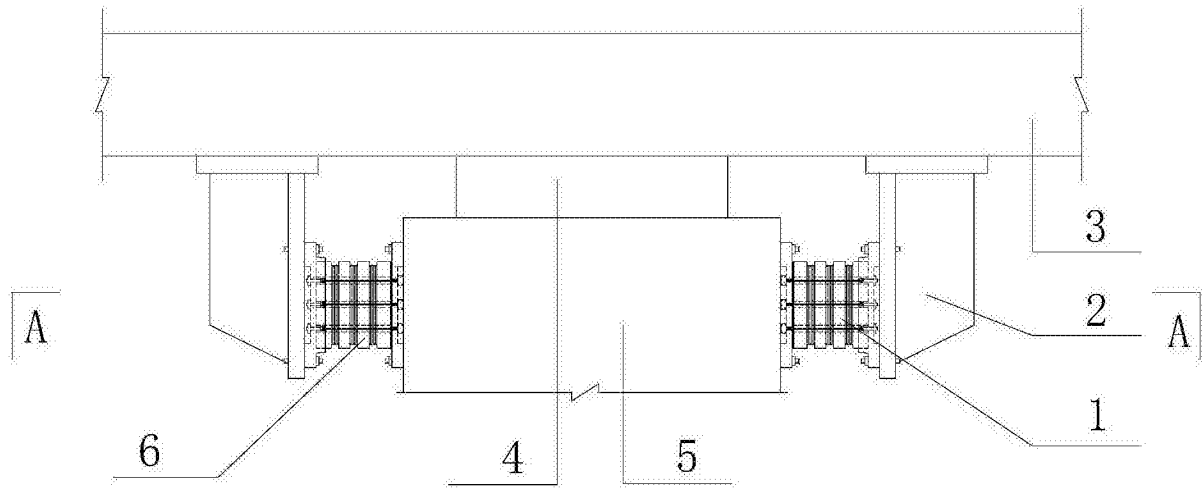


图1

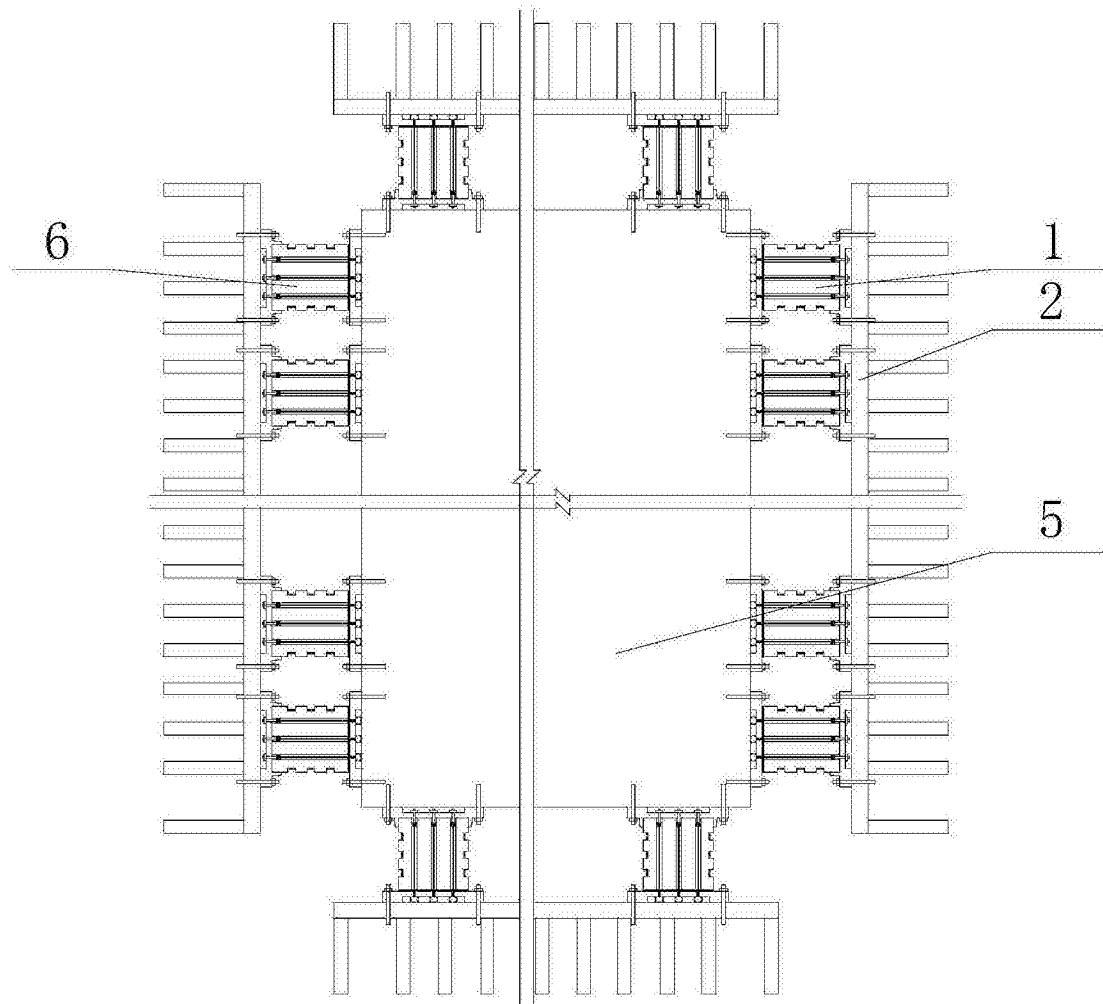


图2

