



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115726369 B

(45) 授权公告日 2024.05.28

(21) 申请号 202211571976.5

E01D 19/02 (2006.01)

(22) 申请日 2022.12.08

E01D 19/04 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

E02D 27/12 (2006.01)

申请公布号 CN 115726369 A

E02D 29/00 (2006.01)

E02D 31/08 (2006.01)

(43) 申请公布日 2023.03.03

### (56) 对比文件

(73) 专利权人 北京工业大学

CN 105297617 A, 2016.02.03

地址 100124 北京市朝阳区平乐园100号

CN 108660914 A, 2018.10.16

(72) 发明人 吴春玉 周鑫 路德春 杜修力

CN 115094951 A, 2022.09.23

(74) 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理

CN 211498444 U, 2020.09.15

有限公司 11203

EP 3181755 A1, 2017.06.21

专利代理师 王兆波

JP H06313303 A, 1994.11.08

KR 20100054889 A, 2010.05.26

(51) Int. Cl.

审查员 郭静

E02D 17/04 (2006.01)

E01D 2/00 (2006.01)

E01D 19/00 (2006.01)

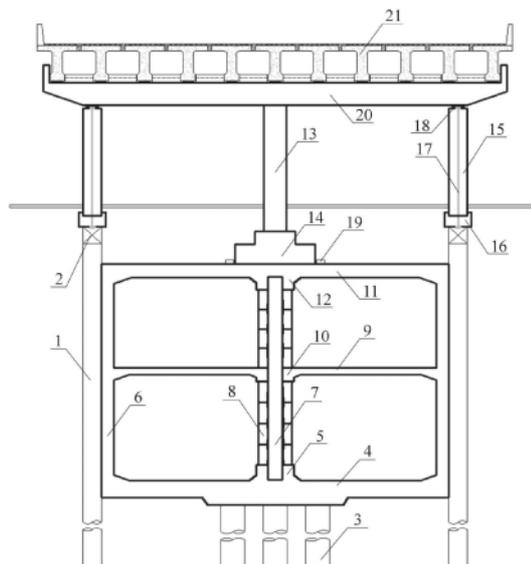
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

### (54) 发明名称

一种地铁车站-高架桥同位合建抗震韧性结构及设计方法

### (57) 摘要

本发明公开了一种地铁车站-高架桥同位合建抗震韧性结构及设计方法,包括明挖基坑及其围护结构、双层双跨地铁车站结构和高架桥结构。地铁车站结构的中柱与高架桥结构的中间桥墩竖向共轴、纵向同距。叠层预制空心柱段与钢管混凝土芯柱共同组成地铁车站中柱,在提高中柱竖向承载能力的同时,具有显著优于现浇柱的层间变形能力,增强了地铁车站结构的抗震性能。高架桥的水平可滑动中间桥墩与两侧预应力摇摆桥墩共同承担竖向荷载,具有较强的抗倾覆能力和震后自复位功能。本发明地铁车站-高架桥同位合建结构体系整体受力简单,抗震韧性较好,且占地小、造价低,具有较好的经济效益和社会价值。



1. 一种地铁车站-高架桥同位合建抗震韧性结构,其特征在于,包括明挖基坑、基坑围护结构(1)、双层双跨地铁车站结构、高架桥结构;所述基坑围护结构(1)设置于明挖基坑的内侧,所述基坑围护结构(1)为地下连续墙或钻孔灌注桩,基坑围护结构(1)顶部设置圈梁(2);所述双层双跨地铁车站结构设置于明挖基坑内,所述高架桥结构设置于双层双跨地铁车站结构顶部;所述双层双跨地铁车站结构与高架桥结构同期规划、共线设计、同廊道施工;

所述双层双跨地铁车站结构包括:桩基(3)、底板(4)、底梁(5)、侧墙(6)、钢管混凝土芯柱(7)、预制空心柱段(8)、中板(9)、中梁(10)、顶板(11)、顶梁(12);

