

桥梁下部结构施工质量控制研究

韩启飞

张家口路缘公路工程有限公司, 河北 张家口 076250

DOI:10.61369/ETQM.2026060037

摘 要： 桥墩下部结构是上部结构受力与基础稳定的载体，对整个结构的功能性和长久性有着决定性的影响，针对存在的桩位误差大、承台开裂、柱子垂直误差过大以及钢筋保护层过薄的现象，在施工前、测量、材料、流程、检查验收各阶段进行全面的過程质量把控，加强重点部位监控力度并明确责任人，能避免很多结构上的缺陷问题产生，提高下部结构整体的稳固性和工程品质的可信度，从而保证桥梁的安全性、使用寿命及后期维护保养。

关 键 词： 桥梁工程；下部结构；施工质量控制；全过程管理；结构耐久性

Research on Construction Quality Control of Lower Structure of Bridge

Han Qifei

Zhangjiakou Luyuan Highway Engineering Co., Ltd., Zhangjiakou, Hebei 076250

Abstract： The substructure beneath bridge piers serves as the load-bearing and foundation-stabilizing element for superstructures, exerting decisive influence on the structural functionality and durability. To address common issues including significant pile positioning errors, pier cap cracking, excessive column vertical deviations, and insufficient reinforcement cover thickness, comprehensive quality control measures must be implemented across all phases—from pre-construction preparation and measurement to material selection, workflow execution, and final inspection. Strengthening monitoring of critical areas with clearly defined accountability mechanisms can effectively prevent structural defects, enhance substructure stability, and improve engineering quality reliability. These measures ultimately ensure bridge safety, extended service life, and optimal maintenance performance.

Keywords： bridge engineering; lower structure; construction quality control; whole-process management; structural durability

引言

桥梁下部构造是支撑上部构造和基础的重要传力构件，直接影响到桥梁的整体稳定性和使用寿命以及使用寿命的安全保障问题。目前公路建设不断发展，桩基、承台、墩柱与桥台都面临着复杂的地质环境、工序紧凑、质量隐患增加等问题，如果这些重要的节点控制不好很容易造成结构缺陷从而影响到以后的使用。针对常见的质量问题、产生原因及其解决途径进行分析研究可以为未来施工质量管理和技术改进方向指明明确方向。

一、桥梁下部结构施工质量控制的重要性与控制对象

（一）桥梁下部结构的组成及功能

桥梁下部结构主要由桩基础、扩展基础、承台、墩柱、桥台与附件联系件构成，是承重结构体系中负责传递荷载、保持基础稳定的最关键部位；上部结构恒载、汽车荷载、制动效应、气温影响以及偶然荷载都必须通过下部结构传给地面或者持力层，所以它不仅要承担垂直方向上的荷载还需要抵抗水平移动、冲刷、下沉以及非均匀变形等多种不利因素的影响。对于跨越河流的大桥来说，墩台基础还要经受水流作用、局部冲刷与季节性高低水位的影响；而山岭重丘上的大桥还需要满足边坡稳定的需求及地基差异沉降的要求。根据《现行桥梁工程施工质量验收标准》规

定，对于下部结构几何尺寸、轴线位移、顶面标高等垂直度等都要处在允许偏差中，而只有当承载、传力、耐久三者协调统一才是桥梁上部施工、线形控制及长期运营稳定的前提^[1]。

（二）施工质量控制的重点内容

桥梁下部结构施工质量控制必须覆盖测量放样、钢筋加工、安装、模板拼装加固、混凝土浇筑振实、养护拆模以及实体检测等全过程之中，而桩位偏差、桩身垂直度、墩柱轴线偏位、钢筋保护层厚度以及混凝土强度是最重要的控制因素。在现场施工控制时，对于桩基施工而言，一般将桩位偏差控制在50mm左右；墩柱垂直度偏差可分构件大小进行控制；模板安装完毕之后还需再次检查轴线和截面尺寸、顶面标高等；钢筋工程方面主要是对钢筋的型号、间距和锚固长度进行检查之外，还要特别注重保护

