

菱形挂篮在大跨度悬浇变截面连续箱梁施工中的应用

The Application of Rhombus Hanging Basket in Construction of Large-Span Continuous Cast-in-Place Continuous Box Girder

刘保生

Baosheng Liu

中铁十五局集团第二工程有限公司
中国·上海 201713
China Railway 15th Bureau Group Second
Engineering Co., Ltd.,
Shanghai, 201713, China

【摘要】论文对菱形挂篮在大跨度悬浇变截面连续箱梁施工中的优势进行了分析,以跨秦淮新河高架桥悬浇变截面连续箱梁挂篮施工为实例,对菱形挂篮施工进行了详细阐述。

【Abstract】This article analyzes the advantages of diamond-shaped hanging baskets in the construction of large-span continuous cast-in-situ continuous box girder. Taking the suspension-casting and variable-section continuous box girder suspension in the Qinhuai Xinhe Viaduct as an example, paper elaborates the diamond-shaped hanging basket construction.

【关键词】悬浇;连续梁;菱形挂篮

【Keywords】overhang; continuous beam; diamond-shaped hanging basket

【DOI】10.36012/etr.v2i2.1085

1 工程概况

跨秦淮新河高架桥上部采用 85m+130m+85m 三跨悬浇变截面预应力混凝土连续箱梁结构,箱梁截面为双箱分离直腹板断面,上部结构左右幅均为单箱室,单箱顶板宽 12.99m,底板宽 7.0m,外侧顶板悬臂长度 3.0m,内侧顶板悬臂长度为 2.99m。中支点高度 8.0m,跨中、边支点处梁高 3.2m,梁底曲线采用 1.8 次抛物线过渡。下部结构采用圆端形实心墩,长 7.8m,宽 4m;主墩承台为矩形,厚 3.5m,平面尺寸为 11m×7m;基础采用 6 根 $\phi 1.8\text{m}$ 的钻孔灌注桩。

连续梁共分 2 个墩顶 0# 块,17 个悬浇节段,2 个边跨合龙段和 1 个中跨合龙段进行施工,悬浇节段采用挂篮施工。悬浇节段为 (7×3.0m+5×3.5m+5×4m),箱梁墩顶现浇块(即 0# 块)总长 11m,中跨及边跨合龙段长度均为 2m,边跨现浇段长度为 19m。

2 挂篮选型

针对本项目连续梁截面高,节段荷载大的特点,因平行桁架式挂篮自重较大,承载能力有限,变形比较大;弦式挂篮杆件多,受力不好计算,操作复杂,施工操作空间有限;三角式挂篮在节段荷载过大时存在压弯失稳;菱形挂篮结构稳定,受力明确,刚度大,变形小,作业空间大,操作方便。通过以上对比,选择菱形挂篮满足本项目承载力要求,便于施工,走行平稳,

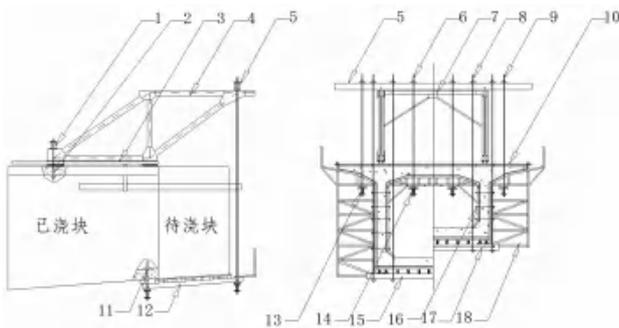
劳动强度低,安全性高,同时采用同一型钢组合截面,加工制作,降低成本,因跨航道施工,方便在菱形挂篮底部设防护兜底,顶部设防雨、防晒装置,保证连续施工,确保工期。

3 菱形挂篮设计与制作安装

根据最重梁段 1# 节段进行挂篮设计,其悬灌长度为 3m,混凝土方量是 69.44m³,重量为 184.2t,根据梁段的施工节段长度(3m、3.5m、4m),以及 0# 段的长度 11m,拟定出挂篮的主要结构尺寸,主构架的前端长度是 5m,后端中心长度是 4.8m,底模前后横梁纵向中心水平距离是 5m,高 3.5m。底模的宽度、吊带及吊杆的位置,根据梁段横向尺寸及预应力设置情况来确定。

