

水域承台可周转钢吊箱设计与施工技术

张敏¹,张健²,石宏¹

(1.中交路桥建设有限公司,北京市 100027; 2.中交路桥华东工程有限公司,上海市 201203)

摘要:温州市域铁路S3线附属配套工程(瑞安段)永宁大桥项目是集市域铁路、快速路、一级公路、慢行系统等功于一体的复合型特大桥,采用双层桥梁建设。其中,跨飞云江主桥部分设计采用主跨260 m刚性悬索桥,水中共计7个墩(Z02~Z08),均采用有底钢吊箱进行施工。因其承台结构尺寸相近,经过数种施工方案的分析、比较、筛选,创新性地提出了“可周转使用钢吊箱”的设计理念并在永宁大桥项目成功实施。该技术在保证施工工期的情况下,充分周转使用钢吊箱结构,有效节约了成本,增加了效益,同时为后续水域桥梁施工提供了相关经验。

关键词:刚性悬索桥;承台施工;钢吊箱

中图分类号:U445

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2024)09-0191-03

1 工程简介

温州市域铁路S3线附属配套工程(瑞安段)永宁大桥项目是集市域铁路、快速路、一级公路、慢行系统、市政管线过江等功能于一体的复合型特大桥,采用双层桥梁建设。该桥是浙江省首座“三桥合一”的复合型交通特大桥,涉及城市、公路和轨道交通3种技术标准,也是国内迄今为止最大跨度的公轨两用多塔钢桁梁悬索桥。

永宁大桥水域正桥从北至南桥跨布置依次为:(90 m+90 m)(简支钢桁梁)+(140 m+200 m+260 m+140 m)(刚性悬索桥)+(90.4 m+94.6 m)(简支钢桁梁)=1 105 m,是全线的控制性工程。永宁大桥跨江正桥总体布置图如图1所示。

主桥横跨飞云江,水中共计7个墩(Z02~Z08)。承台采用整体式八边形结构,承台尺寸分别为45.2 m×12.2 m×3.5 m(Z02、Z08)、46 m×15 m×4 m(Z03、Z07)、46.5 m×15.5 m×5.0 m(Z04)、48.25 m×15.50 m×5.00 m(Z05、Z06);承台采用有底钢吊箱施工,封底厚度1.8 m,采用C30混凝土,单个承台最大混凝土方量为3 567 m³。

2 钢吊箱结构设计

2.1 总体设计原则

钢吊箱的设计综合考虑了重力、浮力、潮流力、

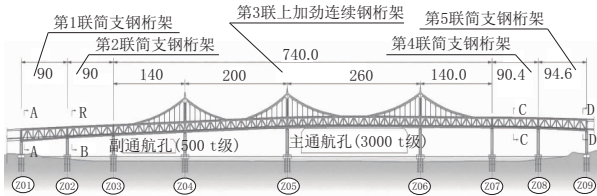


图1 永宁大桥跨江正桥总体布置图(单位:m)

波流力和混凝土浇筑荷载等,在确保结构安全的基础上进行结构设计与优化^[1-2]。

永宁大桥主桥横跨飞云江,水中共计7个墩(Z02~Z08)。承台采用整体式八边形结构,各承台结构尺寸相近。承台采用有底钢吊箱结构进行施工,为节约造价,需最大程度地考虑材料周转,设计出一种可周转的钢吊箱体系以满足多个承台重复使用。

2.2 结构设计

钢吊箱整体结构由侧板系统、底板系统、内支撑系统、限位系统、下放系统等组成。其中侧板系统、下放系统、内支撑系统均可以重复利用。钢吊箱外侧的操作平台和通道也可以周转使用^[3]。

