



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109853385 B

(45) 授权公告日 2021.03.30

(21) 申请号 201910258958.3

审查员 冯淳

(22) 申请日 2019.04.02

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109853385 A

(43) 申请公布日 2019.06.07

(73) 专利权人 福州大学

地址 350108 福建省福州市闽侯县上街镇
大学城学园路2号福州大学新区

(72) 发明人 张超 林成杰 方圣恩

(74) 专利代理机构 福州元创专利商标代理有限公司 35100

代理人 蔡学俊 黄诗锦

(51) Int.Cl.

E01D 19/14 (2006.01)

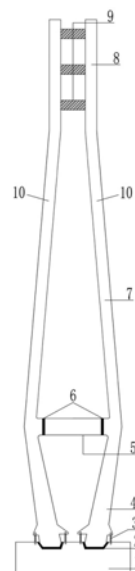
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种桥塔横向抗震结构及其设计方法

(57) 摘要

本发明涉及一种桥塔横向抗震结构及其设计方法,包括基础承台和设置在基础承台上的桥塔,所述桥塔包含两个对称设置的塔柱和水平设置在两个塔柱中下部之间的下横梁,所述下横梁的两端设置有弯曲耗能装置,两个塔柱的上端之间通过若干个剪切耗能装置连接,所述塔柱的下端与基础承台之间连接有轴向耗能装置。本发明结构设计合理,在超越设防水准的地震作用下,轴向耗能装置、弯曲耗能装置和剪切耗能装置会先后优先发生弹塑性变形、耗散能量,构成多道抗震设防,从而保护桥塔塔柱等关键构件不发生地震损伤;并且耗能装置具有易更换的特性,可广泛应用于斜拉桥体系桥塔的结构设计当中。



1. 一种桥塔横向抗震结构,包括基础承台和设置在基础承台上的桥塔,其特征在于:所述桥塔包含两个对称设置的塔柱和水平设置在两个塔柱中下部之间的下横梁,所述下横梁的两端设置有弯曲耗能装置,两个塔柱的上端之间通过若干个剪切耗能装置连接,所述塔柱的下端与基础承台之间连接有轴向耗能装置;所述塔柱包括从上往下依次设置的上塔柱、中塔柱以及下塔柱,若干个剪切耗能装置设置在两个塔柱的上塔柱之间;所述下横梁位于中塔柱与下塔柱的交点处;所述下塔柱的下端与基础承台断开,且在断开处设置有摩擦垫层,所述轴向耗能装置设置在下塔柱的下端外侧;所述剪切耗能装置与上塔柱、弯曲耗能装置与下横梁、轴向耗能装置与下塔柱及基础承台之间均通过螺栓连接。

2. 根据权利要求1所述的一种桥塔横向抗震结构,其特征在于:所述剪切耗能装置、弯曲耗能装置以及轴向耗能装置均为金属阻尼器、粘滞阻尼器、粘弹性阻尼器、摩擦耗能阻尼器或者复合阻尼器。

3. 根据权利要求1所述的一种桥塔横向抗震结构,其特征在于:所述基础承台上设有用于容置下塔柱的下端的凹部,所述摩擦垫层设置在凹部的内部。

4. 根据权利要求3所述的一种桥塔横向抗震结构,其特征在于:所述摩擦垫层为砂垫层、低强度混凝土垫层或者缓冲橡胶垫层。

5. 一种桥塔横向抗震结构的设计方法,其特征在于:包括采用如权利要求1~4任一项所述的桥塔横向抗震结构,包含如下步骤:

步骤S1:根据桥梁设计规范,初步选定下塔柱、下横梁、中塔柱以及上塔柱的截面尺寸和材料参数;

步骤S2:根据桥塔设计的使用年限和空间尺度,选择合适的轴向耗能装置、弯曲耗能装置和剪切耗能装置,通过非线性动力时程分析方法计算桥塔结构在设防水准的地震作用下的响应;计算后,通过调整下塔柱、下横梁、中塔柱以及上塔柱的截面尺寸和材料参数,以及轴向耗能装置、弯曲耗能装置、剪切耗能装置的材料参数和装置个数,确保桥塔整体在设防水准的地震作用下处于弹性状态。

