

公路桥涵施工质量通病成因分析与防治措施研究

李富田

河北光太路桥工程集团有限公司, 河北 邯郸 056000

DOI:10.61369/ERA.2025100031

摘 要：公路桥涵工程作为道路的重要组成部分，其施工质量直接关系到通行安全与工程寿命。然而，在实际施工过程中，由于施工管理不规范、材料使用不当、施工技术落后等多种因素，常常出现诸如裂缝、蜂窝麻面、漏水、沉降不均等质量通病。本文围绕桥涵施工中常见质量通病类型，系统分析其产生的主要成因，并针对性提出科学合理的防治措施，以期提高公路桥涵工程质量提供参考，促进施工管理水平与工程耐久性的全面提升。

关 键 词：公路桥涵；质量通病；施工缺陷；成因分析；防治措施

Analysis of Common Defects in Highway Bridge and Culvert Construction and Measures for Prevention and Control

Li Futian

Hebei Guangtai Highway and Bridge Engineering Group Co., Ltd., Handan, Hebei 056000

Abstract： Highway bridge and culvert engineering, as an important component of road transportation, directly impacts traffic safety and the lifespan of the structure. However, during actual construction, due to factors such as improper construction management, inappropriate material use, and outdated construction techniques, common quality defects such as cracks, honeycomb surfaces, leaks, and uneven settlement frequently occur. This paper focuses on common quality defects in bridge and culvert construction, systematically analyses their primary causes, and proposes scientific and reasonable preventive measures to enhance the quality of highway bridge and culvert engineering, thereby improving construction management standards and engineering durability.

Keywords： highway bridges and culverts; quality defects; construction defects; cause analysis; preventive measures

引言

随着我国交通基础设施建设的不断推进，公路桥涵工程数量显著增加，质量要求也日益提高。然而在施工实践中，各类质量通病频发，严重影响结构安全与后期运营维护。通病治理不仅涉及技术层面，更关联施工组织与监管机制。本文以实际施工问题为基础，梳理主要通病类型，分析其成因，探索系统化的防治路径，为相关施工项目提供实践性对策建议。

一、公路桥涵常见施工质量通病类型分析

（一）混凝土结构表面缺陷问题

混凝土结构表面缺陷是桥涵施工中最常见的质量通病之一，主要包括蜂窝麻面、裂缝、露筋和表面色差等。蜂窝麻面多由于模板缝隙过大、漏浆或振捣不密实造成，既影响结构耐久性，也破坏结构的外观完整性。表面裂缝则可能由水灰比过大、模板拆除过早、养护不到位或温差收缩引起，轻则影响观感，重则影响结构承载能力。此外，若混凝土浇筑过程中未严格控制施工间歇时间、未采用分层分段连续浇筑，极易导致冷缝产生，降低整体结构性。模板安装质量不高、脱模剂使用不当等也会造成混凝土表面拉毛或起皮，严重影响结构密实性和后期防水处理效果。这

类缺陷一旦发生，修复难度大、成本高，因此施工中必须严格控制工艺细节，确保振捣密实、模板封闭严密及规范养护。

（二）钢筋工程相关通病

钢筋工程作为结构受力体系的骨架，其质量直接关系到整体结构的安全稳定性。常见通病包括钢筋布置错误、位置偏移、保护层厚度不符、钢筋锈蚀及焊接质量不合格等。在钢筋加工与绑扎过程中，若未按图纸要求布设或未采取加固措施，极易出现偏位现象，影响结构受力性能。保护层厚度不足会导致钢筋过早暴露于空气和水中，加剧锈蚀速度，降低使用寿命。反之，保护层过厚则减弱了有效截面，也不利于结构性能的发挥^[1]。部分施工现场钢筋未加盖防雨布堆放或长时间裸露在潮湿环境中，容易出现锈蚀，埋下安全隐患。另外，焊接接头强度不足或焊缝质量不合格，也会导致局部