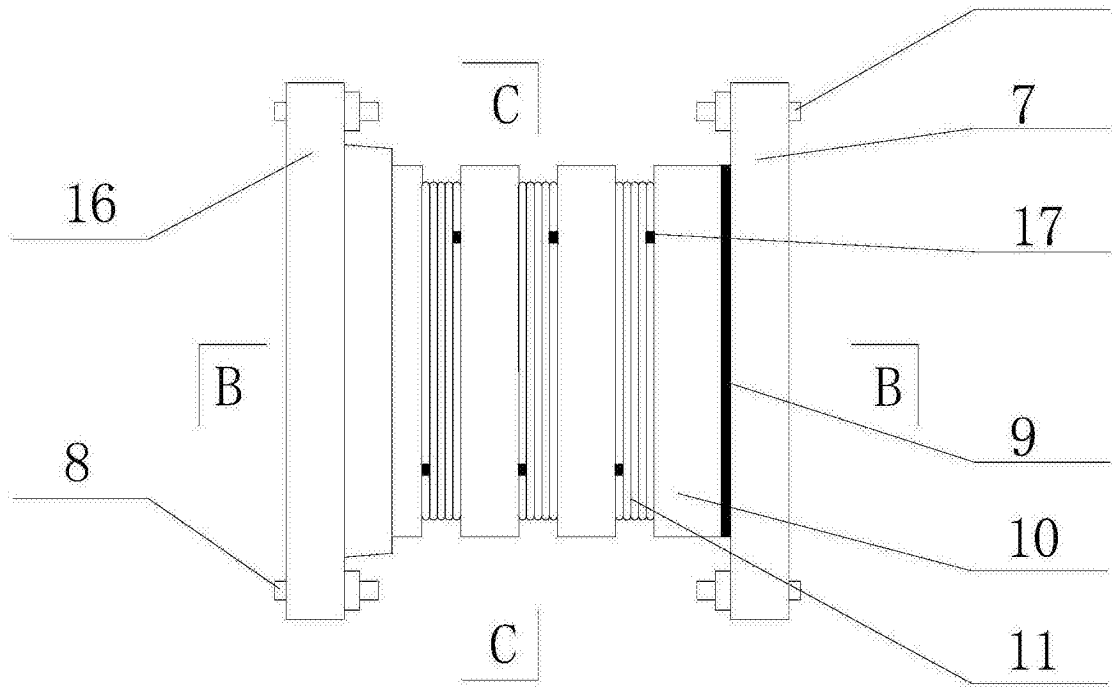


图3

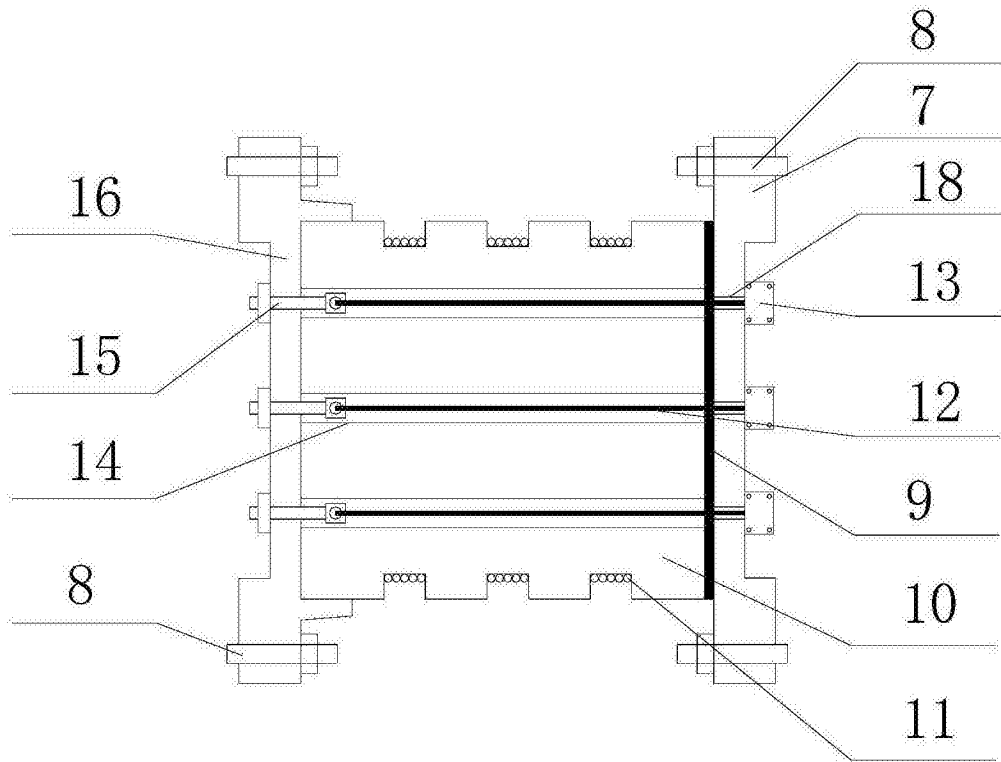


图4

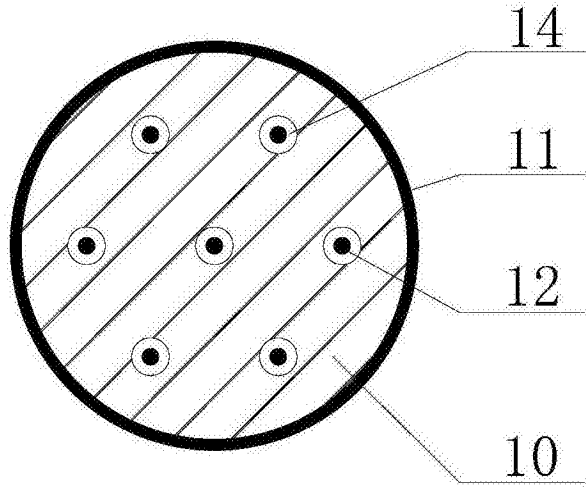


