

主线高架桥预应力现浇混凝土箱梁纵向应力分析

薛伟, 张雷, 常金思

(陕西华山路桥集团有限公司, 陕西 西安 710000)

摘要 目的: 研究主线高架桥预应力现浇混凝土箱梁纵向应力。方法: 对一主线高架桥实际工程进行研究, 对其箱梁结构施工进行设计, 选取主要材料, 并且对纵向应力结构进行研究, 对施工阶段混凝土正应力进行统计, 并且对预应力进行验算。结果: 根据施工过程中混凝土应力统计发现, 施工过程中的混凝土平均值正应力小于 20.41MPa, 并且满足规定要求; 预应力验证计算表明, 在永久状态下, 现浇混凝土的压应力和主压应力均满足规范要求。结论: 铸造箱梁的最终承载能力, 包括抗弯和抗剪能力以及在正常运行极限状态下的抗裂和变形挠度指标的计算, 都符合所有通用桥梁规则规定的允许值。

关键词 主线高架桥; 预应力; 现浇混凝土; 纵向应力

中图分类号: U445

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2023)10-0052-03

高架桥现浇预应力混凝土结构通常具有体积大、跨度大、超长、强度高的特点。下面结合某高架桥箱梁的设计, 对受力混凝土箱梁的设计进行具体探讨。连续式混凝土箱梁也是目前最常用的桥梁施工形式之一^[1]。国内和国外的研究人员已经对浇筑预压混凝土梁进行了大量的模型试验和结构理论研究, 但对箱梁、多层和扩展的全连续箱梁以及浇筑连续钢筋和平台的结构分析相对有限^[2]。为了保证建筑质量和桥梁的安全稳定, 现浇连续箱梁的结构受力分析已成为一个重要课题。

本文根据某市科技二路市政工程施工过程中测得的应力数据, 对科技二路施工路桥进行了单元分析, 研究了不同工况下特宽混凝土加筋梁施工过程中的应力状态以及长梁上下沿桥梁横向的纵向应力分布。

1 工程概况

本次研究以某市科技二路市政工程为例开展研究, 该项目主要采用“主线高架桥+地面主干路”的形式进行构建, 即立体层与绕城高速交叉设置互通式立交, 与其余道路交叉设置分离式立交; 地面层与相交道路交叉采用平面交叉型式完成交通转换。该项目路线总长为 2.075km, 高架桥桥段长为 1.264km。该桥平均宽跨比为 0.46, 横向宽跨比达到 0.98, 平均纵横比为 18.6。主线桥采取抛物线的形式, 两边主线中心横向间距为 31.8m; 高架桥上一共安装了 37 对束条带, 分

别从左到右编号为 DS1-DS38。道路类别为城市快速干道, 桥梁全宽防撞保护为 0.5m, Am 的机动车道, 0.5m 的中央分隔保护, 高架桥上机动车道和 6m 防撞保护栏。高架桥其中变化值是 A 和 B。并且根据宽度增加了双向六车道, 这个车道超过标准宽度, 大概每 3.5m 增加一个车道。净行程高度大于或等于 5m。桥面的横向倾斜度在两个方向上均应为 2%, 纵向倾斜度在一个方向上应为 1.8%。其规定的车速为, 主线高架快速路 80km/h。在体系转换过程中, 重点监测的主要技术参数有路面标高、主桥散射截面纵向位移和现浇混凝土压应力^[3]。以此为基础, 开展研究。

2 施工方法

在主线高架桥预应力现浇混凝土箱梁的常规施工方法中, 一般包括以下几个步骤。

2.1 模板安装与调整

根据设计要求和施工图纸, 准备箱梁模板系统, 并进行安装。确保模板的平整度和准确度, 以免影响混凝土浇筑后的形状和尺寸。

2.2 钢筋布置与绑扎

按照设计要求, 在模板内部铺设和绑扎预定的钢筋。钢筋应按照正确的位置、间距和覆盖层进行布置, 以满足结构强度和刚度的要求。钢筋的连接应牢固可靠, 采取机械连接方式, 机械连接采用标准化的连接

器件,连接质量较为稳定,能够保证钢筋连接的可靠性和一致性。

2.3 混凝土浇筑

混凝土应按照设计配合比和质量要求来制备。在浇筑之前,应保证模板的清洁和涂抹刨花油或模板脱模剂,以便于脱模。在浇筑时,应遵循均匀浇注、逐层振捣和适时振动等施工要求,以确保混凝土的均匀性、密实性和充盈度。

2.4 预应力处理

进行后张法预应力施工,其步骤如下:

1. 钢筋准备:根据设计要求确定需要加固的结构部位,然后按照预应力计划进行钢筋准备工作。这包括确定预应力筋的类型、直径和长度,并对其进行清理和防锈处理。

2. 钢缆安装:在结构上设立预应力孔洞,将预应力钢缆或导轨安装在这些孔洞中。预应力钢缆的数量和布置应该按照设计要求进行安装。

3. 打座和绑扎:在每个预应力钢缆的两端安装金属垫块,称为打座。然后,用钢丝将打座的两端连接起来,形成一条连续的预应力筋。

4. 拉伸预应力筋:使用专门的拉伸设备对预应力筋进行拉伸,施加所需的张力力量。拉伸之前需要根据设计要求测算出预应力筋的初始长度。一旦达到所需的预压力,就将预应力筋的两端固定在锚具上。

5. 锚固锚具:在结构的两端设置锚具,用于固定预应力筋。锚具的类型和布置应该根据设计要求进行选择,以确保钢筋的安全锚固。

6. 灌浆充填:在预应力孔洞中注入特殊的灌浆材料,用于填充钢管内部和孔洞周围的空间。这可以加强钢筋与混凝土之间的粘结,并提高结构的整体性能^[4-5]。

3 现浇箱梁结构主要材料和计算模型

3.1 箱梁结构

该项目高架桥长 1.264km,共计 11 联,其中钢箱梁 1 联长度 177m,预应力混凝土连续箱梁 10 联长度 1084m,桩基直径 $\Phi 1500\text{mm}$ 的 227 根,直径 $\Phi 1800\text{mm}$ 的 36 根,承台 38 个,墩柱 75 个,系梁 34 个。高架桥的上部结构为预应力混凝土连续箱梁,跨度体系为 (30+45+30)m。

3.2 主要材料

主梁混凝土的强度等级为 C50,钢筋类型是 HRB400 及 HPB300。预加载系统采用 $\Phi 15.2$ 高强度低松弛钢绞线,上部结构主要材料用量指标见表 1。

表 1 梁上部结构主要材料指标表

指标	C50 混凝土 / m^3	预应力钢绞线 /t	普通钢筋 /t
全桥用量	26399.4	1031.694	5825.073
单位面积用量	1.5352	0.821	3.6896

波纹管采用塑料波纹管。采取真空辅助压浆工艺。

3.3 现浇箱梁设计

3.3.1 预应力钢筋

钢绞线进场后,需按相关规范对其进行严格测试,包括强度、外形尺寸、物理和力学性能等方面。测试中需要对锚头进行裂纹检测,对夹片进行硬度检测,并对锚具进行锚固性能测试,还需要测量锚固口处的预应力损耗以知晓实测值,并确定千斤顶张拉力是否需要调节,同时使用测量到的弹性模量和截面面积对张拉引伸量进行校正。在相同的断面中,预应力钢束的断丝率不得超过百分之一,任何条件下,每个钢绞线都不能有 1 根以上的断丝或滑丝情况出现。

3.3.2 预应力管道

除了针对类别、型号、规格和数量外,还应对预应力管道进行外观、尺寸、集中荷载下的径向刚度、荷载作用后的抗泄漏和抗弯曲渗漏等方面的检测。

在建设预应力管道时,按照设计图要求设置曲线处的加强钢筋和锚下的加强钢筋是必要的。这些加强钢筋的设置旨在增强管道的刚度和稳定性,在曲线处提供足够的抗弯承载能力,并在锚下区域提供足够的抗拉强度。通过设置适当的加强钢筋,可以有效地抵抗管道在曲线和锚下处产生的应力和变形,从而确保管道的安全运行和可靠性。在设置加强钢筋时,需遵循设计图的要求,确保其位置、数量和尺寸符合设计规范和结构要求。

在管道接头的连接上,建议选择同一型号的大一级管段,并保证其长度为被连接管段的 5 倍至 7 倍。在连接过程中,不应改变接头处的角度。在混凝土的浇筑过程中,若管道发生转动或移位,必须将接头包裹严实,以防止水泥浆渗透。此外,所有管道的连接处必须确保良好的密封性,并满足真空条件。

在施工过程中,需注意防止钢筋的焊接和绑扎对预应力管的损坏。

3.3.3 预留设施

为了确保箱梁的底部安全和便利,必须安装照明灯,并且电缆线需要穿过整个箱室。此外,在横梁上

预留一条径向通道,以便维护和检修。在考虑相邻连接的两端横梁时,必须综合考虑,以确保纵向的预留孔的匹配。这样可以保持整个预留管通道的尺寸一致,从而在后续线路通过时减少可能遇到的问题。