层厚度问题，通常使用最多的保护层厚度都是40~70mm等等。对于混凝土浇筑要严格做到坍落度、分层浇筑高度及振动时间，避免发生离析、蜂窝、空洞以及冷缝等问题。

（三）下部结构施工质量失控的影响

下部结构一旦出现问题就有着隐蔽性强、难整改以及后期影响程度不断加剧等特性。桩位偏离或桩身不合格都会使单桩承载力下降，造成桩基群桩受力不平衡、承台偏心受压，在浇筑承台墩柱混凝土过程中有裂缝、夹渣、强度不够等问题都很容易引发局部应力集中，从而降低梁柱的承载力和抗压、抗剪、抗震能力；而保护层过薄容易导致钢筋生锈腐蚀，降低结构使用寿命。对高墩、大跨径、水中墩桥梁而言，下部结构尺寸问题会影响到上部结构的支座布置、梁段形状、桥面的平整度，后期整改代价高昂，复原因难重重。如果沉降控制不好还会引起墩台不均匀下沉、伸缩缝过大或者过小及附属结构开裂等一系列的问题^[2]。

二、桥梁下部结构施工中常见质量问题及原因分析

（一）基础与承台施工中的主要质量问题

基础及承台施工阶段质量通病的特点是隐蔽性强、后期修理费用大，其主要存在的问题有：桩位偏离、孔斜超标、桩长不够、缩径断桩、孔内积水沉渣量大、承台截面尺寸误差、混凝土蜂窝麻面等等。钻孔灌注桩施工时，如果护筒埋置偏心过大、测量控制坐标网校对不到位以及钻孔设备垂直度调节不当则很容易导致桩位偏心、成孔倾斜的问题。孔底沉渣超厚、清理不干净或者导管埋置深度不当会导致混凝土灌注中断而导致的夹泥、断桩、断桩以及混凝土离析等问题。承台施工阶段，模板接茬不严密、钢筋笼定位不准以及振捣不足等情况会使得结构表面出现麻面、孔洞、漏浆等现象。

（二）墩柱与桥台施工中的主要质量问题

墩柱及桥台是桥梁下部结构外露的承重部件，其质量缺陷会影响到整个桥梁的安全性能，同时也会使外观成形受影响，甚至造成上部结构施工时的精准度降低等问题，其中常见的缺陷有墩柱垂直误差大、模板错位、断面尺寸误差、钢筋保护层厚度不够、混凝土表面出现蜂窝麻面、漏筋以及颜色差异严重等；这些问题产生的主要原因大多都是因为模板体系不稳定的情况下进行施工、对拉螺栓分布不合理、钢筋定位垫块分布不均匀或存在空隙现象、混凝土坍落度不稳定、分层浇筑与振捣操作不当等造成的。墩柱施工一般要保证其纵横向的中心线位置，垂直度以及顶面高程符合设计及验收规范的要求，在模板安装时如有较大误差以及在浇筑过程中的侧压控制不到位容易造成胀模、跑模、错台的现象，若养护时间过短或者日夜温差过大、拆模过早等易造成混凝土表面干缩开裂和棱角损坏等问题从而降低砼结构的耐久性和外观质量^[3]。

（三）质量问题产生的综合性原因

桥墩基础问题一般不是简单的由一个原因引起的，是由于人、材、机、法、环等多种原因共同作用造成的。人：测量、钢筋、模板、混凝土工种之间的技术接口不够好，导致工序交接不

到位，出现问题不能及时发现；材：水泥、砂石料、外加剂和钢筋原材料未经分批检测，会造成强度不稳定、流动性差以及保护层偏差大等问题；机：钻机、吊装设备、振捣器和计量设备的状态不佳，直接影响成孔的质量、安装水平和浇筑密度；法：技术交待不清、样板引路少，隐蔽工程检查走过场，导致一些质量问题不易在初期识别出来；自然因素的影响有软弱地基、地下水变化、河道冲刷、低温或者高温条件下均会使施工控制更加困难^[4]。

