

连续刚构 0#块悬臂托架设计优化与施工探讨

郝建平

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 目前国内外的公路事业迅猛发展, 桥梁作为公路的重要组成部分, 为适应复杂地形条件其结构形式越来越多, 大跨径连续梁桥是比较常见的一种, 它具有连续性能优、结构性能稳定、刚性变形量小、抗震性能强、后期维修成本低等特点, 得到广泛应用。

[关键词] 连续刚构; 悬臂托架; 设计优化; 施工

DOI: 10.33142/sca.v5i2.6146

中图分类号: U445.46

文献标识码: A

Discussion on Design Optimization and Construction of Cantilever Bracket of Continuous Steel Structure 0# Block

HAO Jianping

Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: At present, the highway industry at home and abroad is developing rapidly. As an important part of the highway, bridges have more and more structural forms in order to adapt to complex terrain conditions. Long-span continuous beam bridge is a common kind. It has the characteristics of excellent continuous performance, stable structural performance, small rigid deformation, strong seismic performance and low later maintenance cost, and has been widely used.

Keywords: continuous rigid frame; cantilever bracket; design optimization; construction

目前 0#块施工时, 通常采用落地式支架、三角托架及满堂支架现浇施工。落地式支架常受墩柱高度、地基承载力以及水位的影响而存在局限性; 常规三角托架施工需预埋钢板, 托架与钢板的焊接质量可控性较差, 施工风险较大。章家湾棚户区平桂路项目结合现场实际对白水河一号大桥连续刚构 0#段施工托架进行设计优化, 采取悬挑支架进行 0#段施工, 该法采用牛腿托架承重、纵横梁分担、精轧螺纹钢锚固等方法保证了 0#块的安全、快速、高质量施工。

1 施工特点

大跨径连续梁桥一般采用悬臂浇筑法施工, 其中, 墩顶包括 0#块几个节段采用预应力钢筋混凝土结构, 梁面设置有纵横坡度, 断面与悬浇段密切相连, 因此, 墩顶段连续梁悬浇施工中是一个非常重要的阶段, 施工必须精心准备。

根据平桂路项目白水河一桥工程实际情况, 利用托架施工工艺优质高效的完成 2 个墩顶块箱梁浇筑, 为挂篮对称悬臂施工奠定了基础, 提供了保障。托架法工法具有如下特点: (1) 悬挑托架不受墩柱高度、地基承载力以及水位涨落等因素的影响, 托架适用性较广, 结构形式简单, 受力明确, 不均匀沉降量小。(2) 悬挑托架避免在墩柱及承台上设置预埋件, 焊接量很少, 搭设质量可控性较高。

(3) 悬挑托架构造简单, 搭设施工方便快捷, 效率高, 成本低。(4) 悬挑托架主要承力结构能够在工厂预制, 无

需现场加工, 质量具有保证, 可重复利用率高。(5) 悬挑主梁通过加固钢板及加固盒, 避免了支架对永久结构的安全和外观的影响, 确保 0# 主梁混凝土荷载传递至墩柱及基础结构上。

2 适用范围

(1) 本工法适用于公路、铁路、市政等桥梁工程。

(2) 适用于深水、高墩、条件不能搭设满堂支架承台利用截面小的施工环境。

3 工艺原理

3.1 关键技术

(1) 对拉高强精轧螺纹钢施加预应力, 从而使张拉盘(垫板)与墩身间产生摩擦力, 作为主支承力。(2) 支承三角托架上的主要荷载通过纵梁传到(垫板), 张拉盘与墩身的竖向摩擦力为支撑荷载。(3) 支承三角托架上的另外一部分荷载通过纵梁下的斜撑梁传至插销棒, 再通过插销棒传力至桥墩上。总体上受力简单, 传力明确。

3.2 理论基础

三角托架利用了三角形的稳定性的特点。采用了不在同一条直线上的三个点, 能确定一个平面, 而且只能确定这一个平面, 等于说, 那个平面是惟一性的, 只可能有一个, 绝对不可以有第二个。托架的三个脚便构成三角形的各个顶点, 它们不在同一条直线上, 按照上面的性质, 这三点刚好构成了三角托架底面的惟一平面, 托架上边的横梁便稳当地固定在这个平面上, 因为是惟一的平面, 会晃