此外,箱梁底部的照明灯的安装非常重要。这些照明灯可以提供足够的光亮,确保工作人员在箱梁内进行维护和检查时有良好的视觉环境。电缆线穿过整个箱室,不仅可以保证灯光的供电,还可以连接其他设备或系统,如监控摄像头或通信设备。在横梁上留下的径向通道可以容纳电缆线,使其布置整齐,并方便维护和管理。

总之,箱梁底部的照明灯安装、电缆线穿过箱室以及纵向预留孔的考虑都是为了确保箱梁结构的安全和功能的完善。这些措施将提供便利的维护和管理条件,并减少后续线路布置时可能遇到的问题,从而确保整个工程的顺利进行。

4 实验结果分析

在现场试验中,需要对工段的箱梁进行试验研究。而在箱梁的浇筑过程中,采用了分层浇筑作为主要方法。在主梁混凝土浇筑阶段,主梁内部预埋了埋入式混凝土钢弦应变传感器。应变计用钢丝绑扎在混凝土主梁顶板上缘及底板下缘纵向钢筋上,在混凝土浇筑完成后测试初始值。在施工过程各工况开始前后分别利用应变采集仪进行数据采集,通过计算得出该工况下主梁应力变化值。

施工阶段混凝土的应力计算结果见表2所示。

表2 施工阶段混凝土正应力表(单位:MPa)

位置	应变编号	应力/MPa
顶板	T1	6.12
	T2	7.52
	T3	7.17
	T4	6.97
底板	B1	9.13
	B2	9.90
	B3	9.87
	B4	9.26

根据表2的计算结果,顶板混凝土的应力低于7.52MPa,底板混凝土的应力低于9.90MPa,满足设计要求,并且其应力水平较低,满足要求。

5 实验结果讨论

预应力混凝土箱梁桥是桥梁工程中广泛采用的桥型,该类桥的剪力滞现象、腹板开裂和0#块开裂现象是长期困扰着桥梁设计、桥梁施工和养护人员的老问题。本文结合箱梁的受力特点,着重考虑三向预应力(纵向预应力、竖向预应力和横向预应力)对箱梁应力的影响,分别计算了在纵向预应力作用下悬臂箱梁剪力滞效应;竖向预应力的预应力损失对箱梁腹板主应力的影响;横向预应力对0#块顶板横向应力的影响。经过计算和分析,得到以下结论:

由于箱梁的重量和上部的承载能力需要通过腹板传递到横梁上,因此在腹板附近会产生较大的剪应力。在接近腹板的区域,剪切力分布最为集中,而远离腹板的地方剪切力分布相对较小,并且呈现出来的剪力滞效应更加显著。现场浇筑的箱梁的最终承载能力,包括弯曲和剪切能力,以及正常运行极限状态下的断裂阻力和变形率的计算,都符合公共桥梁法规中规定的允许值。

6 结语

为提高主线预应力混凝土梁箱高架桥施工质量,本次研究以真实项目为例,开展主线高架桥预应力现浇混凝土箱梁纵向应力分析。通过对一主线高架桥箱梁结构进行设计,选取主要材料进行施工,并对其纵向应力进行分析与研究,验证所铸造箱梁的最终承载能力,以及在正常运行极限状态下的抗裂和变形挠度指标均符合通用桥梁规定的允许值,由此可说明采用设计结构可提高主线预应力混凝土梁箱高架桥的施工质量和安全性。

参考文献:

- [1] 张永强. 高架桥现浇箱梁施工工艺以及质量控制分析[J]. 中国住宅设施, 2023, 236(01): 121-123.
- [2] 王有国, 李铃灿, 黄东, 等. 城市高架桥预应力混凝土现浇连续箱梁承载能力检算分析[J]. 智能建筑与智慧城市, 2022, 313(12): 10-12.
- [3] 张月起, 吕金辉, 李支彬, 等. 软土地基区域基坑开挖施工对轻轨高架桥结构的影响分析及变形监测[J]. 天津科技, 2022, 49(10): 74-78.
- [4] 李嘉, 刘伟, 蔡伟. 城市高架桥混凝土防撞护栏“四模块”精细化施工技术[J]. 浙江交通职业技术学院学报, 2022, 23(03): 12-15, 32.
- [5] 李沙, 何俊, 易毅, 等. 高层钢筋混凝土框架结构预制柱灌浆施工质量研究[J]. 建筑科技, 2022, 06(03): 112-114.