图5

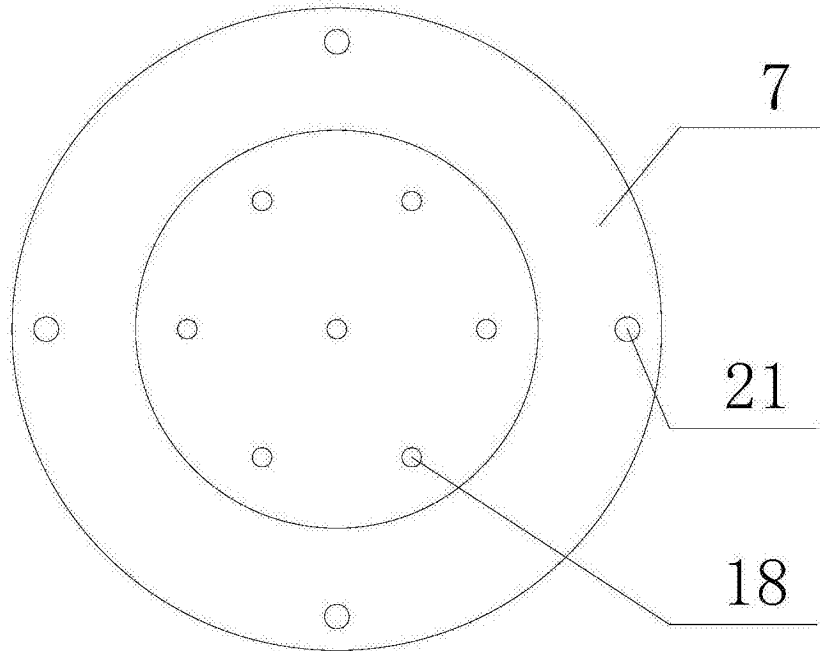


图6

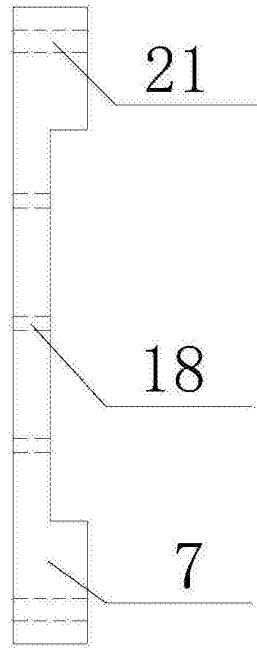