受力不均,从而影响整体结构的可靠性。因此,必须从源头控制钢筋质量,加强施工操作规范化,严格实施验收程序。

（三）地基基础施工问题

地基基础施工质量直接影响桥涵结构的稳定性与耐久性,常见通病包括不均匀沉降、局部下陷、承载力不足和垫层虚铺等问题。不均匀沉降多因地基勘察不详、土质变化未充分评估、基础处理不到位等因素引起,导致桥台、墩柱产生裂缝或错台,进而影响行车安全。在施工过程中,如未按规定深度开挖、未分层夯实回填土或采用未经压实的弃土作垫层材料,极易造成地基空鼓和承载力降低。此外,若地下水位未有效控制,基坑排水措施不到位,也会引发软土涌入、塌方等安全问题。一些施工单位为赶工期,压缩基础施工时间或简化质量检测程序,最终导致基础变形无法预控。为此,必须加强施工前期的勘察设计合理性、施工过程的土方处理规范性及后期地基检测验收的科学性,切实保障桥涵基础的工程质量^[2]。

二、质量通病产生的主要原因分析

（一）施工工艺不规范

施工工艺的不规范是造成桥涵施工质量通病的首要原因,表现为工序不完善、操作不标准和现场执行力差。混凝土施工中,若未按照规范进行分层浇筑、连续施工及充分振捣,就极易出现蜂窝麻面、夹层和冷缝等问题。在模板工程方面,模板安装不牢固、拼缝未密封或未设支撑加固,会导致混凝土成型尺寸偏差,甚至局部塌模。养护不到位则容易使混凝土早期脱水,造成干缩裂缝。钢筋绑扎方面,施工人员常因图纸理解偏差或缺乏技术交底,出现钢筋布设错误或保护层厚度不达标现象。基础施工中,常因施工周期紧张而未进行充分夯实或跳仓施工,导致地基松软、承载力不足,进而出现沉降问题^[3]。部分施工单位对工艺流程掌握不全,对关键节点如墩柱连接、翼缘钢筋锚固等部位处理粗糙,留下安全隐患。所有这些问题归根结底,是现场作业过程未严格按规范执行,施工人员操作随意性强,缺乏有效的技术指导与质量控制。

（二）材料质量与使用问题

桥涵工程对材料性能要求较高,若材料质量不合格或使用方式不当,也会诱发多种质量通病。首先,混凝土原材料中的砂石级配不合理、水泥过期或掺杂杂质,都会影响混凝土拌合物和易性和强度,造成浇筑后结构强度不足、表面不密实等问题。其次,配合比未根据气温、湿度等施工环境动态调整,也会导致混凝土开裂或强度偏差。钢筋方面,若采用未检合格的劣质钢筋、存在锈蚀或机械性能不达标现象,将大幅削弱结构受力性能。此外,施工现场材料堆放管理混乱,如钢筋露天堆放、砂石被雨淋湿、粉料受潮结块,都会影响使用性能。在使用环节中,若混凝土运输时间过长或中途加水搅拌,极易造成凝结时间失控,最终形成冷缝、离析等缺陷。一些施工单位为降低成本,存在偷工减料、以次充好现象,使工程质量隐患增大^[4]。

（三）管理制度与监督缺失

管理制度缺失和现场监管薄弱是质量通病难以及时发现和纠

正的根本原因。当前许多项目现场存在“重进度、轻质量”的现象,施工单位为赶工期往往忽视质量控制环节,对工序验收流于形式。部分项目管理人员专业能力不足,对关键工艺和技术标准掌握不深,无法有效指导现场施工,导致施工随意性强、技术交底不到位。质量管理制度方面,缺乏系统化的质量检查流程和质量责任追溯机制,质量问题往往无人负责,处理措施不到位。监督机制缺失也使得隐蔽工程、关键节点等质量问题无法有效曝光。例如,浇筑前钢筋未验收即进行混凝土浇筑,模板未封严即开始施工等现象时有发生。此外,建设单位、监理单位履职不到位,缺乏实地巡查和抽检手段,也使质量通病屡禁不止^[5]。