本项目共加工 4 套挂篮,挂篮桁架及模板均在工厂内加工制作,结构设计轻便合理,挂篮及施工机具重量满足设计要求。厂家提供以下资料:原材料质保书、焊缝检测报告、挂篮图纸(包括总装图及构配件图)、连续梁预留孔位图、配置表、安装使用说明书等。菱形挂篮结构示意图如图 1 所示。

挂篮安装:挂篮结构构件利用汽车吊吊至已浇梁段顶面,在已浇好的 0# 梁段顶面拼装。安装流程:测量放线→铺设轨枕→后吊挂滚轮组穿套在轨道上→轨道锚固→安装后吊挂组件和前滑座→安装主桁架系统→安装挂篮前上横梁→安装导梁及底篮→安装后锚扁担梁→安装外模和外导梁→安装底篮系统。



1—后锚梁;2—后锚杆;3—桁架行走轨;4—主桁架;
5—前吊梁;6—内模吊杆;7—主桁平联;8—底模吊杆;
9—外模吊杆;10—顶对拉杆;11—底模后锚杆;
12—底模纵梁;13—外模滑道;14—内模滑道;
15—底模滑道;16—腹板对拉杆;17—底对拉杆;18—外侧模

图1 菱形挂篮结构示意图

4 整体稳定性的验算

主桁架是挂篮的主要受力构件,主桁架的稳定性直接决定挂篮整体稳定性,这里就对主桁架进行验算。主桁架为菱形结构,各杆件之间是钢销连接。杆件采用双30b槽钢,并在槽内补焊16mm钢板。

①截面特性为: $I_x=13862\text{cm}^4$, $I_y=8394.8\text{cm}^4$, $A=161.4\text{cm}^2$, $W_x=924.1\text{cm}^3$ 。

②荷载:前上横梁支反力653.5kN,前支点反力1334.2kN,后锚点锚固力680.7kN。

③后斜杆拉力最大, $N_{拉}=1193.5\text{kN}$, $L=5.83\text{m}$,后斜杆的强度计算: $\sigma=\frac{N}{A}=\frac{1193500}{161.4\times 10^{-4}}=73.9\text{MPa}<140\text{MPa}$;回转半径

$$i_x=\sqrt{\frac{I_x}{A}}=\sqrt{\frac{13862}{161.4}}=9.27\text{cm};i_y=\sqrt{\frac{I_y}{A}}=\sqrt{\frac{8394.8}{161.4}}=7.21\text{cm};$$

刚度计算: $\lambda_x=L/\gamma_x=583/9.27=62.89$; $\lambda_y=L/\gamma_y=583/7.21=80.86$ 。

$\lambda_{\max}=\lambda_y=80.86<[\lambda]=100$ 。满足要求。

④前压杆压力最大, $N_{压}=1178.2\text{kN}$, $L=6.01\text{m}$,刚度计算: $\lambda_x=L/\gamma_x=601/9.27=64.8$; $\lambda_y=L/\gamma_y=601/7.21=83.4$ 。 $\lambda_{\max}=\lambda_y=83.4<[\lambda]=100$ 。满足要求。

控制长细比 $\lambda_y=83.4$,查表 $\phi=0.665$ 。

压杆的稳定验算: $\sigma=\frac{N}{\phi A}=\frac{1178.2\times 10^3}{0.665\times 161.4\times 10^{-4}}=109.8\text{MPa}<140\text{MPa}$;满足要求。

⑤浇筑工况整体倾覆稳定性验算。作用在单片主桁架上的倾覆力矩 $M_{倾}=653.5\times 5\text{m}=3267.5\text{kN}\cdot\text{m}$ 。

在浇筑况下,悬浇挂篮施工时抗倾覆力矩为6根 $\phi 32\text{mm}$

精轧螺纹钢PSB830(设计容许抗拉强度500MPa),即作用在单片主桁架上的抗倾覆力矩:

$$M_{抗}=500\times 10^6\times 3.14\times 0.016^2\times 6\times 4.8=11575\text{kN}\cdot\text{m}。$$

