



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107386439 A

(43)申请公布日 2017. 11. 24

(21)申请号 201710493173.5

(22)申请日 2017.06.23

(71)申请人 东南大学

地址 210000 江苏省南京市玄武区四牌楼2号

(72)发明人 李灿军 周臻

(74)专利代理机构 南京苏高专利商标事务所  
(普通合伙) 32204

代理人 柏尚春

(51) Int. Cl.

E04B 1/24(2006.01)

E04B 1/58(2006.01)

E04B 1/98(2006.01)

E04H 9/02(2006.01)

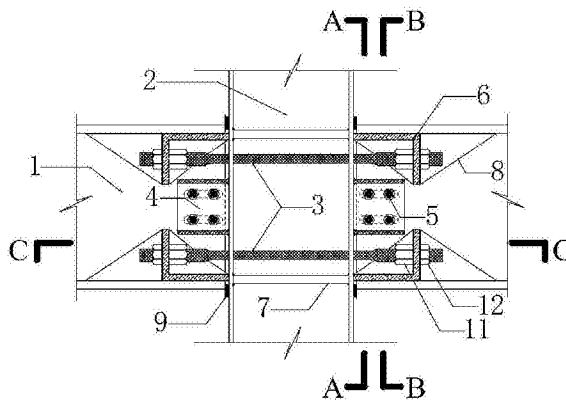
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

## (54)发明名称

腹板摩擦型形状记忆合金杆自复位钢框架梁-中柱节点

## (57)摘要

本发明公开了一种腹板摩擦型形状记忆合金杆自复位钢框架梁-中柱节点,包括中柱、两根位于中柱两侧的梁、横穿过中柱的形状记忆合金杆、位于梁翼缘内侧的L型支架、位于梁腹板中间的摩擦耗能器;摩擦耗能器包括连接中柱翼缘和梁腹板的槽钢、填充于槽钢和梁腹板之间的耗能摩擦片、以及穿过梁腹板并将槽钢、耗能摩擦片、梁腹板连接在一起的高强螺栓。本发明通过引入摩擦耗能器,以显著提升节点的稳定耗能能力;同时利用形状记忆合金杆的超弹性,以实现节点的自复位性能;通过合理设计节点构造,以提高节点处楼板布置的便利性和构件的可更换性,并加强梁翼缘抵抗局部屈曲变形能力。



1. 一种腹板摩擦型形状记忆合金杆自复位钢框架梁-中柱节点,其特征在於,该节点包括中柱(2)、两根分别位于中柱(2)两侧的梁(1)、横穿过中柱(2)的形状记忆合金杆(3)、位于梁(1)翼缘内侧的L型支架(6)、位于梁(1)腹板中间的摩擦耗能器;所述摩擦耗能器包括设置在梁(1)腹板中间并与中柱(2)翼缘连接的槽钢(4)、填充于所述槽钢(4)和梁(1)腹板之间的耗能摩擦片(13)、穿过梁(1)腹板并将槽钢(4)、耗能摩擦片(13)和梁(1)腹板连接在一起的高强螺栓(5),所述形状记忆合金杆(3)的两端分别与一根梁(1)中的L型支架(6)连接。

2. 根据权利要求1所述的腹板摩擦型形状记忆合金杆自复位钢框架梁-中柱节点,其特征在於,所述形状记忆合金杆(3)通过设置在其端部的张拉螺母(12)和固定螺母(11)与L型支架(6)连接,并通过调节张拉螺母(12)和固定螺母(11),对形状记忆合金杆(3)施加预应变。

3. 根据权利要求1所述的腹板摩擦型形状记忆合金杆自复位钢框架梁-中柱节点,其特征在於,所述L型支架(6)与梁(1)翼缘内侧焊接,并在L型支架(6)两侧分别设置一道与梁(1)轴线平行的加劲肋(8),所述加劲肋(8)与L型支架(6)和梁(1)翼缘焊接。

