

高墩连续刚构桥 0[#]块托架设计与施工

徐金生

(中铁六局集团 北京铁路建设有限公司, 北京 100036)

摘要: 在预应力砼连续梁桥或刚构桥悬臂施工中, 0[#]块砼施工是一道关键工序, 其施工关键主要在于需要设计出既经济安全又施工方便的支架方案, 同时还需要在施工过程中进行有效的安全监控。文中以永定河大桥施工为背景, 对 0[#]块托架设计与施工进行了介绍。

关键词: 桥梁; 连续刚构; 托架; 满堂支架

中图分类号: U448.23

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2013)04-0182-04

在高墩预应力砼连续刚构桥施工中, 0[#]块砼施工是关键工序, 其基本特点是桥墩高、砼体量大、重量大、现场施工条件差, 需要在狭小的高空区域内完成大体积砼施工, 施工安全压力大, 通常需要采用托架方案进行砼施工, 即在墩身上架设型钢托架作为支撑平台, 在支撑平台上架设纵向分配梁、横向分配梁、纵向方木、横向方木、模板等构件, 以形成 0[#]块砼施工的模板支撑体系。然而, 由于目前 0[#]块施工标准化程度较低, 类型丰富多样, 在满足施工安全的前提下, 同一桥梁结构类型的 0[#]块托架有多种可选方案, 而不同的设计方案将直接影响到 0[#]块施工成本、进度及线形和安全控制的难易程度。一个合适的 0[#]块托架方案的基本要求是充分反映 0[#]块结构特点, 各个组成构件约束与传力清晰, 能满足 0[#]块砼施工过程中的强度、刚度和稳定性要求, 而且安装架设方便, 施工成本、进度及安全能得到有效控制。

1 工程背景

永定河大桥为张涿(张家口—涿州)高速公路跨越丰沙铁路的一座四连跨预应力砼连续刚构桥, 桥跨跨径为(58+93+97+58) m, 桥梁全长 308 m, 1[#]墩高 59 m, 2[#]墩高 56 m, 属于高墩连续刚构; 箱梁为变高单箱单室直腹板截面, 箱梁顶宽 12.4 m, 底宽 7.0 m; 箱梁高度(以箱梁底板到箱梁顶面中心的距离计)在与桥墩墩身对应的梁段 4.0 m 范围内均为 6.5 m, 在桥台及主跨跨中处为 3.0 m, 边跨现浇段梁高均为 3.0 m, 其余部位梁高按二次抛物线变化; 箱梁顶板厚 0.3 m; 箱梁底板厚度在主墩处为 1.8 m, 桥台及主跨跨中处分别为 0.85、0.35 m, 其余按二次抛物线渐变; 箱梁腹板厚度为 0.5~0.9 m, 根据剪力大小变化。大桥结构见图 1。

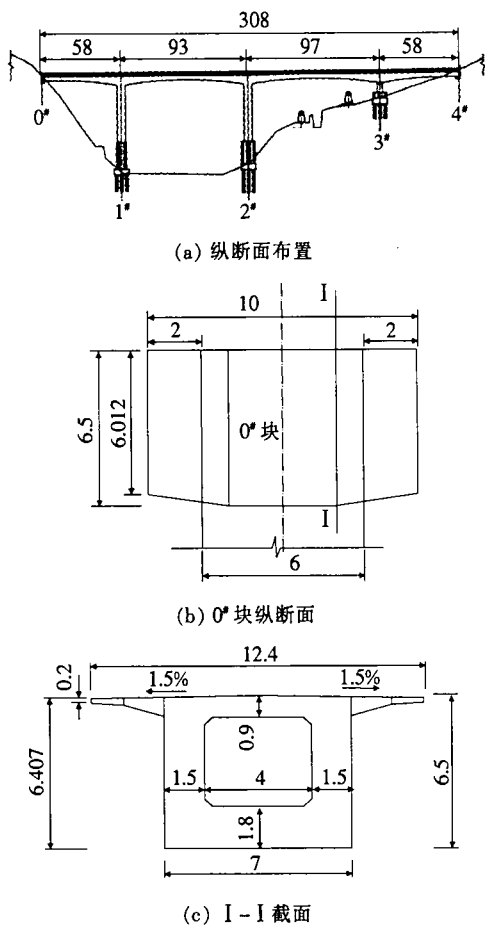


图1 永定河大桥结构(单位:m)