图7

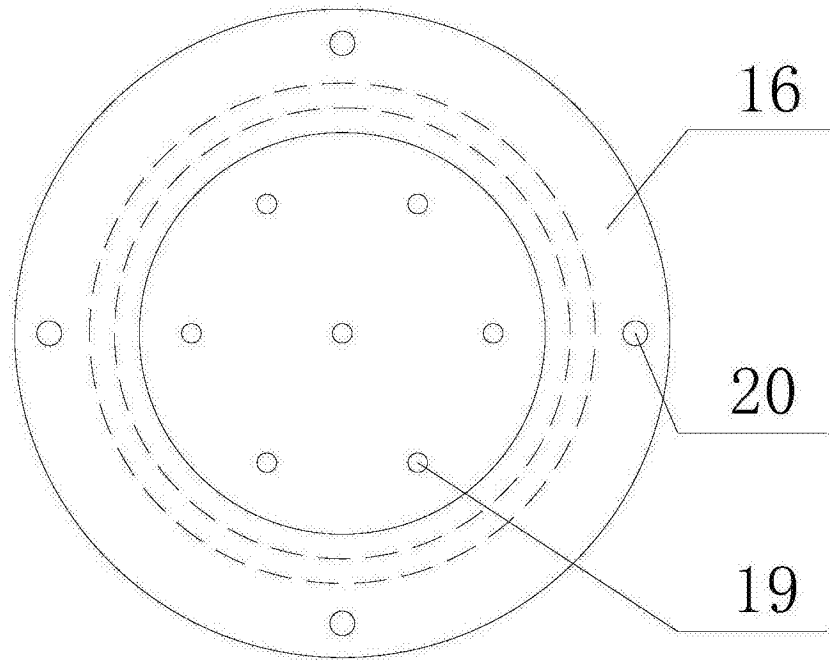


图8

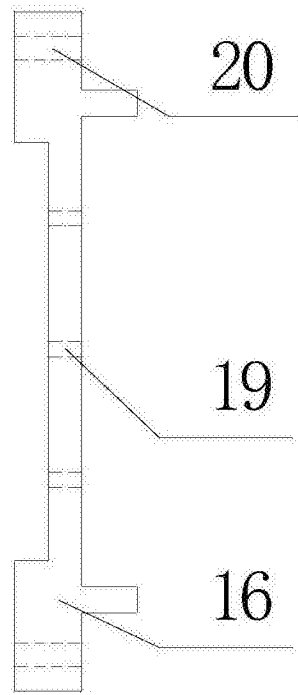