4. 根据权利要求1、2或3所述的腹板摩擦型形状记忆合金杆自复位钢框架梁-中柱节点,其特征在於,所述耗能摩擦片(13)采用非石棉材料。

5. 根据权利要求1、2或3所述的腹板摩擦型形状记忆合金杆自复位钢框架梁-中柱节点,其特征在於,所述中柱(2)内设置有与梁(1)的翼缘在同一水平高度处的柱翼缘加劲肋(7),并在中柱(2)的翼缘和梁(1)翼缘交接处设置垫块(9),所述垫块(9)与中柱(2)翼缘外侧焊接,且垫块(9)不与L型支架(6)连接。

6. 根据权利要求1、2或3所述的腹板摩擦型形状记忆合金杆自复位钢框架梁-中柱节点,其特征在於,所述槽钢(4)一侧与中柱(2)翼缘焊接,另一侧通过高强螺栓(5)与梁(1)腹板连接,在梁(1)腹板相应位置处开设有长条形槽口,所述高强螺栓(5)安装在长条形槽口中。

7. 根据权利要求1、2或3所述的腹板摩擦型形状记忆合金杆自复位钢框架梁-中柱节点,其特征在於,所述梁(1)为工字型钢梁。

## 腹板摩擦型形状记忆合金杆自复位钢框架梁-中柱节点

### 技术领域

[0001] 本发明属于土木工程领域,涉及一种腹板摩擦型形状记忆合金杆自复位钢框架梁-中柱节点。

### 背景技术

[0002] 地震给人类带来极其严重的灾难。传统的抗震设计采用的是延性设计方法,即在地震作用下,通过结构部分构件的提前屈服和破坏,但整体不至于丧失功能,依靠构件的塑性变形来耗散大部分的地震能量,从而达到保证主体结构安全的目的。

[0003] 梁柱节点作为框架结构中重要的组成部分,对结构的可恢复功能具有很大的影响。随着基于性能抗震设计理念的发展,通过控制结构的震后残余变形,以提高结构的可恢复功能需求,已经逐渐被国内外学者所关注。目前,自复位梁柱节点主要通过是在梁柱节点中引入后张预应力技术或形状记忆合金材料,将梁、柱构件装配成整体,为结构提供可恢复功能。相比后张预应力技术中用到的预应力筋和钢绞线,形状记忆合金具有优越的超弹性、耗能能力以及更大的变形能力。形状记忆合金自复位梁柱节点利用形状记忆合金杆提供的回复力,使结构在震后恢复到初始状态;同时,节点中设置耗能构件,以耗散地震对结构输入的能量;主要结构构件在地震中发生弹性变形,而耗能构件和形状记忆合金杆发生非弹性变形。

[0004] 然而,现有的形状记忆合金杆梁柱节点中,形状记忆合金杆常设置于梁上下翼缘外侧,这对节点处的楼板布置造成不便,同时有可能使梁受压翼缘侧的形状记忆合金杆出现受压屈曲现象,从而使节点性能退化;另外,耗能构件的选择和设置,对节点的耗能贡献以及节点性能的稳定性具有很大影响。

### 发明内容

[0005] 技术问题:本发明的目的在于提升节点的稳定耗能能力和自复位性能,克服因形状记忆合金杆布置在梁翼缘外侧造成的楼板布置不便,以及梁翼缘局部屈曲变形的不足。提供一种有效增强节点耗能能力和自复位性能,提高构件可更换性的腹板摩擦型形状记忆合金杆自复位钢框架梁-中柱节点。

[0006] 技术方案:本发明的腹板摩擦型形状记忆合金杆自复位钢框架梁-中柱节点,包括中柱、两根分别位于中柱两侧的梁、横穿过中柱的形状记忆合金杆、位于梁翼缘内侧的L型支架、位于梁腹板中间的摩擦耗能器;摩擦耗能器包括设置在梁腹板中间并与中柱翼缘连接的槽钢、填充于槽钢和梁腹板之间的耗能摩擦片、穿过梁腹板并将槽钢、耗能摩擦片和梁腹板连接在一起的高强螺栓,形状记忆合金杆的两端分别与一根梁中的L型支架连接。

