

公路桥梁混凝土外观质量提升措施分析

胡 剑

(四川公路桥梁建设集团有限公司公路三分公司, 四川 成都 610200)

摘 要 随着我国交通运输事业高质量发展, 公路桥梁建设规模持续扩大, 混凝土作为桥梁结构的核心材料, 其外观质量不仅直接影响工程视觉观感, 更与结构耐久性、使用安全性密切相关。当前公路桥梁混凝土施工中仍普遍存在蜂窝、麻面、色差、裂缝等外观缺陷。本文结合施工实际, 针对原材料、配合比、模板工程、浇筑振捣、养护等核心环节, 提出强化原材料管控、优化配合比设计、规范模板施工等提升策略, 旨在通过精准把控各施工细节, 有效解决混凝土外观质量缺陷问题, 改善混凝土耐久性能, 提升公路桥梁工程整体品质, 延长桥梁服役年限。

关键词 公路桥梁; 混凝土; 外观质量; 原材料质量; 配合比设计

中图分类号: U445.57

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.23.031

0 引言

公路桥梁是我国交通运输体系的核心基础设施, 承载着人员、物资运输的重要使命, 其建设质量直接关系到交通运输的安全与畅通。混凝土凭借强度高、耐久性好、性价比高的优势, 成为公路桥梁结构的主导材料, 而混凝土外观质量作为工程施工质量的直观体现, 既影响桥梁的整体视觉效果, 也能反映施工工艺的规范程度。良好的混凝土外观可有效阻挡外界水分、有害物质侵入, 减缓混凝土碳化和钢筋锈蚀, 延长桥梁使用寿命。因此, 提升公路桥梁混凝土外观质量, 对推动公路桥梁建设高质量发展、保障基础设施安全稳定运行具有重要现实意义。

1 公路桥梁混凝土外观质量缺陷成因分析

为清晰呈现混凝土外观缺陷与对应成因的关联, 便于精准把控问题根源, 现将常见外观缺陷及核心成因整理如表 1 所示。

表 1 常见外观缺陷及成因

常见外观缺陷	核心成因
色差、起砂、开裂	原材料质量管控不到位、配合比不合理、养护不科学
蜂窝、麻面、孔洞	浇筑振捣工艺不合理、模板施工不规范、原材料级配不佳
接缝错台、黏模	模板拼接不严密、脱模剂涂刷不规范、模板磨损变形
表面凹凸不平、尺寸偏差	模板安装精度不足、支撑体系不牢固、浇筑顺序混乱

1.1 原材料质量控制不到位

水泥作为混凝土核心胶凝材料, 不同厂家、不同批次的产品在矿物成分、细度以及凝结时间上都存在差异, 混合使用就会让混凝土凝结时间不一样, 表面容易出现色差、起砂等问题; 要是水泥强度不够、安定性不达标, 混凝土表面还会出现开裂、酥松的情况。矿物掺合料质量不合格或掺合料中杂质含量过高, 会导致混凝土和易性差、表面出现色差等问题。粗集料的粒径、粒形、级配不合适或者含泥量超标, 会让混凝土流动性变差, 浇筑时不容易密实, 进而形成蜂窝、麻面; 细集料含泥量过高、机制砂石粉含量不合理、颗粒级配不好, 会影响混凝土的和易性, 导致表面粗糙、色泽不均。外加剂与水泥适应性差, 会让混凝土出现离析、泌水、假凝等现象, 表面产生砂线、水纹; 掺量把控不好, 会导致混凝土和易性差、坍落度损失过快, 让外观缺陷更严重^[1]。

1.2 配合比设计不合理

对于公路桥梁混凝土而言, 配合比设计的科学性和合理性, 直接关系到混凝土的工作性能、强度表现以及外观质量, 很多时候混凝土外观出现色差、气孔等缺陷, 根源都在于配合比设计不够合理, 没有结合实际施工情况进行精准把控。水胶比的把控尤为关键, 水胶比过大时, 混凝土黏聚性会变差, 容易出现泌水、离析问题, 表面会形成蜂窝、麻面和色差; 水胶比过小时, 混凝土黏性大, 流动性不足, 浇筑过程中很难振捣密实, 会出现空洞、收面困难的情况。砂率和胶凝材料用量的把控也不能忽视, 砂率过高会影响混凝

作者简介: 胡剑(1989-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 公路工程试验检测。

土强度,加大混凝土收缩量,表面容易产生裂缝;砂率过低会影响混凝土和易性,导致骨料堆积形成蜂窝。

1.3 模板工程施工不规范

选用的模板加工质量不达标,表面粗糙、平整度不满足要求,或者模板拼接不严密,未采取有效止浆措施,浇筑时就会让混凝土表面留下模板印痕、出现错台和漏浆等问题。模板安装时标高、轴线偏差过大,支撑及对拉体系不牢固,浇筑过程中模板就会发生变形、移位,导致混凝土表面出现色差、凹凸不平、结构尺寸偏差等,进而影响外观质量。模板清理不彻底、脱模剂涂刷不规范,表面残留杂物、水泥浆,会让混凝土表面发生黏结、出现麻面。

