

# 连续刚构桥挂篮法悬臂浇筑施工安全性分析

胡普云

江西省建工集团有限责任公司

DOI: 10.12238/ems.v6i7.8103

**[摘要]** 近些年来,挂篮悬臂浇筑法的出现,既能让施工更加便捷,又能对桥墩进行加固,同时也可以用来优化桥梁的构造,现已发展成一种日益成熟的施工方法。本文选取盐津河二桥作为案例,开展连续刚构桥挂篮法悬臂浇筑施工的安全性研究,对有关的技术标准、施工方法及施工要点进行了分析,希望对相关工程有一定的参考价值。

**[关键词]** 连续刚构桥;挂篮法;悬臂浇筑施工;安全性

## Safety analysis of cantilever pouring construction of continuous rigid frame bridge by hanging basket method

Hu Puyun

Jiangxi province construction engineering group co., ltd

**[Abstract]** In recent years, the appearance of hanging basket cantilever casting method can not only make the construction more convenient, but also reinforce the pier, and can also be used to optimize the structure of the bridge. Now it has developed into an increasingly mature construction method. In this paper, the second Yanjinhe Bridge is selected as a case to study the safety of cantilever pouring construction of continuous rigid frame bridge by hanging basket method, and the relevant technical standards, construction methods and construction points are analyzed, hoping to have certain reference value for related projects.

**[Keywords]** Continuous rigid frame bridge; Hanging basket method; Cantilever pouring construction; security

### 1 工程概况

盐津河水库盐津河二桥采用现浇箱梁的施工方式,经过实地勘测,检验工程设计的可行性。本桥按参考年限100年计算,道路设计等级为一级公路,车道宽15米,最高车速80km/h。在水位控制方面,以洪水位655.9m、洪水频率为1/100为基准,采用线形控制方式,不以洪水位为控制标准。地震动峰值0.05g,可以抵抗7级以上的强震;该地区的最高风速为20m/s,最高气温37.5℃,最低气温为-4.3℃,年均气温为12.8℃,合拢温度控制在 $15\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。

### 2 连续刚构桥的设计要点

通过对工程概况及相应设计参数的分析,确定连续刚构桥结构参数和设计要点,优化工程设计方案,为后续施工环节提供基础支持。

#### 2.1 一般构造

##### 2.1.1 上部箱梁

预应力或钢筋混凝土是其上部结构的主要构成,其在梁

高、重量、材料用量等方面均具有显著的优势。表1为桥梁上部结构参数。

表1 上部构造参数

项目	参数
箱顶	宽18m,底宽11.2m
箱梁	现浇段、闭合段梁高分别为4.6m和14.2m
顶板厚度	0梁段为53cm,梁端支撑为150cm,其余梁段均为30cm

#### 2.2.2 箱梁预应力钢束

(1) 纵向预应力:预应力筋均为两端张拉,并以150mm的标准预应力锚索形式布置。在预埋管线中,在对应的预应力施工结束后进行注浆。

(2) 横向预应力:横向预应力采用直径15.20毫米预应力钢丝绳,钢丝绳为三股绞合线,采取一侧张拉方法。

(3) 竖向预应力:竖向预应力采用精轧螺纹,公称直径为32mm,在支承端部的两个腹板上各设置4个,其余的两个

腹板上布设1个。预应力钢束采用梁端张拉法施工的YGM32预应力锚索,参照设计图纸,对竖向预应力筋进行计算,在原料不足的情况下,可以使用连接器进行连接。

### 2.2.3 下部构造

#### (1) 桥墩

主墩纵断面为横桥向11.2m、顺桥向2.8m的双肢薄壁墩,薄壁墩为单箱双室断面。该桥的上部结构为0梁段固接,下部结构为承台。墩顶盖为厚5.0m、16.9×14.8m的矩形承台。主墩设置9个2.5m桩基础,桩底埋入不少于10m、单轴压缩强度至少30MPa的风化砂质板岩,实际桩长应大于设计数值。桩基础由人工处理,采用嵌入岩石的方法进行。

#### (2) 桥台

桥台为自沉U型桥台,其基础为明挖扩底,其基础应置于低压力、可压缩的基岩上,其允许承载力 $[\sigma_0]$ 不小于0.5Mpa。

### 2.2.4 桥梁结构分析

静力学分析应用《桥梁博士3.2》软件,复算校正应用TDV软件。静力计算是按照施工过程分步进行的,根据规范的规定,分别对结构的施工及成桥进行了校核。

根据断面大小,采用软件对箱形梁和墩梁的自重进行自动计算,采用26kN/m<sup>3</sup>的混凝土自重密度。道路—I类道路的平均荷载的规范取值为10.5kN/m,车道荷载为2条车道,偏载系数为1.15;按相关规范,确定结构温度增减幅度,对桥梁的不同方向的风力进行计算。车辆的刹车着力点位于桥面上,其值根据规范的规定进行计算。差异沉降的控制指标的偏差值为10毫米。