动,不会影响使用的效果。

对牛腿托架的强度刚度稳定性的验算,确定牛腿,横梁等材料规格,尺寸,布置形式。

下部施工时在墩身上预埋钢板或者预留孔等。牛腿托架主要作为0号块底模铺设平台,传递荷载至墩身及下部结构。

3.3 托架结构

三角托架结构主要包括三角托架、横向分配梁、纵向分配梁、承重牛腿、平梁系统及预埋件等。底模支架采用[14#槽钢组焊,托架采用I36b工字钢及[36#槽钢组拼,支座采用 $\delta 20$ 钢板焊接,连杆采用[14槽钢,底板单侧设置5榀三角架,三角架横杆上铺设I45双拼工字钢主分配梁,布置最大间距1.5m,底模支架分部于主分配梁上,腹板下布置间距0.15m,底板下布置间距0.6m,翼缘下部区域设置I40工字钢次分配梁,侧模支承于次分配梁,前后侧上支座设置对拉杆,拉杆采用PSB830 $\phi 32$ 精轧螺纹钢对拉加固,模板翼缘悬臂部分由采用 $\phi 48$ 钢管支撑。

4 施工工艺流程及操作要点

施工工艺流程图:

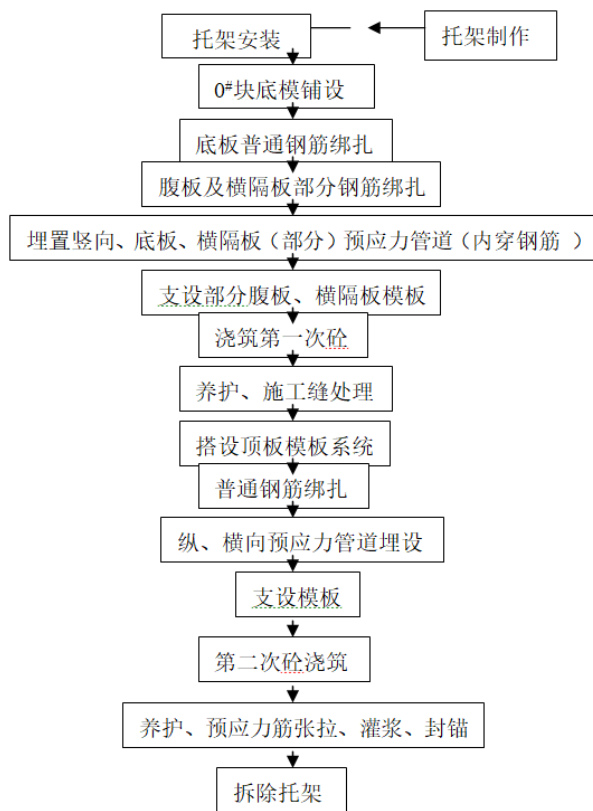


图1 施工工艺流程图

4.1 托架的制作与安装

三角托架结构主要包括三角托架、横向分配梁、纵向分配梁、承重牛腿、平梁系统及预埋件等。底模支架采用[14#槽钢组焊,托架采用I36b工字钢及[36#槽钢组拼,

支座采用 $\delta 20$ 钢板焊接,连杆采用[14槽钢,底板单侧设置5榀三角架,三角架横杆上铺设I45双拼工字钢主分配梁,布置最大间距1.5m,底模支架分部于主分配梁上,腹板下布置间距0.15m,底板下布置间距0.6m,翼缘下部区域设置I40工字钢次分配梁,侧模支承于次分配梁,前后侧上支座设置对拉杆,拉杆采用PSB830 $\phi 32$ 精轧螺纹钢对拉加固,模板翼缘悬臂部分采用 $\phi 48$ 钢管支撑。

4.2 模板施工

0#块底模板、腹板模板均采用15mm的竹胶板,顺桥向侧模板采用挂篮模板以及0#块配置模板,0#块模板加工长度 $11.3\text{m}=4.3\text{m}+2.7\text{m}+4.3\text{m}$,其中两侧4.3m模板通用至悬浇段;端模板采用钢模板,端模板以及侧模板材料要求:面板6mm钢板,边框及肋板12mm钢板,横肋[8#槽钢,桁架[10#槽钢。

模板制作采用定型钢模板,工厂内定制加工,现场拼装,模板应保证足够的刚度、表面平整度。底模和侧模之间应夹设双面胶,防止模板缝隙漏浆。内模采用组合钢模、外侧模采用大块钢模。模板安装应稳固牢靠,拉杆撑杆并用、尺寸误差满足规范要求。在模板安装过程中,特别注意吊装安全,确保每块模板支撑稳定后,方可松钩,进行下步作业。