1.4 浇筑与振捣工艺不合理

混凝土浇筑与振捣是保证公路桥梁混凝土密实度和表面质量的关键环节,这两道工序的施工工艺是否合理,直接决定着混凝土外观质量是否能达到规范要求,很多常见的外观缺陷都和这两道工序操作不当密切相关。浇筑工艺方面,不少施工人员浇筑顺序混乱、分层浇筑厚度过大,导致振捣困难,空气难以排出,振捣棒拔出速度过快或操作人员不细心出现漏振等导致表面出现蜂窝、麻面。

1.5 养护措施不到位

混凝土养护是控制公路桥梁混凝土表面收缩裂缝、保证外观质量的重要环节。很多施工队伍往往忽视养护工作,养护工艺不科学、细节不到位,直接导致混凝土表面出现裂缝、起砂、色差等各类外观缺陷,影响桥梁整体观感和耐久性。很多时候混凝土浇筑完成后,施工人员没有在规定时间内开展养护工作,表面水分快速蒸发,会让混凝土收缩过快,产生表面收缩裂缝。

2 公路桥梁混凝土外观质量提升技术措施

2.1 强化原材料质量管控,奠定外观质量基础

施工单位要建立一套严格的原材料管控机制,优先挑选质量稳定、性能优良的普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥,不同厂家、不同类型、不同批次水泥严禁混合使用,防止混凝土表面出现色差^[2]。水泥进场时,试验人员要按批次检验强度、安定性、凝结时间、细度等核心指标,合格后方可使用。矿物掺合料应选用优质粉煤灰、矿渣粉等,进场必须检测合格后方可使用。粗集料应选择质地坚硬、表面洁净、粒形、粒径好的碎石或卵石,粗集料应分档掺配使用,以保证良好的级配;细集料应选用细度模数在2.6~3.0且级

配良好的中砂,若当地天然砂资源稀缺,也可采用优质机制砂,粗、细集料进场应严格检测含泥量、压碎值、针片状颗粒含量以及机制砂亚甲蓝值等关键指标。外加剂应选用聚羧酸高性能减水剂,外加剂进场应取样进行试拌,通过试拌确认混凝土状态、保坍时间、凝结时间等是否符合施工要求,确保外加剂与水泥具有良好的适应性。

2.2 优化混凝土配合比设计,提升混凝土工作性能

优化混凝土配合比设计是提升公路桥梁混凝土工作性能、改善外观质量的核心环节,配合比优化的目标是通过技术手段使混凝土具有良好的流动性、包裹性、保水性,混凝土良好的工作性能结合成熟稳定的施工工艺才能保证混凝土结构的外观质量,减少蜂窝、麻面、色差、裂纹等外观质量通病^[3]。根据实践,配合比设计时采用低水胶比搭配高质量外加剂,严格控制用水量可有效改善混凝土表面色差。使用优质掺合料,可显著改善混凝土的和易性,使用双掺工艺(如粉煤灰+矿渣粉)提高掺合料使用比例,降低水泥用量,从而降低水泥水化热量,可有效控制大体积混凝土的表面裂缝同时还能节约成本。在目前因环保压力大,导致砂石材料质量普遍不佳的大环境下,外加剂对混凝土的性能调整显得越发重要。如外加剂复配时采用先消后引,先消除大气泡,再引入微气泡,可显著改善混凝土外观及工作性能。采用分散效果好的缓凝剂,如三聚磷酸钠、六偏磷酸钠等,提浆效果好,可增强混凝土的包裹性,降低砂率,有效改善混凝土工作性能,降低出现蜂窝、麻面的可能。

2.3 规范模板工程施工,确保混凝土成型质量

模板工程作为公路桥梁混凝土成型的核心载体,其施工规范程度直接决定混凝土的外观质量,必须严格规范模板安装、拆除、清理等每一道工序,把细节做到位^[4]。模板安装严格对照施工图纸精准放线定位,结合公路桥梁基础、墩台、梁体、柱等不同结构类型,分别把控高程、轴线位置与表面平整度,各项安装偏差均严格符合《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650-2020)要求,杜绝超标偏差影响成型质量;相邻模板拼接紧密平顺,缝隙严控至行业规范允许范围内,拼接位置配套设置专用密封止浆构件,杜绝浇筑过程漏浆问题;支撑体系优先选用刚性材料搭设,合理控制支撑间距,保障整体刚度与稳定性,针对高大模板、特殊受力模板,提前开展专项受力验算与方案审批,确保支撑体系安全可靠、浇筑过程无变形移位。模板安装前彻底清理表面水泥残渣、浮尘及各类杂物,打

磨至光滑平整状态,随后均匀涂刷优质水性脱模剂,优先采用喷涂或滚涂工艺,保证涂层薄厚均匀、无漏涂无堆积,待脱模剂完全风干后,再进行混凝土浇筑作业;拆模环节严格依据同条件养护试块强度确定拆模时间,严禁提前拆模导致混凝土缺棱掉角、表层破损,严格遵循“先支后拆、后支先拆”的原则,规范开展拆模作业,保障后续周转使用质量。

