

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.01.037

# 挂篮悬浇预应力混凝土箱梁设计与施工探讨

张河锦

(余姚市交通规划设计研究院, 浙江 宁波 315040)

**摘要:** 在我国 80~150 m 跨径桥梁结构设计中, 桥型较为丰富, 有连续梁、拱桥、矮塔斜拉桥等。此类跨径桥梁在选择设计方案时, 主要结合桥址环境、工程造价、施工条件及景观协调性等方面, 挂篮悬浇连续箱梁方案因其具有工艺成熟、整体性好、刚度大、外形简洁、造价较低等优点, 目前仍然是众多项目优先推荐的方案。该方案虽然较为成熟, 但是在设计细节及施工过程中依然存在值得探讨的地方, 结合笔者设计的余梁公路北延工程兰江大桥案例, 对此类桥梁的设计及施工要点进行探讨, 可供同类型桥梁设计与施工参考。

**关键词:** 挂篮悬浇; 连续箱梁; 设计; 施工; 探讨  
**中图分类号:** U445.466 **文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2023)01-0148-03

## 1 工程概况

兰江大桥所跨姚江为规划限制 III 级航道, 通航净宽 60 m, 净高 7 m, 设计最高通航水位 1.32 m, 河道与路线交角为  $100^\circ$ , 桥梁采用正交布置, 主桥布跨为 (55+90+55)m, 桥址区地层上部为粉质黏土及淤泥质粉质黏土, 其下为砂类土, 底层为粉质黏土夹砂砾及不同风化程度的安山玢岩。其主桥桥型如图 1 所示。

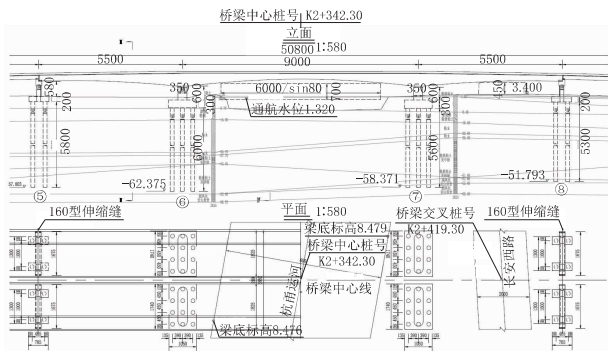


图 1 主桥桥型图(单位:cm)

## 2 桥梁构造设计

### 2.1 主梁梁高的拟定

兰江大桥主桥上部结构为 (55+90+55)m 三跨 PC 变截面连续箱梁, 变截面箱梁梁底曲线的选择, 主要可以改善主梁截面受力, 对截面应力状况较为敏感, 如  $L/4$  附近断面的主应力指标尤为明显, 所以合理选择梁底线形, 是做好连续梁结构设计的重要

前提。目前一般将抛物线参数取值为 1.5~2。

根据以上情况, 兰江大桥箱梁根部梁高采用 5.5 m, 跨中梁高采用 2.5 m, 箱梁梁高从跨中 2.5 m 至距主墩中心 1.75 m 处按 1.8 次抛物线变化。其梁高尺寸构造如图 2 所示。

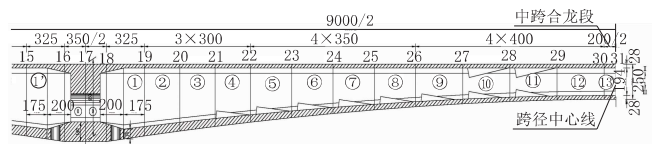


图 2 梁高尺寸构造(单位:cm)

### 2.2 主梁横断面的拟定

兰江大桥主桥由上、下行分离的两个单箱双室箱型截面组成, 桥梁的宽度根据总体设计及功能定位确定, 并结合《公路工程技术标准》进行拟定, 本项目设置单向 3 车道 + 非机动车道, 单幅全宽 18.25 m, 悬臂 3.125 m, 箱梁底宽 12 m。其标准横断面如图 3 所示。

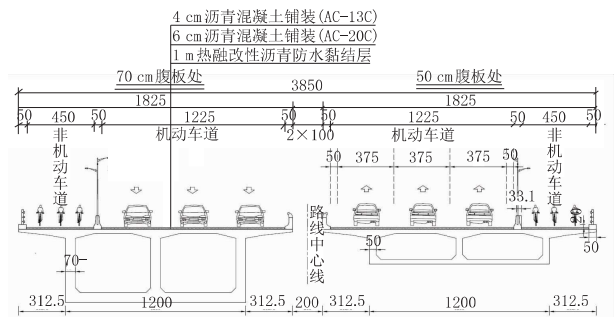


图 3 标准横断面(单位:cm)

### 2.3 其余构造尺寸的拟定

主桥梁高及断面尺寸基本确定后, 顶板、底板、腹板的厚度, 应充分结合箱室跨度、三向预应力钢束的布置空间及主梁的受力需要合理选择。根据本项目的初步配束估算, 结合钢束布置最为密集的 0 号块钢束

