

高速公路路桥工程桥梁墩帽施工工艺应用研究

刘彭

湖北交投建设集团路面分公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i8.8314

[摘要] 随着我国交通事业快速发展,高速公路建设规模不断扩大。桥梁作为高速公路的关键节点,其施工质量直接影响道路安全与使用寿命。桥梁墩帽作为连接墩柱与上部结构的重要构件,需承受并传递巨大荷载,其施工工艺水平至关重要。然而,传统施工工艺在复杂地形与高标准建设要求下,逐渐显现局限性。因此,深入研究创新型桥梁墩帽施工工艺并探索其实际应用,对提升建设质量与效率、推动交通工程技术进步意义重大。本文围绕高速公路路桥工程桥梁墩帽施工,从工艺特点、工程概况、施工准备、流程、质量与安全管理等方面展开介绍,以期能够为相关研究提供参考。

[关键词] 高速公路;路桥工程;桥梁墩帽;施工工艺

Research on the Application of Bridge Pier Cap Construction Technology in Expressway Road and Bridge Engineering

Liu Peng

Hubei Communications Construction Group Road Branch

[Abstract] With the rapid development of China's transportation industry, the scale of highway construction continues to expand. As a key node of highways, the construction quality of bridges directly affects road safety and service life. The bridge pier cap, as an important component connecting the pier column and the upper structure, needs to withstand and transmit huge loads, and its construction technology level is crucial. However, traditional construction techniques have gradually shown limitations in complex terrains and high standard construction requirements. Therefore, in-depth research on innovative bridge pier cap construction technology and exploration of its practical application is of great significance for improving construction quality and efficiency, and promoting technological progress in transportation engineering. This article focuses on the construction of bridge pier caps in highway road and bridge engineering, and introduces the process characteristics, engineering overview, construction preparation, procedures, quality and safety management, in order to provide reference for related research.

[Key words] expressway; Road and bridge engineering; Bridge pier cap; Construction technology

引言

高速公路桥梁在区域协同规划、经济一体化发展与交通网络效能提升中居于关键位置。为保障工程质量,应强化施工阶段核心要素的质量管控,作为承重结构的关键组成部分,墩帽施工质量直接影响桥梁的整体安全性能。研究数据表明,大量工程事故源自墩帽施工缺陷,不仅威胁行车安全,还会导致财产损失,并干扰路网正常运作,最终阻碍经济社会发展进程^[1]。深入探究墩帽施工工艺并严格实施操作规范与材料管控,成为提升工程质量的核心举措。

一、高速公路路桥工程桥梁墩帽施工工艺特点

(一) 结构支撑体系创新性较强

墩帽施工需要依靠牢固的支撑体系来传递荷载,现代工程大多采取无支架施工工艺,在墩柱预留孔道内插入高强度钢棒,再用牛腿加型钢组成悬臂支撑结构,这样就突破了传统满堂支架的约束,缩减了脚手架材料的耗费,削减了高空作业的风险,而且利用墩柱自身的结构来传递荷载,使得支撑系统更能顺应复杂的地形状况。对于那些水中的墩或者异形构造来说,还可以采用抱箍支撑和预制平台结合起来的办法,利用模块化的设计提升施工效率,支撑体系的革新既保障了施工的安

全性,又顾及到经济利益。

(二) 模板系统精度要求严格

模板安装好坏影响墩帽的几何尺寸和表面平整度,采用定型钢模板,面板厚度 $\geq 5\text{mm}$,保证整体刚度,用高强度螺栓连接,拼缝可达毫米级,施工中“三阶段控制”,安装前试拼编号、消除积累误差、定位时用全站仪校轴线,垂球检测垂直度偏小 $0.3\%H$,固定好后设4-8根缆风绳加强抗风稳定性^[2]。针对接缝防漏浆问题,使用双面胶带嵌缝并添加弹性海绵垫条进行双重密封,确保混凝土成型质量,精确化的模板管理手段把结构尺寸偏差控制在 ± 10 毫米。