6. 根据权利要求5所述的一种桥塔横向抗震结构的设计方法,其特征在于:还包括步骤S3:通过非线性动力时程分析方法计算步骤S2中调整后的桥塔结构在超越设防水准的地震作用下的响应;计算后,通过调整下塔柱、下横梁、中塔柱、上塔柱的截面尺寸和材料参数,以及调整轴向耗能装置、弯曲耗能装置、剪切耗能装置的材料参数和装置个数,确保桥塔关键构件在超越设防水准的地震作用下处于弹性状态。

7. 根据权利要求6所述的一种桥塔横向抗震结构的设计方法,其特征在于:还包括步骤S4:通过调整轴向耗能装置、弯曲耗能装置、剪切耗能装置的材料参数和装置个数,保证轴向耗能装置先于弯曲耗能装置、弯曲耗能装置先于剪切耗能装置发生弹塑性变形,从而构成多道抗震设防体系,分级耗能。

8. 根据权利要求7所述的一种桥塔横向抗震结构的设计方法,其特征在于:还包括步骤S5:将步骤S4中确定的桥塔结构在超越设防水准的地震作用下再验算一次,确保桥塔关键构件在超越设防水准的地震作用下处于弹性状态。

一种桥塔横向抗震结构及其设计方法

[0001] 技术领域：

[0002] 本发明涉及一种桥塔横向抗震结构及其设计方法。

[0003] 背景技术：

[0004] 斜拉桥为目前最常用的大跨度桥梁的形式之一。其中，桥塔为斜拉桥体系中最重要构件之一。地震作用下，斜拉桥在纵桥向抗震性能通常较好；但是在横桥向，横向地震力通常是桥塔的控制荷载作用。目前，各国的桥梁抗震设计规范普遍要求斜拉桥桥塔在设计地震下（设防地震重现期2500年）保持弹性。这意味着，现有斜拉桥的桥塔横向抗震性能仅能满足抗震设防标准，当遭受更大地震时，桥塔有可能会屈服并进入塑性工作状态。已经发生的台湾集集大地震（1999年）中，集鹿大桥的桥塔塔身横向即产生了约2米长的混凝土塑性区，对该桥塔的承载能力影响较大。作为主要承力构件，发生于塔身的地震损伤甚至可能会引起整个斜拉桥的失效或倒塌。而且，由于塔身的受力十分复杂，桥塔塔身地震损伤的震后修复十分困难，施工周期较长，震后修复效果较差。因此，从抗震安全性来说，即使在超越设防标准的地震作用下，斜拉桥桥塔的塔身仍应保持弹性受力，桥塔发生损伤的部位应位于次要受力构件，最大程度地减小斜拉桥承载力的下降；从震后可恢复性来说，桥塔的地震损伤部位在地震后应快速地、简单地、完全地被修复，在最短的时间内恢复斜拉桥的正常使用功能。

[0005] 目前，关于桥塔的专利均仅针对桥塔的外观优化。目前为止，有关桥梁桥塔的专利均未涉及桥塔抗震性能的提高，无法解决桥塔所面临的主要受力构件可能遭受地震损伤及震后损伤构件难以修复的问题。

[0006] 发明内容：

[0007] 本发明针对上述现有技术存在的问题做出改进，即本发明所要解决的技术问题是提供一种桥塔横向抗震结构及其设计方法。

[0008] 为了实现上述目的，本发明采用的技术方案是：一种桥塔横向抗震结构，包括基础承台和设置在基础承台上的桥塔，所述桥塔包含两个对称设置的塔柱和水平设置在两个塔柱中下部之间的下横梁，所述下横梁的两端设置有弯曲耗能装置，两个塔柱的上端之间通过若干个剪切耗能装置连接，所述塔柱的下端与基础承台之间连接有轴向耗能装置。

