



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113638304 A

(43) 申请公布日 2021. 11. 12

(21) 申请号 202110791995.8

(22) 申请日 2021.07.13

(71) 申请人 宁波市政工程建设集团股份有限公司

地址 315012 浙江省宁波市海曙区新典路
21号

(72) 发明人 徐声亮 王金龙 陈巨峰

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 彭英

(51) Int. Cl.

E01D 19/00 (2006.01)

E01D 2/04 (2006.01)

E01D 21/00 (2006.01)

E01D 101/28 (2006.01)

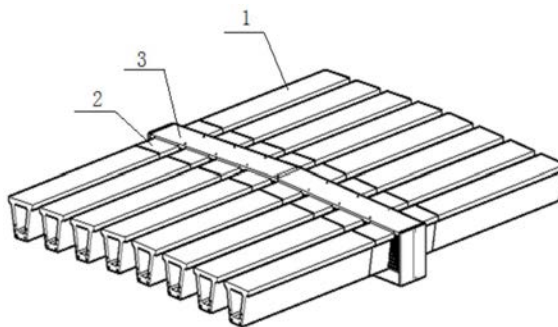
权利要求书2页 说明书17页 附图6页

(54) 发明名称

混凝土梁式桥隐盖梁结构体系及其施工方法

(57) 摘要

本发明公开了一种混凝土梁式桥隐盖梁结构体系及其施工方法。隐盖梁结构体系包括预制小箱梁及现浇隐盖梁，现浇隐盖梁沿着横桥向延伸的两侧端面设置有盖梁齿槽；预制小箱梁包括小箱梁常规段及小箱梁端部实心段；小箱梁端部实心段包括梁端实心段本体，梁端实心段本体的外侧端面为箱梁拼缝面；箱梁拼缝面包括跨内预应力钢束锚固区、节段间耦合预应力钢束锚固区，并在节段间耦合预应力钢束锚固区的外侧设置能够与现浇隐盖梁的盖梁齿槽匹配的梁端贯通凸齿条；跨内预应力钢束锚固区能够锚固小箱梁常规段的腹板、底板延伸出的跨内预应力钢束。因此本发明不仅可以简化预制小箱梁临时支撑体系，且还大幅度缩短施工周期，达到与常规预制小箱梁架设相近。



1. 一种混凝土梁式桥隐盖梁结构体系,包括沿着纵桥向布置的预制小箱梁以及沿着横桥向布置的现浇隐盖梁,其特征在于,所述的现浇隐盖梁沿着横桥向延伸的两侧端面,设置有通长的盖梁齿槽;

所述的预制小箱梁,包括小箱梁常规段以及设置在小箱梁常规段端部的小箱梁端部实心段;

所述的小箱梁端部实心段,包括梁端实心段本体,梁端实心段本体的外侧端面为箱梁拼缝面;

所述的箱梁拼缝面包括两个区域,其中一个区域对应为垮内预应力钢束锚固区,并在垮内预应力钢束锚固区的外侧设置锚口封堵板,另一个区域则为节段间耦合预应力钢束锚固区,并在节段间耦合预应力钢束锚固区的外侧设置能够与现浇隐盖梁的盖梁齿槽匹配的梁端贯通凸齿条;

垮内预应力钢束锚固区能够锚固小箱梁常规段的腹板、底板延伸出的垮内预应力钢束;

节段间耦合预应力钢束锚固区设置有若干纵向贯通梁端实心段本体并处于预制小箱梁投影区的节段间耦合预应力钢束孔道;

现浇隐盖梁内预埋有节段间耦合预应力钢束或者现浇隐盖梁设有耦合预应力钢束孔道;

现浇隐盖梁内预埋有节段间耦合预应力钢束时,所述的现浇隐盖梁为边支点现浇隐盖梁,节段间耦合预应力钢束的另一端穿过小箱梁端部实心段的节段间耦合预应力钢束锚固区后锚固并张拉;

现浇隐盖梁设有耦合预应力钢束孔道时,所述的现浇隐盖梁为中支点现浇隐盖梁;节段间耦合预应力钢束的一端与中支点现浇隐盖梁一侧的预制小箱梁的节段间耦合预应力钢束锚固区锚固并张拉,另一端则穿过中支点现浇隐盖梁内的耦合预应力钢束孔道后,与中支点现浇隐盖梁另一侧的预制小箱梁的节段间耦合预应力钢束锚固区锚固并张拉。

2. 根据权利要求1所述的混凝土梁式桥隐盖梁结构体系,其特征在于,所述的现浇隐盖梁沿着横桥向延伸的两侧端面,采用变截面构造,上缘设置2%横坡,下缘则为水平;且现浇隐盖梁的盖梁齿槽与现浇隐盖梁上缘平行。

3. 根据权利要求1所述的混凝土梁式桥隐盖梁结构体系,其特征在于,垮内预应力钢束锚固区包括腹板锚固区以及底板束锚固区;腹板锚固区能够锚固小箱梁常规段的腹板延伸出的垮内预应力钢束,底板束锚固区能够锚固小箱梁常规段的底板延伸出的垮内预应力钢束。

4. 根据权利要求3所述的混凝土梁式桥隐盖梁结构体系,其特征在于,所述腹板锚固区沿着箱梁拼缝面的高度方向,设置有三个楔形锚固块,每一个楔形锚固块均布置有一个箱梁跨内预应力钢束孔道,并能够适应小箱梁常规段的腹板延伸出的垮内预应力钢束5°倾斜布置的要求。

5. 根据权利要求3所述的混凝土梁式桥隐盖梁结构体系,其特征在于,所述现浇隐盖梁处于横桥向的两端面,预埋有挑梁焊接锚固结构;

挑梁焊接锚固结构包括锚固钢梁、剪力钉以及PBL键;

锚固钢梁布置在现浇隐盖梁的横桥向预应力钢束中间,并处于现浇隐盖梁的梁顶、梁

底侧的普通钢筋的内侧；锚固钢梁的顶板、底板，仅在临近现浇隐盖梁的核心区侧设置剪力钉，锚固钢梁的腹板位置布置有PBL键；

现浇隐盖梁的梁端预留浇筑封锚板使用的预应力钢束锚垫板。

6. 一种权利要求1所述的混凝土梁式桥隐盖梁结构体系的施工方法，其特征在于，先在施工现场施工成型现浇隐盖梁，然后通过侧移方式将预制小箱梁架设，最后再施工形成现浇隐盖梁、预制小箱梁之间的拼缝，具体包括以下步骤：

步骤一、小箱梁预制

步骤二、现场施工成型现浇隐盖梁

在现场施工成型现浇隐盖梁时，需搭设隐盖梁临时支承体系钢结构；隐盖梁临时支承体系钢结构包括挑梁、预埋钢梁、倒门形支承梁、上下垫梁、吊杆及吊杆锚梁、主支承横梁；

步骤三、预制小箱梁架设

以现浇隐盖梁为基础，搭建小箱梁架设临时支承结构；采用架桥机，通过侧向安装的方式，将各预制小箱梁一一从现浇隐盖梁的侧方移动到位；移动过程中，预制小箱梁端部的梁端贯通凸齿条与现浇隐盖梁侧面的盖梁齿槽配合；

步骤四、现浇隐盖梁、预制小箱梁之间的施工措施

4.1、张拉预制小箱梁与现浇隐盖梁之间的耦合预应力钢束；

4.2、封闭预制小箱梁的常规段上所设置的人孔；

4.4、拆除小箱梁架设临时支承结构；

4.5、张拉现浇隐盖梁的第2批预应力钢束；

4.6、在现浇隐盖梁的端部施工封锚板；

4.7、张拉预制小箱梁负弯矩钢束。

7. 根据权利要求6所述的混凝土梁式桥隐盖梁结构体系的施工方法，其特征在于，步骤二中现浇隐盖梁的施工步骤包括：

2.1、现浇隐盖梁承重支模架体系设计及搭设

2.2、现浇隐盖梁底/端模铺设

2.3、隐盖梁临时支承体系钢结构搭设

隐盖梁临时支承体系钢结构包括挑梁、预埋钢梁、倒门形支承梁、上下垫梁、吊杆及吊杆锚梁、主支承横梁；

2.4、现浇隐盖梁钢筋绑扎及预埋件安装

2.5、现浇隐盖梁预应力波纹管埋设

2.6、现浇隐盖梁侧模支护

2.7、现浇隐盖梁的混凝土浇筑

2.8、现浇隐盖梁的第一批预应力钢束张拉

2.9、隐盖梁临时支承体系落架。

混凝土梁式桥隐盖梁结构体系及其施工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种混凝土梁式桥隐盖梁结构体系及其施工方法,属于土木工程桥梁设计与工程施工领域。

背景技术

[0002] 在国家战略引导、社会及产业发展需求的推动下,桥梁建造技术正朝着装配化、工业化、标准化的方向发展。

[0003] 在城市快速路建设中,预制小箱梁替代现浇箱梁已成为建设各方的共识。一方面,同等跨径下,预制小箱梁的混凝土用量仅为现浇箱梁的50%;在软土地区,预制小箱梁方案的建设成本不到现浇箱梁的75%(下部结构工程量减少,现场地基处理费用取消),具有显著的经济效益;另一方面,随着UHPC高性能混凝土的推广应用,预制小箱梁的拼缝宽度从过去严格控制于2500mm逐渐拓宽至800mm,这使预制小箱梁方案可通过调整拼缝宽度以适应变宽段、弯曲段的建设需求。

[0004] 以宁波市为例,2011年竣工的机场路高架,主线上部结构均采用现浇箱梁结构;2015年竣工的南环、北环高架,上部结构75%采用预制小箱梁结构或预制空心板梁,仅曲线段、变宽段、匝道衔接段采用现浇箱梁;2017年启动的机场路高架南延、2018年启动的西洪大桥连接线工程及环城南路西延工程,全线95%采用预制小箱梁(曲线段、变宽段、匝道衔接段均为预制结构),仅通行净空受限段采用现浇箱梁(预制小箱梁梁高1.6m,盖梁梁高2.5m,合计达4.1m;现浇箱梁梁高仅2.2m,具有净空通行优势)。

[0005] 2018年,为适应有限净高区域的预制小箱梁高架桥梁建设,浙江宁波环城南路西延工程率先“隐盖梁+预制小箱梁”的半预制上部结构体系替代净高受限等特殊地段的现浇结构,并在2019你那启动的新典桥新建工程的引桥段沿用类似结构体系。该体系所涉及的隐盖梁结构体系施工流程是首先架设预制小箱梁后浇筑隐盖梁,这种施工流程下将面临以下几个施工难题:

1) 临时支撑架荷载量大

首先架设预制小箱梁的施工工艺需临时搭设支撑支架承受小箱梁荷载,并需承受后期隐盖梁浇筑所产生的荷载,特别是城市高架净高受限的匝道变截面路段,小箱梁加隐盖梁的单侧总荷载量超过千吨级。因此对临时支撑架的结构强度及其地基承载力要求极高,特别是软土地区地基处理费用将大大提高,若采用少支撑临时支撑结构将大幅度投入钢材使用量,从各个角度考虑该施工流程需产生高费用的临时措施费(总体费用仍小于现浇箱梁)。

[0006] 2) 施工周期长

该施工流程在小箱梁架设之后需完成隐盖梁施工(包括钢筋、混凝土浇筑、预应力张拉等)、小箱梁负弯矩张拉、临时支撑架拆除等施工步骤,因此一次施工临时材料周转周期超过3个月,同时高昂的措施费将限制支撑架投入数量,最后影响施工周期。

[0007] 3) 小箱梁架设空间受限

现阶段所采用的隐盖梁+预制小箱梁体系大多位于净高受限区域,同时因需先架设小箱梁的原因临时支架位置偏离隐盖梁投影外一定距离,因此导致小箱梁若采用架桥机架设需另外建设提梁站(高低吊空间不足)将大幅度增加临时支架措施费用,只能采用大吨位汽车起重机多次站位完成小箱梁架设,小箱梁架设成本增加。

[0008] 因此,研发一种基于隐盖梁的新型桥梁上部结构结体系及其施工方法,解决临时支架费用高、周转周期长、小箱梁架设困难等难题是十分必要的。

发明内容

[0009] 本发明针对现有技术的不足,研发一种混凝土梁式桥隐盖梁结构体系及其施工方法。其关键点在于首先完成隐盖梁的浇筑,后架设预制小箱梁。这种先隐盖梁现浇后架设小箱梁的施工步骤,结合常规上部结构预制小箱梁架设可采用架桥机连续架设,不仅可以节约庞大的预制小箱梁临时支承体系,而且还大幅度缩短施工周期,达到与常规预制小箱梁架设相近。

[0010] 为实现上述的技术目的,本发明将采取如下的技术方案:

一种混凝土梁式桥隐盖梁结构体系,包括沿着纵桥向布置的预制小箱梁以及沿着横桥向布置的现浇隐盖梁,所述的现浇隐盖梁沿着横桥向延伸的两侧端面,设置有通长的盖梁齿槽;

所述的预制小箱梁,包括小箱梁常规段以及设置在小箱梁常规段端部的小箱梁端部实心段;

所述的小箱梁端部实心段,包括梁端实心段本体,梁端实心段本体的外侧端面为箱梁拼缝面;

所述的箱梁拼缝面包括两个区域,其中一个区域对应为垮内预应力钢束锚固区,并在垮内预应力钢束锚固区的外侧设置锚口封堵板,另一个区域则为节段间耦合预应力钢束锚固区,并在节段间耦合预应力钢束锚固区的外侧设置能够与现浇隐盖梁的盖梁齿槽匹配的梁端贯通凸齿条;

垮内预应力钢束锚固区能够锚固小箱梁常规段的腹板、底板延伸出的垮内预应力钢束;

节段间耦合预应力钢束锚固区设置有若干纵向贯通梁端实心段本体并处于预制小箱梁投影区的节段间耦合预应力钢束孔道;

现浇隐盖梁内预埋有节段间耦合预应力钢束或者现浇隐盖梁设有耦合预应力钢束孔道;

现浇隐盖梁内预埋有节段间耦合预应力钢束时,所述的现浇隐盖梁为边支点现浇隐盖梁,节段间耦合预应力钢束的另一端穿过小箱梁端部实心段的节段间耦合预应力钢束锚固区后锚固并张拉;

现浇隐盖梁设有耦合预应力钢束孔道时,所述的现浇隐盖梁为中支点现浇隐盖梁;节段间耦合预应力钢束的一端与中支点现浇隐盖梁一侧的预制小箱梁的节段间耦合预应力钢束锚固区锚固并张拉,另一端则穿过中支点现浇隐盖梁内的耦合预应力钢束孔道后,与中支点现浇隐盖梁另一侧的预制小箱梁的节段间耦合预应力钢束锚固区锚固并张拉。

[0011] 优选地,所述的现浇隐盖梁沿着横桥向延伸的两侧端面,采用变截面构造,上缘设置2%横坡,下缘则为水平;且现浇隐盖梁的盖梁齿槽与现浇隐盖梁上缘平行。

[0012] 优选地,垮内预应力钢束锚固区包括腹板锚固区以及底板束锚固区;腹板锚固区能够锚固小箱梁常规段的腹板延伸出的垮内预应力钢束,底板束锚固区能够锚固小箱梁常规段的底板延伸出的垮内预应力钢束。

[0013] 优选地,所述腹板锚固区沿着箱梁拼缝面的高度方向,设置有三个楔形锚固块,每一个楔形锚固块均布置有一个箱梁跨内预应力钢束孔道,并能够适应小箱梁常规段的腹板延伸出的垮内预应力钢束5°倾斜布置的要求。

[0014] 优选地,所述现浇隐盖梁处于横桥向的两端面,预埋有挑梁焊接锚固结构;

挑梁焊接锚固结构包括锚固钢梁、剪力钉以及PBL键;

锚固钢梁布置在现浇隐盖梁的横桥向预应力钢束中间,并处于现浇隐盖梁的梁顶、梁底侧的普通钢筋的内侧;锚固钢梁的顶板、底板,仅在临近现浇隐盖梁的核心区侧设置剪力钉,锚固钢梁的腹板位置布置有PBL键;

现浇隐盖梁的梁端预留浇筑封锚板使用的预应力钢束锚垫板。

[0015] 本发明的另一个技术目的是一种上述的混凝土梁式桥隐盖梁结构体系的施工方法,先在施工现场施工成型现浇隐盖梁,然后通过侧移方式将预制小箱梁架设,最后再施工形成现浇隐盖梁、预制小箱梁之间的拼缝,具体包括以下步骤:

步骤一、小箱梁预制

步骤二、现场施工成型现浇隐盖梁

在现场施工成型现浇隐盖梁时,需搭设隐盖梁临时支承体系钢结构;隐盖梁临时支承体系钢结构包括挑梁、预埋钢梁、倒门形支承梁、上下垫梁、吊杆及吊杆锚梁、主支承横梁;

步骤三、预制小箱梁架设

以现浇隐盖梁为基础,搭建小箱梁架设临时支承结构;采用架桥机,通过侧向安装的方式,将各预制小箱梁一一从现浇隐盖梁的侧方移动到位;移动过程中,预制小箱梁端部的梁端贯通凸齿条与现浇隐盖梁侧面的盖梁齿槽配合;

步骤四、现浇隐盖梁、预制小箱梁之间的施工措施

4.1、张拉预制小箱梁与现浇隐盖梁之间的耦合预应力钢束;

4.2、封闭预制小箱梁的常规段上所设置的人孔;

4.4、拆除小箱梁架设临时支承结构;

4.5、张拉现浇隐盖梁的第2批预应力钢束;

4.6、在现浇隐盖梁的端部施工封锚板;

4.7、张拉预制小箱梁负弯矩钢束。

[0016] 优选地,步骤二中现浇隐盖梁的施工步骤包括:

2.1、现浇隐盖梁承重支模架体系设计及搭设

2.2、现浇隐盖梁底/端模铺设

2.3、隐盖梁临时支承体系钢结构搭设

隐盖梁临时支承体系钢结构包括挑梁、预埋钢梁、倒门形支承梁、上下垫梁、吊杆及吊杆锚梁、主支承横梁;

- 2.4、现浇隐盖梁钢筋绑扎及预埋件安装
- 2.5、现浇隐盖梁预应力波纹管埋设
- 2.6、现浇隐盖梁侧模支护
- 2.7、现浇隐盖梁的混凝土浇筑
- 2.8、现浇隐盖梁的第一批预应力钢束张拉
- 2.9、隐盖梁临时支承体系落架。

[0017] 为实现上述的技术目的,本发明将采取如下的技术方案:

相对于现有技术,本发明所述的技术方案,具有如下的优点:

本发明所述的混凝土梁式隐盖梁结构体系,先隐盖梁现浇后架设小箱梁的施工步骤,结合常规上部结构预制小箱梁架设可采用架桥机连续架设,不仅可以节约庞大的预制小箱梁临时支承体系,而且还大幅度缩短施工周期,达到与常规预制小箱梁架设相近。

附图说明

[0018] 图1是本发明所述混凝土梁式隐盖梁结构体系的施工流程图;

图2是本发明所述混凝土梁式隐盖梁结构体系处于边支点区域的结构示意图;

图3是本发明所述混凝土梁式隐盖梁结构体系处于中支点区域的结构示意图;

图2、图3中:1-小箱梁常规段;1-1、箱梁常规段本体;1-1-1、人孔;1-2、跨内预应力筋通道;2-小箱梁端部实心段;2-1、耦合连接用钢束的张拉端;2-2、耦合预应力孔道;2-3、梁端贯通凸齿条;2-4、耦合连接用预应力钢束;3-中支点现浇隐盖梁;4- UHPC填充层;5-边支点现浇隐盖梁;5-1、P锚;5-2、盖梁拼缝凹槽;5-3、盖梁预应力钢束;

图4是本发明所述混凝土梁式隐盖梁结构体系处于中支点区域的立体结构示意图;

图5是预制小箱梁的结构示意图;

图6是预制小箱梁的小箱梁常规段的结构示意图;

图7是预制小箱梁的实心段的结构示意图;

图中:2-5、箱梁腹板张拉钢束通道;2-6、箱梁底板张拉钢束通道;2-7、箱梁实心段本体;2-8、锚口封堵板;

图8是所述中支点现浇隐盖梁的结构示意图;

图9是现浇隐盖梁端部的平面结构示意图;

图8-9中:3-中支点现浇隐盖梁;3-1、盖梁齿槽;3-2、封堵板;3-3、锚固钢梁;3-4、预应力工具锚;3-5、锚垫板;3-6、焊钉;3-7、箍筋;3-8、PBL键钢棒;3-9、箍筋;

图10是以现浇隐盖梁为基础搭建小箱梁临时支撑体系的结构示意图;

图11是图10中箱梁临时支撑组件的结构示意图;

图12是通过设置在小箱梁临时支撑体系上方的架桥机侧移吊装预制小箱梁的结构示意图;

图13是本发明所述的在下部支撑结构与隐盖梁之间所形成的临时锚固体系;

图10-13中:6-1、上挑梁;6-2、上垫梁;6-3、下垫梁;6-4、外侧撑梁;6-5、上锚梁;6-6、下锚梁;6-7、吊杆;6-8、上部下车;6-9、架桥机主桁架;6-10、下部小车;7-下部支撑结构;7-1、承台;7-2、立柱;7-3、临时锚固用连接钢筋。