三、桥梁下部结构施工质量控制的关键措施

（一）施工准备阶段的质量控制

施工准备阶段要将质量把控前置到方案比选及资源配备上，强化图纸审核，专项施工方案审批，技术交底，测量控制网测设，原材料进厂验收等工作，对桩基、承台、墩柱和桥台等重要位置，在根据设计标高、轴线坐标、地质情况、施工现场条件等对控制网点精度以及施工放样基准进行校核，防止因累计误差造成结构变形；钢筋、水泥、砂石、外加剂、模板材料等进场后应分批进行见证取样及复试，了解强度级别、规格型号、性能参数；另外设置岗位质量责任制，明确测量、钢筋、模板、混凝土以及检测这几道工序的责任到个人身上并对其桩位控制、钢筋保护层厚度、模板垂直度、混凝土坍落度以及养护时间这些重点控制部位预先控制，以确保正式开始施工时的技术、物资及机械设备条件已经具备了^[5]。

（二）施工过程阶段的质量控制

施工现场阶段应该贯彻执行“测量为主、工序可控、记录在案”的管理准则，在进行桩基础浇筑作业之前要做好对桩位中心点、埋设护筒高度、钻机钻塔垂直度、孔径以及孔底沉渣厚度等参数的测量核实，而在混凝土灌注过程中则要做到连续下料以及控制好导管的埋置深度恒定平稳，在承台、墩身浇筑时要注意钢筋笼定位准确程度、保护层厚度控制、模板拼接缝隙紧密状况、对拉件牢固程度以及混凝土分层浇筑厚度等问题，避免出现露筋、胀模、错位、冷缝、蜂窝麻面等质量通病现象发生，对于混凝土浇筑还应当注意坍落度、振捣时间、养护龄期等方面加以把控，拆模时间须与混凝土的实际强度增长情况相对应。隐蔽工程必须进行旁站验收及跟踪记录，实行动态监管，做到：放样有复核、安装有检查、浇筑有旁站、养护有台账^[6]。如下表1。

表1 桥梁下部结构施工过程主要质量控制指标统计表				
检测项目	检测数量	合格数量	合格率 /%	控制要点
桩位偏差	30	28	93.3	放样复核、 钻机对中
钢筋保护层厚度	40	37	92.5	垫块布置、 骨架定位
墩柱垂直度	20	19	95.0	模板加固、 测量校核
混凝土强度	15	15	100	配合比、养护控制
结构尺寸偏差	25	24	96.0	模板拼装、 拆模复测

（三）检测验收阶段的质量控制

质检验收环节应当遵循以下流程来开展质量判断工作，“观

察外观——测量尺寸——检查实品——查阅文件”，外观查验主要针对的是蜂窝、麻面、龟裂、露筋、缺棱掉角以及模板错台等问题；而尺寸核查则是针对的是轴线偏位、截面尺寸、顶面标高以及构件垂直度等内容来进行；实体检验需要参考的是混凝土强度、钢筋保护层厚度、回弹、超声波和钻芯取样等检测报告综合评定混凝土结构的质量状况，针对存在的局部尺寸不合格或者质量问题、强度不够、表面缺陷都应当及时记录处理完毕并落实责任人及整改措施、复检结果等。验收资料除了需要包含原材料复试报告、隐蔽工程检查记录、测量复核结果及检验批资料以外，还要保证实测数据和现场实物相符合，以便增加对桥梁下部构造工程质量检查评定准确度及其追溯性。

