

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2021.07.021

广东清远市洲心大桥关键技术研究

郭钰瑜¹, 宁平华², 唐明裴³

(1. 广州市市政工程设计研究总院有限公司, 广东 广州 510060; 2. 广州市市政工程设计研究总院有限公司, 广东 广州 510060;
3. 广州市市政工程设计研究总院有限公司, 广东 广州 510060)

摘要:洲心大桥为广东省清远市跨越北江的一座大型公路兼城市道路桥梁,主桥为双塔宽幅单索面支承体系混合梁斜拉桥,跨径布置为100 m+218 m+100 m,桥宽43 m,不对称曲线造型桥塔,塔梁固结,塔墩采用测力调力球型支座连接,桩基施工采用双液旋喷注浆技术形成人造持力层,行车道桥面板采用钢-超高性能混凝土组合桥面,桥面排水采用新型排水构造设计等。重点介绍了该桥的总体设计与关键技术。

关键词:宽幅单索面;斜拉桥;测力调力支座;人造持力层;超高性能混凝土;组合桥面板

中图分类号: U448.27

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)07-0075-03

1 桥址概况

洲心大桥为广东省清远市跨越北江的一座大型公路兼城市道路桥梁。大桥建成后,清远市以洲心大桥为中心轴串联了长隆国际公园、燕湖新城、省职教基地等重要节点,形成了清远市“五横三纵”新格局和景观中轴线。因此桥梁景观要求很高。

桥址居南岭山脉与山前冲积平原的交界处,桥位周边地势平坦,视线开阔,桥区位于河道大尺度弯曲河段弯顶处,水深条件良好,河面宽约800 m。常水位水深约4.20~9.70 m,水位受上游飞来峡枢纽和潮汐控制,勘察期间日水位落差一般在20~50 cm之间。

场区的不良地质现象主要为岩溶。岩面起伏剧烈、强弱夹杂、岩溶非常发育,在竖向发育成连续串珠状。溶洞见洞率为70.10%,溶洞大部分呈全充填或无充填状,仅少部分为半充填。

2 主桥设计^[1]

根据通航要求和桥位河势,主桥跨径布置为100 m+218 m+100 m,全长418 m,采用双塔宽幅单索面支承体系混合梁斜拉桥,见图1。桥面标准宽度为43 m。桥梁主塔处设有四个观景平台,主梁加宽至47 m。

结构整体为塔梁固结、墩梁分离的多支座支承体

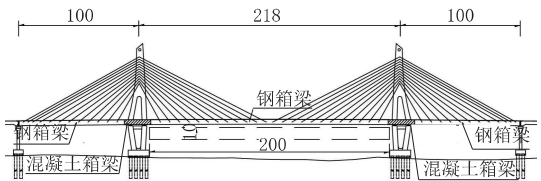


图1 桥型立面图(单位:m)

系,在单个主墩上纵向布置2排支座,横向布置4个支座,见图2。该体系可使得主梁受力均匀,减小主墩弯矩受力及减少温度及地震作用效应,提高抗倾覆能力。

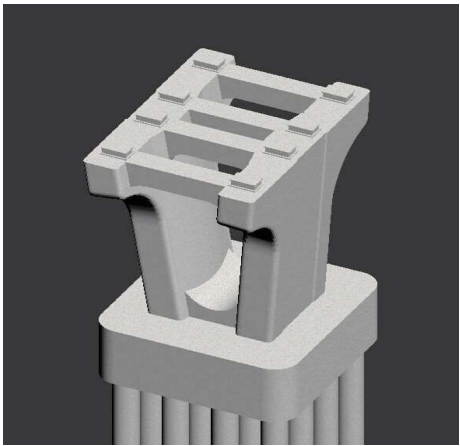


图2 桥墩及支座三维图

索塔为不对称曲线造型预应力混凝土结构,主梁采用钢箱梁与混凝土箱梁相结合的混合梁。主梁0号块梁段采用预应力混凝土箱梁,其余部分为钢箱梁,钢箱梁与混凝土梁采用钢-混凝土结合段连接。