具体实施方式

[0019] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。以下对至少一个示例性实施例的描述实际上仅仅是说明性的,决不作为对本发明及其应用或使用的任何限制。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。除非另外具体说明,否则在这些实施例中阐述的部件和步骤的相对布置、表达式和数值不限制本发明的范围。同时,应当明白,为了便于描述,附图中所示出的各个部分的尺寸并不是按照实际的比例关系绘制的。对于相关领域普通技术人员已知的技术、方法和设备可能不作详细讨论,但在适当情况下,所述技术、方法和设备应当被视为授权说明书的一部分。在这里示出和讨论的所有示例中,任何具体值应被解释为仅仅是示例性的,而不是作为限制。因此,示例性实施例的其它示例可以具有不同的值。

[0020] 为了便于描述,在这里可以使用空间相对术语,如“在……之上”、“在……上方”、“在……上表面”、“上面的”等,用来描述如在图中所示的一个器件或特征与其他器件或特征的空间位置关系。应当理解的是,空间相对术语旨在包含除了器件在图中所描述的方位之外的在使用或操作中的不同方位。例如,如果附图中的器件被倒置,则描述为“在其他器件或构造上方”或“在其他器件或构造之上”的器件之后将被定位为“在其他器件或构造下方”或“在其他器件或构造之下”。因而,示例性术语“在……上方”可以包括“在……上方”和“在……下方”两种方位。该器件也可以其他不同方式定位(旋转90度或处于其他方位)。

[0021] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。另外,出于方便说明的目的,垂向、横向与纵向为两两垂直的方向,垂向上的两个方向分别为上下方向。

[0022] 本发明区别于现有结构体系的关键点在于首先完成隐盖梁的浇筑,后架设预制小箱梁。这种先隐盖梁现浇、后架设小箱梁的施工步骤,详见图1所示,结合常规上部结构,预制小箱梁架设可采用架桥机连续架设,不仅可以节约庞大的预制小箱梁临时支承体系,而且还大幅度缩短施工周期,达到与常规预制小箱梁架设相近。

[0023] 基于这种先隐盖梁现浇、后架设小箱梁的施工步骤,其发明重点在于后期预制小箱梁架设的结构措施,包括“预制小箱梁端部剪力键构造设计”、“预制小箱梁架设临时提梁区域设计”、“预制小箱梁的临时支承体系设计”、“临时抗倾覆体系设计”等4个方面。以下将结合附图1-13,详细地说明本发明的技术方案。

[0024] 预制小箱梁与现浇隐盖梁间的界面设计

常规隐盖梁工艺中,预制小箱梁在隐盖梁浇筑前安放,故其两端可设置较长的预埋钢筋/钢板,与现浇隐盖梁连接。当隐盖梁先完成浇筑时,其界面结构形式仅允许采用“接触式”。考虑到目前国内短线法节段预制拼装技术已发展较为完善,故采用“齿块+预应力钢束”的模式,具体细节包括以下9个方面:

1) 采用横向齿块(盖梁齿槽)的连接模式,即剪力方向与齿块(盖梁齿槽)方向垂直,确保界面的抗剪承载力;

2) 现浇隐盖梁采用变截面构造,上缘设置2%横坡,下缘则为水平,这使隐盖梁截面在中支点处最大,在边支点或悬臂端最小——这也与隐盖梁所承担的弯矩相匹配(中支点处最大,悬臂端近乎为零,非悬臂式隐盖梁的跨中弯矩亦只有支点的1/2);

3) 现浇隐盖梁齿块沿横桥向拉通,呈通长的锯齿状构造,且与隐盖梁上缘平行(保持2%横坡),以确保预制小箱梁通过侧移的模式安装就位;

注:若通长锯齿构造沿下缘(水平)拉通,则预制小箱梁的顶板也呈水平(连续构造,无法在高度方向间隔设置),高架桥跨结构只能通过铺装层形成2%横坡,不可取——铺装用量增加,除了自身工程成本上涨外,二期恒载增加亦导致桥跨结构的材料投入,推动工程成本外溢。

[0025] 4) 现浇隐盖梁采用支架法浇筑,支架形式依据现场实际情况确定;

注1:隐盖梁采用现浇法施工,施工周期相对较长(约45天),故无需刻意追求临时支承结构的预制装配化(即快速化施工)。

[0026] 注2:当施工场地足够且地基承载力较高($f_{ak} \geq 100\text{kPa}$)时,可采用满堂支架法作业或“多支墩+贝雷桁架”支承体系;当施工场地不足或地基承载力较差时,可采用“少支墩+钢制支承梁”方案,支墩位于承台处,支承梁可采用桁架式结构或实腹式结构——当施工企业具备类似周转材料时,该方案在经济效益与工期安排方面具有显著的竞争优势。

[0027] 5) 隐盖梁侧模板需分段制作:通长齿块段应采用钢模板,其下部区域宜采用木模板;

注1:通长槽齿对混凝土浇筑精度要求较高(若偏差过大将导致预制小箱梁侧移安装不进……),故需采用钢模板浇筑成型——通长槽齿的构造相对现浇隐盖梁上缘同步,长度方向可依据工程实际情况调整,即钢模板的规格仅作长度方向调整。

[0028] 注2:隐盖梁高度存在小幅调整,如中支点处梁高的变化(2.2m~2.8m,依据隐盖梁类型(悬臂式或连续梁)、跨径(2%横坡效应,为保证隐盖梁最小截面要求而调整)、隐盖梁截面的跨径变化。考虑到预制小箱梁梁高确定(1.6m 或 1.8m),故与隐盖梁上缘相关的钢模板可做成统一规格,其以下区域的调整,通过木模板实现(非标准化,便于加工,适用性好,使用成本低)。

[0029] 6) 预制小箱梁端部采用实心段构造,实心段长度不小于2.0m,不超过4.0m。

[0030] 即本发明所述的预制小箱梁包括两个部分,一部分为小箱梁常规段,另一个部分则为小箱梁端部实心段。

[0031] 注1:依据圣维南原理,端部应力在1倍梁高范围内,应力可扩散均匀,故实心段长度不小于梁高(1.6m 或 1.8m),考虑到端部齿块、锚板等构造占据的范围,故实心段长度不宜小于2m。

[0032] 注2:预制实心段构造,是“预应力钢束连接”的关键:①厘清了预制小箱梁的预应力体系,实现了预制小箱梁到隐盖梁的平顺过渡——预制小箱梁跨内的预应力钢束均集中于腹板范围,节段间耦合连接用预应力钢束分布在预制小箱梁空心投影范围内。两部分混凝土则在工厂内一起浇筑,普通钢筋绑扎成整体,确保了两部分预应力体系所对应的混凝土的完全融合,力学传递更直接,施工步骤大幅减少,作业要求大幅降低,更适合大规模推广应用;②耦合预应力体系实现通用化配置。实心段构造可预留多个预应力孔道,现场安装后选用其中几个即可,使得预制小箱梁在工厂制造阶段实现通用化,标准化;③实心段构造

既有生产线调整幅度最小的措施——保留既有台座,保留既有钢模板,仅普通钢筋需2次绑扎(具体步骤详见“实施方法”)。

[0033] 7) 预制小箱梁端部齿块采用贯通的“齿条”构造(梁端贯通凸齿条),如图5、图7所示,并采用阳齿构造(现浇隐盖梁采用阴齿构造),齿块端部高40mm,端部宽120mm,沿高度方向设置9道,并需避开预制小箱梁预应力钢束的锚固区,同时在齿条间(凹槽段),以水平向间隔300mm布置一个耦合用预应力钢束孔道,单个孔道直径为20mm(容许布置3根 $\Phi 14.2$ 钢绞线)。

[0034] 注1:预制小箱梁端面采用齿条构造,除抗剪承载力顾虑外,主要是基于预制小箱梁安装的可操作性及可靠性——侧向滑移安装时,涂抹有结构胶的齿条更容易平顺的移动就位,不易中断。

[0035] 注2:与常规“短线法”节段预制拼装技术类似,以“耦合用预应力钢束+齿条”的模式,确保预制小箱梁与现浇隐盖梁间的抗剪承载力。大量试验数据表明,该连接方式是有效、可靠的。

[0036] 注3:预制小箱梁端部的耦合用预应力孔道采用“多配少用”原则,即单个预制小箱梁端部仅需配置4孔即可,但预留12个孔道,使预制小箱梁在工厂制造阶段可不随隐盖梁横桥向预应力钢束的变化而定制(减少工厂预制阶段的规格数量),实现产品通用化。

[0037] 注4:为确保孔道中心至预制小箱梁内缘的距离不小于100mm,每行最多布置3个孔道,且自上而下仅6排适合设置——3股钢绞线,需要采用20吨级千斤顶作业,千斤顶作业空间要求不小于100mm。

[0038] 8) 预制小箱梁齿条根部平面与预制小箱梁预应力钢束的封锚后平面持平,且预制小箱梁的预应力钢束锚固区呈台阶状,使锚固点中心位于同一平面,同时兼顾 5° 倾角考虑后,临近端部的角点不超过齿条的根部平面——封锚混凝土浇筑后,在预制小箱梁齿条根部平面不出现预应力钢束的锚固构件,如图6所示。

[0039] 注:预制小箱梁的预应力钢束锚固区后退(即向预制小箱梁跨中后退),是为了规避封锚区构造对预制小箱梁侧移式安装的影响。

[0040] 9) 预制小箱梁端面齿条与实心段混凝土、预应力锚固区一起浇筑,形成整体,以确保其抗剪承载力。因此,预制小箱梁端面应采用定制钢模板,以确保复杂面的混凝土浇筑。

[0041] 10) 预制小箱梁顶板区域开设直径为45cm的作业人孔,人孔中心距离标准段边缘50~60cm,同时在人孔周边配置加强钢筋。

[0042] 注:该结构体系实施期间,共有3个阶段需利用该人孔:①实心段浇筑阶段,实心段临近预制小箱梁侧的模板拆除需通过人孔外运(两端实心段浇筑完成后成密闭空间);②预制小箱梁架设完成后,耦合用预应力钢束的安装、张拉、孔道灌浆,均需借助人孔出入。

[0043] 11) 对于中支点区域的隐盖梁节段,只要预先埋设预应力孔道即可(钢绞线张拉完成后采用后注浆工艺封管),如图3所示;对于边支点区域的隐盖梁节段,则需要直接埋设预应力钢绞线,其位于隐盖梁节段内的锚固段,需设置P锚,如图2所示。