四、提升桥梁下部结构施工质量控制水平的管理建议

（一）完善质量管理体系与责任机制

提高桥梁工程施工质量控制能力，在这方面首先要从制度和责任入手，完善项目经理和技术负责人、质检员、测量员、试验员、班长的质量责任网络，实现“层级分明、权责到位、追责有据”，对桩基开钻、钢筋隐蔽、模板安拆、混凝土浇筑和拆模养生等重要环节，必须实行首件鉴定、样板引路、技术交底和工序交接验收制度，不符合标准坚决不允许进行下道工序。而对质量管理而言也需要同时健全材料报检、尺寸核量、暗埋验收及问题整改闭环管理流程，在质量评定上也要把轴线位移、标高偏差、保护层厚度、垂直偏差以及混凝土强度列入问责范畴之中，让质量监管从被动检验转为主动防范以及过程制约，确保基体各分部工程均处在可控范围之内^[8]。

（二）推进信息化和标准化管理

桥梁下部构造工程建设过程中应用信息化及规范化管理可以有效增强质量管理的准确性以及管理效能，现场可以通过测量放样、打桩定位、模板安装复查、钢筋保护厚度检测以及混凝土浇

注记录等纳入信息化管理系统当中，做到测量数据，试验数据以及验收文件等电子建档并实时更新，解决纸质台账更新缓慢、遗漏以及重复登记等问题。对重要环节实施图像留存、二维码追踪及电子确认方式，让桩位核实、隐蔽工程质量检查、混凝土试块制作及养护记录具有全程可追溯特点。同时还要推行规范化施工工艺，在钢筋成型长度，模板组合法式，支架固定点，混凝土浇筑层度及振捣时长等方面制定标准，编制工法指南与质量检查表。

（三）加强人员培训与现场监督

桥涵下部工程作业包含测量、钢筋、模板、混凝土以及实验检测等多个专业交叉合作，人员技能水平高低及现场把控力度大小决定着工程质量水平高低，所以应该把培训和监管作为一项常抓不懈的工作来抓。开工前应对桩基钻孔质量、钢筋焊接、模具加固、混凝土振捣、防裂措施以及成品保护等方面进行专项技能培训和交底，使操作人员熟悉施工方法流程、允许误差范围以及验收标准；重要岗位应采取实名制管理并定期考评制度。现场监管要建立施工自检、监理复核、业主巡查三位一体的质量管理体系，加强对桩基灌注、承台浇筑、墩柱立模和养护等关键环节的质量监督把关，做好不合格项目的整改复查工作^[8]。

五、结语

桥梁下部结构施工质量把控覆盖了桩基钻孔、钢筋绑扎、模板搭建、混凝土灌注、养护到检验等全环节，较为系统的专业复杂。结合实际常见的问题以及其产生的原因，应综合考虑施工前期准备，施工过程中监控，检测验收以及管理制度等多个方面同时加强管理，对重要流程及测试数据实施严格的把关措施，形成明晰职责范围，统一评价标准，全程有据可循的质量保证方案。从而减少出现缺陷的可能性，提高下部结构受力性能，耐久程度以及运行安全性。

参考文献

- [1] 吴杰良, 黄健涌, 潘春辉. 预制拼装桥梁下部结构安全性分析研究 [J]. 工程质量, 2025, 43 (11): 5-7+24.
- [2] 万睿智. 高速桥梁桩基及下部结构的施工特点和设计方案 [J]. 汽车画刊, 2025, (06): 230-232.
- [3] 孟磊. 桥梁下部结构中墩台施工技术的新发展 [J]. 交通科技与管理, 2025, 6 (13): 129-131.
- [4] 王锋. 桥梁下部结构快速化施工技术管理研究 [J]. 建筑科技, 2025, 9 (07): 48-51.
- [5] 李海兵; 杨战营. 市政桥梁下部结构快速化施工技术管理研究 [J]. 散装水泥, 2026, (01): 53-55.
- [6] 孟祥宇. 深谷大跨桥梁墩身施工风险安全管理及管控对策的研究 [D]. 石家庄铁道大学, 2025.
- [7] 戴坤富. 路桥施工技术与质量管理方法的研究 [J]. 产业创新研究, 2025, (03): 129-131.
- [8] 孙明泽. 淤泥质黏土及细砂层桥梁下部结构施工技术 [J]. 中国水泥, 2025, (03): 124-126.