



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104278620 A

(43) 申请公布日 2015. 01. 14

(21) 申请号 201410514822. 1

(22) 申请日 2014. 09. 29

(71) 申请人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园 100 号

(72) 发明人 韩强 郭婕 曹馨予 贾俊峰

(74) 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理有限公司 11203

代理人 沈波

(51) Int. Cl.

E01D 19/02 (2006. 01)

E02D 27/14 (2006. 01)

E02D 31/08 (2006. 01)

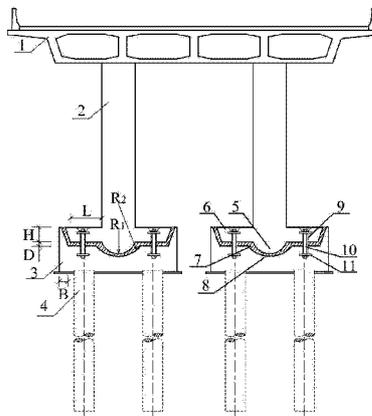
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

可自复位的球入式带翼摇摆隔震墩柱

(57) 摘要

可自复位的球入式带翼摇摆隔震墩柱,其作为一种可自复位的摇摆墩柱的隔震结构,该隔震墩柱包括主梁、桥墩、承台、半凸出式球状墩底、桥墩翼板、橡胶垫层、挖空半球面承台顶、形状记忆合金剪力螺栓、斜截面挡块。其将桥墩与承台的固结改为可产生摇摆的铰接。桥墩球状墩底嵌入承台顶部挖空半球。桥墩球状墩底上部两侧是桥墩翼缘板,翼缘板通过形状记忆合金剪力螺栓与承台锚固连接。橡胶垫层设置在半凸出式球状墩底和挖空半球状顶部之间、承台和桥墩翼板之间、桥墩翼板侧面和承台挡块之间。本发明使桥墩柱和基础分离,摇摆过滤地震能量,既保护桥墩又保护基础;本结构具有良好社会效益,值得推广应用。



1. 可自复位的球入式带翼摇摆隔震墩柱,其特征在于:该墩柱为一种可自复位的摇摆墩柱的隔震结构,该隔震墩柱包括主梁(1)、桥墩(2)、承台(3)、半凸出式球状墩底(5)、桥墩翼板(6)、橡胶垫层(7)、挖空半球面承台顶(8)、形状记忆合金剪力螺栓(10)、斜截面挡块(12);其将传统的支座连接墩梁的方式改为墩梁固结,将桥墩(2)与承台(3)的固结改为可产生摇摆的铰接;

桥墩(2)的底部预制成半凸出式球状墩底(5);承台(3)的顶部预制成挖空半球状顶部(8);桥墩(2)以“球入式”方式与承台(3)连接,其间填充橡胶垫层(7)实现两者的滑移和转动并保护接触面;桥墩球状墩底上部两侧是桥墩翼缘板,翼缘板通过形状记忆合金剪力螺栓(10)与承台(3)锚固连接;形状记忆合金剪力螺栓(10)通过预埋的形状记忆合金剪力螺栓套筒(9)进行定位安置,并且两端通过端头锚固钢板(11)进行锚固;承台(3)的四周有高于桥墩翼缘板的斜截面挡块(12),斜截面挡块(12)和桥墩翼板(6)侧面之间填充橡胶垫层(7)。

2. 根据权利要求1所述的可自复位的球入式带翼摇摆隔震墩柱,其特征在于:所述橡胶垫层(7)设置在半凸出式球状墩底(5)和挖空半球状顶部(8)之间、承台(3)和桥墩翼板(6)之间、桥墩翼板(6)侧面和承台挡块(12)之间。

3. 根据权利要求1所述的可自复位的球入式带翼摇摆隔震墩柱,其特征在于:半凸出式球状墩底(5)半球的半径 $R_1$ 小于墩的半径或截面的最小尺寸,承台(3)的凹陷半径 $R_2$ 小于承台厚度的一半,且 $R_1$ 小于 $R_2$ ;所述桥墩翼板(6)和承台(3)之间填充厚度D的橡胶垫层(7),通过这种不完全固定的连接方式,墩柱达到“隔”震的目的。

4. 根据权利要求1所述的可自复位的球入式带翼摇摆隔震墩柱,其特征在于:橡胶层厚度D需要满足摇摆时橡胶垫层(7)和承台(3)接触面两者的相对变形的需求;桥墩(2)两侧有伸出的桥墩翼板(6),桥墩翼板(6)的宽度L略小于承台(3)的宽度并大于桥墩半径或截面的最大尺寸,桥墩翼板(6)高度H为 $1/3 \sim 1/2$ 的承台(3)高度。