0#段模板施工顺序:施工放样→在托架上安装底板→安装外侧模板→安装内侧模板→安装端头模板→安装外翼边板→验收。

4.2.1 底模安装

由于本桥主墩处无支座,因此需要在墩顶处将底模板割开露出,其余模板直接放置在底板配梁上(分配梁为I45b),通过楔形块调节底模倾角。安装时注意底模模板安装精度应符合设计要求,模板拼缝均用密封胶条镶补,以保证阳角线条。考虑到拆架后梁体微量下沉及箱梁受力体系转换后的沉降,铺设时预留一定的沉降量,根据支架预压数据抬高底模板的标高。底模安装时注意按设计要求在箱底设置泄水孔。

4.2.2 腹板模板安装

腹板模板统一采用竹胶板,第一次安装至顶板下倒角处,以内侧模控制砼浇筑高度,外侧膜安装比内模高出20cm左右。在浇筑第一次砼并养护7天后进行第二次模板安装,第一次腹板模板与第二次模板相接处的模板不拆除,其余可拆除,第二次安装剩余模板及内模板的顶板。

4.2.3 内模安装

内模采用挂篮的内模,模板通过钢管支架及钢凳支于底模上。箱内搭设 $\phi 48 \times 3\text{mm}$ 钢管支架,横桥向间距90cm、顺桥向间距60cm,用 $100 \times 100\text{mm}$ 木方、顶托进行支撑牢固。分两次安装完成,第一次安装内模腹板模板,第二安装在浇筑完成底板、腹板混凝土后安装内侧模顶板。

(1)为便于控制内外侧模板间结构尺寸,采用调节

撑杆进行调整。

(2) 为增加腹板混凝土浇筑时混凝土的稳定, 侧模底部需要做加固处理, 可采用钢管或方木进行三角支撑。

(3) 为便于施工, 注意在浇筑顶板混凝土前, 在顶板范围内预留若干人通窗口, 完成全部梁梁体施工之后再予以混凝土封闭。

4.2.4 外模安装

顺桥向外模板采用挂篮模板以及 0#块配置模板, 0#块模板加工长度 $11.3\text{m}=4.3\text{m}+2.7\text{m}+4.3\text{m}$, 其中两侧 4.3m 模板通用至悬浇段; 侧模板材料要求: 面板 6mm 钢板, 边框及肋板 12mm 钢板, 横肋 [8#槽钢, 桁架 [10#槽钢。

安装采用塔吊, 侧模分二层安装, 先立第一块侧模后先时固定在底板上, 然后立对面的一块, 两块相对的侧模临时固定后, 用 $\Phi 48 \times 3\text{mm}$ 钢管水平拉杆加上托把这两块侧模对顶固定, 使已安装的侧模稳定, 完成第一层侧模安装。然后安装第二层第一块侧模, 方法同上, 并把后安装的第二层第一块侧模与先已安装的第一层侧模栓接, 其后安装第二层第二块侧模, 同时和对面的侧模对拉固定, 并与第一层侧模栓接。

4.2.5 堵头模安装

堵头模板根据断面大小现场加工, 板面 6mm 厚钢板, 堵头板预留钢筋、波纹管等洞口, 安装时通过内外侧模挤压辅以钢管撑固定, 堵头板上预留的孔洞在浇筑混凝土前采用泡沫胶封闭严密, 以防漏浆。

4.3 托架预压

4.3.1 托架预压目的

为了消除或保证在混凝土浇筑过程中托架的非弹性变形在设计允许范围内, 在托架安装完成后即对其进行模拟荷载预压, 分阶段观测沉降数据, 进一步判断其稳定性。

4.3.2 预压方法

底模拼装完毕, 进行预压; 本案例 0 号块理论重量 1205.57t, 考虑安全稳定性, 模拟荷载取 1.2 倍的安全系数。

托架搭设完毕后立即进行分级堆载预压, 分级加载的顺序: 60%模拟荷载→80%模拟荷载→100%模拟荷载→120%模拟荷载。

4.3.3 变形观测

在每级加载过程中, 采用水准仪进行沉降观测, 每断面不少于 5 个点, 并应对称布置。

支架沉降监测点应在支架顶部和底部对应位置上分别布置。

表 1 观测数据表

荷载重量	0%	60%	80%	100%	120%
观测时间(h)	0.5	2	2	24	2
荷载重量(t)	0	466.35	621.8	777.25	932.7