3 关键技术与创新

3.1 首次研发和应用测力调力球型钢支座

为解决宽幅单索面支承体系的斜拉桥支座受力

收稿日期: 2021-02-25

作者简介: 郭钰瑜(1979—),女,硕士,高级工程师,从事桥梁设计工作。

不均匀的问题,首次开发和应用了一种多支座多次同步测力调力球形钢支座体系,其特征在于:包括多个支座本体系统、测力传感采集系统、调力系统以及监测分析控制系统,见图3。该体系以球形钢支座为基础,安装在各支座体系内的光纤光栅测力模块通过光纤信号线将反射光波的波长变化信息传送至光纤光栅数据采集仪,再通过网络传输将采集到的反射光波波长数据传送至监测分析控制系统数据处理终端实现处理,进而通过监测分析控制系统实现调力控制。

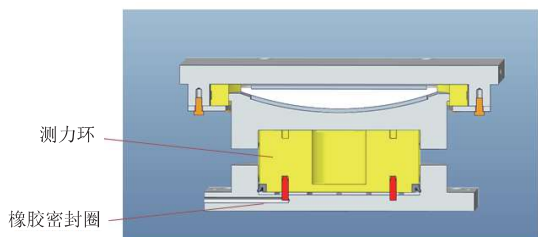


图3 支座剖切图

支座调力的原理为在球型钢支座底盆和球面底座之间通过外置高压泵和管道注入填充液态弹性材料,抬升球面底座在底盆中的位置,从而抬升支座上板和桥梁上部结构达到调力目的。支座调力注射通道加工在底盆侧壁和底部,根据需要可在钢盆内加工出多组注射通道,从而达到支座多次调力目的;外部调力设备通过精密的管螺纹与支座注射通道连接。当支座调力到理想状态后,停止注射填充液态弹性材料,用外接的高压球阀截止支座端的管路,拆走外部调高设备的其他部分,待支座内填充的液态弹性材料固化。

该支座体系可监控整个桥梁施工及运营过程,及时反馈和调整,减少因受力不均匀对梁体及墩部造成的损伤,解决多支座协调受力难题。

3.2 首次开发人造持力层解决复杂岩溶地区超长桩施工难题

本桥位处岩溶发育且溶洞发育随机性大,特别是主墩处桩顶反力大,桩基数量多,桩长长,设计、施工难度均较大。为降低溶洞发育地区长桩基施工难度及风险,减少施工费用,桩基设计以地质详勘、超前钻和CT扫描的结果为依据,采用双液高压旋喷注浆处理后形成人造持力层的处理方法,降低了岩溶地区桩基的施工难度和施工风险,缩短了施工工期,节约了工程造价。

双液高压旋喷注浆法采用水泥、水与水玻璃混合液按一定比例配合比,利用高压泥浆泵把浆液从

喷嘴中喷射出去形成高压喷射流,冲击破坏岩土体,同时借助注浆管的旋转和提升,使浆液与从土体崩落(切割)下来的土粒、砂粒搅拌混合,经凝固后,便在岩土体中形成水泥、砂、土体混合的一定强度的固结体,极大的提高了溶洞的处理效率。

本方法适用于串珠状岩溶区嵌岩桥桩设计桩长的优化和桩基施工,尤其适用于大跨超长桩基。其目的在于提供一种设计思路与施工方法:(1)在前期能够进行主动优化设计,有效缩短设计桩长;(2)通过预埋若干大直径钢管,在桩身混凝土浇筑后,能够主动、简便地检测和置换处理桩底持力岩层中的软弱夹层、溶洞等缺陷;在桩底以下3倍桩径深度范围内,营造形成原状基岩+连续传力层+原状基岩,以满足规范对嵌岩桩底持力岩层完整性、连续性和竖向传力不临空的要求。全过程施工流程见图4。