(三) 结构整体性保障系统化

在施工过程中,结构的整体质量靠多种方法进行把控。钢筋工程中使用“主筋放置→箍筋放置→垫块固定”这一标准做法。主筋的连接采用直螺纹套筒进行连接,错开率不超过50%,保护层厚度误差不得超过5mm。对混凝土工程的施工中实行“分层浇筑、定时振捣、带模养护”的操作流程,每一层的混凝土厚度不超过40cm,插入式振捣距离不超过30cm,每一段养护期不少于7天。在每一个关键环节,实行了“三检制”,即“工序自检→监理专检→第三方检查”。工序中的缺陷由自身清除,监理的专门检查把控质量,而第三方检验则是对强度要求进行验证,确保了墩帽承载能力与耐久性满足百年工程要求。

二、工程概况

大桥全长18.2千米,桥梁结构涵盖1#-52#墩的陆地引桥段落,以及53#-71#墩的滩地引桥部分,共计118个墩身。全桥墩身统一采用符合国铁I级标准的实心墩结构,该结构具备良好的抗压性能与稳定性,可有效抵御列车运行产生的动荷载及环境荷载。墩身与墩帽均采用C35高性能钢筋混凝土浇筑,此标号混凝土通过优化配合比设计,添加矿物掺合料提升耐久性与抗裂性能;支承垫石则选用C50高强度钢筋混凝土,其高强度特性确保了桥梁支座安装的精准度与长期承载可靠性,满足高速列车通行的严苛要求,各结构部位通过科学选材与精确施工,共同保障桥梁的安全性与其使用寿命。

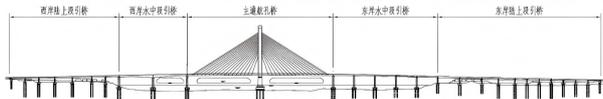


图1 主线桥桥型布置图

三、施工准备

为保障桥梁墩帽施工质量与效率,施工前需从材料管控、混凝土供应、人员设备配置三方面做好系统性准备工作:

(一) 材料质量控制

1. 水泥

选用符合国家标准硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,施工前核对水泥强度等级(≥ 42.5)、凝结时间、安定性等指标,确保其水化热、耐久性满足大体积混凝土施工要求。

2. 集料

严格控制粗细集料质量,细集料采用级配良好的中砂,含泥量 $\leq 3\%$;粗集料选用5-16mm与16-40mm碎石,按3:7比例混合,形成5-40mm连续级配,针片状颗粒含量 $\leq 15\%$,确保混凝土强度与流动性达标。

3. 钢筋

钢筋型号、规格须与设计图纸一致,进场前进行力学性能检测如屈服强度、抗拉强度、伸长率及外观检查,确保无锈蚀、无损伤;连接方式采用焊接或机械连接时,需进行工艺试验验证接头质量。

4. 混凝土配合比

委托专业实验室根据工程需求试配C30混凝土,确定水胶比、砂率及外加剂掺量(如减水剂、缓凝剂),并通过试块强度测试验证配合比合理性,确保混凝土28天抗压强度 $\geq 30\text{MPa}$ 。

5. 混凝土供应管理

本项目采用“集中搅拌+罐车运输”模式,由指定搅拌站统一供应混凝土。单座墩帽混凝土用量约20.76立方米,运输过程中通过搅拌罐低速转动保持混凝土和易性,从出料至浇筑完成控制在90分钟内,避免坍落度损失。

6. 人员与设备配置

施工团队需配置专业技术人员(施工员、质检员、安全员)及熟练工人(模板工、钢筋工、混凝土工),明确岗位职责;机械设备方面,配备塔式起重机、混凝土泵车、振捣棒、全站仪等设备,并提前调试确保运行状态良好。具体配置详见表1。

表1 人员与设备配置

| 岗位/设备 | 数量 | 职责/用途 |
|--------|----|-------------|
| 项目经理 | 1人 | 统筹施工进度与质量管控 |
| 混凝土工 | 8人 | 混凝土浇筑、振捣作业 |
| 全站仪 | 2台 | 墩帽定位与高程测量 |
| 混凝土泵车 | 1台 | 混凝土垂直输送 |
| 插入式振捣棒 | 4套 | 混凝土密实振捣 |