2 0[#]块托架方案的选择

图2显示了工程上常见的4种0[#]托架方案。在方案一中, 托架为纵向贝雷梁, 其上布设横向工字钢分配梁, 横向分配梁上垫方木用于调整模板的坡度。在方案二中, 桥墩纵向设置三角形钢托架, 其上铺设横向工字钢作为横向分配梁(为主横向分配

梁), 横向分配梁上通过楔型支座支撑型钢支架, 再在型钢支架上铺设横向工字钢分配梁(为次横向分配梁), 其上再铺设纵向方木和模板等。在方案三中, 桥墩纵向设置三角形钢托架, 其上铺设沙箱支座

支撑横向工字钢作为横向分配梁, 主横梁上铺设纵向方木, 纵向方木上直接铺设模板等。在方案四中, 纵向三角形钢托架上铺设横向工字钢作为横向分配梁, 其上铺设满堂碗扣支架。

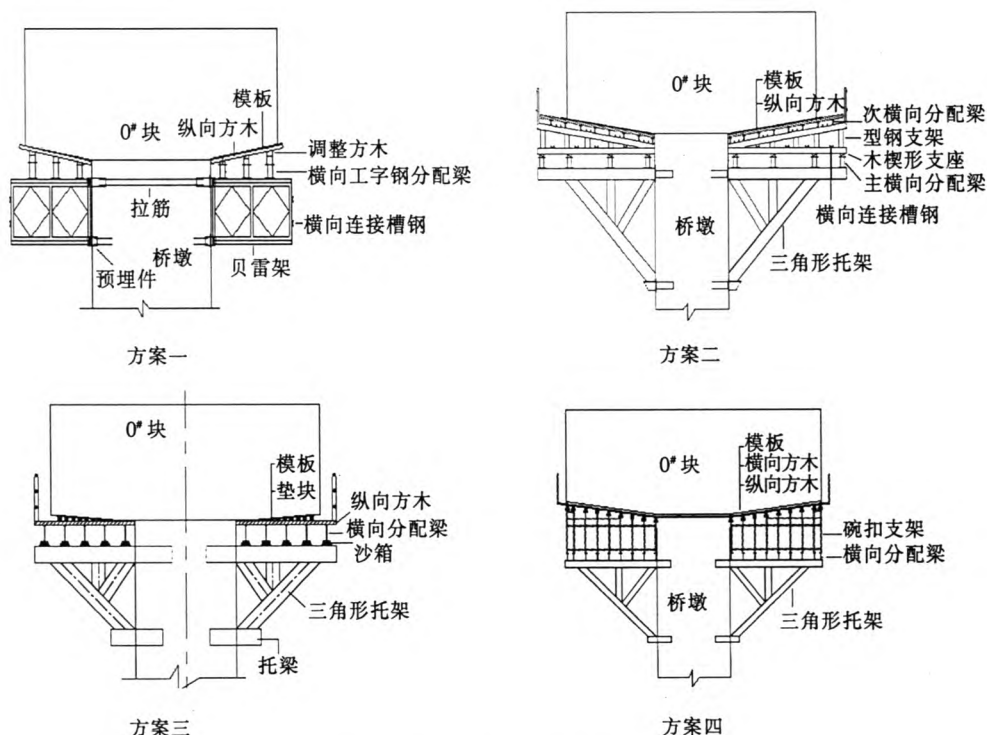


图 2 0# 块托架 4 种常见形式

方案一中纵、横向分配梁采用安装方便且可重复使用的贝雷梁制式构件作为托架, 是一种可有效节省施工成本的方案, 但在托架的变形控制上容易出现问題。方案二采用纵向型钢支架作为纵向次分配梁, 施工简单方便, 强度和刚度容易得到控制, 但由于所有型钢材料通常为一次性使用, 重复利用率差, 不利于施工成本控制。方案三无调节悬臂底板变坡的底模纵向支架, 材料较省, 安装与拆卸方便, 变形和刚度易于控制, 但仅适用于 0# 块悬臂部分底板坡度较小的特殊情况。方案四是一种由满堂支架与型钢托架的联合应用方案, 简称满堂型钢托架方案, 该方案中, 满堂支架的立杆支撑于横向工字钢分配梁上, 在纵向通常等间距布置, 而在梁段横截面方向需要在腹板区域进行加密布置。