[0044] 注:边支点区域,受隐盖梁“背靠背”影响,耦合用预应力钢束无张拉空间,故采用P锚锚固,具体结构如图2所示。

[0045] 预制小箱梁架设方案设计

1) 预制小箱梁通过架桥机侧向移动完成架设、安装,即预制小箱梁仅能从侧边吊

装,然后在架桥机吊装状态下,完成侧向平移。期间需要解决最核心的问题是,需要提供隐盖梁两端架桥机的临时支承点,且支承点不影响预制小箱梁的吊装。

[0046] 注1:尽管预制小箱梁未设置“伸长构件”,但受限于齿条的水平布置,无法实现架桥机“跨内起梁”工艺——无法自上而下完成架设。

[0047] 注2:通常情况下,现浇隐盖梁宽度为端部2片预制小箱梁外缘间的距离。因此,最外侧预制小箱梁外侧,无永久性结构为架桥机提供临时支承点。

[0048] 2) 现浇隐盖梁端部设置1道钢挑梁作为架桥机提梁站,挑梁为变截面焊接工字型截面,并间隔一定距离设置腹板加劲肋。挑梁长度应控制在5米左右(架桥机后支腿有效宽度在4.5米,单片预制小箱梁宽度约3.2m,具备提升后左右调整空间),挑梁根部与锚固钢梁外露部分通过焊缝连接,待其相对应的预制小箱梁完成架设后,采用焊枪消除钢挑梁与锚梁间的焊缝,将挑梁安装至后一个隐盖梁端部(重新焊接连接)——钢挑梁作为周转构件,除端部连接焊缝反复施工外,整体构件可循环使用,如所示。挑梁钢板厚度、结构尺寸及焊缝强度应满足结构设计要求,且应满足《钢结构设计规范》(GB50017-2017)相关规定。

[0049] 注1:挑梁设置在现浇隐盖梁端部中间区域,主要是为了使预制小箱梁起吊后具备一定的前后移动空间,便于现场操作、管理,避免预制小箱梁与钢挑梁间的距离很有限,导致架设阶段预制小箱梁与钢挑梁碰撞——钢挑梁的侧向刚度较小,存在严重的安全隐患。

[0050] 注2:隐盖梁以道路中心线(中支点)为界向两侧设置2%横坡,故预制小箱梁需要分别从两侧平移架设,无法从单侧完成安装。

[0051] 3) 在现浇隐盖梁横桥向端部,与挑梁对应位置,预埋1道焊接H型钢梁,作为架桥机端部挑梁的锚固构件(以下称“锚梁”)。钢梁位于隐盖梁横桥向预应力钢束中间(即不影响横桥向预应力钢束工作),且伸出隐盖梁第一次浇筑面以外100mm左右(为后续挑梁安装提供焊接作业面)——此时,隐盖梁端部还留有预应力钢束锚垫板,当预制小箱梁完全架设完毕后,浇筑封锚混凝土,将锚梁及预应力锚垫板封闭,如图6、图7所示。

[0052] 4) 锚固钢梁需为架桥机临时支承用的挑梁提供有效的约束锚固。其通过“钢-混凝土组合结构”形式与隐盖梁融为整体。其中,锚固钢梁的顶、底板仅在临近隐盖梁核心区侧设置剪力钉,腹板则采用间距300mm的PBL键,如图9、10所示。此外,为避免与隐盖梁纵向普通钢筋冲突,锚固钢梁布置在隐盖梁顶、底侧普通钢筋的内侧,且不影响截面箍筋的配置如图9所示。

[0053] 注1:截面高度越大,刚度越大,承载力越大,故锚固钢梁高度应尽可能大,但又不能破坏现浇隐盖梁的常规构造,也不能影响预应力体系的发挥。

[0054] 注2:作为钢-混凝土组合结构连接构件,PBL键的刚度远大于剪力钉,但考虑到顶、底板单侧混凝土厚度有限(仅纵向普通钢筋的混凝土保护层),无法为PBL键提供有效约束,故仅在单侧布置剪力钉。

[0055] 预制小箱梁临时支承体系设计

在预制小箱梁与现浇隐盖梁完成耦合前,需要设置小箱梁临时支承体系。考虑到现浇隐盖梁已具备足够的承载力与刚度,故采用以现浇隐盖梁作为基础的“吊装式支架”,以减少措施材料的投入。

[0056] 单个吊装式支架由上垫梁、下垫梁、吊杆及吊杆锚梁组成。其中,上垫梁采用双拼45a工字钢,下垫梁采用双拼HN600型钢,工字钢中心间距200mm(净间距50mm),以容纳单根

吊杆通过；吊杆采用 $\Phi 50$ 精轧螺纹钢，现浇隐盖梁内需预先埋设PVC孔道，供吊杆通过，吊杆两端通过锚梁与垫梁耦合（支承于上垫梁，承托下垫梁）。吊杆端部设置螺纹，其通过螺母与锚梁密贴（螺母可调整相对位置）。吊装式支架间距为单片预制小箱梁的从属宽度（单片小箱梁宽+与之相关的湿接缝宽度，通常不超过4m）；吊装式支架上设置双拼HN600型钢作为主支承梁，如图10-11所示。

[0057] 注：上垫梁以承担局部压力为主，所承担的弯矩很小，选用45a工字钢更多是利用梁高以增加扩散范围，减少现浇隐盖梁的局部应力；下垫梁为双悬臂构件，悬臂跨径较小，仅550mm，故双拼45a工字钢能承担该荷载作用。

[0058] 注：主支承梁直接承担预制小箱梁荷载，单片梁设计荷载不小于100吨（1000kN）。故在条件允许的情况下，应尽可能减少主支承梁的计算跨径，以减少主支承梁的规格——同时吊装式支架的间距不应过密，以削弱现浇隐盖梁的整体性，且增加现场工作量。因此，当以广泛流通的双拼HN600型钢为准时，吊装式支架的间距大约为1片预制小箱梁的从属宽度。

[0059] 现浇隐盖梁端部因设置密集的预应力钢束，同时端面至小箱梁边缘距离极小，不适合布置吊装式支架。故在现浇隐盖梁端部的下缘，设置“倒门字型”支架作为下垫梁的支承，倒门字形支架通过混凝土预埋件与现浇隐盖梁连接。

[0060] 下垫梁离开隐盖梁一定距离，保证在在支撑梁安装完成之后靠外侧小箱梁与支撑梁支架存在沙箱调节空间。施工期间应协调下垫梁位置和沙箱调整高度，将沙箱调整高度控制在250mm-500mm之间，确保小箱梁安装精度。

[0061] 临时抗倾覆体系（临时锚固体系）设计

现浇隐盖梁通过支座与立柱相连。支座仅提供竖向支承，但无法约束“脱空效应”，即现浇隐盖梁在不平衡荷载作用下，存在整体倾覆的风险，包括：1、架桥机端部起梁；2、预制小箱梁不平衡架设。因此，在现浇隐盖梁落架以后、架桥机拼装前，应设置“抗倾覆体系”。

[0062] 抗倾覆体系采用精轧螺纹钢（临时锚固用钢筋）连接立柱与隐盖梁的方式进行锚固，如图13所示。精轧螺纹钢在立柱施工期间完成预埋，其直径不应小于40mm，精轧螺纹钢数量及布置形式应满足结构预制小箱梁安装时所产生的最大倾覆荷载，待结构体系完成施工之后切除精轧螺纹钢。

[0063] 截面承载力校核界面承载力校核

以《中华人民共和国交通行业公路桥梁通用图：装配式预应力混凝土箱形连续梁桥上部构造》中最大跨径（40m）、最大荷载（公路—I级）的预制梁端部剪力为基准，校核隐盖梁结构体系的端部抗剪承载力。其中，单片预制梁所承担的端部峰值剪力设计值如表1所示。

项目		恒载 (kN)	恒+汽
[0064] 边梁反力	边支点	1066	1507
	中支点	2433	3122
中梁反力	边支点	1031	1448
	中支点	2361	3007

表1 40m跨径预制小箱梁端部峰值剪力设计值统计表

由表1可知,单片预制小箱梁端部峰值抗剪承载力设计值不低于3200kN。

[0065] 依据国内科研成果,结合江苏省地方标准《节段预制拼装混凝土桥梁设计与施工规范》(DB32/T 3564-2019),新旧混凝土接缝的抗剪承载力参照胶接缝式的键齿剪力键接缝抗剪承载力执行,如下所示:

$$\gamma_0 \cdot V_d \leq \alpha \cdot (0.42 + 0.08 \cdot \sigma_{pc,m}) \cdot A_w \cdot (f_{cu,k})^{2/3}$$

γ_0 :结构重要性系数,取1.1;

V_d :峰值剪力设计值;

α :胶接缝键齿抗剪承载力折减系数,取0.85;

$\sigma_{pc,m}$:使用阶段扣除预应力损失后的有效预加力在构件截面形心处产生的混凝土预压应力。预制小箱梁全截面面积为 2.663m^2 ,拼装截面合计配置4束15.2-3钢绞线,控制张拉应力1395MPa,有效预应力按75%计,截面的有效混凝土预压力为:

$$\sigma_{pc,m} = \frac{140\text{mm}^2 \times 3 \times 4 \times 1395\text{MPa} \times 0.75}{2.663\text{m}^2} = 0.66\text{MPa}$$

A_w :接缝截面面积,取非预制小箱梁预应力钢束锚固区以外面积的80%,为 1.526m^2 ;

$f_{cu,k}$:混凝土的立方体抗压强度标准值,隐盖梁采用C40混凝土,取40。

[0066] 因此,抗剪承载力设计值 V_d 为:

$$V_d = \frac{0.85 \times (0.42 + 0.08 \times 0.66\text{MPa}) \times 1.526\text{m}^2 \times (40\text{MPa})^{2/3}}{1.1} = 6521\text{kN}$$

满足规范要求。

[0067] 挑梁承载力及变形校核

挑梁的最不利工况是,架桥机吊装单片预制小箱梁。

[0068] 单片预制小箱梁按100吨计,单台架桥机重量按150吨计,总重量为250吨。分前后4个支腿,单个支点承担重量62.5吨。偏不利地将其中1个支点布置在悬臂端,架桥机横桥向间距约5.4m,即其中1个支腿支承于预制现浇隐盖梁上。因此,挑梁承担的峰值弯矩及剪力为:

$$M = F \cdot L = 3125\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$V = F = 625\text{kN}$$

挑梁梁端截面高1.8m,上、下翼缘宽500mm,厚20mm,腹板厚14mm,其截面参数为: $I = 2.22\text{E}10 \text{ mm}^4$; $W = 2.467\text{E}7 \text{ mm}^3$; $S = 1.432\text{E}7 \text{ mm}^3$,故挑梁根部峰值应力校核如下:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{3125\text{kN}\cdot\text{m}}{24670\text{cm}^3} = 126.68\text{MPa} < [\sigma] = 140\text{MPa}$$

$$\tau = \frac{V \cdot S}{I \cdot t_w} = \frac{625\text{kN} \cdot 14320.8\text{cm}^3}{2220307.2\text{cm}^4 \cdot 14\text{mm}} = 28.8\text{MPa} < [\tau] = 98\text{MPa}$$

