



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117166350 A

(43) 申请公布日 2023. 12. 05

(21) 申请号 202311060906.8

(22) 申请日 2023.08.21

(71) 申请人 江苏海洋大学

地址 222000 江苏省连云港市海州区苍梧路59号

申请人 江苏中碳建筑产业研究院有限公司

(72) 发明人 蔡小宁 王鹏 吴艳娉 温永昕
陈兴旺 周伦 何永福 徐德强

(74) 专利代理机构 北京国审领航知识产权代理
事务所(特殊普通合伙)
16157

专利代理师 赵洋

(51) Int. Cl.

E01D 19/02 (2006.01)

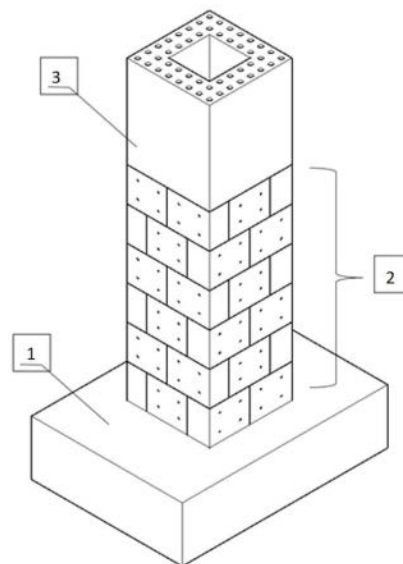
权利要求书2页 说明书9页 附图8页

(54) 发明名称

一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的空心桥墩结构

(57) 摘要

本申请公开了一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的空心桥墩结构,涉及桥梁工程技术领域,包括由下至上依次堆叠的承台、桥墩节段和上部节段,所述桥墩节段和上部节段均为截面呈方形环状的空心柱体;且所述桥墩节段包括三种类型的预制模块,三种类型的预制模块拼接构成多层规格一致的节段层;位于同一所述节段层中的各个预制模块之间通过榫卯连接的方式相互咬合,上下相邻的两层节段层沿空心柱体中轴线旋转 90° 后堆叠;上下相邻的两层节段层之间、节段层和承台之间、上部节段和节段层之间通过钢筋主筋、预应力钢筋和分离式的预制钢筋剪力键纵向连接。本申请基于块体堆叠的概念,具有运输方便、环境影响小、施工速度快、降低工程成本的优势。



1. 一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的空心桥墩结构,其特征在于:包括由下至上依次堆叠的承台(1)、桥墩节段(2)和上部节段(3),所述桥墩节段(2)为横截面呈方形环状的空心柱体;

且所述桥墩节段(2)包括三种类型的预制模块,所述桥墩节段(2)由三种类型的预制模块拼接构成多层规格一致的节段层(21),所述三种类型的预制模块中任意一种预制模块的表面均为平面;

位于同一所述节段层(21)中的各个所述预制模块之间通过榫卯连接的方式相互咬合,多层所述节段层(21)中上下相邻的任意两层节段层(21)均沿空心柱体中轴线旋转 90° 后堆叠;

上下相邻的两层节段层(21)之间、节段层(21)和承台(1)之间、上部节段(3)和节段层(21)之间均设置有分离式的预制钢筋剪力键(4),所述预制钢筋剪力键(4)用于对上下相邻的两层节段层(21)/节段层(21)和承台(1)/上部节段(3)和节段层(21)进行纵向连接。

2. 根据权利要求1所述的一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的空心桥墩结构,其特征在于:所述三种类型的预制模块分别为第一桥墩模块(211)、第二桥墩模块(212)和第三桥墩模块(213),所述第一桥墩模块(211)、第二桥墩模块(212)和第三桥墩模块(213)均呈长方体状;

所述节段层(21)的上下相对两边/左右相对两边由第一桥墩模块(211)和第二桥墩模块(212)沿顺桥向榫卯连接咬合组成,所述第三桥墩模块(213)宽边对应的两侧分别与第一桥墩模块(211)和第二桥墩模块(212)沿顺桥向榫卯连接相互咬合。

3. 根据权利要求2所述的一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的空心桥墩结构,其特征在于:所述第一桥墩模块(211)、第二桥墩模块(212)和第三桥墩模块(213)的上下表面均开设有上下相对的多个螺纹连接孔(214);

位于所述第一桥墩模块(211)、第二桥墩模块(212)和第三桥墩模块(213)同一表面上的多个连接孔用于供钢筋剪力键(4)螺纹装配拧入,位于所述第一桥墩模块(211)、第二桥墩模块(212)和第三桥墩模块(213)相对表面的多个连接孔用于供钢筋剪力键(4)在分段堆叠过程中插接嵌入。

4. 根据权利要求2所述的一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的空心桥墩结构,其特征在于:所述空心桥墩结构还包括下端锚固于承台(1)底部的钢筋主筋(5)和预应力钢筋(6),所述第一桥墩模块(211)、第二桥墩模块(212)和第三桥墩模块(213)上还贯穿开设并预制有多条波纹钢管道(215),所述波纹钢管道(215)用于供钢筋主筋(5)和预应力钢筋(6)嵌入,上下相邻的两层所述节段层(21)/所述节段层(21)和承台(1)/所述上部节段(3)和节段层(21)通过钢筋主筋(5)和预应力钢筋(6)纵向连接。

5. 根据权利要求2所述的一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的空心桥墩结构,其特征在于:相邻的两层所述节段层(21)的接触面之间以及位于同一节段层(21)内的第一桥墩模块(211)、第二桥墩模块(212)和第三桥墩模块(213)的榫卯部位处均涂抹有环氧树脂。

6. 根据权利要求4所述的一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的空心桥墩结构,其特征在于:所述波纹钢管道(215)和预应力钢筋(6)的间隙内灌注填充有高强浆料,所述波纹钢管道(215)和钢筋主筋(5)的间隙内灌注填充有超高性能混凝土,所述桥墩节段(2)

通过高强浆料和超高性能混凝土与钢筋主筋(5)和预应力钢筋(6)连为一体。

7. 根据权利要求2所述的一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的空心桥墩结构,其特征在於:所述第一桥墩模块(211)和第二桥墩模块(212)的榫卯部位处还设有嵌条(216)和预锁组件(217),所述嵌条(216)转动安装于第一桥墩模块(211)/第二桥墩模块(212)上,所述预锁组件(217)用于在第一桥墩模块(211)和第二桥墩模块(212)相对接时驱使嵌条(216)水平、弧向嵌入第二桥墩模块(212)/第一桥墩模块(211)。

8. 根据权利要求3-7中任一项权利要求所述的一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的空心桥墩结构,其特征在於:所述第一桥墩模块(211)、第二桥墩模块(212)和第三桥墩模块(213)表面上允许开设的螺纹连接孔(214)和波纹钢管道(215)数量之和的最大值均满足以下计算公式:

$$\text{最大值} = L \times W \times d \times n / [(1-2a) \times (h-2a) + (w-2a) \times (d-2a)];$$

其中,L、W、h、w、d分别为第一桥墩模块(211)/第二桥墩模块(212)/第三桥墩模块(213)的长度、宽度、上表面厚度、下表面厚度和高度,n为单个桥墩模块支持的最大连接孔数量,a为螺纹连接孔(214)的半径。

9. 根据权利要求8所述的一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的空心桥墩结构,其特征在於:同一表面上的两个螺纹连接孔(214)之间的最优间距满足以下计算公式:

$$\text{最优间距} = \min(L/2, W/2, h/2, d/2);$$

其中,L、W、h、w、d分别为桥墩模块的长度、宽度、上表面厚度、下表面厚度和高度。

10. 根据权利要求3-7中任一项权利要求所述的一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的空心桥墩结构,其特征在於:上下相邻的两层所述节段层(21)中的上方节段层(21)中任一桥墩模块均堆叠于下方节段层(21)中的两个桥墩模块上,且上下相邻的两层所述节段层(21)中的各桥墩模块之间的接缝位置互不重合。

一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的空心桥墩结构

技术领域

[0001] 本申请涉及桥梁工程技术领域,尤其是涉及一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的空心桥墩结构。

背景技术

[0002] 近年来,随着全球环境保护意识的日益增强,桥梁建设对环境的影响问题日益引起人们的关注。因此,预制技术迅速发展,以减少桥梁建设对环境的影响。此外,由于预制节段技术的引入避免了因为现场施工导致的交通中断,施工质量有保障、施工安全性高、施工速度快、环境污染小,在过去的几十年里,预制节段技术在世界各地的桥梁建设中得到了广泛的应用。

