

公路桥梁空心薄壁高墩测量控制技术研究

王浩宇

(中交四航局第五工程有限公司, 福建 福州 350008)

摘 要 科学技术水平的不断提升, 使得新技术、新工艺、新方法被广泛应用于桥梁施工当中。桥梁高墩施工逐渐由重力型桥墩转向轻型桥墩, 这在一定程度上提高了公路施工运营的安全性。空心薄壁高墩施工技术被广泛应用于公路施工中, 而测量控制作为施工中的一项关键性技术, 其中墩柱的轴线偏位、垂直度情况、高程控制的好坏将直接影响到空心薄壁高墩墩柱的施工质量。

关键词 公路桥梁; 空心薄壁高墩施工技术; 测量控制

中图分类号: U445

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.01.018

0 引言

公路桥梁空心薄壁高墩施工为高空作业中混凝土浇筑成型, 此类施工对测量精度要求较高。在实际的施工过程中, 对墩柱的测量控制是保证施工顺利的关键^[1]。结合广连高速公路青莲河特大桥主墩工程建设实际情况, 从墩柱轴线定位、垂直度测量、高程测量三个方面对空心薄壁高墩测量控制技术展开研究和探讨。

1 工程概述

青莲河特大桥南接观音山大桥, 北接高峰隧道, 中间跨越青莲河及农田; 桥梁分左、右两线, 左线起讫里程 K150+749.00-K152+342.65, 中心里程桩号 K151+546, 桥长约 1 594 m, 跨径 15×30+6×40+77+140+77+30+10×40+6×30 m; 右线起讫里程 K150+868.90-K152+452.65, 中心里程桩号 K151+661, 桥长约 1 584 m, 跨径 11×30+6×40+30+77+140+77+12×40+7×30 m; 桥梁上部结构类型为预应力混凝土小箱梁、T 梁及刚构连续梁。青莲河特大桥主墩平均墩高约 60 m, 采用空心薄壁的构造, 具有一定的柔度, 墩柱底截面支撑面小, 重心较高。

2 青莲河特大桥空心薄壁高墩测量的影响因素

影响青莲河特大桥空心薄壁高墩施测精度的因素主要可分为自然因素、人为因素、设备及材料等几个方面。自然因素主要指大气对流、太阳照射及升、降温造成的温度荷载等; 人为因素主要指施工过程中人为的各种失误致使墩柱产生挠曲变形^[2]; 设备主要指使用不能满足墩柱施工要求精度的测量仪器, 影响墩柱的轴线及垂直度等; 材料主要指墩柱模板刚度不足, 尺寸偏差超限等。

2.1 自然因素

1. 大气对流: 在大气作用下, 风力在高墩迎风面

背面形成风流, 风力有强弱的变化, 微风时对墩体影响较小, 当风力过大时, 会使墩体产生轻微摆动, 在不同季节及天气下, 风向也有不同, 所以摆动是无序的。随着施工进度加快, 墩高不断增长, 摆幅对测量精度的影响也将逐渐增加。同时, 风力过大对测量仪器稳定性也有较大影响。

2. 日照: 太阳照射除了会对全站仪施测产生不利的大气折光外, 还会对已成型的混凝土墩柱造成影响, 面对阳光的一侧和背对阳光的一侧形成温差, 从而致使墩柱出现不同程度的膨胀, 容易造成墩柱轴线的弯曲和摇摆, 其幅度大小随着日照温度高低和温差大小而变化。

2.2 人为因素

施工人员未按施工规程要求对墩柱模板进行必要的加固, 在墩柱浇混凝土过程中, 振捣棒不对称振动、天泵碰击模板等造成的模板倾斜, 测量人员感官的鉴别能力有限, 未按仪器操作规程进行施测, 在仪器的安置、照准、读数、气象改正等多方面造成的失误皆会造成墩柱轴线、垂直度等偏差超限^[3]。

2.3 设备及材料

1. 测量仪器: 使用未进行有效检校的仪器, 测量仪器本身的精度限制, 如全站仪的三轴误差(视准轴误差、横轴误差、竖轴误差)、照准部偏心差、度盘误差及测距误差, 对中杆的目标偏心差等。

2. 模板: 模板加工的出厂误差, 使用过程中不对称摆放、吊装发生形变等。

3 青莲河特大桥空心薄壁高墩测量控制措施

3.1 针对大气对流影响产生误差应采取的措施

安排专人对青莲河特大桥主墩施工过程中的天气情况进行监测, 及时掌握未来的天气情况。当施测过

程中出现五级以上的大风时,应暂停施测工作。根据现场实时监测结果统计,在进行墩柱测量的过程中,风速在 4 m/s 以下时,施测精度较高。

3.2 针对温差影响产生的误差分析及采取的措施

3.2.1 墩顶位移近似析解

柔性墩柱日照温度作用下引起的墩顶位移,我们可以参照《TB10052—1997 铁路柔性墩桥技术规范》下述方法对日照温差引起的墩顶位移进行估算。

TB10052—1997 第 2.3.6 条给出了顺桥向日照温差引起的墩顶位移计算公式如下:

$$\Delta_s = \sum_{i=1}^n \frac{6\alpha T_{iyi\Delta y_i}(ad_i - 2)}{a^2 d_i^3}$$

