

高墩连续刚构桥 0[#] 块无牛腿托架设计与施工

李艳芳, 徐为华, 曾瑞祥, 曾宪柳

(中交第二航务工程局有限公司, 湖北 武汉 430012)

摘要: 0[#] 块施工是连续刚构桥建设中一道关键性工序, 对整个工程的施工安全及进度产生直接的影响。该文以贵州都匀至安顺高速公路 2 标灰冲大桥为例, 该桥横跨山谷, 墩柱为双肢薄壁高墩, 墩柱横截面略宽于主梁底板横截面, 宽出部分称为耳墙。利用这一特点, 在耳墙上设置卸荷块及型钢纵梁作为主要传力构件取代常规附墩托架中的三角桁架及预埋件, 并在纵梁上设置横梁、分配梁支撑模板系统来施工 0[#] 块。相对于常规附墩三角托架其结构更加简单、受力更加明确, 施工安全性得到较大改善, 并节省了工期和成本。

关键词: 高墩连续刚构桥; 0[#] 块; 无牛腿托架; 耳墙

连续刚构桥因其造价低, 受力性能良好, 施工技术成熟等特点, 在跨越小型山谷、河流或既有公路铁路时被广泛采用。0[#] 块作为连续刚构桥的关键部位, 其施工至关重要。连续刚构桥 0[#] 块施工常用的支架形式有落地支架、悬挑托架、附墩三角托架。落地支架为梁柱式结构, 钢立柱直接与地面或承台接触, 但对位于高山峡谷的高墩连续刚构桥来说, 其并不能满足安全或经济上的要求。悬挑托架为“前挑后锚”式结构, 需在墩顶设置精轧螺纹钢对挑梁进行锚固, 该法显然不适合连续刚构桥 0[#] 块施工。附墩三角托架主要由预埋件、三角桁架、型钢横梁、型钢分配梁等组成, 上部结构荷载通过三角桁架及预埋件传递至墩柱, 杆件主要受轴力及弯矩作用, 托架最大承载能力由预埋件的锚固能力决定。根据以往施工经验, 附墩三角托架施工存在几个风险点: 三角托架安装、拆除等均属于高空作业, 安全风险高; 由于托架承载能力取决于预埋件锚固性能, 一般情况下预埋件结构大数量多, 对墩柱外观和耐久性影响大; 高空中焊接作业难度大, 尤其在立焊和仰焊时常出现焊脚尺寸偏小的情况, 这对支架的承载能力影响巨大。因此针对有耳墙的双肢薄壁墩连续刚构桥, 有必要设计一种新型托架结构来进行 0[#] 块施工, 以降低施工风险。

所示, 大桥全长 282.3 m, 为预应力混凝土连续刚构桥, 跨径布置为 (73.65 + 135 + 73.65) m。该桥横跨山间峡谷, 相对高差 156.3 m。

两岸主墩结构特点为双肢薄壁墩(图 2), 墩高 86 ~ 101 m 不等, 薄壁墩为矩形空心截面, 横桥向两侧为 50 cm 宽耳墙。

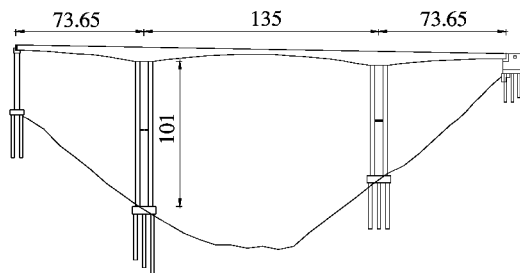


图 1 灰冲大桥桥型布置图(单位:m)

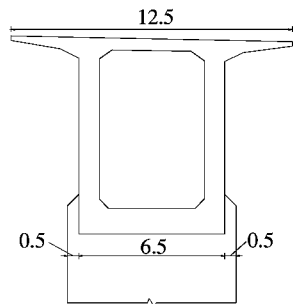


图 2 墩柱构造图(单位:m)

1 工程概况

贵州都(匀)安(顺)2 标灰冲大桥桥型布置如图 1

墩柱横桥向宽度 7.5 m, 顺桥向宽度 3.2 m, 两片墩间净距 4.2 m。主梁为变截面单箱单室断面结构, 箱顶宽 12.5 m, 底宽 6.5 m, 0[#] 块梁段高 8.2 m, 长 12 m。

收稿日期: 2020-02-10(修改稿)