该方案的优点是既可充分利用型钢托架安装方便、变形容易控制的特点, 又可充分利用满堂支架容易安装拆卸、无需专门的卸架设备、施工成本低、容易适应梁段变高等特点, 因而在目前桥梁悬臂 0# 块托架施工中得到广泛应用。考虑到永定河大桥的结构特点和现场的施工

技术条件, 选择满堂型钢托架方案。

3 永定河大桥满堂型钢托架设计

图 3 为永定河大桥 0# 块施工的满堂型钢托架方案。该方案的基本特点是: 箱梁底部桥墩上布置 4 片纵向三角形钢托架, 桥墩横向上布置 2 排三角形钢托架, 托架中各杆件均选用双 32b 槽钢; 在纵向三角托架上布置 5 排 I28b 工字钢作为横向分配梁; 在横向分配梁上的箱室区与腹板区布置碗扣式满堂钢管支架, 钢管规格为 $\phi 48 \times 3.5$ mm, 在桥梁悬臂一侧纵向布置 5 排, 间距 0.5 m, 横向布置 18 排, 其中箱室区 6 排, 间距 0.6 m, 腹板区一侧 6 排, 间距 0.3 m, 支架横杆步距为 1.2 m; 支架上设横向和纵向方木, 纵向方木上布置型钢底模; 翼缘区挂篮外模直接支撑于 3 根 I28b 纵梁上。

4 满堂三角形钢托架安全检算

永定河大桥 0# 块设计方案的安全检算内容主要有: 模板及纵横向方木强度和刚度检算; 碗扣支架

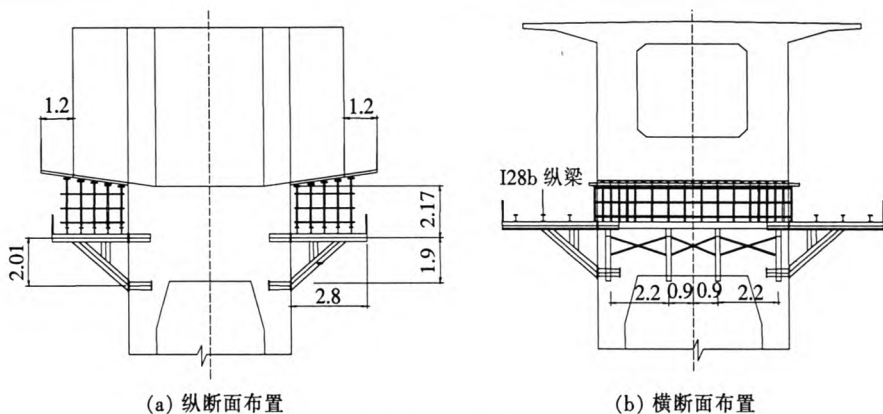


图3 0#块托架设计方案(单位:m)