[0003] 早期大部分预制节段式结构都是应用在地震潜力较低的地区,随着节段模块之间的连接措施得到改进,又提出并开发了用于高震地区的预制混凝土桥墩系统。这些系统大致可以分为两类。一种是混合连接系统,使用后张拉筋和软筋(或能量耗散筋)来实现必要的连接。另一种是通过模拟传统整体柱性能的系统,这种整体柱仅使用低碳钢连接预制混凝土构件。对于这两种预制柱体系,均采用单节段作为单层构件,多层节段堆叠形成整个桥墩。这种施工方法虽然施工效率高,但大管片运输困难,需要大型吊装设备。为了解决这些问题,通常在建筑工地附近修建临时的室外预制场,但这抵消了使用预制节段来减少对环境影响的优点。

[0004] 因此,为了实现预制节段桥墩运输方便、环境影响小、施工速度快、通用性强等优点,预制节段的尺寸成为制约当前预制技术进一步发展的瓶颈。

发明内容

[0005] 为克服现有技术的不足,本申请提供一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的空心桥墩结构,该空心桥墩结构基于块体堆叠的概念,不仅可以竖向堆叠,还可以由多个可相互连接的模块化RC节段水平堆叠。所提出的空心桥墩结构分为多个节段层,各节段层又由多个预制节段模块构成,各预制节段模块的大小可控、便于运输和安装;相邻节段层中的预制节段模块在纵向堆叠时保证模块与模块之间接缝位置不重合,每个预制节段模块在两个相对的表面上设置有双连接孔,一个表面的双连接孔拧入钢筋剪力键,相对表面的连接孔用来连接相邻节段的钢筋剪力键,使节段在水平方向上建立互锁连接,起到柱段的抗剪和耗能作用,以解决预制桥墩的节段过大而难以运输和吊装的问题。

[0006] 本申请提供的一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的空心桥墩结构采用如下的技术方案:

一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的空心桥墩结构,所述空心桥墩结构为横截面呈方形环状的空心柱体,所述空心桥墩结构包括由下至上依次堆叠的承台、桥墩节段和上部节段;所述桥墩节段包括三种类型的预制模块,且所述桥墩节段由三种类型的预制模块拼接构成多层规格一致的节段层,所述三种类型的预制模块中任意一种预制模块的

表面均为平面;位于同一所述节段层中的各个所述预制模块之间通过榫卯连接的方式相互咬合,多层所述节段层中上下相邻的任意两层节段层均沿空心柱体中轴线旋转 90° 后堆叠;上下相邻的两层节段层之间、节段层和承台之间、上部节段和节段层之间均设置有分离式的预制钢筋剪力键,所述预制钢筋剪力键用于对上下相邻的两层节段层/节段层和承台/上部节段和节段层进行纵向连接。

[0007] 通过采用上述技术方案,本申请中的空心桥墩结构采用单层节段层作为单层构件,以单层构件中的三种类型的预制模块作为最小构件单元,并使位于同一节段层中的三种类型的预制模块(三种最小构件单元)通过榫卯连接的方式两两之间相互拼接并咬合,实现了单层构件中最小构件单元之间的连接和自锁,起到柱段的抗剪和耗能作用;同时,利用多层节段层与承台、上部节段配合堆叠形成整个桥墩,利用预制的钢筋剪力键对上下相邻的两层节段层、节段层和承台、上部节段和节段层进行纵向连接,并使上下相邻的两层节段层之间沿空心柱体中轴线旋转 90° 后进行堆叠,能够使得上方节段层对下方节段层进行有效压制,从而使得上下相邻的预制模块之间不易分离,有效提高了空心桥墩结构的整体性和稳定性;同时,各预制模块的大小可控,钢筋剪力键与预制模块相分离并通过预制方法制造,有利于减小各个桥墩模块的尺寸,并使三种类型的预制模块表面均能够保持平坦,便于预制模块的保存、运输和安装,较好地解决了预制桥墩的节段过大而难以运输和吊装的问题。

[0008] 可选的,所述三种类型的预制模块分别为第一桥墩模块、第二桥墩模块和第三桥墩模块,所述第一桥墩模块、第二桥墩模块和第三桥墩模块均呈长方体状;所述节段层的上下相对两边/左右相对两边由第一桥墩模块和第二桥墩模块沿顺桥向榫卯连接咬合组成,所述第三桥墩模块宽边对应的两侧分别与第一桥墩模块和第二桥墩模块沿顺桥向榫卯连接相互咬合。

[0009] 通过采用上述技术方案,第一桥墩模块、第二桥墩模块和第三桥墩模块之间两两之间通过榫卯连接相互咬合并形成自锁,有利于提高单层节段层的整体性和稳定性。

[0010] 可选的,所述第一桥墩模块、第二桥墩模块和第三桥墩模块的上下表面均开设有上下相对多个螺纹连接孔;位于所述第一桥墩模块、第二桥墩模块和第三桥墩模块同一表面上的多个连接孔用于供钢筋剪力键螺纹装配拧入,位于所述第一桥墩模块、第二桥墩模块和第三桥墩模块相对表面的多个连接孔用于供钢筋剪力键在分段堆叠过程中插接嵌入。

[0011] 通过采用上述技术方案,第一桥墩模块、第二桥墩模块和第三桥墩模块同一表面上的多个连接孔允许多个钢筋剪力键螺纹作为榫舌,其相反表面的多个连接孔则作为插孔,允许相邻节段层之间的预制钢筋剪力键在节段层上下堆叠的过程中进行嵌入,钢筋剪力键在连接模块后起到抗剪和耗能作用,有利于保障上下相邻的两节段层之间的纵向稳定连接。

[0012] 可选的,所述空心桥墩结构还包括下端锚固于承台底部的钢筋主筋和预应力钢筋,所述第一桥墩模块、第二桥墩模块和第三桥墩模块上还贯穿开设并预制有多条波纹钢管道,所述波纹钢管道用于供钢筋主筋和预应力钢筋嵌入,上下相邻的两层所述节段层/所述节段层和承台/所述上部节段和节段层通过钢筋主筋和预应力钢筋纵向连接。

[0013] 通过采用上述技术方案,钢筋主筋和预应力钢筋通过第一桥墩模块、第二桥墩模

块和第三桥墩模块上的波纹钢管道将承台、桥墩节段和上部节段连接为一体,进一步增强了空心桥墩结构的整体强度和稳定性。

[0014] 可选的,相邻的两层所述节段层的接触面之间以及位于同一节段层内的第一桥墩模块、第二桥墩模块和第三桥墩模块的榫卯部位处均涂抹有环氧树脂。

[0015] 通过采用上述技术方案,环氧树脂具有优良的粘接性能,涂抹于相邻的两层节段的接触面之间以及位于同一节段层内的第一桥墩模块、第二桥墩模块和第三桥墩模块的榫卯部位处的环氧树脂能够有效实现节段之间的联锁粘结以及各桥墩模块之间的粘结,有效减小各独立构件之间的缝隙,使得空心桥墩结构中的各独立构件之间连接更为牢固、不易分离,实现对空心桥墩结构的有效加固。

[0016] 可选的,所述波纹钢管道和预应力钢筋的间隙内灌注填充有高强浆料,所述波纹钢管道和钢筋主筋的间隙内灌注填充有超高性能混凝土,所述桥墩节段通过高强浆料和超高性能混凝土与钢筋主筋和预应力钢筋连为一体。

[0017] 通过采用上述技术方案,有利于减小波纹钢管道与预应力钢筋之间、波纹钢管道与钢筋主筋之间的空隙,并对波纹钢管道和预应力钢筋、波纹钢管道与钢筋主筋进行有效粘接,将预制桥墩节段与钢筋连接为一体,有效增强空心桥墩结构的强度、整体性和稳定性。

[0018] 可选的,所述第一桥墩模块和第二桥墩模块的榫卯部位处还设有嵌条和预锁组件,所述嵌条转动安装于第一桥墩模块/第二桥墩模块上,所述预锁组件用于在第一桥墩模块和第二桥墩模块相对接时驱使嵌条水平、弧向嵌入第二桥墩模块/第一桥墩模块。