5. 根据权利要求1所述的可自复位的球入式带翼摇摆隔震墩柱,其特征在于:桥墩翼板(6)和承台(3)通过形状记忆合金剪力螺栓(10)进行连接;形状记忆合金剪力螺栓(10)能够为桥墩(2)提供拉拔力和抗剪力,帮助桥墩(2)复位;形状记忆合金剪力螺栓(10)在桥墩翼板(6)上均匀布置。

6. 根据权利要求1所述的可自复位的球入式带翼摇摆隔震墩柱,其特征在于:承台(3)四周为斜截面挡块(12),可采用新型抗震挡块形式;此斜截面挡块(12)由混凝土楔形块、竖向钢筋、水平钢筋、聚苯乙烯泡沫隔离块以及防粘结薄层组成,具有可复位性和易修复性;斜截面挡块(12)的宽度B满足设计地震动下结构性能需求,提供桥墩抗震安全的二次防线,限制桥墩摇摆时过大的位移,极端情况下,斜截面挡块(12)可破坏,从而保护桥梁结构主体。

## 可自复位的球入式带翼摇摆隔震墩柱

### 技术领域

[0001] 本发明涉及桥梁工程和渡河工程隔震技术领域,尤其是涉及一种可自复位的摇摆隔震墩柱。

### 背景技术

[0002] 我国大部分地区处于地震多发区,特别是华北和西南等还是强震区,在这些地区建造构筑物时,必须考虑结构的抗震性能以及采取合理的结构形式来减少地震带来的破坏。近几年国内外的大地震都显示了桥梁工程破坏的严重后果,必须对其采取有效的抗震措施,以减轻桥梁的破坏,保持交通生命线工程在抗震救灾和震后灾区重建中畅通。根据结构抗震机理不同,可分为“抗震”、“减震消能”和“隔震”三种方式。桥梁减隔震设计主要是桥梁上、下部结构之间,采用各种减隔震支座代替传统桥梁支座,以延长结构自振周期而错开地震能量集中的频段,同时耗散部分地震能量。桥梁延性抗震设计主要是利用桥墩的塑性变形,但是桥墩塑性铰区的损伤破坏修复是困难的,严重时可以导致桥梁结构倒塌。高烈度区,对中矮桥墩,塑性铰区弯矩过大时为保证安全,靠增大截面面积的方法非常不经济,而且延性难以保证。针对上述问题,本文将隔震思想应用于桥墩部位,提出一种可自复位的摇摆墩柱的隔震结构。墩柱隔震的结构能够有效的释放墩底的弯矩,因此不会在桥墩底部形成塑性铰,有效地控制的桥墩在地震中的反应,从而保护了桥梁,达到了桥梁抗震设计的目的。

### 发明内容

[0003] 为了解决背景技术中所阐述的桥梁抗震设计中桥墩存在的问题,本发明提出了一种可自复位的摇摆墩柱的隔震结构,可提高桥梁的抗震能力,且连接损坏后能快速修复。实现“消能”与“隔震”在桥墩抗震中联合应用,有效控制结构在地震作用下的破坏,保证结构的可恢复功能。

[0004] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案为可自复位的球入式带翼摇摆隔震墩柱,其为一种可自复位的摇摆墩柱的隔震结构,该隔震墩柱包括主梁 1、桥墩 2、承台 3、半凸出式球状墩底 5、桥墩翼板 6、橡胶垫层 7、挖空半球面承台顶 8、形状记忆合金剪力螺栓 10、斜截面挡块 12。其将传统的支座连接墩梁的方式改为墩梁固结,将桥墩 2 与承台 3 的固结改为可产生摇摆的铰接。

[0005] 桥墩 2 的底部预制成半凸出式球状墩底 5;承台 3 的顶部预制成挖空半球状顶部 8;桥墩 2 以“球入式”方式与承台 3 连接,其间填充橡胶垫层 7 更好的完成两者的滑移和转动并保护接触面。桥墩球状墩底上部两侧是桥墩翼缘板,翼缘板通过形状记忆合金剪力螺栓 10 与承台 3 锚固连接。形状记忆合金剪力螺栓 10 通过预埋的形状记忆合金剪力螺栓套筒 9 进行定位安置,并且两端通过端头锚固钢板 11 进行锚固。承台 3 的四周有高于桥墩翼缘板的斜截面挡块 12,斜截面挡块 12 和桥墩翼板 6 侧面之间填充橡胶垫层 7。