收稿日期: 2022-02-18

作者简介: 张河锦(1983—), 男, 本科, 高级工程师, 从事道桥设计工作。

断面布置,兰江大桥顶板厚 0.28 m,设 2%的横坡;底板宽 12.00 m,厚度由 0.28 m 从跨中至距主墩中心 3.25 m 范围按 1.8 次抛物线变化成 0.7 m;腹板厚度 1~7 号块为 0.70 m,10~13 号块为 0.50 m,在 8~9 号块件范围内由 0.7m 按直线变化到 0.5 m。翼缘板悬臂长为 3.125 m,二次渐变厚度,端部厚 0.18 m,中部厚度 0.4 m,根部厚 0.65 m。除在主墩及边墩顶分别设置一道厚 2.5 m 和 1.5 m 的横梁外,其余部位均不设横隔板。

### 3 桥梁配筋设计

#### 3.1 纵向预应力设计

悬浇连续梁纵向预应力钢束的设计内容主要包括纵向顶板束、腹板束,边、中跨底板束,合龙束。其中,纵向顶板束、腹板束布置的根数与布置方式及节段数量息息相关。根据本项目的节段划分及钢束布置形式,钢束断面布置如图 4 所示。

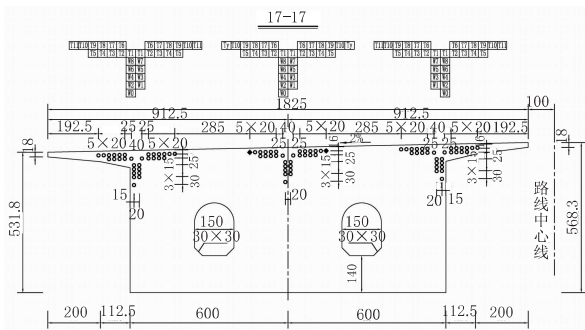


图 4 钢束断面布置图(单位:cm)

#### 3.2 竖向预应力设计

竖向预应力的设计对桥梁结构主要起到抗剪及改善主拉应力的作用。其布置要点主要在于应与腹板中心居中或者对称布置,避免对腹板产生预偏心作用引起次内力,导致腹板出现水平纵向裂缝。同时,腹板束为梁高范围内布置,钢束长度较短,预应力损失较大,容易引起竖向预应力的较大损失甚至失效。

本项目采用传统  $\phi 32$  mm 的精轧螺纹钢(纵向布置间距 0.75 m),锚具变形、钢束回缩引起的预应力损失较难控制。目前随着高强钢棒等新材料的应用,其低回缩量( $\leq 1$  mm)的特点,可有效减少预应力损失,提高可靠性。笔者认为,该材料值得在短束预应力设计进行推广。

#### 3.3 横向预应力设计

横向预应力设计主要取决于箱梁悬臂长度及箱室的跨度。经查阅相关案例,目前此类桥梁的悬臂长度普遍取值范围为 2.5~4.5 m,除早期个别小于 3 m 的案例采用普通钢筋混凝土结构外,其余均设置了

横向桥面板预应力。

本项目悬臂为 3.125 m,悬臂根部厚度为 0.65 m,设计采用  $3\phi 15.2$  钢绞线,间距 0.75 m 布置。笔者结合本桥桥面板计算分析对比得知,桥面板受力控制的关键因素在于悬臂的大小及悬臂根部的尺寸,建议预应力桥面板设计时,悬臂根部尺寸不小于 0.6 m 较为妥当。

## 4 设计要点及施工注意事项

### 4.1 设计要点探讨

#### 4.1.1 合理边中比的确定

通常此类结构的布跨,首先会根据跨越河道、被交路或其他构造物确定桥梁主跨  $L$ 。此时从结构合理性角度出发,边跨跨径宜采用  $(0.55 \sim 0.62)L$  较为适宜。

若边中比过小,将会导致边支点出现负反力,需对边支点进行压重。若边中比过大,将会增加边跨支架现浇段的长度,不仅增加了施工成本,也降低了挂篮的使用率,并且一定程度上会对边跨受力产生不利影响,故在主桥布跨时,合理的边中比尤为重要。若桥墩布置位置受限,导致边中比过大或者过小,应采取有效的技术措施确保结构的安全及合理性。

#### 4.1.2 三向预应力的设计及细节

三向预应力的设计应遵循结构受力进行布置,但在设计过程中,容易出现钢束打架的情况。当然,随着 BIM 软件在工程中的应用,对于碰撞检查起到了很好的核查作用,此类问题会逐渐减少。

目前在建项目关于保护层控制方面,施工单位往往倾向于正向误差,故在构造尺寸拟定中适当增加顶底板、腹板厚度,对钢束布置及混凝土下料振捣意义重大。

对于预应力张拉方面,应秉承纵向、横向、竖向的理念。另外,为了改善节段间的纵向收缩裂缝及施工工期,建议混凝土强度及弹性模量达到 85% 及 7d 龄期即可张拉节段纵向钢束。