所述底板(4)在3倍底梁(5)宽度范围内向下加厚,沿双层双跨地铁车站的中柱正下方底板(4)的横向设置桩基(3),由桩基(3)对底板(4)进行支撑;基坑围护结构(1)的侧部与双层双跨地铁车站结构的侧墙(6)连接;所述钢管混凝土芯柱(7)为穿过中板(9)并连接至地铁车站结构顶梁(12)和底梁(5)的长柱,两端通过杯口式连接方式与顶梁(12)和底梁(5)连接固定;所述预制空心柱段(8)为高强钢筋混凝土环形构件,套在钢管混凝土芯柱(7)的外侧并竖向堆叠至设计高度;钢管混凝土芯柱(7)与叠层预制空心柱段(8)共同组成地铁车站的中柱;中梁(10)为双层双跨地铁车站结构的中间梁,并与中柱连接;顶板(11)为双层双跨地铁车站结构的顶部结构,其顶部设有高架桥结构;

所述高架桥结构包括:中间桥墩(13)、中间桥墩基础(14)、外侧桥墩(15)、外侧桥墩基础(16)、无粘结预应力筋(17)、支座(18)、盖梁(20);中间桥墩基础(14)设置于顶板(11)上;中间桥墩(13)设置于中间桥墩基础(14)上,所述高架桥外侧桥墩(15)和外侧桥墩基础(16)为预制构件,内部均预设预应力筋管道,外侧桥墩(15)插入外侧桥墩基础(16)的预设杯口中,所述高架桥外侧桥墩(15)和外侧桥墩基础(16)设置于高架桥结构侧部;无粘结预应力筋(17)穿过预设管道,两端通过锚具分别锚固在外侧桥墩(15)的上端面和外侧桥墩基础(16)的下端面;所述盖梁(20)与中间桥墩(13)固接,与外侧桥墩(15)通过支座(18)连接。

2. 根据权利要求1所述的一种地铁车站-高架桥同位合建抗震韧性结构,其特征在于:钢管混凝土芯柱(7)具有水平变形能力,能够协调预制空心柱段(8)的层间变形并承担部分竖向荷载,叠层预制空心柱段(8)用于承担竖向荷载。

3. 根据权利要求1所述的一种地铁车站-高架桥同位合建抗震韧性结构,其特征在于:所述预制空心柱段(8)的端部嵌入低摩擦系数的合金材料,当结构顶板(11)和底板(4)发生层间相对变形时,各预制空心柱段(8)之间发生相对滑动,叠层预制空心柱段(8)承担的最大水平荷载等于最大静摩擦力。

4. 根据权利要求1所述的一种地铁车站-高架桥同位合建抗震韧性结构,其特征在于:所述预制空心柱段(8)的内环直径沿高度逐渐变化且大于等于钢管混凝土芯柱(7)的外径,便于预制空心柱段(8)的安装以及实现水平变形条件下钢管混凝土芯柱(7)与预制空心柱段(8)的变形协调。

5. 根据权利要求1所述的一种地铁车站-高架桥同位合建抗震韧性结构,其特征在于:所述中间桥墩(13)与地铁车站结构的钢管混凝土芯柱(7)均为圆柱形构件且竖向共轴、纵向同距;中间桥墩(13)下方设置中间桥墩基础(14),具体选择两级圆柱形扩大基础或两级方形扩大基础;中间桥墩基础(14)浮置于地铁车站顶板(11)的防水层上,两者在水平荷载作用下发生相对滑动;限位挡块(19)设置于中间桥墩基础(14)的两侧,与中间桥墩基础

(14) 存在变形缝,用于限制中间桥墩基础(14)与地铁车站顶板(11)之间的最大相对滑动距离。

6. 根据权利要求1所述的一种地铁车站-高架桥同位合建抗震韧性结构,其特征在于:外侧桥墩基础(16)预留竖向孔道与圈梁(2)外伸竖向钢筋结合,建立可靠连接。

7. 根据权利要求1所述的一种地铁车站-高架桥同位合建抗震韧性结构,其特征在于:水平地震作用下,外侧桥墩(15)发生摇摆变形,中间桥墩(13)在地铁车站顶板(11)上小幅滑动,高架桥结构的地震内力大幅释放;在预应力筋的作用下,高架桥结构具有震后自复位功能。