挑梁构造满足规范要求。

[0069] 锚梁承载力校核

按挑梁根部弯矩仅由顶、底板承担,剪力均由腹板所承担。故顶、底板所承担的轴力为:

$$N = M/h = 1388.8\text{kN}$$

顶、底板的轴力由焊钉承担,单个焊钉的抗剪承载力为:

$$V_{su} = \min\{0.43 \cdot A_{su} \cdot \sqrt{E_c \cdot f_{cd}}, 0.7 \cdot A_{su} \cdot f_{su}\}$$

依据《电弧螺柱焊用圆柱头焊钉》(GB/T 10433),焊钉公称直径25mm,有效截面面积 A_{su} 为 490.87mm^2 , f_{su} 取360MPa,故焊钉自身抗剪承载力123.7kN;混凝土采用C50, $E_c = 3.45 \times 10^4\text{MPa}$, f_{cd} 取50MPa,故焊钉与混凝土耦合后的抗剪承载力为277.2kN。综上所述,单个焊钉的承载力 V_{su} 取123.7kN。

[0070] 锚梁顶、底板的焊钉按构造要求配置2排,每排8个,抗剪承载力合计1979.2kN,大于顶、底板所承受的轴力,满足规范要求。

[0071] 腹板剪力由PBL键承担,单个PBL键的抗剪承载力为:

$$V_{su} = 1.4 \cdot (d_p^2 - d_s^2) \cdot f_{cd} + 1.2 \cdot d_s^2 \cdot f_{sd}$$

腹板上单孔直径50mm,配置22mm的钢筋,混凝土采用C50, $E_c = 3.45 \times 10^4\text{MPa}$, f_{cd} 取50MPa,HRB400钢筋抗拉强度设计值为330MPa,单孔抗剪承载力332.8kN。

[0072] 腹板PBL键按构造要求配置3排,每排5个,抗剪承载力合计4992kN,大于腹板所承受的剪力,满足规范要求。

[0073] 预制小箱梁临时支承体系校核

(1) 主支承梁

主支承梁计算跨径按4.0m计(目前国内预制小箱梁出现的最大从属宽度),单片小箱梁重量按100吨计,其跨中弯矩为: $M = 0.25 \cdot F \cdot L = 1000\text{kN} \cdot \text{m}$;支点剪力为: $V = 0.5 \cdot F = 500\text{kN}$ 。选用双拼HN600型钢,抗弯模量 $W = 7706.4\text{cm}^3$,抗弯惯性矩 $I = 2.26\text{E}9 \text{mm}^4$,截面静矩 $S = 4.3\text{E}6 \text{mm}^3$,故主支承梁的应力校核如下:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{1000\text{kN}\cdot\text{m}}{7706.4\text{cm}^3} = 129.8\text{MPa} < [\sigma] = 140\text{MPa}$$

$$\tau = \frac{V \cdot S}{I \cdot t_w} = \frac{500\text{kN} \cdot 4300\text{cm}^3}{226000\text{cm}^4 \cdot 11.5\text{mm}} = 82.72\text{MPa} < [\tau] = 98\text{MPa}$$

满足规范要求。

[0074] (2) 下垫梁

下垫梁按悬臂梁校核,悬臂长度偏不利按0.75m计,考虑到单个吊杆需承担1片预制小箱梁的自重(两侧各50%的预制小箱梁重量),故下垫梁的设计弯矩为: $M = F \cdot L = 750\text{kN} \cdot \text{m}$;支点剪力为: $V = 0.5 \cdot F = 500\text{kN}$ 。选用双拼HN600型钢,抗弯模量 $W = 7706.4\text{cm}^3$,抗弯惯性矩 $I = 2.26\text{E}9 \text{mm}^4$,截面静矩 $S = 4.3\text{E}6 \text{mm}^3$,故主支承梁的应力校核如下:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{750\text{kN}\cdot\text{m}}{7706.4\text{cm}^3} = 97.32\text{MPa} < [\sigma] = 140\text{MPa}$$

$$\tau = \frac{V \cdot S}{I \cdot t_w} = \frac{500\text{kN} \cdot 4300\text{cm}^3}{226000\text{cm}^4 \cdot 11.5\text{mm}} = 82.72\text{MPa} < [\tau] = 98\text{MPa}$$

满足规范要求。

[0075] (3) 上垫梁

上垫梁以承担局部应力为主。垫梁采用[10, 宽度48mm, 扩散角按45°考虑, 其支承于混凝土面的长度为948mm。单片45a工字钢宽150mm, 两片合计宽度300mm, 单点支承反力1000kN, 故混凝土支承面的局部承压应力为3.516MPa, 低于混凝土抗压强度, 满足规范要求。

[0076] 注: 隐盖梁顶缘混凝土还承担横桥向正应力作用, 故大范围的局部承压应力应控制在4MPa以内。

[0077] (4) 吊杆

单根吊杆的设计拉力为1000kN, 需采用Φ50、抗拉强度标准值 f_{pk} 为930MPa的精轧螺纹, 其材料分项系数 γ 取1.2, 故抗拉强度设计值按775MPa计, 抗拉承载力设计值为1521kN, 满足单根吊装要求。

[0078] 实施方法

基于这种先隐盖梁现浇后架设小箱梁的新型结构体系, 其施工的重点在于现浇隐盖梁的预埋构造的精准施工, 如图1所示, 包括梁端临时提梁区域预埋构造、隐盖梁梁身小箱梁临时支承构造预埋、隐盖梁梁侧连续齿块施工、隐盖梁与小箱梁耦合钢束孔位预埋等, 其次为预制小箱梁架设梁端特殊构造的施工, 主要施工步骤及控制要点如下叙述。

[0079] 步骤一: 现浇隐盖梁承重支模架体系设计及搭设

现浇隐盖梁支模架体系的设计应全面考虑施工现场地质条件、周边环境及当地政策等多方面因素进行选择, 当施工场地足够且地基承载力较高($f_{ak} \geq 100\text{kPa}$)时, 可采用满堂支架法作业或“多支墩+贝雷桁架”支承体系; 当施工场地不足或地基承载力较差时, 可采用“少支墩+钢制支承梁”方案, 支墩位于承台处, 支承梁可采用桁架式结构或实腹式结构——当施工企业具备类似周转材料时, 该方案在经济效益与工期安排方面具有显著的竞争优势。

[0080] 注1: 支模架结构设计阶段应充分考虑材料入场时间及周转效率, 保障施工流畅性。

[0081] 步骤二: 隐盖梁底(端)模铺设

现浇隐盖梁的底模铺设属于常规施工内容, 在其底(端)模铺设时应考虑以下几点:

1) 承重支模架设计阶段需针对每一个现浇隐盖梁进行制图排布, 避开隐盖梁梁体底部预留孔位位置, 如小箱梁临时支承吊杆孔、梁端倒门形支撑预埋钢板位置等, 特别是采用满堂支架结构形式时需对立杆位置进行整体规划;

2) 按照设计图纸要求安装支座, 立柱上方底模需预留出支座及锚固钢筋位置;

3) 立柱周边底模应与立柱贴合紧密, 避免混凝土浇筑时水泥浆从接缝位置渗漏影响结果外观;

4) 隐盖梁端部采用二次浇筑工艺, 首次浇筑时隐盖梁端部存在预埋钢梁(作为小

箱梁架设临时提梁区),且钢梁超出首次浇筑梁端,因此端模设计时需预留“H”孔位;

5) 隐盖梁端部需根据预应力端部锚槽位置预留锚具安装位置。

[0082] 注1:根据临时抗倾覆设计要求,立柱施工时安装要求预埋锚固钢筋;

注2:端模安装有两个主要作用,一是确定波纹管平面位置、二是限制隐盖梁主筋钢筋骨架的长度。

[0083] 步骤三:钢结构材料采购及加工

隐盖梁承载支模架搭设之前应完成所需钢结构的加工工作,包括挑梁、预埋钢梁、倒门形支承梁、上下垫梁、吊杆及吊杆锚梁、主支承横梁等,其中需要进行精密加工的钢构件为挑梁及预埋钢梁(锚固钢梁)。

[0084] 预埋钢梁加工

预埋钢梁,即为所述的锚固钢梁,由三块钢板焊接加工形成“H”型钢梁,且钢梁顶底板设置剪力钉,梁腹板位置开孔设置PBL连接键,预埋钢梁加工时应按照以下步骤进行:

①、首选完成腹板钢板开孔,孔位大小、位置均需按照设计图纸要求进行施工;

②、顶底板与腹板焊接,焊接时应控制电流大小,避免热量过大造成钢板变形严重,且在焊接过程中需进行及时校型确保焊接完成后钢梁截面尺寸符合设计要求;

③、剪力钉焊接,剪力钉焊接过程应临时固定钢板且剪力钉焊接顺序需均匀分布,避免剪力钉焊接完成时造成预埋钢梁变形。

[0085] 注1:腹板钢板需进行坡口处理,焊接时焊缝尺寸需达到设计要求,焊接完成之后需进行100%超声检测。

[0086] 挑梁加工

挑梁结构为变高度的“H”型截面,挑梁根部截面尺寸与预埋钢梁相同,挑梁腹板位置按照一定间距设置加劲肋,挑梁加工顺序为:

①、首先按照结构尺寸进行下料,特别是不同高度加劲肋的下料精度;

②、挑梁焊接时首先完成顶板与变截面腹板之间的焊接;

③、然后按照加劲肋位置及高度逐一焊接,焊接完成之后反复检查加劲肋长度,若出现参差不齐时需进行局部打磨处理;

④、最后焊接底板钢板,底板钢板焊接时需密切关注挑梁根部截面尺寸,需对应预埋钢梁完成后实测截面尺寸进行微调,确保后期挑梁与预埋钢梁之间使用焊接质量;

⑤、挑梁焊接质量要求及检测要求与预埋钢梁相同。

[0087] 倒门形支承梁加工

倒门形支承主要由两个部分组成,一个是预埋部分(钢板+锚固钢筋)、二是支承槽钢,预埋部分提前加工,锚固钢筋按照设计图纸要求与预埋钢板进行焊接,焊接质量满足规范及设计要求。

[0088] 其他钢材加工

其余钢结构,上下垫梁、吊杆及吊杆锚梁、主支承横梁均为成品构件,采购完成之后按照设计尺寸进行切割组装。

[0089] 步骤四:隐盖梁钢筋绑扎及预埋件安装

底模铺设完成之后进行隐盖梁的钢筋绑扎施工及预埋构件的安装,其具体施工步骤如下:

- ①、地面完成隐盖梁钢筋骨架片焊接,并按照从外向内顺序安装到位;
- ②、预埋钢梁位置隐盖梁骨架片在端部截断,骨架钢筋自身不封闭,且元宝筋需避让预埋钢梁位置;
- ③、安装设计图纸位置安装预埋钢梁,预埋钢梁外漏部分应与隐盖梁端部保持同一平面,预埋钢梁底部需设置马蹄凳进行支撑;
- ④、安装隐盖梁箍筋,隐盖梁箍筋为大型闭口箍,实际施工时可根据施工情况按照《公路桥涵施工技术规范》的相关要求对箍筋进行分割,单必须按照规范要求封闭,同时箍筋平面位置需避让小箱梁体外束预留孔道位置;
- ⑤、隐盖梁骨架套入后调整预埋钢梁空间位置,确保预埋钢梁位置准备,然后将隐盖梁总向主筋与预埋钢梁顶底板进行焊接固定(隐盖梁纵向骨架钢筋在该位置不封闭),焊接长度需满足规范要求;
- ⑥、完成倒门形支承梁预埋部分安装,其锚固钢筋需与梁体钢筋焊接;
- ⑦、箍筋绑扎完成之后,完成隐盖梁表面横向分布钢筋及隐盖梁锚槽口分布钢筋施工。

[0090] 注1:隐盖梁纵向主筋骨架片吊装时处于零散状态,因此骨架片的临时支撑尤为重要,必须做到每个骨架均由稳定支撑,支撑材料可由主筋废料加工;

注2:隐盖梁骨架片焊接与安装时需避让隐盖梁波纹管位置,且元宝筋需避让隐盖梁与小箱梁耦合钢束预留孔位;

注3:锚槽口分布钢筋施工时应留足混凝土浇筑空间。

[0091] 步骤五:隐盖梁预应力波纹管埋设

隐盖梁预应力波纹管根据设计图纸要求进行布置,与常规预制小箱梁的盖梁工艺一致,波纹管施工时需注意避让吊杆孔及耦合钢束孔位。

[0092] 注1:若隐盖梁为简支结构,应在此时预埋小箱梁与隐盖梁耦合P锚结构。

[0093] 步骤六:隐盖梁侧模支护

隐盖梁侧面设置连续齿块构造,因此隐盖梁侧模需采用工厂模块化定型钢模,建议单块钢模长度控制在3.25米左右(与小箱梁间距相同),特殊模块钢模需特制。

[0094] 同时钢膜应根据隐盖梁与小箱梁耦合钢束位置进行开孔,一方面作为预留孔道,另一方面可作为侧模对拉螺栓固定孔位。

[0095] 注1:隐盖梁设计时应尽量保持结构尺寸一致,若隐盖梁长度不同时应保证梁端高度及横坡一致;

注2:侧模安装调试时需保证齿块槽位的连续性,避免出现错位。

[0096] 步骤七:隐盖梁混凝土浇筑

隐盖梁区域混凝土施工工艺与常规盖梁一致,此外需特别注意隐盖梁锚槽口位置和隐盖梁侧面齿块混凝土的振捣效果。

[0097] 注1:必要时隐盖梁侧面可安装附着式振动器。

[0098] 步骤八:隐盖梁预应力第一批钢束张拉

注1:该部分钢束主要用于抵抗“预制小箱梁自重+隐盖梁自重”产生的弯矩作用。

[0099] 步骤九:隐盖梁临时支承体系落架

隐盖梁现浇结构完成施工后拆除隐盖梁临时支承体系;隐盖梁临时支承体系可进

行周转使用。

[0100] 步骤十:小箱梁预制

基于先隐盖梁现浇后架设小箱梁的新型结构体系的小箱梁结构,其关键施工控制要点为梁端实心区段的施工,小箱梁的整体预制步骤及控制要点如下:

1)小箱梁常规段

预制小箱梁常规段基本采用常规工艺制造,包括台座准备、钢筋绑扎(顶、底、腹板一起绑扎)并安装预应力波纹管、内、外模板安装、混凝土浇筑、脱模并实施混凝土养护、预应力钢束张拉。

[0101] 该阶段需注意以下几点:

①、根据小箱梁长度设置台座模板,考虑将底模钢板设计成多节段拼装结构,可随小箱梁长度变化进行调整,小箱梁预制施工前需对台座底模进行处理,确保小箱梁底部外观质量;

②、预制小箱梁顶板需开设预留作业人孔用于小箱梁实心段施工及后期耦合钢束施工预留作业空间;

③、小箱梁常规段顶底板纵向主筋应外漏一定长度(与梁端现浇段长度一致);

④、常规段小箱梁端模可采用木模进行施工;

⑤、常规段小箱梁波纹管需长度端部20cm以上,确保后期实心段小箱梁施工时波纹管的连接质量。

[0102] 2)小箱梁端部实心现浇段施工

小箱梁常规段完成之后进行梁端实心现浇段施工,梁端现浇段施工阶段应注意以下几点:

与常规小箱梁张拉工艺相同。

[0103] ①、小箱梁常规段施工完成之后对接触面进行凿毛处理,增强常规段小箱梁与实心段小箱梁的粘结性能;

②、现浇段钢筋应与常规段外漏主筋形成整体,即现浇段钢筋焊接形成一个完整的多层钢筋网,并与常规段外漏主筋进行焊接,形成一个整体,保证现浇段梁体强度;

③、实心段内膜应采用木模,便于模板拆除后从人孔运出;

④、实心段波纹管与常规段预留部分进行有效连接;

⑤、实心段端部为锯齿状张拉槽口构造,混凝土浇筑时需保证该位置混凝土浇筑质量;

⑥、实心段施工时需考虑小箱梁架设时的纵坡影响,应在端部进行角度调整,确保接触面竖直;

⑦、安装调整后空间位置预埋耦合钢束孔位;

⑧、小箱梁齿块部分钢筋需预留。

[0104] 3)小箱梁张拉施工

4)梁端封锚及阳齿构造施工

①、将小箱梁一段垫高,进行纵坡角度调整,确保端部处于竖直平面(实心段施工时进行端部角度修正,此时端部为倾斜面);

②、小箱梁端部模板按照隐盖梁侧模尺寸进行工厂定制,定制完成后的模板与已

施工完成的隐盖梁进行比对,确保小箱梁端部齿块与隐盖梁侧面齿块吻合;

③、端部模按照耦合钢束空间位置进行开孔,模板安装时可利用预留孔位进行加固;

④、小箱梁端部封锚区域厚底较小,且存在齿块,因此该区域混凝土浇筑质量要求极高,混凝土浇筑时需注意混凝土振捣质量。

[0105] 步骤十一:小箱梁架设

小箱梁架设在隐盖梁完成一定规模之后采用架桥机进行连续架设,施工步骤如下:

临时提梁区安装

临时提梁区采用钢结构挑梁构造,隐盖梁施工时已完成预埋钢梁的预埋施工,挑梁与预埋钢梁外漏部分进行焊接,焊接质量需满足设计要求,并通过100%超声检测后方可使用。

[0106] 小箱梁临时支承结构安装

①、完成吊杆区域上、下垫梁安装,下垫梁加上主支承横梁高度离开梁底一定距离(确保沙箱调整高度为250mm-500mm);

注1:必须保证下垫梁处于同一高度,避免部分吊杆承受集中荷载。

[0107] ②、完成梁端倒门形支承梁的二次加工,槽钢与预埋部分钢板焊接质量应达到设计要求;

③、完成主支承横梁安装,并进行临时固定(点焊)。

[0108] 架桥机安装

按照施工方案及相关法律法规要求进行架桥机安装工作。

[0109] 小箱梁架设

小箱梁架设之前完成提梁区、临时支撑体系安装,同时布置完成沙箱构造。小箱梁架设采用架桥机进行架设,首先利用挑梁结构作为提梁区,然后将小箱梁阳齿(梁端贯通凸齿条)横向对准隐盖梁阴齿(隐盖梁侧面位置的盖梁齿槽),最后架桥机沿隐盖梁阴齿线型将小箱梁横移至指定位置搁置于设置上方,即采用了侧移安装方案。