[0009] 进一步的，所述塔柱包括从上往下依次设置的上塔柱、中塔柱以及下塔柱，若干个剪切耗能装置设置在两个塔柱的上塔柱之间；所述下横梁位于中塔柱与下塔柱的交点处；所述下塔柱的下端与基础承台断开，且在断开处设置有摩擦垫层，所述轴向耗能装置设置在下塔柱的下端外侧。

[0010] 进一步的，所述剪切耗能装置与上塔柱、弯曲耗能装置与下横梁、轴向耗能装置与下塔柱及基础承台之间均通过螺栓连接。

[0011] 进一步的，所述剪切耗能装置、弯曲耗能装置以及轴向耗能装置均为金属阻尼器、粘滞阻尼器、粘弹性阻尼器、摩擦耗能阻尼器或者复合阻尼器。

[0012] 进一步的，所述基础承台上设有用于容置下塔柱的下端的凹部，所述摩擦垫层设置在凹部的内部。

[0013] 进一步的,所述摩擦垫层为砂垫层、低强度混凝土垫层或者缓冲橡胶垫层。

[0014] 本发明采用的另一种技术方案是:一种桥塔横向抗震结构的设计方法,包含如下步骤:

[0015] 步骤S1:根据桥梁设计规范,初步选定下塔柱、下横梁、中塔柱以及上塔柱的截面尺寸和材料参数;

[0016] 步骤S2:根据桥塔设计的使用年限和空间尺度,选择合适的轴向耗能装置、弯曲耗能装置和剪切耗能装置,通过非线性动力时程分析方法计算桥塔结构在设防水准的地震作用下的响应;计算后,通过调整下塔柱、下横梁、中塔柱以及上塔柱的截面尺寸和材料参数,以及轴向耗能装置、弯曲耗能装置、剪切耗能装置的材料参数和装置个数,确保桥塔整体在设防水准的地震作用下处于弹性状态。

[0017] 进一步的,还包括步骤S3:通过非线性动力时程分析方法计算步骤S2中调整后的桥塔结构在超越设防水准的地震作用下的响应;计算后,通过调整下塔柱、下横梁、中塔柱、上塔柱的截面尺寸和材料参数,以及调整轴向耗能装置、弯曲耗能装置、剪切耗能装置的材料参数和装置个数,确保桥塔关键构件在超越设防水准的地震作用下处于弹性状态。

[0018] 进一步的,还包括步骤S4:通过调整轴向耗能装置、弯曲耗能装置、剪切耗能装置的材料参数和装置个数,保证轴向耗能装置先于弯曲耗能装置、弯曲耗能装置先于剪切耗能装置发生弹塑性变形,从而构成多道抗震设防体系,分级耗能。

[0019] 进一步的,还包括步骤S5:将步骤S4中确定的桥塔结构在超越设防水准的地震作用下再验算一次,确保桥塔关键构件在超越设防水准的地震作用下处于弹性状态。

[0020] 与现有技术相比,本发明具有以下效果:本发明结构设计合理,在超越设防水准的地震作用下,轴向耗能装置、弯曲耗能装置和剪切耗能装置会先后优先发生弹塑性变形、耗散能量,构成多道抗震设防,从而保护桥塔塔柱等关键构件不发生地震损伤;并且耗能装置采用螺栓固定,具有易更换的特性,可广泛应用于斜拉桥体系桥塔的结构设计当中。

[0021] 附图说明:

[0022] 图1是本发明实施例的构造示意图。

[0023] 图中:

[0024] 1-基础承台;2-摩擦垫层;3-轴向耗能装置;4-下塔柱;5-下横梁;6-弯曲耗能装置;7-中塔柱;8-上塔柱;9-剪切耗能装置;10-塔柱。

[0025] 具体实施方式:

[0026] 为了更清楚地解释本发明,下面结合附图与实施例对本发明做进一步说明,显而易见地,下面所列的附图仅仅是本发明的一些具体实施例。

[0027] 如图1所示,本发明一种桥塔横向抗震结构,包括基础承台1和设置在基础承台1上的桥塔,所述桥塔包含两个对称设置的塔柱10和水平设置在两个塔柱10中下部之间的下横梁5,所述下横梁5的两端设置有弯曲耗能装置6,两个塔柱10的上端之间通过若干个剪切耗能装置9连接,所述塔柱10的下端与基础承台1之间连接有轴向耗能装置3。在超越设防水准的地震作用下,轴向耗能装置、弯曲耗能装置和剪切耗能装置会先后优先发生弹塑性变形、耗散能量,构成多道抗震设防,从而保护桥塔塔柱等关键构件不发生地震损伤。

[0028] 本实施例中,所述塔柱10包括从上往下依次设置的上塔柱8、中塔柱7以及下塔柱4,若干个剪切耗能装置9设置在两个塔柱的上塔柱8之间,用以连接在两个上塔柱之间;所

述下横梁5位于中塔柱7与下塔柱4的交点处,弯曲耗能装置6的两端分别与下横梁5及中塔柱7与下塔柱4的交点处相连接;所述下塔柱4的下端与基础承台1断开,且在断开处设置有摩擦垫层2,所述轴向耗能装置3设置在下塔柱4的下端外侧,轴向耗能装置3的上、下端分别与下塔柱4基础承台1相连接。

[0029] 本实施例中,所述剪切耗能装置9与上塔柱8、弯曲耗能装置6与下横梁5、轴向耗能装置3与下塔柱4及基础承台1均通过螺栓连接。采用螺栓连接的方式易更换及易安装,可广泛应用于斜拉桥体系桥塔的结构设计当中。

[0030] 本实施例中,所述剪切耗能装置9、弯曲耗能装置6以及轴向耗能装置3均具有高耗能特性,为现有的金属阻尼器、粘滞阻尼器、粘弹性阻尼器、摩擦消能阻尼器或者复合阻尼器。

[0031] 本实施例中,所述基础承台1上设有用于容置下塔柱4的下端的凹部,所述摩擦垫层2设置在凹部的内部。所述摩擦垫层为级配良好的砂垫层、低强度混凝土垫层或者缓冲橡胶垫层。

[0032] 本实施例中,具体的工作原理如下:

[0033] (1) 在设防水准的地震作用下,桥塔整体处于弹性状态,结构依靠自身弹性变形和轴向耗能装置、弯曲耗能装置和剪切耗能装置弹性变形耗散地震能量;

[0034] (2) 在超越设防水准的地震作用下,桥塔依靠轴向耗能装置、弯曲耗能装置和剪切耗能装置先后发生弹塑性变形来耗散地震能量,多级抗震设防分级耗能以达到减震效果,确保桥塔主要受力构件不发生损伤;

[0035] (3) 其中轴向耗能装置发生弹塑性变形后不会影响桥塔的使用功能,更多的地震能量转移到上部耗能装置;弯曲耗能装置发生弹塑性变形后两端变化形成类似弯矩铰的状态,通过转动耗能,下横梁左右两端依然是联系的。

[0036] 本发明的优点在于:

[0037] 1、本发明能实现在超越设防水准的横向地震作用下,桥塔塔柱(主要受力构件)不发生地震损伤,且地震损伤仅发生在次要受力构件上,实现在超越设防水准的强震作用下桥塔承载能力不发生显著下降,提高了桥塔的安全性;

[0038] 2、本发明能实现在超越设防水准的横向地震作用下,位于次要受力构件上的弹塑性损伤具有很强的耗能能力,能最大程度地消耗地震能量,从而避免桥塔主要受力构件遭受地震损伤,提高了桥塔的耗能能力;

[0039] 3、本发明能实现在超越设防水准的横向地震作用下,桥塔震损部位的震后快速修复,实现在震后较短时间内即可恢复桥塔的正常使用寿命,提高了桥塔的震后可修复性;