图9

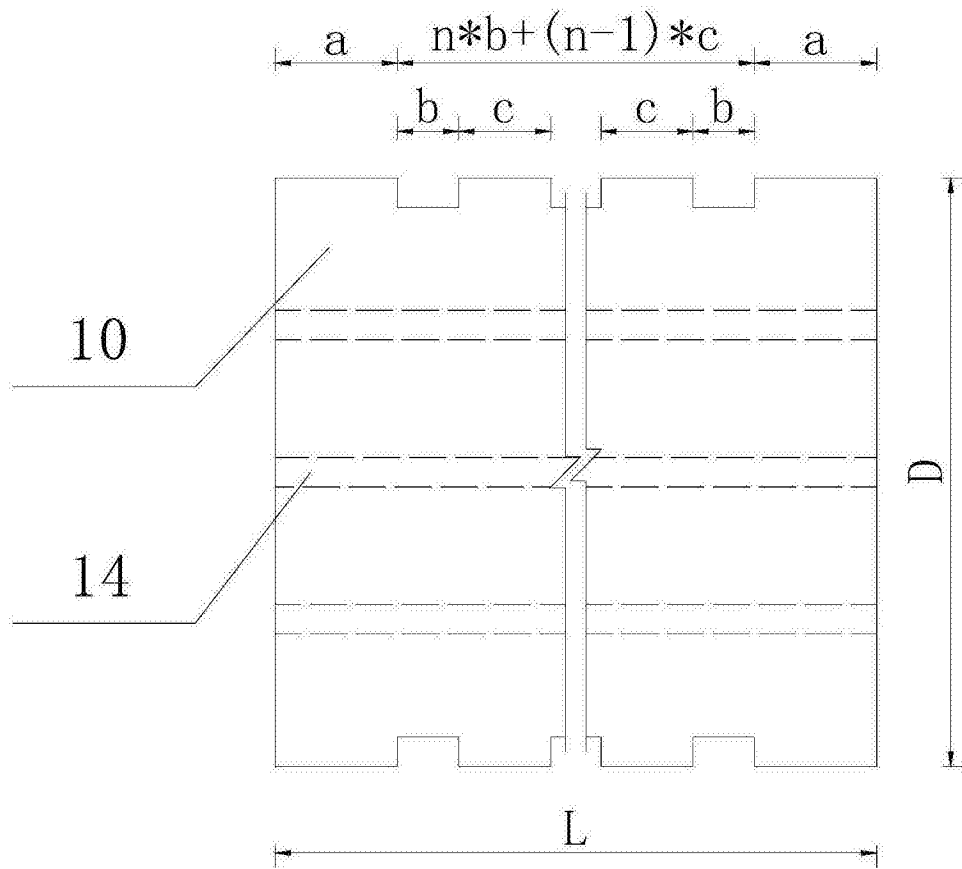


图10



图11

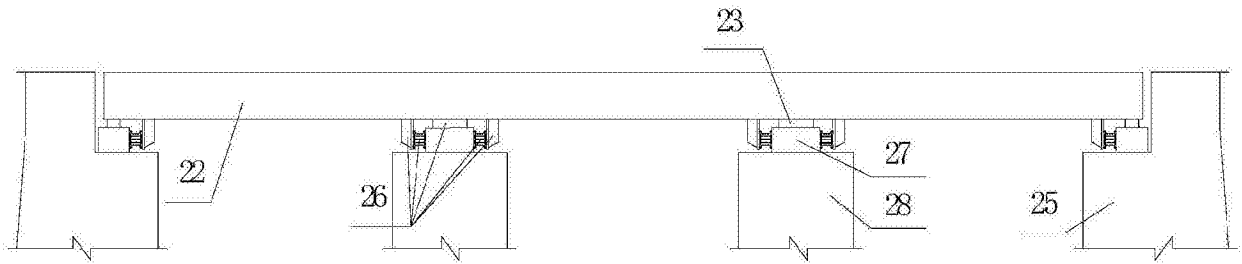


图12