

桥梁墩柱混凝土外观质量预防与缺陷处理技术

魏开颜

(四川省交通建设集团有限责任公司, 四川 成都 610041)

摘要 在高速公路桥梁工程建设中,墩柱作为核心承重结构,其混凝土外观质量不仅决定结构观感效果,更直接关系到混凝土结构的耐久性与使用安全性。西南山区高速公路桥梁施工环境复杂,墩柱混凝土浇筑过程中易出现蜂窝、错台、色差、表面浆液残留等外观缺陷,影响工程整体施工质量。本文结合G4216线宜金高速XJ27标工程实例,系统分析桥梁墩柱混凝土外观缺陷的核心成因,从人员、模板、工艺、原材料四个方面构建全流程外观质量预防体系,针对各类常见缺陷提出标准化处理技术与安全管控要点,旨在为同类山区高速公路桥梁墩柱混凝土施工提供参考。

关键词 桥梁墩柱;混凝土;外观质量;缺陷处理

中图分类号:U445

文献标志码:A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2026.14.032

0 引言

我国山区高速公路建设持续推进,桥梁工程成为线路穿越复杂地形的核心结构形式。墩柱是桥梁上下部结构的关键传力构件,其混凝土施工质量直接决定桥梁整体结构的安全与使用寿命。混凝土外观质量是墩柱施工质量的直观体现,外观缺陷的背后往往伴随混凝土密实度不足、保护层厚度偏差等内部质量问题,长期使用中易引发钢筋锈蚀、结构耐久性下降等病害^[1]。

当前山区桥梁墩柱施工中,受地形条件、施工工艺、人员操作、原材料波动等多重因素影响,混凝土外观质量缺陷频发,且部分项目存在重结构强度、轻外观质量的管控误区,缺陷处理不规范引发二次质量问题^[2]。基于此,本文结合实际工程案例,系统研究桥梁墩柱混凝土外观质量的前期预防措施与后期缺陷处理技术,构建全过程质量管控体系,保障桥梁墩柱施工质量符合规范与设计的要求。

1 工程概况

本工程为G4216线屏山新市至金阳段高速公路XJ27合同段,项目位于凉山彝族自治州金阳县境内,核心施工内容包含金阳河特大桥左右幅主线桥,以及金阳互通A、B、C、D、E五个匝道桥。桥梁墩柱结构包含圆柱实心墩与空心薄壁墩两种形式,墩身模板均采用定制钢模板拼装浇筑工艺。项目地处西南横断山区,施工场地狭窄,墩柱施工多为高空作业,受山地气候与地质条件影响,施工环境复杂。

墩身混凝土浇筑完成拆除模板后,成品结构易出现多种外观质量缺陷,主要表现为蜂窝、错台、麻面、表面色差、水泥浆液残留、表面气孔等类型。为保障墩身结构整体施工效果与长期耐久性,项目部成立专项质量管控小组,针对墩柱混凝土外观缺陷开展系统性成因分析,制定专项预防控制措施与标准化缺陷修补方案,确保墩柱混凝土施工质量符合《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650—2020)、《公路工程质量检验评定标准》相关要求。

2 桥梁墩柱混凝土外观质量预防

2.1 施工队伍与责任体系建设

项目部成立专项施工质量管控小组,明确项目经理为工程质量第一责任人,全面统筹质量管控工作,技术负责人牵头落实各项质量管控细则,小组同步纳入施工员、质检员、安全员及各作业班组长,形成权责清晰、层层落实的质量管控组织架构。项目建立常态化培训机制,每月组织不少于2次专项技术培训,结合桥涵施工图纸与现场工况,系统讲解公路桥涵施工技术规范、混凝土施工质量验收标准、外观质量控制要点等内容,同时将岗前三级安全教育与质量技术交底深度结合,每道工序开工前开展全员交底,确保作业人员熟练掌握施工工艺与质量要求^[3]。

施工过程中全面落实岗位责任制,将混凝土施工各环节的质量管控责任分解到具体岗位与个人,从混凝土拌和、运输、浇筑、振捣到后期养护,每个环节

作者简介:魏开颜(1991-),男,本科,工程师,研究方向:道路与桥梁。

均明确专属责任人,每次混凝土浇筑前完成施工人员实名登记,形成可追溯的质量责任链条。项目配套制定专项奖罚制度,将施工质量与作业人员薪酬、班组工程款结算直接挂钩,对外观质量控制达标、工艺规范的作业班组与个人给予现金奖励,对出现违规操作、引发外观质量缺陷的人员进行处罚与返工教育,从人员管理层面筑牢混凝土外观质量管控的基础。