[0019] 通过采用上述技术方案,嵌条能够在预锁组件的作用下,于水平面内弧向嵌入第一桥墩模块/第二桥墩模块内,提高第一桥墩模块和第二桥墩模块之间的抗拉拔性能,便于在第一桥墩模块和第二桥墩模块相对接时,对第一桥墩模块和第二桥墩模块相对接处进行进一步锁定,使得第一桥墩模块和第二桥墩模块的连接更为牢固、稳定。

[0020] 可选的,所述第一桥墩模块、第二桥墩模块和第三桥墩模块表面上允许开设的螺纹连接孔和波纹钢管道数量之和的最大值均满足以下计算公式:

$$\text{最大值} = L \times W \times d \times n / [(1-2a) \times (h-2a) + (w-2a) \times (d-2a)];$$

其中,L、W、h、w、d分别为第一桥墩模块/第二桥墩模块/第三桥墩模块的长度、宽度、上表面厚度、下表面厚度和高度,n为单个桥墩模块支持的最大连接孔数量,a为螺纹连接孔的半径。

[0021] 通过采用上述技术方案,根据各桥墩模块(包括第一桥墩模块、第二桥墩模块和第三桥墩模块)的尺寸和相邻节段层的要求,能够计算出在一个桥墩模块表面上最多允许的连接孔数量,从而能够有效避免过多的连接孔对桥墩模块的强度和稳定性产生负面影响。

[0022] 可选的,同一表面上的两个螺纹连接孔之间的最优间距满足以下计算公式:

$$\text{最优间距} = \min(L/2, W/2, h/2, d/2);$$

其中,L、W、h、w、d分别为桥墩模块的长度、宽度、上表面厚度、下表面厚度和高度。

[0023] 通过采用上述技术方案,有利于保证连接孔的均布和置于连接孔内的波纹钢套管的可靠剪和抗拔能力,并为桥墩节段的预制拼装提供有效技术支持。

[0024] 可选的,上下相邻的两层所述节段层中的上方节段层中任一桥墩模块均堆叠于下方节段层中的两个桥墩模块上,且上下相邻的两层所述节段层中的各桥墩模块之间的接缝

位置互不重合。

[0025] 通过采用上述技术方案,相邻的桥墩模块能够在水平方向上紧密连接,形成整体结构,并在受到外力作用时共同承担载荷,有效提高空心桥墩结构的承载能力。

[0026] 综上所述,本申请包括以下至少一种有益技术效果:

1. 本申请空心桥墩结构基于块体堆叠的概念,不仅可以竖向堆叠,还可以由多个可相互连接的预制桥墩模块(最小构件单元,即模块化RC节段)水平堆叠,多个预制的桥墩模块能够保持最大限度的小体积运输,且桥墩模块表面平坦,便于施工运输和安装;

2. 预制桥墩模块之间利用榫卯连接的方式,每个预制桥墩模块所构成的节段层在两个相对的表面上均设置有双连接孔,一个表面的双连接孔拧入钢筋剪力键,相对表面的连接孔用来连接相邻节段的钢筋剪力键,使得节段层中的各桥墩模块在水平方向上建立互锁连接,并使上下相邻的两节段层之间建立互锁连接,有效提高空心桥墩结构的整体性和稳定性;

3. 模块化预制桥墩模块具有规模化,标准化的特点,在工厂预制时方便快捷,较为有效地提高了施工效率,减少了工程成本。

附图说明

[0027] 图1为本申请实施例1中空心桥墩结构的整体结构示意图;

图2为本申请实施例1中预制桥墩节段中节段层为奇数时所对应的各桥墩模块拼装示意图;

图3为本申请实施例1中预制桥墩节段中节段层为偶数时所对应的各桥墩模块拼装示意图;

图4为本申请实施例1中预制桥墩节段中节段层为偶数时所对应的各桥墩模块分离示意图;

图5为本申请实施例1中各桥墩模块拼装俯视视角下的局部连接示意图;

图6为本申请实施例1中各桥墩模块拼装正视视角下的局部连接示意图;

图7为本申请实施例2中第一桥墩模块和第二桥墩模块相对接处的局部结构示意图;

图8为图7中A部分的放大示意图。

[0028] 附图标记:1、承台;

桥墩节段;21、节段层;211、第一桥墩模块;212、第二桥墩模块;213、第三桥墩模块;214、螺纹连接孔;215、波纹钢管道;216、嵌条;217、预锁组件;2171、解锁榫条;2172、顶紧榫条;2173、横向滑条;2174、弹簧;218、嵌槽;219、灌浆孔;

3、上部节段;

4、钢筋剪力键;

5、钢筋主筋;

6、预应力钢筋。

具体实施方式

[0029] 请参阅图1-图8,本申请实施例公开一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的

空心桥墩结构。

[0030] 实施例1

参照图1,一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的空心桥墩结构,基于块体堆叠的概念,其包括由下至上依次堆叠且纵向连接的承台1、桥墩节段2和上部节段3,桥墩节段2和上部节段3均为预制模块,且桥墩节段2和上部节段3均为横截面呈方形环状的空心柱体。

[0031] 具体的,参照图2-图4,桥墩节段2包括三种类型的预制模块,三种类型的预制模块分别为第一桥墩模块211、第二桥墩模块212和第三桥墩模块213,第一桥墩模块211、第二桥墩模块212和第三桥墩模块213均呈长方体状,且三种类型的预制模块中任意一种预制模块的表面均为平面;三种类型的预制模块拼接构成多层规格一致的节段层21,节段层21也呈方形环状,且每层节段层21在本申请实施例中均优选包含2个第一桥墩模块211、2个第二桥墩模块212和2个第三桥墩模块213,相邻两桥墩模块之间利用榫卯连接的方式紧紧咬合,多层节段层21沿竖向方向纵向堆叠构成桥墩节段2。

[0032] 参照图2-图4,节段层21的左右相对两边由第一桥墩模块211和第二桥墩模块212沿顺桥向榫卯连接咬合组成,第三桥墩模块213宽边对应的两侧分别与第一桥墩模块211和第二桥墩模块212沿顺桥向榫卯连接相互咬合,且第三桥墩模块213和第一桥墩模块211以及第二桥墩模块212共同构成节段层21的上边和下边。

[0033] 具体的,第一桥墩模块211和第二桥墩模块212均于各自的宽边方向对应的一侧一体分别凸出设有第一凸条2111和第二凸条2121,第一凸条2111位于第一桥墩模块211上且第一凸条2111设有两条,第二凸条2121位于第二桥墩模块212上,且第二凸条2121设有两条,第三桥墩模块213于其宽边两侧均凸出设有第三凸条2131,第三桥墩模块213每一侧的第三凸条2131均设有两条;且第一凸条2111、第二凸条2121和第三凸条2131均用于充当榫舌,两条第一凸条2111之间的间隙、两条第二凸条2121之间的间隙以及第三凸条2131之间的间隙用于充当榫槽,以供对应榫舌嵌入并紧紧咬合。

[0034] 进一步的,为了保障桥墩具有一定的承载能力,节段层21在堆叠时,由下至上对桥墩节段2中的多层节段层21按序编号,奇数层与偶数层按照沿平面中心(空心柱体中轴线)旋转90°后堆叠,且所有奇数的节段层21中各桥墩模块的组合方式一致,所有偶数的节段层21中各桥墩模块的组合方式一致。

[0035] 上下相邻的两层节段层21中的上方节段层21中任一桥墩模块均堆叠于下方节段层21中的两个桥墩模块上,且上下相邻的两层节段层21中的各桥墩模块之间的接缝位置互不重合,以使得桥墩模块能够在竖向方向以及水平方向上均紧密连接,形成整体结构,并使得桥墩模块在受到外力作用时能够共同承担载荷,有效提高空心桥墩结构的承载能力,并提高空心桥墩结构的稳定性和完整性。

[0036] 进一步的,在本申请空心桥墩结构中,桥墩数量、相邻桥墩之间的距离、以及不同桥墩高度、厚度和宽度等因素都会影响桥墩的承载能力,为有效起到柱段的抗剪和耗能作用。其中:

1) 桥墩数量和相邻桥墩之间的距离:桥墩数量和相邻桥墩之间的距离会影响桥墩的承载能力,一般需要根据具体的桥梁设计要求进行确定;

2) 桥墩高度、厚度和宽度:桥墩的高度、厚度和宽度会影响其承载能力,一般需要

根据桥梁设计要求和实际情况进行确定；

3) 桥墩承载能力计算公式:桥墩的承载能力可以通过以下公式进行计算:

$Q = A \times f$;其中, Q 为桥墩的承载能力, A 为桥墩的截面面积, f 为材料的抗压强度;

4) 桥墩抗剪能力计算公式:桥墩的抗剪能力可以通过以下公式进行计算:

$Q = A \times \tau$;其中, Q 为桥墩的抗剪能力, A 为桥墩的截面面积, τ 为材料的抗剪强度;

5) 桥墩耗能能力计算公式:桥墩的耗能能力可以通过以下公式进行计算:

$E = 0.5 \times k \times \delta^2$;其中, E 为桥墩的耗能能力, k 为桥墩的刚度系数, δ 为桥墩的位移;

6) 桥墩刚度系数计算公式:桥墩的刚度系数可以通过以下公式进行计算:

$k = E \times A / L$;其中, k 为桥墩的刚度系数, E 为材料的弹性模量, A 为桥墩的截面面积, L 为桥墩的长度。

[0037] 通过以上公式和算法,可以对本申请中的空心桥墩结构进行承载能力、抗剪能力和耗能能力的计算和评估,从而确定其适用范围和设计要求,并对各预制模块的长度、宽度和高度等数据进行确定。

[0038] 进一步的,参照图2-图4,上下相邻的两层节段层21之间、节段层21和承台1之间、上部节段3和节段层21之间均设置有分离式的预制钢筋剪力键4,预制钢筋剪力键4用于对上下相邻的两层节段层21/节段层21和承台1/上部节段3和节段层21进行纵向连接;且预制的钢筋剪力键4由直径18mm、长200mm的钢筋制成,由于钢筋剪力键4与模块相分离,且钢筋剪力键4并通过预制方法制造的,因此可减小各个模块的尺寸,并使模块的六个表面保持平坦,便于模块的保存和运输。

[0039] 相应的,每一节段层21中的第一桥墩模块211、第二桥墩模块212和第三桥墩模块213的上下表面均开设有上下相对的多个螺纹连接孔214,螺纹连接孔214由预制内螺纹钢管预埋至对应桥墩模块中构成。

[0040] 同一表面的多个内螺纹螺纹连接孔214允许对应数量的预制钢筋剪力键4拧入作为榫舌,在相反表面的多个螺纹连接孔214用作插孔,允许相邻节段的预制钢筋剪力键4在节段层21堆叠过程中嵌入,以对上下相邻的两层节段层21/节段层21和承台1/上部节段3和节段层21进行纵向稳定连接;且预制钢筋剪力键4和螺纹连接孔214之间还注入有超高性能混凝土UHPC,以减小钢筋剪力键4和螺纹连接孔214之间的间隙,使得钢筋剪力键4在超高性能混凝土凝结后更为紧密、牢固地对相邻节段层21进行固定。

[0041] 进一步的,参照图5和图6,空心桥墩结构中还包括有钢筋主筋5和预应力钢筋6,上下相邻的两层节段层21/节段层21和承台1/上部节段3和节段层21通过钢筋主筋5和预应力钢筋6纵向连接。

[0042] 第一桥墩模块211、第二桥墩模块212和第三桥墩模块213上还贯穿开设并预制有多条波纹钢管道215,波纹钢管道215用于在各桥墩模块上预留通道,以供钢筋主筋5和预应力钢筋6嵌入。

[0043] 其中,第一桥墩模块211、第二桥墩模块212和第三桥墩模块213表面上允许开设的螺纹连接孔214和波纹钢管道215数量之和的最大值均满足以下计算公式:

最大值 = $L \times W \times d \times n / [(1-2a) \times (h-2a) + (w-2a) \times (d-2a)]$;

其中,L、W、h、w、d分别为第一桥墩模块211/第二桥墩模块212/第三桥墩模块213的长度、宽度、上表面厚度、下表面厚度和高度,n为单个桥墩模块支持的最大连接孔数量,a为螺纹连接孔214的半径。

[0044] 根据各桥墩模块(包括第一桥墩模块211、第二桥墩模块212和第三桥墩模块213)的尺寸和相邻节段层21的要求,施工人员能够利用以上公式计算出在一个桥墩模块表面上所允许开设的连接孔的最大数量(即螺纹连接孔214和波纹钢管道215数量之和的最大值),从而能够有效避免过多的连接孔对桥墩模块的强度和稳定性产生负面影响。

[0045] 进一步的,同一表面上的两个螺纹连接孔214之间的最优间距、同一表面上的两个波纹钢管道215之间的最优间距以及同一表面上的螺纹连接孔214和波纹钢管道215之间的最优间距均满足以下计算公式:

最优间距 = $\min(L/2, W/2, h/2, d/2)$;

其中,L、W、h、w、d分别为桥墩模块的长度、宽度、上表面厚度、下表面厚度和高度。

[0046] 通过以上公式和算法,确定同一表面上的两个螺纹连接孔214之间的最优间距、同一表面上的两个波纹钢管道215之间的最优间距以及同一表面上的螺纹连接孔214和波纹钢管道215之间的最优间距,有利于保证连接孔的均布和置于连接孔内的波纹钢管道的可塞剪和抗拔能力,并为桥墩节段2的预制拼装提供有效技术支持。

[0047] 基于上述计算和施工实践,在本申请实施例中,每个桥墩模块的尺寸优选为 $60 \times 30 \times 50\text{cm}$,模块拼装完成的空心柱的横截面面积为 $120 \times 120\text{cm}$,高度为4.35m。

[0048] 参照图3-图6,每个桥墩模块上,预制波纹钢管道215优选为8条,螺纹连接孔214优选为2个,8条预制波纹钢管道215均等分为2行 \times 4列(行向与桥墩模块的长边相平行),2个螺纹连接孔214位于波纹钢管道215的两行之间,2个螺纹连接孔214之间的距离大于相邻两条波纹钢管道215之间的最小距离,且每个螺纹连接孔214均被4条波纹钢管道215均匀环绕。

[0049] 每个桥墩模块的侧面均留有灌浆孔219,波纹钢管道215直径优选为60mm,灌浆孔219用于在钢筋剪力键4嵌入后向波纹钢管道215以及螺纹连接孔214内进行压力灌浆;且波纹钢管道215的直径大于钢筋主筋5和预应力钢筋6的直径,波纹钢管道215从承台1到上部节段3均垂直相通,以保证在钢筋穿过的情况下可以顺利进行波纹钢管道215的压力灌浆,从而确保桥墩节段2的强度以及空心桥墩结构的整体性。

[0050] 预应力钢筋6配置于桥墩模块四个角的波纹钢管道215内,每个波纹钢管道215里五股筋,四个角的波纹钢管道215的共有20股预应力筋,四个角的波纹管内不进行压力灌浆,以使桥墩模块四角处的波纹钢管道215内的20股预应力筋保持无粘结状态。

[0051] 参照图3-图6,除桥墩模块四角处的波纹钢管道215外,桥墩模块内的波纹钢管道215和预应力钢筋6的间隙内通过灌浆孔219灌注填充有高强浆料,桥墩模块内的波纹钢管道215和钢筋主筋5的间隙内通过灌浆孔219灌注填充有超高性能混凝土UHPC。

[0052] 将预应力钢筋6锚固在承台1底部,并在顶部节段的顶部后张拉预应力钢筋6,然后将预应力钢筋6锚固在盖梁内,然后进行预应力钢筋6所在的预埋管道的压力灌浆,桥墩节段2即可通过高强浆料和超高性能混凝土UHPC与钢筋主筋5和预应力钢筋6连为一体。

[0053] 进一步的,各桥墩模块(包括有第一桥墩模块211、第二桥墩模块212和第三桥墩模

块213)的接触面、桥墩模块的连接孔(包括有螺纹连接孔214和钢波纹管215对应的连接孔,在本申请单提出连接孔时,连接孔均指代螺纹连接孔214和钢波纹管215对应的连接孔的组合)以及分离预制的钢筋剪力键4表面还均涂抹有环氧树脂。

[0054] 环氧树脂具有优良的粘接性能,涂抹于相邻的两层节段层21的接触面之间以及位于同一节段层21内的第一桥墩模块211、第二桥墩模块212和第三桥墩模块213的榫卯部位处的环氧树脂能够有效实现节段之间的联锁粘结以及各桥墩模块之间的粘结,有效减小各独立构件之间的缝隙,使得空心桥墩结构中的各独立构件之间连接更为牢固、不易分离,实现对空心桥墩结构的有效加固。