通过对主桥箱梁承载力极限承载力、正常使用极限抗裂挠度以及长期和短时应力的校核,表面各项结构参数都能满足设计的需要。

## 3 采用吊篮法在连续刚构桥中的施工技术要点

### 3.1 施工材料

使用C55型混凝土,对施工技术、材料的选择进行认真的研究,对最优的配合比进行设计和实验,建立相应的质量控制规范及检验手段,严格控制施工的每一个环节,确保混凝土的外观均匀性。钢筋、预应力筋、锚固件等的安装,必须按《工程技术规程》及有关规范进行,并按有关质量检验规范进行。

### 3.2 箱梁施工

#### (1) 预埋牛腿及托架施工

0梁段采用预制牛腿支撑,对预制牛腿、托架等进行详细设计、校核,确保梁体具有一定的强度、刚度。牛腿、托架安装完毕后,应先进行预压,使其产生的非弹性变形降到最低。采取垂直分层浇筑的方法,但需将其布置在受力最小的部位,即底板与腹板不少于1/3的腹板一起浇筑,为保证施工安全性,0号梁段未考虑承台效应,需要采用钢束张拉

技术。

#### (2) 悬浇挂篮安装

0号梁段全部浇筑完成后,才能开始吊装挂篮施工。挂篮自重(含所有施工荷载)不低于1200kN,承载力不低于3000kN。在挂篮安装完毕后,才能进行预压实验,并对挂篮在预压过程中的变形进行观测,以减小挂篮的非正常变形。预压结束后,尽快对挂篮进行安装和调试,以减少0、1梁段的龄期差异;施工过程中,0、1梁段各梁段的龄期相差不能大于30天。每一节梁段的施工都是采用吊篮法进行的,每节梁的浇筑必须一次性完成。不管是在浇筑混凝土时,还是在移动挂篮或拆除挂篮过程中,都要保证施工的对称性,并且两个挂篮的允许偏重不能超过一个梁段底板的重量。

#### 3.2.3 支架安装

左右跨现浇部分采用地面支撑一次性浇筑,现浇段梁端与T梁两端平行,并沿竖向布置。支架要有足够的强度和刚度,并且要对支架进行预压,可有效抑制非弹性形变情况。立模标高及预拱度要根据现场测量的弹性变形情况及施工控制需要来确定,各边的预压力相当于预制箱形梁总重的1.1倍;支撑柱应建立在具有充分承载力的基础上,底部应有垫木,以分散压力,并确保浇筑后不会出现沉降。为了保证张拉时不影响箱梁和支架间的侧向变形,需要在施工段下模和支架上设置梁间密排,同时在浇筑时保证梁体的稳定。

#### 3.2.4 挂篮走行

挂篮施工中,挂篮行走轨迹是施工中的重要环节。合理设置滑梁的扣件,并用精轧钢筋与纵向预制的钢筋进行连接,以保证滑梁吊点的扣接。挂篮行走时,应以0.1mm/min为宜,要根据实际的需要对称进行,挂篮行走位结束后,将挂篮锚定,并进行平面定位及标高的调整;实习全程监理过程。将滑动横梁全部改为滑动状态,利用倒链力,对精轧钢筋上、下螺母进行拧紧。

在吊装工作开始前,要认真检查挂篮的各个部件和接头,并检查行走装置与梁段的连接强度和稳定性。利用经纬仪对桥梁中线和箱形线的偏移量进行合理的控制,检查行走路径是否平顺,检查行走是间距、高差及平面位置,确定没有安全隐患,方可进行下一步工作。

#### 3.2.5 箱梁合拢段施工

箱梁桥合拢段施工是保证全桥受力状况及线形的关键,其工序设计、结构参数都必须严格控制。按照有关的设计图,对箱型构件进行封闭施工。合拢设计温度为15℃,如果温度达不到要求,则应上报设计部门,重新制定合拢措施。张拉前,可通过上梁悬臂等措施来减小梁体的温差,控制光照因素的温升幅度。为减小温度差异,箱梁腹板设置通气孔,成桥后保证箱梁腹板通气孔的内部和外部的通风。在箱梁浇筑过程中,要预先埋设防撞栏、泄水管、伸缩缝、支座预埋件等,这些预埋件都要按照厂家的相关规定进行预制。

### 3.3 预应力施工

预应力钢筋及锚固件进场后, 应经严格检查、验收, 防止损伤、腐蚀。严禁焊接预应力钢筋, 并将其连接处切去。为了保证张拉设备的精度, 需要对其进行校准。预应力管道的定位要求精确可靠, 波纹管具有良好的刚性和防水性。当混凝土强度达90%且混凝土已浇筑7天后, 方可施加预应力。张拉时, 采取控伸双重控制、左右对称、前后同步的方法, 实现预应力钢束的张拉。为了确定钢束张拉的起始位置, 需要对其进行预张拉, 为了确定延伸, 需要对钢束张拉的初始状态进行标记, 不足之处要进行补张拉。