钢吊箱总体结构图见图2。

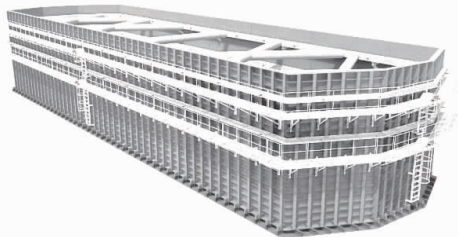


图2 钢吊箱总体结构图

2.2.1 底板桁架

钢吊箱侧板与底板桁架之间采用“上桁架螺栓连

收稿日期:2023-07-15

作者简介:张敏(1991—),男,学士,工程师,从事桥梁施工工作。

接+下桁架支撑限位”的构造(见图3),既能有效地对侧模板进行支撑与限位,又能便捷地进行拆除与周转。

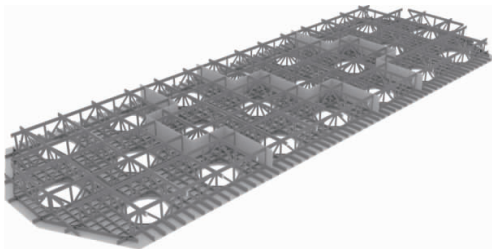


图3 钢吊箱底板桁架结构

2.2.2 内外双层围檩体系

为方便钢吊箱侧板的拆除和周转使用,设计一种“内外双层围檩体系”,内外围檩之间用精轧螺纹钢连接,均不与钢吊箱侧板焊接连接。

内外双层围檩体系构造图见图4。

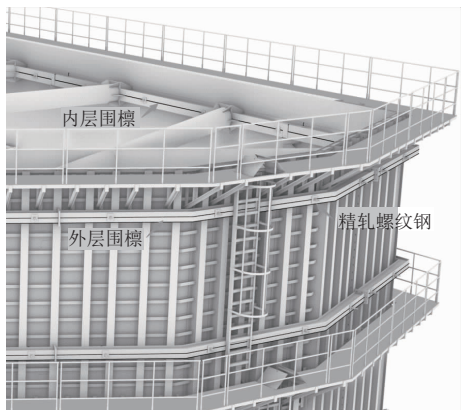


图4 内外双层围檩体系构造图

2.2.3 下放系统

下放系统由承重梁、穿心千斤顶、精轧螺纹钢、锚具、垫梁等结构组成(见图5),每个钢护筒牛腿上布置2个穿心千斤顶进行下放,下放吊点设置在桁架上弦杆上,除吊点构造外,其余材料均可以周转使用^[4]。

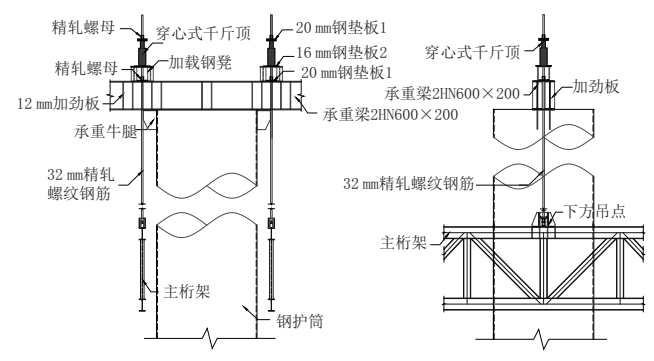


图5 下放系统构造图

2.2.4 内支撑系统

内支撑系统由 $\phi 630\text{ mm} \times 6\text{ mm}$ 支撑钢管和 $\phi 426\text{ mm} \times 6\text{ mm}$ 连接钢管两层组成,支撑于内层围

檩上。内支撑与围檩焊接牢固,支撑位置焊接16 mm钢垫板和加劲板,以增强支撑点局部强度。第二层混凝土施工前需拆除底层内支撑和连接钢管,完成体系转换。

内支撑系统构造图见图6。

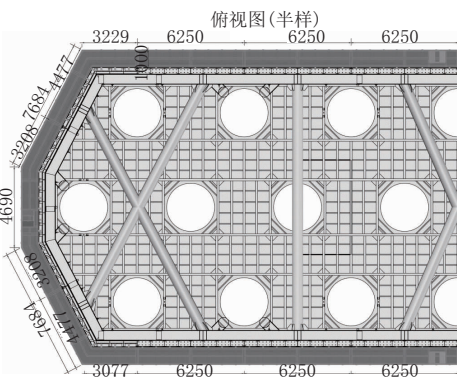


图6 内支撑系统构造图(单位:mm)

2.2.5 周转使用,节约造价

承台钢吊箱结构中的侧板系统、下放系统、内支撑系统、双层围檩均可在单个承台施工完成后,便捷地拆除至下一个承台使用,且不会在周转过程中对结构造成破坏,尤其是侧板系统,整个侧板无一处焊接点。

3 主要安装施工方法

3.1 现场准备

(1)桩基检测全部完成后拆除钻孔平台,并搭设钢吊箱拼装平台,平台四周安装标准防护栏杆;施工完成后复测拼装平台的顶标高。

(2)倒挂牛腿作为吊箱支撑体系,由挂板、承重面板和加劲板组成。挂板焊接于钢护筒四周,牛腿承重面板顶标高应齐平,误差控制在5 mm以内。

(3)要保证钢吊箱顺利下放,底板开孔需综合考虑桩位偏差和倾斜度。在测得所有钢护筒的平面位置和垂直度后,针对每个桩位进行单独开孔设计,开孔半径与钢护筒顶、底口最小距离均不小于5 cm。