式中: Δ_s 为日照墩顶位移 (m); α 为混凝土线膨胀系数,取 10^{-5} ($1/^\circ\text{C}$); T_i 为桥墩顺桥向向阳面与背阳面温差 $^\circ\text{C}$; a 为系数取 7 ($1/\text{m}$); n 为计算分节数; Δy_i 为计算节段的长度 (m); y_i 为第 i 节段中心至墩顶的距离 (m); d_i 为第 i 节段墩身顺桥向的宽度 (m)。

根据上述公式结合青莲河特大桥施工相关参数近似计算,当墩高为 60 m,日最大温差为 10°C ,墩顶顺桥向最大位移可达 8mm,通过多次现场实测及理论分析,日照温差和墩高对墩柱线形影响较大,故要采取相关措施以削弱其在高墩测控中的不利影响。

3.2.2 应对措施

青莲河特大桥位于广东省西北部,属于中纬度亚热带季风性湿润气候,平均气温 19.5°C ,最低极端气温 3.8°C ,最高极端气温 39.5°C ,施工环境处于山岭地区,昼夜温差较大。针对温差对测量结果造成的影响,在实际的施工中应对墩体外表面涂抹一层养生液,尤其受阳光照射时间较长的一面定时喷洒清水进行养护降温。另外,墩身施测选定一个合理时间段进行,时间段选在上午 7:00—9:00 或下午 5:00—6:30 最佳,也可在温差相对稳定的阴天进行观测。

3.3 针对人为和设备及材料因素应采取的措施

一方面,严格把控施工测量仪器精度性能,除了对测量仪器定期送检校正外,还应设置专人每周对测量仪器进行自检自校,尤其针对全站仪的 2C 值、指标差、倾斜补偿值等相关参数做好自检自校记录,确保测量仪器满足施工精度要求^[4]。除此之外,还应应对相关施测人员进行培训交底,施测前应使仪器适应外界温度不小于 30 分钟,施测过程中应对温度、气压、湿度等相关参数进行实时改正,实时多点校核与后视,在施测时尽量将对中杆降至最低以减弱目标偏心差。同时,在墩柱施工过程中定期组织讨论会,针对墩柱测量过

程中出现的问题集中讨论,不断积累经验。

4 公路桥梁空心薄壁高墩测量控制技术

桥梁墩柱施工主要包括钢筋、模板、混凝土三大项,其中模板校核、混凝土平面位置及高程的成品检测为测控要点。根据本项目工程基本情况和控制标准,在墩身标准节段施工时,要求对墩柱的轴线偏位及垂直度进行准确的控制,在到达墩顶时,还应应对墩顶高程进行精确测设。所以,在施工控制网形的建立中,测量仪器及方法的选定是保证测控精度的关键。墩身控制标准如表 1 所示。

表 1 墩身控制标准统计表

检查项目	墩台身放样/mm	垂直度/mm	断面尺寸/mm	顶面高程/mm	轴线偏位/mm	节段错台/mm
允许偏差	4	0.3%H 且不大 于 20	± 20	± 10	10	5

4.1 墩柱施工首级控制网建立

测量控制网是各项测量工作的基础,其精度高低将直接影响墩柱施工质量。其一,施测过程中按设计及规范要求严格测控墩柱的横、纵轴线偏差,顶面高程等,事先建立平面、高程首级控制网,作为主墩施测的绝对基准,根据本项目实际情况,首级控制网采用大地四边形的形式。其二,由于本项目地处山区,路线长、纵坡较大,应保证大桥测区内投影长度变形值小于 2.5 cm/km ,此外,首级控制网还可作为墩柱施工过程中受外界环境影响及自身荷载作用下发生沉降变形的相对基准。经多方检验复核,青莲河特大桥首级平面控制网中最弱点位中误差、最弱边中误差、边长相对中误差及高程控制网中环闭合差、最弱点位高程中误差等相关精度指标皆满足设计及规范要求。

4.2 空心薄壁墩墩柱放样

青莲河特大桥主墩放样点根据构造物外形特征进行计算和控制,即在墩身施工前在已完成的承台上放样出墩柱四角点,本项目施测采用徕卡 TS09PLUS 全站仪(测角精度 $1''$,测距精度为 $1.5\text{ mm}+2\text{ ppm}$),选用“合适”的控制点(“合适”指的是距离适中、通视性良好的测控点)运用全站仪极坐标法施测,测站及后视均采用固定点,尽量减小对中误差,并在测量前后及过程中及时检查后视并进行三点校核,出现偏差及时调整^[5]。为了避免放样时仪器的竖角过大所产生的误差和仪器操作的不便,依地形和现场情况取用不同的控制点作为置镜点,避免竖角过大。墩身放样完成后及时用钢尺进行尺寸校对,满足设计及规范要