强度和稳定性计算;横向分配梁的强度与刚度检算;三角形钢托架的强度、刚度和稳定性检算;有关构件连接强度检算等。

通常有两类方法实现碗口满堂支架、横向分配梁及三角形钢托架等部件的检算:一种方法通过建立由这些构件组成的三维综合有限元模型进行综合计算,通过三维有限元模型的计算结果来评介各个组成构件的承载能力;另一种方法是根据各组成构件的相互约束和传力影响关系,将它们抽象成各个独立的组成部件分别进行计算,其中横向分配梁及三角形钢托架均可简化为平面杆件有限元进行计算。只要模型选择合理,并遵循相关技术规范计算外载,两种方法均能反映满堂型钢托架的受力特点,且计算结果接近或者相互吻合。选择相对简便的第二种方法实现永定河大桥的托架安全计算。

4.1 满堂支架强度和稳定性计算

需考虑箱梁的荷载横向不均匀分布情况,可选择0#块悬臂部分最大箱形截面对象,对其进行横向区域分割,计算各分割区域的组合荷载集中力,组合系数按公路桥涵施工技术规范取值;根据各分块区域的组合荷载及满堂支架立杆的横向布置方案,计算各区域单根立杆所受的组合轴力,并判断满堂支架的承载能力。

荷载取值情况如下:1)新浇砼容重 26 kN/m^3 ,人群、机具及砼振捣和冲击荷载按 4.5 kN/m^2 考虑;2)模板荷载,按外模 100 kN 、内模 60 kN 考虑,总共 160 kN ,则模板荷载可等效成桥面单位面积的分布荷载为 1.8 kN/m^2 ;3)新浇砼及模板荷载组合系数为 1.2 ,人群、机具及砼振捣和冲击荷载的组合系数为 1.4 。最大箱形截面的横向区域分割情况见图4,各区域考虑组合系数后的组合荷载及满堂支

架的立杆见图5。

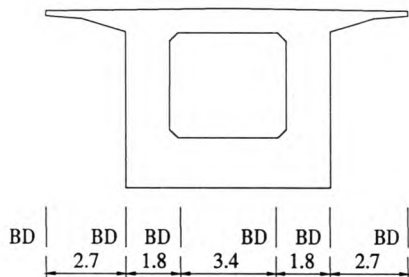


图4 区域分块情况(单位:m)

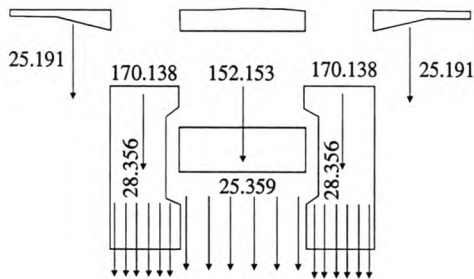


图5 区域组合荷载及相关立杆轴力(单位:kN)

4.2 横向分配梁强度和刚度计算

将横向分配梁简化成连续梁计算模型,其所受集中荷载为横向立杆对横向分配梁的作用力,即为立杆所受组合轴力,其支座为三角形钢托架对横向分配梁的约束支撑,采用杆件有限元法对横向分配梁进行力学计算。图6(a)为横向分配梁计算模型,其中翼缘板等效成4个集中荷载处理,图6(b)、(c)为横向分配梁部分计算结果。

4.3 三角形钢托架的强度、刚度和稳定性计算

将三角形钢托架简化为平面杆件有限元模型,其所受的荷载为横向分配梁传递来的支座反力,再对三角形托架进行力学计算判断其强度和刚度。三角形托架的稳定性分析可通过三角托架上的各压弯