3.2 钢吊箱拼装

(1)拼装平台施工完成后,通知测量人员将钢吊箱的边线在平台上放样,在施工侧平台上采用90 t履带吊安装底板,每块底板放好之后根据测量的相关数据调整好位置。依次安放下一块底板,最后焊接底板间的型钢和面板。

(2)侧板与底板、侧板与侧板间均采用M24螺栓连接,拼装时要保证拼缝严密,防止拼缝渗水、漏水,拼缝止水处理采用防水胶和泡沫橡胶。侧壁板拼装

完成后,对其模内尺寸、垂直度进行校核,偏差应控制在允许范围之内。

(3)在侧板上开孔,采用螺栓安装围檩支撑托架。内侧围檩放置于支撑托架上,与外侧围檩采用25 mm 精轧螺纹钢对拉;内支撑焊接于内侧围檩上,内支撑安装前将支撑点下方加劲板焊接完成^[5]。

钢吊箱拼装施工图见图7。



图7 钢吊箱拼装施工图

3.3 钢吊箱下放

(1)完整的钢吊箱下放系统由连续千斤顶、液压油泵、作为吊杆的精轧螺纹钢等构成。该下放系统的特点在于其工作的连续性和同步性,多台穿心千斤顶在工人同步的控制下,将钢吊箱平稳地下放到倒挂牛腿上。

(2)通过自动同步控制系统来保证各个吊点下沉量相同,确保各个吊点的受力均匀。要求每次逐步分级下放钢吊箱,可以设置为以50 cm 为一级。测量人员每一级都要复测钢吊箱的平面位置、轴线、垂直度、高程。钢吊箱入水之后应缓慢下放,直到钢吊箱下放至倒挂牛腿上。

3.4 承台封底

(1)承台封底混凝土厚度1.8 m,分2次浇筑。第一次水下浇筑1.5 m,待混凝土达到设计强度后,将钢吊箱内部的水抽干,在干环境下浇筑第二层混凝土,厚度为0.3 m。

(2)待封底混凝土强度达到设计要求后,将多余的钢护筒切除。钢护筒割除后,人工配合机械凿除桩头,将桩头混凝土清除到设计标高,且保证混凝土到新鲜面。桩头处理完成后,对桩头钢筋进行清理、调整,以便后续进行承台施工。

3.5 钢吊箱周转使用

3.5.1 钢吊箱侧板拆除

待主墩承台施工完成后,方可拆除钢吊箱内支撑系统、围檩系统和侧板系统。内支撑系统需要割除与围檩系统的连接点;内外双层围檩通过解除精轧螺纹钢的螺母即可拆除;侧板则通过解除侧板与底

板上桁架之间的连接螺栓即可拆除。拆除后的侧板通过履带吊周转至下一个承台备用^[6]。

钢吊箱侧板拆除图见图8。

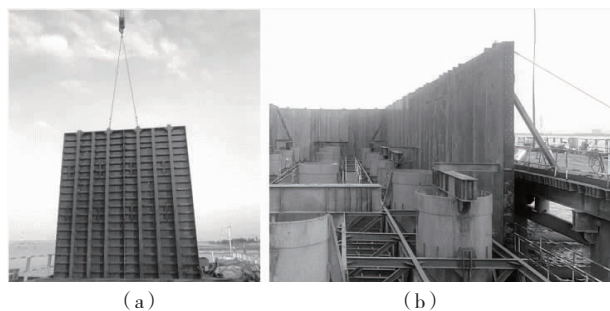


图8 钢吊箱侧板拆除图

3.5.2 钢吊箱侧板改制

钢吊箱侧板分为直面板和倒角面板,直面板可以直接周转至下一个承台使用,倒角面板受承台尺寸不同的限制,需要进行现场改制,增加调节块。

钢吊箱侧板改制图见图9。



图9 钢吊箱侧板改制图

3.5.3 钢吊箱侧板周转使用思路

钢吊箱的侧板系统、下放系统、内支撑系统均可以周转使用。永宁大桥水中共计7个墩,共计设置钢吊箱底板系统7套,侧板系统4套。周转使用思路为Z02墩周转至Z03墩,Z04墩周转至Z05墩,Z06墩单独投入1套,Z08墩周转至Z07墩。