[0007] 本发明的一种优选方案中,形状记忆合金杆通过设置在其端部的张拉螺母和固定螺母与L型支架连接,并通过调节张拉螺母和固定螺母,对形状记忆合金杆施加预应变。

[0008] 形状记忆合金杆组成成分镍钛Ni-Ti比重应近似相同,且其相变温度 $A_f$ 应低于常温,以保证形状记忆合金杆处于奥氏体状态,从而实现材料的超弹性性能。

[0009] 本发明的一种优选方案中,L型支架与梁翼缘内侧焊接,并在L型支架两侧分别设置一道与梁轴线平行的加劲肋,加劲肋与L型支架和梁翼缘焊接。

[0010] 本发明的一种优选方案中,耗能摩擦片采用非石棉材料。

[0011] 本发明的一种优选方案中,中柱内设置有与梁的翼缘在同一水平高度处的翼缘加劲肋,并在中柱的翼缘和梁翼缘交接处设置垫块,垫块与中柱翼缘外侧焊接,且垫块不与L型支架连接。

[0012] 本发明的一种优选方案中,槽钢一侧与中柱翼缘焊接,另一侧通过高强螺栓与梁腹板连接,在梁腹板相应位置处开设有长条形槽口,高强螺栓安装在长条形槽口中。

[0013] 本发明的一种优选方案中,梁为工字型钢梁。

[0014] 本发明的腹板摩擦型形状记忆合金杆自复位钢框架梁-中柱节点,通过合理地设计节点构造,在保证主要构件处于弹性状态的基础上,以解决楼板布置不便、梁翼缘局部屈曲变形的困难,提高节点构件的可更换性,同时提升节点的稳定耗能能力和自复位性能。本发明适用于提高工程结构耗能能力,实现自复位性能的钢框架结构。

[0015] 有益效果:本发明与现有技术相比,具有以下优点:

[0016] (1) 本技术方案中形状记忆合金杆位于上下梁翼缘内侧,一方面有效地解决了梁柱节点处楼板布置的不便,另一方面有利于形状记忆合金杆和L型支架的安装、拆卸和更换。L型支架不仅加强了形状记忆合金杆和钢梁的连接作用,同时体现了梁翼缘加强板的作用,防止梁端翼缘发生局部屈曲变形。

[0017] (2) 本技术方案能够有效控制钢框架梁柱节点的残余变形。当结构承受强烈地震作用时,梁柱将产生较大的相对转动,致使节点处梁柱屈服,产生无法自动恢复的累积塑性变形。当形状记忆合金杆布置在梁上下翼缘内侧时,梁柱节点转动过程中,形状记忆合金杆始终处于受拉状态,不会发生受压屈曲的情况;可以充分利用形状记忆合金杆优越的超弹性,为梁柱节点提供较大且稳定的回复力,大幅减小结构的残余变形,从而降低结构震后修复的成本和难度。

[0018] (3) 本技术方案能够有效地减小地震时主要构件的非弹性变形。对于传统的钢框架梁柱节点,其梁柱节点通常为刚接,当结构在地震作用下发生侧向变形时,不可避免地在梁柱节点处产生塑性铰,使得结构震后的维修费用和难度均较高。本技术方案的梁柱节点均采用半刚性连接,节点弯矩主要由形状记忆合金杆和摩擦耗能器承担。地震时,摩擦耗能器和形状记忆合金杆吸收绝大部分的地震能量,而主要构件无明显的非弹性变形,这样可有效减小结构震后修复的成本,且只需形状记忆合金杆克服摩擦耗能器的塑性变形便能使节点完全自复位。

[0019] (4) 本技术方案能够显著提高钢框架梁柱节点的耗能能力。非石棉材料具有性能稳定,摩擦噪声小等优点,在梁腹板和槽钢之间填充一定的厚度的非石棉摩擦片,通过高强螺栓将三者组合成摩擦耗能器。地震中,摩擦耗能器作为节点耗能的贡献者,消耗绝大部分地震能量,从而增强节点的耗能能力。