8. 根据权利要求1所述的一种地铁车站-高架桥同位合建抗震韧性结构,其特征在于:T梁及路面(21)设于盖梁(20)上。

## 一种地铁车站-高架桥同位合建抗震韧性结构及设计方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及市政交通基础设施的设计与施工领域,尤其涉及一种地铁车站-高架桥同位合建结构的抗震韧性设计方法。

### 背景技术

[0002] 随着城市人口的快速增长,地面交通拥堵成为制约城市可持续发展的重要瓶颈。加快建设高架桥和城市地下轨道交通(地铁),构建城市立体交通体系,是改善大城市交通拥堵的重要选择。而在一些繁华老城区,受规划道路跨度限制,可能出现高架桥与地铁需要共线设计和同位施工的情况。目前,明挖地铁车站与高架桥同位合建工程在设计和施工中仍存在一些问題。

[0003] 在新建高架桥与既有地铁车站同位建设工程中,高架桥通常采用门式桥墩形式横跨地铁车站。该方案的优点是新建高架桥对地铁车站结构的影响较小;缺点是门式桥墩的横梁跨度大,跨中弯矩大,受力不合理;为避免超筋,往往需要加大梁截面高度,可能影响桥下道路净空;此外,外设桥梁墩柱会对城市道路景观造成不利影响。

[0004] 在地铁车站与高架桥同期同位合建工程中,常见做法是将地铁车站结构作为高架桥的基础,即高架桥桥墩基础置于地铁车站顶板上(分离式或连接式),桥墩与车站立柱的中心线对齐。该方案的优点是占地面积小、避免两侧管线迁改、缩短工期和节约投资;缺点是车站结构与高架桥需作为整体考虑,结构受力复杂,尤其是地铁车站立柱承担的竖向荷载显著增加,对地铁车站结构的抗震性能不利。当高架桥基础与车站顶板刚性连接时,地震荷载作用下,桥墩底部的弯矩传递到顶板上,可能导致顶板受力或变形过大而开裂;当高架桥基础浮置与车站顶板上时,高架桥的抗倾覆能力较弱,尤其是采用单一桥墩时,高架桥在重型偏压荷载或水平地震荷载作用下可能会发生整体侧翻。

### 发明内容

[0005] 为提高明挖地铁车站与高架桥同位合建结构体系的整体抗震韧性,同时减小两种结构受力变形的相互影响,本发明提出了一种地铁车站-高架桥同位合建结构的抗震韧性设计方法。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 一种地铁车站-高架桥同位合建结构的抗震韧性设计方法,其特征在于,包括明挖基坑及其围护结构、双层双跨地铁车站结构、高架桥结构。具体来说,基坑围护结构(1)为地下连续墙或钻孔灌注桩,基坑围护结构(1)顶部设置圈梁(2);双层双跨地铁车站结构包括:桩基(3)、底板(4)、底梁(5)、侧墙(6)、钢管混凝土芯柱(7)、预制空心柱段(8)、中板(9)、中梁(10)、顶板(11)、顶梁(12);高架桥结构包括:中间桥墩(13)、中间桥墩基础(14)、外侧桥墩(15)、外侧桥墩基础(16)、无粘结预应力筋(17)、支座(18)、限位挡块(19)、盖梁(20)、T梁及路面(21)。

[0008] 所述地铁车站结构与高架桥结构同期规划、共线设计、同廊道施工。

[0009] 所述钢管混凝土芯柱(7)为穿过中板(9)并连接至地铁车站结构顶梁(12)和底梁(5)的长柱,两端通过杯口式连接方式与顶梁(12)和底梁(5)连接固定;所述预制空心柱段(8)为高强钢筋混凝土环形构件,套在钢管混凝土芯柱(7)的外侧并竖向堆叠至设计高度;钢管混凝土芯柱(7)与叠层预制空心柱段(8)共同组成地铁车站的中柱。钢管混凝土芯柱(7)具有较好的水平变形能力,其主要功能是协调预制空心柱段(8)的层间变形并承担部分竖向荷载,叠层预制空心柱段(8)的主要功能是承担竖向荷载。

[0010] 所述预制空心柱段(8)的端部嵌入低摩擦系数的合金材料,当结构顶板(11)和底板(4)发生层间相对变形时,各预制空心柱段(8)之间可发生相对滑动,叠层预制空心柱段(8)承担的最大水平荷载等于最大静摩擦力。