[0006] 所述橡胶垫层 7 设置在半凸出式球状墩底 5 和挖空半球状顶部 8 之间、承台 3 和

桥墩翼板 6 之间、桥墩翼板 6 侧面和承台挡块 12 之间。

[0007] 半凸出式球状墩底 5 半球的半径  $R_1$  桥小于墩的半径或截面的最小尺寸, 承台 3 的凹陷半径  $R_2$  小于承台厚度的一半, 且  $R_1$  小于  $R_2$ 。所述桥墩翼板 6 和承台 3 之间填充厚度 D 的橡胶垫层 7, 通过这种不完全固定的连接方式, 墩柱达到“隔”震的目的。

[0008] 橡胶层厚度 D 需要满足摇摆时橡胶垫层 7 和承台 3 接触面两者的相对变形的需求。桥墩 2 两侧有伸出的桥墩翼板 6, 桥墩翼板 6 的宽度 L 大于桥墩半径或截面的最大尺寸, 桥墩翼板 6 高度 H 为  $1/3 \sim 1/2$  的承台 3 高度。

[0009] 桥墩翼板 6 和承台 3 通过形状记忆合金剪力螺栓 10 进行连接。形状记忆合金材料 (SMA) 具有独特的形状记忆效应和相变超弹性性能, 使得它能够产生较大的恢复应力和恢复应变。形状记忆合金剪力螺栓 10 能够为桥墩 2 提供拉拔力和抗剪力, 帮助桥墩 2 复位。形状记忆合金剪力螺栓 10 在桥墩翼板 6 上均匀布置。

[0010] 承台 3 四周为斜截面挡块 12, 可采用新型抗震挡块形式; 此斜截面挡块 12 由混凝土楔形块、竖向钢筋、水平钢筋、聚苯乙烯泡沫隔离块以及防粘结薄层组成, 具有可复位性和易修复性。按牺牲型构件的设计思想, 斜截面挡块 12 的宽度 B 满足设计地震动下结构性能需求, 作为桥墩抗震的二次安全防线, 限制桥墩摇摆时过大的位移, 极端情况下, 斜截面挡块 12 可破坏, 从而保护桥梁结构主体。

[0011] 本发明的有益效果是:

[0012] 本发明的可自复位的摇摆墩柱的隔震结构, 在地震作用下减震效果显著, 主要体现在以下几点:

[0013] 1. 由于桥墩和承台的连接方式可简化为铰接, 地震中桥墩底部的弯矩得到释放, 震后桥墩与基础基本无损伤, 完整性较好。且摇摆隔震对现有常规桥墩的设计改动较小, 容易实现, 适用范围广。

[0014] 2. 摇摆墩柱的球入式连接在小转角下可自复位, 桥墩和承台的之间连接处嵌入橡胶垫层利于摇摆, 并有形状记忆合金剪力螺栓帮助复位, 承台四周挡块限制桥墩过大位移。因此, 结构能实现在地震中的摇摆, 达到隔震的效果。

[0015] 3. 本发明将传统的墩梁铰接改为固结, 桥墩和主梁连接处不再设置支座, 避免了地震中支座滑移和主梁相对位移过大而引起的落梁; 同时由于支座存在耐久性问题, 支座在服役期需要定期检测并及时更换, 而该结构很好的避免了此类问题。

[0016] 4. 本发明在满足相关设计规范的同时, 使桥墩柱和基础分离, 摇摆过滤地震能量, 既保护桥墩又保护基础。

[0017] 5. 本发明设计使结构在地震中桥墩受力小, 因此能减少桥墩的设计截面和配筋; 震后桥墩不发生或发生轻微破坏, 稍加修复便可使用, 减少了震后的修复工作量和经济成本, 保证了交通畅通, 为震后抗震救灾及灾后重建赢得了宝贵的时间。因此, 本结构具有良好社会效益, 值得推广应用。

## 附图说明

[0018] 图 1 是可自复位的摇摆墩柱的隔震结构纵桥向截面示意图;

[0019] 图 2 为可自复位的摇摆墩柱的隔震结构横桥向截面示意图;

[0020] 图 3 为可自复位的摇摆墩柱从橡胶垫层处俯视图;

[0021] 图 4 为斜截面挡块的正截面示意图。

[0022] 图中 :1、主梁 ;2、桥墩 ;3、承台 ;4、桥墩 ;5、半凸出式球状墩底 ;6、桥墩翼板 ;7、橡胶垫层 ;8、挖空半球面承台顶 ;9、形状记忆合金剪力螺栓套筒 ;10、形状记忆合金剪力螺栓 ;11、端头锚固钢板 ;12、斜截面挡块 ;L、墩翼板宽度 ;H、墩翼板厚度 ; $R_1$ 、半凸出式球状墩底球半径 ; $R_2$ 、挖空半球面承台顶球半径 ;D、橡胶垫层厚度 ;B、斜截面挡块最大截面宽度。