[0110] 小箱梁安装顺序按照先内后外、对称安装的原则进行。

[0111] 步骤十二:小箱梁与隐盖梁耦合钢束张拉及人孔封闭

小箱梁完成架设之后利用小箱梁人孔完成耦合钢束穿插及张拉工作,实现小箱梁与隐盖梁之间的耦合连接。

[0112] 张拉完成之后将小箱梁预留人孔进行封闭。

[0113] 步骤十三:小箱梁架设临时支承结构拆除

完成耦合钢束张拉施工,拆除小箱梁架设临时支承结构拆除,进行转运,同时封闭吊杆孔。

[0114] 步骤十四:隐盖梁预应力第2批钢束张拉及封锚

箱梁架设临时支承结构拆除工作完成之后可进行隐盖梁预应力第2批钢束张拉,并完成量端20cm封锚区域施工,将锚槽口及预埋钢梁包裹。

[0115] 注1:该部分钢束主要用于抵抗“二期恒载(桥面铺装、防撞栏杆等)与汽车活载”产生的弯矩作用。

- [0116] 步骤十五：小箱梁负弯矩钢束张拉
小箱梁负弯矩区钢束张拉与常规预制小箱梁工艺一致。

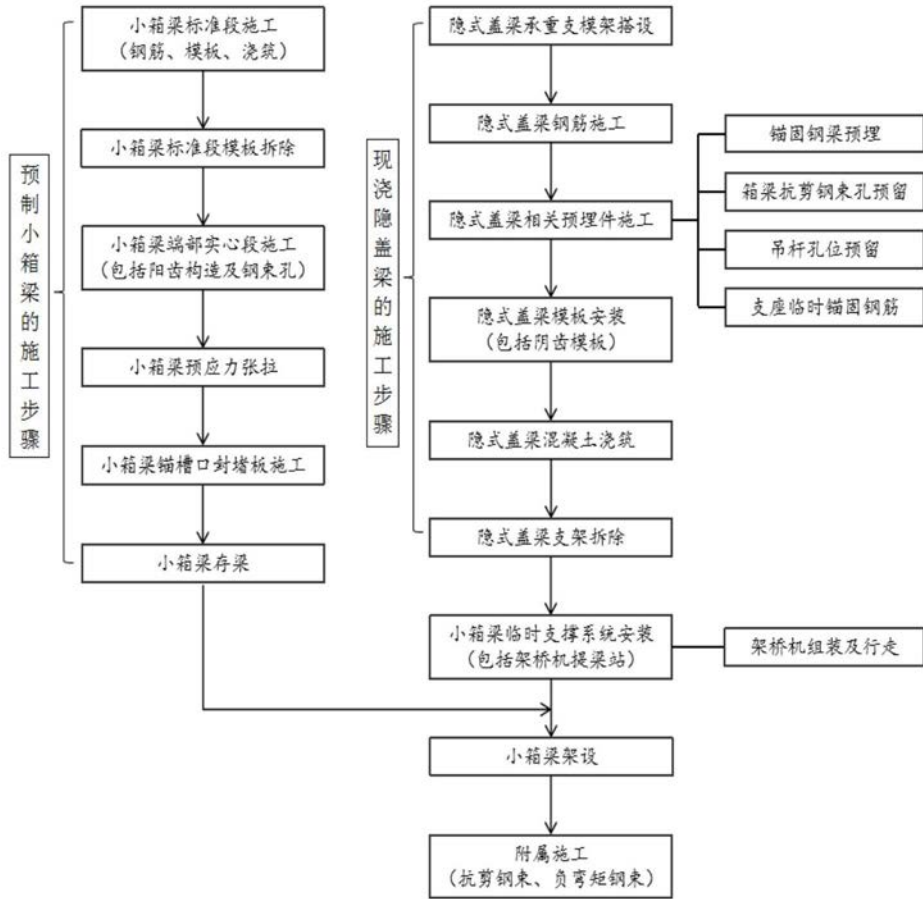


图1

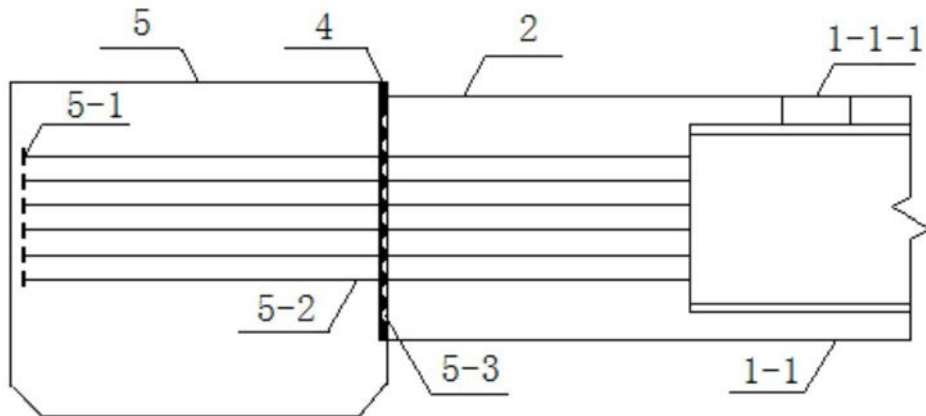


图2