3.6 效益分析

3.6.1 经济效益分析

水中7个承台,仅投入4套钢吊箱侧板系统(包括内支撑系统和下放系统),减少了材料用量和资源投入,在不影响工期的情况下,创造了较好的经济效益,节省投入约300万元。

3.6.2 社会效益分析

永宁大桥作为浙江省首批“高质量发展建设共同富裕区”重点工程,项目意义重大。本项目建设标准要求高、建造理念先进,其中的钢吊箱施工也得到了各级媒体的关注和宣传报道。

4 结 语

实践证明,永宁大桥项目水中承台施工采用的“可周转钢吊箱”施工工艺取得了显著的成果。对于

(下转第205页)

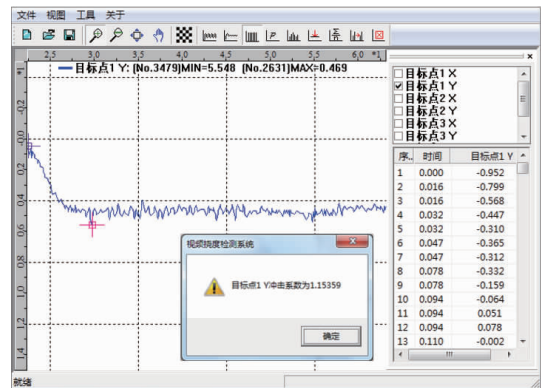


图 12 50 km/h 制动实测动挠度冲击系数分析

1.10~1.15。实测无障碍行车冲击系数与设计所用冲击系数 $1+\mu=1.05$ 相比,两者较为接近,与同类桥梁相比,属于正常范围,满足规范要求。

4 结 语

通过对多拱肋异型系杆钢拱桥动载试验分析研究可得出以下结论:

(1)桥梁结构各阶自振频率实测值均大于理论计算值,桥梁实际刚度比理论刚度大,结构整体刚度

好。桥梁实测阻尼比为 0.145%~0.390%,与同类桥梁对比,属于正常范围。

(2)桥梁实测振型与理论计算振型基本一致,未见明显变异区段,桥梁振型主要为拱肋面外弯曲振动、主梁面内弯曲振动和主梁空间扭转振动,拱肋的横向刚度相对较弱。

(3)桥梁在各行车工况下的实测冲击系数在 1.04~1.20,与设计所用冲击系数 $1+\mu=1.05$ 相比,较为接近,与同类桥梁相比,属于正常范围,满足规范要求。

参考文献:

[1] 王建伟.对某新建桥梁的模态测试及动载试验分析研究[J].山西建筑,2021,47(20):153-155.
[2] 查日葵.桥梁静动载试验检测分析[J].安徽建筑,2019,26(12):217-218.
[3] 周毅.某桥梁动载试验实例分析[J].安徽建筑,2019,26(9):235-238.
[4] 潘存瑞.基于实测数据的钢-混组合桥梁结构动力特性分析[J].城市道桥与防洪,2018(12):70-75.
[5] CJJ/T 233—2015,城市桥梁检测与评定技术规范[S].
[6] JTG/T J21-01—2015,公路桥梁荷载试验规程[S].

(上接第 193 页)

墩台结构类型相近、墩台数量较多的水上桥梁,采用此工艺可以最大限度地减少资源投入,高效周转使用钢吊箱。本项目实施经验可为其他类似桥梁施工提供很好的借鉴作用。

参考文献:

[1] 郭主龙,周先念,宋伟峰.海上桥梁承台与承台防撞设施一体化施工[J].公路,2006(3):30-35.
[2] 赵传林,刘明虎,孙鹏.港珠澳大桥青州航道桥主塔墩钢套箱设计

与施工[J].中国港湾建设,2013(8):1-6.
[3] 陈卫国,唐衡.金塘大桥索塔墩 1600 t 防撞钢套箱安装施工技术[J].公路,2009(1):133-138.
[4] 刘华,唐斌华,李永重,等.椒江二桥主墩防撞钢套箱施工技术[J].中外公路,2012(4):173-175.
[5] 张晓元,黑世强,苏杰,等.苏拉马都跨海大桥主桥钢套箱设计与施工[J].公路,2011(2):199-202.
[6] 党权交.舟岱跨海大桥主通航孔桥双层防撞钢套箱快速安装技术[J].施工技术,2021(6):31-35.