### 具体实施方式

[0023] 本发明的一种在地震等自然灾害作用下可自复位的摇摆墩柱的隔震结构,通过摇摆来耗散地震能量,达到“消能”和“隔震”两种目的。该结构主要用于桥梁工程和渡河工程隔震技术,也可用于高宽比不大的框架剪力墙结构中。

[0024] 如图 1-4 所示,本发明是在地震等自然灾害作用下可自复位结构的一具体实施例,构造方式包括主梁 1、桥墩 2、承台 3、半凸出式球状墩底 5、桥墩翼板 6、橡胶垫层 7、挖空半球面承台顶 8、形状记忆合金剪力螺栓 10、斜截面挡块 12。

[0025] 可自复位的桥墩结构,将传统的支座连接墩梁的方式改为墩梁固结,将桥墩 2 与承台 3 的固结改为可产生摇摆的铰接。

[0026] 桥墩 2 的底部预制成半凸出式球状墩底 5 ;承台 3 的顶部预制成挖空半球状顶部 8 ;桥墩 2 以“球入式”方式与承台 3 连接,其间填充橡胶垫层 7 更好的实现两者的滑移和转动。桥墩球状墩底上部两侧是桥墩翼缘板,翼缘板通过形状记忆合金剪力螺栓 10 与承台 3 锚固连接。形状记忆合金剪力螺栓 10 通过预埋的形状记忆合金剪力螺栓套筒 9 进行定位安置,并且两端通过端头锚固钢板 11 进行锚固。承台 3 的四周有高于桥墩翼缘板的斜截面挡块 12,斜截面挡块 12 和桥墩翼板 6 侧面之间填充橡胶隔层。

[0027] 所述橡胶垫层 7 设置在半凸出式球状墩底 5 和挖空半球状顶部 8 之间、承台 3 和桥墩翼板 6 之间、桥墩翼板 6 侧面和承台挡块 12 之间。

[0028] 半凸出式球状墩底 5 半球的半径  $R_1$  桥小于墩的半径或截面的最小尺寸,承台 3 的凹陷半径  $R_2$  小于承台厚度的一半,且  $R_1$  小于  $R_2$ 。所述桥墩翼板 6 和承台 3 之间填充厚度 D 的橡胶垫层 7,通过这种不完全固定的连接方式,墩柱达到“隔”震的目的。

[0029] 橡胶层厚度 D 需要满足摇摆时橡胶垫层 7 和承台 3 接触面两者的相对变形的需求。桥墩 2 两侧有伸出的桥墩翼板 6,桥墩翼板 6 的宽度 L 略小于承台 3 的宽度并大于桥墩半径或截面的最大尺寸,桥墩翼板 6 高度 H 为  $1/3 \sim 1/2$  的承台 3 高度。

[0030] 桥墩翼板 6 和承台 3 通过形状记忆合金剪力螺栓 10 进行连接。形状记忆合金材料 (SMA) 具有独特的形状记忆效应和相变超弹性性能,使得它能够产生较大的恢复应力和恢复应变。形状记忆合金剪力螺栓 10 能够为桥墩 2 提供拉拔力和抗剪力,帮助桥墩 2 复位。形状记忆合金剪力螺栓 10 在桥墩翼板 6 上均匀布置。

[0031] 承台 3 四周为斜截面挡块 12,可采用新型抗震档块形式 ;此斜截面挡块 12 由混凝土楔形块、竖向钢筋、水平钢筋、聚苯乙烯泡沫隔离块以及防粘结薄层组成,具有可复位性和易修复性。按牺牲型构件的设计思想,斜截面挡块 12 的宽度 B 满足设计地震动下结构性需求,提供桥墩抗震安全的二次防线,限制桥墩摇摆时过大的位移,极端情况下,斜截面挡块 12 可破坏,从而保护桥梁结构主体。