4.4 钢筋安装

0 号#块钢筋安装包括横隔梁、底板、腹板及顶板等部分组成, 考虑施工先后顺序, 采用先安装横隔梁, 再安装底板钢筋, 接着安装腹板钢筋, 最后安装顶板、翼板钢筋。

4.5 预应力管道施工

0#块预应力管道布置比较复杂, 施工前应做好交底, 严格管道的坐标, 曲线段每 50cm 间距设一道井字定位钢筋。管道平顺不得有死弯, 管道接头使用外套管且接头应封密防止漏浆。每根预应力管道在安装均需要严密检查, 不得有漏洞, 脱节等现象。

为确保预应力管道内通畅, 在浇筑混凝土过程中, 预应力管道采用直径稍小的内衬塑料管, 随浇筑随不断地抽动内衬管, 当砼初凝后立即拔出内衬管, 确保管道通畅不堵塞。

4.6 混凝土施工

0 号块高度最高为 5.5m, 最低为 5.212m, 计划分两次进行浇筑, 第一次浇筑至顶板下倒角处, 第二次浇筑剩余的倒角及顶板。混凝土浇筑时先浇筑底板再浇筑横隔梁及腹板混凝土, 沿桥纵向由两端同时对称浇筑。混凝土浇筑时两端同时对称浇筑混凝土, 且对称浇筑混凝土重量差不得大于 10 吨。由于梁段钢筋、预应力管道比较密集, 应严格控制混凝土原材料级配, 保证其具有良好的可泵性, 坍落度以实验室配合比为准。

振捣: 由于梁内钢筋密集, 预应力管道纵横交错, 尤其对锚下必须加强振捣, 保证锚下砼密实。砼浇筑完成后应在砼顶面覆盖洒水养生。

首先从外侧对称浇筑底板及倒角混凝土, 浇筑完后, 待底板砼无流动性时(初凝之前)灌浇腹板砼。捣固人员站在顶板钢筋上进行捣固。

按设计要求, 必须控制梁体重量, 因此除严格控制箱梁立模结构尺寸满足设计要求外, 在砼浇筑时必须严格控制砼面标高。

0 号块混凝土灌筑完成之后加强混凝土的养生工作, 在混凝土表面采用双层土工布覆盖, 保持混凝土面时刻保持湿润, 养护时间不少于 7 天, 混凝土强度达到设计及规范要求后进行预应力张拉、压浆, 验收完成后进行下一道工序施工。

4.7 预应力拉、压浆施工

在混凝土强度达 49.5Mpa 后, 方可进行预应力拉施工, 白水河一号大桥 (50+90+50)m 连续刚构采用三向预应力体系, 预应力钢束张拉必须严格按本设计提供的张拉顺序和张拉控制应力进行。施加预应力必须在混凝土强度达到 90%、弹性模量达到规范要求并必须养生 7 天以后进行预应力张拉施工, 张拉顺序严格按设计图纸要求进行, 原则上先纵向、再横向、最后竖向。预应力与伸长值采用双控, 张拉加载主要程序如下:

张拉程序为: $0 \rightarrow 10\% \sigma_k$ (初应力, 持荷 2 分钟, 测

量伸长值)→20%σ_k(持荷2分钟,测量伸长值)→100%σ_k(持荷5分钟)→补张拉至100%σ_k(σ_k为控制应力,测量伸长值,锚固)。

纵向:纵向预应力束张拉顺序为:先长束,后短束;先腹板,后顶板,左右对称进行,锚下控制应力:0.73f_{pk}=1357.8MPa。

横向:纵向预应力张拉完成后可进行横向预应力束张拉,横向单根一次张拉完成,左右交错进行,先根部(靠近已成梁段),后端部。锚下张拉力为1302MPa。

竖向:采用二次张拉工艺,第二次张拉时间为在全桥合拢后统一张拉。张拉顺序先根部(靠近已成梁段),后端部,两侧对称张拉。张拉控制应力706.5MPa。

拉完后,计算检查三向预应力拉伸率是否在±6%围,竖向精轧螺纹钢回缩量是否≤1.0mm,横向、纵向钢绞线回缩量是否≤6.0mm,如不满足应立即与监理和设计单位协商解决,对钢绞线出现滑丝,断丝,精轧螺纹钢断裂等异常现象,应查明原因,进行补拉,并作好拉施工原始记录,由现场监理及时签认。