求后设置保护标志,核对无误后立即弹上墨线。

4.3 空心薄壁墩模板校正控制技术

由于目前公路工程墩柱施工工期紧、施工进度快、精度要求高及多作业面共同施工的特点,对测量人员的配置及效率要求逐渐加大,传统的铅锤法、分层投点等测量技术精度受风力影响大,测量精度及效率已无法满足本项目施测要求。故本项目空心薄壁高墩施测采用激光垂准仪与全站仪相结合的方式,方法简单便捷,测量精度高,且具有相互校核的作用,规避了传统墩柱施测中模板调校“老大难”的问题。

4.3.1 激光垂准仪轴线控制法

如图1所示,空心薄壁墩身施工轴线控制点示意图,标注单位为m。

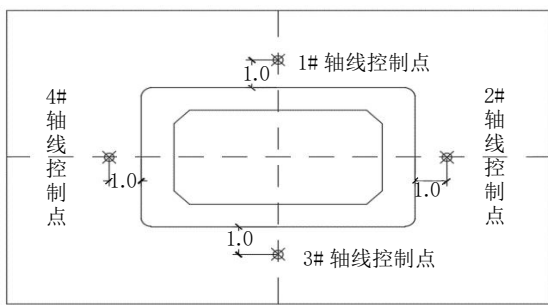


图1 墩身轴线控制点示意图

图中1#~4#点为激光垂准仪轴线控制点,点位分别位于墩柱横轴线与纵轴线上,距离墩壁1米的位置,用全站仪极坐标法放样在承台上并钻孔埋设标志,4个点皆用水准仪测设出其绝对高程,用于墩柱较低时的高程测设。

在施测中,轴线垂直度测控利用自动安平激光垂准仪(瑞得RC-10,一测回向上垂直标准差为 $1/45\ 000$),在墩柱轴线控制点分别安放两台仪器,同时,在其周围设置反光带保护标志,避免高空坠物及外界干扰。在工作平台上设置激光接收靶进行墩柱轴线传递工作,确保轴线控制更加准确可靠。在施工中,每次对模板进行翻升,都要对模板重新定位,以此来控制墩柱顺桥向和横桥向的垂直度。

4.3.2 全站仪边线控制法

正因圆弧倒角的存在,桥墩又位于缓和曲线段,常规方法“点对点”逐点放样核验及将大地坐标转化为施工坐标的方法并不可行。对于曲线段墩柱模板施测,目前的常规现场测量计算方法有全站仪直线放样、计算器编程、Excel编程计算等,其原理皆是利用桥墩轴线处的切方位角、墩柱的几何尺寸及实测坐标通过坐标正反算计算出实测点位与墩柱横轴线、纵轴线抑

或是墩柱各边线的垂直距离,测量点位一般选在墩柱模板与圆弧倒角模板接缝处或模板直线段两端的其他位置,依次测量出1#~8#点的实测坐标,计算出各点偏差,常规计算方法不再赘述。

基于当代智能手机的普及,工程施工数据图形化的趋势越发明显,手机测量软件也向简单化、自动化、智能化的方向发展。常规计算器编程耗费时间多、上手难度大、使用繁琐,需要不断手动输入坐标,并做出相应的判断,使用效率与测量人员的熟练度与注意力集中度息息相关,长时间重复的坐标输入、判断、记录等工作容易使人疲劳,效率降低。

测量员CAD图形放样法则很好地解决了这一点,只需提前将墩柱等构造物平面图形用CAD绘制好,再通过旋转、对齐等命令将图形对齐到绝对坐标系后,再导入手机软件,现场墩柱模板边线校正时将手机与全站仪蓝牙连接配对,完成后点击对应墩柱的实测边,点击“观测”后即可在0.5秒内显示出对应点位偏差及实测坐标,单点测量后点击“记录”,软件将自动记录全部测量数据,墩柱模板调校完成后可导出Excel表格,表格将按观测顺序排列相应点位的实测坐标、偏差、测量时间等重要数据,降低出错率,极大地提高了空心薄壁墩模板的施测效率及数据的可溯性。

5 结束语

上述方法应用在青莲河特大桥主墩的施工测量当中,可以有效削弱各种自然或者人为等不利因素造成的墩柱施工中各类偏差。在测控过程中,对已浇筑成型墩柱轴线偏位、墩柱高程及垂直度等进行成品检测,检测成果皆能够满足相应施工技术规范的要求。

参考文献:

- [1] 张桃,刘涛.公路桥梁高墩柱空心薄壁墩安全施工技术[J].江西建材,2023(11):356-357.
- [2] 马清利.探析公路桥梁空心薄壁墩高墩施工质量控制要点[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2023(04):144-147.
- [3] 罗伟.桥梁空心薄壁高墩柱爬模施工技术[J].交通世界,2023(26):146-148.
- [4] 高鹏飞.空心薄壁高墩液压自爬模施工技术在山区高速公路桥梁中的应用[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(03):111-114.
- [5] 武丽勇.空心薄壁高墩翻模施工技术在高速公路桥梁中的应用[J].四川建材,2023,49(07):204-206.