[0011] 所述预制空心柱段(8)的内环直径沿高度逐渐变化且大于等于钢管混凝土芯柱(7)的外径,一方面便于预制空心柱段(8)的安装,另一方面可以实现水平变形条件下钢管混凝土芯柱(7)与预制空心柱段(8)的变形协调。

[0012] 所述高架桥结构的竖向荷载有两条传力路径:一是通过中间桥墩(13)及中间桥墩基础(14)直接作用到地铁车站顶板(11)上;二是通过外侧桥墩(15)、外侧桥墩基础(16)及圈梁(2)传递到基坑围护结构(1)上。其中,中间桥墩(13)是高架桥结构的主要承重构件,外侧桥墩(15)是高架桥结构的次要承重构件。

[0013] 所述高架桥中间桥墩(13)与地铁车站结构的钢管混凝土芯柱(7)均为圆柱形构件且竖向共轴、纵向同距;中间桥墩(13)下方设置中间桥墩基础(14),具体可选择两级圆柱形扩大基础或两级方形扩大基础;中间桥墩基础(14)浮置于地铁车站顶板(11)的防水层上,两者可在水平荷载作用下发生相对滑动;限位挡块(19)设置于中间桥墩基础(14)的两侧,与中间桥墩基础(14)存在变形缝,用于限制中间桥墩基础(14)与地铁车站顶板(11)之间的最大相对滑动距离。

[0014] 所述高架桥外侧桥墩(15)和外侧桥墩基础(16)为预制构件,内部均预设预应力筋管道,外侧桥墩(15)可插入外侧桥墩基础(16)的预设杯口中;无粘结预应力筋(17)穿过预设管道,两端通过锚具分别锚固在外侧桥墩(15)的上端面和外侧桥墩基础(16)的下端面。外侧桥墩基础(16)预留竖向孔道与圈梁(2)外伸竖向钢筋结合,建立可靠连接。

[0015] 所述盖梁(20)与中间桥墩(13)固接,与外侧桥墩(15)通过支座(18)连接。水平地震作用下,外侧桥墩(15)可发生摇摆变形,中间桥墩(13)可在地铁车站顶板(11)上小幅滑动,高架桥结构的地震内力大幅释放。在预应力筋的作用下,高架桥结构具有震后自复位功能。

[0016] 所述地铁车站底板(4)在3倍底梁(5)宽度范围内向下加厚,沿地铁车站中柱正下方底板(4)的横向设置桩基(3),提高底板(4)的竖向承载能力,防止底板(4)在竖向集中荷载作用下产生过大变形甚至破坏。桩基(3)的数目和长度根据实际场地条件确定。

[0017] 本发明的有益效果为:

[0018] 1、高架桥荷载由中间桥墩和两侧桥墩共同承担,具有较强的抗倾覆能力。中间桥墩基础浮置于地铁车站顶板上,其在水平荷载作用下可发生有限滑动,基底剪力较小,向下主要传递竖向荷载,结构体系的整体受力较简单。两侧桥墩为预应力摇摆桥墩,基础设置在围护结构的圈梁上,充分利用既有围护结构的竖向承载功能。两侧桥墩的在水平荷载作用下可发生转动,能够显著减小桥墩内力和损伤。在预应力筋的作用下,高架桥结构具有震后

自复位功能。

[0019] 2、叠层预制空心柱段与钢管混凝土芯柱共同组成地铁车站中柱,在提高中柱竖向承载能力、有效承接上部高架桥荷载的同时,该新型中柱的水平抗侧刚度较小,水平地震作用下具有显著优于现浇整体中柱的层间变形能力。因此,本发明地铁车站结构的抗震性能显著提高。