三、公路桥涵施工质量通病的防治措施

（一）完善施工技术方案

针对桥涵施工过程中普遍存在的技术通病问题,必须优先从施工技术方案的完善入手,通过系统化、标准化的技术流程控制来提高整体施工质量。首先,应在施工前组织技术交底会议,明确图纸要点、施工规范和质量控制重点,确保施工人员统一标准、明确职责。对于混凝土施工,应优选泵送性能好、和易性强的混凝土设计配合比,确保坍落度控制在160~200mm之间,以满足施工连续性与密实性需求。混凝土振捣应采用插入式与平板式相结合方式,振捣时间不少于20秒/点,避免蜂窝麻面和夹层问题。其次,应加强模板设计与支撑系统布置,模板加固间距一般应控制在50cm以内,重点部位设置斜撑,以防止胀模、变形等问题^[6]。在钢筋施工中,要严格按图施工,使用钢筋定位卡具控制钢筋位置偏差不得超过 $\pm 5\text{mm}$,同时采用保护层垫块控制保护层厚度,确保质量一致性。特别是在基础施工中,应采用分层夯实技术,层厚控制在30cm以内,压实系数不得小于0.95。针对不同地质条件,应制定专项基础加固措施,如CFG桩、预压法等,确保地基稳定与承载能力。

（二）加强材料管理与使用控制

材料是工程的基础,强化材料质量管理与使用控制是杜绝质量通病的重要保障。首先要建立严密的材料采购与验收制度,所有原材料须具备出厂合格证和第三方检测报告,进场后再进行抽样复检,确保符合《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50)中规定的性能标准。例如,钢筋抗拉强度不得低于HRB400级,混凝土水泥必须符合P.O42.5及以上等级。混凝土拌合物应在90分钟内完成运输与浇筑,运输途中严禁二次加水。钢筋使用前必须除锈,防止锈蚀影响结合性能。对砂石、水泥等材料要分类堆放并加盖防雨布,避免雨淋导致含水率变化,从而影响混凝土强度控制。对于特种材料如外加剂、膨胀剂等,应由专人负责投料,并按称量误差 $\pm 2\%$ 控制。为实现材料全生命周期管理,应建立材料台账,对各类材料的进场时间、使用部位、使用数量进行详细记录,便于溯源追责^[7]。

（三）健全施工组织与监管体系

科学高效的施工组织体系和严格的监管机制是防治施工质量通病的重要支撑。施工单位应配备具备中级及以上职称的技术

管理人员比例不低于15%，并根据项目规模设立质量控制小组，专人专岗负责重点工序监管。项目部要建立“日巡查、周例会、月考评”机制，实行现场问题动态登记、整改闭环处理制度。对隐蔽工程、关键节点如桥墩与盖梁连接处、基础底板浇筑前应实行旁站监督，确保每道工序合格后再进入下一道施工流程。在施工过程中，应积极引入信息化监管手段，如布设施工摄像监控系统、采用无人机巡检等，提升监管覆盖率与实效性。监理单位则应强化独立监督职能，按“抽检+见证”方式参与原材料试验、钢筋下料、混凝土浇筑等关键环节，抽检频率应不低于每周一次，对发现问题要及时下发整改通知单并跟踪验收。

四、质量管控与持续改进机制构建

（一）建立质量管控体系

构建科学系统的质量管控体系是实现桥涵施工全过程质量保障的首要步骤。质量管控应贯穿施工前、中、后的每一个环节，确保从源头上消除质量隐患。在施工准备阶段，应编制详尽的施工组织设计及专项施工方案，明确关键控制节点、重点工序与技术参数。开工前应组织质量技术交底与岗前培训，覆盖率达到100%，使一线作业人员充分理解工艺要求。在施工过程中，应以样板引路制度为依托，设置样板段，作为后续施工的标准模板，从结构尺寸、工艺流程、成品效果等方面进行全过程控制。同时，对施工设备、人员、技术、材料等投入要进行动态管理，确保各项资源匹配到位。各工序施工前须开展“三检”制度，即自检、互检、专检，特别是对于混凝土浇筑、钢筋绑扎、模板安装等关键工序，要设置质量控制点，由专人审核确认^[8]。