[0020] (5) 本技术方案构造简单,制作方便,非常适合工业化的生产和制造。由于其加工工艺与传统的自定心钢框架梁柱节点类似,厂家无需作较大的调整便能进行工业化生产,从而降低了制造的难度和成本,具有较高的价格竞争力。

## 附图说明

- [0021] 图1为本发明的钢框架梁-中柱节点示意图；
- [0022] 图2为本发明的A-A剖面节点示意图；
- [0023] 图3为本发明的B-B剖面节点示意图；
- [0024] 图4为本发明的C-C剖面节点示意图；
- [0025] 图5为本发明的摩擦耗能器侧视图；
- [0026] 图中有：钢梁1、钢柱2、形状记忆合金杆3、槽钢4、腹板高强螺栓5、L型支架6、柱翼缘加劲肋7、梁翼缘加劲肋8、垫板9、固定螺母11、张拉螺母12、非石棉摩擦片13。

## 具体实施方式

- [0027] 下面结合附图对本发明的技术方案进行详细的说明。
- [0028] 如图1、2、3所示，本发明的腹板摩擦型形状记忆合金杆自复位钢框架梁-中柱节点，包括中柱2、两根位于中柱2两侧的梁1、横穿过中柱2的形状记忆合金杆3、位于梁1翼缘内侧的L型支架6、位于梁1腹板中间的摩擦耗能器；摩擦耗能器包括连接中柱2翼缘和梁1腹板的槽钢4、填充于槽钢4和梁1腹板之间的耗能摩擦片13、以及穿过梁1腹板并将槽钢4、耗能摩擦片13和梁1腹板连接在一起的高强螺栓5。
- [0029] 如图1、2所示，形状记忆合金杆3与L型支架6，通过调节L型支架6两侧的张拉螺母12和固定螺母11实现连接，并对形状记忆合金杆3施加预应变；形状记忆合金杆3的组成成分镍钛Ni-Ti比重应近似相同，且其相变温度 $A_f$ 应低于常温，以保证形状记忆合金杆3处于奥氏体状态，从而实现材料的超弹性性能。
- [0030] 如图1、2、3所示，L型支架6与梁1翼缘内侧焊接，并在L型支架6两侧分别设置一道与梁1轴线平行的加劲肋8，加劲肋8与L型支架6和梁1翼缘焊接。
- [0031] 如图1所示，中柱2内设置有与梁1翼缘在同一水平高度处的柱翼缘加劲肋7，并在中柱2翼缘和梁1翼缘交接处设置垫块9，垫块9与中柱2翼缘外侧焊接，且垫块9不与L型支架6连接。
- [0032] 如图1、2、3所示，槽钢4一侧与柱2翼缘焊接，另一侧通过高强螺栓5与梁1腹板连接，且梁1腹板相应位置处开设有长条形槽口，以适应高强螺栓5在节点转动过程中的滑移。
- [0033] 综合上述技术方案和附图详述本发明的实施步骤：
- [0034] 步骤(1)对节点进行分析，计算节点所需腹板高强螺栓5型号和个数、腹板螺栓5孔直径、形状记忆合金杆3直径和数量等参数；
- [0035] 步骤(2)在工厂内加工生产中柱2、钢梁1；中柱2设计位置焊接槽钢4、柱翼缘加劲肋7，并在中柱2翼缘设计位置开设孔洞，以便形状记忆合金杆3穿过；
- [0036] 步骤(3)在梁1翼缘设计位置处焊接L型支架6，并在L型支架6两侧分别焊接加劲肋8；梁1腹板在设计位置开设长条形螺栓孔，内侧进行摩擦处理；
- [0037] 步骤(4)对形状记忆合金杆3进行热处理和训练，使其具有稳定的力学性能；然后利用普通车削技术，将形状记忆合金杆3加工成标准设计试件，并在两端锚固段车螺纹；
- [0038] 步骤(5)将钢梁1起吊到安装位置，将梁1腹板插入焊接在中柱2翼缘前后侧的槽钢4之间，安上腹板高强螺栓5，并拧紧螺母至设计力。