作者简介: 李艳芳, 女, 大学本科, 工程师。E-mail: 19364937@qq.com

2 无牛腿托架系统研究

2.1 托架系统设计

无牛腿托架系统由型钢加工而成,主要由耳墙钢板、卸荷装置、主纵梁、主横梁、分配梁、桁架等组成,其横断面、立面图见图 3、4。

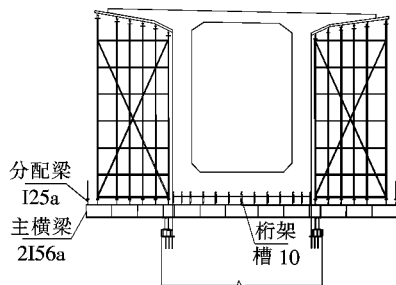


图 3 托架横断面图

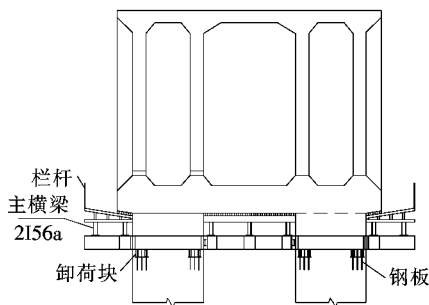


图 4 托架立面图

(1) 耳墙钢板由 60 cm×50 cm×2 cm 锚垫板加 9 根长度 50 cm、直径 20 mm 锚筋组成,锚筋与锚垫板穿孔塞焊。

(2) 卸荷装置采用砂箱,由 $\phi 426$ mm×6 mm 钢管及 12 mm 厚钢板组成,管中填充干燥细砂。

(3) 主纵梁及主横梁为主要受力构件,由双拼 I56 型钢组成。主纵梁共 2 片,分别位于墩柱两侧耳墙卸荷块上。主横梁共 5 片,放置在主纵梁之上。

(4) 分配梁为工 25a 型钢,翼缘板投影区域间距为 90 cm,腹板投影区域间距为 40 cm,箱室空心投影区域间距为 60 cm。

(5) 桁架由槽钢根据底板线形加工而成,间距布置与分配梁一致。

2.2 托架系统验算

采用 Midas/Civil 建模,对结构进行仿真验算。

边界条件:卸荷块与耳墙钢板焊接处铰接,主纵梁与主横梁、主横梁与桁架、分配梁与主横梁之间铰接。

荷载:考虑结构自重、混凝土自重、模板荷载、施工

荷载、振捣荷载及风荷载,均按规范要求取值。

工况 1:托架搭设完成,未浇筑,考虑结构自重+最大风荷载(自重系数 1.0,风荷载系数 1.4)。

工况 2:托架浇筑过程中,考虑结构自重+混凝土自重+混凝土浇筑重量+模板荷载+施工荷载+振捣荷载+工作风荷载(静载系数 1.35,动载系数 1.4)。

经计算得:工况 1 条件下托架最大组合应力为 13.6 MPa,小于 Q235 钢材抗弯强度设计值 215 MPa,托架强度满足要求。结构最大挠度为 1 mm,最大风荷载下结构能保持稳定;工况 2 条件下托架最大组合应力为 160 MPa,小于 Q235 钢材抗弯强度设计值 215 MPa,托架最大剪应力 105 MPa,小于 Q235 钢材抗剪强度设计值 125 MPa,托架强度满足要求。主纵梁最大挠度为 3.7 mm,小于规范规定的 $L/400$ ($=10.5$ mm),主横梁最大挠度为 13 mm,小于规范规定的 $L/400$ ($=17$ mm),托架刚度满足要求。

3 工艺对比

常见的附墩托架法优点在于受力明确,构件安装灵活性较大,并且适用性广。附墩托架法首先在最后一节墩柱浇筑时埋设多个预埋件,墩柱施工完成后在预埋件上焊接三角桁架作为主要传力构件,在三角桁架上设置纵、横梁作为承重构件,在其上设置模板支撑系统及模板系统来施工 0[#]块。此种结构主要传力方式为混凝土荷载通过模板和分配梁传递给托架纵、横梁,托架纵、横梁通过两端节点分别将力传递到上预埋牛腿和斜牛腿上,斜牛腿主要受轴力作用,然后传递到下预埋件。上预埋件受拉力、剪力及弯矩作用,下预埋件受压力、剪力及弯矩作用。由于托架最大承载能力由焊缝的强度及预埋件的锚固能力决定,因此附墩托架预埋件一般比较大,构件间焊接工作量较大,后期拆除及修饰工作量也较大。

无牛腿托架系统利用墩柱特点,将耳墙按照标高要求分为两次浇筑,在耳墙上设置卸荷块与型钢纵梁作为主要传力构件,在纵梁上设置横梁及分配梁作为承重构件,在分配梁上铺设模板来施工 0[#]块。此种结构的主要传力方式为混凝土荷载通过模板和分配梁传递给托架纵、横梁,托架纵、横梁通过两端节点分别将力传递到耳墙混凝土上。