[0032] 在地震作用下,由于水平倾覆力矩的作用,基础与墩柱的交界面处得到提升,反复

的抬升和回位造成了桥体的摇摆,墩底内力(弯矩)得以释放。球入式的连接可以实现平稳的摇摆和墩柱的定位限位。形状记忆合金剪力螺栓 10 在摆动过程中消耗地震能量,并且约束桥墩翼缘,为桥墩提供回复力。承台四周的挡块 12 限制桥墩过大的位移,保证桥墩复位。墩柱底部和承台的铰接,释放了墩底弯矩,减小了墩柱截面的尺寸。此外,承台与墩柱翼板之间的剪力螺栓 10 通过预埋在基础与墩柱中的套筒进行安置定位,不外露,不易老化损坏,能增加其使用寿命,还容易更换。这种结构不再使用支座,解决了传统桥梁在桥梁全寿命周期内需要更换支座的问题,经济效益大大提高。自复位的节点构造方式自适应能力强,在正常使用荷载作用下(如基础变位作用,汽车荷载,汽车制动力等),墩柱与承台之间不发生分离。小震作用下,桥墩通过橡胶垫层的变形实现结构的摇摆,减少结构主体的受力;大震作用下,墩身和承台之间产生较大的相对位移和脱离,此时,形状记忆合金剪力螺栓帮助桥墩复位,同时,承台四周的斜截面挡块限制更大的摇摆位移。由于桥墩与承台的铰接,释放弯矩减少了结构地震受力,保证震后结构的承载力基本不下降。因此既保护了桥梁墩柱又保护了承台基础,还能防止落梁,能够满足结构抗震性能的高要求。可自复位的摇摆墩柱隔震结构在正常使用荷载和偶然地震荷载作用下均有良好的工作性能,值得在实际工程中推广应用。



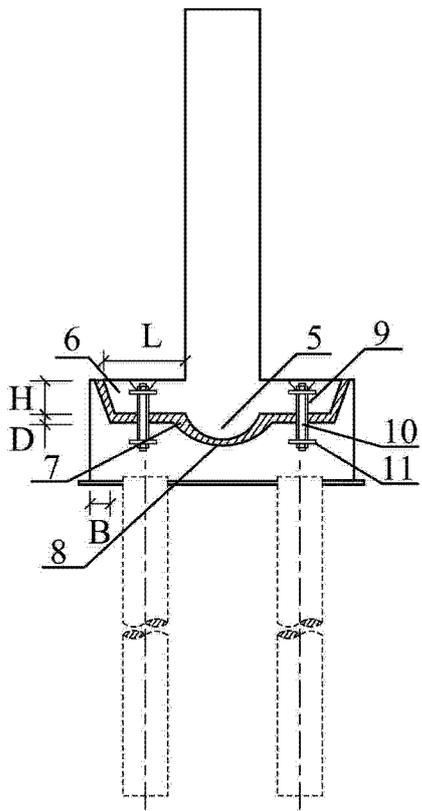


图 2

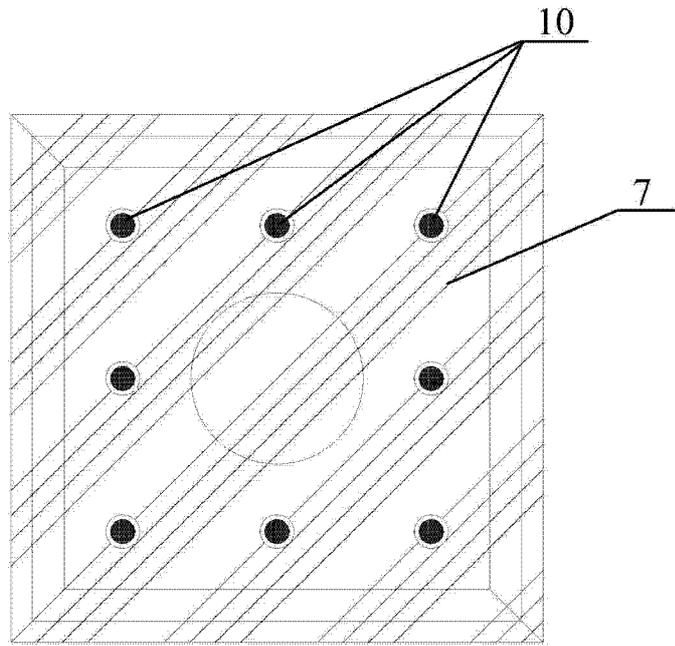


图 3

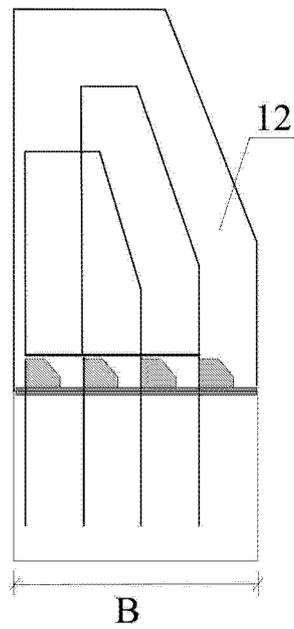


图 4