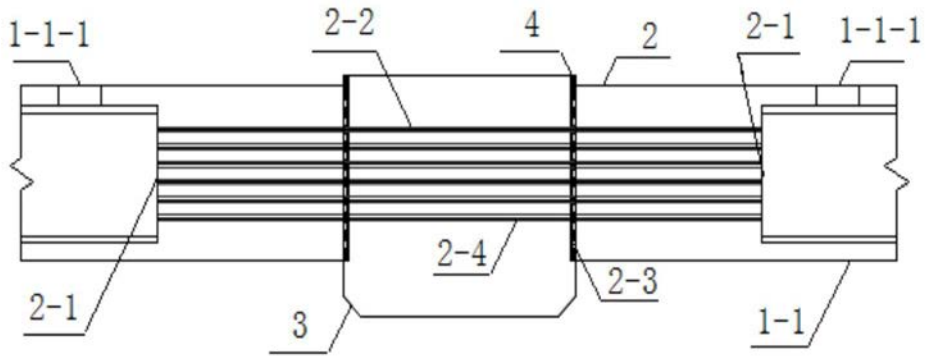


图3

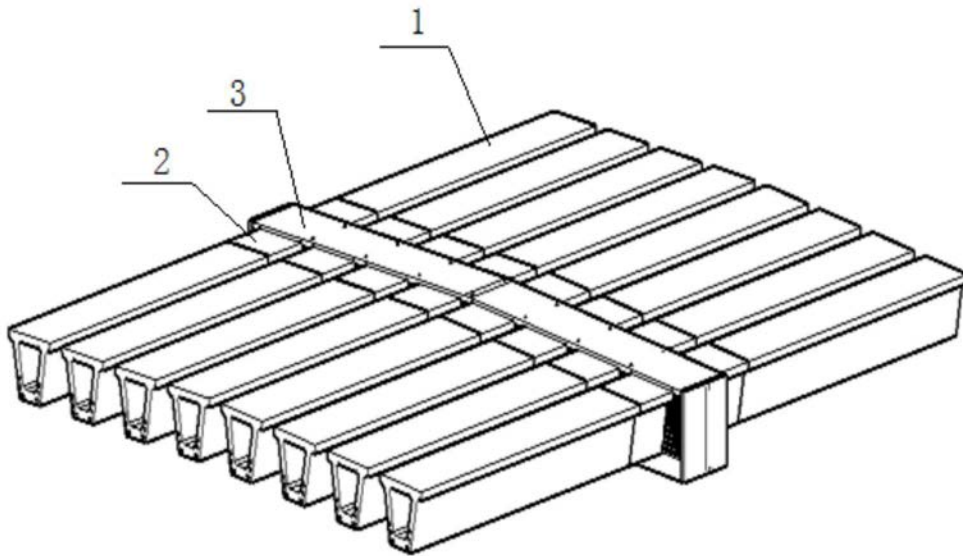


图4

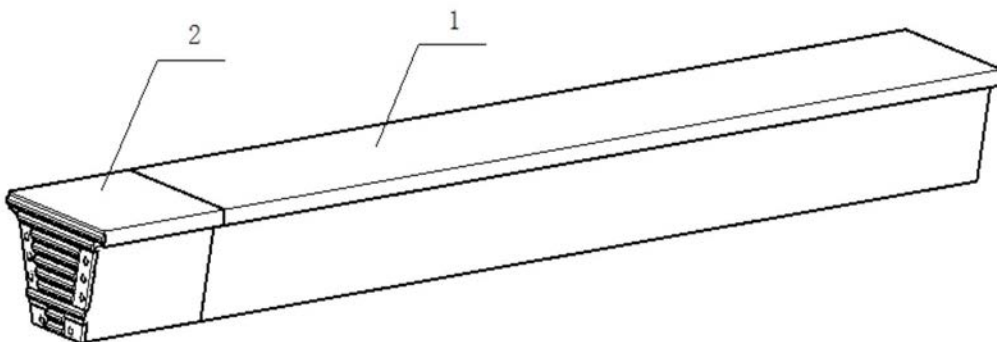


图5

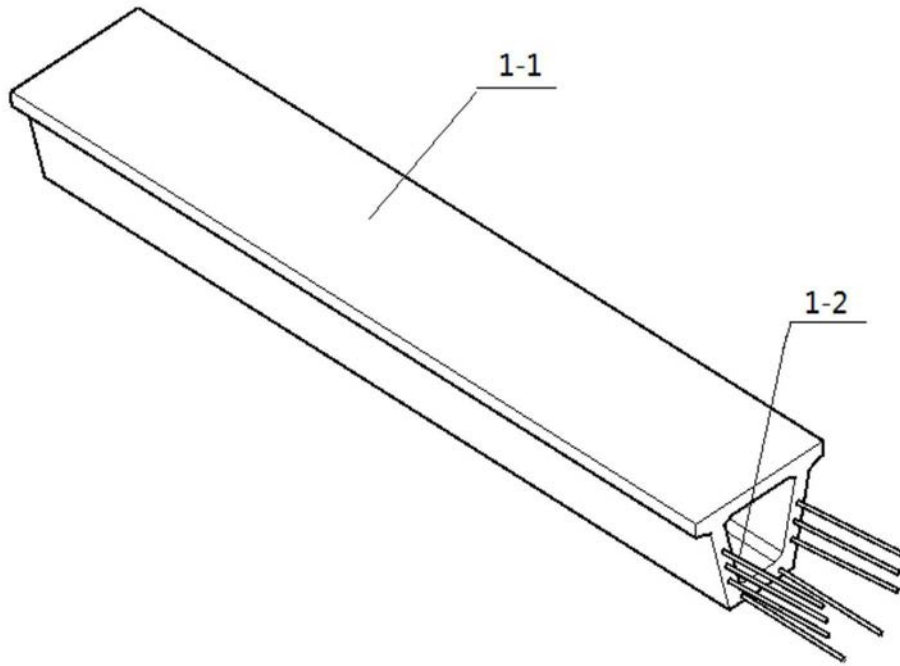


图6

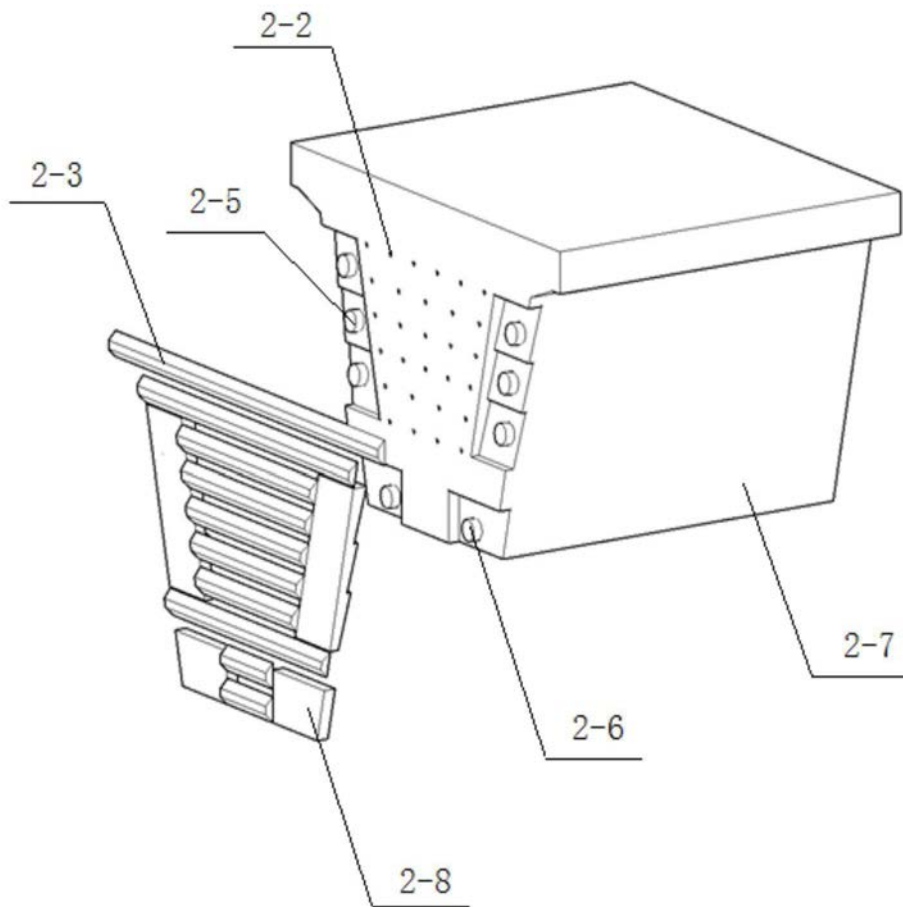


图7

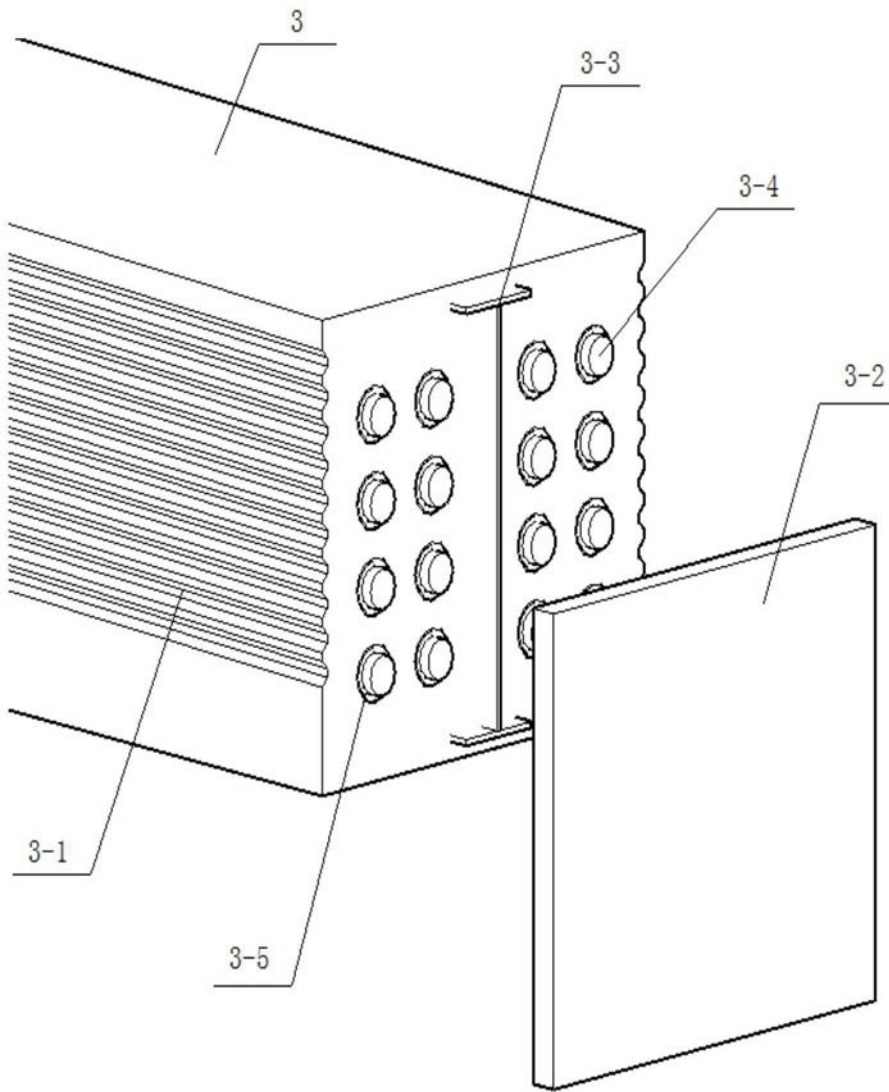


图8

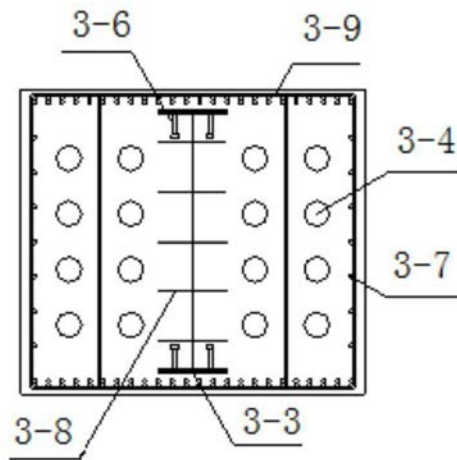


图9

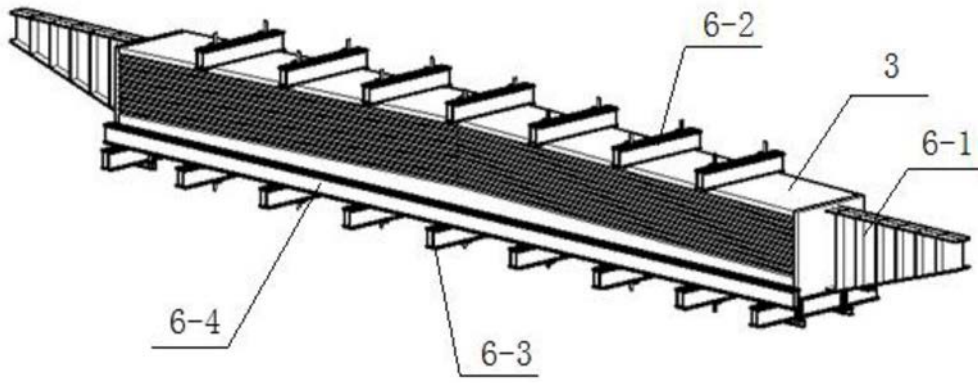


图10

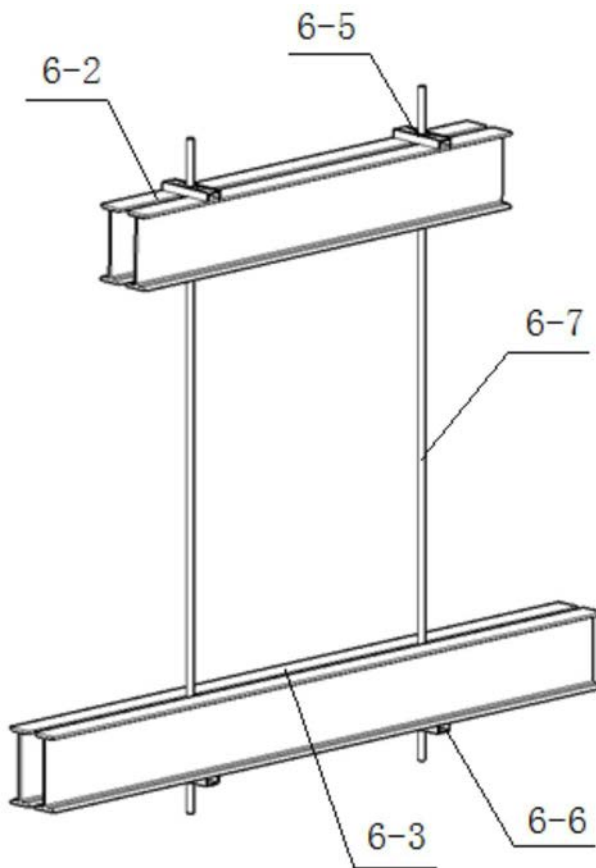


图11

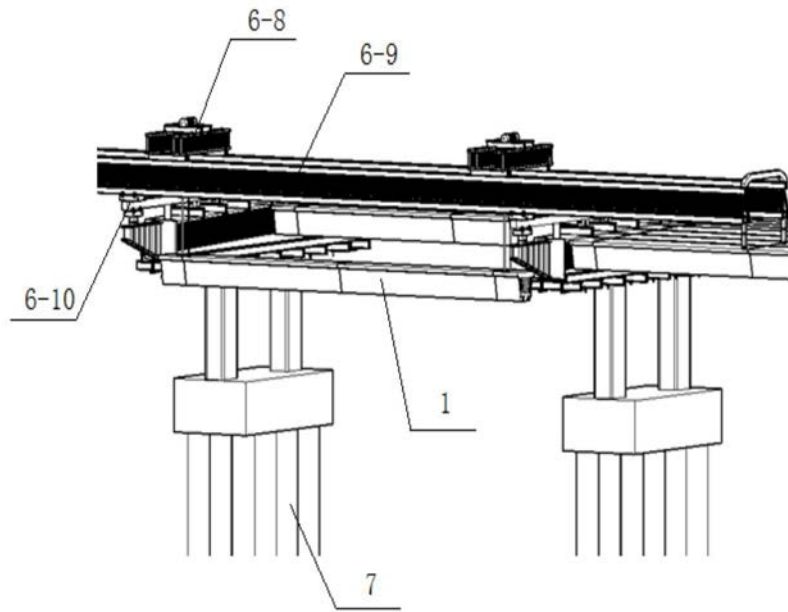


图12

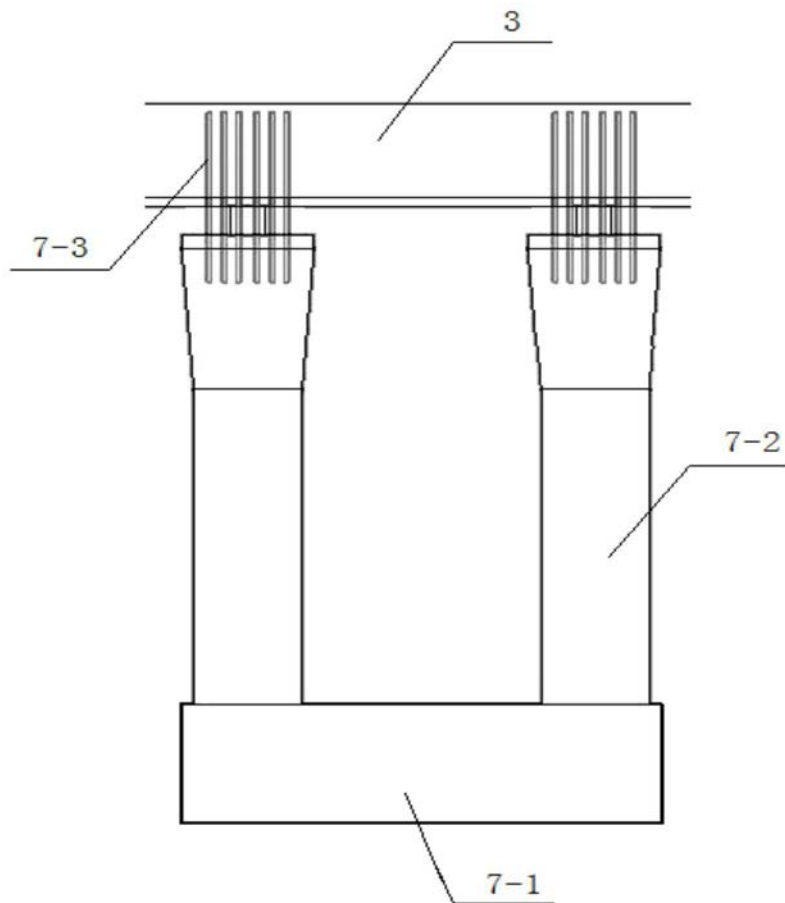


图13