[0020] 3、该站桥同位合建结构体系的设计方案可有效减少工程占地面积和既有管线迁改量,降低工程造价,具有明显的经济效益和社会价值。

### 附图说明

[0021] 图1为本发明地铁车站-高架桥同位合建结构的横剖面图。

[0022] 图2为地铁车站叠层预制空心柱段与钢管混凝土芯柱的构造详图。

[0023] 图3为高架桥中间桥墩及其基础的俯视图。

[0024] 图4为高架桥外侧桥墩及其基础体系的侧视图。

[0025] 图中,1-基坑围护结构;2-圈梁;3-桩基;4-底板;5-底梁;6-侧墙;7-钢管混凝土芯柱;8-预制空心柱段;9-中板;10-中梁;11-顶板;12-顶梁;13-中间桥墩;14-中间桥墩基础;15-外侧桥墩;16-外侧桥墩基础;17-无粘结预应力筋;18-支座;19-限位挡块;20-盖梁;21-T梁及桥面。

### 具体实施方式

[0026] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0027] 本发明地铁车站-高架桥同位合建结构的横剖面图如图1所示,包括基坑围护结构(1)、圈梁(2)、桩基(3)、底板(4)、底梁(5)、侧墙(6)、钢管混凝土芯柱(7)、预制空心柱段(8)、中板(9)、中梁(10)、顶板(11)、顶梁(12)、中间桥墩(13)、中间桥墩基础(14)、外侧桥墩(15)、外侧桥墩基础(16)、无粘结预应力筋(17)、支座(18)、限位挡块(19)、盖梁(20)、T梁及路面(21)。

[0028] 地铁车站结构与高架桥结构同期规划、共线设计、同廊道施工。地铁车站采用明挖法施工,基坑围护结构(1)为地下连续墙或钻孔灌注桩,基坑开挖完成后,自下而上进行地铁车站-高架桥结构体系的施工。

[0029] 地铁车站基坑开挖过程中,按设计要求增大3倍底梁(5)宽度范围内的开挖深度。沿地铁车站中柱正下方底板(4)的横向施作钢筋混凝土桩基(3),桩基(3)的数目和长度根据实际场地条件确定。

[0030] 地铁车站梁板及侧墙(6)现浇为一体;钢管混凝土芯柱(7)穿过中板(9)并连接至地铁车站结构顶梁(12)和底梁(5),通过杯口式连接方式与顶梁(12)和底梁(5)连接固定;预制空心柱段(8)为高强钢筋混凝土环形构件,套在钢管混凝土芯柱(7)的外侧并竖向堆叠至设计高度;钢管混凝土芯柱(7)与叠层预制空心柱段(8)共同组成地铁车站的中柱。

[0031] 预制空心柱段(8)的端部嵌入低摩擦系数的合金材料,当结构顶板(11)和底板(4)发生层间相对变形时,各预制空心柱段(8)之间可发生相对滑动,叠层预制空心柱段(8)承担的最大水平荷载等于最大静摩擦力。

[0032] 本发明地铁车站叠层预制空心柱段与钢管混凝土芯柱的构造详图如图2所示。钢

管混凝土芯柱(7)外径为 $d$ ,预制空心柱段(8)的内环直径沿高度呈弧形变化( $\geq d$ ),叠层预制空心柱段(8)在各接触界面处的内环直径最大,表示为 $d^+$ 。相邻预制空心柱段(8)之间的相对滑动允许值为 $d^+ - d$ ,即最大缝隙宽度。该缝隙宽度一方面便于预制空心柱段(8)的安装,另一方面可以实现水平变形条件下钢管混凝土芯柱(7)与预制空心柱段(8)的变形协调而不发生相互剪切作用。

[0033] 高架桥中间桥墩(13)与地铁车站结构的钢管混凝土芯柱(7)均为圆柱形构件且竖向共轴、纵向同距;中间桥墩(13)下方设置中间桥墩基础(14),具体可选择两级圆柱形扩大基础或两级方形扩大基础,其俯视图如图3所示;中间桥墩基础(14)浮置于地铁车站顶板(11)的防水层上,两者可在水平荷载作用下发生相对滑动;限位挡块(19)设置于中间桥墩基础(14)的两侧,与中间桥墩基础(14)存在变形缝,用于限制中间桥墩基础(14)与地铁车站顶板(11)之间的最大相对滑动距离。

[0034] 图4为高架桥外侧桥墩及其基础体系的侧视图。高架桥外侧桥墩(15)和外侧桥墩基础(16)为预制构件,内部均预设预应力筋管道,外侧桥墩(15)可插入外侧桥墩基础(16)的预设杯口中;无粘结预应力筋(17)穿过预设管道,两端通过锚具分别锚固在外侧桥墩(15)的上端面和外侧桥墩基础(16)的下端面。外侧桥墩基础(16)预留竖向孔道与圈梁(2)外伸竖向钢筋结合,建立可靠连接。