安全系数 $K=M_{抗}/M_{倾}=11575/3267.5=3.5$ 。满足要求。

⑥走行工况整体倾覆稳定性验算

在走行工况下,挂篮走行时的倾覆力矩为挂篮自重及施工作业平台自重(侧模81.2kN,底模36.5kN,内模47.2kN),即作用在单片主桁架上的倾覆力矩:

$$M_{倾}=(81.2+36.5+47.2)\times 1.4\times 5=1154.3\text{kN}\cdot\text{m}。$$

在走行况下,抗倾覆力矩由挂篮后钩板承担,后钩板通过垫梁与挂篮主桁连接,后钩板钩在走道梁槽钢翼缘上,走道梁与主体竖向预应力钢筋连接,计算时取2根 $\phi 32\text{mm}$ 精轧螺纹钢。按粗钢筋控制时的抗倾覆力矩: $M_{抗}=500\times 10^6\times 3.14\times 0.016^2\times 2\times 4.8=3858.4\text{kN}\cdot\text{m}。$

安全系数 $K=M_{抗}/M_{倾}=3858.4/1154.3=3.3$ 。满足要求。

5 挂篮预压

挂篮在桥位组装后进行整体预压,以消除非弹性变形,测试弹性变形量。为便于吊装和运输,采用工地现场生产的预制块进行加载预压。预压重量为最大节段1#块理论重量的1.2倍。加载方式为墩两侧一组挂篮对称加载,加载顺序为从挂篮内侧向外侧依次进行,预压荷载按挂篮所承受最大施工荷载的30%、60%、100%、120%进行。加载过程中安排专人对挂篮及模板进行测点高程及沉降观测,如有异常立即暂停,避免出现安全事故。卸载时间以挂篮变形稳定为原则确定,按加载等级逐级卸载,卸载过程中同样做好对挂篮及模板的测点高程及沉降观测。

6 挂篮悬臂段施工

挂篮悬臂施工从1#段开始,对称拼装好挂篮后进行悬臂浇筑施工。其施工步骤为:在挂篮上绑扎底板及腹板钢筋→安装预应力管道→将0#梁段内的内模拖出→根据调整内模标高→绑扎顶板钢筋→安放预应力管道→安装模板→对称浇筑1#梁段混凝土→养护→预应力张拉→压浆→挂篮前移至下一节段就位^[1]。

7 挂篮前移

箱梁首节段浇筑完毕,预应力钢筋和钢束张拉结束后,按以下流程进行脱模和前移挂篮。测量放线→已浇梁段相应位置铺设轨道垫梁→解除轨道锚固→拆除内、外模对拉螺杆→收折内模侧板→整体放下吊杆→千斤顶顶起主桁前支座→轨

(下转第36页)

2.4 泵站布置

斜井段总扬程为 320m, 选用抽水设备扬程为 170m, 设置两座固定泵站可满足施工需求, 隧道 $\phi 130\text{mm}$ 高压通风管作为突涌水备用管路。1# 泵站每小时计算排水总流量为 795m^3 , 管路计算直径为 283mm, 设置在斜井进洞 1.1km 处, 并联布置两组抽水机组, 总装机流量为 $930\text{m}^3/\text{h}$ 。2# 泵站每小时计算排水总流量为 601m^3 , 管路计算直径为 247mm, 设置在斜井与正洞交叉平直段, 并联布置两组抽水机组, 总装机流量为 $740\text{m}^3/\text{h}$ 。集水仓尺寸按 15min 涌水量设计, 并考虑施工和清淤方便综合确定, 水仓内设置水位警戒线触发抽水设备, 实现整个排水体系自动运行。

3 阶段抽水耗能测算

第一阶段: 斜井进洞 450m, 最大渗水量 $79\text{m}^3/\text{h}$, 不设泵站, 采用潜水泵抽水即可, 掘进工期 150d, 本段总电耗 $19.5\text{kW}\times 20\text{h}\times 150\text{d}=58500\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