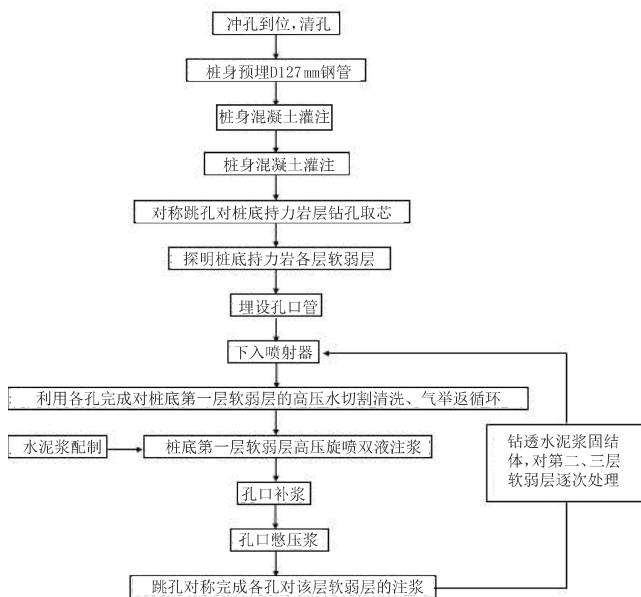


图4 施工工艺流程图

3.3 首次将钢-STC 轻型组合梁在超宽幅单索面钢箱梁斜拉桥上应用

目前钢桥面设计的两个疑难问题分别为钢桥面铺装问题、桥面钢结构疲劳问题。解决该问题的常规思路是加大面板厚度和改进构造细节,但都无法治本。

为解决钢桥面疲劳裂纹和铺装易损坏的难题,本工程采用了新型超宽幅钢-STC 轻型组合梁,见图5。顶板宽度达到42m,钢横隔板纵向间距加大为4m,钢箱梁顶板厚14mm。钢顶板铺设一层5~6cm的密配筋超韧性混凝土(STC)层,STC薄层以上再铺设20~40mm普通沥青混凝土铺装层。将STC薄层与钢桥面形成轻型组合结构,使得STC不仅充当主铺

装层,还能与钢面板协同受力,从而减小钢桥面板局部变形及应力幅值。利用STC的超高抗拉、抗裂、抗折强度以及超强的耐久性等显著特点,使用剪力钉与桥梁上部的钢板相固定,再利用密集配筋、湿养、高温蒸养等措施,提高桥面结构层的刚度与耐久性。

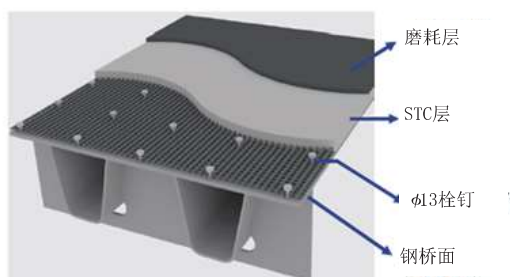


图5 STC组合桥面结构

这一新结构的应用,在避免桥面板疲劳开裂、延长桥面铺装寿命上具有突出优势,有效提升了桥面的刚度,应力、应变及竖向位移峰值得到大幅度下降,解决了宽幅单索面斜拉桥钢桥面疲劳、铺装耐久性差,钢箱梁剪力滞的难题。

3.4 钢—混凝土结合段过渡传力体系的应用

本工程钢—混凝土结合段长度 22.1 m,钢—混凝土结合段的钢箱梁套在 0# 块混凝土箱梁之外,采用前后承压式的过渡形式,见图 6。前后承压板之间设置钢格室,钢格室高度 0.8 m,长度约 1 m,钢格室里填充自密实收缩性能混凝土,为钢—混凝土刚度过渡区。后承压板侧钢梁顶底板采用 U 型加劲肋和翼缘 T 型加劲肋,前承压板侧通过抗剪焊钉及 PBL 键与混凝土梁体牢固结合。同时为保证钢—混凝土接头处于有效连接和结合面处于均匀的受压状态,沿箱梁四周及纵腹板布置了纵向、横向预应力钢绞线,预应力钢绞线在钢箱梁一侧锚固在钢承压板上。