(二) 桥梁墩帽施工

1. 测量放样工艺

基础浇筑完毕且强度符合设计标准后,须对基础顶面执行凿毛清理工作,清除掉浮浆,油污之类的杂物,保证后续施工作业界面干净整洁,凭借全站仪执行墩帽中心点定位,准确得出三维坐标X, Y, Z,形成测量数据报告并交给监理工程师再次核对,验收合格之后才展开接下来的工序施工流程,在施工期间,利用水准仪来把控墩帽的高程状况,而且还要用全站仪实施坐标和高程的交叉复核操作,保证测量误差处于规范范围之内平面位置的允许偏差小于等于5mm高程的误差不超过正负10mm等待侧面模板安装完毕以后再借助BIM建模软件或者专业的计算程序根据设计图纸给出的参数重新算出墩帽各个关键控制点的坐标信息可再用全站仪去准确定位确保结构位置精准无误^[3]。

2. 桥梁基础处理

桥梁基础施工要保证墩柱底部四角的平整性,对于软土地基地段,可用换填碎石或者水泥搅拌桩等形式来改良地基承载力。墩帽基底施工时铺设5%灰土垫层,按照一定分层顺序压实,每层压实的厚度不宜超过20cm,压实度必须保证达到95%以上,这样才能塑造出稳固的持力层。通过专业实验室开展地基承载力实验以及材料力学属性检查,按照墩帽设计荷载包括结构重量、车辆重量、风力等,应用有限元分析之类的方法来模拟受力情形,确保基础结构能够承担,从而符合桥梁整个使用寿命的使用标准^[4]。

3. 施工支架的搭建

墩帽支撑结构运用抱箍法开展施工工作,以墩柱作为主要的承力点,用高强螺栓将钢制抱箍紧紧固定在墩柱的外侧,从而营造出牢固的支撑根基。在支架布局时,以桥梁的中央轴线为参照对象,在抱箍的顶部按照横向对称的模式摆放 $12\times 15\text{cm}$ 的方木,其间隔控制为 90cm ,借助木楔加以调平处理之后便铺开纵向分配梁,构筑起“抱箍一方木一分配梁”三层支撑构造。在施工期间,要精确把控支架的垂直程度以及水平状况,凭借设置斜撑、剪刀撑等支持构件来加强整体的稳定性,并遵照《公路桥涵施工技术规范》,对支架执行预压试验(预先施加的重量是设计荷载的 1.2 倍,以此消除非弹性的变形情况,保证施工的安全。

4. 模板及布置

支架安装验收合格后,用水准仪控制模板的高程,保证模板顶面高程和设计标高一致。本项目采用组合钢模板,模板利用直径 16mm 高强对拉螺栓与外侧背楞(双钢管)形成稳固体系,螺栓间距 $\leq 60\text{cm}$ 、背楞间距 $\leq 50\text{cm}$ 、螺栓间距保证模板混凝土浇筑过程中的抗变形。模板的拼接缝使用海绵条或者橡胶止水带,防止出现漏浆的情况。在模板的内侧涂抹高效的脱模剂,保证混凝土面的光滑。安装完成后,利用全站仪测量控制模板的边线和垂直度,当出现超限时,进行调整,确保模板的安装精度符合设计及规范要求。

四、桥梁墩帽施工质量控制要点

(一) 钢筋加工与安装质量把控

钢筋加工时要依照设计图纸尺寸下料并弯折,使用数控钢筋加工设备能提升加工精准度,加工好的钢筋需分类堆放,并做好防锈工作,安装时要严格把控钢筋间距,用钢筋定位卡具维持主筋间距偏差在正负 10 毫米之内,箍筋间距偏差不超过正负 20 毫米,钢筋衔接部分采用直螺纹套筒连接时,要保证丝头加工质量,连接后开展扭矩检测,以确保衔接强度达标,按照规范设置足量的垫块,保持钢筋保护层厚度偏差控制在正负 5 毫米之内,避免钢筋锈蚀影响墩帽耐久性。