第二阶段: 斜井进洞 1100m, 最大渗水量 $160\text{m}^3/\text{h}$, 1# 泵站建设完毕启动 1-1 机组水泵 1 台, 掘进工期 210d, 本段总电耗 $0.75\times 132\text{kW}\times 20\text{h}\times 210\text{d}=415800\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

第三阶段: 斜井掘进至主洞 (2270m), 最大渗水量 $330\text{m}^3/\text{h}$,

1# 泵站 1-1 机组全功率启用, 2# 泵站建设完毕启用 2-1 机组水泵 1 台, 掘进工期 390d。

本段总电耗 $298\text{kW}\times 20\text{h}\times 390\text{d}=2324400\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

第四阶段: 主洞掘进 1400m, 1# 泵站计算排水量 $535\text{m}^3/\text{h}$, 1-1 机组全功率启用+1-2 机组水泵 1 台; 2# 泵站计算排水量 $370\text{m}^3/\text{h}$, 2-1 机组全功率启用, 掘进工期 460d。

本段总电耗 $596\text{kW}\times 20\text{h}\times 460\text{d}=5483200\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

第五阶段: 至主洞掘进结束, 为 1#、2# 泵站全功率启用阶段, 掘进距离 689m, 掘进工期 230d。

本段总电耗 $1192\text{kW}\times 20\text{h}\times 230\text{d}=5483200\text{kW}\cdot\text{h}$

2# 斜井总掘进工期 48 个月, 排水总电耗 $13765100\text{kW}\cdot\text{h}$, 平均每天电耗 $9560\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

4 结论

本文从设备选型到数量确定做了详细介绍, 对整个排水系统的耗能进行了提前预算, 有助于隧道洞口布置、临电设计及成本测算。

参考文献

[1] 崔庆毕. 排水系统中水泵扬程的分析计算[J]. 选煤技术, 2016 (4): 11-12.

(上接第 25 页)

道前移→锚固轨道→释放前支座千斤顶→前支座完全作用在轨道上→解除后锚, 让反扣轮作用在轨道上→安装顶推千斤顶→挂篮前移→安装吊杆→内、外模后侧导梁滑移至前段箱梁预埋孔位置→调整挂篮和模板系统的位置和标高。

8 挂篮合龙段施工

本工程中跨合龙段在秦淮新河上方, 采用挂篮施工。边跨及边跨合龙段在两侧岸边较为平坦处, 采用支架现浇法施工。合龙顺序: 先边跨合龙段施工, 再中跨合龙。

中跨挂篮合龙施工流程: 70# 墩北侧挂篮后退拆除, 69# 墩南侧挂篮前移至合龙段位置作为合龙段的施工吊架→合龙段两侧配重→安装中跨合龙段钢筋、模板、劲性骨架→浇筑中跨合龙段混凝土→养护→预应力施工→拆除劲性钢骨架及挂篮。

9 挂篮拆除

悬浇梁施工完毕后, 进行菱形挂篮拆除。拆除顺序为: 箱内支架→侧模系统→底模系统→主桁架。挂篮后退: 挂篮准备

后退时安装边吊架, 边吊架安装完成(螺栓紧固)后, 现场将两侧边吊架连接耳座与主构架杆件连接成整体, 之后依次放松侧模、内模、底模悬灌吊杆, 然后将侧模整体下放至底模横梁上, 后退时采用(穿心式)千斤顶或倒链, 两侧同步缓慢移动。挂篮后退时密切关注外侧吊杆与梁面距离, 并及时调整轨道摆放位置, 务必保证后退过程中后退吊杆不与梁面接触。最后通过卷扬机安全下落构件至地面拆解后采用汽车吊装车运输到指定地点做好回收利用。

10 结语

本项目悬浇变截面预应力混凝土连续箱梁采用由菱形挂篮施工, 发挥了菱形挂篮结构稳定, 作业空间大, 操作方便的优势。施工过程中通过精心组织施工, 确保了连续作业, 保证了施工进度和工程质量安全, 取得了较好的经济效益。本项目成功的施工经验表明菱形挂篮是大跨度连续箱梁施工的首选方案。

参考文献

[1] 张继尧. 悬臂浇筑预应力混凝土连续梁桥[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.