[0039] 步骤(6)将形状记忆合金杆3穿过柱2翼缘孔,两端穿入两侧梁1端的L型支架6,再安装固定螺母11,再调节张拉螺母12和固定螺母11,使形状记忆合金杆3张拉到设计初始状态。

[0040] 本技术方案中腹板摩擦型形状记忆合金杆自复位钢框架梁-中柱节点,在风荷载或多遇地震作用下,梁1和中柱2的相对转动位移较小,于是形状记忆合金杆3的伸长量较小;而摩擦耗能器中腹板高强螺栓5出现滑动,使得石棉摩擦片13与梁1腹板发生摩擦耗能,是节点耗散地震能量的主要贡献部分;在中震或大震作用下,梁1和中柱2节点的相对转动位移较大,于是形状记忆合金杆3伸长量较大,材料进入相变阶段,甚至达到应变强化段,与摩擦耗能器共同耗散地震能量;而利用形状记忆合金杆3较大的回复力,节点能实现自复位性能。

[0041] 本技术方案中的L型支架6和形状记忆合金杆3均布置在梁1翼缘内侧,不仅在受力上充分发挥形状记忆合金杆3的受拉性能,而且避免了因形状记忆合金杆3和L型支架6布置在梁1翼缘外侧造成的楼板布置不便的困难,这也增强了构件的可更换性;其次,L型支架6的设置不仅加强了形状记忆合金杆3与梁1端的锚固作用,也间接发挥翼缘加强板的作用,加强了梁1端翼缘防止局部屈曲变形的能力。

[0042] 上述实施例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等同替换,这些对本发明权利要求进行改进和等同替换后的技术方案,均落入本发明的保护范围。