2.4 优化浇筑与振捣工艺,确保混凝土密实度

浇筑与振捣工艺是确保公路桥梁混凝土密实度、避免表面缺陷的关键工序,很多外观问题都出在这一环节,施工人员必须提升思想认识、增强责任心、规范浇筑与振捣操作,才能让混凝土减少蜂窝麻面、气泡孔洞等外观缺陷,整体提升混凝土外观质量^[5]。施工时应采用合理的浇筑顺序,梁体采用纵向分段、水平分层浇筑,桥墩采用分层浇筑,分层厚度控制在 300 mm ~ 500 mm,上层浇筑必须在下层初凝前进行浇筑。混凝土倾落高度超过 2 m 时,设置溜槽或串筒缓冲。振捣时选用合适的振捣器,常规部位用 50 mm ~ 70 mm 直径插入式振捣器,钢筋密集区用 25 mm ~ 30 mm 小型振捣器,按照“快插慢拔、分层振捣”的原则操作,振捣时振捣器应插入上一层混凝土,振捣间距不超过振捣器作用半径的 1.5 倍,每点振捣 20 秒 ~ 30 秒,直至混凝土不再下沉、表面泛浆。浇筑时应排除顶面过厚的浮浆,浇筑完成后用抹子初步抹平,初凝前应进行二次收面压光,确保混凝土表面平整,减少顶面的收缩裂缝,收光时工作人员穿专用软底鞋,避免留下脚印。

2.5 完善养护工艺,控制表面裂缝与色差

工作人员要把握好养护时机,混凝土浇筑完成后,普通混凝土应在初凝后、终凝前也就是浇筑后 4 小时 ~ 6 小时内及时进行养护,高温、大风、干燥天气要缩短至 2 小时 ~ 3 小时,避免表面水分快速蒸发产生裂缝。养护方式要灵活选择,梁体、桥面可采用覆盖土工布洒水养护,根据气温确定洒水次数,确保混凝土表面湿度,洒水时避免水流冲刷表面;桥墩可采用塑料薄膜包裹,在墩顶设置养护滴水筒方式或采用专用养护剂进行养护,需注意塑料薄膜应包裹稳固,避免被风吹散,失去养护效果;预制梁场应采用智能喷淋养护系统,通过湿度传感器自动控制喷淋间隔,喷头喷出的水应覆盖梁体腹板与顶板,保持梁体始终处于湿润状态。混凝土保湿养护时间不少于 7 天,特殊结构或有特殊要求的混凝土应适当延长养护时间。冬季低温施工不得洒水养护,应做好混凝土的保温措施,墩柱

可采取塑料薄膜加棉被包裹进行保温;严寒地区,可采取棉被加电热毯等措施保持养护温度,避免混凝土受冻;预制梁场应优先采用蒸汽养护。

3 工程实例分析

湖南永新高速第三合同段箱梁及 T 梁预制过程中,针对混凝土外观质量缺陷,实施了一系列系统性提升举措。模板不再使用传统的普通钢模板,而是选用对外观质量更有利的不锈钢复合模板,由专业模板厂家进行加工,确保了模板的加工质量;原材料方面项目增加投入,自建砂石料加工厂,从母材选择到砂石料生产进行全过程质量控制,从源头把控砂石料质量;项目试验人员联合外加剂厂家多次对 C50 配合比进行优化,实现了提升质量同时降低成本的目标;在养护环节,梁场引入自动喷淋系统进行持续保湿,让箱梁表面保持适宜的湿度,有效避免了收缩裂缝和色差的产生。通过这一系列举措,该标段预制梁混凝土表面色差、气泡等缺陷得到明显改善,外观质量得到大幅提升。

4 结束语

公路桥梁混凝土外观质量的提升是一项系统性工程,涉及施工全流程的每一个细节,原材料管控、配合比优化、模板施工、浇筑振捣、养护工艺等环节的规范操作,共同构成了外观质量提升的核心支撑,各项措施的协同实施,能有效解决施工中常见的外观缺陷,显著提升公路桥梁工程的整体品质和耐久性。随着公路桥梁建设向精细化、智能化方向发展,施工单位需进一步完善质量管控体系,结合工程实际优化提升措施,推动公路桥梁混凝土外观质量管控水平持续提升,为我国交通运输基础设施的安全稳定运行提供有力保障。

参考文献:

- [1] 姜锋.公路桥梁混凝土结构耐久性设计与优化[J].四川建筑,2026,46(01):59-60.
- [2] 杨巍渝龙.公路桥梁施工技术中存在的问题及对策[J].交通科技与管理,2025,06(15):79-81.
- [3] 马帅.公路桥梁混凝土外观质量提升措施分析[J].交通世界,2024(28):141-143.
- [4] 李金星,刘海瑞,李遵方.公路桥梁工程混凝土外观质量通病防治措施[J].砖瓦,2021(10):117-118.
- [5] 张青玲.某公路项目提升桥梁混凝土外观质量的技术要点探讨[J].交通科技与管理,2023,04(05):105-107.