#### 4.1.3 0 号块临时锚固系统设计

近年来,悬浇连续梁倾覆的案例仍时有发生,发生该事故的直接原因就是 0 号块锚固体系的失效。目前 0 号块临时锚固体系在设计阶段不够重视或者由施工单位自行设计施工,一定程度上带来了桥梁施工过程中的倾覆隐患,所以应充分重视临时固结设计,明确偏载工况,临时支墩布置时应尽量远离中支点,以提升倾覆力矩,增强抗倾覆能力。值得注意

的是,为了利于临时固结支墩的设计,建议在下部结构承台尺寸设计时适当增大纵桥向宽度,便于0号块及临时固结体系的施工。

## 4.2 施工注意事项探讨

### 4.2.1 主墩承台、墩身基坑施工

挂篮悬浇连续梁主墩承台往往尺寸较大,基坑深度较深,在深基坑施工时应按照审批后的基坑施工方案执行。必要时委托第三方对基坑设计方案进行验算,同时严格控制基坑周边临时堆载指标,合理设置监测点,确保基坑的施工安全。

### 4.2.2 施工过程中钢束张拉

施工过程中,因挂篮主体及行走系统的存在,往往无法及时张拉竖向及横向预应力。鉴于实际施工情况,建议竖向及横向预应力张拉滞后节段控制在2个以内,特别是桥面板横向预应力,因大跨度箱梁悬臂尺寸往往较大,长时间处于非预应力状态,若临时荷载堆放控制不严,将带来严重的安全隐患,故应尽早张拉。

对于纵向钢束张拉方面,因节段施工周期较短,建议在满足设计强度、弹模、龄期后,即可进行张拉,然后挂篮前移就位,再进行管道灌浆,一来可节约工期,二来可减小管道压浆料初凝前的扰动。

### 4.2.3 合龙段施工

在合龙段施工时,应结合设计图纸的要求,一般应按照先边后中的合龙方式,并按设计要求进行配重,在一天气温较低时边浇筑混凝土边卸载。

边跨合龙时,待劲性骨架锁定后,即可解除边支点支座的临时纵向约束,确保支座正常滑移。

0号块临时固结解除时机与中跨合龙段施工的先后顺序应按照设计要求执行,若需改变,应征得设计单位的同意,并符合监控计算模型的工序及指令单要求,方可进行下一步施工。

## 5 结 语

对于大跨度挂篮悬浇预应力混凝土连续箱梁,虽然设计技术及施工工艺都较为成熟,但无论在细节设计方面,还是在施工过程中控制中,仍有诸多值得细化和注意的内容。

(1)在此类桥梁设计中,应合理确定主桥的边中比,使桥梁处于良好的受力状态,确保结构的合理性及经济性。

(2)构造尺寸的设计应根据三向预应力钢束布置的需要,结合耐久性的设计要求,除满足规范计算指标要求外,还应充分考虑混凝土浇筑质量的可控性;在下部结构尺寸拟定时,应充分考虑0号块支模体系、临时固结体系、塔吊等施作空间,宜采用永临结合,为后期施工提供良好的条件,此举亦可增加施工过程中的安全度和施工质量的可靠性。

(3)虽然前期设计阶段对于钢束、钢筋的碰撞检查可有效地避免钢筋冲突,但现场依旧难免会出现交叉,如钢束锚固平弯区与竖向预应力的冲突、横梁区域骨架与钢束的冲突等,施工时应分清钢筋主次、以次避主、适当调整的原则。

(4)节段施工的悬浇箱梁,因顶板顶面施工平整度质量较难保证,且在节段施工过程中需逐段修正挂篮立模标高。成桥后桥梁立面呈现出折线状,形成一定的积水带,导致桥面铺装产生早期破坏,故高性能混凝土等新材料在桥面铺装的应用方面值得进一步思考。

### 参考文献:

- [1] JTG D60—2015,公路桥涵设计通用规范[S].
- [2] JTG 3362—2018,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [3] JTG/T 3650—2020,公路桥涵施工技术规范[S].
- [4] 范立础.桥梁工程(上、下册)[M].北京:人民交通出版社,1999.

~~~~~  
(上接第147页)

公路数据化管理的实际需求,充分利用第一次全国自然灾害综合风险普查工作成果,有效提高了相关管理部门及工作人员对于公路养管以及灾害应对能力,为进一步提高公路服务水平做出了良好贡献。下一步将继续结合公路管理决策相关需求改进升级本系统,将系统从数字化管理平台逐渐过渡、升级为智慧化管理平台,从实时监测、辅助决策等角度为天津市交通管理工作提供更大技术支持。

### 参考文献:

- [1] 王安娜,毛建锋.高速公路基础设施数字化管理平台[J].中国交通信息化,2021(5):3.
- [2] 张军,李义斌,白涛,等.基于云平台的公路养护设备信息化管理系统[J].控制工程,2021,28(6):7.
- [3] 汪明.以第一次全国自然灾害综合风险普查为契机全面提升防范化解重大自然灾害风险的能力[J].中国减灾,2021(1):28.
- [4] 沈云平,张永宾.天津市公路建设质量安全信息化管理系统的开发与应用[J].中国公路,2015(8):34-36.
- [5] 殷浩.江苏省普通国省干线智慧公路建设体系[J].中国交通信息化,2021(7):3.