[0035] 盖梁(20)与中间桥墩(13)固接,与外侧桥墩(15)通过支座(18)连接。水平地震作用下,外侧桥墩(15)可发生摇摆变形,中间桥墩(13)可在地铁车站顶板(11)上小幅滑动,高架桥结构的地震内力大幅释放。在预应力筋的作用下,高架桥结构具有震后自复位功能。

[0036] 下面给出本发明的一个具体实施例:

[0037] 1) 地铁车站基坑维护结构(1)采用钻孔灌注桩,桩间施作三轴搅拌桩止水帷幕,桩顶设置钢筋混凝土冠梁。按照“纵向分段、竖向分层、由上至下、中间拉槽、先支后挖”的施工原则开挖基坑至底板(4)标高;

[0038] 2) 地铁车站底板(4)以下3倍底梁(5)宽度范围内土体开挖至设计深度,施作地铁车站中柱正下方的钢筋混凝土桩基(3);

[0039] 3) 施作基坑垫层,浇筑底板(4)和底梁(5),底梁(5)上预留钢管混凝土芯柱(7)的连接杯口;

[0040] 4) 逐个吊装预制空心柱段(8),堆叠在底梁(5)的杯口上方至中梁(10)底面高度处,然后将钢管插入底梁(5)的预留杯口内,杯口缝隙中填充水泥砂浆,并向钢管中灌入少量混凝土至底梁(5)上表面高度处;

[0041] 5) 支模并浇筑下层侧墙(6)、中梁(10)和中板(9),待钢管中原有混凝土初凝后继续浇筑混凝土,形成钢管混凝土芯柱(7);

[0042] 6) 逐个吊装预制空心柱段(3)套入钢管混凝土芯柱(7)并堆叠至顶梁(12)高度处,支模并浇筑上层侧墙(6)、顶梁(12)、顶板(11)和限位挡块(19);

[0043] 8) 在地铁车站顶板(11)防水层上方,采取分隔措施后施作中间桥墩基础(14);

[0044] 9) 将预制外侧桥墩基础(16)与圈梁(2)可靠连接后,安装预制外侧桥墩(15),穿设无粘结预应力筋(17)并锚固张拉至设计预应力水平;

[0045] 10) 安装支座(18),依次向上施作盖梁(20)、T梁及路面(21);

[0046] 11) 地铁车站顶板(11)上部覆土回填,恢复地面道路。

[0047] 以上对本发明进行了详细说明,但所述内容不能被认为用于限定本发明的实施范围,凡依本发明申请范围所作的均等变化与改进等,均应仍归属于本发明的专利涵盖范围之内。