(二) 混凝土浇筑质量控制

混凝土浇筑前,对模板、钢筋等全面检查,确保模板内无杂物,钢筋位置正确,采用分层连续浇筑,每层浇筑厚度控制在 $30\text{--}40\text{cm}$,相邻两层浇筑时间间隔不大于混凝土初凝时间,混凝土浇筑时,使用插入式振捣棒振捣,遵循“快插慢拔”,振捣点间距不大于 30cm ,振捣时间以混凝土表面呈现浮浆、不再下沉、无气泡溢出为准,避免过振、漏振,在高温、低温环境下浇筑混凝土时,采取温控措施,高温时对原材料降温、避开高温时段浇筑;低温时对混凝土进行保温,保证入模温度不低于 5°C ,防止混凝土因温度应力而产生裂缝,影响墩帽结构质量^[5]。

(三) 外观质量控制

为保证墩帽的外观质量,在模板安装上要求模板表面平整光滑,无变形、无孔洞,模板拼接处缝隙严密,除了采用双面胶带嵌缝和弹性海绵垫条进行双密封以外,还在模板外面用玻璃胶勾缝,避免漏浆。混凝土浇筑完后,及时进行表面修整,将表面浮浆、流坠等缺陷清除掉,对表面气泡,在混凝土初凝前用木抹子二次压面,减少气泡数,并保证墩帽表面平整光洁,

达到外观要求。

五、桥梁墩帽施工安全管理措施

(一) 人员安全管理

所有施工人员要进行三级安全教育,考试合格后才能上岗。塔吊司机,电焊工等特种作业人员需持证上,证需定期复审。施工前,给作业人员做好安全技术讲解,让他们知晓施工时存在的危险因素和防范办法,给施工人员准备齐全又符合标准的个人安全保护用品,安全帽,安全带,防滑鞋等,并提醒规范地佩戴并使用。

(二) 设备安全管理

施工设备进场前要进行全面检查,保证设备性能良好,安全装置齐全有效,塔式起重机,混凝土泵车等特种设备应经过当地特种设备检验机构检验合格并取得使用登记证才能投入使用,建立健全设备日常维护保养制度,定期对设备实施检查,清洁,润滑,紧固等维护工作,及时排除设备故障和隐患,设备操作人员必须严格遵照操作规程,严禁违规操作,设备的运行状况随时监测,安装监控设备和安全预警设备,一旦发现问题立即停车解决。

(三) 施工现场安全管理

施工现场设有明显安全警告标识及安全防范设施,像围挡,警示灯,高处操作部分设防护护栏,安全网等,在施工范围内开展,对施工场地的临时电力使用实施标准管理,采取TN-S接零保护体系,“三级供电,二级守护”配电箱,开闭口箱要达标,按时检查并维持电力设施,电线,防止出现触电事故,在墩帽修建时,要定时观察支架,模型等临时构造,并设置变形观察点,若发现形变超出允许范围,则马上终止修建,用补强或者清除手段来保障修建进程中的构造安全稳定,还要妥善组织修建次序和工作时刻,以防出现交叉作业带来的危险。

六、结束语

综上所述,在交通事业蓬勃发展、高速公路建设迈向新高度的当下,桥梁墩帽施工工艺的革新是保障工程质量的关键。本文对其工艺特点、施工全流程及管理要点的系统梳理,为解决复杂施工难题提供了思路。未来,期待行业在此基础上深化探索,推动桥梁墩帽施工技术持续优化,助力我国高速公路建设高质量发展。

[参考文献]

- [1]刘志学.桥梁墩帽施工技术应用[J].运输经理世界,2023(28):76-78.
- [2]李芬.公路桥梁墩帽施工工艺[J].四川建材,2021,47(9):2.
- [3]李文博.公路桥梁墩帽施工工艺和质量控制要点[J].四川建材,2021,047(009):162-163.
- [4]蒙海霖,程贵海,覃翔.跨高速公路双曲拱渡槽桥的安全快速拆除[J].价值工程,2021,40(10):3.
- [5]郝将.高铁桥梁墩帽整体切割,吊装工艺研究[J].建筑技术开发,2020,47(19):2.

作者简介:刘彭,1990.09.20,男,湖北麻城,汉族,本科,工程师,道路与桥梁专业,研究方向:路桥专业。