无牛腿托架结构与传统附墩托架结构施工 0[#]块相比有如下优点:① 由纵梁的强度及刚度决定托架系统最大承载能力,提高了材料利用率,简化了 0[#]块施

工托架结构,减小了托架结构安拆工作量,加快了施工进度,也节约了人工;② 取消墩柱预埋件从而减少了高空焊接作业量及后期墩柱修补工作量,间接减小了施工安全隐患。

4 托架施工

4.1 施工流程

构件加工→施工准备→卸荷块安装→主纵梁安装→主横梁安装→分配梁及桁架安装。

4.2 构件加工

耳墙钢板锚筋与锚板穿孔塞焊,焊接完成后将锚板表面打磨平整,以免构件不能有效连接。

卸荷块采用钢管加垫板,内部填充干燥细砂。砂箱制作完成后进行预压,以检测砂箱的实际承载能力和消除砂箱在使用过程中的非弹性变形。托架验算中卸荷块处反力设计值为 133.2 t,每个砂箱按照设计值 1.2 倍即 160 t 进行加载预压。

桁架由[10 型钢根据底板线形加工而成,其斜杆的倾斜角度与 0# 块底板的倾斜角度互余,所有杆件之间均为焊接。

4.3 施工准备

在耳墙设置后浇段,其中箱室投影区域浇筑至设计标高,耳墙部分浇筑至墩顶标高往下 1.835 m(根据型钢尺寸调整标高)。

耳墙钢板在末节墩柱钢筋绑扎时安装,单个 0# 块施工共布置 8 块耳墙钢板,耳墙钢板的作用在于防止因卸荷块距离耳墙边缘较近对混凝土产生剪切破坏,因此耳墙宽度大于 80 cm 时可取消耳墙钢板,卸荷块直接放置在耳墙上。耳墙钢板安装时由测量人员放出其平面位置并调整四角高差,保证结构轴心受力。钢板比混凝土面略高 5 mm,防止卸荷块对混凝土造成破坏。

4.4 卸荷块安装

墩柱模板拆除完成后安装卸荷块,单个 0# 块施工共布置 8 个卸荷块。耳墙钢板及卸荷块下垫板打磨清理后,将卸荷块置于耳墙钢板上方,并将卸荷块下垫板与耳墙钢板焊接,焊脚尺寸为 8 mm。

4.5 主纵梁及主横梁吊装

主纵梁及主横梁在后场预制完成后转运至现场进行安装。两片主纵梁沿顺桥向分别放置在墩柱两侧卸荷块上,并使其轴线重合,防止构件偏心受力。主纵梁与卸荷块采用两道“U”形卡板固定,单根纵梁设置 8

道“U”形卡板。纵梁固定后在两片纵梁间设置两道 $\phi 32$ mm 精轧螺纹钢拉杆,防止纵梁受力后出现偏位。主纵梁安装完成后吊装主横梁(或者将主纵梁和主横梁在桥下拼装完成后一同吊装),主横梁沿横桥向放置在主纵梁之上,共 7 片,其中边侧各 2 片,双肢中侧 3 片。主横梁与纵梁交叉处采用两道“U”形卡板固定。工 25a 分配梁与桁架沿顺桥向放置在主横梁之上,与主横梁焊接连接,形成整个托架系统。

5 施工控制要点

(1) 构件加工完成后表面打磨平整,保证托架系统垂直受力。

(2) 耳墙钢板避开墩柱主筋,亦可在混凝土表面预留套筒,便于后续耳墙主筋接长。

(3) 根据计算结果,释放接触点的竖转能有效减小主纵梁应力。因此耳墙钢板与主纵梁接触面采用卡板进行限位,无需焊接。

(4) 托架需预压再使用,在 0# 块混凝土浇筑过程中对支架变形情况进行实时监控,保证结构安全。

(5) 0# 块预应力张拉完成后按照“后装先拆,先装后拆”的方式拆除托架系统,并浇筑耳墙至设计标高。

6 结语

灰冲大桥采用无牛腿托架成功完成了箱梁 0# 块施工,现场实施效果表明:无牛腿托架结构简单、受力明确、施工方便,规避了其他类型托架的预埋件对墩柱造成的外观质量损伤,降低了施工过程中的安全隐患,可为后续同类型桥梁的箱梁 0# 块施工提供参考。

参考文献:

- [1] 李东阳. 连续梁 0# 块托架受力分析研究[J]. 甘肃科技纵横, 2017(11).
- [2] 朱传娣. 大跨高墩连续刚构桥 0 号块托架法施工技术[J]. 混凝土与水泥制品, 2009(4).
- [3] 彭素芬, 李科. 重庆轨道交通 3 号线嘉陵江特大刚构桥 0 号块托架设计及施工[J]. 公路交通技术, 2009(2).
- [4] 宋永安, 张崇彬, 虞业强. 高墩大跨径预应力混凝土连续刚构桥 0 号块的托架法施工[J]. 公路, 2005(8).
- [5] 刘鸽, 黄修平, 曾健, 等. 0 号块三角形钢托架与高墩连接形式的探讨及应用[J]. 中外公路, 2019(3).
- [6] 周彦文, 汪泉庆, 孙鹏. 大跨径连续梁 0 号块托架结构设计及预压施工[J]. 世界桥梁, 2019(3).