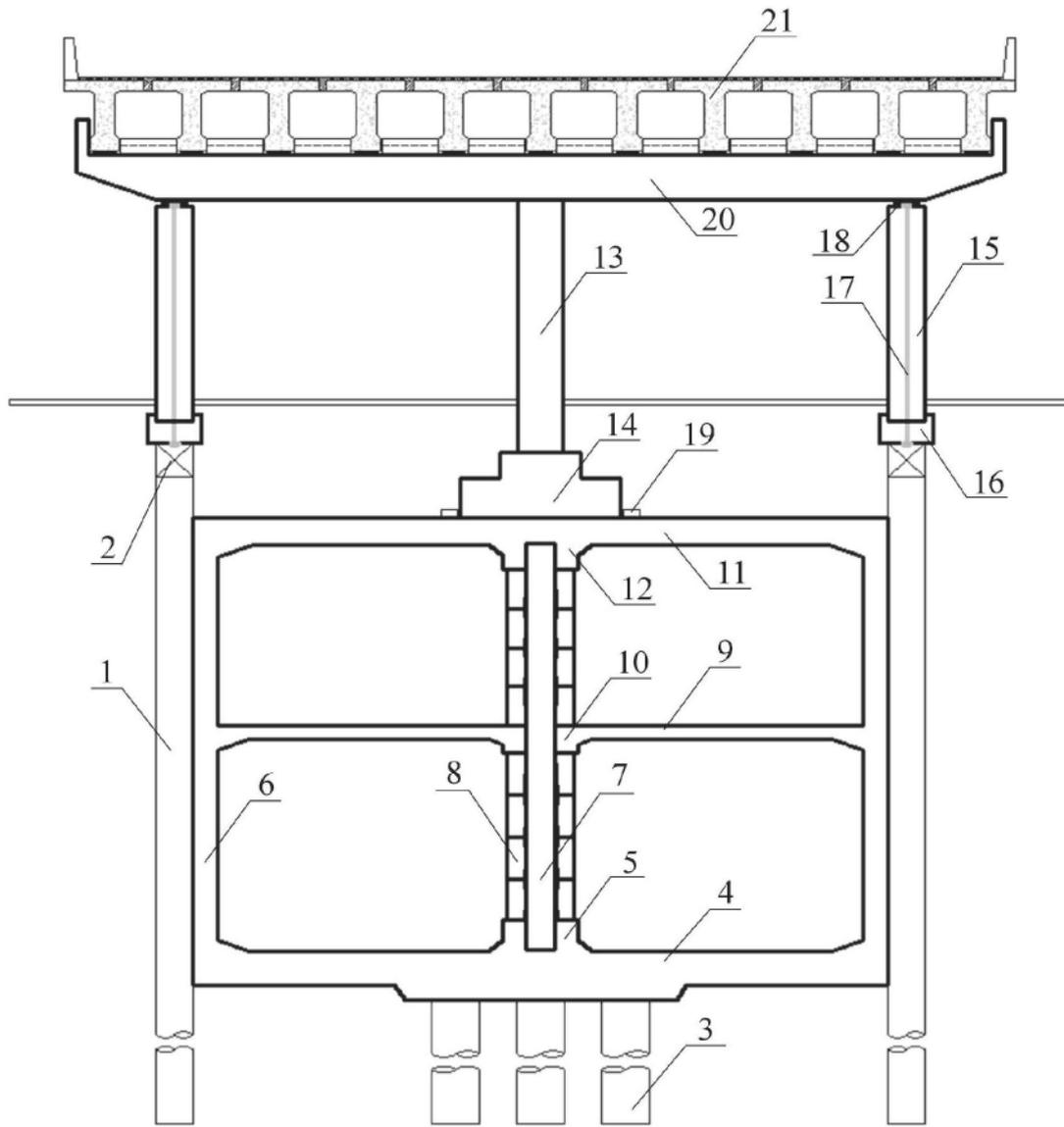


图1

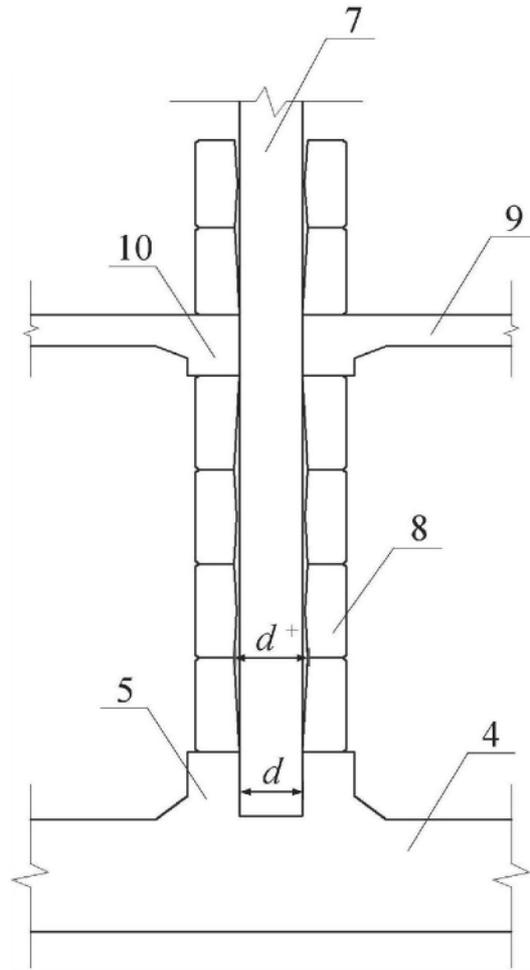


图2