2.2 模板工程全过程质量管控

模板工程是混凝土外观质量控制的核心环节,项目建立模板选型、进场验收、安装、浇筑盯控、拆除保养的全流程质量管控体系。针对公路桥涵墩柱、盖梁等结构,定制专用定型钢模板,面板厚度不小于 6 mm,模板进场前完成厂内验收,重点核查面板平整度、焊缝质量与加工精度,进场后对模板面板进行全面打磨抛光,去除表面锈蚀与杂质,确保面板光洁无瑕疵。模板安装前,技术人员对施工部位的混凝土垫块布设进行专项检查,采用同强度等级的混凝土保护层垫块,按梅花形均匀布设,间距不大于 80 cm,确保垫块安放牢固、数量充足,精准控制混凝土保护层厚度,避免因保护层偏差引发的露筋、外观色差问题。

混凝土浇筑前开展模板安装质量专项验收,采用全站仪、铅垂仪复核模板轴线偏位与垂直度,偏差严格控制在规范允许范围内,重点核查模板拼接严密性、支撑体系刚度与脱模剂涂刷质量,模板接缝处采用专用双面胶条嵌缝,杜绝缝隙漏浆问题,脱模剂选用专用水性脱模剂,均匀涂刷无漏涂、积流现象,对模板错缝、面板破损、支撑不牢固等问题现场整改,留存完整验收记录。模板安装完成后,对支撑体系进行力学复核,确保浇筑过程中不发生变形、错位,混凝土浇筑过程中安排专职模板工全程值班,实时监测模板状态,发现异常立即暂停浇筑并加固处理,从源头防控错台、漏浆、变形等外观缺陷。

2.3 混凝土浇筑与振捣工艺控制

混凝土浇筑与振捣是决定外观质量的关键工序,项目建立全流程标准化施工工艺,确保混凝土浇筑振捣全过程受控。在混凝土运输过程中,罐车保持 3~5 r/min 的转速持续转动,避免混凝土发生离析、坍落度损失,每车混凝土进场后,现场试验人员与技术人员联合对其工作性能进行全面检测,重点核查坍落度、扩展度、和易性等指标,各项性能符合配合比设计要求后方可签收使用,不合格混凝土直接退回拌和站,严禁擅自加水调整后用于现场施工。混凝土浇筑采用分层

对称下料工艺,分层浇筑厚度严格控制在 25~35 cm 之间,单墩柱浇筑遵循从低到高、对称均匀的下料原则,避免单侧下料导致模板偏位,混凝土自由下落高度严格控制在 2 m 以内,超过 2 m 时采用串筒、溜管辅助下料,防止混凝土下落过程中骨料离析,引发外观麻面、蜂窝问题^[4]。

混凝土振捣采用插入式振捣棒,严格执行快插慢拔的操作规范,振捣棒移动间距不超过其作用半径的 1.5 倍,控制在 30~40 cm 之间,振捣棒插入下层混凝土深度不小于 5~10 cm,确保上下层混凝土结合紧密,杜绝施工冷缝,单点位振捣时间控制在 30 s 左右,以混凝土表面不再下沉、无气泡溢出、表面平坦泛浆作为振捣密实的判定标准,针对钢筋密集的支座垫石、钢筋加密区等部位,采用小直径振捣棒配合人工辅助振捣,严防漏振、欠振、过振问题。混凝土浇筑前配齐备用振捣设备、作业人员与应急照明设施,浇筑作业连续稳定开展,若必须间歇,间歇时间严格控制在混凝土初凝时间以内,高温、雨天等特殊天气提前制定专项浇筑方案,避开正午高温时段施工,做好防雨、温控措施,保障混凝土浇筑成型质量。

2.4 原材料与配合比稳定性管控

混凝土原材料质量与配合比稳定性,是控制结构外观色差、保障成型质量的核心因素,项目建立原材料全流程溯源管控与配合比动态调整机制,从源头保障混凝土性能稳定。同一桥涵结构物施工优先采用同一品牌、同一规格、同一批次的水泥,单个水泥储罐仅储存同一批次水泥,严禁不同品牌、不同批次水泥混装混用,水泥进场时严格查验出厂合格证与检验报告,按批次对安定性、强度、凝结时间等关键指标进行复检,不合格水泥严禁进场使用。

针对粉煤灰、矿粉等掺合料,同样固定供应厂家与产品规格,每批次进场完成性能复检;外加剂采用与水泥适配性良好的聚羧酸系减水剂,进场后开展水泥适配性试验,固定掺量使用,杜绝随意调整外加剂配比的行为。严格管控砂石等地材的质量稳定性,固定料源开采场与筛分生产工艺,砂石料进场后按批次检测级配、含泥量、针片状含量等指标,含泥量超标的砂石料严禁使用,避免因地材性能波动引发混凝土外观色差、强度离散等问题。

项目拌和站建立配合比动态管控机制,每日开盘前检测砂石料实际含水率,根据检测结果调整施工配合比,严格控制水胶比恒定,杜绝因含水率变化导致的混凝土性能波动,同一结构物的混凝土全部由同一