[0055] 本申请实施例一种可实现模块化预制节段拼装且自复位的空心桥墩结构的实施原理为:1)在预制工厂完成桥墩模块的预制工作,桥墩模块上要预留8条螺纹钢管道,每条直径60mm,为主筋和预应力筋预留通道,预埋管道从承台1到上部节段3是垂直相通的。模块的上下表面各预制两个内螺纹的螺纹连接孔214,完成预制工作后,将所有的预制构件运输至现场。

[0056] 2)清洗模块上的连接孔、榫卯部位和接触面,在模块的连接孔(包括有螺纹连接孔214和钢波纹管215对应的连接孔)、榫卯部位和接触面涂抹环氧树脂;为避免压力灌浆过程中压力过大,水泥浆体从节段缝隙中冒出,在节段之间的波纹管周围涂抹硅树脂,

3)将模块按照如图2拼装方式拼装成节段奇数层和节段偶数层。

[0057] 4)如图1所述,按照预制桥墩节段2奇数层、节段偶数层顺序堆叠。

[0058] 5)预应力钢筋6在承台1底部锚固,并从承台1顶面穿过模块中预留的孔道。

[0059] 6)预制的钢筋剪力键4由直径18mm、长200mm的钢筋制成。预制拼装桥墩节段2中的各个桥墩模块上下表面各预制两个内螺纹的螺纹连接孔214,同一表面上的两个螺纹连接孔214允许钢筋剪力键4被拧进100mm,另外两个在相反表面的螺纹连接孔214用作插孔,允许钢筋剪力键4在分段堆叠过程中嵌入100mm。在节段堆叠过程中,先在螺纹连接孔214内灌入超高性能混凝土UHPC,再将钢筋剪力键4嵌入。

[0060] 7)按上述步骤堆叠完所有节段后,在顶部节段的顶部后张拉预应力钢筋6,然后将预应力钢筋6锚固在盖梁内,对预应力钢筋6穿过的波纹管进行压力灌浆。

[0061] 8)向埋有预应力钢筋68的波纹钢管道215中从下至上灌设高强浆料11,高强浆料从底部流入桥墩节段2的顶部,充满波纹钢管道215与钢筋之间的空隙,从而将预制桥墩节段2连接为一体。

[0062] 9)波纹钢管道215压力灌浆结束后及时封锚,获得稳定的空心桥墩结构。

[0063] 实施例2

在本申请实施例1的基础上,为进一步加强相邻两预制节段模块之间的互锁连接,参照图7和图8,本申请实施例2中第一桥墩模块211和第二桥墩模块212的榫卯部位处还进一步设置有嵌条216和预锁组件217。

[0064] 以相对接的1个第一桥墩模块211和1个第二桥墩模块212为例,第一桥墩模块211和第二桥墩模块212上的嵌条216和预锁组件217沿桥墩模块的高度方向等间隔设置有多组。

[0065] 在每组嵌条216和预锁组件217中,嵌条216设置有两条,两条嵌条216分别位于第一桥墩模块211和第二桥墩模块212上,且两条嵌条216相对于第一桥墩模块211和第二桥墩

模块212相对接面中点呈中心对称。

[0066] 嵌条216在本申请实施例中呈半圆环形,半圆环形嵌条216的一端转动连接于第一桥墩模块211/第二桥墩模块212上,第一桥墩模块211和第二桥墩模块212适于相对接的一侧均配合开设有与嵌条216相适配的、弧形的嵌槽218,预锁组件217用于在第一桥墩模块211和第二桥墩模块212相对接时驱使嵌条216水平、弧向嵌入第二桥墩模块212/第一桥墩模块211上的嵌槽218内。

[0067] 具体的,预锁组件217包括分别凸出设于第一桥墩模块211/第二桥墩模块212上的解锁榫条2171、活动连接于第一桥墩模块211/第二桥墩模块212内的顶紧榫条2172和用于驱使顶紧榫条2172插入相对接的第二桥墩模块212/第一桥墩模块211上的嵌槽218中的弹性部件。

[0068] 解锁榫条2171和顶紧榫条2172均与桥墩模块的长边方向相平行。

[0069] 弹性部件优选为设于第一桥墩模块211/第二桥墩模块212上的横向滑条2173和设于横向滑条2173一侧的弹簧2174,横向滑条2173和弹簧2174均与桥墩模块的宽边方向相平行,横向滑条2173的两端分别与另一桥墩模块上的解锁榫条2171以及与横向滑条2173位于同一桥墩模块上的顶紧榫条2172楔形配合;弹簧2174一端固定连接于横向滑条2173上、另一端固定连接于第一桥墩模块211/第二桥墩模块212上;顶紧榫条2172远离横向滑条2173和弹簧2174的一侧适于与另一桥墩模块上的嵌条216转动端端部楔形配合,并驱使嵌条216进行转动。

[0070] 当第一桥墩模块211和第二桥墩模块212相对接时,解锁榫条2171驱使弹簧2174带动横向滑条2173朝向顶紧榫条2172滑动,并使得顶紧榫条2172插入至另一桥墩模块上、使顶紧榫条2172驱使嵌条216转动插入至顶紧榫条2172所在的桥墩模块上的嵌槽218内,实现对相邻第一桥墩模块211和第二桥墩模块212的锁定。

[0071] 嵌条216能够在预锁组件217的作用下,于水平面内弧向嵌入第一桥墩模块211/第二桥墩模块212内,提高第一桥墩模块211和第二桥墩模块212之间的抗拉拔性能,便于在第一桥墩模块211和第二桥墩模块212相对接时,对第一桥墩模块211和第二桥墩模块212相对接处进行进一步锁定,使得第一桥墩模块211和第二桥墩模块212的连接更为牢固、稳定,从而获得更为稳定的空心桥墩结构。

[0072] 此外,应当理解,虽然本说明书按照实施方式加以描述,但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施例中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