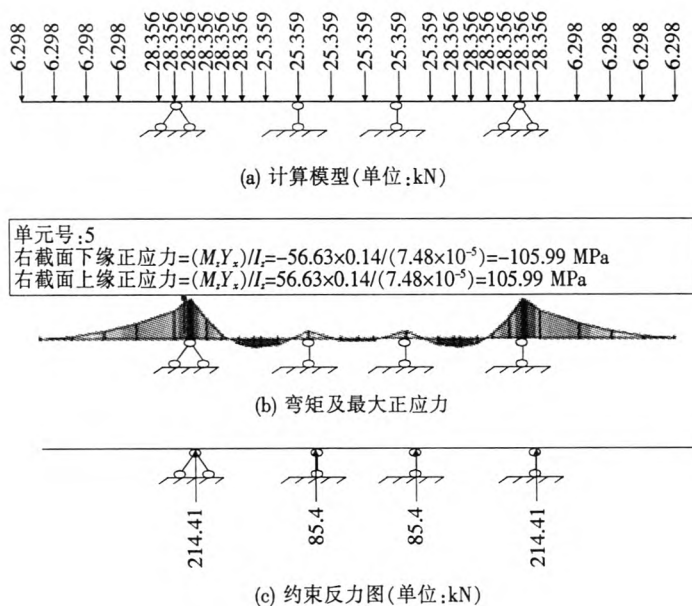


图 6 横向分配梁模型与计算结果

杆件的稳定性计算来判断。图 7(a)为纵向三角形托架结构与有限元计算模型,图 7(b)为纵向三角形钢架弯矩图。

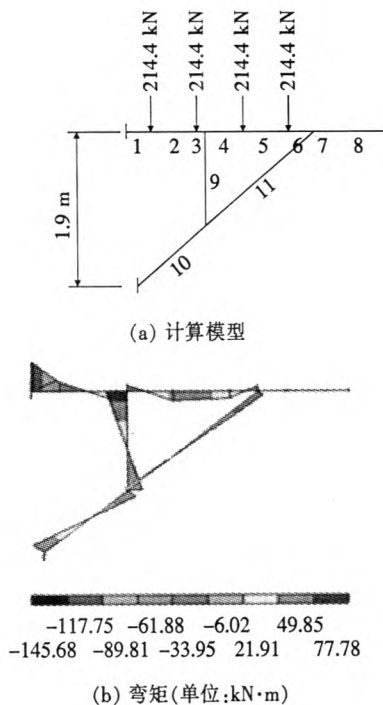


图 7 三角托架计算模型与弯矩图

永定河大桥满堂型钢托架方案中,碗扣满堂支架中立杆的最大轴力为 28.4 kN,横向分配梁的最大截面正应力为 106 MPa,三角托架杆件的最大截面正应力为 114 MPa,最大竖向位移为 1 mm,托架各组成部件及连接的各项指标均满足规范要求。

5 0#块施工的安全控制

在满足相关设计规范的前提下,实际的 0#块满堂型钢托架承载能力还需要通过现场荷载预压加以检验。通过荷载预压,可以及时发现满堂型钢托架可能存在的安全问题,并及时采取措施加以处理;还可以消除托架的非弹性变形,监测拖架的实际弹性变形,为 0#块立模标高提供数据。

永定河大桥满堂型钢托架采用沙袋作为预压荷载,重量为箱梁悬臂区域的砼自重、内外模板框架重量及施工荷载之和,考虑 1.2 倍的超载系数,并模拟箱梁横向不均匀荷载情况,分箱室区、腹板区及翼缘区域堆加相应的预压荷载。按 30%、60%、100%、120%预压总荷载分四级加载,每一级加载到位后,稳定 0.5 h 后再施加下一级荷载;在加载后期,严格控制加载速度,避免堆载速度过快导致安全意外;加载过程中安排专人进行变形监测,特别是在达到 60%总设计荷载后,要求全程监测,如果发现变形异常及时报告和处理。变形监测点设在模板底部的横向分配梁位置及三角形托架的前端位置,所有测点通过吊线悬吊钢筋头进行观测,确保变形监测方便,容易实施。在 0#块预压荷载卸除后,检查满堂托架的组成构件状态,及时消除可能出现的扣件松动和构件异常现象。

堆载试验验证了所安装的满堂型钢托架的实际承载能力及结构的刚度状态,说明可以进行下一步砼浇筑施工,其中三角形托架的实际变形与理论值

高墩大跨曲线连续刚构桥结构行为分析

刘文忠, 李友明, 徐天良

(中铁二局股份有限公司, 四川 成都 610031)