座拌和站、同一套生产设备拌制,严格控制拌和时间,确保混凝土拌和均匀。针对墩柱穿心棒预留孔洞等二次浇筑部位,采用后期集中拌制、集中灌注的施工方式,确保二次浇筑混凝土的原材料、配合比、拌和设备与主体结构完全一致,浇筑前对老混凝土接触面进行全面凿毛,清除浮浆与松散骨料,提前24 h洒水湿润,浇筑时铺筑一层同配合比的水泥砂浆,新旧混凝土养护采用相同的土工布包裹洒水养护工艺,养护周期保持一致,最大限度缩小新旧混凝土的色泽差异与性能偏差,保障结构外观整体均匀一致。

3 缺陷处理关键技术

3.1 蜂窝缺陷修补技术

蜂窝缺陷修补前,先用砂纸对缺陷表面进行全面打磨,清除表面灰尘与松散骨料,再用清水对处理区域进行彻底清洗,待表面处于略微湿润状态后,由作业人员佩戴防护手套、采用白水泥进行均匀涂抹修补,确保修补材料与原混凝土表面紧密贴合。修补完成72 h后,采用砂纸对修补部位进行细部打磨处理,使修补区域表面光滑平整,与周边原混凝土表面平顺衔接,无明显修补痕迹。

3.2 错台缺陷打磨处理技术

错台缺陷处理严格遵循宁磨不补,多磨少补的基本原则,严禁随意采用修补材料填补凹面。处理时先用手砂轮对混凝土表面突出部分进行打磨,使处理面大致平顺,再采用砂纸进行细部精细化打磨,直至处理区域表面光滑平整,用手触摸无明显凹凸感即可。打磨过程中严格控制打磨范围与深度,避免过度打磨损伤主体混凝土结构,影响墩柱结构尺寸与保护层厚度^[5]。

3.3 表面色差与水泥浆液残留处理技术

混凝土表面水泥浆液残留缺陷,先用手砂轮对残留部位进行打磨平整,待表面大致平顺后,再采用砂纸进行精细化打磨,直至水泥浆液印记完全消除,与周边混凝土色泽保持一致。对于墩柱混凝土表面色差缺陷,先对色差区域进行全面清洁,去除表面浮灰与污渍,再采用与原混凝土同品牌同批次水泥调配的水泥浆进行均匀薄涂修饰,修饰完成后采用砂纸进行精细打磨,确保处理后混凝土表面色泽均匀一致。对于二次浇筑部位的色差问题,可采用专用混凝土色差修复剂进行均匀喷涂处理,进一步优化外观整体效果。

3.4 修补施工质量与安全管控要点

项目部成立专业混凝土外观质量缺陷修补队伍,队伍人数不少于10人,作业人员全部经过专项培训考

核合格后方可上岗作业。项目部工程科负责混凝土外观质量缺陷的全面调查、成因分析、修补过程控制与最终质量验收,每一处缺陷修补完成后,必须组织专项验收,验收合格后方可进入下一工序。修补施工前,由技术员与班组长进行班前安全讲话,向作业人员全面交底施工安全风险与防控措施。所有进入施工现场的人员必须佩戴安全帽,按规定佩戴劳动防护用品。高空作业采用专用吊篮或钢管脚手架施工,作业人员必须全程系挂安全带,作业区域设置完善的防护护栏与安全绳,作业平台下方设置警戒区域,严禁无关人员进入。施工作业前,专职安全员对吊篮、钢丝绳、吊车等设备设施进行全面检查,发现钢丝绳断股、断丝超标等问题及时更换,严禁设备带病作业。吊车吊装作业区域设置专职安全员旁站监督,作业前全面检查吊车挂钩与保险装置的完好性,确保吊装作业安全开展。

4 结束语

桥梁墩柱混凝土外观质量管控是一项系统性工程,需始终坚持预防为主、防治结合的核心原则,将质量管控贯穿施工全流程。本工程通过构建人员、模板、工艺、原材料四位一体的墩柱混凝土外观质量全流程预防体系,搭配标准化的缺陷修补处理技术,有效解决了西南山区桥梁墩柱施工中外观缺陷频发的问题,项目墩柱混凝土外观一次验收合格率提升至98%以上,结构耐久性与施工质量得到全面保障,顺利通过了项目业主与监理单位的专项验收。后续施工中还需持续优化施工工艺,结合山区施工环境特点细化管控细则,不断提升作业人员专业能力,从根本上减少外观缺陷的产生,为山区高速公路桥梁工程高质量建设筑牢基础。

参考文献:

- [1] 江大海.探析桥梁墩柱混凝土外观质量缺陷及防治措施[J].大众科技,2023,25(07):30-32,40.
- [2] 胡腾,付万涛,陈建.桥梁墩柱混凝土外观质量缺陷及防治措施探究[J].中国公路,2022(23):106-107.
- [3] 牛远清.桥梁墩柱混凝土外观质量缺陷及防治措施[J].工程技术研究,2021,06(13):162-163.
- [4] 杜鹏,李蕴博.运用TQC质量管理方法提高桥梁墩柱混凝土外观合格率[J].居舍,2021(18):141-142.
- [5] 朱元颢.探析桥梁墩柱混凝土外观质量缺陷及防治措施[J].甘肃科技纵横,2020,49(11):63-66.