[0040] 4、本发明能实现在超越设防水准的横向地震作用下,根据地震动的强弱不同,不同位置的耗能装置经过合理设计,依次进入弹塑性耗能状态,实现桥塔横向抗震结构体系的“分级设防”,较经济地实现桥塔横向抗震体系,提高了桥塔的经济性。

[0041] 本发明采用的另一种技术方案是:一种桥塔横向抗震结构的设计方法,包含如下步骤:

[0042] 步骤S1:根据桥梁设计规范,初步选定下塔柱、下横梁、中塔柱以及上塔柱的截面尺寸和材料参数,其中材料参数包括材料种类、材料强度等级;

[0043] 步骤S2:根据桥塔设计的使用年限和空间尺度,选择合适的轴向耗能装置、弯曲耗

能装置和剪切耗能装置,通过非线性动力时程分析方法计算桥塔结构在设防水准的地震作用下的响应;计算后,通过调整下塔柱、下横梁、中塔柱以及上塔柱的截面尺寸和材料参数,以及轴向耗能装置、弯曲耗能装置、剪切耗能装置的材料参数和装置个数,确保桥塔整体在设防水准的地震作用下处于弹性状态;

[0044] 步骤S3:通过非线性动力时程分析方法计算步骤S2中调整后的桥塔结构在超越设防水准的地震作用下的响应;计算后,通过调整下塔柱、下横梁、中塔柱、上塔柱的截面尺寸和材料参数,以及调整轴向耗能装置、弯曲耗能装置、剪切耗能装置的材料参数和装置个数,确保桥塔关键构件在超越设防水准的地震作用下处于弹性状态;

[0045] 步骤S4:通过调整轴向耗能装置、弯曲耗能装置、剪切耗能装置的材料参数和装置个数,保证轴向耗能装置先于弯曲耗能装置、弯曲耗能装置先于剪切耗能装置发生弹塑性变形,从而构成多道抗震设防体系,分级耗能;

[0046] 步骤S5:将步骤S4中确定的桥塔结构在超越设防水准的地震作用下再验算一次,确保桥塔关键构件在超越设防水准的地震作用下处于弹性状态。

[0047] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,凡依本发明申请专利范围所做的均等变化与修饰,皆应属本发明的涵盖范围。

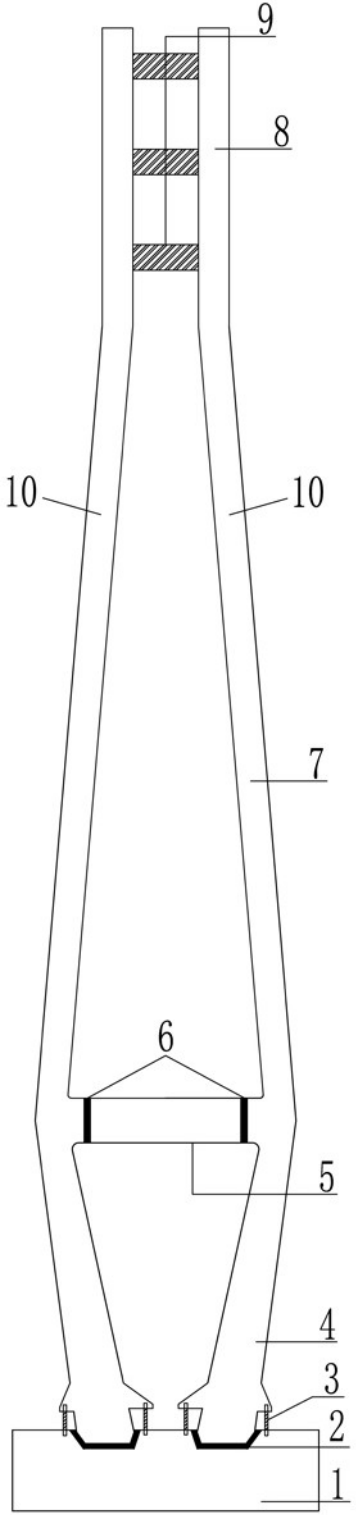


图1