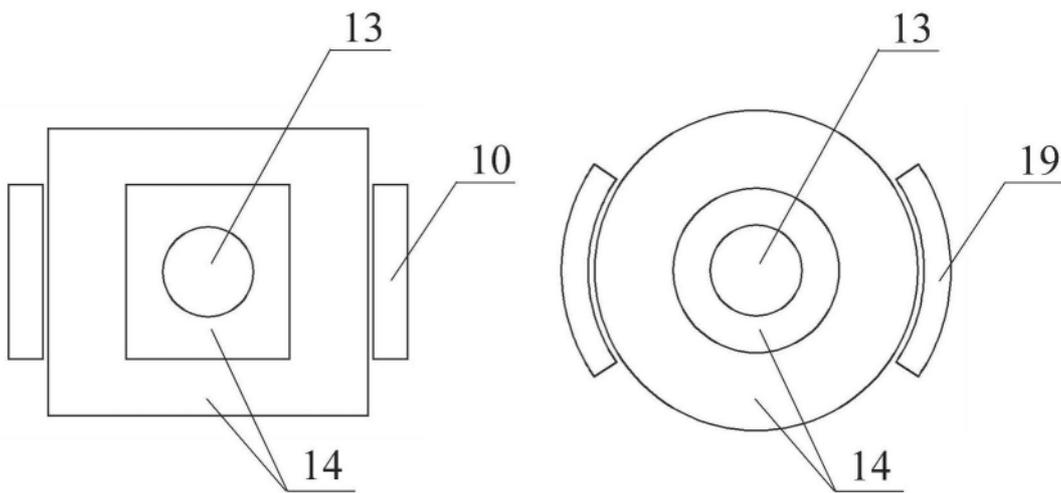


图3

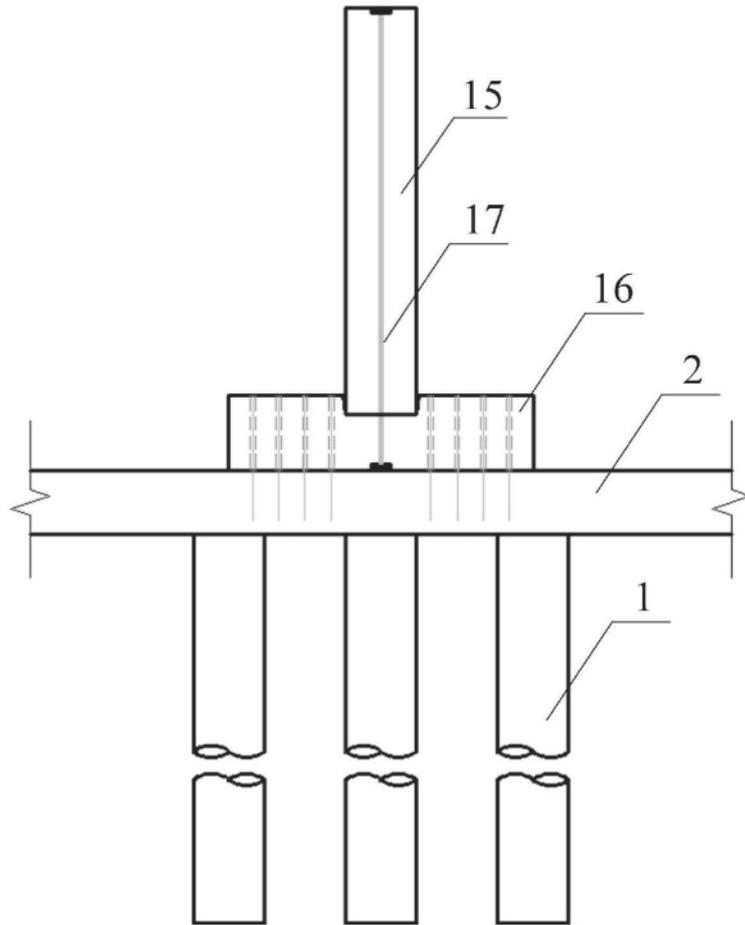


图4