拉完后,用砂轮机切割多余的钢绞线和精轧螺纹钢。并用清水冲洗预应力管道,M50的水泥浆利用压浆机从低段压向高段,压力控制在0.5MPa~0.7MPa,持续一次进行直到出浆段冒出的浓浆为止,再保持0.5MPa的稳压期2分钟,便可停止压浆。

5 质量控制

根据《公路工程质量检验评定标准》、《公路桥涵施工技术规范》、《钢结构设计》等制定以下质量保护措施。

(1)预埋PVC管和精轧螺纹钢应足尺寸放大样后方可下料,确保其加工精度,技术负责人应进行详细的现场技术交底。PVC管和精轧螺纹钢应按设计的型号选用,PVC管长度误差控制在0~20mm内,精轧螺纹钢长度误差控制在0~10mm内。(2)PVC管和精轧螺纹钢安装前,班组工人应先做好现场检验工作,接着由现场技术员和班组长进行全面检查,对材料尺寸、安装位置、施工标高等项目进行复核,应做好记录,发现不符合要求的项目必须在安装前处理完成,确保其安装精度。(3)三角托架加工过程,钢材下料、焊接尤其重要,应确保其加工精度满足设计及规范要求。(4)张拉精轧螺纹钢是关键工艺,对0#块托架施工极其重要,张拉过程应注意张拉力的控制、监测,应力和伸长量均不小于设计值。张拉应力控制在100%~103%内,伸长量偏差不超过±6%。(5)焊接工艺必须先进合理,采用专门措施控制焊接变形,焊缝要饱满、平直、不得有气孔、加渣、咬边、裂纹、焊瘤等缺陷。(6)0#块托架两端要求做到均衡对称作业,应严格按照图纸及

钢结构施工规范要求进行施工,托架所用材料的外形尺寸必须准确,三角托架应先焊接成形,然后吊装。(7)施工所使用的设备应定期进行检查鉴定,确保张拉设备的精度、准确度。(8)对关键部位应详细多遍检查,及时发现并解决问题,不得留有隐患。(9)为确保0#块托架平面、标高符合设计要求,专门聘请具有专业监控资质进行实时监控。(10)项目经理部成立以项目经理为组织的质量管理小组,质量管理小组严格按照质量管理体系文件进行质量管理,力求做到从项目经理到现场施工员一级一级严格把控,从中保证工程质量。

6 安全措施

6.1 三角托架加工安全保证措施

三角托架加工前必须进行荷载检算和焊接检算,符合设计规范后方可进行三角托架现场加工。三角托架加工的材料,工字钢、斜撑钢板等需经监理单位检验,确认符合标准要求,方可进行焊接加工。进行焊接作业时手持焊工面罩、佩戴护目镜、穿防护服和焊工手套。

6.2 三角托架安装安全保证措施

施工人员进行三角托架安装时,需在预埋安装构件的设计标高搭设作业平台、脚手架、做好临边防护措施。塔吊将加工成型的三角托架起吊至设计标高。作业人员必须持证上岗,进行焊接、切割、拼装时,作业人员必须佩戴好安全帽、安全带、焊工手套、护目镜、施工人员不得穿拖鞋、硬底易滑鞋。施工时托架下面严禁站人、通行,防止焊渣或其它坠物伤人。

6.3 安装、拆除分配梁

塔吊在进行分配梁吊装及拆除作业时禁止吊臂底下站人,禁止进入施工作业范围内,绑好钢丝绳后进行检查,现场起吊指挥员做好统一指挥信号。

6.4 拆卸三角托架

三角托架拆除时用钢丝绳绑好,拆除顺序必须先装后拆,后装先拆的原则进行,再对三角托架各构件逐一拆卸。施工时禁止底下站人,施工人员佩戴安全带、安全帽,高空作业所用的工具、零件等材料必须装入工具袋。上下攀爬时手中不得拿物件,不得在高空投掷工具。信号指挥员统一指挥,司机严格遵守起重吊装操作规程。

【参考文献】

- [1]郭豆,张伟,张新恩.小空间悬臂托架T梁架设施工安全控制[J].交通世界,2021(28):83-84.
 - [2]夏兰林.浅谈悬臂梁托架钢绞线及反压横梁预压施工技术[J].智能城市,2020,6(23):133-134.
- 作者简介:郝建平(1972.9-)男,吉林大学土木工程专业。高级职称。