### 3.4 箱梁普通钢筋施工

按照 JTJ041-2000《公路桥涵施工技术规范》的有关规定, 对钢筋的加工、安装和检测环境进行控制。当有空间干扰时, 可对一般钢筋的位置进行适当调整。在张拉索梁锚固区, 如果对预应力施工产生影响, 可以进行一定程度的弯曲, 但必须在预应力完成后, 将其恢复原状。如果在施工过程中出现钢筋间距不一致时, 须经设计者批准, 在保证钢筋数量及保护层净厚度不变的前提下, 可对其进行适当地调整。在浇筑或振捣过程中, 加强筋的间距可以进行适当地调整。底板箍筋应沿与钢束径向受力方向相反的方向张开, 保证其箍紧底板横向钢筋; 保证底板箍筋焊接质量; 当箍筋与预应力管线存在空间干涉时, 需对其进行加固, 以保证顶板、底筋的整体受力。

在施工时, 应结合施工条件和施工工艺安排, 尽量选用钢筋骨架(或钢筋骨架片)、钢筋网片等, 然后在工地上就位后再将其焊接或捆绑起来, 这样才能确保安装质量, 加速施工进度。对预应力管线进行准确的定位, 并对其进行合理的浇筑, 以保证在灌注过程中, 预应力管线不会移位。

### 3.5 下部结构施工

在进行下部结构施工时, 要严格按照有关规范及设计的规定, 注意材料的检验、施工的细节及质量的控制, 并采取相应的安全措施。

在墩顶段施工中, 要特别注意0#梁段和边跨现浇节段的预制支架的预制问题。在墩施工过程中, 应按照《钢筋焊接网混凝土结构技术规程》的相关规定, 对贴边冷筋的钢筋焊接网片进行绑扎, 以确保其搭接部位正确。墩柱底部混凝土与承台混凝土龄期相差不能超过15d, 在浇筑过程中要小心预制墩中的钢筋, 保证钢筋的位置正确, 且节点截面面积不能小于整个钢筋截面的50%。垫层必须压在稳固的岩石上, 基础的承载力必须达到0.6Mpa以上。在实际工程中, 钢筋砼框架主要用于加强钢筋混凝土结构, 而不能承担施工荷载。桩基施工严格按《公路桥涵施工技术规范》要求进行, 并进行人工成孔, 设置挡墙, 做好安全防护等措施。清底要严格按照规范进行, 孔底的沉渣层厚度不超过3cm, 通过验收合格。

### 3.6 边坡开挖及防护

桥区两侧均为陡峻的高风化层, 且风化节理、裂隙较为发育, 岩体结构较为松散, 其整体稳定性不佳, 在施工过程中容易发生塌方, 因此, 在基坑开挖过程中, 一定要重视边坡的稳定性, 针对不同的地质条件, 为确保该项目的安全性, 必须对采取适用的干预手段。在进行隧洞施工时, 必须对边坡的稳定性给予足够的重视。不管是挖土方还是挖深, 都要从上到下层层开挖, 不能随意挖掘, 也不能随意堆放。为防止坡面被冲蚀, 承台周围不留有积水, 并保证排水通畅, 在主墩承台周围2m以内及已挖出的坡面上, 全部采用30cm厚的浆砌片石护坡。在多雨季节, 基坑施工期间, 为防止坡面冲蚀, 防止雨水沿坡下渗, 需对边坡进行临时防渗处理。桩孔周围1m以内的地面必须平整, 这样形成的边坡可以用来做浆砌片石护坡。桩基开挖边坡量不包括在工程量表中的, 可经监理单位视具体情况报业主批准后, 按照实际发生的工程量进行计量。

### 4 后期养护

由于主孔偏斜过大, 我国一些大跨度连续刚构桥梁的行车平稳性产生影响。因此, 主桥箱形梁的上部应设若干个观测点, 对桥梁进行长期、周期性监测。对膨胀节进行定期的清洁和修理, 以避免由于意外造成损害。在施工后期, 应对下列内容进行周期性检查: 主桥箱梁的内侧顶板、底板及腹板以及主桥墩, 关注结构部位有无裂缝、渗漏、钢筋锈蚀等情况。

### 结语

在大跨刚构桥中, 悬臂浇筑是一种非常重要的施工方式, 它不需要大型机械, 而且施工简便, 具有良好的经济效益。必须严格遵循程序进行操作, 并加强对施工的控制, 将各种有害裂纹的数量降到最低, 切实实现桥梁施工和运行的安全性。

### [参考文献]

- [1] 赵永伟. 预应力混凝土连续刚构桥构件施工要点及主梁施工质量控制[J]. 四川水泥, 2024, (01): 266-268.
- [2] 伍海山, 刘凤帅, 曹国军. 连续刚构桥边跨现浇段及合龙段一次性施工方法研究[J]. 华东交通大学学报, 2023, 40(06): 54-61.
- [3] 樊辉, 付海军, 马克乾等. 连续刚构桥挂篮法悬臂浇筑施工安全性分析[J]. 云南水力发电, 2023, 39(12): 102-105.
- [4] 马金明. 大跨度预应力箱型连续刚构桥施工关键技术分析[J]. 交通世界, 2023, (31): 162-164.
- [5] 李华, 王谦. 预应力损失及合龙措施对大跨径PC连续刚构桥跨中下挠的影响[J]. 黑龙江交通科技, 2022, 45(04): 101-104.