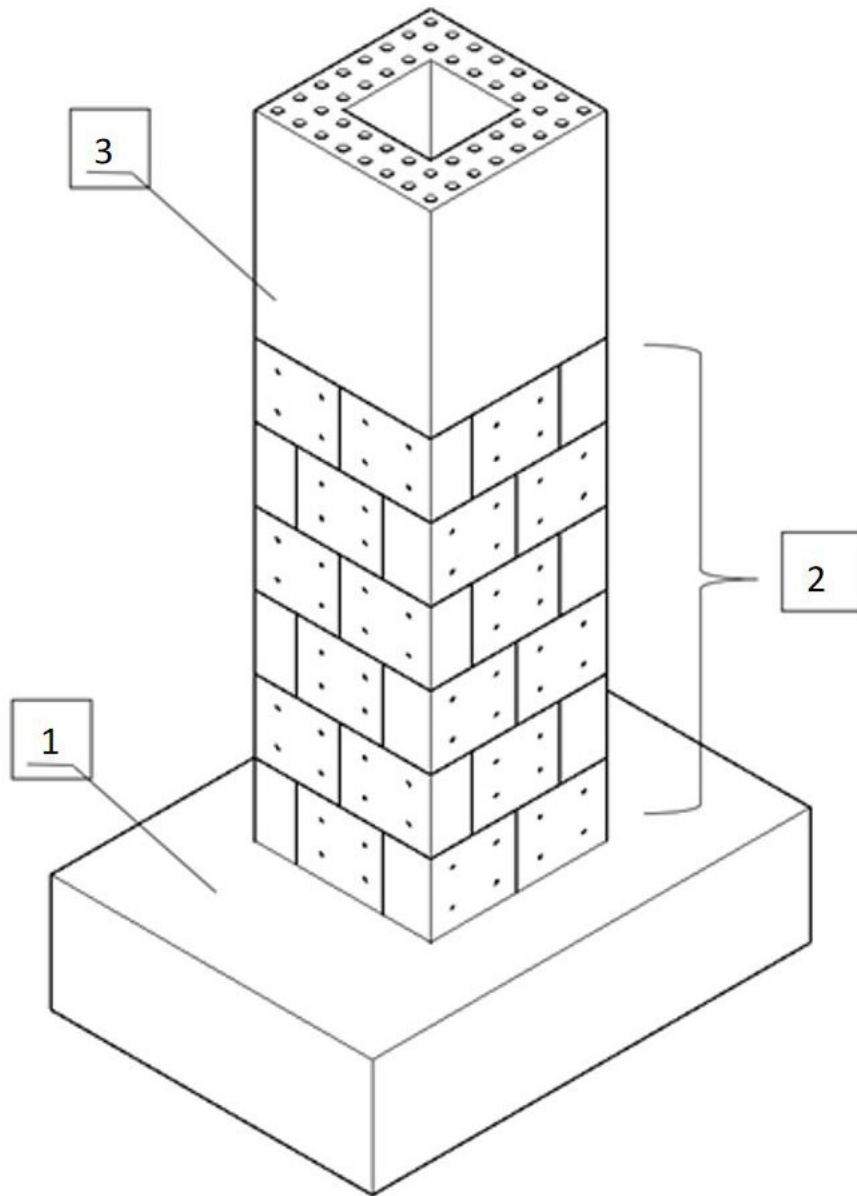


图 1

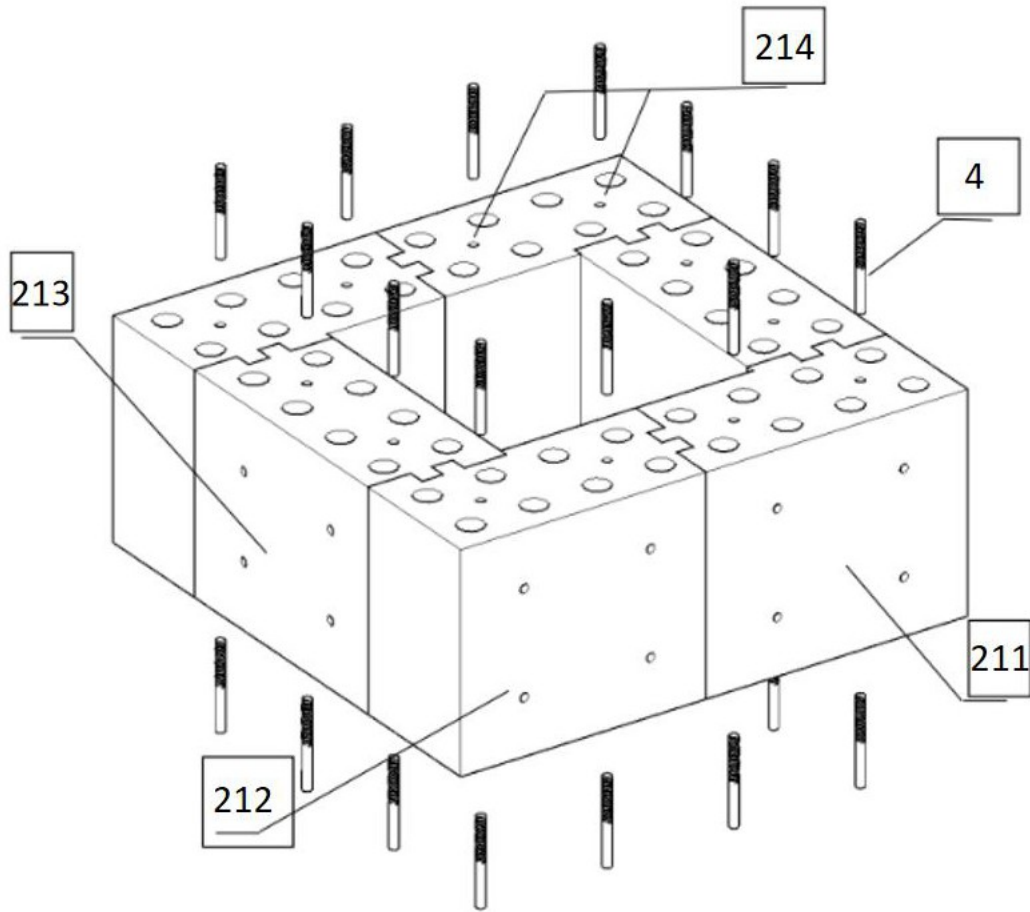


图 2

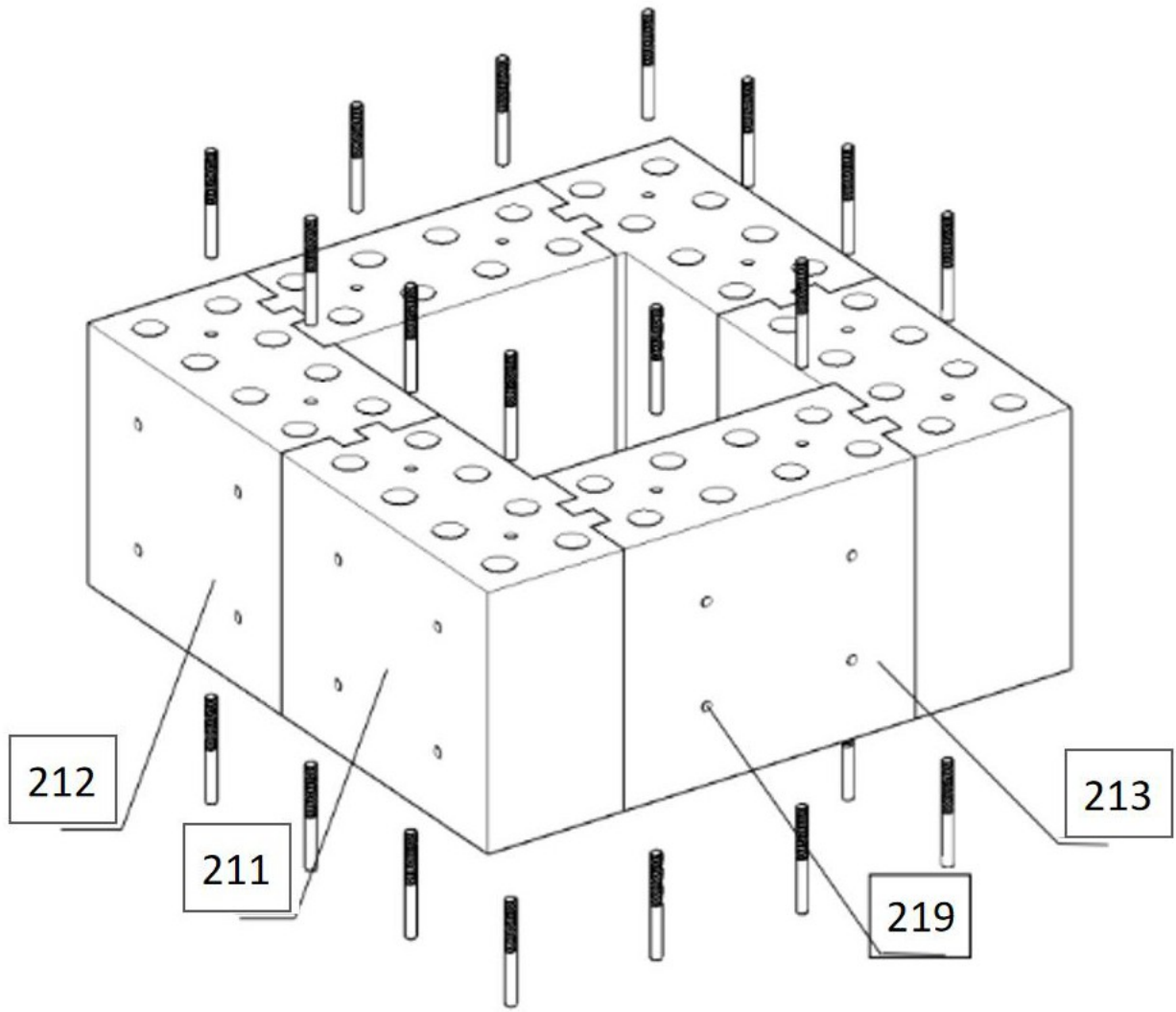