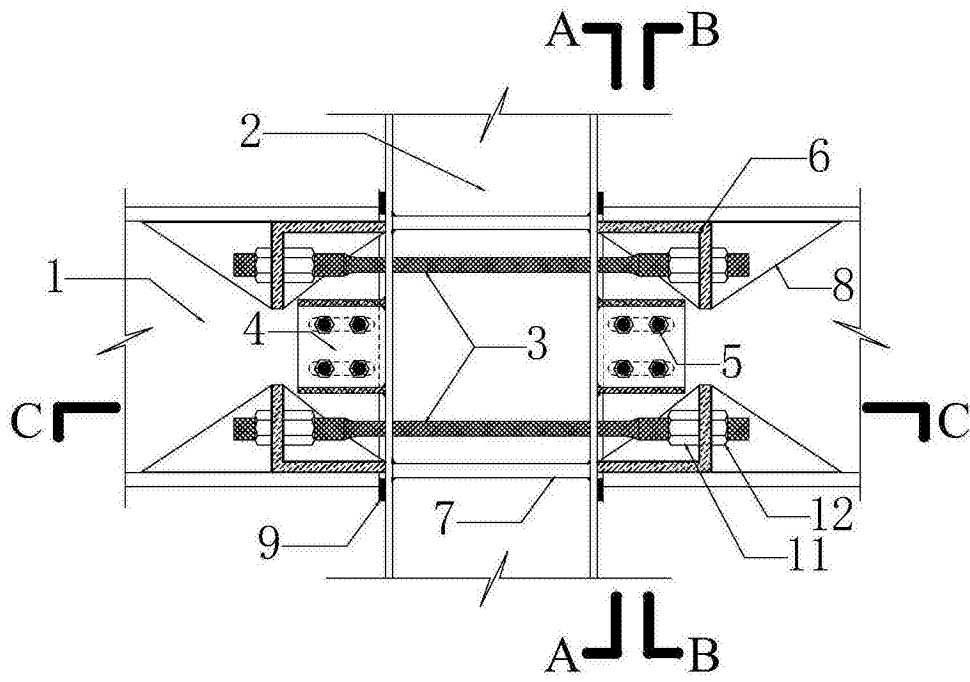


图1

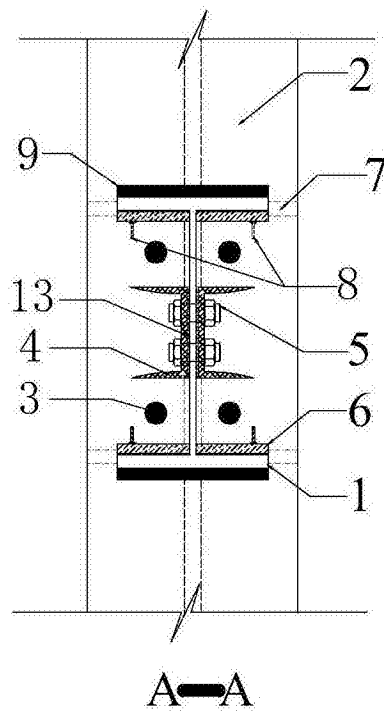
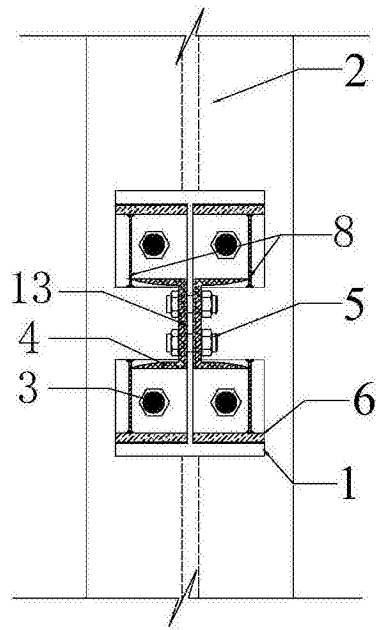
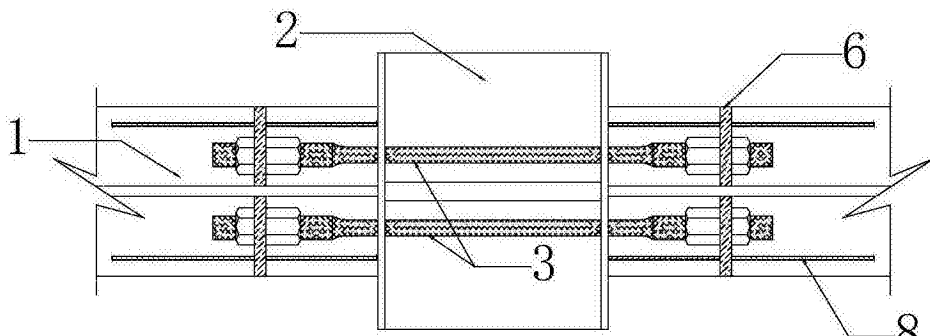


图2



B—B

图3



C—C

图4



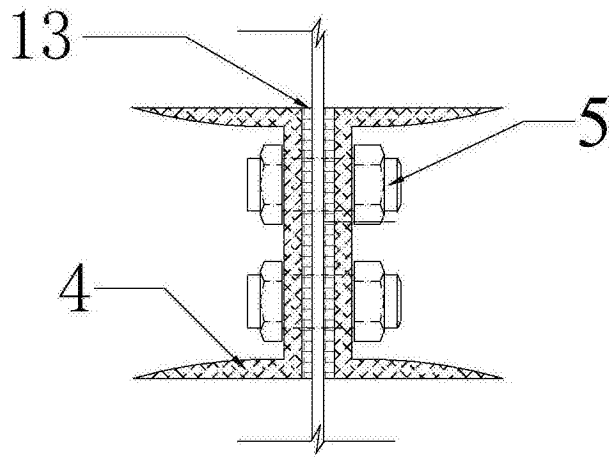


图5