本桥的钢—混凝土结合段,采用钢—钢箱隔室混凝土→混凝土改进的承压板钢—混凝土过渡传力体系,其刚度过渡变化均匀,有效地避免了钢—混凝土结合段刚度突变造成的集中应力过大,导致局部开裂破坏的技术难题。

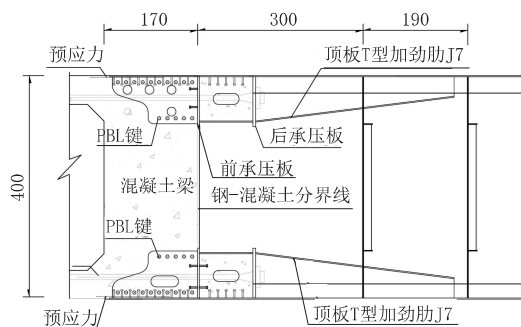


图6 钢-混凝土结合段立面图(单位:cm)

3.5 新型桥面排水技术

桥位所处北江流域属于水源保护区,桥面雨水不得直接排入江内,本工程设置了一种跨江河流桥梁桥面污/废水的环保收集净化设施,见图 7、图 8,跨江段桥面雨水(或液态危化品)经雨水口收集,斜交半开放式导流槽导流,外挂 U 型排水槽长距离传输,最后通过落水管接入岸上地面排水系统检查井或事故应急处理设施,将可实现对桥面雨水、废水、液态危险品的净化和应急处理。

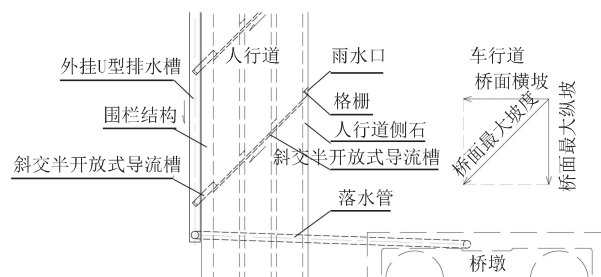


图7 跨江桥梁雨水收集系统平面图

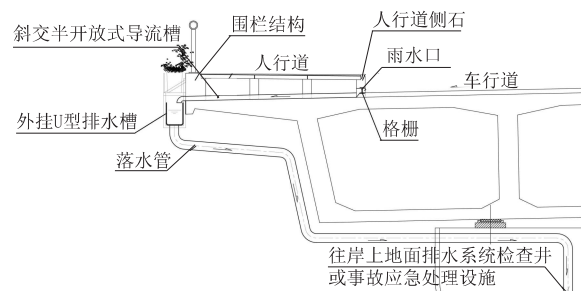


图8 跨江桥梁雨水收集系统横断面图

采用环保雨污水收集系统等绿色技术,实现跨江段桥面雨水和危化品液体不流入江河而造成污染,减少桥面径流雨水和引桥接岸处地面积水,致力做到低碳环保。通过设计主梁两侧排水装置,将桥面雨水、废水、液态危险品集中并由排水槽排出,该排水装置外挂于主梁外侧、花槽底部内,处理系统简单,保障度高,效果好,解决了桥梁建设对城市水源保护的收集处理难题。

3.6 结合山水城市、公路/市政桥梁功能和景观

洲心大桥是清远市新中轴、新地标的景观跨江大桥。在满足桥梁使用功能的前提下,通过一系列桥梁造型、细节构造、人行道设计元素、桥梁灯光等的优化设计,较好地凸显了桥梁的景观地标作用,使之成为清远人的打卡点、网红桥。

4 结语

随着我国经济社会的持续高速发展,交通需求与交通量不断提高,桥梁跨径与桥面宽度也呈越来

(下转第 110 页)