图 3

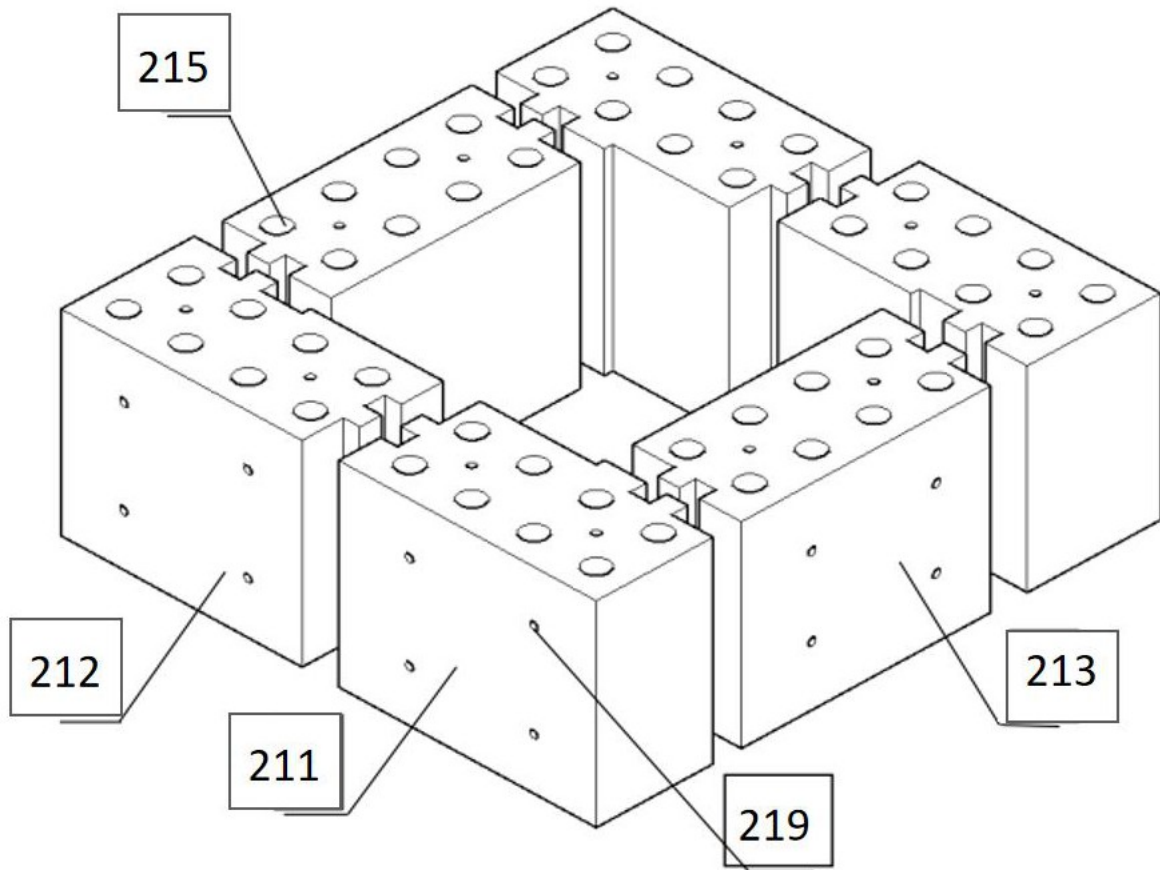


图 4

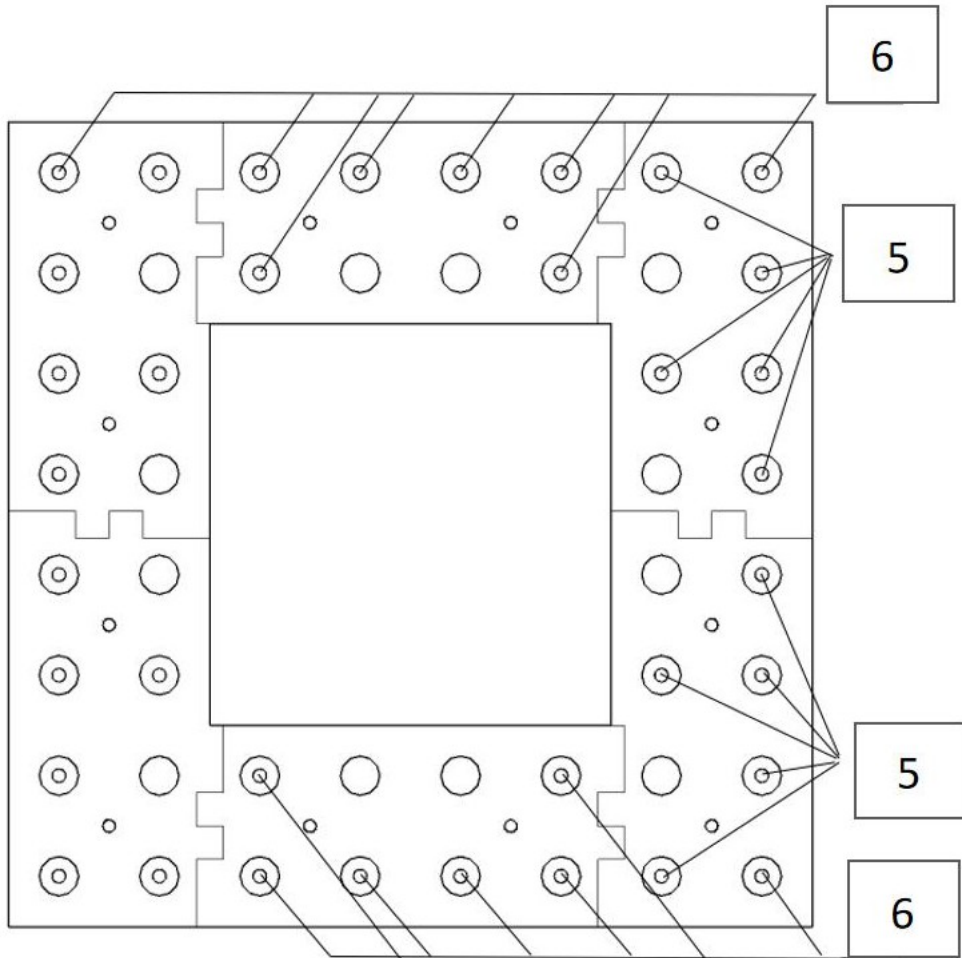


图 5