摘要: 在介绍高墩大跨曲线连续刚构桥结构特点的基础上, 结合某高墩大跨曲线连续刚构桥工程实例, 建立有限元模型, 对高墩大跨曲线刚构桥在施工阶段和成桥阶段的受力和变形进行分析, 研究其空间行为, 并为曲线连续刚构桥设计和施工提出了相应的建议。

关键词: 桥梁; 高墩; 曲线连续刚构; 结构行为

中图分类号: U448.23

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2013)04-0186-03

1 曲线连续刚构桥

高墩大跨曲线连续刚构桥在结构方面具有结构刚度大、整体性能好、抗震能力强、抗扭潜力大, 且无需安装支座, 维护费用少等优点。其上部梁体和下部墩身采用固结方式, 与基础共同承受荷载, 减小了墩顶负弯矩。双肢薄壁高墩顺桥向柔度大, 允许较大的顺桥向水平位移, 可有效减小上部结构内力及砼收缩、徐变和温度变化对桥梁结构的影响, 并且有利于降低跨中正弯矩。

连续刚构桥由于主梁和墩台之间采用刚性连接, 为高次超静定结构体系, 其对于温度变化、砼收缩徐变、预应力作用和墩台不均匀沉降等因素敏感, 结构受力复杂。相对于直线刚构桥而言, 高墩大跨曲线刚构桥由于主梁平面弯曲的影响, 结构将产生

扭转和横向变形等。同时, 受弯扭耦合作用的影响, 结构行为更为复杂, 影响因素更为广泛, 这些因素增加了结构分析的难度。目前, 针对高墩大跨曲线连续刚构桥施工过程及成桥阶段空间行为的研究分析相对较少, 该文对其施工阶段及成桥状态受力和变形进行分析。

2 工程实例及计算模型

某高墩大跨曲线连续刚构桥跨径为 $66\text{ m}+3\times 120\text{ m}+66\text{ m}$, 桥梁总体布置如图1所示。主桥下部结构为: 1#墩高 65 m, 2#墩高 97.59 m, 3#墩高 117.74 m, 4#墩高 132.89 m, 5#墩高 108.04 m, 6#墩高 67.44 m。该桥梁分左右双幅分离, 单幅桥梁主梁采用单箱单室箱形截面, 箱梁梁高、底板厚度均按二次抛物线变化, 其中心梁高 700 cm, 跨中中心

吻合很好, 而碗扣满堂支架顶部的最大位移为 5~12 mm, 呈现不均匀无规律的现象, 但主要为非弹性变形, 属于正常情况。为确保砼浇筑安全顺利完成, 在 0#块砼浇筑过程需进行变形监测, 不能麻痹大意。

6 结语

0#块砼施工是高墩预应力砼连续刚构桥施工的一道关键工序, 具有砼体积大、重量大、高空作业、安全压力大的特点, 需要选择合适的 0#块托架设计方案。一个合适的 0#块托架方案需要适应 0#块结构及桥墩结构的特点, 各组成构件间约束与传力清晰, 能够满足强度、刚度及稳定性要求, 并且安装架设方便, 施工成本、施工进度及施工安全能够得到有效控制。有效控制 0#块施工安全的技术措施是对托架方案进行荷载预压, 并进行全程变形监测。永

定河大桥施工采用的满堂型钢托架方案很好地适应了现场的施工技术条件, 所采取的安全控制措施确保了该桥 0#块施工的安全有序进行。

参考文献:

- [1] 朱传焱. 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).
- [2] 卢映魁. 黄延高速链达沟特大桥 1#、5#墩 0#段施工托架设计[J]. 铁道工程学报, 2005(4).
- [3] 李雄斌. 现浇箱梁满堂支架设计和计算探讨[J]. 公路与汽运, 2011(3).
- [4] JTG/T F50-2011, 公路桥涵施工技术规范[S].
- [5] JTG166-2008, 建筑施工碗扣式脚手架安全技术规范[S].

收稿日期: 2013-02-25