（二）推行全过程质量管理闭环

质量管理闭环是将质量问题从发现、分析、整改、反馈再到预防形成逻辑闭合系统，是质量管理现代化的核心环节。在桥涵施工过程中，应设置专职质量巡查人员每天对现场工序、材料、操作工艺进行动态巡检，发现问题及时登记，形成问题台账，并设置问题编号与处理时限，做到责任可追、问题可查。质量问题

一经发现，应立即启动纠偏机制，由施工技术人员组织原因分析，明确责任单位与责任人，制定整改措施并限时完成，整改完成后须进行复验与验证，确认合格后方可销项。在此基础上应形成质量数据记录与汇总机制，将施工过程中每次质量问题的数据、处理方式及结果录入项目质量管理体系，形成质量问题数据库，为后期分析提供支撑。同时，强化工程资料与现场实体同步检查，避免“资料合格、实体失控”的现象发生。

（三）构建持续改进与评估机制

在保障工程质量的基础上，还应建立长效的质量持续改进与评估机制，推动质量管理由合格向优质迈进。首先，应以PDCA循环理论为基础，对每一阶段施工质量管理效果进行评估和总结，找出存在的问题与改进空间，并制定下一阶段的优化措施。建立质量评估月报制度，由项目质量管理部牵头，每月对照质量标准、工程实测实量数据及质量问题发生率进行评估，形成质量分析报告，明确改进方向。其次，建立质量激励与约束机制，对连续三个月无重大质量问题、无整改复检记录的施工班组予以奖励，对重复发生相同问题的班组或责任人进行通报批评或经济处罚。引入第三方质量评估机构参与阶段性和竣工阶段质量检查，对施工单位形成客观评价，评估内容包括结构实体质量、工艺执行程度、工程资料完整性等，并以评估结果作为后续工程承包评标依据之一。

五、结束语

公路桥涵工程作为交通基础设施的重要组成，其施工质量直接关系到结构安全与使用寿命。本文从常见质量通病类型出发，系统分析了成因，并提出了切实可行的防治措施与质量管理策略。实践表明，只有从施工技术、材料控制、组织管理到质量预控等环节全面发力，构建科学、闭环、可持续的质量管理体系，才能有效遏制质量通病的发生，全面提升桥涵工程的施工品质，为交通工程安全稳定运行提供坚实保障。

参考文献

- [1] 李剑雄. 对桥涵构造物施工质量管理的研究[J]. 四川建材, 2022, 48(07): 112-113.
- [2] 赵静. 高速公路桥涵台背回填施工工艺质量控制措施[J]. 低碳世界, 2024, 14(09): 127-129. DOI: 10.16844/j.cnki.cn10-1007/tk.2024.09.012.
- [3] 涂荣招. 公路桥涵施工技术要点研究[J]. 中国住宅设施, 2023(10): 103-105.
- [4] 高军. 高速公路桥涵台背回填施工工艺质量控制[J]. 运输经理世界, 2020(16): 103-104.
- [5] 邹志宁. 高速公路桥涵施工技术及其质量控制措施探究[J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(09): 265-266. DOI: 10.16402/j.cnki.issn1008-3383.2021.09.145.
- [6] 李同军. 高速公路桥涵施工技术及其质量控制措施[J]. 汽车周刊, 2025(05): 91-92.
- [7] 张哲. 探究公路桥涵维修与加固[J]. 居舍, 2021(16): 43-44+46.
- [8] 李泽智. 高速公路桥涵施工技术及其质量控制[J]. 工程建设与设计, 2020(24): 157-158. DOI: 10.13616/j.cnki.gcjsysj.2020.12.274.