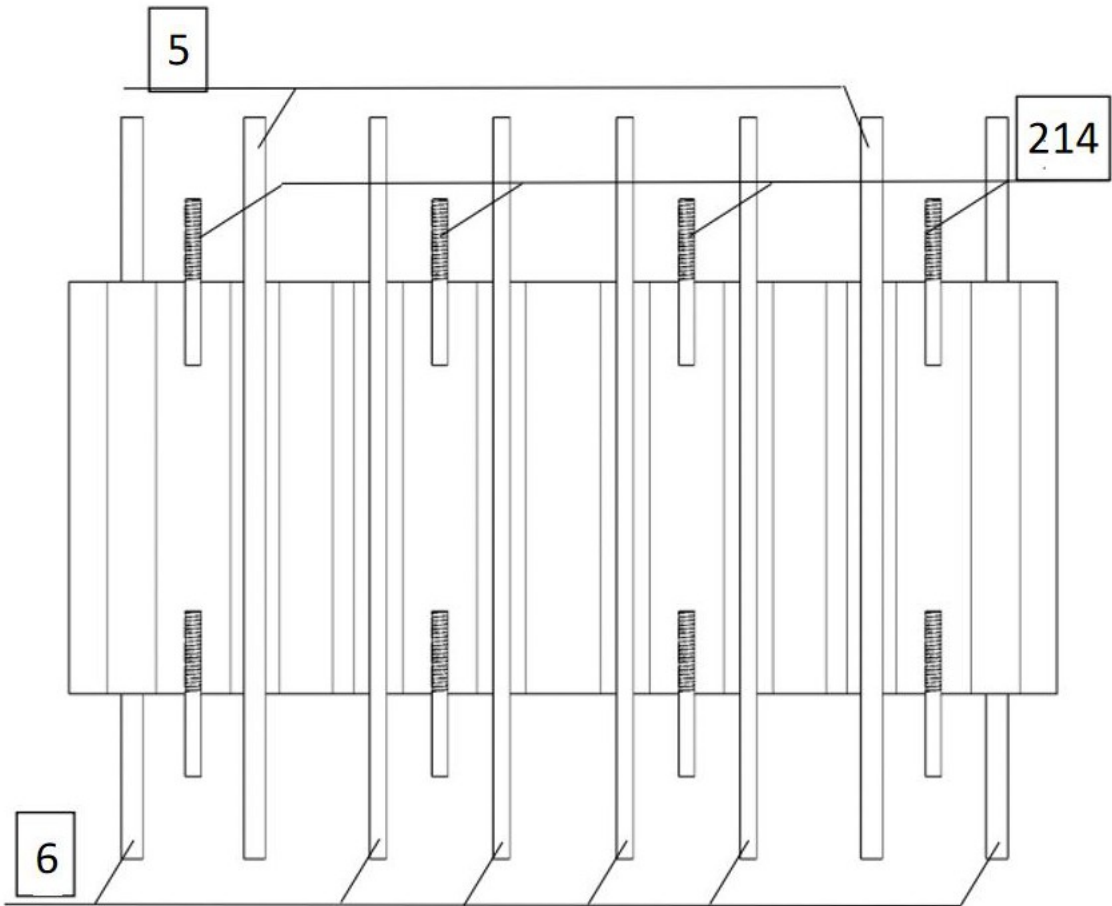


图 6

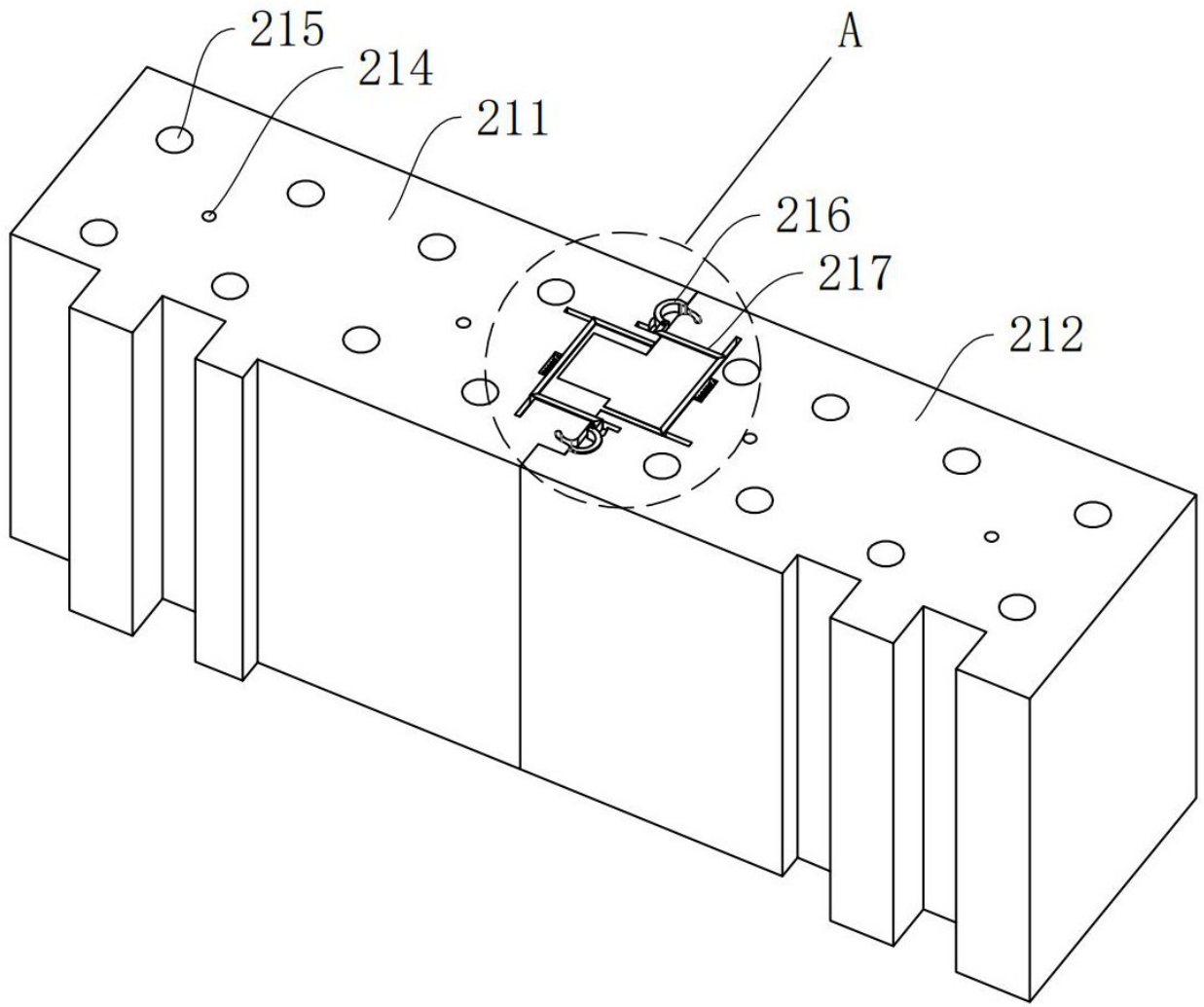


图 7

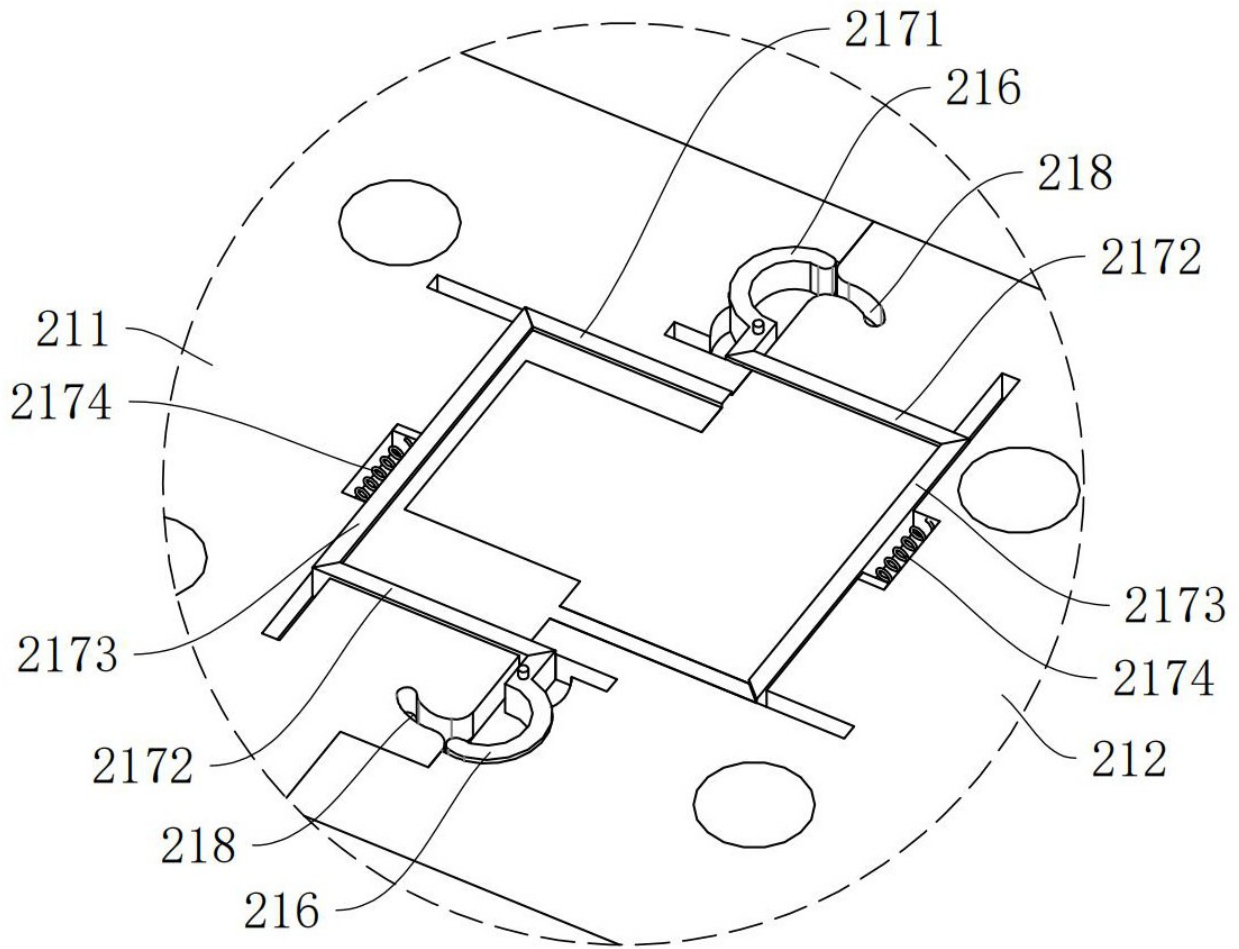


图 8