(5)拆除原桥墩立柱。

(6)施工新建门墩盖梁和支座垫石。

(7)新建盖梁强度达到100%后张拉盖梁第一批钢束。

(8)在新建盖梁上设置千斤顶,进行第二次梁体顶升,顶升支架上临时支座脱离。

(9)在新建盖梁上安装永久支座,支座进行临时固定。千斤顶回油,梁体回落支撑于新建盖梁的永久支座上。

(10)张拉盖梁第二批钢束。

(11)新建盖梁上千斤顶再次顶升,调整墩顶桥面控制点标高(控制目标值比原桥面高3 mm),并最终固定永久支座。

(12)拆除原桥墩承台及桩基,新建地道。

3.3 跨河道悬浇梁节点

主线高架跨越河道常规采用简支叠合梁,由于河道七河口宽度超60 m,且现有一座地面桥梁,一跨跨越河道和地面桥的跨径超70 m,采用单跨简支叠合梁已不适用。综合考虑本工程桥梁总体布置、施工和造价等因素,设计采用45 m+73 m+45 m变截面预应力混凝土连续箱梁结构,梁高1.8~4.0 m,按二次抛物线变化,结构外形轻盈,线条优美。采用挂篮悬臂现浇、对称逐段施工,先边跨合龙,再中跨合龙,最终形成连续体系。该方案施工工艺成熟,可避免在河道中搭设支架,对河道以及地面道路影响小。

3.4 分合流剪刀叉节点

为兼顾高架道路与地面道路两者交通要求,在海晏路与河清路之间设置“剪刀叉”两对平行匝道,其断面见图5。在平面上并列布置,上下匝道错开布

置,避免高架道路车流的短距离交织运行,同时也使地面交叉口最多只面对两根匝道,减轻了地面交叉口的交通负荷,改善了运行情况及服务水平。

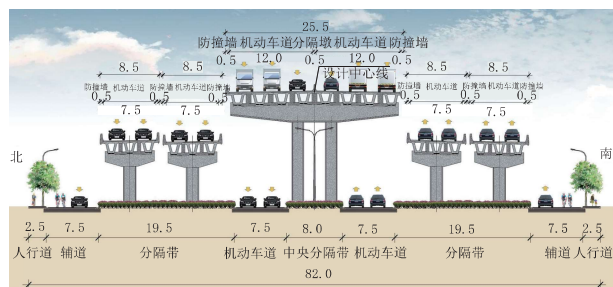


图5 分合流点剪刀叉断面图(单位:m)

4 结 语

城市道路快速化改造是当下城市交通建设的核心内容之一,其中桥梁的设计优化逐渐成为实际建设中的重要环节。桥梁设计是一项系统性工程,所涉及的专业知识极为广泛,需要从全局出发,统筹考虑,精细化设计。除了桥梁自身的结构与性能要求外,还要综合考虑总体布置、桥型选择、施工工艺技术与要求,综合管线设计及迁改、施工期间交通组织,与周边绿化及建筑物的协调融合等多方面因素,根据规划和现状条件,因地制宜,对设计方案进行不断的优化,使桥梁结构不仅安全可靠而且经济美观,满足社会发展的需要,取得良好的经济、社会和环境效益。

参考文献:

- [1] 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司.环城南路东段(河清路-东外环路)快速化改造工程施工图设计文件[Z].上海:上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,2015.

(上接第77页)

越大的趋势。宽幅单索面斜拉桥能够满足越来越大交通量需求的优点也不断得到凸显,其视野相对开阔,造型更为简洁美观,因此在现有大跨桥梁的建设中占有越来越高的比例。宽幅单索面钢箱梁斜拉桥的抗倾覆问题、墩梁结合部位的受力、桥面板疲劳问题等是影响该类型桥梁耐久性设计的关键因素。洲心大桥在设计过程中重点提出的结构设计和关键创新技术,为同类型桥梁设计提供参考价值。本工程于2015年12月开始动工建设,于2018年12月建成

通车。洲心大桥已成为清远市一道亮丽的风景线,成为清远市的新中轴线和地标建筑。

参考文献:

- [1] 广州市市政工程设计研究总院有限公司.清远市北江四桥工程施工图设计[Z].2015.
- [2] 唐明裴.北江四桥桥梁造型设计及关键技术研究[J].中国建设信息化,2016,8(15):72-73.
- [3] 欧键灵,唐明裴,宁平华.广东清远北江四桥总体方案技术研究[J].城市道桥与防洪,2016(6):69-72.